

CUADERNO DE TRABAJO DE TECNOLOGÍA

INDUSTRIAL I

1º BACHILLERATO



I.E.S. Dr. Antonio González González - Tejina

Alumno/a: _____

Curso: _____

BLOQUE DE ENERGÍA



TEMA 1 - INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA

Se define la energía, como la capacidad para realizar un cambio en forma de **trabajo**. Se mide en el sistema internacional en Julios (J), que se define como el trabajo que realiza una fuerza de 1N cuando se desplaza su punto de aplicación 1m.

La energía y, por tanto, para el trabajo y el calor se emplea en el Sistema Internacional de unidades (SI) el julio (J) definido como el trabajo realizado por la fuerza de 1 newton cuando se desplaza su punto de aplicación 1 metro.

En física nuclear se utiliza como unidad el electrónvoltio (eV) definido como la energía que adquiere un electrón al pasar de un punto a otro entre los que hay una diferencia de potencial de 1 voltio.

Existen otras unidades de energía:

Caloría: Se usa como unidad de medida del calor y se define como la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua desde 14°C a 15,5°C.

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$$

Kilovatio-hora (kWh): Se usa como unidad de medida de la energía eléctrica. Es la energía consumida o desarrollada por una máquina de 1 Kilovatio de potencia durante una hora.

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ Wh} = 1000 \text{ Wh} \cdot 3600 \text{ s/h} = 3600 \cdot 1000 \text{ J} = 3'6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ w} \cdot \text{s}$$

Electrón-voltio (eV): Se utiliza en física nuclear y se define como la energía que adquiere un electrón cuando se mueve entre dos puntos con una diferencia de potencial de 1 voltio.

$$1 \text{ eV} = 1'602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Kilopondímetro (kpm): Es el trabajo que realiza una fuerza de 1 kp cuando se desplaza su punto de aplicación una distancia de 1 metro en su misma dirección.

$$1 \text{ kpm} = 9,8 \text{ J}$$

Existen otras unidades que se usan para calcular la calidad energética de los combustibles. Estas unidades están basadas en el *poder calorífico* de estos combustibles. Las más utilizadas son:

- Tep: Toneladas equivalentes de petróleo. Energía liberada en la combustión de 1 tonelada de crudo.

$$1 \text{ tep} = 41'84 \cdot 10^9 \text{ J}$$

- Tec: Toneladas equivalentes de carbón. Energía liberada por la combustión de 1 tonelada de carbón (hulla)

$$1 \text{ tec} = 29'3 \cdot 10^9 \text{ J}$$

La equivalencia entre tep y tec es:

$$1 \text{ tep} = 1'428 \text{ tec}$$

- Kcal/kg: Calorías que se obtendrán con la combustión de 1 kg de ese combustible.

Trabajo

Se define como el producto de la fuerza aplicada sobre un cuerpo y el

desplazamiento que éste sufre. **Si el objeto no se desplaza en absoluto, no se realiza ningún trabajo sobre él.**

$$T = F \cdot d$$

Las unidades de trabajo y energía son las mismas.

Potencia

Es la cantidad de trabajo que realiza o consume una máquina por cada unidad de tiempo. Su unidad en el sistema internacional es el vatio (W)

$$P = \text{Trabajo} / \text{tiempo} = T / t$$

$$P = T / t$$

Una máquina de 1 W de potencia hace el trabajo de un Julio cada segundo.

Otras unidades de potencia: El caballo de vapor (CV), siglas en inglés (HP).

$$1 \text{ CV} = 735 \text{ W}$$

Fuentes de energía

Llamamos fuente de energía a un sistema natural cuyo contenido energético es susceptible de ser transformado en energía útil.

Un aspecto importante a tratar es conocer cuáles son las fuentes que usamos para aprovechar su energía, su utilidad, sus ventajas e inconvenientes y su disponibilidad.

Nuestro planeta posee grandes cantidades de energía. Sin embargo, uno de los problemas más importantes es la forma de transformarla en energía utilizable. Las fuentes más buscadas son las que poseen un alto contenido energético y acumulan energía en la menor cantidad de materia posible. Es el caso del petróleo, carbón y gas natural. En otras, por el contrario, se encuentra difusa (solar, eólica, geotérmica, etc)

La mayor parte de las fuentes de energía, salvo la nuclear, la geotérmica y las mareas, derivan del Sol. El petróleo, el gas natural o el viento tienen su origen, aunque lejano, en la energía que proviene del Sol.

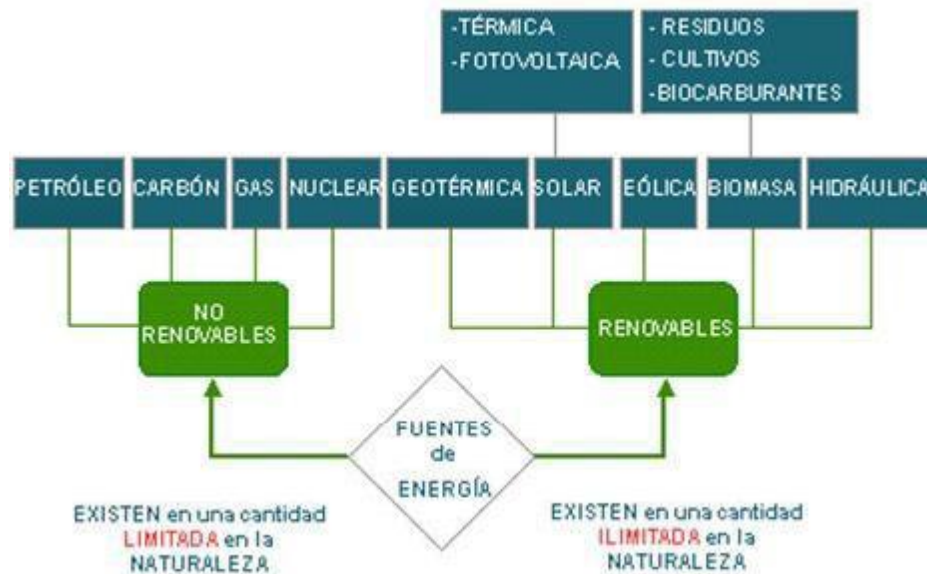
Las distintas fuentes de energía se clasifican en dos grandes grupos: **renovables y no renovables.**

Renovables. Son aquellas fuentes que no desaparecen al transformar su energía en energía útil.

- energía hidráulica
- energía solar
- energía eólica
- biomasa
- Residuos sólidos urbanos (RSU)
- energía mareomotriz
- energía de las olas
- energía geotérmica

No renovables. Es el sistema material que se agota al transformar su energía en energía útil.

- energía de combustibles sólidos (carbón, petróleo, gas).
- Energía nuclear de fisión.



Formas de energía

El ser humano necesita energía para realizar cualquier actividad, para mantener sus constantes vitales, mandar órdenes al cerebro a través de los nervios, renovar sus células, etc.

Además de la energía necesaria para el funcionamiento de su cuerpo, tiene que aplicarla también para poder ver cubiertas sus necesidades de alimentación, bienestar, etc. Esto lo realiza a través de los músculos, de los cuales se puede obtener una energía muy limitada cuando se aplica a la realización de muchas tareas.

Para los hombres primitivos, el disponer solamente de esta energía tan escasa, limitaba sus posibilidades de desarrollo y subsistencia. Con el paso del tiempo, fue aprendiendo de la naturaleza y aplicando algunos recursos de ella y pudo así conseguir un mejor bienestar. Creó diversos utensilios y herramientas como palancas, planos inclinados, etc., que le hicieron más fácil la realización de los trabajos.

También utilizó los animales domésticos, para ayudarlo a realizar distintas labores, máquinas de pequeña potencia (poco trabajo en un determinado tiempo) y rendimiento bajo e incluso se utilizó al propio hombre para cubrir las necesidades energéticas. En las sociedades antiguas, la mayoría de los hombres eran esclavos o siervos de una minoría.

Con el desarrollo industrial se empezaron a aplicar nuevas fuentes de energía, tales como los combustibles fósiles, y otras fuentes ya conocidas desde la antigüedad, como el viento, la madera, el agua, etc. La transformación de energía en otra más adecuada se realiza por medio de mecanismos y útiles. Al conjunto de estas piezas y mecanismos, que transforma una energía en otra, se denomina **máquina**. En el mundo actual, y debido al alto bienestar de las sociedades desarrolladas, el consumo de energía es grandísimo; nos desplazamos en vehículos que aprovechan la energía térmica o eléctrica; la cocción de alimentos necesita calor que procede de algún gas o de la energía eléctrica y, como éstas, existen innumerables aplicaciones donde la energía está presente.

La energía se manifiesta de múltiples formas en la naturaleza, pudiendo convertirse unas en otras con mayor o menor dificultad. Entre las distintas formas de energía están:

1. **Energía mecánica**, la cual se puede manifestar de dos formas diferentes

a) **Energía mecánica cinética**: Es la energía que posee un cuerpo en movimiento.

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

dónde *m* es la *masa* del cuerpo que se mueve a *velocidad* *v*.

Ejemplo: Un cuerpo de 10 kg que se mueve a una velocidad de 5 m/s, posee una energía cinética
 $E_c = \frac{1}{2} 10 \text{ kg } (5 \text{ m/s})^2 = 125 \text{ J}$

b) **Energía mecánica potencial:** Es la energía que posee un cuerpo en virtud de la posición que ocupa en un campo gravitatorio (**potencial gravitatoria**) o de su estado de tensión, como puede ser el caso de un muelle (**potencial elástico**).

Si un cuerpo de *masa m* está situado a una *altura h*, tendrá una energía potencial gravitatoria equivalente a:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Donde *g* es la *aceleración de la gravedad* $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ (en la Tierra)

Ejemplo: Un cuerpo de 10 kg de masa situado a 5 m de altura posee una energía potencial que vale,

$$E_p = 10 \text{ kg} \cdot 9.8 \text{ m/s}^2 \cdot 5 \text{ m} = 490 \text{ J}$$

El agua de un embalse posee energía potencial almacenada, puesto que está situada a cierta altura respecto al punto inferior donde se sitúan las compuertas que liberan el agua.

2. Energía térmica o calorífica: Es la energía asociada a la transferencia de calor de un cuerpo a otro. Para que se transfiera calor es necesario que exista una diferencia de temperatura entre los dos cuerpos. El calor es energía en tránsito.

Todos los materiales no absorben o ceden calor del mismo modo, pues unos materiales absorben el calor con mayor facilidad que otros. Ese factor depende del llamado calor específico del material C_e . Cada material tiene su propio calor específico.

Ejemplo: Madera $C_e = 0.6 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$ y Cobre $C_e = 0.094 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$

Esto significa que para que un gramo de madera suba su temperatura un grado debe absorber 0.6 cal y para que ocurra lo mismo para un gramo de cobre debe absorber 0.094 cal.

El calor cedido o absorbido por un cuerpo cuando varía su temperatura:

$$Q = m \cdot C_e \cdot \Delta T$$

3. Energía química: Es la energía que almacenan las sustancias químicas, la cual se suele manifestar en otras formas (normalmente calor) cuando ocurre una reacción química. Esta energía está almacenada, en realidad, en los enlaces químicos que existen entre los átomos de las moléculas de la sustancia.

Los casos más conocidos son los de los combustibles (carbón, petróleo, gas, ...)

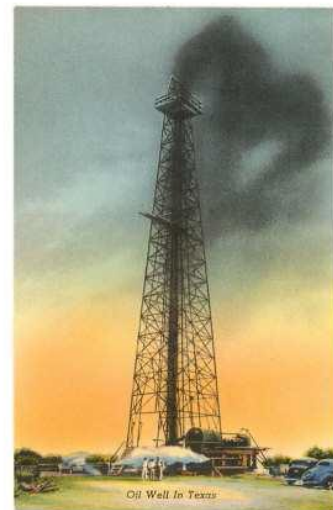
Se define el poder calorífico de un combustible como la cantidad de calor liberado en la combustión de una cierta cantidad del mismo. Se mide en kcal/kg. P. Ej: el poder calorífico del carbón anda por los 9000 kcal/kg.

Para materiales en combustión donde el material arde en presencia del oxígeno todos los materiales que hacen de combustibles tienen un **poder calorífico P_c** específico. Este depende de la masa en los materiales sólidos y del volumen en los gaseosos y líquidos, aunque en éstos últimos también se considera la masa:

$$Q = P_c \cdot m$$

$$Q = P_c \cdot V$$

Donde *m* es la masa y *V* es el volumen respectivamente del combustible empleado, y *Q* es la energía química obtenida.



P_c

4. **Energía radiante:** Es la energía que se propaga en forma de ondas electromagnéticas (luz visible, infrarrojos, ondas de radio, ultravioleta, rayos X,...), a la velocidad de la luz. Parte de ella es calorífica. Un caso particular conocido es la *energía solar*.

5. **Energía nuclear:** Es la energía almacenada en de los átomos. Esta energía mantiene unidos los neutrones en el núcleo. Cuando estos elementos dividen se libera. Se conocen dos tipos de nuclear:

- **Fisión nuclear:** los núcleos de átomos pesados (Uranio o Plutonio) se dividen para formar otros ligeros. Este se emplea comercialmente.

Al fisionar un átomo de uranio o de plutonio se gran cantidad de energía en forma de calor. que la materia es una forma de energía. También sabemos que en la fisión el peso resultante de la reacción nuclear es un poco menor que la suma de los pesos de sus componentes. Esa diferencia de pesos se transforma en energía según la fórmula:

$$E = mc^2$$

Donde E es la energía calorífica obtenida en julios; m, es la masa que ha desaparecido en kg; y c, es la velocidad de la luz, $3 \cdot 10^8 \text{m/s}$.

- **Fusión nuclear:** Se unen núcleos ligeros para formar otros más pesados. Está en fase experimental.

6. **Energía eléctrica:** Es la energía asociada a la corriente eléctrica, es decir, a las cargas eléctricas en movimiento. Es la de mayor utilidad por las siguientes razones:

- Es fácil de transformar y transportar
- No contamina allá donde se consuma.
- Es muy cómoda de utilizar.

Expresiones para la energía eléctrica

$$E = P \cdot t$$

donde P es la *potencia* (vatios) de la máquina que genera o consume la energía durante un *tiempo* (segundos) t

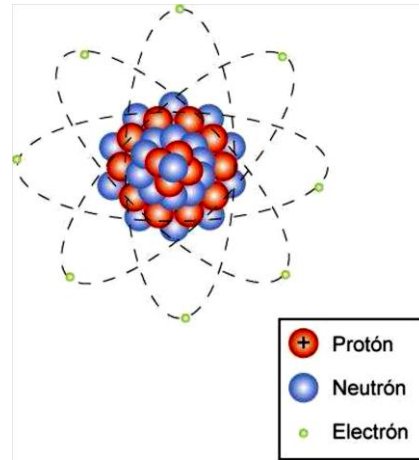
$$E = V \cdot I \cdot t$$

donde V es el *voltaje* (voltios), I es la *intensidad* de corriente eléctrica (Amperios).

Principios de conservación de la energía

Establece que *la energía ni se crea ni se destruye, simplemente se transforma*.

Aunque la energía no se destruye, no toda ella es aprovechable, pues una parte se desperdicia en cualquier proceso tecnológico. Surge así el concepto de **rendimiento de una máquina**, como la relación que existe entre el *trabajo útil* que aprovechamos de la máquina y la *energía* que consume la máquina. El rendimiento de una máquina se expresa en %.



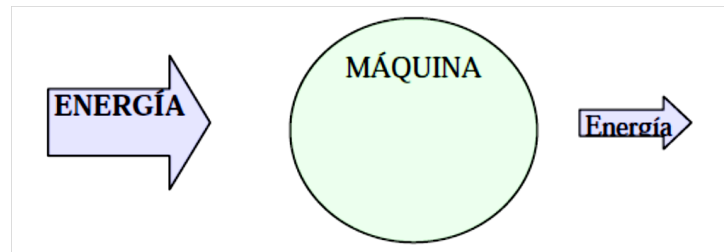
los núcleos
protones y
se unen o
reacción

(como
más

obtiene
Sabemos

$$\eta = \frac{\text{Trabajo útil}}{\text{Trabajo Total}} \times 100$$

También puede expresarse en términos de potencia:



EJERCICIOS DE ENERGÍA

- 1 - Un avión lanza una carga de 1.000 Kg cuando se encuentra a una altura de 800m. Determina su energía cinética y mecánica en los siguientes casos:
 - a) Antes de soltarlo.
 - b) Cuando el objeto ha recorrido una distancia de 430 m.
- 2 - Desde una altura de 500 m se deja caer una piedra de 10 kg.
 - a) ¿Cuánto valdrá la energía de la piedra en el punto más alto?
 - b) ¿Cuánto valdrá su energía cinética al llegar al suelo (si no hubiese rozamiento)?
 - c) Si se emplease esa energía para alimentar una bombilla de 40W ¿Cuánto tiempo estaría funcionando?
- 3 - En la cima de una montaña rusa un coche y sus ocupantes, cuya masa total es de 1000 kg, está a una altura de 40 m sobre el suelo y lleva una velocidad de 5 m/s. ¿Qué energía cinética tendrá el coche cuando llegue a la cima siguiente que está a 20 m de altura?
- 4 - Desde una altura de 200 m se deja caer una piedra de 5 kg.
 - a) ¿Cuánto valdrá su energía potencial gravitatoria en el punto más alto?
 - b) Suponiendo que no exista rozamiento ¿Cuánto valdrá su energía cinética al llegar al suelo?
- 5 - Determina la temperatura a la que se elevarían 2 litros de agua si ha absorbido una energía de 5 Kcal e inicialmente se encontraba a una temperatura de 20°C. Considerar el calor específico del agua $C_e(H_2O)=1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$.
- 6 - Una bomba de agua eléctrica de 2 CV eleva agua hasta un depósito que está situado a 8 m de altura. ¿Cuántos metros cúbicos de agua elevará en una hora (suponiendo rendimiento del 100%)? ¿Cuántos kWh habrá consumido en ese tiempo?
- 7 - Un motor de 100 CV acciona una grúa que eleva una carga de 1000 kg a 100 m de altura en 50s. ¿Cuál es el rendimiento de la grúa?
- 8 - Un motor consume 2 kg de hulla de poder calorífico 8000 kcal/kg y eleva 10000kg de agua hasta 500 m de altura ¿Cuál es el rendimiento del motor?
- 9 - Una grúa eleva 1000 kg de masa a una altura de 20 m en 5 minutos.
 - a) ¿Cuánto trabajo realiza?
 - b) ¿Cuál es su potencia?
- 10 - Un coche de 2000 kg de masa aprovecha el 30% de la energía producida por la combustión de la gasolina cuyo poder calorífico es 10000 kcal/kg. Si el coche partió del reposo y alcanzó los 180 km/h, calcula:
 - a) Energía utilizada por el motor.
 - b) Energía total producida.
 - c) Cantidad de gasolina gastada.
- 11 - Si un motor de un coche de 1500 kg alcanza los 100 km/h desde el reposo en 8 segundos. ¿Cuál será el consumo de gasoil que tiene un poder calorífico de 43500kJ/kg si el rendimiento del motor es del 30 %? ¿Cuál es la potencia del motor?
- 12 - Calcula la energía calorífica liberada al quemar 5 kg de madera cuyo poder calorífico 2800kcal/kg si el grado de humedad de la madera es tal que el rendimiento de la combustión es del 65%.

13 - Un motor quema 1 kg de combustible de poder calorífico 500kcal/kg y eleva 4000 kg de agua a 40 m de altura. ¿Cuál es el rendimiento del motor?

14 - Una bomba de agua funciona con un motor eléctrico de 0'5 CV y eleva agua hasta un depósito situado a 4 m de altura. ¿Cuántos metros cúbicos de agua elevará en una hora? ¿Cuántos kWh habrá consumido en ese tiempo?

15 - ¿Qué energía cinética tiene un camión de 10 toneladas que va a una velocidad de 90 km/h? Si toda esta energía se pudiera convertir en energía eléctrica ¿Qué valor tendría si 1kWh cuesta 9 céntimos?

16 - Un motor de 20 CV acciona una grúa que eleva un cuerpo de 600 kg a 20 m de altura en un minuto. ¿Cuál es el rendimiento de la instalación?

17 - Un automóvil con una masa de 1000 kg aprovecha el 20% de la energía producida en la combustión de la gasolina cuyo poder calorífico es 10000 cal/g. Si el coche partió del reposo y alcanzó la velocidad de 36 km/h, calcula:

- a) la energía utilizada por el motor.
- b) la energía total producida.
- e) la cantidad de gasolina gastada.

TEMA 2 - FUENTES DE ENERGÍA

Llamamos **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 no se agotan tras la transformación energética
- No renovables: Son aquellas que 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
Océanos (mareas, mareomotriz, olas)	
Hidráulica	
Biomasa	
Geotérmica (puede considerarse dentro de las no renovables)	

1. COMBUSTIBLES FÓSILES.

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.

1.1. El carbón.

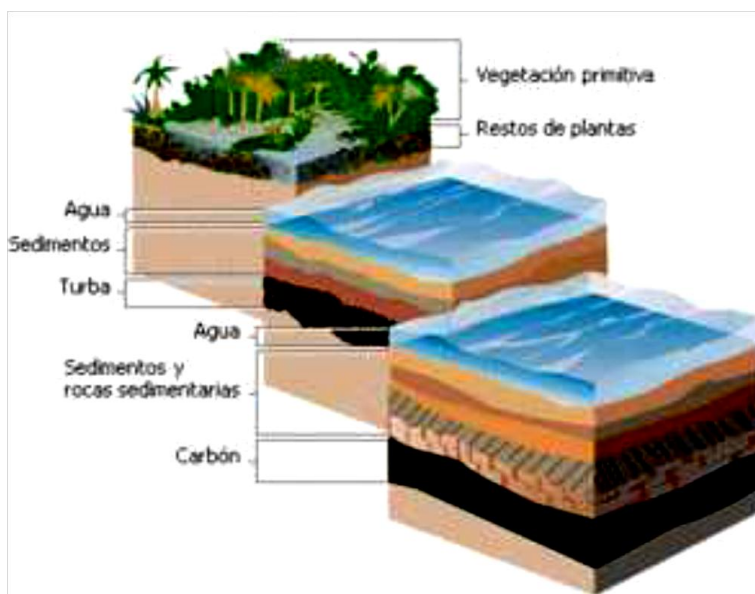
El primer combustible fósil que ha utilizado el hombre es el carbón. Representa cerca del 70% de las reservas energéticas mundiales de combustibles fósiles conocidas actualmente, y es la más utilizada en la producción de electricidad a nivel mundial. En España, sin embargo, la disponibilidad del carbón 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.

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. 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, el carbón se puede clasificar en:

- **Turba**: es el carbón más reciente. Tiene un porcentaje alto de humedad (hasta 90%), bajo poder calorífico (menos de 4000 kcal/kg) y poco carbono (menos de un 50%). Se debe secar antes de su



uso. Se encuentra en zonas pantanosas. Se emplea en calefacción y como producción de abonos. Tiene muy poco interés industrial debido a su bajo poder calorífico.

- **Lignito:** poder calorífico en torno a las 5000 kcal/kg, con más de un 50 % de carbono (casi un 70%) y mucha humedad (30%). Se encuentra en minas a cielo abierto y por eso, su uso suele ser rentable. Se emplea en centrales térmicas para la obtención de energía eléctrica y para la obtención de subproductos mediante destilación seca.

- **Hulla:** tiene alto poder calorífico, más de 7000 kcal/kg y elevado porcentaje de carbono (85%). 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. Arde con facilidad y tiene un alto poder calorífico (más de 8000 kcal/kg).



La presión y el calor adicional pueden transformar el carbón en grafito.

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

- **Coque:** se obtiene a partir del carbón natural. Se obtiene calentando la hulla en ausencia de aire en unos hornos especiales. El resultado es un carbón con un mayor poder calorífico.

- **Carbón vegetal:** se obtiene a partir de la madera. 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.

1.1.a. Yacimientos de carbón:

- A cielo abierto o en superficie
- En ladera o poco profundo
- En profundidad, con galerías horizontales
- En profundidad, con galerías en ángulo

1.1.b. 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.

Los principales productores son: EEUU, Polonia, Austria y Rusia.

1.1.c. Combustión del carbón:

Cuando se produce la combustión del carbón, se liberan a la atmósfera varios elementos contaminantes, como son el dióxido de azufre, SO_2 , óxidos de nitrógeno, NO y NO_2 , y óxidos de carbono, CO y CO_2 . Estos agentes contribuyen a la lluvia ácida y al efecto invernadero.

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.

1.1.d. 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.

1.1.e. Aplicaciones.

_ 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.

1.2. Petróleo.

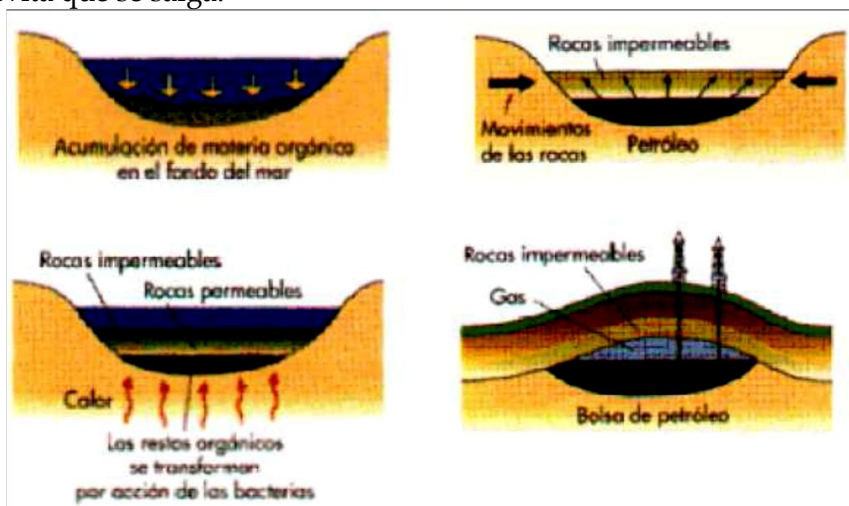
Es un combustible natural líquido constituido por una mezcla de hidrocarburos (mezcla de carbono e hidrógeno). La mayor parte del petróleo que existe se formó hace unos 85 - 90 millones de años.

Su composición es muy variable de unos yacimientos a otros.

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

Su proceso de transformación es similar al del carbón. Procede de la transformación, por acción de determinadas bacterias, de enormes masas de plancton sepultadas por sedimentos en áreas oceánicas en determinadas condiciones de presión y temperatura. El resultado es un producto más ligero (menos denso) por lo que asciende hacia la superficie, gracias a la porosidad de las rocas sedimentarias. Cuando se dan las circunstancias geológicas que impiden dicho ascenso (trampas petrolíferas como rocas impermeables, ...) se forman entonces los yacimientos petrolíferos.

Estos depósitos se almacenan en lugares con roca porosa y hay rocas impermeables (arcilla) a su alrededor que evita que se salga.

**1.2.a. Yacimientos.**

Para detectarlos es necesario realizar un estudio geológico de la zona (por medio de ondas que sufren modificaciones en su trayectoria).

Normalmente se encuentran bajo una capa de hidrocarburos gaseosos. Cuando se perfora y se llega a la capa de petróleo, la presión de los gases obligan al petróleo a salir a la superficie, por lo que suele inyectarse agua o gas para incrementar esta presión.

Algunos se encuentran a una profundidad que puede alcanzar los 15000 m.

1.2.b. Transporte.

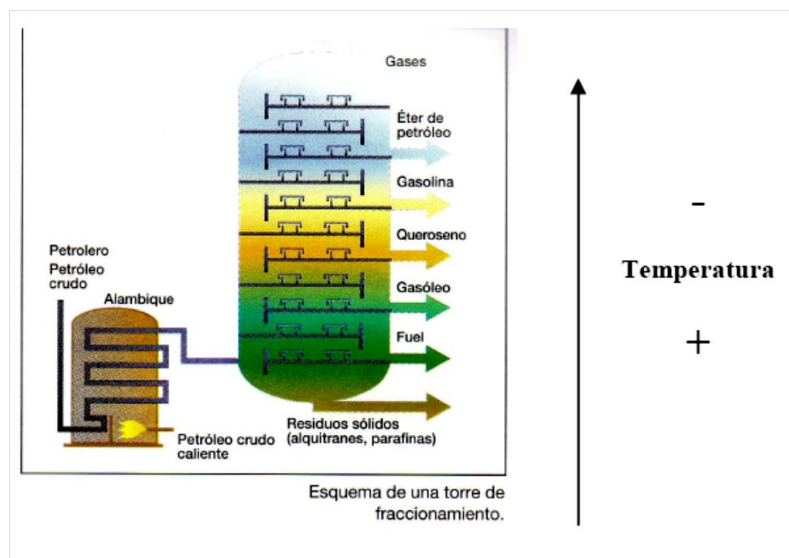
- Oleoductos: tubos de acero protegidos de 80 cm de diámetro que enlazan yacimientos con refinerías y puertos de embarque.
- Petroleros: buques cuyo espacio de carga está dividido por tabiques formando tanques.
- Transporte por ferrocarril y carretera: se emplea cuando ninguno de los métodos anteriores es rentable. Emplea vagones o camiones cisterna.

1.2.c. Refino del petróleo.

El petróleo crudo carece de utilidad. 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** calentando el petróleo. En la zona más alta de la torre se recogen los hidrocarburos más volátiles y ligeros (menor temperatura) y en la más baja los más pesados (mayor temperatura).

Del refino del petróleo se extraen los siguientes productos, comenzando por aquellos más pesados, obtenidos a altas temperaturas en la parte más baja de la torre de fraccionamiento:

- Residuos sólidos como el asfalto: para recubrir carreteras.
- Aceites pesados: Para lubricar máquinas. ($\sim 360^{\circ}\text{C}$)
- Gasóleos: Para calefacción y motores Diesel.
- Queroseno: Para motores de aviación.
- Gasolinas: Para el transporte de vehículos. ($20^{\circ}\text{C} - 160^{\circ}\text{C}$)
- Gases: Butano, propano,... como combustibles domésticos.



1.2.d. Ventajas y desventajas del uso del petróleo:

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

1.3. Combustibles gaseosos.

1.3.a. Gas natural.

Se obtiene de yacimientos. Consiste en una mezcla de gases que se encuentra almacenada en el interior de la tierra, unas veces aisladamente (gas seco) y en otras ocasiones acompañando al petróleo (gas húmedo). Su origen es semejante al del petróleo, aunque su extracción es más sencilla. Consiste en más de un 70% en metano, y el resto es mayoritariamente, etano, propano y butano. Es un producto incoloro e inodoro, no tóxico y más ligero que el aire. Su poder calorífico ronda las 11000 kcal/ m³.

Una vez extraído, se elimina el agua y se transporta empleando diversos métodos.

Para su transporte se emplea:

- Gasoductos: Tuberías por las que circula el gas a alta presión, hasta el lugar de consumo.
- 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.

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

El gas natural es la segunda fuente de energía primaria empleada en Europa (representa un 20% del consumo) y está en alza.

Su nivel de contaminación es bajo, comparado con otros combustibles, pues casi no presenta impurezas (algo de sulfuro de hidrógeno, H₂S, que se puede eliminar antes de llegar al consumidor) y produce energía eléctrica con alto rendimiento. Es limpio y fácil de transportar. El inconveniente está en que los lugares de producción están lejos de Europa, por lo que se necesitan los sistemas ya citados.



1.3.b. Otros gases.

Gas ciudad o gas de hulla

Se obtiene principalmente a partir de la destilación de la hulla. Su poder calorífico es de unas 4000 kcal/m³. Es muy tóxico e inflamable, por lo que ha sido sustituido como combustible doméstico por el gas natural.

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/m³. Se almacenan en bombonas a grandes presiones en estado líquido.



Gas de carbón

Se obtiene por la combustión incompleta del carbón de coque. Tiene un poder calorífico muy bajo, aproximadamente 1500kcal/m³ (gas pobre).

Acetileno

Se obtiene a partir del enfriamiento rápido de una llama de gas natural o de fracciones volátiles del

petróleo con aceites de elevado punto de ebullición. Es un gas explosivo si su contenido en aire está

comprendido entre el 2 y el 82%. También explota si se comprime solo, sin disolver en otra sustancia, por lo

que para almacenar se disuelve en acetona. Se usa básicamente en la soldadura oxiacetilénica.

1.4. Impacto ambiental de los combustibles fósiles.

Carbón.

Tanto la extracción como la combustión del carbón originan una serie de deterioros medioambientales importantes. El más importante es la emisión a la atmósfera de residuos como el óxido de azufre, óxido de nitrógeno y dióxido de carbono. Estos gases se acumulan en la atmósfera provocando los siguientes efectos:

- Efecto invernadero: La capa gaseosa que rodea a la Tierra tiene, entre otros, dióxido de carbono, metano y dióxido de azufre. Estos gases se conocen como gases invernadero y son necesarios para la existencia de la vida en el planeta. La radiación solar atraviesa la atmósfera, parte de ella se refleja en forma de radiación infrarroja y escapa nuevamente al espacio, permitiendo regular la temperatura en la superficie terrestre. Actualmente, y debido a la acción del ser humano, la presencia de estos gases se ha incrementado, lo que impide que salga una buena parte de la radiación infrarroja que reemite la Tierra, lo que provoca el calentamiento de la misma.
- Lluvia ácida: provocado por los óxidos de azufre y nitrógeno. Estos gases reaccionan con el vapor de agua y, en combinación con los rayos solares, se transforman en ácidos sulfúrico y nítrico, que se precipitan a la tierra en forma de lluvia. Deteriorando:
 - Bosques: y la consiguiente pérdida de fertilidad de la tierra.
 - Ríos: dañando la vida acuática y deteriorando el agua.
 - Patrimonio arquitectónico: pues ataca la piedra.

Petróleo

La extracción de pozos petrolíferos y la existencia de refinерías, oleoductos y buques petroleros, ocasiona:

- Derrames: que afectan al suelo (pérdida de fertilidad) y al agua (que afecta a la vida marina, ecosistemas costeros, ...)
- Influencia sobre la atmósfera: causando el efecto invernadero y la lluvia por las mismas razones antes expuestas. Además, el monóxido de carbono es sumamente tóxico.

Gas natural

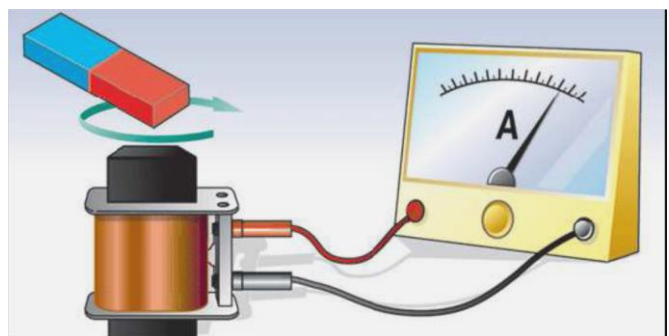
Influencia sobre la atmósfera con efectos similares a los casos anteriores, aunque en menor medida.

1.5. Cómo podemos obtener electricidad.

1.5.a. Generador Eléctrico.

La idea de un generador eléctrico es bastante sencilla. Michael Faraday (en el siglo XIX) mostró que un campo magnético que cambia produce una corriente eléctrica en un circuito (Inducción electromagnética).

- Si muevo el imán: aparece una corriente.
- Si el imán permanece quieto pero muevo el circuito: aparece una



corriente.

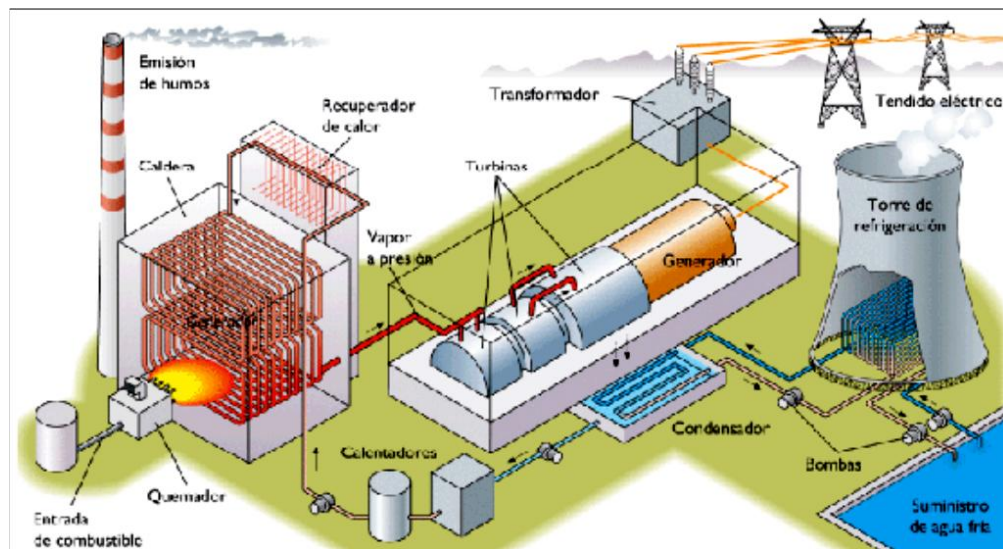
Además Oersted había demostrado anteriormente el proceso contrario: si tenemos una corriente eléctrica, se genera un campo magnético alrededor.

Sin embargo, surge un problema: la corriente eléctrica sólo dura mientras esté cambiando el campo magnético que atraviesa el circuito.

Por tanto, la idea a la hora de generar corriente eléctrica es disponer de un campo magnético que esté cambiando todo el tiempo.

Todas las centrales eléctricas se basan en esta idea y básicamente, sólo cambia la forma en que conseguimos ese movimiento (por ejemplo, en un generador eólico, el viento mueve las aspas y ese giro se transmite al generador: mientras hay viento, habrá giro y por tanto producción de corriente eléctrica).

1.5. b. Central Térmica:



Son las que funcionan utilizando carbón, petróleo o combustibles gaseosos. La energía liberada en la combustión de alguno de estos productos, se utiliza para evaporar agua y es éste quien se encarga de producir un movimiento de giro (en la turbina) que se transmite al generador.

Este tipo de centrales se denominan Centrales Térmicas Convencionales. Actualmente, con el fin de mejorar el rendimiento de las centrales, se han introducido una serie de mejoras:

- Centrales Térmicas de Ciclo Combinado. Para una descripción de este tipo de centrales, accede al siguiente enlace:

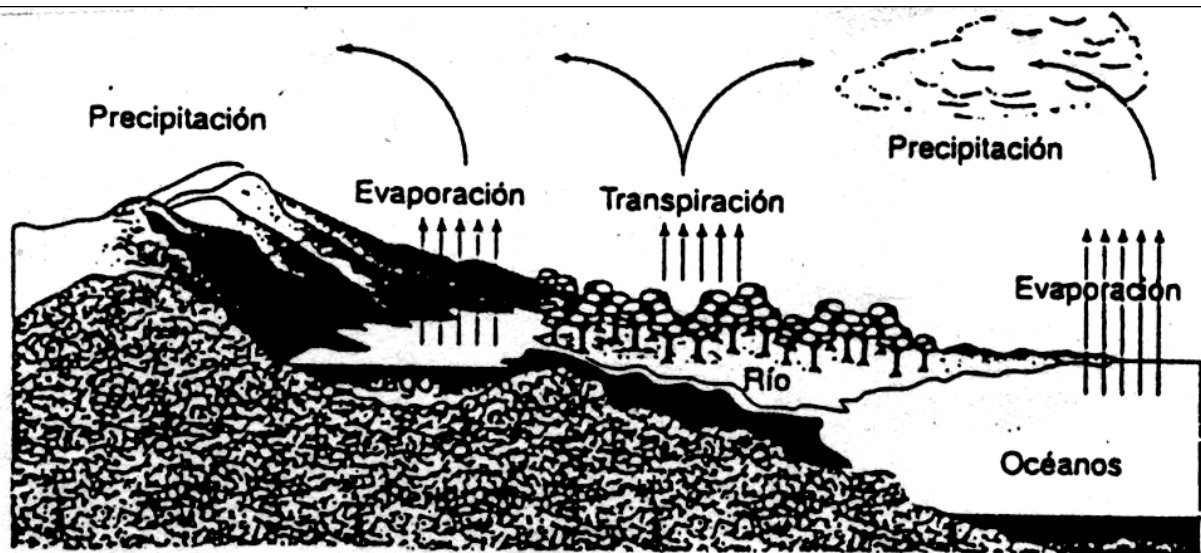
http://www.endesaeduca.com/opencms/opencms/Endesa_educa/recursos-interactivos/produccionde-electricidad/ix.-las-centrales-termicas-de-ciclo-combinado

- Cogeneración. Son centrales en las que se aprovecha la energía que se disipa en forma de calor, para obtener vapor o agua caliente que se utiliza como calefacción. Existe la posibilidad de obtener frío (Trigeneración).

TEMA 3 - ENERGÍA HIDRÁULICA

I. Introducción

La energía del agua o energía hidráulica, es esencialmente una forma de energía solar. El Sol comienza el ciclo hidrológico evaporando el agua de lagos y océanos y calentando el aire que la transporta. El agua caerá en forma de precipitación (lluvia, nieve, etc.) sobre la tierra y la energía que posee aquella por estar a cierta altura (energía potencial) se disipa al regresar hacia lagos y océanos, situados a niveles más bajos.



Ciclo del agua

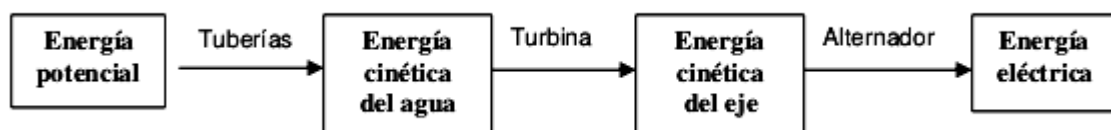
La energía hidráulica, es la energía que tiene el agua cuando se mueve a través de un cauce (energía cinética) o cuando se encuentra embalsada a cierta altura (es decir, en forma de energía potencial). En este momento toda la energía hidráulica del agua estará en forma de energía potencial. Cuando se deje caer, se transformará en energía cinética, que puede ser aprovechada para diversos fines. Se trata de una energía renovable.

Desde hace unos dos mil años, toda la energía hidráulica se transformaba en energía mecánica que,

posteriormente, tenía aplicaciones específicas en norias, molinos, forjas,...

A partir del siglo XX se empleó para obtener energía eléctrica. Son las centrales hidroeléctricas. Se caracteriza porque no es contaminante y puede suministrar trabajo sin producir residuos (rendimiento 80%).

Toda central hidroeléctrica transforma la energía potencial del agua acumulada en el embalse en energía eléctrica a través del alternador. Las diferentes transformaciones de energía que se producen son:



En las tuberías, la energía potencial del agua se convierte en cinética. En las turbinas, la energía cinética del agua se transforma en energía cinética de rotación del eje de las turbinas, y por último en el alternador, la energía cinética de rotación del eje se convierte en energía eléctrica.

II. Constitución de una central hidroeléctrica

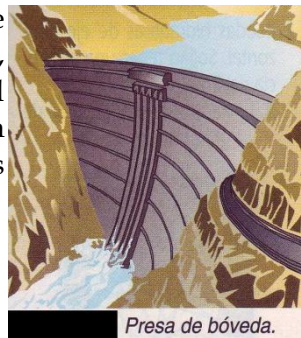
Las partes principales de una central hidráulica son:

- Presa
- Toma de agua
- Canal de derivación
- Cámara de presión
- Tubería de presión
- Cámara de turbinas
- Canal de desagüe
- Parque de transformadores.

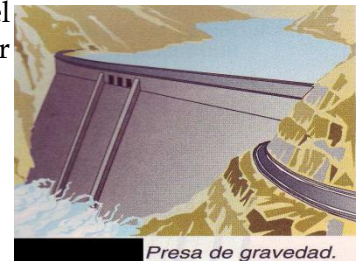
Presa: Es la encargada de almacenar el agua y provocar una elevación de su nivel que permita encauzarla para su utilización hidroeléctrica. También se emplea para regular el caudal de agua que circula por el río y aumentar el potencial hidráulico. Las presas pueden ser de varios tipos:

- **De gravedad:** su propio peso sirve para contrarrestar el empuje del agua; suelen estar huecas, aprovechando ese espacio para colocar mecanismos. Suele ser recta o cóncava.

- **De bóveda:** la presión del agua se transmite a las laderas de la montaña. Suele ser convexa, de modo que, cuanto más empuja el agua del embalse, más se clavan los lados de la presa en las laderas de la montaña. Son presas más pequeñas, y baratas.



Presa de bóveda.



Presa de gravedad.

Todo dique debe permitir el escape del exceso de agua para evitar accidentes. El excedente de agua se puede eliminar a través de un aliviadero (por debajo de la cima de la presa), mediante un pozo de desagüe (interior del embalse) o por un túnel de desagüe (bordeando el dique).

Canal de derivación: Es un conducto que canaliza el agua desde el embalse. Puede ser abierto (canal), como los que se construyen siguiendo la ladera de una montaña, o cerrado (tubo), por medio de túneles excavados.

Las conducciones deben ser lo más rectas y lisas posibles para reducir al mínimo las pérdidas por fricción, necesitando además un sistema para regular el caudal (compuertas o válvulas).

Tiene menos pendiente que el cauce del río. Si el salto es inferior a 15 m, el canal desemboca directamente en la cámara de turbinas.

En su origen dispone de una o varias tomas de agua protegidas por medio de rejillas metálicas para evitar que se introduzcan cuerpos extraños.

Cámara de presión: Es el punto de unión del canal de derivación con la tubería de presión. En esta

cámara se instala la chimenea de equilibrio. Este dispositivo consiste en un depósito de compensación cuya misión es evitar las variaciones bruscas de presión debidas a las fluctuaciones del caudal de agua provocadas por la regulación de su entrada a la cámara de turbinas. Estas variaciones bruscas son las que se conocen como golpe de ariete.

Tubería de presión: También llamada tubería forzada, se encarga de conducir el agua hasta la cámara de turbinas. Las tuberías de este tipo se construyen de diferentes materiales según la presión que han de soportar: palastro de acero, cemento-amianto y hormigón armado.

Cámara de turbinas: Es la zona donde se instalan las turbinas y los alternadores. Además de las turbinas, existen otros dispositivos captadores: las ruedas hidráulicas .

La turbina es una máquina compuesta esencialmente por un rodete con álabes o palas unidos a un eje central giratorio (velocidad de giro superior a 1000 rpm). Su misión es transformar la energía cinética del agua en energía cinética de rotación del eje. El alternador, cuyo eje es la prolongación del eje de la turbina, se encarga de transformar la energía cinética de rotación de éste en energía eléctrica.

Los elementos básicos de una turbina son:

- **Canal de admisión:** Conducto por donde penetra el agua
- **Distribuidor:** Paredes perfiladas que permiten encauzar el agua hacia el elemento móvil
- **Rodete:** Dispositivo portador de los álabes, perfilados para que absorban con la mayor eficacia posible la energía cinética del agua .

Las turbinas empleadas en las centrales hidráulicas se dividen en dos tipos:

- **Turbinas de acción**

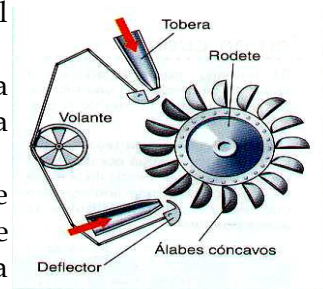
- **Turbinas de reacción**

Las **turbinas de acción** son aquellas que aprovechan únicamente la velocidad del agua, es decir su energía cinética.

El modelo más habitual es la turbina **Pelton**, se emplea para centrales de pequeño caudal y con un gran salto de agua, y consta de un eje horizontal y un disco circular o rodete que tiene montados unos álabes o cucharas de doble cuenca a los que llega el agua impulsada por inyectores que regulan el caudal.

Puede desarrollar velocidades de giro de unas 1000 rpm. Para aumentar la potencia basta aumentar el número de chorros. Tiene una eficacia de hasta el 90%.

Cada tobera lleva un deflector para regular la presión del agua sobre los álabes. En cada rodete es posible montar hasta 4 toberas. Puede utilizarse en saltos de altura superior a 200 m, pero requiere una altura mínima de 25 m.



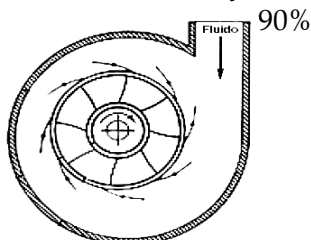
Turbina Pelton

Existen otros modelos de turbinas de acción como la **Turgo de inyección lateral** y la de **Ossberger** o **Banki-Michell de doble impulsión**.

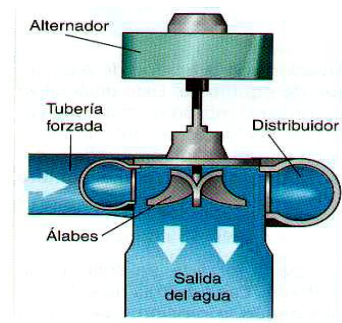
Las **turbinas de reacción** aprovechan tanto la velocidad del agua como la presión que le resta a la corriente en el momento de contacto.

Las más utilizadas entre las de reacción son la turbina **Francis** y la turbina **Kaplan**. Estas suelen tener cuatro elementos fundamentales: carcasa o caracol, distribuidor, rodete y tubo de aspiración .

La turbina Francis está totalmente sumergida en agua, se utiliza en centrales con altura de salto de 15 a 400 m y es apropiada para saltos y caudales medianos. Dispone de un eje vertical y su rodete está constituido por paletas alabeteadas. El agua es conducida hasta la periferia del rodete por un distribuidor y se evacua por un canal que sale a lo largo del eje. Tiene un rendimiento del



Turbina Francis

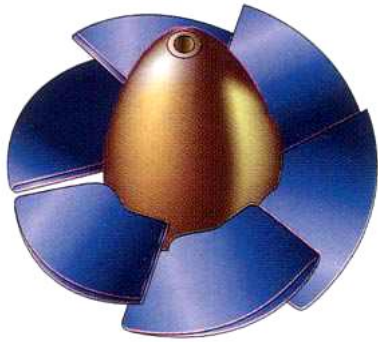


Rodete de una turbina Francis



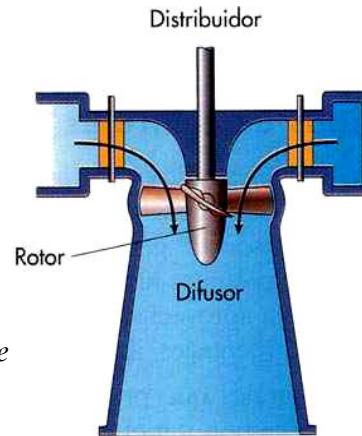
Esquema de la entrada de agua en una turbina Francis

La turbina Kaplan se utiliza para saltos pequeños y grandes caudales, pueden tener el eje horizontal, vertical o inclinado, diferenciándose de la turbina Francis principalmente en el rodete. Su rodete está formado por una hélice de palas orientables, (generalmente 4 o 5) lo que permite mejorar su rendimiento y disminuir el tamaño del alternador. Tiene una eficiencia entre el 93 y el 95%.

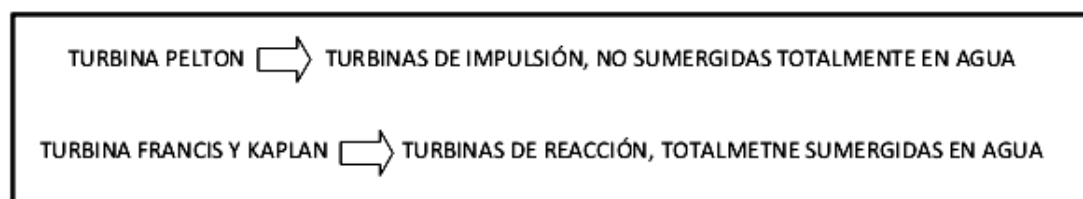
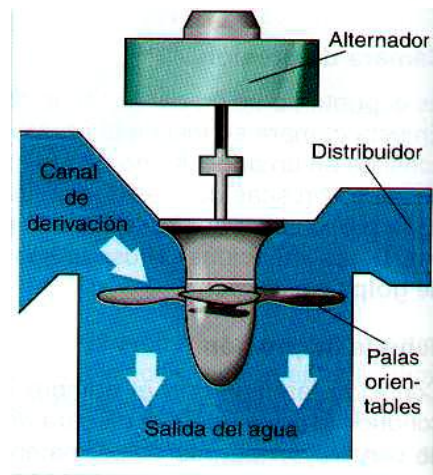


Rodete de una turbina Kaplan

Esquema de la entrada de agua



Turbina Kaplan



La tendencia en las turbinas hidráulicas modernas es utilizar caídas mayores y máquinas más grandes.

Según el tamaño de la unidad, las turbinas Kaplan se utilizan en caídas de unos 60 m, y en el caso de las turbinas Francis de hasta 610 m.

La potencia de una central hidroeléctrica depende del caudal que pueda turbinar y del salto, es decir,

de la diferencia de cotas del agua a la entrada y la salida de la central. En función de dichos parámetros (salto y caudal) se elegirá el tipo de turbina más adecuada. En los últimos años se han desarrollado turbinas con capacidades de hasta 700 MW.

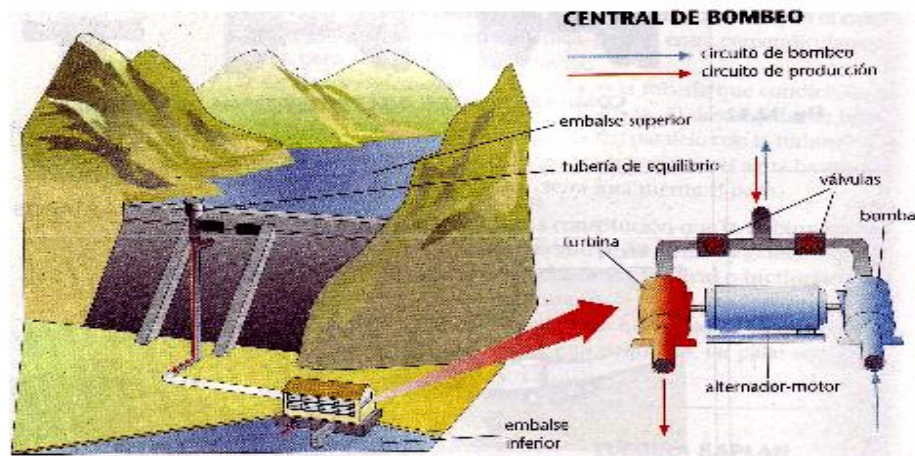
Canal de desagüe: Se encarga de devolver el agua utilizada en las turbinas hasta el cauce del río. El agua sale a gran velocidad, por lo que se protege la salida y las paredes laterales con refuerzos de hormigón para evitar la erosión, que podría poner en peligro la propia presa.

Parque de transformadores: Para evitar pérdidas de energía en el transporte a largas distancias, se hace necesario elevar la tensión a valores no inferiores a los 200 000 V. Este aumento de tensión se lleva a cabo en el parque de transformadores.

III. Principios de funcionamiento

Una presa sirve para contener el agua y formar tras de sí un embalse. El agua se libera por los desagües, que fluye por las tuberías de conexión (canal de derivación) hasta la sala de máquinas. A la entrada de la tubería, una serie de rejillas regulan el caudal de agua y actúan como filtro, impidiendo que lleguen a las turbinas elementos extraños. Al llegar a los grupos turbina-alternador el agua hace girar la turbina cuyo eje es solidario al del alternador, produciéndose en los terminales de éste una corriente eléctrica alterna de alta intensidad y tensión relativamente baja que, mediante transformadores se convierte en corriente de alta tensión e intensidad baja, lo más apropiado para su transporte. El agua se transporta por unos conductos o tuberías forzadas, controlados con válvulas para adecuar el flujo de agua por las turbinas con respecto a la demanda de electricidad. El agua sale por los canales de descarga.

Se han diseñado turbinas que actúan como bombas cuando funcionan a la inversa, invirtiendo el generador eléctrico para que funcione como un motor. Dado que no es posible almacenar la energía eléctrica de forma económica, este tipo de bombas turbina se utiliza para bombear agua hacia los embalses, aprovechando la energía eléctrica generada por las centrales nucleares y térmicas durante las horas de poco consumo. El agua embalsada se emplea de nuevo para generar energía eléctrica durante las horas de consumo elevado (centrales de bombeo).



IV. Clasificación de las centrales hidroeléctricas

Las centrales hidroeléctricas se pueden clasificar atendiendo a diversos criterios:

- Según la forma de **aprovechar el agua**:

a) Aprovechamiento por derivación.- Por medio de una pequeña presa se desvía el agua del río hacia un canal ligeramente inclinado que la conduce hasta un depósito. Desde aquí el agua se dirige a través de una tubería hasta la sala de máquinas. Tras mover la turbina el agua se conduce de nuevo al río por medio de un canal de descarga.

b) Aprovechamiento por acumulación.- En una zona apropiada del río se construye una presa donde el agua se acumula. A mitad de altura, se encuentra la toma de agua hacia la sala de máquinas.

- Según el **caudal** del río:

a) Centrales de regulación.- El caudal es variable y es necesario acumular el agua para generar energía regularmente.

b) Centrales fluyentes.- El caudal es tan regular que se puede usar directamente o con un embalse reducido.

- Según su **potencia**:

- a) Minicentrales eléctricas.- Tienen una potencia entre 250-5000 KW. y se usan para pequeños pueblos o industrias. Si se conectan a la red general se necesitan muchas para que sean rentables.
- b) Grandes centrales o centrales hidroeléctricas.- Tienen potencia superior a los 5 MW y producen energía a gran escala. Las grandes tienen una potencia instalada de hasta 14GW como la de Itaipú (Paraguay-Brasil) ó 22'5 GW en la Presa de las Tres Gargantas (China).

• Por su **funcionamiento**:

- a) Central sin bombeo.- Situada en el cauce de un río y con suficiente altura para generar energía.
- b) Central de bombeo.- Presenta un embalse superior y otro inferior. El agua que genera corriente pasa del embalse superior al inferior pasando por la sala de máquinas, cuando hay gran demanda de energía. Cuando la demanda de energía es baja, la energía sobrante se utiliza para bombear desde el embalse inferior al superior, y de esta forma se logra el máximo aprovechamiento del agua.

V. Emplazamiento de sistemas hidráulicos

Para evaluar el potencial extraíble, es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

El caudal de agua disponible, que se establece a partir de datos pluviométricos medios de largos periodos de tiempo.

El desnivel que se puede alcanzar, impuesto por el terreno

Un gran desnivel (100 - 150 m) obligará a utilizar largas canalizaciones, mientras que un pequeño desnivel (menor de 20 m), obligará a la construcción de un embalse para aumentarlo (necesario estudiar las conducciones y los diques).

Para conocer correctamente las características de determinado aprovechamiento, es necesario disponer de datos de, al menos, veinte años hidrológicos.

VI. Impacto ambiental

Ventajas	Inconvenientes
El proceso de transformación de la energía hidráulica en eléctrica es «limpio», es decir, no produce residuos ni da lugar a la emisión de gases o partículas sólidas que pudieran contaminar la atmósfera.	Los embalses de agua anegan extensas zonas de terreno, por lo general muy fértiles y en ocasiones de gran valor ecológico, en los valles de los ríos. Incluso, en algunos casos, han inundado pequeños núcleos de población, cuyos habitantes han tenido que ser trasladados a otras zonas: esto significa un trastorno considerable a nivel humano.
Las presas que se construyen para embalsar el agua permiten regular el caudal del río, evitando de esta forma inundaciones en épocas de crecida y haciendo posible el riego	Las presas retienen las arenas que arrastra la corriente y que son la causa, a lo largo del tiempo, de la formación de deltas en la desembocadura de los ríos. De esta forma se altera el equilibrio, en perjuicio de los

de las tierras bajas en los períodos de escasez de lluvias.	seres vivos (animales y vegetales) existentes en la zona.
El agua embalsada puede servir para el abastecimiento a ciudades durante largos períodos de tiempo.	Al interrumpirse el curso natural del río, se producen graves alteraciones en la flora y en la fauna fluvial.
Los embalses suelen ser utilizados como zonas de recreo y esparcimiento, donde se pueden practicar una gran cantidad de deportes acuáticos: pesca, remo, vela, etc.	Si aguas arriba del río existen vertidos industriales o de alcantarillado, se pueden producir acumulaciones de materia orgánica en el embalse, lo que repercutirá negativamente en la salubridad de sus aguas.
	Una posible rotura de la presa de un embalse puede dar lugar a una verdadera catástrofe (ejemplo: presa de Tous, en la provincia de Valencia).
	Gran dependencia de la energía hidráulica respecto a las precipitaciones, pues en épocas de sequía es necesario reservar parte del agua embalsada para otros usos no energéticos.

VII.Un ejemplo de central hidraulica: Las Trs Gargantas.



Un ejemplo de megacentral hidráulica es la que han construido los chinos en una de las cuencas del río Yangtzé desplazando a los habitantes de ciudades enteras. En concreto, esta monumental obra dejó bajo el nivel de las aguas a 19 ciudades y 322 pueblos, afectando a casi 2 millones de personas y sumergiendo unos 630 km² de superficie de territorio chino.

Cuenta con 32 turbinas de 700MW cada una, 14 instaladas en el lado norte de la presa, 12 en el lado sur de la presa y seis más subterráneas totalizando una potencia de 24.000 MW.

La presa mide 2.309 metros de longitud y 185 metros de altura e incluye una esclusa capaz de manipular barcos de hasta 3.000 toneladas. Desde tiempos inmemoriales, el río sufría inundaciones masivas de sus orillas cada diez años, y sólo en el siglo XX, según las autoridades

chinas, murieron unas 300.000 personas por culpa de este fenómeno. La presa está diseñada para evitar estos sucesos y mejorar el control del cauce del río, así como para proteger a los más de 15 millones de personas que viven en sus márgenes.

La presa de las Tres Gargantas, en la actualidad, ostenta el título de "la mayor represa de generación de energía del mundo"

La inundación de las tierras provocó, también, grandes pérdidas de reliquias ubicadas en las cercanías del río. Elementos de la era Paleolítica, sitios del Neolítico, entierros ancestrales, tumbas aristocráticas y obras de las dinastías Ming y Qing, quedarán por debajo de la línea de almacenamiento. Por ello, a partir de 1995 se inició una carrera contrarreloj a fin de rescatar la mayor cantidad posible de estos elementos.

Las consecuencias medioambientales en el lugar han sido devastadoras. Un ejemplo es la reciente extinción del baiji o delfín chino, una especie endémica del río Yangtzé, que llevaba en peligro crítico de extinción desde hacía décadas. La construcción de esta presa, ha llevado al límite las condiciones que esta especie de delfín podía soportar y finalmente, en 2008, tras haberse realizado exhaustivas búsquedas, el baiji fue declarado oficialmente extinto.

Algunos críticos dicen que el río llevará al embalse 53.000 millones de toneladas de desechos que podrían acumularse en la pared de la presa, tapando las entradas a las turbinas. La acumulación de sedimentos es un problema característico de los embalses, esto disminuye la capacidad de producción y además recorta la vida útil.

Algunos críticos dicen que el río llevará al embalse 53.000 millones de toneladas de desechos que podrían acumularse en la pared de la presa, tapando las entradas a las turbinas. La acumulación de sedimentos es un problema característico de los embalses, esto disminuye la capacidad de producción y además recorta la vida útil.

VII. Anexo. Potencia de una central hidroeléctrica

La potencia de una central hidroeléctrica depende, fundamentalmente, de dos parámetros: la altura del salto del agua y el caudal que incide sobre las turbinas.

$$P = 9,8 \cdot C \cdot h$$

P $\Rightarrow$ Potencia de la central en kW

C $\Rightarrow$ caudal del agua en m³/s

h $\Rightarrow$ altura en m (desde la superficie del embalse hasta el punto donde está la turbina)

No toda la potencia es aprovechable, pues existen pérdidas debidas al transporte del agua y al rendimiento de turbinas y alternadores, por lo que para corregir el error se introduce un coeficiente de rendimiento estimado, η

$$P_{\text{útil}} = \eta \cdot P$$

La energía generada:

$$E = P \cdot t = 9,8 C \cdot h \cdot t$$

E = P $\cdot$ t = 9,8 C $\cdot$ h $\cdot$ t

E $\Rightarrow$ Energía en kWh

t $\Rightarrow$ tiempo en horas

CUESTIONES

1. ¿En qué momento se comenzó a utilizar la energía hidráulica para obtener energía eléctrica?
2. Indica las transformaciones energéticas que se producen para transformar la energía hidráulica en eléctrica.
3. Aspectos a tener en cuenta para instalar una central hidroeléctrica.
4. Haz un esquema en el que se indiquen las partes principales de una central hidráulica.
5. Diferencias entre los tres tipos de turbinas estudiados.
6. ¿Cuál es la función del parque de transformadores?
7. ¿Qué modificaciones deben hacerse a la corriente eléctrica generada para su posterior transporte?
8. ¿En qué casos es viable la construcción de una central de agua de derivación?
9. ¿Qué ventajas presenta una central de bombeo frente a una de agua embalsada?
10. Busca información sobre algún accidente producido por la rotura de una presa.

PROBLEMAS

11. Calcula en kW la potencia que genera una central hidroeléctrica a partir de un caudal medio de $10\text{ m}^3/\text{s}$ y una altura neta de salto de 30m si el coeficiente de rendimiento estimado es de del 30%. (Sol: 882 kW)
12. Calcula la potencia en kW y en CV que podría obtenerse en una central hidroeléctrica con un salto de 25 m a partir de un caudal de $15\text{ m}^3/\text{s}$, suponiendo un rendimiento del 35%. (Sol: 1286,25 kW; 1747,62 CV) (**1CV = 736w**)
13. Una central hidroeléctrica tiene $2,5\text{ Hm}^3$ de agua embalsada a una altura media de 120 m con relación a la turbina. ¿Cuál es la energía potencial en Kwh? (Sol: $E = 8,17 \cdot 10^5\text{ kWh}$) ($1\text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6\text{ J}$).
 - a) Si el rendimiento de las instalaciones es del 65%. ¿Qué energía producirá en una hora si el agua cae con un caudal de $2\text{ m}^3/\text{s}$? (Sol: $E = 1528,8\text{ kWh}$)
 - b) ¿Qué potencia tiene la central? (Sol: $P = 1528,8\text{ kW}$)
14. Calcula en kW y en CV la potencia que genera una central hidroeléctrica a partir de un caudal medio de $25\text{ m}^3/\text{s}$ y una altura neta de salto de 40m si el coeficiente de rendimiento estimado es de del 30%. (**1CV = 736w**)
15. Una central hidroeléctrica tiene $1,8\text{ Hm}^3$ de agua embalsada a una altura media de 100 m con relación a la turbina. ¿Cuál es la energía potencial en Kwh? ($1\text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6\text{ J}$). (Sol: $E_p = 4,9 \cdot 10^5\text{ Kwh}$)
16. Si el rendimiento de las instalaciones del problema anterior es del 60%. ¿Qué energía producirá en una hora si el agua cae con un caudal de $2,5\text{ m}^3/\text{s}$? ¿Qué potencia genera la central? (Sol: $E = 1470\text{ Kwh}$)

TEMA 4 - ENERGÍA NUCLEAR Y CENTRALES NUCLEARES



1. Energía nuclear

La energía nuclear se desprende de los núcleos de los átomos cuando se produce lo que se llama una *reacción nuclear*.

El principio en el que se basa el aprovechamiento de la energía nuclear es “*la equivalencia que existe entre masa y energía*”.

Si se divide un núcleo atómico de masa M en dos, la suma de las masas de cada una de las mitades será menor que el núcleo inicial. Esto, que aparentemente es imposible, se debe al hecho de que parte de la masa del núcleo atómico se ha “transformado” y liberado en forma de energía, siguiendo el principio de Albert Einstein.

$$E=mc^2$$

Donde E = energía producida o liberada en la reacción nuclear (en julios)

m= Masa del núcleo que se ha transformado en energía. (en kg)

c= velocidad de la luz en m/s = $3 \cdot 10^8$ m/s

El proceso empleado en las centrales nucleares es de fisión nuclear. Consiste en provocar la ruptura de un núcleo atómico pesado, normalmente ^{235}U (Uranio) y ^{239}Pu (Plutonio). La división del átomo la provoca un neutrón, que bombardea a alta velocidad el núcleo y lo divide en varios fragmentos, liberando, además de una gran cantidad de energía y rayos γ , (gamma), otros neutrones que bombardearán otros núcleos atómicos, (provocando **una reacción en cadena**).

Para hacernos una idea, vemos cuanta energía generaría la fisión de un kg de uranio, según la fórmula de Einstein.

$$E = mc^2 = (1 \text{ kg}) \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 = 9 \cdot 10^{16} \text{ J} = 2'15 \cdot 10^{13} \text{ kcal}$$

Para hacernos una idea, un kg de fuel genera una energía de 11200 kcal. Es decir, que un kg de uranio genera casi dos mil millones veces más energía que un kg de fuel.

En la década de los 40, se comenzó a explotar la energía nuclear como fuente de energía, puesto que por un lado se disponía de neutrones capaces de iniciar una reacción de fisión, en la cual se

desprenden nuevos neutrones que permiten continuarla (reacción en cadena). Esta reacción debía ser explosiva y era necesario controlarla. Por otro lado, se encontraron sustancias capaces de frenar los neutrones emitidos, permitiendo así un control efectivo de la reacción. A estas sustancias se las denomina moderadores y las más usuales son: agua pesada, grafito, berilio, carbón, cadmio...

Se define como factor de multiplicación k de una reacción nuclear al cociente entre el número de neutrones emitidos en un intervalo de tiempo y la suma de los neutrones absorbidos en ese tiempo.

$$k = \frac{\text{neutrones emitidos}}{\text{neutrones absorbidos} + \text{neutrones perdidos}}$$

Una reacción en cadena será:

Crítica o estacionaria si $k = 1$.

Supercrítica si $k > 1$.

Subcrítica si $k < 1$.

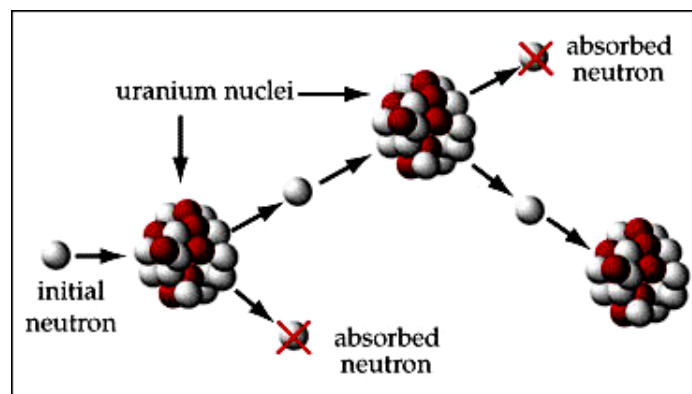
III.2. Componentes de una central nuclear

Una central nuclear es una central térmica, sólo que, en este caso, la fuente de energía no son combustibles fósiles, sino combustible nuclear y el proceso no es por simple combustión, sino por fisión nuclear. En definitiva, la caldera de la central térmica convencional se sustituye en este caso por el llamado **reactor nuclear**.

El elemento más importante de una central nuclear es: el **reactor nuclear**, que sustituye a la caldera en una central eléctrica de combustibles fósiles. En él se da el siguiente fenómeno: Un flujo de neutrones a alta velocidad que divide en varios fragmentos los núcleos atómicos, liberando la energía buscada. Además, se liberan a su vez más neutrones muy energéticos, los cuales dividen a otros núcleos, favoreciendo las reacciones nucleares en cadena, sin aparente control. Para controlar el proceso, se deben “frenar” los neutrones, haciéndolos chocar contra determinadas sustancias llamadas moderadores. La masa mínima de combustible nuclear (^{235}U) para producir la reacción nuclear se llama masa crítica.

Dentro del edificio del reactor se encuentra la “**vasija**” o **núcleo**, donde se introducen las barras del combustible nuclear en tubos de aleación de zirconio, y en su interior se produce la reacción nuclear. La vasija es un gran depósito de acero, recubierto en su interior por plomo para absorber las radiaciones nucleares.

Dentro del núcleo también se encuentra **el material moderador** (hidrógeno, deuterio o carbono, cuya misión es frenar la velocidad de los neutrones, pues a las velocidades que se liberan, unos 20000km/s es poco probable que otro átomo absorba este neutrón) y **las barras de control**, que controlarán el número de fisiones, pues absorben los neutrones (hechas de un material como el carburo de boro, que absorbe neutrones).



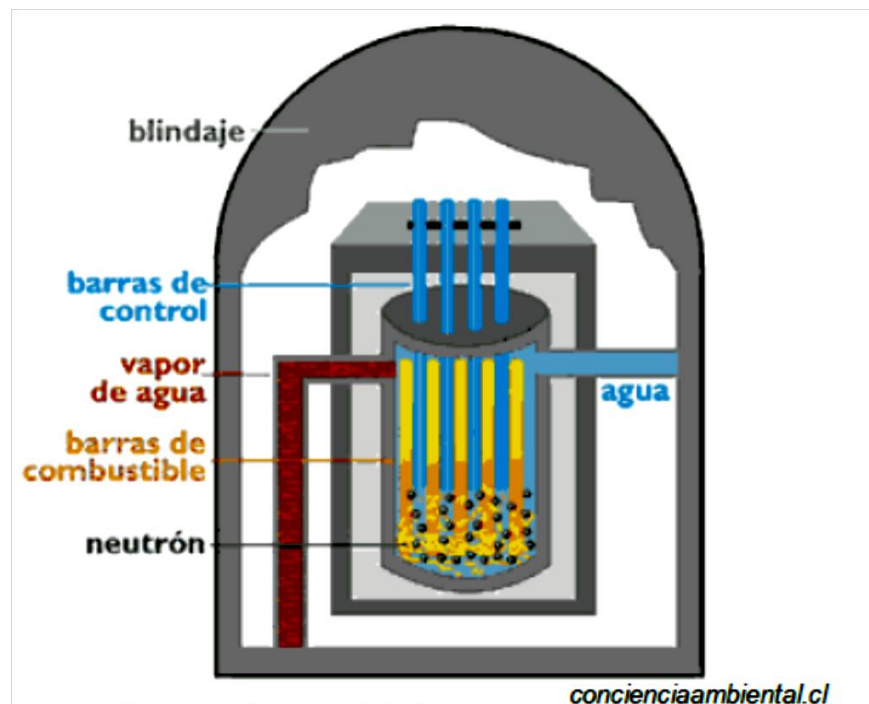
Si las barras de control están introducidas totalmente en el núcleo, la absorción de neutrones es total y no hay reacción nuclear, a medida que se van extrayendo tales barras, aumentan las reacciones nucleares porque se absorben menos neutrones. El reactor tiene a su vez un blindaje de hormigón de varios metros de espesor.

El núcleo del reactor está rodeado por agua, la cual se calentará y transformará en vapor para posteriormente, conducirlo a las turbinas que finalmente generan energía eléctrica de una forma similar a la central térmica.

2. Partes principales de un reactor

Combustible: El más utilizado actualmente es el dióxido de uranio. Se comprime en forma de pastillas (pellets) que se cargan en unos tubos estrechos, de unos 3,7 m de longitud, que van montados unos al lado de otros en cilindros para formar varillas de combustible para el reactor. Se inserta en unos tubos (vainas) de aleación de zirconio (Zr) de aproximadamente 1 de diámetro. (antiguamente eran de acero inoxidable)

Moderador: Material que se utiliza para frenar el movimiento de los neutrones, pues se ha descubierto que es más probable que los neutrones de movimiento lento causen fisión y hagan funcionar el reactor. El más corriente es el carbono (grafito) o el agua o agua pesada.



Barras de regulación: Es necesario controlar el flujo de neutrones para trabajar en condiciones de seguridad. Estas barras están hechas de un material que absorbe neutrones (acero al boro, cadmio), con lo que se consigue disminuir la velocidad de reacción introduciendo las barras, y aumentarla cuando éstas se extraen.

Refrigerante: El calor producido por las reacciones de fisión se elimina bombeando un refrigerante, como agua, entre los elementos combustibles calientes. Después el fluido recalentado es conducido por una tubería desde el centro hasta la caldera donde se calienta el agua para producir el vapor. Luego el refrigerante vuelve al núcleo del reactor para recalentarse.

Escudo contra radiaciones: Es necesario un escudo muy grueso de acero y cemento para evitar cualquier fuga de neutrones o de fragmentos radiactivos.

EN RESUMEN

1. En el interior del reactor nuclear la energía nuclear se convierte en calorífica
2. En las turbinas la energía calorífica extraída del reactor se transforma en mecánica.
3. En el generador (alternador) la energía mecánica se transforma en energía eléctrica.

NOTA: el vapor de agua se vuelve a aprovechar, enfriándola en el condensador.

3. Ventajas e Inconvenientes

Ventajas:

Es una fuente de energía enorme, que complementa a las que provienen de la energía hidráulica y térmica.

La contaminación atmosférica generada es prácticamente nula

Propulsión de barcos, submarinos, portaaviones

Desventajas:

Se pierde mucha energía en los circuitos de refrigeración.

Las instalaciones son muy costosas, pues constan de complicados sistemas de seguridad.

Los residuos radiactivos que generan deben ser tratados y luego deben ser enterrados, pues emiten radiación durante miles de años.

Una central media puede generar unas 60 toneladas de residuos al año.

Las instalaciones son peligrosas y en caso de desmantelamiento, el coste es muy alto.

4. Impacto ambiental

La utilización de energía nuclear por fisión entraña una serie de riesgos que es importante conocer:

o Riesgo de explosiones nucleares en las centrales. Es bastante improbable.

o Fugas radiactivas: no son normales, pero han ocurrido.

o Exposiciones a radiaciones radiactivas.

o Residuos radiactivos: pueden ser gaseosos, líquidos o sólidos en función de su estado y de baja, media y alta radiactividad según su peligrosidad.

- los **residuos de baja y media radiactividad** se mezclan con hormigón y se meten en bidones, que se almacenan, primero en depósitos de la central y luego en un emplazamiento subterráneo.
- Los **residuos de alta radiactividad**, se meten en piscinas de hormigón llenas de agua para reducir su peligrosidad y luego sufren un proceso similar al anterior.

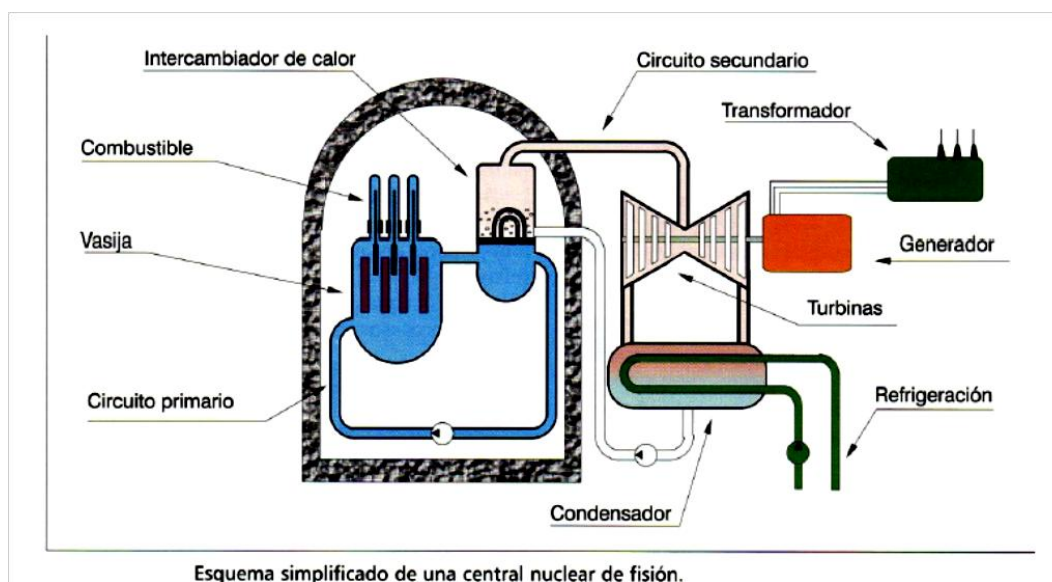
o Impacto paisajístico

o Descarga de agua caliente: alteración ecosistemas

o Emisión del vapor de agua: modificación microclima del entorno

o Funcionamiento de las turbinas: ruido

5. Esquema de funcionamiento de una central nuclear



EJERCICIOS

1. Cuando se produce una reacción nuclear, ¿la masa del combustible aumentará, disminuirá o será la misma al final del proceso? Razónalo.
2. ¿Qué papel tienen las barras de cadmio en un reactor nuclear? Razona por qué se introducen en el seno del reactor para parar la central.
3. ¿Crees razonable tirar los residuos nucleares al espacio mediante cohetes? ¿Ves algún inconveniente en ello?
4. ¿De dónde procede la energía nuclear?
5. ¿En qué consiste una reacción en cadena y para qué se utiliza?
6. Similitudes y diferencias entre las partículas α , β y los neutrones
7. ¿Por qué no se utilizan las reacciones de fusión para obtener energía?
8. Explica cómo puede obtenerse energía eléctrica a partir de reacciones de fisión
9. Enumera y explica las partes principales de un reactor nuclear
10. Impacto ambiental de una central nuclear
11. Averigua quiénes fueron las siguientes personas: Becquerel, Pierre y Marie Curie, Rutherford y Röntgen. ¿Qué tienen todos en común?
12. ¿Cuántas centrales nucleares existen actualmente en España? Enuméralas.
13. ¿Qué es un isótopo?
14. ¿Qué usos tiene la energía nuclear en medicina?
15. Realiza un breve informe sobre el accidente nuclear de Chernobil. Apóyate en las hemerotecas y en las enciclopedias.
16. 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.

PROBLEMAS

1. En una reacción de fisión, se produce una pérdida de masa de 0,3 g. Calcula la energía producida en eV. ($1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$) (Sol: $E = 1,69 \cdot 10^{32} \text{ eV}$)
2. En una reacción de fisión, se produce una pérdida de masa de 0,25 mg. Calcula la energía producida en eV. ($1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$) (Sol: $E = 1,4 \cdot 10^{29} \text{ eV}$)
3. En una reacción nuclear se produce una pérdida de masa de 230 mg. Calcula la energía liberada en esa reacción en eV. (Sol: $E = 1,29 \cdot 10^{32} \text{ eV}$)

4. Sabiendo que el poder calorífico del carbón es $P_c = 7200 \text{ kcal/kg}$, y el del gasóleo es $P_c = 11200 \text{ kcal/kg}$, determina qué cantidad de cada uno de ellos sería necesario quemar para obtener una energía equivalente a la obtenida si se desintegrara por completo 1 kg de uranio.

5. La central nuclear de Almaraz consta de dos reactores capaces de generar 2.696 MW térmicos, de los que se extraen 1.860 MW de electricidad. Unas 73 toneladas de uranio radiactivo, en forma de barras, se introducen en una vasija blindada, cerrada herméticamente, por la que circula agua líquida a 348°C de temperatura y a una elevada presión (157 kg/cm^2) que le impide evaporarse. Esta agua es muy radiactiva y transmite su calor, mediante un intercambiador, a un segundo circuito (circuito secundario) conectado a la turbina de un generador de corriente. Contesta a las siguientes preguntas:

- a) Sitúa Almaraz en un mapa de España.
- b) ¿Qué tipo de central nuclear es?
- c) Si esta central tiene una avería que la mantiene parada durante 5 días, ¿a cuánto ascienden sus pérdidas si suministra el kWh a 0.11 €?
- d) ¿Qué misión tiene la turbina de una central?
- e) ¿Qué rendimiento termoeléctrico posee esta central?
- f) ¿Por qué crees que es muy radiactiva el agua del circuito primario y no la del circuito secundario?

TEMA 5 - ENERGIA SOLAR**1. Introducción.**

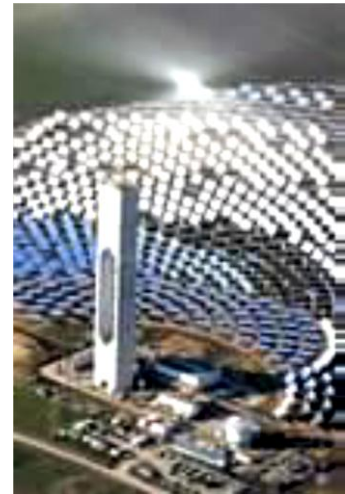
Es la energía procedente del Sol debido a reacciones termonucleares de fusión, en las que el hidrógeno se transforma en helio. Esta energía llega a la Tierra por medio de ondas electromagnéticas a modo de radiación. El porcentaje de energía que llega del Sol es aproximadamente del 42% de radiación visible, el 53% de infrarroja y el 5% restante de ultravioleta. La parte infrarroja y ultravioleta no son visibles.

La **fusión nuclear** consiste en la unión de dos núcleos atómicos a elevadas temperaturas para dar lugar a otro más pesado, liberando gran cantidad de energía.

Las **ondas electromagnéticas** son una manera de transmisión de energía en forma de ondas por el vacío o cualquier medio material.

Es una fuente de energía limpia, inagotable y gratuita, disponible todo el año con las limitaciones propias del clima y la temporada. Si se concentra la radiación solar puede alcanzar hasta los 3000°C.

Por otro lado tiene los inconvenientes de que es aleatoria y dispersa, por lo que es necesario cubrir grandes superficies para tener una potencia aprovechable. El rendimiento es bajo, del orden del 15 al 20% de la energía que llega en el caso fotovoltaico, y además el coste inicial de las instalaciones es muy alto, aunque la investigación y los avances son constantes. Una vez amortizados dichos costes iniciales, los únicos costes son los de mantenimiento de las instalaciones, al contrario de otras centrales.

**Algunos datos de interés:**

Potencia del Sol = $4 \cdot 10^{26}$ W

Energía del Sol que llega a la Tierra = $5,5 \cdot 10^{24}$ J/año

Intensidad de radiación que llega en las capas altas de la atmósfera = $1'38 \text{ kW/m}^2$

Intensidad de la radiación que llega a la superficie terrestre $\sim 900 \text{ W/m}^2$

¿De qué depende la incidencia del Sol?

- La hora
- La inclinación de la Tierra respecto del Sol, variable a lo largo del año.
- Condiciones meteorológicas
- Grado de contaminación

¿De qué formas podemos aprovechar la energía del Sol?

- Aprovechando el calor (conversión térmica)
- Aprovechando la luz (conversión fotovoltaica)

La energía solar presenta dos características que la diferencian de las fuentes energéticas convencionales:

- **Dispersión:** su densidad apenas alcanza 1 kW/m^2 , muy por debajo de otras densidades energéticas, lo que hace necesarias grandes superficies de captación o sistemas de concentración de los rayos solares.
- **Intermitencia:** hace necesario el uso de sistemas de almacenamiento de la energía captada

2. Sistemas de captación

El primer paso para el aprovechamiento de la energía solar es su captación, aspecto dentro del que se pueden distinguir dos tipos de sistemas:

- **Pasivos:** no necesitan ningún dispositivo para captar la energía solar, el aprovechamiento se logra aplicando distintos elementos arquitectónicos. Aquí, se introduce el concepto de arquitectura bioclimática con el diseño de edificaciones para aprovechar al máximo los recursos disponibles (sol, viento,...) reduciendo así, en lo posible, el consumo energético y minimizando el impacto ambiental.
- **Activos:** captan la radiación solar por medio de un elemento de determinadas características, llamado "colector"; según sea éste se puede llevar a cabo una conversión térmica aprovechando el calor contenido en la radiación solar (a baja, media o alta temperatura), o bien una conversión eléctrica, aprovechando la energía luminosa de la radiación solar para generar directamente energía eléctrica por medio del llamado "efecto fotovoltaico"

2.1. Utilización pasiva de la energía solar

Un diseño pasivo es un sistema que capta la energía solar, la almacena y la distribuye de forma natural, sin mediación de elementos mecánicos. Sus principios están basados en las características de los materiales empleados y en la utilización de fenómenos naturales de circulación del aire. Los elementos básicos usados por la arquitectura solar pasiva son:

- Acristalamiento: capta la energía solar y retiene el calor igual que un invernadero
- Masa térmica: constituida por los elementos estructurales del edificio o por algún material acumulador específico (agua, tierra, piedras). Tiene como misión almacenar la energía captada.

Las aplicaciones más importantes de los sistemas solares pasivos son la calefacción y la refrigeración. La refrigeración surge más bien como una necesidad de utilizar los sistemas de calefacción de forma continuada durante todo el año.

La integración de colectores de aire, la utilización de paredes internas como muros acumuladores de calor y la aplicación de ventiladores, aumenta la eficacia de los sistemas pasivos, y se les conoce como "híbridos", ya que utilizan ciertos sistemas mecánicos activos.

En los últimos años se han mejorado mucho los sistemas pasivos que permiten un considerable ahorro energético.

2.2. Utilización activa de la energía solar

2.2.1. Conversión térmica

Se basa en la absorción del calor del Sol. Si el cuerpo es negro, la absorción es máxima y el cuerpo se calienta... y si es blanco refleja las radiaciones y el cuerpo no experimenta variación de temperatura.

La conversión térmica puede ser de tres tipos: de baja, media y alta temperatura.

2.2.1.1. Conversión térmica de baja y media temperatura

Se utilizan **colectores**, que absorben el calor del Sol y lo transmiten a un fluido (suele ser agua).

2.2.1.1.1. Conversión térmica de baja temperatura

Esta tecnología comprende el calentamiento de agua *por debajo de su punto de ebullición*. El conjunto de elementos para el suministro de agua caliente se conoce como "*sistema solar activo de baja temperatura*", distinguiéndose los siguientes subsistemas:

Subsistema colector: Capta la energía solar y está formado por los colectores llamados también "placas solares", "captadores" o "paneles". Son planos, en forma de caja metálica, en la que se

disponen una serie de tubos, pintados de color negro, por los que circula agua. El interior del colector está pintado, de color negro mate. Así se logra máxima absorción. En la parte superior se dispone de un cristal que permite el paso de los rayos y hace de aislante térmico, induciendo un efecto invernadero artificial.

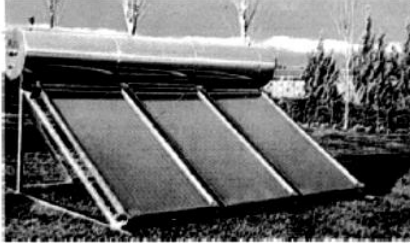


Figura 3.14. Colector plano.

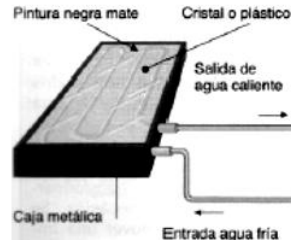
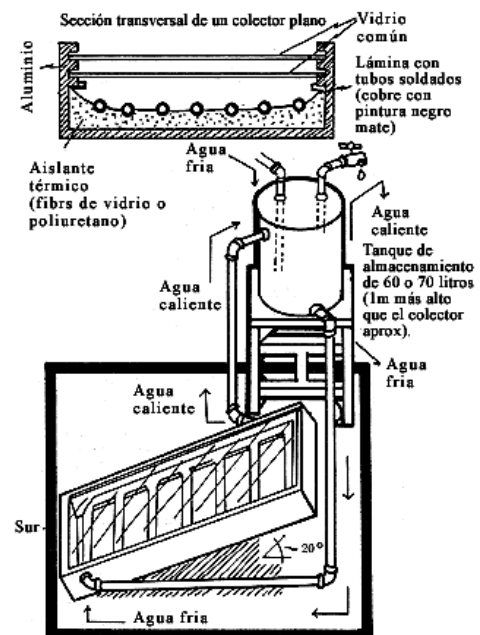
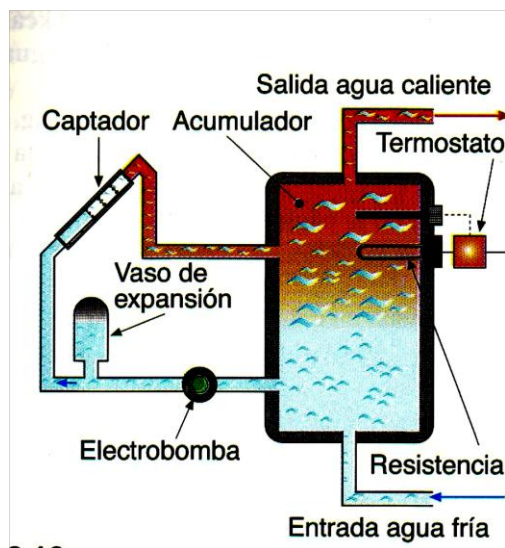


Figura 3.15. Partes de un colector.



- Subsistema de almacenamiento: Depósitos que almacenan el agua caliente procedente de los paneles
- Subsistema de distribución: Instalación de tuberías y accesorios que permite transportar el agua caliente desde el colector hasta los depósitos de almacenamiento y desde aquí a los puntos de consumo



Es de destacar que los equipos solares de baja temperatura no garantizan la totalidad de las necesidades energéticas, por lo que necesitan de un equipo convencional de apoyo (calentadores eléctricos o a gas, etc.) que suplan la carencia de energía solar, fundamentalmente debido a las condiciones climatológicas.

2.2.1.1.2. Conversión térmica a media temperatura

Para obtener temperaturas superiores a los 100°C se debe concentrar la radiación solar, para lo que se pueden utilizar lentes o espejos. Canalizando la radiación hacia un punto o una superficie

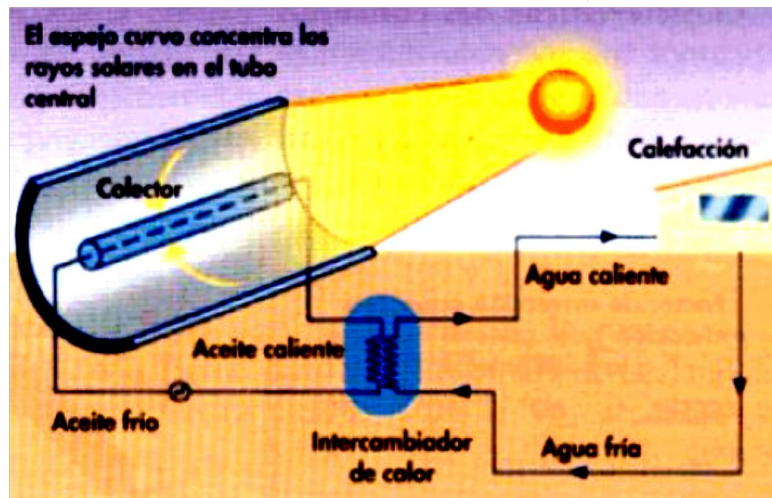
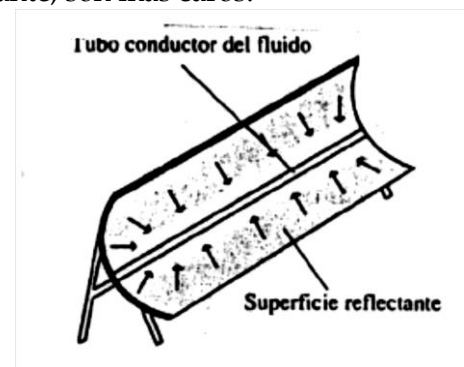
llamado "foco", éste eleva su temperatura muy por encima de la alcanzada en los colectores planos (200 a 500°C.).

Aunque la superficie que recibe los rayos concentrados puede tener cualquier forma dependiendo de la técnica usada, en la actualidad la solución más favorable para una concentración de tipo medio (temperaturas menores de 300 °C) es el "colector cilindro-parabólico". Este colector consiste en un espejo cilindro-parabólico que refleja la radiación recibida sobre un tubo de vidrio dispuesto en la línea focal. Dentro del tubo de vidrio están el absorbedor y el fluido portador del calor.

Para que se puedan concentrar los rayos solares, estos colectores se montan igual que los planos, es decir, mirando al Sur (si estamos en el hemisferio norte) y con una inclinación igual a la latitud del lugar. Además necesitan un dispositivo que vaya haciendo girar los espejos a lo largo del día, sincronizado con el movimiento aparente del Sol.

Los colectores cilindro-parabólicos, aparte de poder operar a temperaturas superiores a las de los planos, tienen la ventaja de requerir depósitos de acumulación más pequeños y de tener menores superficies de absorción y menores pérdidas de calor. No obstante, son más caros.

Aunque los colectores cilindro-parabólicos son aplicables en la misma gama de necesidades que los paneles planos, al poder desarrollar temperaturas considerablemente superiores tienen interesantes posibilidades de utilización industrial. Así, se están usando asociaciones de un cierto número de estos colectores en las llamadas "*granjas solares*", pudiendo ser utilizados para la producción de calor o electricidad. La energía así obtenida se aplica a procesos térmicos industriales, desalinización de agua de mar, refrigeración y climatización.



2.2.1.2. Conversión térmica de alta temperatura

a) **Centrales solares:** Para conversiones térmicas superiores a los 500 °C, encaminadas a la producción de energía eléctrica a gran escala, es necesario concentrar la radiación solar mediante

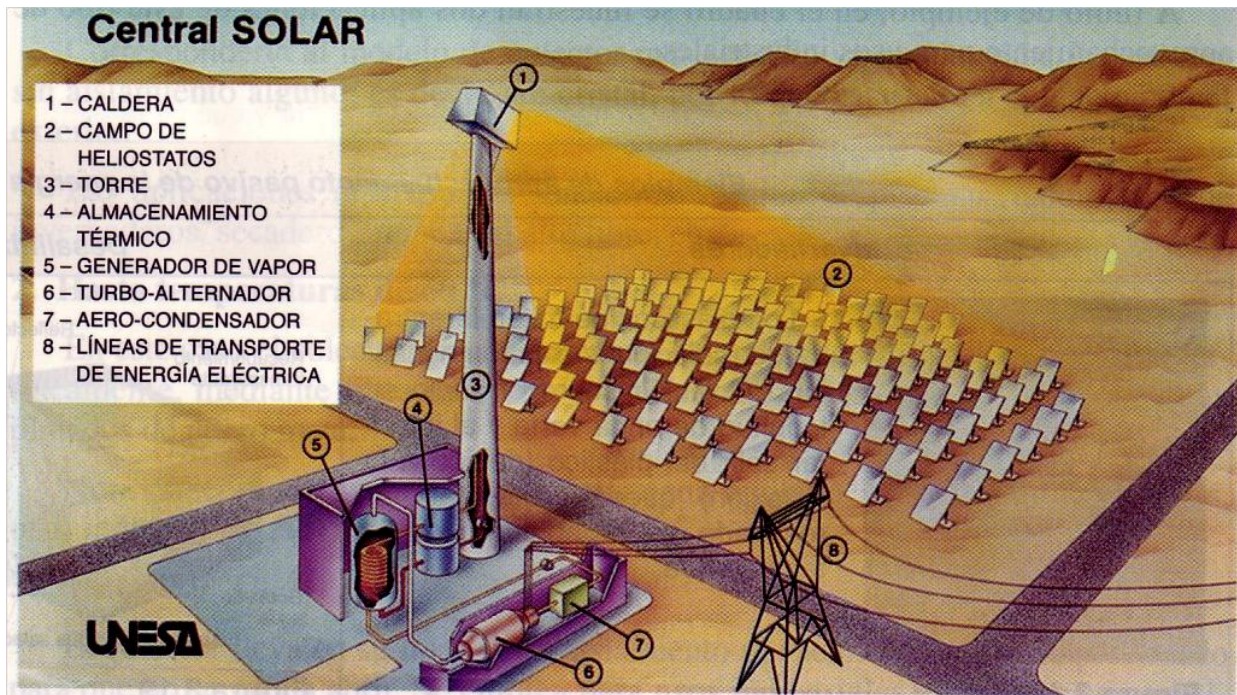
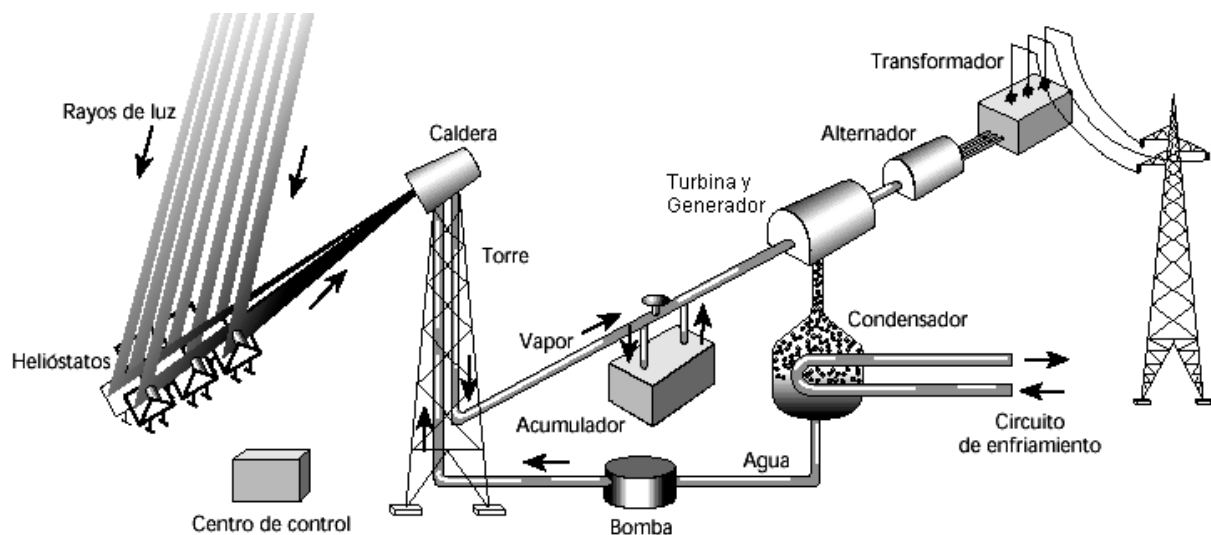


Figura 3.21. Campo de heliostatos.

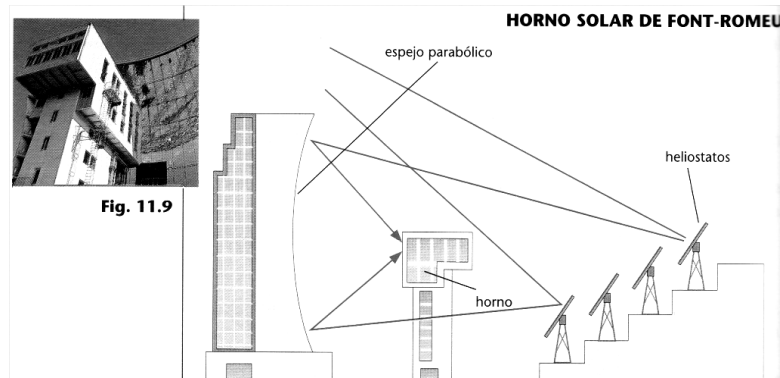


grandes paraboloides (captadores parabólicos) o un gran número de espejos enfocados hacia un mismo punto. El sistema más extendido es el de receptor central, formado por un campo de espejos orientables, llamados "heliostatos", que concentran la radiación solar sobre una caldera situada en lo alto de una torre.

El calor captado en el absorbedor es cedido a un fluido portador circulando en circuito cerrado y que, debido a las altas temperaturas que ha de soportar (superiores a 500°C) suele ser sodio fundido o vapor de agua a presión. Este fluido primario caliente se hace pasar a un sistema de almacenamiento, para luego ser utilizado en un sistema de generación de vapor, que se alimenta a una turbina. Esta actúa sobre un alternador, que permite obtener energía eléctrica.

Los captadores tienen que estar constantemente orientados hacia el Sol, por lo que sus soportes han de ser móviles y cuentan con un sistema informático que determina de forma precisa la posición en cada momento del día.

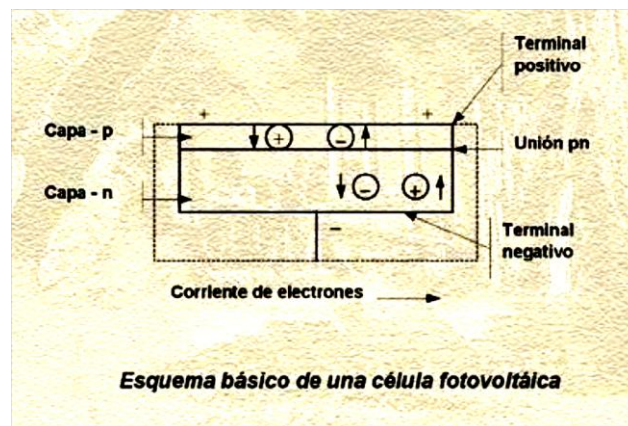
b) **Hornos solares:** formados por un espejo parabólico que concentra en su foco los rayos provenientes de la reflexión de las radiaciones solares en un cierto número de espejos, llamados heliostatos, convenientemente dispuestos. Estos hornos permiten alcanzar temperaturas muy elevadas (hasta 6000 °C). Suelen emplearse para generar energía eléctrica y con fines experimentales.



2.2.2. Conversión fotovoltaica

La conversión de la energía solar en energía eléctrica está basada casi por completo en el denominado "*efecto fotovoltaico*", o producción de una corriente eléctrica en un material semiconductor como consecuencia de la absorción de radiación luminosa.

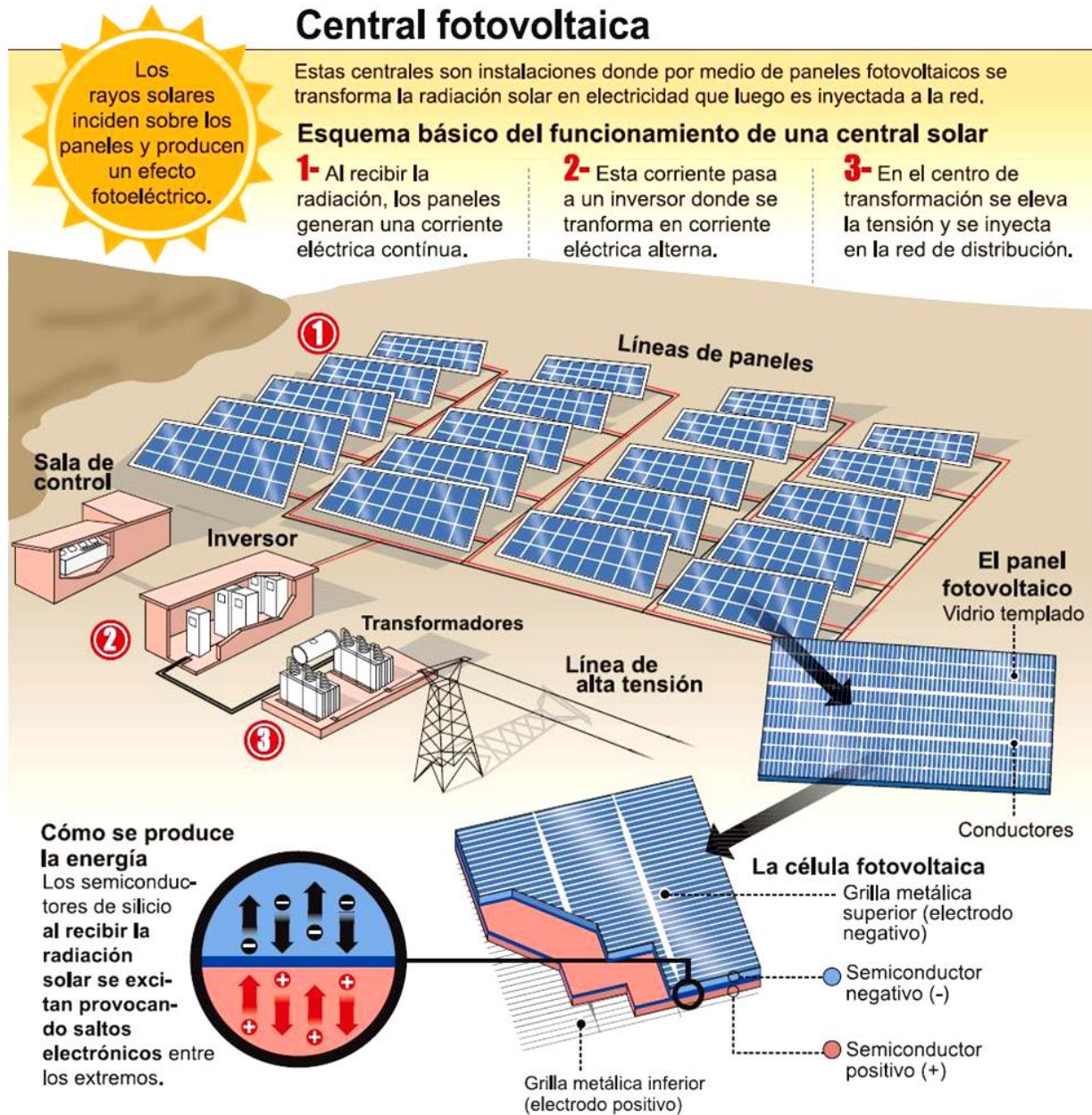
La luz del Sol se transforma directamente en energía eléctrica en las llamadas *células solares o fotovoltaicas*, que es el elemento básico formado, en el tipo más extendido, por un *material semiconductor*, como silicio dopado con boro y fósforo.



Al incidir luz (fotones) sobre estas células se origina una corriente eléctrica (*efecto fotovoltaico*), aunque el rendimiento de este proceso es muy pequeño, pues en el mejor de los casos sólo un 25% de la energía luminosa se transforma en eléctrica.

Para obtener suficiente amperaje, se conectan varias de ellas en *serie*. Son los llamados *módulos o paneles fotovoltaicos*.

Central fotovoltaica

Fuente: www.unesa.es y www.consumer.es

Darío / DIARIO DE CUYO

Las células del panel están protegidas por un cristal y se construyen de forma que se pueden unir con otros paneles.

Las instalaciones fotovoltaicas han de ir provistas de **acumuladores**, capaces de almacenar la energía eléctrica no utilizada en forma de energía química. En algunos casos, también puede estar conectado en paralelo con la red, para emplear la energía de la misma cuando falte el Sol.

En lugares aislados también se emplea este tipo de energía.

2.2.2.1. Aplicaciones

- *Aplicaciones remotas:* lugares donde sólo se prevé un pequeño consumo de electricidad (repetidores de radio y televisión, radiofaros, balizas, etc.), y en los que es necesario una acumulación a base de baterías
- *Usos rurales:* instalaciones aisladas de la red general que no suelen requerir acumulación (riego, molienda, descascarillado, etc.)
- *Autogeneración:* centros de consumo conectados a la red, utilizando la energía solar como base y la de la red como complemento

- *Grandes centrales:* generación masiva de electricidad, sólo posible en condiciones favorables de evolución de la tecnología fotovoltaica, el coste de las fuentes energéticas convencionales y las condiciones climáticas

Es necesario destacar que los costes de las células fotovoltaicas siguen siendo altos en la actualidad, debido principalmente a la complejidad de la fabricación de las mismas. Es por ello que se siguen realizando importantes investigaciones respecto a la reducción de costes de las células, centrados en dos facetas fundamentales:

- Utilización de nuevos materiales: existen semiconductores con propiedades fotovoltaicas, cuyo coste de producción es mucho más bajo que el del silicio
- Aumento de la radiación incidente: existen dos opciones al respecto; o utilizar células bifaciales, capaces de recibir la radiación solar por ambas caras, o utilizar concentración óptica por medio de lentes

2.2.2.2. Ventajas e inconvenientes

Ventajas	Inconvenientes
Energía limpia, pues no emite ningún tipo de residuo.	Las instalaciones exigen una gran superficie de suelo.
Fuente inagotable y gratuita de energía.	La radiación solar no es uniforme, pues su uso se limita a zonas de elevado número de horas de sol al año.
Compensan desigualdades: los países menos desarrollados disponen de ella y no necesitan importarla	El coste de las instalaciones es alto en relación a su rendimiento.
	Aunque es una energía limpia, producir y mantener los paneles fotovoltaicos es contaminante.
	Las instalaciones modifican el entorno inmediato, dada su magnitud.

Nota: Los semiconductores son sustancias, de conductividad eléctrica intermedia entre un aislante y un conductor y, según sus características, se clasifican en dos tipos: "tipo p" y "tipo n". Estas características se consiguen añadiendo impurezas que afectan a las propiedades eléctricas del semiconductor, proceso que se llama "dopado". Añadiendo al silicio impurezas de fósforo se consigue un semiconductor tipo n, mientras que añadiendo boro, se consigue un semiconductor tipo p. El alto grado de pureza necesario para la obtención de semiconductores será el motivo principal de su elevado coste.

Un disco monocristalino de silicio dopado en su superficie expuesta al Sol hasta hacerla de tipo n y en su parte inferior de tipo p, constituye una "célula solar fotovoltaica", completada por unos contactos eléctricos adecuados para hacer circular la corriente eléctrica por el circuito exterior.

Generalmente, conectando 36 de ellas y montándolas entre dos láminas de vidrio que las protegen de la intemperie, se obtiene un "módulo fotovoltaico", capaz de proporcionar una corriente continua de 18 V con una iluminación de 1 kW/m².

Una serie de módulos montados sobre un soporte mecánico constituyen un "panel fotovoltaico"; según se conecten dichos módulos en serie o en paralelo, puede conseguirse casi cualquier valor de tensión y de intensidad de corriente.

3. Expresiones matemáticas necesarias para las aplicaciones prácticas

Para calcular las dimensiones necesarias de un colector solar, si queremos obtener una potencia determinada, necesitamos saber, entre otras cosas, la cantidad de calor que se recibe en el punto de la tierra en el que queremos realizar la instalación.

Así, ese calor, Q , se puede obtener a partir de la expresión:

$$Q = K \cdot S \cdot t$$

Q = cantidad de calor (calorías)

K = constante solar ($\text{cal/min} \cdot \text{cm}^2$)

S = Superficie sobre la que incide la radiación (cm^2)

t = Tiempo durante el cual está recibiendo radiación

La **constante solar** es la cantidad de energía recibida en forma de radiación solar por unidad de tiempo y unidad de superficie, medida en la parte externa de la atmósfera en un plano perpendicular a los rayos. En la superficie de la tierra, en las mejores condiciones, no supera el valor de $1,3 \text{ cal/min} \cdot \text{cm}^2$. Toma valores entre 0 y $1,3 \text{ cal/min} \cdot \text{cm}^2$, pudiendo tomarse como media en un día de verano $0,9 \text{ cal/min} \cdot \text{cm}^2$

Otra expresión útil para calcular la cantidad de calor, es en función de la masa de material que almacena ese calor

$$Q = C_e m \Delta T$$

Q = cantidad de calor (kcalorías)

M = masa (kg)

ΔT = variación de temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

C_e = calor específico $\text{Kcal/Kg}^{\circ}\text{C}$ (en el caso del agua toma el valor $1 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{C}$)

$$\eta = E_{\text{salida}} / E_{\text{entrada}}$$

o, en función de la potencia:

$$\eta = P_{\text{salida}} / P_{\text{entrada}}$$

La potencia captada por un colector solar, depende de la densidad de radiación que incide en un determinado lugar y de la superficie de captación

$$P_{\text{inc}} = \rho_{\text{rad}} \cdot S$$

P_{inc} = Potencia captada por el colector (w)

ρ_{rad} = densidad de radiación (w/m^2)

S = superficie de captación (m^2)

PROBLEMAS

1. Suponiendo una densidad de radiación media de 1000 W/m^2 , calcula la potencia que conseguiremos con un grupo de colectores solares que ocupan una superficie total de 225 m^2 y que tienen un rendimiento del 60%. *(Solución: 135kW)*
2. Calcula la superficie que deben ocupar los colectores planos de una instalación si pretendemos que desarrollen una potencia de 75kW con un rendimiento del 50%. Suponemos una radiación solar de 1000 W/m^2 . *(Solución: 150 m^2)*
3. Calcula la energía solar total que recibe España a lo largo de un año, sabiendo que su superficie aproximada es de $500\,000 \text{ km}^2$ y suponiendo una insolación media de 2200 h anuales y una densidad de radiación media de 1399 W/m^2 *(Solución: $5,15 \cdot 10^{21} \text{ J}$)*
4. Calcula la superficie de panel fotovoltaico necesario para alimentar una estufa eléctrica de 1500 W de potencia durante 2 horas. Supón una densidad de radiación de 1000 W/m^2 , un aprovechamiento solar de 6 horas y un rendimiento del equipo de 20% *(Solución: $2,5 \text{ m}^2$)*
5. Se desea instalar un conjunto de paneles solares para abastecer una vivienda con un consumo estimado de 525 kWh mensuales. Calcula la superficie de panel necesaria suponiendo una densidad de radiación de 1250 W/m^2 , un aprovechamiento solar diario de 5 horas y un rendimiento de la instalación del 25%. *(Solución: $11,2 \text{ m}^2$)*
6. Determina la cantidad de calor que habrá entrado en una casa, durante un día del mes de julio, suponiendo que dispone de una cristalera de $3 \times 2 \text{ m}$ y que no se han producido pérdidas ni reflexiones en el vidrio. *(Solución: 32400 Kcal).* *(El coeficiente de radiación solar es $K = 0.9 \text{ cal/min} \cdot \text{cm}^2$ y suponemos 10 horas de insolación diarias en el mes de julio.)*
7. Un colector solar plano que tiene una superficie de 4 m^2 debe calentar agua para uso doméstico. Sabiendo que el coeficiente de radiación solar es $K = 0.9 \text{ cal/min} \cdot \text{cm}^2$ y que el consumo de agua es constante, a razón de 6 litros/min, determina el aumento de temperatura del agua si está funcionando durante 2 horas. Se supone que inicialmente el agua está a 180°C y que no hay pérdidas de calor *(Solución: 240°C)*

TEMA 6 - ENERGÍA DE LA BIOMASA

1. Introducción. Definición

Se conoce como biomasa a toda materia orgánica de origen vegetal o animal, como pueden ser desechos agrícolas (cáscaras, huesos de aceitunas, caña, rastrojos,...), forestales (especialmente madera y hojas) y de animales (por ejemplo, estiércol) y a la obtenida a partir de ésta mediante transformaciones naturales o artificiales.

Las plantas, y los animales a través de ellas, almacenan energía gracias a la fotosíntesis, que tiene lugar en presencia de la luz solar en combinación con agua, sales minerales y dióxido de carbono.

Son fuentes de biomasa:

- residuos agrarios y animales
- residuos forestales
- residuos industriales (carpinterías, ...)
- cultivos vegetales concretos para este fin.
- Residuos sólidos urbanos.



2. Fuentes de biomasa

- *Residuos agrarios*: Se transforman para obtener combustibles líquidos. Previamente deben ser tratados mediante un proceso que requiere energía previa

- *Residuos animales*: estiércol, purines, camas o, también, descomposición de animales muertos o restos de mataderos. Se transforman para obtener biogás del tipo metano, que se usa como combustible para producir electricidad.

- *Residuos forestales*

- *Residuos industriales* (carpinterías, ...): Proceden de la industria maderera y papelera, siendo utilizados como combustible dentro del mismo sector que los produce, de la agrícola y agroalimentaria: frutos secos, aceite de oliva, conserva de frutas,...

- *Cultivos vegetales concretos para este fin*:

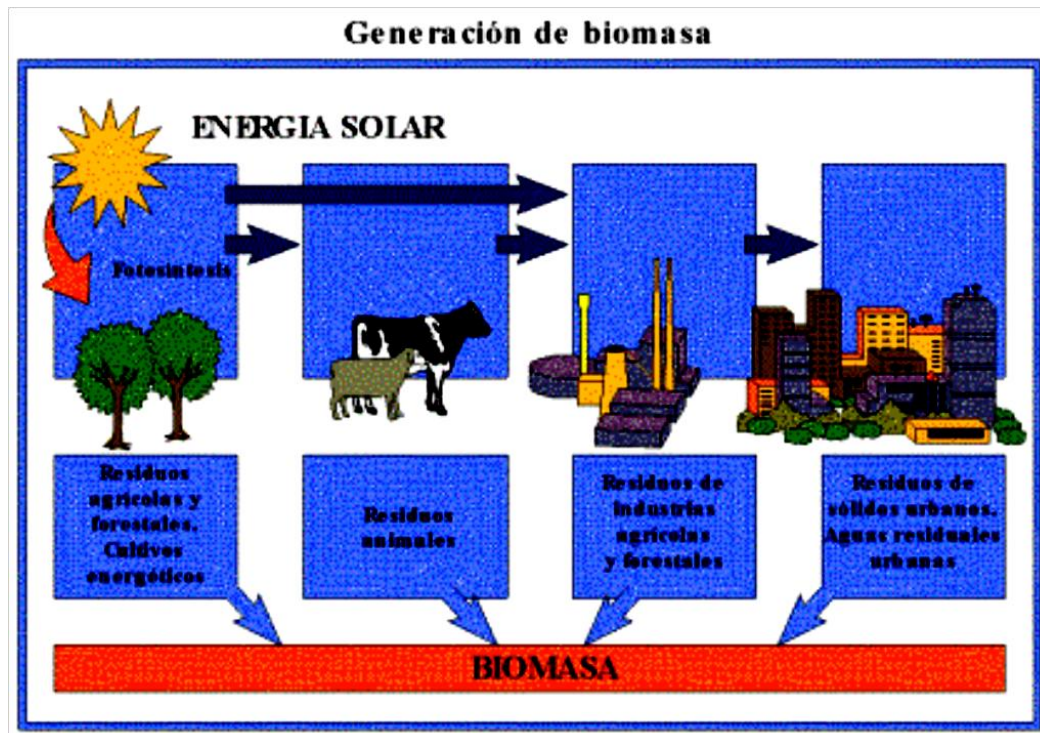
- *Cultivos tradicionales*: cultivos clásicos que se utilizan con fines alimenticios o industriales y se emplean para obtener energía con plantaciones del tipo leñoso: eucaliptos, álamos, sauces,...

- *Cultivos poco frecuentes*: aquellos que han empezado a desarrollarse de forma masiva por su interés energético: cardos, helechos, girasol, piteras,...

- *Cultivos acuáticos*: Algas y jacintos de agua

- *Combustibles líquidos*: Plantas leñosas que son transformadas en combustibles alternativos semejantes a la gasolina, pero que apenas producen impacto ambiental: palma, caucho,...

- *Residuos sólidos urbanos*: Generados como consecuencia de la actividad humana: RSU y ARU (aguas residuales urbanas). Se tratan con varias técnicas: eliminación por vertedero: reciclaje-compostaje, e incineración con recuperación de energía.



3. Tratamiento de la biomasa

El tratamiento de la biomasa significa someterla a diferentes procesos que, en función del producto que queramos obtener, pueden ser:

3.1. Procesos físicos:

- Compactación o reducción de volumen para su tratamiento directo como combustible
- Secado para realizar posteriormente un tratamiento térmico

3.2. Procesos termoquímicos: Se trata de someter a la biomasa a temperaturas elevadas. Así se tiene:

- *Combustión directa de la biomasa con aire:* al quemar la biomasa, se obtiene calor para producir vapor que mueva una turbina que arrastra un alternador que produce electricidad.
- También se aprovecha para calefacción. La biomasa debe ser baja en humedad.
- *Pirólisis:* Consiste en un calentamiento sin la presencia de oxígeno. La materia orgánica se descompone, obteniendo productos finales más energéticos.
- *Gasificación:* Oxigenación parcial o hidrogenación, que permite la obtención de hidrocarburos

3.3. Procesos bioquímicos: Ciertos microorganismos actúan sobre la biomasa transformándolos

- *Fermentación alcohólica (aerobia):* Es el proceso de transformación de la glucosa en etanol por la acción de los microorganismos. El resultado es el **bioalcohol**, un combustible para vehículos.
- En Brasil, uno de cada tres vehículos funciona con etanol extraído de la caña de azúcar.
- *Fermentación anaerobia:* Consiste en fermentar en ausencia de oxígeno y durante largo tiempo la biomasa. Origina productos gaseosos (**biogás**), que son principalmente metano y dióxido de carbono. Este biogás se suele emplear en granjas para activar motores de combustión o calefacción

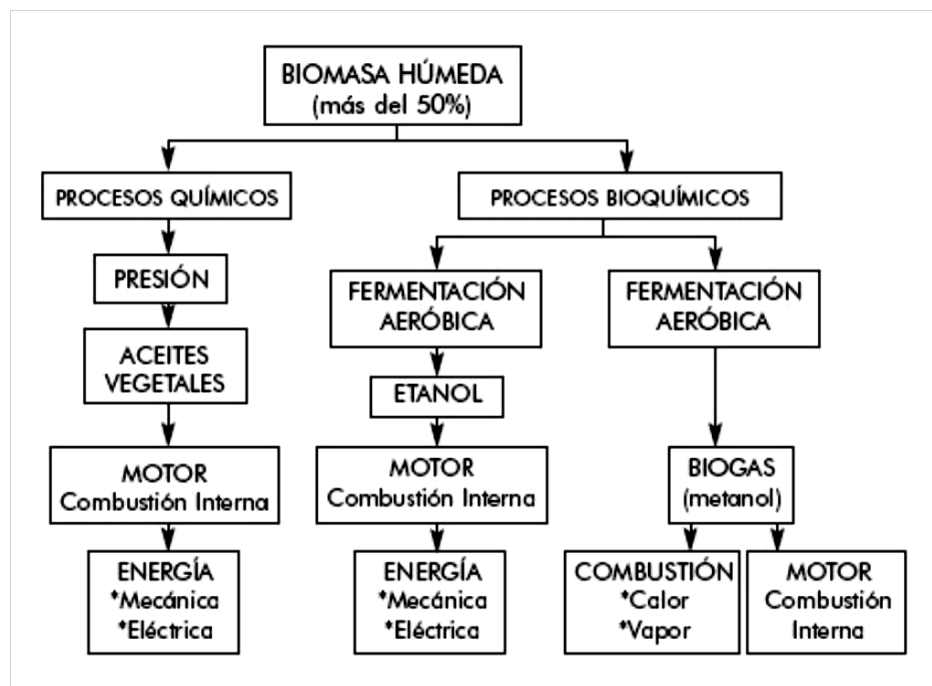
3.4. Procesos químicos: En este caso en el proceso de transformación no intervienen microorganismos

Transformación de ácidos grasos: Consiste en transformar aceites vegetales y grasas animales en una mezcla de hidrocarburos mediante procesos químicos no biológicos para crear un producto llamado **Biodiesel**, que sirve de combustible. Como materia prima se emplean, principalmente cereales, trigo, soja, maíz, ...

Tanto el bioalcohol, como el biogás y el biodiesel se llaman **biocombustibles**.

En definitiva, las **tres grandes aplicaciones de la biomasa** son:

- 1) Para calefacción.
- 2) Para mover turbinas-generadores, es decir, para obtener energía eléctrica
- 3) Como combustible de vehículos.



4. Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

Este tipo de residuos, merece una mención aparte. Son aquellos residuos sólidos generados por la actividad doméstica en los núcleos de población o zonas de influencia. En España, se estima que se generan más de 500kg de residuos por habitante y año. Prácticamente el 50 % de esta cantidad es materia orgánica, correspondiendo también un porcentaje muy importante al papel y al cartón, el vidrio y al plástico.

El tratamiento de estos residuos se lleva a cabo mediante los siguientes métodos:

- **Incineración:** consiste en quemar los residuos combustibles, con la idea de obtener energía eléctrica o térmica o fermentar los residuos orgánicos para obtener biogás.

- **Vertido controlado:** en un terreno previamente preparado para ello, se almacenan los residuos sobre el terreno, cubriéndolos con material adecuado para evitar contaminación. (En muchos lugares que no están adecuadamente preparados, se depositan residuos, lo que se conoce como **vertido incontrolado**)

- **Compostaje:** Se hace fermentar los residuos de origen orgánico para, posteriormente, emplearlo como abonos.

- **Reciclado:** consiste en separar y clasificar los componentes que puedan ser utilizados como materia prima para fabricar otros productos: vidrio, papel, plástico,...

Para conseguir un reciclado total es importante producir el mejor residuo posible con el uso de materiales Adecuados

En España, la composición media y la distribución de los RSU viene dada por:

Composición media	Distribución
Materia orgánica: 49%	Vertido controlado: 45%
Papel y cartón: 20%	Vertido incontrolado: 23%
Vidrio: 7,8%	Compostaje: 20%
Metales 4%	Incineración: 12%
Otros: 19,2%	

5. Ventajas e inconvenientes

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Soluciona los problemas que acarrea la destrucción incontrolada de los residuos.	Se corre el riesgo de que, por una falta de control, se lleven a cabo talas excesivas que agoten la masa vegetal de una zona.
Disminuye el riesgo de incendios en los bosques.	Rendimiento neto muy pequeño, 3 kg de biocombustible equivalen a 1kg de gasolina.
Su uso significa una reducción en el consumo de otras fuentes de energía no renovables, tales como el carbón o el petróleo.	El alto grado de dispersión de la biomasa da lugar a que su aprovechamiento no resulte, en ocasiones, económicamente rentable.
	El proceso de combustión de la biomasa genera dióxido de carbono, responsable principal del efecto invernadero, aunque en mucha menor medida que los combustibles fósiles.
	Al emplearse cereales para producir biocombustibles, ha aumentado la demanda de éstos, con lo cual sube el precio de los alimentos, perjudicando principalmente a los países menos desarrollados

CUESTIONES

1. Uno de los métodos usados en el tratamiento de R.S.U. de los siguientes no es correcto:
a) Pirólisis b) Compostaje c) Vertido d) Incineración
2. Explica qué diferencias existen entre el bioalcohol, el biogás y el biodiesel
3. Los RSU pueden ser sometidos a varios tipos de tratamientos, nómbralos e indica, a tu juicio, ¿cuál presenta más inconvenientes y cuál menos? Justifica tu respuesta?
4. Indica, de los tratamientos anteriores, cuáles se realizan en Canarias.
5. ¿Crees que es necesaria la separación de residuos en origen para poder realizar una recuperación de los mismos de manera eficiente?
6. ¿Es lo mismo reutilización que reciclaje? Justifica tu respuesta.
7. Los cultivos vegetales utilizados especialmente para la obtención de energía, pueden dar lugar a problemas éticos y morales si no se utilizan de manera correcta. Explica a qué tipo de problemas se refiere la pregunta e indica a qué cultivos hace referencia.

TEMA 7 - ENERGÍA GEOTÉRMICA

1. Introducción.

Se entiende como “geotermia” todo fenómeno que se refiere al calor almacenado en el interior de la Tierra, siendo la “energía geotérmica” la derivada de este calor (debido principalmente al vulcanismo y a la radiactividad natural de las rocas). El calor se transmite a través del subsuelo y llega a la superficie muy lentamente, por lo que la mayor parte queda almacenado en el interior de la tierra durante mucho tiempo.

La temperatura del núcleo puede llegar hasta 4000°C, pero ésta varía con la profundidad, siendo el gradiente de 30°C/km (3°C/100m). Existen zonas de la tierra donde este gradiente es mucho mayor, del orden de 200°C/km, por lo que son los lugares idóneos para extraer el calor.

Generalmente las alteraciones geotérmicas de mayor magnitud presentan unas “**manifestaciones superficiales**” que indican su posible existencia, y que pueden ser:

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

Las plantas geotérmicas aprovechan el calor generado por la tierra. A varios kilómetros de profundidad en tierras volcánicas se han encontrado cámaras magmáticas, con roca a varios cientos de grados centígrados. Además en algunos lugares se dan otras condiciones especiales como son capas rocosas porosas y capas rocosas impermeables que atrapan agua y vapor de agua a altas temperaturas y presión y que impiden que éstos salgan a la superficie. Si se combinan estas condiciones se produce un yacimiento geotérmico.



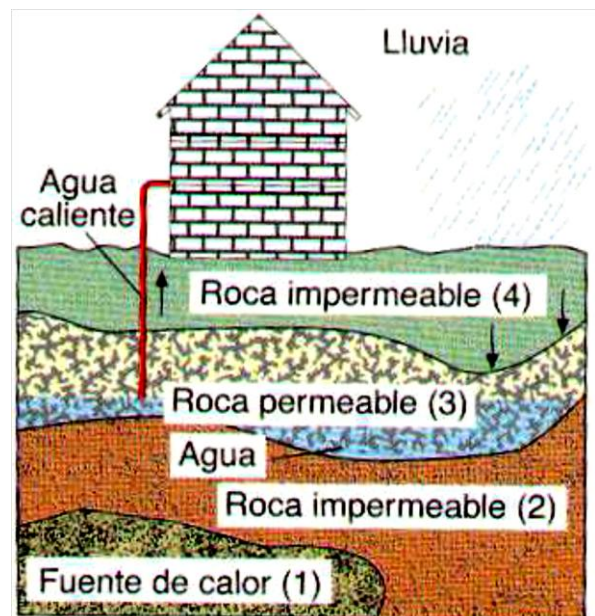
2. Yacimiento geotérmico. Tipos

Se define como **yacimiento geotérmico** un 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. (esta definición no implica que el agua se encuentre en el yacimiento a priori)

Según las características geológicas de los yacimientos, éstos pueden ser:

· **Sistemas hidrotermales:** Formado por una fuente de calor a profundidad relativamente pequeña (500m - 10km), que garantiza un elevado flujo térmico por un largo periodo de tiempo, recubierto de roca impermeable caliente que permite la transferencia de calor a la capa de roca permeable que hay por encima de ella conteniendo agua (acuífero), permitiendo la circulación de ésta cerca de la roca caliente. Sobre el acuífero se encuentra una capa de roca impermeable y algunas fallas que delimitan el yacimiento y permiten el aporte de agua a partir de las precipitaciones.

El agua adquirirá la temperatura del sistema geotérmico y se encontrará en estado líquido, en forma de vapor o como mezcla de líquido y vapor según las condiciones de P y T del yacimiento:



- Los sistemas en los que predomina el vapor se utilizan para producir energía eléctrica en turbinas de vapor, obteniéndose agua caliente como subproducto.
- Los sistemas en los que predomina el agua, a mayor o menor T, pueden presentar dificultades de uso pues contiene sales disueltas, gases corrosivos y partículas sólidas (corrosión de los álabes). Son muy abundantes en EEUU, Italia, Japón e Islandia.
- **Sistemas geopresurizados:** Son similares a los anteriores pero se encuentran a mucha más profundidad, por lo que el líquido caloportador se encuentra sometido a grandes presiones, pudiendo alcanzar hasta 100 atm (1000 bares). En estas formaciones hay energía acumulada en tres formas: presión hidráulica, agua caliente y metano.

Se espera gran aprovechamiento en el futuro, pero actualmente no muy desarrollados,

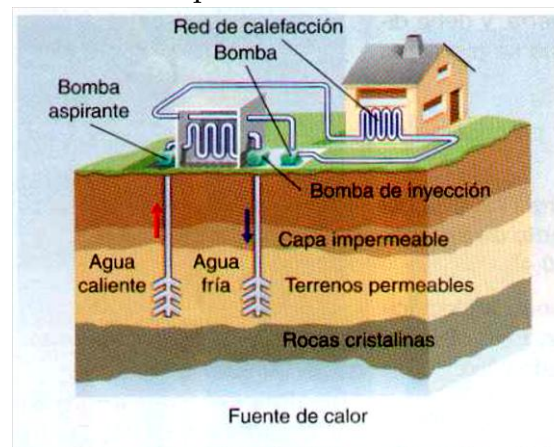
Sistemas de roca seca caliente: Formados por bolsas de rocas impermeables a muy alta temperatura (250 – 300°C) y sin fluido portador de calor (acuífero), por lo que es necesario aportar agua de forma artificial para poder extraer el calor (se hacen dos perforaciones; se introduce agua fría por una de ellas y se obtiene agua caliente por la otra. Problema, toda la roca es impermeable, con lo que el agua no pasa de un conducto a otro y si se ponen muy juntos no hay mucha transferencia de calor), además de la necesidad de crear grandes superficies de transmisión de calor fracturando la roca. Los sistemas explotados hasta ahora son los correspondientes a los yacimientos hidrotérmicos que, a su vez, según la temperatura del yacimiento pueden ser de:

- **Baja temperatura** (60 – 150 °C $\Rightarrow$ Uso doméstico, aplicación directa del calor por rentabilidad)

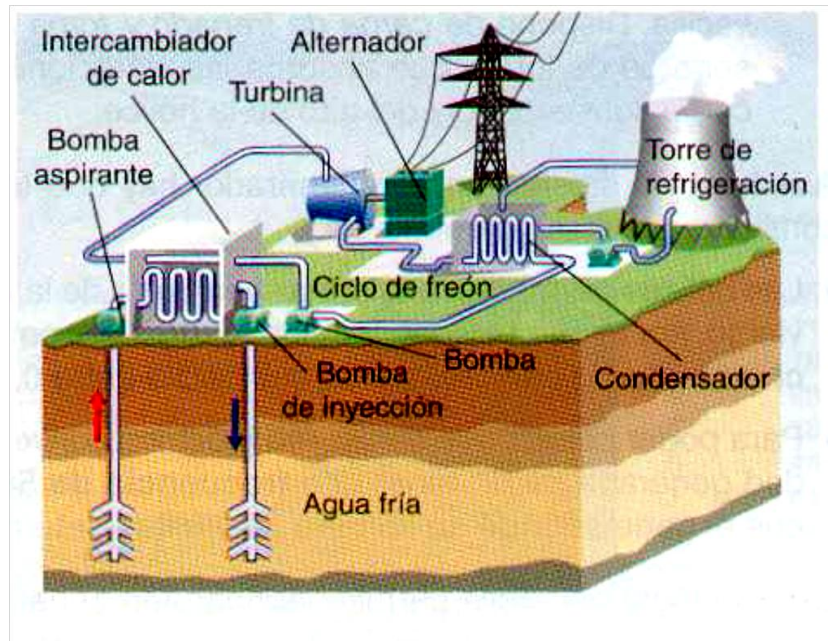
La temperatura del foco oscila en torno a los 100 °C. Se utilizan para calefacción, invernaderos, balnearios, etc.

El agua fría a presión se introduce en las proximidades del foco de calor, donde se eleva su temperatura y luego se extrae.

El agua caliente puede utilizarse directamente o bien puede ceder el calor acumulado al fluido que circulará posteriormente por el circuito de calefacción.



- **Alta temperatura** (a partir de 150 °C $\Rightarrow$ Producción de electricidad)



La temperatura del foco puede llegar a alcanzar 1250°C . Se utilizan para la producción de electricidad. Es necesario que existan capas de materiales permeables que permiten la circulación de los fluidos capaces de extraer el calor de la roca ($1,5 - 2 \text{ km}$), y otras impermeables para evitar la disipación de calor. El agua inyectada se convierte en vapor sobrecalentado por efecto del foco de calor y posteriormente se extrae. Este vapor cede su calor a un fluido, el freón, que se vaporiza. El vapor generado mueve el grupo turbina-alternador y se genera la energía eléctrica.

3. Explotación y utilización de yacimientos geotérmicos

Antes de proceder a la explotación de un yacimiento geotérmico es necesario conocer:

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

Una vez conocidos estos factores, la explotación se realiza mediante sondeos análogos a los petrolíferos. Sin embargo, para no agotar el agua se suele reinyectar ésta al acuífero mediante otro pozo.

Asimismo, es necesario evitar la corrosión que suele producir el fluido geotérmico utilizando materiales no atacables lo que hace que, en general, este tipo de explotación precise de una inversión inicial muy elevada.

La energía geotérmica puede ser utilizada en dos campos, definidos por la temperatura que alcanza el fluido geotérmico: alta y baja temperatura. El límite práctico entre ambos no está claramente fijado, pero se puede situar entre 130° y 150°C .

Los yacimientos de alta temperatura se utilizan en la producción de energía eléctrica, cuyo coste suele ser casi la mitad que el de la electricidad producida en una central térmica convencional. Ahora bien, al ser la calidad de la energía geotérmica inferior a la de los combustibles convencionales, el rendimiento de conversión es muy pobre. Así con un fluido a 300°C enfriado hasta una temperatura ambiente de 20°C , el rendimiento real del proceso no supera el 30 %.

Por su parte, la mayor abundancia de los yacimientos de baja temperatura ha obligado a desarrollar nuevos procesos que permitan el aprovechamiento del agua caliente de los mismos, cuya temperatura no suele ser superior a los 100°C . Así los tres campos en los que la geotermia de baja temperatura puede encontrar aplicación son:

- Calefacción urbana
- Calefacción industrial
- Calefacción agrícola

Los principales obstáculos que se oponen a la geotermia de baja temperatura son básicamente:

- Grandes inversiones iniciales
- Bajo rendimiento
- Imposibilidad de transporte

4. Energía geotérmica en España.

Tiene muy poco desarrollo y representa el 0'1% de la producción de energía renovable. Se usa en balnearios, invernaderos, para agua caliente, etc. Las zonas de mayor potencial son Cataluña, Andalucía, Madrid, Burgos y Canarias. En Lanzarote, a 3m de profundidad se ha encontrado una temperatura de 485°C, pero la tecnología actual no permite un aprovechamiento adecuado. La tendencia es hacia proyectos de baja temperatura de forma general.

5. Ventajas e Inconvenientes

Ventajas	Inconvenientes
Fuente renovable	Las zonas de aprovechamiento presentan una gran actividad geológica, tanto sísmica como volcánica, lo que encarece las instalaciones, que deben ser seguras.
Reduce el consumo de combustibles fósiles	impacto visual, alterando el ecosistema
Su suministro es regular, lo que permite efectuar previsiones de abastecimiento	Niveles de ruido (perforaciones y sistemas operativos de funcionamiento de la planta)
	Contaminación del aire (emisión de vapor geotérmico y gases no condensados)
	Uso y contaminación de las aguas del entorno (el agua que se extrae contiene sustancias nocivas)

Las plantas geotérmicas, como las eólicas o solares, no queman combustibles para producir vapor que gire las turbinas. La generación de electricidad con energía geotérmica ayuda a conservar los combustibles fósiles no renovables, y con el menor uso de estos combustibles, reducimos las emisiones que ensucian nuestra atmósfera. Hay un aire sin humo alrededor de las plantas geotérmicas, de hecho algunas están construidas en medio de granjas de cereales o bosques, y comparten tierra con ganado y vida silvestre local.

El área de terreno requerido por las plantas geotérmicas por MW es menor que otro tipo de plantas. Las instalaciones geotérmicas no necesitan intervenir ríos o talar bosques, y no hay instalaciones mineras, túneles, piscinas de desecho ni fugas de combustible.

CUESTIONES

1. Indica qué es la energía geotérmica y qué condiciones deben darse para que se pueda aprovechar.
2. ¿Cuál es el gradiente de temperatura “normal” cuando vamos hacia el interior de la tierra.
3. Nombra tres manifestaciones superficiales que indiquen la posible existencia de un yacimiento geotérmico.
4. Explica qué es un yacimiento geotérmico y nombra tres lugares en los que existan esos yacimientos y se estén aprovechando.
5. Los yacimientos se clasifican en tres grupos según sus características geológicas, ¿cuáles son?
6. Los sistemas hidrotérmicos, a su vez, pueden ser de dos tipos en función de la temperatura, ¿cuáles son y cuál es el límite de temperatura entre uno y otro?
7. Indica por qué los sistemas hidrotérmicos en los que predomina el agua pueden presentar dificultades de uso.
8. Explica, ayudándote de un dibujo, cómo se podría aprovechar un sistema de roca seca caliente.
9. ¿Cuáles son las aplicaciones principales de la energía geotérmica?
10. Enumera dos ventajas y dos inconvenientes del uso de la energía geotérmica.

TEMA 8 - ENERGÍA DE LOS OCÉANOS

1. Introducción.

Las mareas tienen su origen en la atracción del Sol y de la Luna. Sobre las grandes masas de agua incide notablemente y hay zonas costeras donde la altura del agua varía incluso más de 10 m por este efecto. Esta es una de las condiciones necesarias para su utilización.

Los océanos actúan como captadores y acumuladores de energía, que se intenta usar para satisfacer nuestras necesidades energéticas. Las formas de aprovechamiento son:

- Diferencia de altura de las mareas (Energía mareomotriz)
- Gradientes térmicos (Energía maremotérmica)
- Olas (Energía undimotriz)



2. ENERGIA MAREOMOTRIZ

2.1. Mareas

1. En la mayoría de los lugares hay dos mareas altas y dos mareas bajas por día (cada 6 horas). (Al sur del mar de China sólo hay una marea al día; en Tahití las mareas no están relacionadas en absoluto con el movimiento de la Luna, sino que tiene lugar regularmente a mediodía y a medianoche “mareas solares”)
 2. Las mareas altas generalmente tienen lugar cuando la luna está en el horizonte
 3. Las mareas más altas son las de la luna llena y la luna nueva; las más bajas, a medio camino entre esos puntos. Las mareas altas de luna llena y nueva se llaman *mareas vivas*, las más bajas en el primer y tercer cuartos se llaman *mareas muertas*
 4. El grado de las mareas (diferencia de altura) es generalmente de 1 a 3 metros, pero pueden ser mucho más altas (12 m en Francia, 15 m en Canadá) o más bajas (15 a 30 cm en el Mediterráneo) en algunos lugares.
 5. La explicación de las mareas solares, las mareas diarias del sur de China, o las mareas de 15 m de la bahía de Fundy (Newfoundland) es debida a las irregularidades de los fondos oceánicos.
- Las mareas dependen de:

- La atracción gravitatoria Tierra - Luna
- Fuerza centrífuga
- Atracción gravitatoria Sol -Tierra- Luna
- Profundidad de los océanos
- Irregularidades de los fondos oceánicos

2.2. Centrales mareomotrices. Características. Funcionamiento

La potencia aprovechable de las mareas a escala mundial es del orden de 60 a 70 millones de kW anuales, que es el equivalente energético de 2000 millones de toneladas de carbón.

La capacidad de producción real es muy limitada, pues para que sea rentable construir una central mareomotriz, es necesario que:

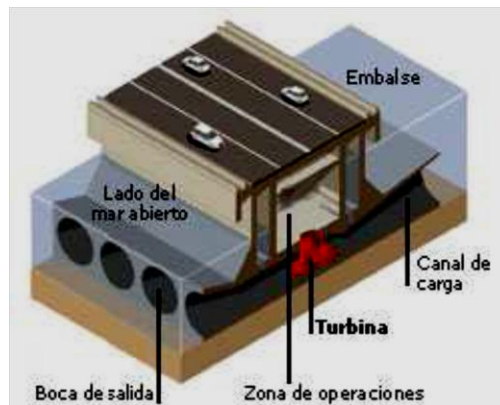
- La diferencia de altura de las mareas sea significativamente grande (mínimo 5 m)
- La fisonomía de la costa permita la construcción de diques

La construcción de una central mareomotriz requiere el *cerramiento de un estuario* o una *bahía* mediante un dique provisto de compuertas. En cada una de ellas se instala una turbina tipo bulbo (similares a las Kaplan) de baja presión y de palas orientables, conectada a un alternador.

Estos grupos son capaces de funcionar como generadores de electricidad y como bombas de impulsión del agua en ambos sentidos. La secuencia de funcionamiento durante un ciclo pleamar – bajamar es la siguiente:

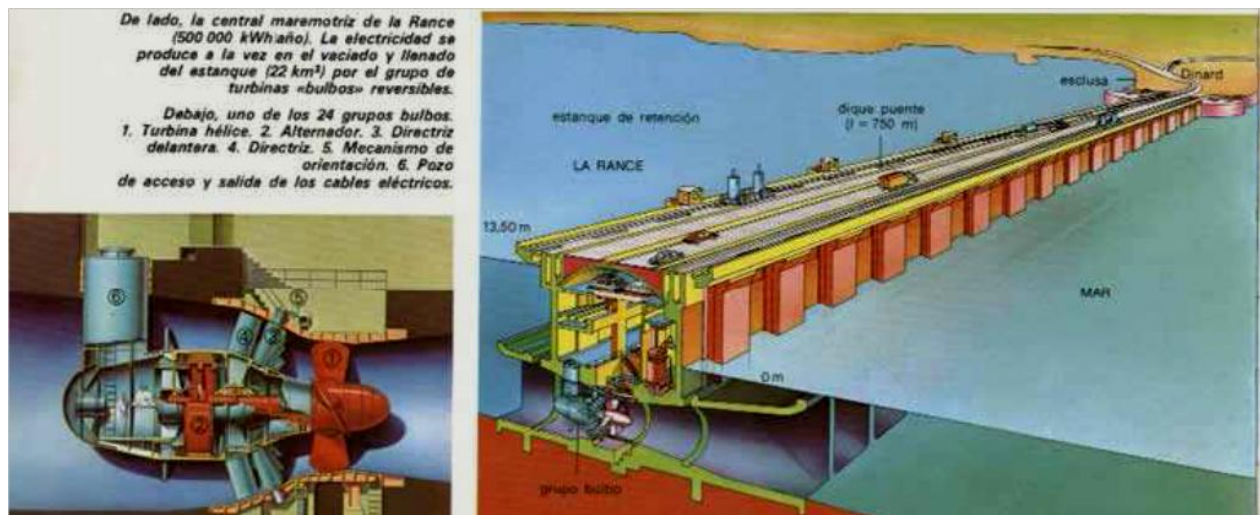
- Al subir la marea, el agua penetra en el embalse y acciona los grupos turbina-alternador, con los que se obtiene energía eléctrica
- Al final de la pleamar, las turbinas actúan como bombas y provocan el sobrellenado del embalse
- Cuando baja la marea, el agua regresa de nuevo al mar, vuelve a accionar los grupos turbina-alternador y de nuevo se obtiene energía eléctrica
- Al final de la bajamar, las turbinas actúan otra vez como bombas y provocan un sobrevaciado del embalse.

Los álabes de las turbinas, pueden variar su posición y dejar paso libre al agua en caso de necesidad.



Esquema de funcionamiento de una central mareomotriz

La única central mareomotriz operativa en la actualidad es la del estuario de *La Rance*, en Francia, inaugurada en 1967 con una potencia generada de 240MW. Otros proyectos abandonados por problemas técnicos son: *Bahía de Fundy* en Canadá, o *Estuario del río Severn* en Gran Bretaña.



2.3. Ventajas e inconvenientes

Ventajas	Desventajas
Fuente de energía renovable	Impacto visual
Disponibilidad todo el año	Depende de la diferencia de amplitud de las mareas
Apto para aquellas zonas en las que no llega el suministro de manera convencional	Impacto en los ecosistemas de la zona (cambios de salinidad, subida de mareas, acumulación de tierras, metales pesados,...)
	Alto coste de las instalaciones.

3. ENERGIA MAREMOTÉRMICA

La absorción de energía solar por el mar, da lugar a que el agua de la superficie posea un nivel térmico superior al de las capas inferiores, pudiendo variar hasta 25°C desde la superficie (25 - 30°C)

a 1000 m de profundidad (4°C), siendo esta diferencia de temperatura constante a lo largo del año.

Para aprovechar este gradiente térmico se emplean los motores térmicos, que funcionan entre dos focos de calor; el foco caliente a la temperatura del agua superficial (T_c) y el foco frío o punto a menos temperatura (T_f).

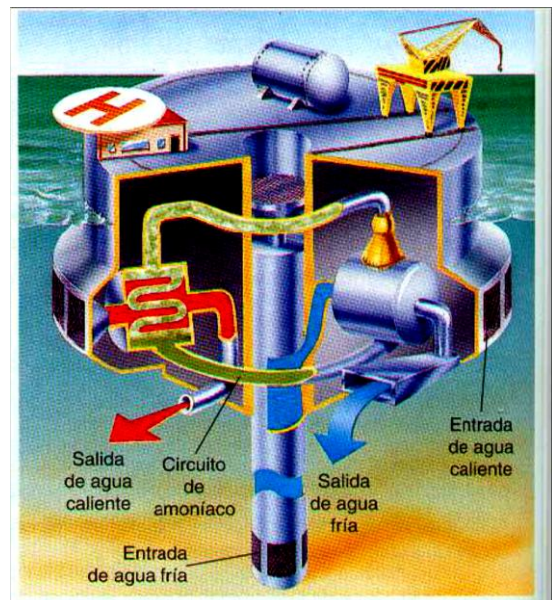
La transformación de la energía térmica en eléctrica, se lleva a cabo por medio del ciclo de "Rankine" (ciclo termodinámico en el que se relaciona el consumo de calor con la producción de trabajo), en el que un líquido se evapora para pasar luego a una turbina. El ciclo puede ser abierto o cerrado.

· **Abierto:** Utilizan directamente el agua del mar. El agua de la superficie se evapora a baja presión y acciona las turbinas. Posteriormente se devuelve al mar donde se licúa de nuevo.

· **Cerrado:** Se utilizan fluidos de bajo punto de ebullición, como el amoníaco, el freón o elpropano. El calor de las aguas superficiales es suficiente para evaporarlos. El vapor generado se utiliza para mover las turbinas, y posteriormente es enfriado utilizando agua de las capas profundas, con lo que el ciclo vuelve a comenzar.

Los componentes principales de una planta maremotérmica, son:

- Evaporador
- Turbina
- Condensador
- Tuberías y bombas
- Estructura fija o flotante
- Sistema de anclaje
- Cable submarino (central flotante)
- Problemas principales:
- Escasa diferencia de temperatura Necesaria energía para bombear el agua de las profundidades.
- Problemas de corrosión.
- Usos de una planta maremotérmica:
- Producción de energía eléctrica



- Producción de agua potable en los sistemas de ciclo abierto
- Generación de hidrógeno
- Acuicultura, utilizando el agua de las profundidades, más rica en nutrientes, para desarrollar diferentes especies marinas

3.1. Ventajas e inconvenientes

Ventajas	Desventajas
Fuente de energía renovable	Impacto visual
Disponibilidad todo el año	Depende de la diferencia de temperatura
	Impacto en los ecosistemas de la zona
	Alto coste de las instalaciones.

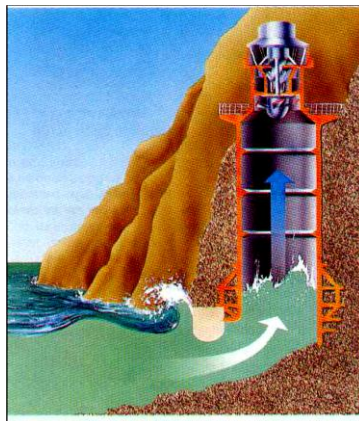
4. ENERGÍA DE LAS OLAS (UNDIMOTRICES)

Las olas que se producen en la superficie del mar son provocadas por los vientos, de los que recogen y almacenan energía. Al no ser éstos constantes ni en velocidad ni en dirección, las olas producidas no son regulares, por lo que es bastante complicado determinar y aprovechar la energía que transportan. Como aproximación, una ola de 3 m de altura es capaz de suministrar entre 25 y 40 kW por metro de frente.

El aprovechamiento es difícil y complicado, y el rendimiento obtenido es muy bajo, a lo que hay que añadir el impacto ambiental que sufriría la zona.

Los captadores de olas, todos aún en fase experimental, pueden ser de dos tipos:

- **Activos:** los elementos de la estructura se mueven como respuesta a la ola y se extrae la energía utilizando el movimiento relativo que se origina entre las partes fijas y móviles.
- **Pasivos:** La estructura se fija al fondo del mar o en la costa y se extrae la energía directamente del movimiento de las partículas de agua.



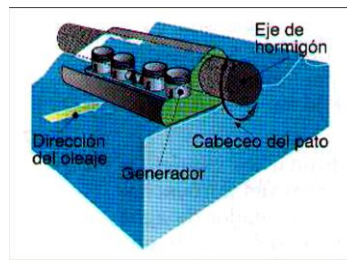
Captador pasivo

Se pueden aprovechar tres fenómenos básicos que se producen en las olas:

- Empuje de la ola
- Variación de la altura de la superficie de la ola
- Variación de la presión bajo la superficie de la ola.

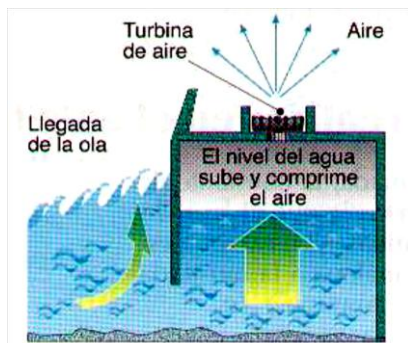
Los absorbedores más rentables se caracterizan en tres grupos:

- **Totalizadores:** Situados perpendicularmente a la dirección de la ola incidente, es decir, paralelo al frente de ola para captar la energía de una sola vez (Rectificador Russel, Pato Salter, Balsa Cockerell)



Pato Salter(35%)

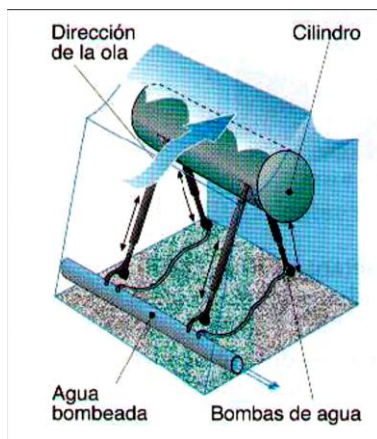
- **Atenuadores:** Largas estructuras con su eje mayor colocado paralelo a la dirección de propagación de las olas, para absorber la energía de un modo progresivo (Buque Kaimei, Bolsa de Lancaster).
- **Absorbedores puntuales:** Captan la energía de la porción de ola incidente y la de un entorno más o menos amplio. Suelen ser cuerpos de revolución, por lo que no importa la dirección (Boya Masuda, Convertidor de Belfast)



Boya Masuda

(se incorpora a boyas que generan su propia luz 70 – 120 w)

El movimiento del cilindro se transmite a las bombas, situadas en la base de los tubos de anclaje. Éstas succionan agua y la bombean a elevada presión a una turbina. La electricidad generada se transmite hasta la orilla por medio de cables submarinos. El cilindro de hormigón tiene una longitud de 45m y 11m de diámetro .



Cilindro oscilante de Bristol

En España aún no se aprovecha este tipo de energía de forma comercial, solamente en Cantabria y el País Vasco existen dos centrales piloto, una en Santoña y otra en Mutriku (Guipúzcoa).

También existe un proyecto para instalar una planta en Granadilla (Tenerife). Se están realizando nuevas instalaciones en Galicia.

En la costa Portuguesa, se inauguró parte de una planta en septiembre de 2008, pero se cerró en marzo de 2009 por problemas técnicos y financieros.

4.1. Ventajas e inconvenientes

Ventajas	Desventajas
Fuente de energía renovable	Impacto visual
Disponibilidad todo el año	Depende del oleaje
	Impacto en los ecosistemas de la zona
	Alto coste de las instalaciones.
	Problemas en épocas de temporal

CUESTIONES

1. Indica cuáles son las formas para obtener energía de los océanos.
2. La energía mareomotriz aprovecha las variaciones de la marea. ¿Qué efectos son los que dan lugar a estas variaciones? ¿Las mareas son iguales en todos los lugares del planeta?
3. ¿Qué características deben darse en una zona geográfica determinada para aprovechar la energía de las mareas?
4. En una central mareomotriz, ¿se aprovecha la pleamar o la bajamar?. Justifica tu respuesta.
5. Las turbinas que se instalan en una central mareomotriz se caracterizan por tres aspectos principales, ¿cuáles son?
6. Nombra dos lugares en los que haya instalada una central mareomotriz o al menos un proyecto de ella.
7. Para aprovechar el gradiente térmico de los océanos, deben cumplirse unas condiciones, ¿cuáles?
8. ¿Qué diferencias existen entre una central de ciclo abierto y cerrado?
9. ¿Cuáles son los problemas principales con los que se encuentra este tipo de aprovechamiento de la energía?
10. Indica cuáles son las aplicaciones principales de la energía mareomotérmica.
11. Explica las diferencias entre un sistema captador de olas activo y uno pasivo.
12. ¿Qué aspectos de una ola se pueden aprovechar para obtener energía?
13. Grupos en los que se clasifican los absorbedores y pon un ejemplo de cada uno de ellos.
14. Elige un modelo de absorbedor, el que quieras, busca alguna imagen o dibújalo y explica detalladamente su funcionamiento. Indica qué dificultades y qué ventajas encuentras en su uso.
15. Haz una tabla en la que aparezcan dos ventajas y dos desventajas de cada una de las formas de aprovechar la energía de los océanos.

BLOQUE DE MATERIALES



TEMA 1 - PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Las propiedades de un material determinado se pueden clasificar en cinco grupos diferentes:

- Propiedades químicas.
- Propiedades físicas.
- Propiedades mecánicas (físicas).
- Propiedades de fabricación.
- Propiedades estéticas y económicas
- Propiedades magnéticas.

Salvo las estéticas y económicas, las demás propiedades de un material dependen de su estructura interna y condicionan su comportamiento durante el proceso de fabricación, a la vez que le confieren utilidad para unas determinadas aplicaciones.

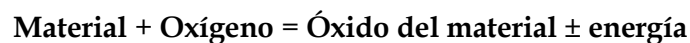
Ya que la estructura interna de un material define sus propiedades, si queremos modificar éstas habrá que variar de alguna manera su estructura interna; esto se consigue, en el caso de los metales, al alearlos entre sí o al someterlos a tratamientos térmicos.

PROPIEDADES QUÍMICAS

Uno de los factores que limitan de forma notable la vida de un material es la alteración química que puede experimentar en procesos de oxidación o corrosión. Por ello, resulta imprescindible conocer las propiedades químicas de los materiales para así poder determinar su mayor o menor tendencia a sufrir procesos de este tipo.

Oxidación

Cuando un material se combina con el oxígeno, transformándose en óxidos más o menos complejos, se dice que experimenta una reacción de oxidación. De una forma esquemática, se puede representar el proceso de oxidación de la siguiente manera:



El signo + que precede a la energía indica que la reacción es exotérmica y, en consecuencia, transcurre hacia la formación del óxido. En cambio, si la reacción es endotérmica (signo - para la energía), puede deducirse que el material será de difícil oxidación.

Cuando un material se encuentra situado en una atmósfera oxidante, su superficie se oxida más o menos rápidamente; el óxido que se forma se deposita en la parte exterior del material recubriéndolo por completo. Para que el proceso de oxidación continúe en esa situación, el material o el oxígeno deben atravesar, por átomos de oxígeno como a los del material. Existen capas de óxidos que presentan mayor oposición a este movimiento que otras.

Para aumentar su resistencia a la oxidación, el acero dulce se alea con otro material (por ejemplo, con cromo, aluminio o silicio) que tenga una energía de oxidación mayor y una velocidad de oxidación menor que la suya.

En ese caso, el material añadido se oxida primero debido a su mayor energía de oxidación; pero al formarse una capa de óxido el proceso de oxidación se frena, transcurriendo a partir de entonces a una velocidad muy lenta.

Cuanto mayor sea la temperatura a la que se encuentra sometido un material, mayor será la velocidad a la que se produce su oxidación, pues un aumento de temperatura activa el proceso de difusión de los átomos del material y del oxígeno en la capa de óxido. Un aumento en la presión del oxígeno existente en el exterior se comporta de manera similar.

Corrosión

Cuando la oxidación de un material concreto se produce en un ambiente húmedo o en presencia de otras sustancias agresivas, se denomina **corrosión**. Ésta es mucho más peligrosa para la vida

de los materiales que la oxidación simple, pues en un medio húmedo la capa de óxido no se deposita sobre el material, sino que se disuelve y acaba por desprenderse.

La corrosión no se verifica de una manera uniforme, sino que existen determinados puntos del material donde el ataque es mayor. Esto da lugar a la formación de importantes fisuras, que pueden llegar a producir una rotura por fatiga o una fractura frágil del material, si éste se encuentra soportando una tensión de forma cíclica (cambiando de sentido o de intensidad periódicamente) o bien a baja temperatura.

PROPIEDADES FÍSICAS

Las propiedades físicas se deben al ordenamiento en el espacio de los átomos de los materiales. Las más relevantes son las cinco siguientes:

- Densidad y peso específico.
- Propiedades eléctricas.
- Propiedades térmicas.
- Propiedades magnéticas.
- Propiedades ópticas.

Densidad y peso específico

Se denomina **densidad** a la relación existente entre la masa de una determinada cantidad de material y el volumen que ocupa. Su unidad en el Sistema Internacional es el kg/m³. La magnitud inversa de la densidad se conoce como **volumen específico**.

$$d = m/V$$

Por **peso específico** se entiende la relación existente entre el peso de una determinada cantidad de material y el volumen que ocupa. Su unidad en el SI es el N/m³.

$$p = F/V$$

Para determinadas aplicaciones, como por ejemplo en el caso de la navegación aérea, estas propiedades resultan determinantes para elegir uno u otro material.

Propiedades eléctricas

Todas las sustancias, en mayor o menor grado, son conductoras de la corriente eléctrica y también, según ciertas características de construcción y naturaleza, ofrecen una **resistencia** al paso de la corriente.

Todas estas propiedades condicionan, en muchos casos, el destino de un material en concreto. Así, por ejemplo:

. Los cables utilizados en la transmisión de energía eléctrica habrán de ofrecer una pequeña resistencia para evitar al máximo las posibles pérdidas de energía.

. En cambio, los materiales de elementos calefactores deben presentar una resistencia apreciable para que en ellos se libere, por efecto Joule, una gran cantidad de calor.

La resistencia eléctrica de un material conductor depende, entre otros factores, de su naturaleza; es decir, de la presencia de electrones móviles en los átomos y de su grado de movilidad ante la acción de un campo eléctrico.

Esta propiedad, específica de cada sustancia, se denomina **resistividad**; se define como la resistencia que ofrece al paso de la corriente un elemento de ese material de 1 metro de longitud y de 1 m² de sección. Se mide en Ohm.

Los metales son, en general, buenos conductores de la corriente eléctrica, pues su estructura interna es muy ordenada y los electrones no se encuentran *sujetos* a un determinado átomo. En cambio, la madera, los compuestos cerámicos, los polímeros... poseen resistividades muy altas,

debido a que los electrones de sus átomos carecen prácticamente de movilidad; se dice que son malos conductores de la electricidad.

De acuerdo con su resistividad ρ , los materiales se clasifican en **conductores**, utilizados en cables de transmisión (ρ muy pequeño), y **aislantes** (ρ muy grande), según que permitan fácilmente o impidan casi por completo el paso de la corriente eléctrica a través de ellos.

Además de los materiales conductores y aislantes existen otros, denominados **semiconductores**, constituidos por silicio dopado con impurezas de **tipo n** (arsénico, fósforo) o de **tipo p** (galio, boro), que son la base de todos los componentes electrónicos.

Propiedades térmicas

Las propiedades térmicas son aquéllas que están íntimamente relacionadas con la temperatura, es decir, con la vibración de sus partículas en torno a sus posiciones, y que, lógicamente, determinan el comportamiento del material en unas condiciones dadas.

Mencionaremos las siguientes:

Dilatación térmica

La mayoría de los materiales aumentan de tamaño (se dilatan) al aumentar su temperatura, siempre que no se produzcan cambios de fase. El origen de la dilatación térmica reside en que al aumentar la temperatura aumentan las vibraciones de las partículas (moléculas, átomos o iones) del material, lo que da origen a una mayor separación entre ellas.

Calor específico

Se define el calor específico (C) de una sustancia como la cantidad de energía térmica que es preciso aportar a la unidad de masa de dicha sustancia para elevar su temperatura en un grado, sin que se presenten cambios de fase. Se mide en J / (kg . K) en el Sistema Internacional, aunque también suele ser frecuente expresarlo en: cal / (g . °C). Así, la energía calorífica, Q, que será necesario comunicar para que una masa m de una determinada sustancia pase de una temperatura T1 a otra mayor T2 será:

$$Q = m \cdot C \cdot (T_2 - T_1)$$

Temperatura de fusión

Al calentar un sólido, el movimiento vibratorio de sus partículas se va haciendo cada vez más amplio, produciéndose la dilatación; pero si se continúa aumentando la temperatura llega un punto en el que la magnitud de las vibraciones es tal que la estructura del material no se puede mantener y se produce su fusión. La temperatura a la que esto sucede recibe el nombre de temperatura de fusión, la cual varía ligeramente con la presión. La temperatura de fusión a presión normal se conoce como punto de fusión. Ésta es una propiedad característica de cada sustancia y sirve en muchas ocasiones para identificarla. En casi todas las sustancias, salvo unas pocas -entre las que se encuentra el agua-, la fusión va acompañada de un aumento de volumen. El punto de fusión de un sólido será tanto mayor cuanto mayores sean las fuerzas que mantienen unidas a sus partículas constituyentes (fuerzas de cohesión).

Según esto, los sólidos con puntos de fusión mayores serán los que presenten enlaces covalentes atómicos; le siguen los compuestos iónicos, los metálicos y, por último, los covalentes moleculares.

Si no se modifica la presión, mientras dura la fusión de una sustancia la temperatura permanece constante. Esto se debe a que toda la energía suministrada en forma de calor se invierte en romper la estructura interna del sólido. Al calor que es preciso comunicar a la unidad de masa de una sustancia que se encuentra a la temperatura de fusión para que se produzca el paso del estado sólido al líquido se denomina calor latente de fusión. Y al contrario, el calor que la unidad de masa de una sustancia desprende al pasar del estado líquido al sólido se denomina calor latente de solidificación.

Conductividad térmica

La transmisión del calor por conducción se verifica a través de los cuerpos desde los puntos de mayor a los de menor temperatura, y se debe a los choques de los átomos y de las partículas subatómicas entre sí.

La conductividad térmica (K) es un parámetro indicativo del comportamiento de cada cuerpo frente a este tipo de transmisión de calor. Las unidades de la conductividad térmica K en el Sistema Internacional son $W/(m.K)$.

La conductividad térmica depende fundamentalmente de:

- La naturaleza de los cuerpos.
- La fase en la que se encuentran.
- La composición.
- La temperatura.

Propiedades magnéticas

Teniendo en cuenta su comportamiento frente a un campo magnético exterior, los materiales se pueden clasificar en tres grupos diferentes:

. Materiales **diamagnéticos**. Se oponen al campo magnético aplicado, de tal forma que en su interior el campo magnético es más débil. Son materiales diamagnéticos: bismuto, mercurio, oro, plata, cobre, sodio, hidrógeno, nitrógeno, etc.

. Materiales **paramagnéticos**. El campo magnético en su interior es algo mayor que el aplicado; ejemplos de materiales paramagnéticos son el aluminio, magnesio, platino, paladio, oxígeno, etc.

. En el interior de los materiales **ferromagnéticos** el campo magnético es mucho mayor que el exterior. Estos materiales se utilizan como núcleos magnéticos en transformadores y bobinas en circuitos eléctricos y electrónicos; los más importantes son el hierro, el cobalto, el níquel y sus aleaciones, así como los óxidos de hierro conocidos frecuentemente como *ferritas* y utilizados en circuitos electrónicos.

Propiedades ópticas

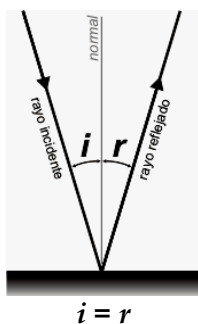
Cuando la luz incide sobre los cuerpos, éstos se pueden comportar de tres maneras distintas:

. Los cuerpos **opacos** absorben o reflejan totalmente la luz, impidiendo que pase a su través.

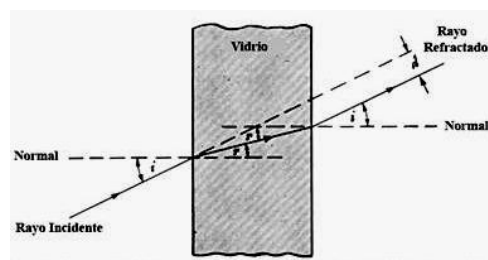
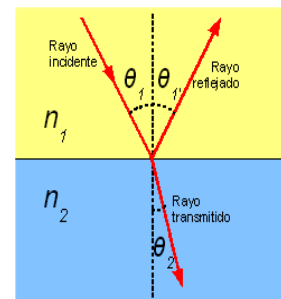
. Los cuerpos **transparentes** transmiten la luz, por lo que permiten ver a través de ellos.

. Por último, el tipo de cuerpos denominados **translúcidos** dejan pasar la luz, pero impiden ver los objetos a su través.

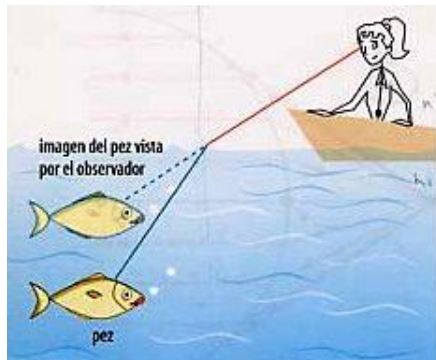
Al incidir la luz sobre la superficie de un cuerpo, una parte de ella se refleja; parte se transmite a través del cuerpo; otra parte se difunde, es decir, sufre una reflexión no especular en múltiples direcciones y, por último, la luz restante la absorbe el cuerpo, aumentando su energía interna, es decir, sufre refracción. El color que presenta un cuerpo se debe precisamente a la luz reflejada si el cuerpo es opaco, o a la que pasa a través de él si es transparente o translúcido. Si el cuerpo es lo bastante fino y no opaco, la luz será capaz de atravesarlo después de refractarse en su interior y saldrá de nuevo. De lo contrario será completamente absorbida por el cuerpo y éste será opaco



Reflexión

Refracción
(traslucido y transparente)

Reflexión y refracción (opaco)



Refracción



Refracción

PROPIEDADES MECÁNICAS

Las propiedades mecánicas indican el comportamiento de un material cuando se encuentra sometido a fuerzas exteriores.

Ensayo de tracción

El ensayo de tracción es uno de los más importantes para la determinación de las propiedades mecánicas de cualquier material. Los datos obtenidos se pueden utilizar para comparar distintos materiales y comprobar si algunos de ellos podrán resistir los esfuerzos a los que van a ser sometidos en una determinada aplicación.

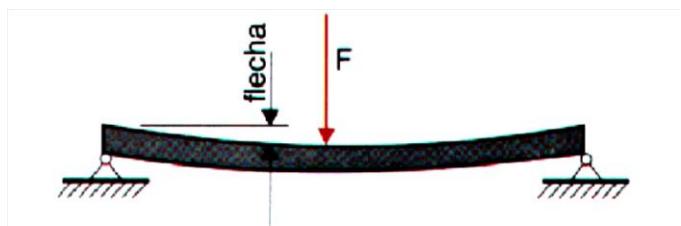
Ensayo de compresión.

Se entiende que una pieza está sometida a esfuerzos de compresión cuando las fuerzas que actúan sobre ella lo hacen en el sentido de su eje longitudinal y además tienden a acortarla. Al igual que en piezas sometidas a tracción, la tensión será la misma para compresión, pero de sentido contrario, y las deformaciones serán en este caso aplastamientos.

Ensayo de flexión

Se dice que una pieza está sometida a flexión cuando las fuerzas que actúan sobre ella lo hacen en sentido perpendicular a su eje longitudinal y tienden a curvarla.

La distancia de separación de su posición inicial en un punto de la sección central de la pieza sometida a cargas de flexión se llama flecha. En la figura se muestran distintas piezas sometidas a flexión y el esquema de uno de estos ensayos.



Normalmente este ensayo se suele utilizar para piezas de alta fragilidad en la que los resultados obtenidos en el ensayo de tracción no son válidos, o para piezas que van a trabajar exclusivamente con esta sollicitación, como las vigas de edificación.

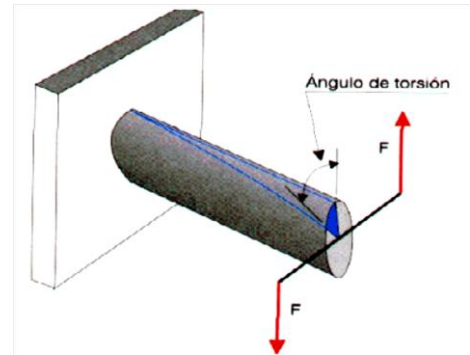
Ensayo de torsión

Una pieza está sometida a torsión cuando actúan sobre ella un sistema de fuerzas en una sección perpendicular a su eje longitudinal, de forma que tienden a hacerla girar. En la figura se puede observar el esquema de una pieza sometida a torsión.

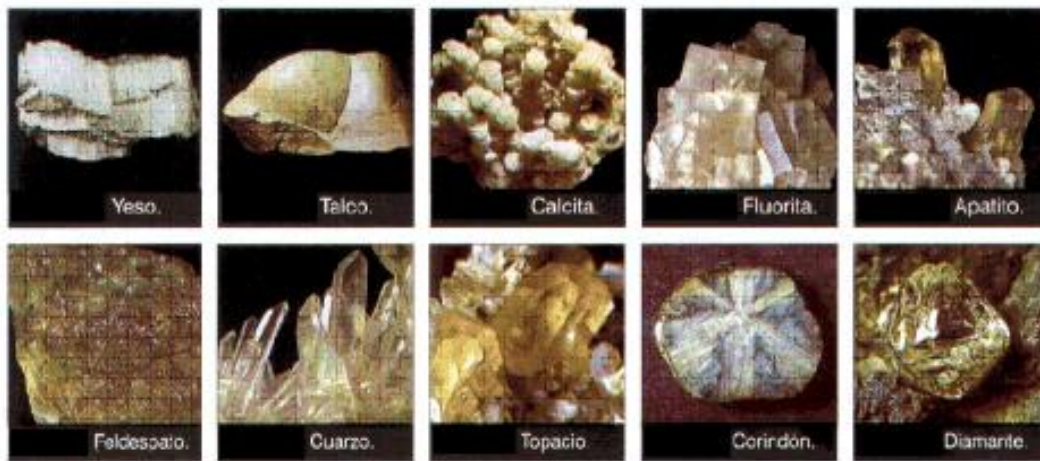
Para la realización del ensayo se fija un extremo de la pieza a la bancada de la máquina y el otro se sujeta por medio de unas mordazas a un cabezal giratorio, donde se van a ir introduciendo los esfuerzos progresivamente crecientes.

Ensayos de dureza

La propiedad mecánica de la dureza no está definida claramente, de manera que no se puede medir de una forma absoluta, sino que es necesario mencionar el método utilizado para su determinación. Entre ellos, se pueden citar los siguientes:



. **Dureza mineralógica clásica.** La dureza de los minerales, entendida como la resistencia que oponen a ser rayados, se puede medir mediante la llamada escala de Mohs (1822), que consta de 10 grados de dureza, cada uno de los cuales corresponde a un mineral determinado: *talco* (1), *yeso* (2), *calcita* (3), *fluorita* (4), *apatito* (5), *feldespato* (6), *cuarzo* (7), *topacio* (8), *corindón* (9) y *diamante* (10).



Los minerales de grados 1 y 2 pueden rayarse con la uña, mientras que los de grados 3,4,5 y 6 pueden ser rayados con un cuchillo. Todo mineral raya a los que posean un grado de dureza inferior al suyo y es rayado por los de dureza superior. Así, por ejemplo, un mineral que sea rayado por el topacio y que a su vez raye al cuarzo posee una dureza comprendida entre 7 y 8. Este método resulta bastante impreciso por su carácter comparativo.

. **Métodos de retroceso.** Mediante estos métodos se mide la llamada dureza dinámica o elástica; para ello se calcula la energía que se consume en el choque de una pieza.

. **Dureza a la penetración.** La dureza se mide como la resistencia que opone un cuerpo a ser penetrado por otro. Esta es la base de los *ensayos Brinell*, *Vickers* y *Rockwell*, en los que se utilizan distintos tipos de penetradores que se aprietan con una fuerza determinada contra el material.

La dureza es una propiedad de gran importancia práctica, ya que está relacionada con el comportamiento del material frente a la abrasión o al desgaste, así como con la facilidad con que puede mecanizarse; por ejemplo, un material utilizado para moler mineral en una cantera debe ser muy duro para que apenas sufra desgaste en su trabajo.

Ensayo de resiliencia

El ensayo de resiliencia mide la tenacidad de los materiales. La tenacidad (propiedad inversa a la fragilidad) se define como la capacidad que tiene un material para almacenar energía, en forma de deformación plástica, antes de romperse. En ingeniería, la **resiliencia** es la cantidad de energía que puede absorber un material, antes de que comience la deformación irreversible, esto es, la deformación plástica.

En muchos metales existe un intervalo de temperaturas, conocido como zona de transición, en el que se produce una disminución considerable de la resiliencia al disminuir la temperatura. Esto da origen, conforme se describe a continuación, a dos tipos diferentes de roturas para un mismo material: la rotura frágil y la dúctil.

Fractura

La fractura de un sólido se puede definir como su separación en dos o más partes como consecuencia de los efectos de una tensión. Existen dos tipos diferentes de fractura:

. **Fractura dúctil**, en la que se produce una importante deformación plástica en la zona de rotura. Debido a la irregularidad de esta deformación plástica, se originan superficies de fractura mates.

. **Fractura frágil**, en la que el material se separa según un plano y sin que apenas se produzca deformación plástica. Este tipo de fractura, que es típica de materiales cerámicos, vidrio y metales muy duros, origina superficies brillantes.

La aparición de la fractura frágil se debe a las fisuras de diminuto tamaño existentes en un elemento del material, que pueden estar presentes desde su fabricación. Así sucede, por ejemplo, en las uniones de puentes, barcos, etc., que no se pueden construir de una sola pieza; o también pueden generarse a lo largo de la vida del elemento, como consecuencia de un proceso de fatiga o de un desgaste.

Fatiga

Por fatiga se entiende la situación en la que se encuentran algunas piezas de motores, puentes, ejes, etc. sometidas a cargas cíclicas de valor inferior al crítico de rotura del material. Los ciclos de carga pueden ser muy diferentes, aunque los datos que más interesan son los de la amplitud del ciclo y la tensión media. Cuando una pieza se encuentra sometida a un proceso de fatiga, las grietas de tamaño diminuto existentes (por el proceso de fabricación o de trabajo) en el material van creciendo progresivamente hasta que en un momento dado el tamaño de la grieta mayor es lo suficientemente grande como para que se produzca la rotura del elemento.

Fluencia

Los elementos sometidos a altas temperaturas, como turbinas, calderas, reactores, etc., experimentan deformaciones plásticas importantes, a pesar de que a temperatura ambiente y sometidos a la misma carga, apenas se deformarían elásticamente.

Se define como fluencia la lenta y continua deformación plástica que sufre un material a alta temperatura. La deformación por fluencia que experimenta un material es tanto mayor cuanto mayor sea la temperatura, o la carga aplicada, o el tiempo que dicha carga ha estado actuando.

Ensayos no destructivos

Como ya se dijo en la introducción al tema, estos métodos se utilizan para detectar posibles irregularidades en la masa del material, como grietas microscópicas, impurezas de otros materiales, pequeños poros, etc., y se basan en la medición de determinadas propiedades de los materiales que pueden ser alteradas por defectos de las piezas.

. Ensayos magnéticos y eléctricos.

Los métodos magnéticos se basan en la propiedad de que si un material es imantado con un campo homogéneo, las líneas de flujo magnético son desviadas por las perturbaciones que pueda tener el material en su interior. Para detectar estas perturbaciones, se esparce en la superficie a ensayar una solución con polvo magnetizable en la que se puede apreciar las posibles desviaciones de las líneas de fuerza.

Evidentemente, este método sólo es aplicable a materiales susceptibles de imantación y además tiene la limitación de que no es posible detectar deficiencias muy profundas.

. Ensayos con líquidos penetrantes

Se basa en la propiedad penetrante de algunos líquidos que son capaces de introducirse en los posibles defectos superficiales de las piezas. Se utilizan soluciones de aceite caliente o petróleo en los que se sumerge la pieza a ensayar y, una vez seca, se la espolvorea con cal fina o talco

(productos muy higroscópicos) que succionan las pequeñas cantidades de líquido atrapadas en las microfisuras, de forma que se hacen visibles.

. Ensayos con rayos X y gamma

Se emplean los rayos X con un método similar al usado en medicina. La pieza a examinar se somete a la acción de los rayos, que la atraviesan, e impresionan una placa fotográfica situada al otro lado de ésta.

. Ensayos con ultrasonidos

Los ultrasonidos son ondas vibratorias, similares a las del sonido, de alta frecuencia.

PROPIEDADES DE FABRICACIÓN

Las propiedades de fabricación informan acerca de la posibilidad de someter un material a una determinada operación industrial.

Entre estas propiedades, se pueden mencionar las siguientes:

- . **Maleabilidad**: indica si un material se puede estirar en láminas sin romperse.
- . **Ductilidad**: señala si se puede estirar en forma de hilos.
- . **Forjabilidad**: da idea de la capacidad que posee un material para ser forjado.
- . **Maquinabilidad**: indica si se pueden aplicar procesos de arranque de viruta al material.
- . Otras propiedades, que se refieren a la capacidad para someter al material a procesos de extrusión, soldadura, etc.

■ Propiedades mecánicas

Están relacionadas con la forma en que reaccionan los materiales al actuar fuerzas sobre ellos

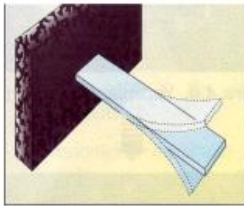


Figura 4.8(a). Elasticidad. Capacidad que tienen algunos materiales para recuperar su forma, una vez que ha desaparecido la fuerza que los deformaba.



Figura 4.8(b). Plasticidad. Habilidad de un material para conservar su nueva forma una vez deformado. Es opuesta a la elasticidad.



Figura 4.8(c). Ductilidad. Es la capacidad que tiene un material para estirarse en hilos (por ejemplo, cobre, oro, aluminio, etc.).

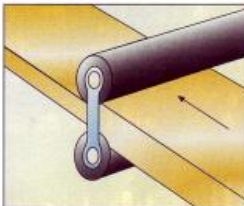


Figura 4.8(d). Maleabilidad. Aptitud de un material para extenderse en láminas sin romperse (por ejemplo, aluminio, oro, etc.).



Figura 4.8(e). Dureza. Oposición que ofrece un cuerpo a dejarse rayar o penetrar por otro o, lo que es igual, la resistencia al desgaste.

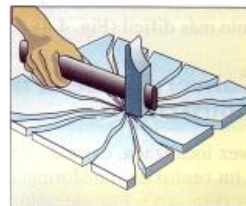


Figura 4.8(f). Fragilidad. Es opuesta a la resiliencia. El material se rompe en añicos cuando una fuerza impacta sobre él.



Figura 4.8(g). Tenacidad. Resistencia que opone un cuerpo a su rotura cuando está sometido a esfuerzos lentos de deformación.



Figura 4.8(h). Fatiga. Deformación (que puede llegar a la rotura) de un material sometido a cargas variables, inferiores a la de rotura, cuando actúan un cierto tiempo o un número de veces determinado.



Figura 4.8(i). Maquinabilidad. Facilidad que tiene un cuerpo a dejarse cortar por arranque de viruta.

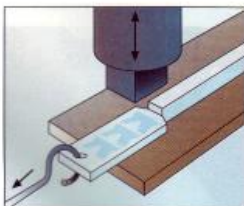


Figura 4.8(j). Acritud. Aumento de la dureza, fragilidad y resistencia en ciertos metales como consecuencia de la deformación en frío.

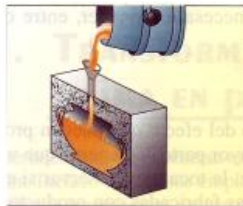


Figura 4.8(k). Colabilidad. Aptitud que tiene un material fundido para llenar un molde.

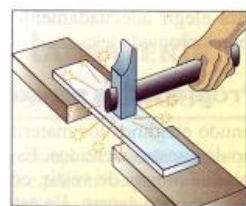


Figura 4.8(l). Resiliencia. Resistencia que opone un cuerpo a los choques o esfuerzos bruscos.

TEMA 2 - LOS METALES FERROSOS

1. Introducción

Se define a los metales como aquellos elementos químicos que se caracterizan por tener las siguientes propiedades:

- Poseen una estructura interna común.
- Son sólidos a temperaturas normales, excepto el mercurio.
- Tienen una alta densidad
- Tienen elevada conductividad térmica y eléctrica.
- Tienen considerable resistencia mecánica.
- Suelen ser maleables.
- Se pueden fundir, conformar y reciclar.

Por su especial utilidad en el campo industrial, distinguiremos dos tipos: los *materiales férricos*, o materiales derivados del hierro, y los *materiales no férricos*, derivados del resto de los metales.

2. Estructuras cristalinas

Los cuerpos sólidos se pueden presentar en dos estados fundamentales:

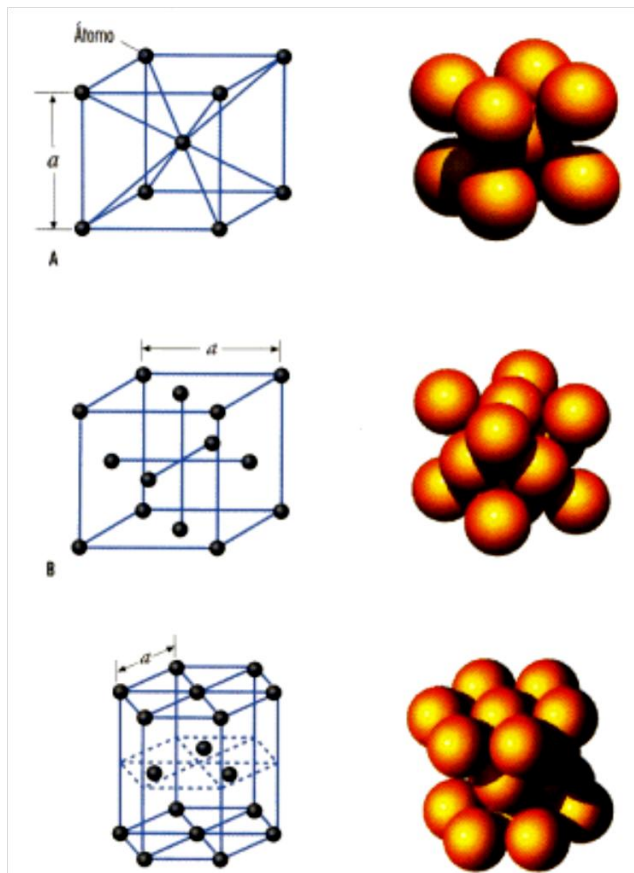
- **Cristalino.** Cuando están constituidos por átomos perfectamente ordenados en el espacio. En este grupo se encuentran englobados los metales, los materiales cerámicos y algunos polímeros que poseen regularidad suficiente.
- **Amorfo.** Cuando solamente presentan una ordenación espacial a corta distancia. Es el caso de los vidrios y de los polímeros vítreos.

La estructura espacial de un sólido cristalino se construye a partir de una unidad repetitiva celda unidad.

En los vértices de estas celdas unidad se sitúan los átomos. La repetición de las celdas en el espacio da lugar a las llamadas redes cristalinas simples.

También existe la posibilidad de situar átomos en los centros de las celdas (red cristalina centrada) o de las caras (red cristalina de caras centradas).

Conviene destacar que la mayor parte de los metales de interés industrial únicamente cristalizan en tres tipos de redes.



3. Características del hierro puro

- Es un material magnético (ferromagnético).
- Color blanco azulado.
- Muy dúctil y maleable.
- Punto de fusión: 1535 °C
- Densidad alta (7,87 g/cm³.)
- Buen conductor del calor y la electricidad.
- Se corroe y oxida con mucha facilidad.
- Bajas propiedades mecánicas (al corte, limado, conformado, etc.).

- Es un metal más bien blando.

Es precisamente, por lo que tiene bajas propiedades mecánicas por lo que el hierro puro, prácticamente no se emplea en la industria (salvo para hacer imanes), por lo que se emplea aleado con carbono (que es un no metal) y otros metales.

4. Definiciones.

Aleación: Es la mezcla de dos o más materiales, donde al menos uno, de forma mayoritaria es un metal.

Los metales ferrosos son los más utilizados a nivel industrial. Representan aproximadamente el consumo del 80% de todos los metales.

Encontramos los siguientes tipos de metales ferrosos:

1. Hierro industrial: cuando el contenido en carbono es menor al 0,03%.
2. Acero: Cuando el contenido en carbono está comprendido entre el 0'03 y el 1'67%.
3. Fundición: El porcentaje de carbono está comprendido entre el 1'67 y el 6'67%.

Las aleaciones con un contenido de carbono superior carecen de interés industrial porque son demasiado frágiles.

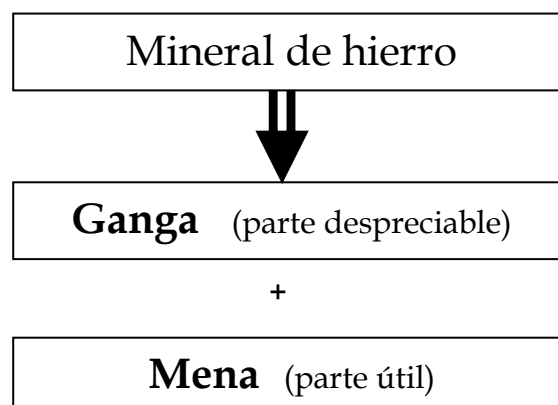
La inmensa mayoría de los metales no se encuentran en estado puro en la naturaleza, sino combinados con otros elementos químicos formando los **minerales**, los cuales se encuentran en **yacimientos** y se extraen en las **minas**.

El hierro no es una excepción y se encuentra en los siguientes minerales

1. Magnetita, hematites y limonitas (los cuales son óxidos de hierro).
2. Siderita (el cual es un carbonato de hierro).

Una vez extraído el mineral de hierro se procede a...

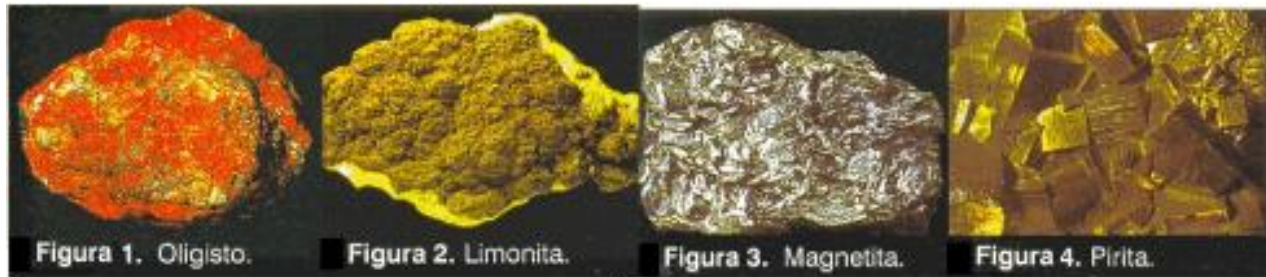
1. Triturar y moler el mineral.
2. Separar la parte útil, llamada **mena**, que es la que contiene el hierro, de la parte inútil y desechable, llamada **ganga**. Normalmente este proceso se hace empleando agua, pues la mena es más densa y la ganga flota.



3. Posteriormente, la mena se somete a altas temperaturas sin la presencia de oxígeno. Con este se persigue eliminar el oxígeno de los minerales. A este proceso se le llama **reducir** el mineral.
4. El proceso de reducción del mineral de hierro se lleva a cabo en los **altos hornos**.

5. Minerales del hierro

El elemento químico *hierro* forma parte de la corteza terrestre en un porcentaje del 5%. Nunca se presenta en estado puro, sino combinado en forma de óxidos, hidróxidos, carbonatos y sulfuros. Los principales minerales de los que forma parte son la *magnetita*, la *hematites roja*, la *siderita*, la *limonita* y la *pirita*.



6. Obtención del hierro: el alto horno

El dispositivo habitual para obtener hierro a partir de sus minerales es el denominado **alto horno**. Se trata de una instalación compleja cuyo principal objetivo es la obtención de **arrabio**, es decir, hierro con un *contenido en carbono* que oscila entre el 2,6% Y el 6,7% Y que contiene otras cantidades de *silicio*, *manganeso*, *azufre* y *fósforo* que oscilan en torno al 0,05%.

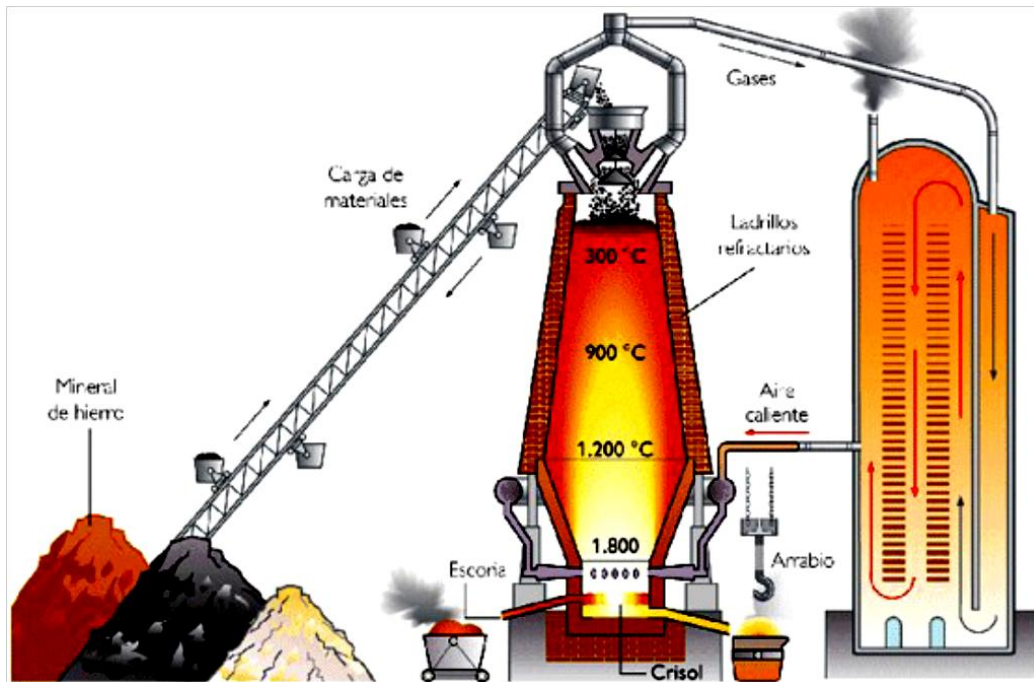
El cuerpo central de la instalación denominada alto horno está formado por dos *troncos de cono* colocados uno sobre otro y unidos por su base más ancha. Su *altura* oscila entre los 30 y los 80 m y su *diámetro máximo* está comprendido entre los 10 y los 14 m.

La pared interior está construida de *ladrillo refractario* y la exterior es de *acero*. Entre ambas pasan los **canales de refrigeración**.

La parte superior del horno alto se denomina **tragante**. Se compone de dos **tolvas** en forma de campana, provistas de un dispositivo de apertura y cierre que evita que se escapen los gases en el momento de la carga del *material*.

En el proceso siderúrgico, el carbón de coque actúa como combustible y reductor de los óxidos de hierro. El carbón de coque siderúrgico se obtiene industrialmente eliminando la materia volátil del carbón de hulla y aglutinándolo posteriormente. En estos hornos se somete la pasta de carbón a un proceso de coquizado, consistente en calentar el carbón por encima de 1000 °C, en ausencia de aire y durante 16 horas aproximadamente.

El coque siderúrgico es un material duro y poroso, con un contenido en carbono superior al 90%



Los materiales se introducen en el interior del alto horno en capas alternadas. Una capa formada por una mezcla de **minerales de hierro**. Una capa de **carbón de coque**. Una capa de **material fundente**, formado básicamente por *caliza*, que se encarga de arrastrar la *ganga* del mineral y las cenizas. Con todo este material se forma la *escoria*.

El mineral de hierro, el carbón de coque y los materiales fundentes se mezclan y se tratan previamente, antes de introducirlos en el alto horno.

El resultado es un material poroso llamado **sínter**. Las proporciones del **sínter** son:

1. Mineral de hierro2 Toneladas.
2. Carbon de coque1 Tonelada.
3. Fundente.....1½Tonelada.

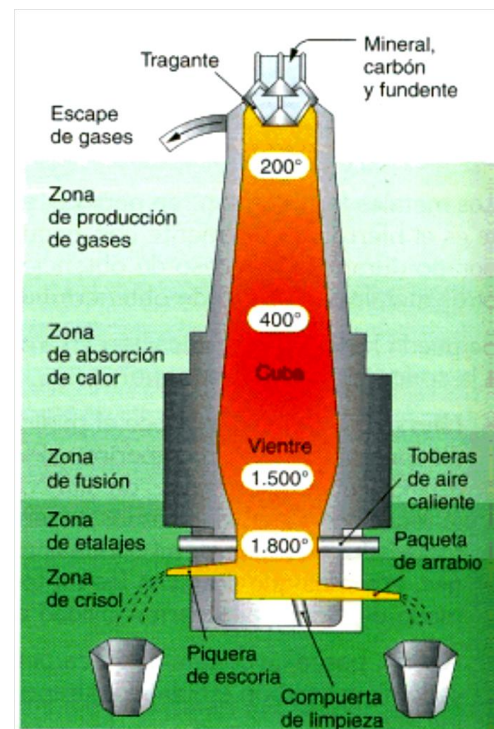
Bajo el vientre están las **toberas**, encargadas de insuflar el aire necesario para la combustión. Este aire procede de unas instalaciones denominadas **recuperadores de calor**, que aprovechan la energía térmica del gas que sale del alto horno para precalentar el aire.

De este modo se consigue que la temperatura del horno alto sobrepase los 1.500 °C, con lo que se logra un importante ahorro del carbón de coque.

La parte inferior del horno se llama **etalaje** y su forma compensa la disminución de volumen del material, que se produce como consecuencia de su reducción y de la pérdida de materias volátiles. En esta zona *se depositan el hierro y la escoria fundidos*. Como la escoria es de menor densidad que el hierro, queda flotando sobre él. De este modo se protege el hierro de la oxidación.

La extracción de la escoria y el hierro fundido se lleva a cabo a través de dos orificios situados en la parte inferior, denominados *bigotera* y *piquera*.

. Por la **bigotera** se extrae la escoria que sobrenada. Ésta suele emplearse como subproducto para la obtención de abonos y cementos especiales, llamados de *clinquerización*.



. Por la **piquera** sale el hierro fundido, que se denomina **arrabio, hierro colado o fundición de primera fusión**.

El **arrabio fundido** se vierte directamente en torpedos y se transporta a las **lingoteras**, para obtener lingotes de hierro a los **convertidores**, donde se transformará en **acero**.

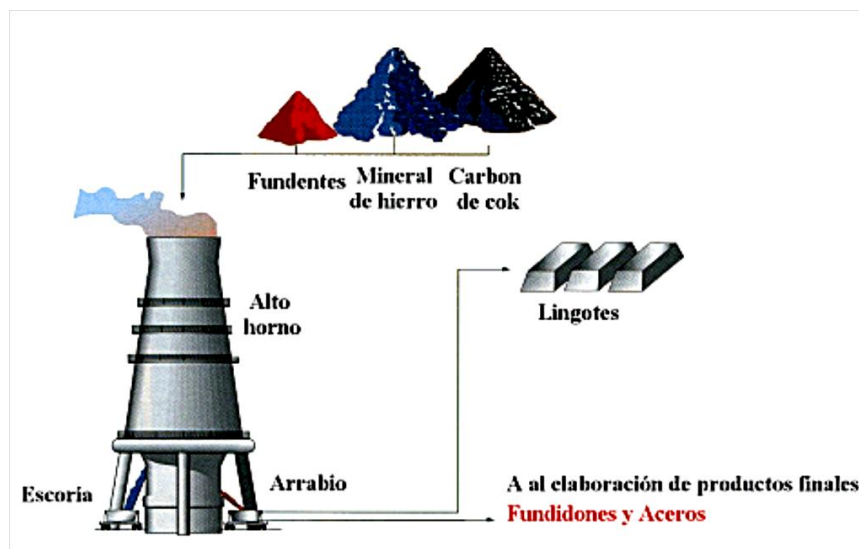
Una vez iniciado el proceso, los hornos altos funcionan de manera continua y sólo se apagarán cuando sea necesario efectuar reparaciones, como consecuencia del desgaste del material refractario del recubrimiento de sus paredes.

La materia prima que se va a introducir en el horno se divide en un determinado número de pequeñas cargas que se introducen a intervalos de entre 10 y 15 minutos. La escoria que flota sobre el metal fundido se retira una vez cada dos horas, y el **arrabio** se sangra cinco veces al día, aunque éste período de tiempo puede modificarse controlando la inyección de aire por las toberas.



7. Productos siderúrgicos

Los distintos productos que se obtienen a partir de los minerales de hierro se denominan, en general, productos **siderúrgicos** y pueden clasificarse en tres grandes grupos, dependiendo de su contenido en carbono: el *hierro dulce*, las *fundiciones* y los *aceros*.



8. Transformación del arrabio en acero

La proporción de carbono en el **arrabio** extraído del alto horno se encuentra en el intervalo correspondiente a las fundiciones. Así pues, se trata de un material duro y frágil, que no puede ser extendido en hilos ni en láminas; por este motivo apenas tiene aplicación industrial. Se hace necesario, pues, reducir el contenido en carbono del **arrabio** para convertirlo en **acero**; que es un material que sigue siendo duro, pero más elástico, dúctil, maleable y capaz de soportar impactos.

Esta transformación del arrabio en acero se lleva a cabo en un recipiente llamado **convertidor**, y se realiza suministrando oxígeno al arrabio líquido. Veamos como es este proceso llamado **afino**.

Los convertidores son hornos, siendo empleados hoy en día los eléctricos, donde se lleva a cabo un proceso de fusión.

1. El **arrabio** se transporta *líquido* desde el alto horno hasta la acería (donde está el convertidor). El arrabio se transporta en unos depósitos llamados **torpedos**.

2. Se introduce en el convertidor, además del arrabio, **chatarra**, **fundentes** (cal) y oxígeno. El convertidor, a diferencia del alto horno, no se le proporciona calor extra.

3. El oxígeno reacciona con las impurezas, especialmente el carbono que sobra (se oxidan) y facilita la eliminación de la escoria formada. El fundente también facilita la formación de la escoria, que flota sobre el metal fundido.



Los productos obtenidos del convertidor son:

- **Acero líquido:** que será transportado por medio de otra cuchara para ser sometido a procesos siderúrgicos. Este acero ya es de calidad.
- **Escoria:** que se recicla para otros fines, especialmente la construcción.
- **Gases:** Especialmente monóxido de carbono y dióxido de carbono, resultantes de la combustión de carbono.

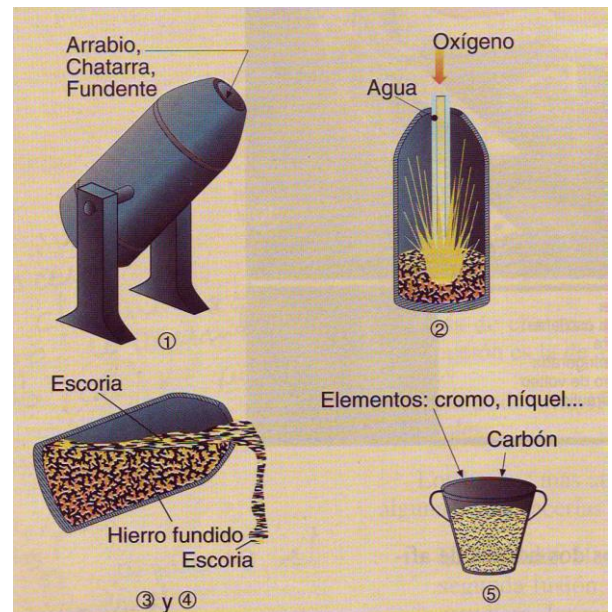
En el convertidor también se lleva a cabo la aleación del acero con otros metales (Ni, Cr, Mo, etc.) para obtener *aceros aleados* que mejoran las propiedades del metal original.

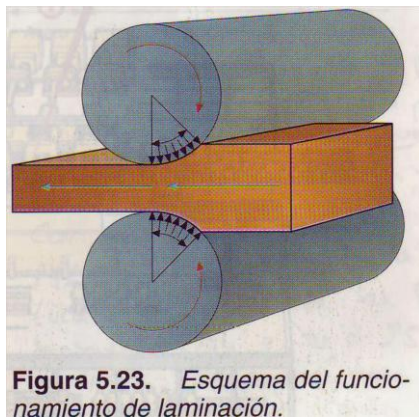
Producción por hornada: Entre 100 y 300 toneladas, dependiendo del tipo de convertidor.

4. El proceso final consiste en extraer el acero líquido del convertidor para verterlo en moldes con la forma de la pieza que se quiere obtener, posteriormente se deja solidificar y luego se extrae la pieza. A este proceso se le llama **colada**.

El proceso de colada más empleado hoy en día es el de **colada continua**, cuyo objetivo es solidificar el acero en productos de sección constante.

Una vez obtenida la pieza de acero se somete a un proceso de laminación para darle la forma y características deseadas.





9. Hornos de arco eléctrico

Los hornos eléctricos son sobre todo útiles para producir acero inoxidable y aceros aleados que deben ser fabricados según unas especificaciones muy exigentes. El refinado se produce en una cámara hermética, donde la temperatura y otras condiciones se controlan de forma rigurosa. En las primeras fases de este proceso de refinado se inyecta oxígeno de alta pureza a través de una lanza, lo que aumenta la temperatura del horno y disminuye el tiempo necesario para producir el acero. La cantidad de oxígeno que entra en el horno puede regularse con precisión en todo momento, lo que evita reacciones de oxidación no deseadas.

Son los más usados en los talleres de fundición. Constan de un crisol y dos aberturas laterales, una para adicionar los materiales de afino o la carga metálica (en los hornos pequeños) y la otra para la piqueta.

Una vez cargado el horno se hacen descender unos electrodos hasta la superficie del metal. La corriente eléctrica fluye por uno de los electrodos, forma un arco eléctrico hasta la carga metálica, recorre el metal y vuelve a formar un arco hasta el siguiente electrodo. La resistencia del metal al flujo de corriente genera calor, que —junto con el producido por el arco eléctrico— funde el metal con rapidez.

Una vez que ha terminado el proceso, se retiran los electrodos y se procede a la colada en la cuchara, inclinando el horno.

Los hornos de este tipo que más se usan son los trifásicos con capacidad de 3 a 8 toneladas, aunque se construyen desde 1 a 100 toneladas. Se emplean para fundir el acero y la fundición gris de excelente calidad.

10. Aceros

Al añadir carbono al hierro, las propiedades mecánicas se modifican extraordinariamente. Cuanto mayor sea el porcentaje de carbono, mayor es su dureza y resistencia a la tracción, pero tiene el inconveniente de que es más frágil y menos dúctil.

Además su soldabilidad también disminuye.

a) Clasificación de los aceros

1. **Aceros no aleados:** son aquellos que sólo incluyen hierro y carbono.

2. **Aceros aleados o especiales:** Además de hierro y carbono se añaden otros elementos, que normalmente son otros metales. El objetivo es mejorar alguna propiedad en concreto del acero. Estos aceros son los más empleados.

Ejemplos:

- Con **wolframio**, el acero es muy duro a cualquier temperatura y es apto para herramientas de corte. Son los aceros rápidos.

- Con **romo** y níquel, aumenta la dureza, la resistencia a la corrosión y la tenacidad del acero. Son los aceros inoxidables.
- Con **plomo**, se favorece el mecanizado (corte, limado, ...)
- Etc

10.1. Aplicaciones

El acero en sus distintas clases está presente de forma abrumadora en nuestra vida cotidiana en forma de herramientas, utensilios, equipos mecánicos y formando parte de electrodomésticos y maquinaria en general así como en las estructuras de las viviendas que habitamos y en la gran mayoría de los edificios modernos. En este contexto existe la versión moderna de perfiles de acero denominada Metalcón. Los fabricantes de medios de transporte de mercancías (camiones) y los de maquinaria agrícola son grandes consumidores de acero.

También son grandes consumidores de acero las actividades constructoras de índole ferroviario desde la construcción de infraestructuras viarias así como la fabricación de todo tipo de material rodante.

Otro tanto cabe decir de la industria fabricante de armamento, especialmente la dedicada a construir armamento pesado, vehículos blindados y acorazados.

También consumen mucho acero los grandes astilleros constructores de barcos especialmente petroleros, y gasistas u otros buques cisternas.

Como consumidores destacados de acero cabe citar a los fabricantes de automóviles porque muchos de sus componentes significativos son de acero.

A modo de ejemplo cabe citar los siguientes componentes del automóvil que son de acero:

- Son de acero forjado entre otros componentes: cigüeñal, bielas, piñones, ejes de transmisión de caja de velocidades y brazos de articulación de la dirección.
- De chapa de estampación son las puertas y demás componentes de la carrocería.
- De acero laminado son los perfiles que conforman el bastidor.
- Son de acero todos los muelles que incorporan como por ejemplo; muelles de válvulas, de asientos, de prensa embrague, de amortiguadores, etc.
- De acero de gran calidad son todos los rodamientos que montan los automóviles.
- De chapa troquelada son las llantas de las ruedas, excepto las de alta gama que son de aleaciones de aluminio.
- De acero son todos los tornillos y tuercas.

Cabe destacar que cuando el automóvil pasa a desguace por su antigüedad y deterioro se separan todas las piezas de acero, son convertidas en chatarra y son reciclados de nuevo en acero mediante hornos eléctricos y trenes de laminación o piezas de fundición de hierro.



11. Fundiciones

Aunque se denomina fundición a la aleación de hierro y carbono con un porcentaje entre el 1'67% y el 6'67%, en la práctica, el contenido de carbono de las fundiciones oscila entre el 2'5% y el 4,5%, encontrándose presentes, normalmente, otros elementos. Las fundiciones, como su nombre indica, son fácilmente fusibles, es decir, su punto de fusión es bajo. Por lo que se emplean para la obtención de piezas de moldeo.

Diferencias con el acero:

- Como ya mencionamos, su punto de fusión es más bajo.
- Son ligeramente más ligeras.
- Son más duras, pero más frágiles.
- Tienen buena resistencia al desgaste.
- Mayor resistencia a la oxidación.
- Las piezas fabricadas con función son más baratas y, normalmente, de mayor volumen.

Las fundiciones pueden clasificarse en cinco grandes grupos: blanca, gris, maleable, esferoidal y aleada. Estas fundiciones muestran composiciones químicas diferentes aunque muchos elementos tienen propiedades antagónicas de manera que se enmascaran sus efectos por lo que no es posible su diferenciación por análisis químico. Mas bien, las diferencias fundamentales se encuentran en la forma en que se presenta el carbono, combinado o libre.

11.1. Aplicaciones

Bloques de motores, tambores de freno, bancadas para máquinas y equipos. Válvulas, cuerpos de bombas, cigüeñales y otros componentes de automóvil y maquinaria. Cilindros de trenes de laminación, bolas de molinos, mandíbulas para trituradoras de mineral. Tubos de dirección, engranajes de transmisión, cajas de diferencial,...

TEMA 3 – METALES NO FERROSOS**Introducción**

Aunque los metales ferrosos son los más utilizados, el resto de los metales (los no ferrosos) son cada día más imprescindibles.

Clasificación

Se pueden clasificar en **cuatro** grupos

a. Metales **pesados**: Son aquellos cuya densidad es igual o mayor a 5 gr/cm³. Se encuentran en este grupo el cobre, el estaño, el plomo, el cinc, el níquel, el cromo y el cobalto.

b. Metales **ligeros**: Tienen una densidad comprendida entre 2 y 5 gr/cm³. Los más utilizados son el aluminio y el titanio.

c. Metales **ultraligeros**: Su densidad es menor a 2 gr/cm³. Se encuentran en este grupo el berilio y el magnesio, aunque el primero de ellos raramente se encuentra en estado puro, sino como elemento de aleación.

d. Metales **nobles**: densidad alta. Este grupo, por su densidad, debería pertenecer a los metales pesados pero por su relevancia histórica siempre se han estudiado por separado. Son el oro, la plata y el platino.

Todos estos metales no ferrosos, es estado puro, son blandos y poseen una resistencia mecánica bastante reducida. Para mejorar sus propiedades, los metales puros suelen alearse con otros.

1 - COBRE

Las propiedades de este metal son:

- Es uno de los metales no ferrosos de mayor utilización.
- Tiene un color rojo-pardo.
- Su conductividad eléctrica es elevada (solo superada por la plata).
- Su punto de fusión es de 1083°C.
- Su conductividad térmica también es elevada.
- Es un metal bastante pesado, su densidad es 8'9gr/cm³.
- Resiste muy bien la corrosión y la oxidación.
- Es muy dúctil y maleable.

Obtención del cobre

Los minerales mas utilizados para obtener cobre son sulfuros de cobre, especialmente la **calcopirita**. También existen minerales de óxido de cobre, destacando la **malaquita** y la **cuprita**.

Los minerales de cobre suelen ir acompañados también de hierro.

Existen dos métodos de obtención del cobre:

- La vía **húmeda**

- La vía **seca**

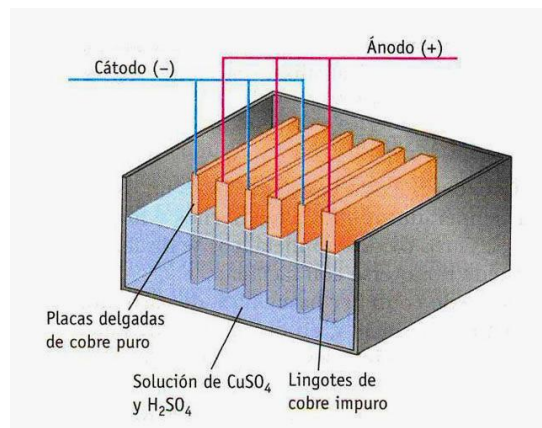
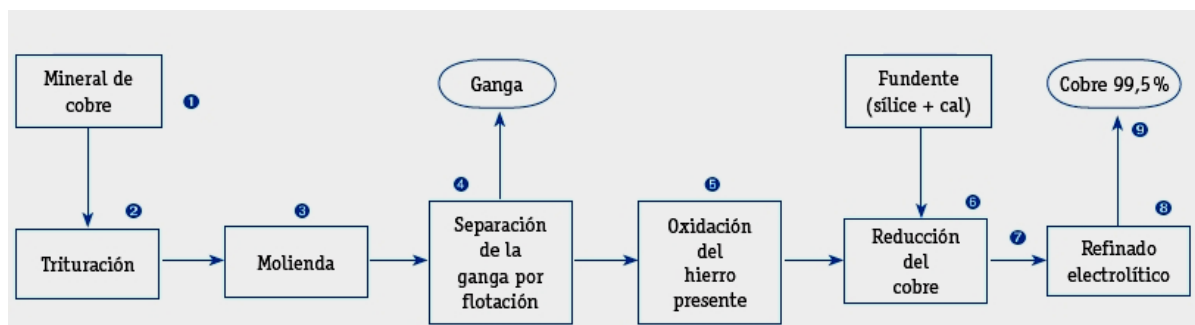
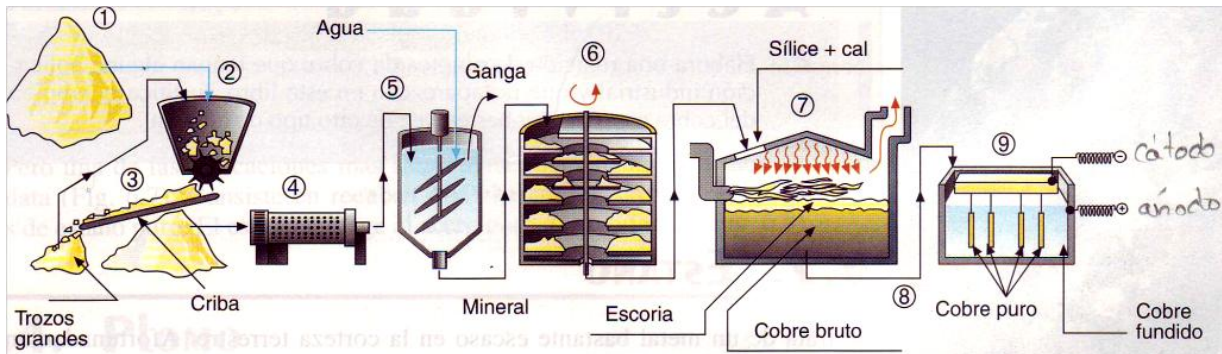
A. Vía **húmeda**: Se emplea solamente cuando el contenido de cobre en el mineral es muy reducido (menos de un 10%). Consiste en triturar todo el mineral y añadirle **ácido sulfúrico** y aplicar a la mezcla el proceso de **electrólisis** (es decir, aplicar una corriente continua introduciendo dos electrodos en la mezcla).

B. Vía **seca**: Se emplea solamente cuando el contenido de cobre supera el 10%. Consta de las siguientes fases.

1. Se **tritura** el mineral, se **criba** y se **muele** hasta reducirlo a **polvo**.

2. Se introduce en un recipiente con **agua** abundante, donde se agita para eliminar la ganga que flota.

3. La mena que quede se lleva a un **horno de pisos** donde se oxida para eliminar el hierro presente. De este modo se separa el cobre del hierro.
4. A continuación se introduce el mineral de cobre en un **horno donde se funde**. Luego se añade **sílice** y **cal** que reaccionan con el azufre y restos de hierro, formando la **escoria** que flota y se elimina. El cobre líquido que se encuentra debajo se denomina **cobre bruto**, cuya pureza es del 40%.
5. Por último, para obtener un cobre de alta pureza se somete el líquido a un proceso **electrolítico**. El cobre tendrá una pureza del 99,9%.



Aleaciones del cobre

· Latones:

- Cu con Zn
- Menos resistente que el Cu
- Soporta mejor el agua y el vapor
- Uso en casquillos de ajuste de piezas mecánicas
- Se añade Cu (moldeabilidad), Sn y Al (resistencia a la corrosión marina) o Pb (capacidad de mecanizado) para mejorar las propiedades.

· Latones binarios cobre–cinc.

Los Latones Binarios tienen características muy específicas y sus aplicaciones están relacionadas con el porcentaje de zinc que contenga la aleación. Usos:

Bisutería de fantasía.

Discos para monedas e insignias.

Quincallería.

Fundas de balas.

Aplicaciones industriales.

Instrumentos musicales.

Telas metálicas.

Radiadores de automóviles.

Accesorios de fontanería sanitaria.

Arquitectura.

· Latones con plomo.

Desde el punto de vista de la maquinabilidad, los latones con plomo están a la cabeza de todas las demás aleaciones.

Piezas roscadas para electrotecnia

Engranajes

Conexiones machos y hembras

Piezas para circuitos eléctricos e instrumentos de precisión

Relojería

Válvulas para bicicletas

Tornos automáticos de gran velocidad

Accesorios para carpintería

Piezas para automóviles

Elementos mecánicos diversos

Accesorios decorativos

Marcos de puertas, ventanas y vitrinas

Rieles para cortinas

· Latones especiales.

Los Latones Especiales se obtienen añadiendo uno o más elementos a los latones simples con el fin de mejorar las características de estos.

Los elementos utilizados industrialmente, además del plomo, son el estaño, aluminio, manganeso, hierro, níquel, silicio y, en pequeñas proporciones, arsénico. Estos elementos se agregan para mejorar las propiedades mecánicas y aumentar la resistencia a ciertas formas de corrosión. Entre los Latones Especiales existe una gran variedad, pero los más importantes son los siguientes:

Latón con Aluminio, Latón Almirantazgo, Latón Naval, Latones de Alta Resistencia.

La Hélice naval de latón de alta resistencia, es una aplicación de Latón Especial.

Por sus características, los Latones Especiales son utilizados en la fabricación de:

Tubos de Condensadores

Tubos de Evaporadores y de Cambiadores de Calor

Quincallería naval

Engranajes

Tuberías para aire comprimido e hidráulica

Perfiles arquitectónicos

· Bronces:

- Cu con Sn (o cualquier otro metal menos el Zn). La aleación básica de bronce contiene aproximadamente el 88 % de cobre y el 12 % de estaño.

- Alta resistencia mecánica

- Elevada resistencia a la corrosión
- La aleación alfa de bronce con un 4 a 5 % de estaño se utiliza para acuñar monedas y para fabricar resortes, turbinas, y herramientas de corte.
- **Bronce de aluminio (cuproaluminio):**
 - 90% Cu – 10% Al.
 - Mayor dureza y resistencia a la oxidación y corrosión.
 - Uso en industria para equipos expuestos a líquidos corrosivos.
- **Bronce para armas de fuego**
 - A partir del descubrimiento de la pólvora se utilizó un bronce para cañones compuesto por un 90 a 91 % de cobre y un 9 a 10 % de estaño, proporción que se denomina comúnmente "bronce ordinario". Estas armas eran conocidas en China en épocas tan tempranas como el siglo XI a. C., y en Europa se utilizaron a partir del siglo XIII tanto para cañones como en falconetes.

Para el siglo XV la artillería del Imperio otomano contaba con grandes bombardas de bronce.

· **Bronce para campanas**

- La fundición para campanas es generalmente frágil. La mayor proporción de cobre produce tonos más graves y profundos a igualdad de masa, mientras que el agregado de estaño, hierro o zinc produce tonos más agudos. Para obtener una estructura más cristalina y producir variantes en la sonoridad, los fundidores han utilizado también otros metales como antimonio o bismuto en pequeñas cantidades. La aleación con mayor sonoridad para fabricar campanas es el denominado metal de campana, que consta de 78 % de cobre y de 22 % de estaño. Es relativamente fácil para fundir.

· **Alpaca:**

La alpaca es una aleación de cobre, níquel, cinc y estaño.

Debido a que las alpacas presentan una maquinabilidad relativamente baja, es necesario mejorar esta propiedad agregando plomo.

Las alpacas con plomo pueden ser moldeadas. Sin embargo, se encuentran más frecuentemente, en forma de productos forjados, tales como chapas o barras que se prestan bien al maquinado, como asimismo llaves y bulones. Sus aplicaciones son variadas, pero se destacaron algunas áreas como las Telecomunicaciones, Arquitectura, Decoración, etc.

· ***Conformado de las aleaciones de cobre:***

Fabricación: Se obtienen en el estado de recocido y pueden soportar gran cantidad de trabajo en frío y se les puede dar la forma deseada por embutido profundo, rebordado, rechazado, doblado y operaciones similares. El latón endurecido por trabajo en frío se ablanda a aproximadamente 593°C. Soldadura, generalmente por el método oxiacetilénico, con un suministro suficiente de calor para vencer su alta conductividad térmica. Puede soldarse por arco eléctrico, con la aplicación de la soldadura por arco metálico protegido y por arco metálico o de tungsteno con protección gaseosa. Todas las aleaciones de cobre, excepto las que tienen aluminio, pueden soldarse con soldadura blanda o de plata.

Maquinado, se realiza con facilidad con los métodos usuales y las herramientas estándar destinadas para el acero, pero con velocidades más altas. Para fines de maquinado, las aleaciones de cobre pueden dividirse en tres grupos:

–Grupo A: de estructura homogénea que son tenaces y dúctiles y forman una viruta larga y continua.

–Grupo B: exentas de plomo de estructura duplex, forman una viruta larga pero frágil.

–Grupo C: con adición de 0.5 a 3.0% de plomo.

Las aleaciones de cobre son altamente resistentes al ataque atmosférico y al agrietamiento.

· **Resistencia a la corrosión:**

Todas las aleaciones de cobre son altamente resistentes al ataque atmosférico, pero para la exposición a la intemperie son preferibles las que contienen mas de 80% de cobre (o el cobre mismo) a causa de su resistencia al agrietamiento por esfuerzos introducidos en la elaboración.

Son aleaciones con alto contenido de cobre:

- Cobre-Cadmio y Cobre-Cadmio-Estaño.
- Cobre-Cromo.
- Cobre-Berilio y Cobre-Berilio-Cobalto.
- Cobre-Níquel-Silicio.
- Cobre-Silicio- Manganeseo

Cobre-cadmio-estaño

Líneas telefónicas

Conductores de líneas de ferrocarriles eléctricos.

La aleación cobre-cadmio proporciona la conducción eléctrica, resistencia a la abrasión necesarias para el transporte de alta velocidad.

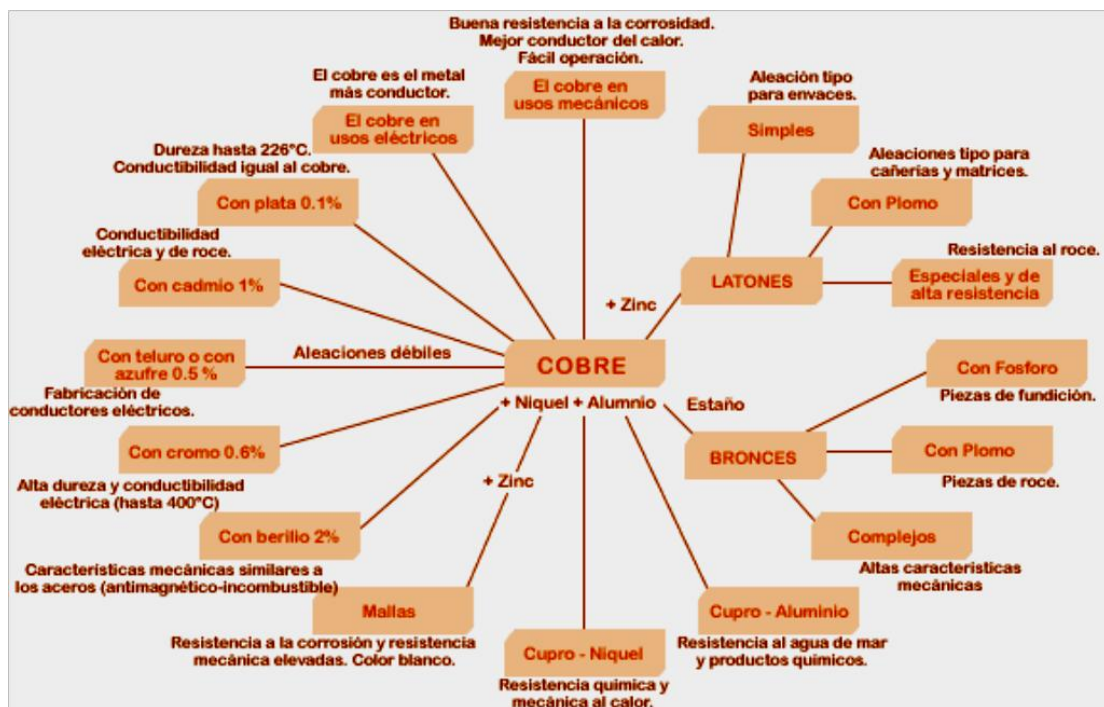
Cobre-bronce-alpaca;

Moneda.

Cobre-berilio-cobalto

Herramientas de cuproberilio para trabajos en presencia de materiales explosivos.

Matrices para plásticos



Aleación	Tipos/composición	Algunas aplicaciones
Bronce (aleación de cobre y estaño)	Ordinario. Sólo lleva cobre y estaño (del 5 al 30 %).	Campanas y engranajes.
	Especial. Lleva cobre, estaño y otros elementos químicos.	Esculturas y cables eléctricos.
Latón (aleación de cobre y cinc)	Ordinario. Sólo lleva cobre y cinc (del 30 al 55 %).	Tomillería.
	Especial. Lleva cobre, cinc y otros elementos químicos.	Grifos, tuercas y tornillos.
Cuproaluminio	Aleación de cobre y aluminio.	Hélices de barco, turbinas, etcétera.
Alpaca	Aleación de cobre, níquel y cinc. Tiene un color plateado.	Joyería barata, cubiertos, etcétera.
Cuproníquel	Aleación de cobre y níquel (del 40 al 50 %).	Monedas y contactos eléctricos.

Aplicaciones del cobre

Su principal aplicación es como conductor eléctrico. Pues su ductilidad le permite transformarlo en cables de cualquier diámetro.

Por su alta resistencia a la oxidación se emplea en instalaciones de fontanería, tuberías y calderas.

2 - ALUMINIO

Las propiedades de este metal son:

- Es un metal muy ligero ($2,7 \text{ gr/cm}^3$) y muy resistente a la oxidación.
- Es un buen conductor eléctrico y del calor.
- Es muy dúctil y maleable.
- Su punto de fusión es de 660°C .
- Es el elemento metálico más abundante en la corteza terrestre.
- Resistencia a la corrosión y la oxidación.

Obtención del aluminio

No se encuentra en la naturaleza en estado puro. El proceso para la producción de aluminio se realiza extrayendo del mineral, la bauxita, mediante purificación, la alúmina y, en una segunda fase, mediante electrolisis se obtiene el metal.

El mineral del que se extrae el aluminio es la bauxita. El método de extracción tiene dos fases:

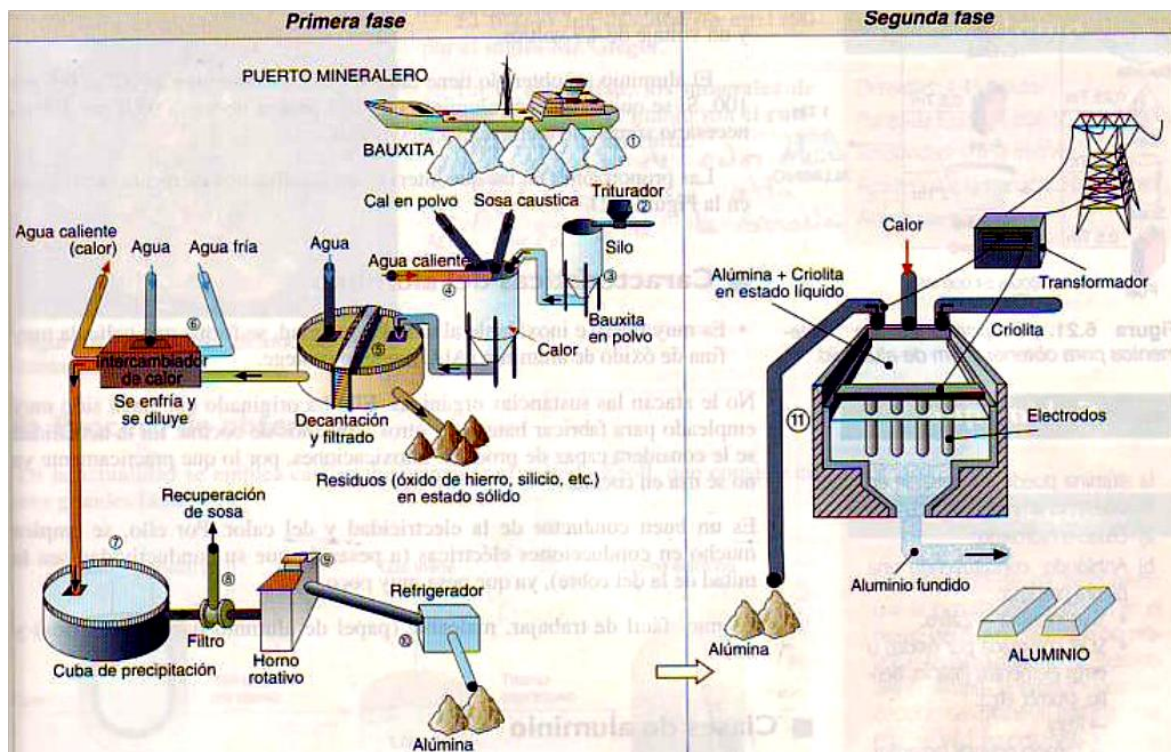
Se emplea un método llamado de Bayer y después se combina con la electrolisis:

1. Se tritura y muele el mineral hasta reducirlo a polvo
2. Se mezcla el polvo con sosa cáustica, cal y agua caliente.
3. La sosa disuelve la bauxita, separándose los residuos en el decantador.
4. El material útil se llama alúmina, al cual debe eliminarse toda el agua que posea y refrigerarse.

Hasta aquí el método Bayer.

5. Para obtener el aluminio, se disuelve la alúmina en una sustancia llamada criolita a una

temperatura de 1000 °C y se somete a un proceso de electrólisis que descompone el material en aluminio.



Aleaciones del aluminio

El aluminio suele alearse con otros metales para mejorar sus propiedades mecánicas.

- Con cobre: Es el duraluminio. Es un aluminio de alta dureza y buena maquinabilidad, además de ser ligero
- Con Cinc: Es un aluminio duro y resistente a la corrosión.
- *Estudio de la aleación intermetálica aluminio-níquel*; la aleación intermetálica de aluminio y níquel (Ni_3Al) ofrece también perspectivas de operación a altas temperaturas y con buen rendimiento termodinámico.
- *Aleaciones de aluminio para fundición*; las aleaciones de aluminio son fundidas principalmente por tres procesos: fundición de arena, molde permanente y fundición en coquilla.
- *Fundición de arena* Es el más sencillo y versátil de los procesos de fundición del aluminio. Es normalmente elegido para la producción de:

- Cantidades pequeñas de piezas fundidas idénticas.
- Piezas fundidas complejas con núcleos complicados.
- Grandes piezas fundidas.
- Piezas fundidas para la construcción.

La mayor parte de estas aleaciones están basadas en sistemas de aluminio-cobre o aluminio-silicio, con adiciones para mejorar las características de fundición o de servicio. Entre las aleaciones aluminio-cobre, la que contiene 8% de cobre ha sido usada por mucho tiempo como la aleación para fines generales, aunque las adiciones de silicio y hierro, mejoran las características de la fundición por que la hacen menos quebradiza en caliente; la adición de zinc, mejora su maquinabilidad.

Las aleaciones con 12% de cobre son ligeramente más resistentes que las de 8%, pero considerablemente menos tenaces.

Las aleaciones de aluminio-silicio son de gran aplicación por sus excelentes cualidades para la fundición y su resistencia a la corrosión; no son quebradizas en caliente y es fácil obtener con ellas fundiciones sólidas en secciones gruesas o delgadas, la más comúnmente utilizada es la que

contiene 5% de silicio, se solidifica normalmente con una gruesa estructura hipereutética que se modifica antes de fundirse por la adición de una pequeña cantidad de sodio para darle una estructura fina eutética de mayor resistencia mecánica y tenacidad, el contenido de hierro debe ser bajo para evitar la fragilidad.

Las aleaciones de aluminio-magnesio son superiores a casi todas las otras aleaciones de fundición de aluminio en cuanto a resistencia, corrosión y maquinabilidad; además de excelentes condiciones de resistencia mecánica y ductilidad.

- *Fundición con molde permanente* Se vierte el metal fundido en un molde metálico permanente bajo gravedad y bajo presión centrífuga solamente. Las piezas fundidas así tienen una estructura de grano más fino, y son más resistentes que las piezas fundidas con moldes de arena, debido a que la velocidad de enfriamiento es más rápida. Además, las piezas fundidas en molde permanente poseen generalmente menores contracciones y porosidad que las piezas fundidas en arena. Sin embargo, los moldes permanentes tienen limitaciones de tamaño, y para piezas complejas puede resultar difícil o imposible.

	Aleación	Características/aplicaciones
En forma de aleación	Latones (Cobre y cinc)	Por ser más barato el cinc que el estaño, en muchas aplicaciones el latón está sustituyendo al bronce.
	Plata alemana o alpaca (Cu + Ni + Zn)	Utilizada antiguamente en cubertería. En la actualidad se utiliza en joyería barata y fabricación de estuches.
	Zamak (Al + Cu + Zn)	Se emplea para la obtención de piezas de gran precisión y de gran calidad superficial, con lo que no necesitan mecanizado.
En estado puro	En forma de chapas de diferentes espesores	Recubrimiento de tejados.
		Canalones y cornisas, así como tubos de bajada de agua y depósitos. Recubrimiento de pilas (Fig. 10.11).
Recubrimiento de piezas		• <i>Galvanizado electrolítico</i> : consiste en recubrir, mediante electrolisis, un metal con una capa muy fina de cinc (unas 15 milésimas de milímetro).
		• <i>Galvanizado en caliente</i> : la pieza se introduce en un baño de cinc fundido. Una vez enfriada, el cinc queda adherido y la pieza protegida.
		• <i>Metalizado</i> : se proyectan partículas diminutas de cinc, mezcladas con pintura, sobre la superficie a proteger.
		• <i>Sherardización</i> : consiste en recubrir con polvo de cinc una pieza de acero e introducirla en un horno. Por el calor, el cinc penetra en el acero.
Otras formas	Óxidos de cinc	Bronceadores, desodorantes, etcétera. Colorantes, pegamentos, conservantes, etcétera.

Puede alearse también: Aluminio - Manganeso, Aluminio - Magnesio, Aluminio - Magnesio y Silicio, Aluminio - Zinc, etc.

Aplicaciones

El aluminio puro es blando y frágil, pero sus aleaciones con pequeñas cantidades de cobre, manganeso, silicio, magnesio y otros elementos presentan una gran variedad de características adecuadas a las más diversas aplicaciones. Estas aleaciones constituyen el componente principal de multitud de componentes de los aviones y cohetes, en los que el peso es un factor crítico.

Cuando se evapora aluminio en el vacío, forma un revestimiento que refleja tanto la luz visible como la infrarroja; además la capa de óxido que se forma impide el deterioro del recubrimiento, por esta razón se ha empleado para revestir los espejos de telescopios, en sustitución de la plata.

Dada su gran reactividad química, finamente pulverizado se usa como combustible sólido de cohetes y para aumentar la potencia de explosión, como ánodo de sacrificio y en procesos de aluminotermia (termita) para la obtención de metales.

- Transporte, como material estructural en aviones, automóviles, tanques, superestructuras de buques, blindajes, etc.
- Estructuras portantes de aluminio en edificios
- Embalaje, papel de aluminio, latas, tetrabrik, etc.
- Construcción; ventanas, puertas, perfiles estructurales, carpintería del aluminio en general, etc.

- Bienes de uso; utensilios de cocina, herramientas, etc.
- Transmisión eléctrica. Aunque su conductividad eléctrica es tan sólo el 60% de la del cobre, su mayor ligereza disminuye el peso de los conductores y permite una mayor separación de las torres de alta tensión, disminuyendo los costes de la infraestructura.
- Recipientes criogénicos (hasta $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$, ya que no presenta temperatura de transición (dúctil a frágil) como el acero, así la tenacidad del material es mejor a bajas temperaturas, calderería.
- Las sales de aluminio de los ácidos grasos (p. ej. el estearato de aluminio) forman parte de la formulación del NAPALM.
- Los hidruros complejos de aluminio son reductores valiosos en síntesis orgánica.
- Los haluros de aluminio tienen características de ácido Lewis y son utilizados como tales como catalizadores o reactivos auxiliares.
- Los aluminosilicatos son una clase importante de minerales. Forman parte de las arcillas y son la base de muchas cerámicas.
- Aditivos de óxido de aluminio o aluminosilicatos a vidrios varían las características térmicas, mecánicas y ópticas de los vidrios.
- El corundo (Al_2O_3) es utilizado como abrasivo. Unas variantes (rubí, zafiro) se utilizan en la joyería como piedras preciosas.

3 - NÍQUEL

El níquel es un metal de color blanco brillante, medianamente duro, tenaz, dúctil y maleable. Junto con el hierro y el cobalto, forma el grupo de materiales ferromagnéticos.

Es muy resistente a la corrosión y a la oxidación, tanto de los agentes atmosféricos, como de los ácidos y las sustancias alcalinas.

El níquel es un metal de transición de color blanco plateado, conductor de la electricidad y del calor, se puede laminar, pulir y forjar fácilmente, y presenta ferromagnetismo a temperatura ambiente. Se encuentra en distintos minerales, en meteoritos (aleado con hierro) y hay níquel en el interior de la Tierra.

Su punto de fusión es de $1455\text{ }^{\circ}\text{C}$, su densidad de $8'9\text{ g/cm}^3$.

Proceso de obtención

Para obtener níquel metálico se sigue un proceso similar al del cobre: primero se tritura y muele el mineral y se separan los sulfuros por flotación; después, se tuesta la mezcla hasta obtener la mata de óxido de níquel; posteriormente, se reduce éste con carbono y , finalmente, se afina el metal por métodos electrolíticos, utilizando ánodos de níquel impuro y cátodos formados por láminas de níquel puro. (La ventaja de extraer o refinar metales por procesos electrolíticos es que el metal depositado es de gran pureza).

Aleaciones

Entre las de alto porcentaje en níquel, en las que este llega a alcanzar hasta el 80 %, destacan la aleación con hierro, al que confiere gran resistencia a la corrosión y mejora sus propiedades magnéticas; el nicrom que es una aleación de níquel y cromo, utilizado para fabricar resistencias eléctricas por su resistividad; el invar., empleado en relojería por su coeficiente de dilatación prácticamente nulo.

Monel es el nombre que se asigna a las aleaciones comerciales con razones níquel-cobre El monel es más duro que el cobre y extremadamente resistente a la corrosión y posee una elevada

resistencia al impacto Las aleaciones del monel resisten a la corrosión en un mayor rango de ambientes. Posee mayor resistencia que el níquel al ácido sulfúrico, salmuera y agua.

El alnico o alnico es una aleación formada principalmente de cobalto, aluminio y níquel, aunque también puede contener hierro-cobre y en ocasiones titanio. Su uso principal es en aplicaciones magnéticas.

En las de bajo contenido en níquel, su porcentaje de presencia no supera el 15%. Suele alearse con hierro y acero para mejorar para mejorar las características mecánicas de éstos y facilitar los tratamientos de templado.

Los materiales que se obtienen resultan muy resistentes a la acción de los agentes atmosféricos y de los agresivos químicos, por lo que suelen emplearse para fabricar utensilios de cocina, material quirúrgico y de laboratorio, y acumuladores de energía eléctrica. Las monedas de níquel en uso son una aleación de 25% de níquel y 75% de cobre. El níquel es también un componente clave de las baterías de níquel-cadmio.

Nombre	Composición	Propiedades y aplicaciones
Alnico	20 % Ni, 63 % Fe, 12 % Al, 5 % Co	Alta permeabilidad magnética. Imanes.
Constantan	40 % Ni, 60 % Cu	Pares termoelectrónicos.
Illium G	58 % Ni, 22 % Cr, 6-7 % Cu, 4 % Mo, 2 % W, 6-7 % Fe, 1 % Mn	Resistente a la corrosión.
Monel	72 % Ni, 26,5 % Cu, 1,5 % Fe	Inoxidable. Hélices, válvulas, alambre, chapas, etcétera.
Nicrom (cromel)	60 % Ni, 40 % Cr	Punto de fusión elevado y baja conductividad eléctrica. Hilo de resistencias.
Nicrom IV	80 % Ni, 20 % Cr	Punto de fusión elevado y baja conductividad eléctrica. Hilo de resistencias.
Plata alemana	22 % Ni, 26 % Zn, 52 % Cu	Aleación de color blanco argentino. Joyería barata (bisutería). Cuchillería.
Platinita	46 % Ni, 54 % Fe, trazas de C	Coefficiente de dilatación muy pequeño, como el del vidrio. Hilos de entrada para lámparas eléctricas.
Permalloy	78 % Ni, 22 % Fe	Alta permeabilidad magnética. Imanes.
Carboloy	13 % Co, 87 % CW	Muy dura. Herramientas cortantes.
Estelita	55 % Co, 20-23 % Cr, 15-20 % W, 3-5 % Fe, 1,5 % C	Muy resistente a la corrosión.

Aplicaciones

Debido a su gran resistencia a la corrosión, se emplea en la industria alimentaria y en la química para el revestimiento electrolítico de chapas de acero dulce. Este método se denomina niquelado.

Rara vez se utiliza en estado puro. Es más frecuente encontrarlo formando aleaciones con el cobre, el hierro, el cromo, el volframio y el manganeso, a las que confiere un carácter inoxidable.

Las aleaciones que contienen níquel se caracterizan según el porcentaje de este metal: Entre las de alto porcentaje en níquel, en las que este llega a alcanzar hasta el 80 %, destacan la aleación con hierro, al que confiere gran resistencia a la corrosión y mejora sus propiedades magnéticas; el nicrom, utilizado para fabricar resistencias eléctricas por su resistividad; el invar., empleado en relojería por su coeficiente de dilatación prácticamente nulo.

En las de bajo contenido en níquel, su porcentaje de presencia no supera el 15%. Suele alearse con hierro y acero para mejorar para mejorar las características mecánicas de éstos y facilitar los tratamientos de templado.

Los materiales que se obtienen resultan muy resistentes a la acción de los agentes atmosféricos y de los agresivos químicos, por lo que suelen emplearse para fabricar utensilios de cocina, material

quirúrgico y de laboratorio, y acumuladores de energía eléctrica. Las monedas de níquel en uso son una aleación de 25% de níquel y 75% de cobre. El níquel es también un componente clave de las baterías de níquel-cadmio.

Aproximadamente el 65% del níquel consumido se emplea en la fabricación de acero inoxidable austenítico y otro 12% en superaleaciones de níquel. El restante 23% se reparte entre otras aleaciones, baterías recargables, catálisis, acuñación de moneda, recubrimientos metálicos y fundición

4 - ESTAÑO

El estaño es un metal de color blanco brillante, muy blando, de estructura cristalina, poco dúctil pero muy maleable.

Su estructura cristalina se pone de manifiesto al doblar una barra de estaño: se escucha un ruido característico, denominado grito del estaño, producido por el rozamiento de los cristales entre sí.

Puede ser laminado en finas planchas, que forman el papel de estaño. Es muy estable y resistente a los agentes atmosféricos a temperatura ambiente, aunque puede ser atacado con ácidos y productos alcalinos.

No se oxida fácilmente y es resistente a la corrosión.

Punto de fusión: 232° C

Densidad: 7'4 g/cm³

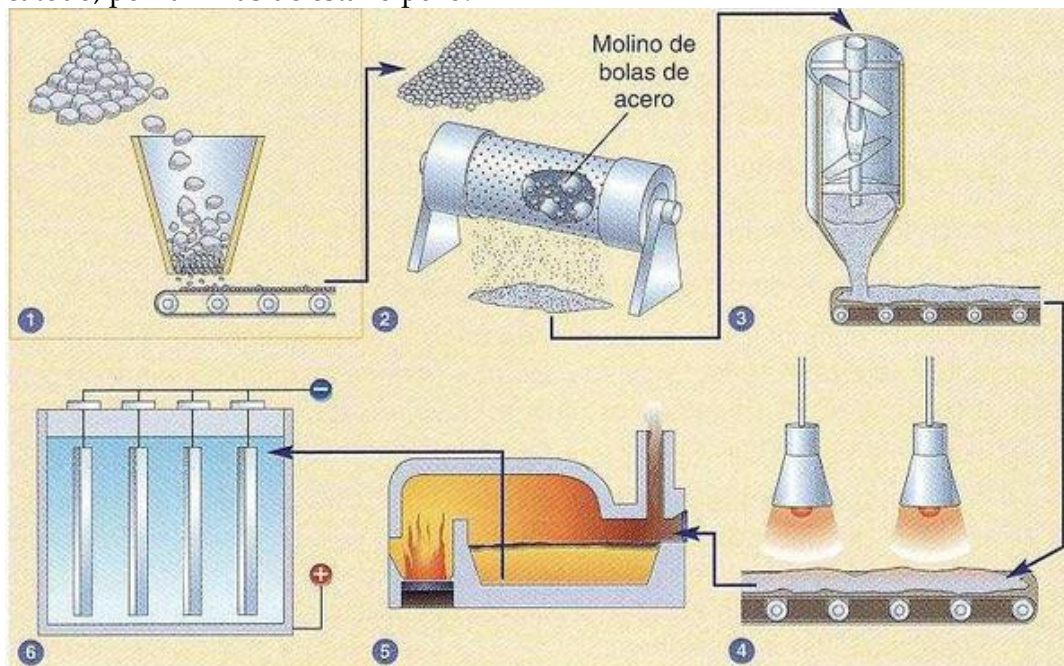
Por debajo de -18°C empieza a descomponerse y convertirse en un polvo gris, peste del estaño.

Proceso de obtención

Se extrae principalmente de la casiterita, que es un mineral compuesto de dióxido de estaño.

Dada su baja riqueza en estaño, es necesario concentrar previamente el mineral. Para ello, se tritura y se lava con el fin de separar la ganga. Posteriormente, se somete a un proceso de tostación para eliminar los sulfuros que pueden contener. Finalmente, el óxido de estaño se reduce en un horno de reverbero, utilizando antracita.

El estaño fundido se recoge en el fondo del horno y se moldea en bloques. El proceso de afino se lleva a cabo en una cuba electrolítica. En este caso, al ánodo está formado por planchas de estaño bruto y cátodo, por láminas de estaño puro.



Aleaciones

Los elementos de aleación como el cobre, el antimonio, el bismuto, el cadmio o la plata aumentan su dureza. Las aleaciones más utilizadas son las soldaduras blandas, que se emplean para cierres y juntas de metales.

La combinación de bismuto y cadmio con estaño y plomo produce aleaciones con bajo punto de fusión que se emplean como fusibles para extintores de fuego, tapones de calderas, etc. Las aleaciones de cobre y estaño reciben el nombre de bronce y pueden llevar o no elementos de modificación como zinc, plomo o manganeso.

Se emplea por su ductilidad, suavidad de superficie, resistencia a la corrosión y cualidades higiénicas principalmente en chapas, tubos, alambres y tubos plegables.

La banda de acero revestida de estaño denominada hojalata constituye uno de los materiales empleados con mayor profusión en la industria conservera.



Fig. 10.3. Botes y latas de hojalata.

Aplicaciones

Por su resistencia a la oxidación, casi la mitad de la producción mundial de estaño se emplea como recubrimiento electrolítico de otros metales, por ejemplo, el acero. De este modo se obtiene la hojalata.

Constituye un elemento imprescindible en multitud de aleaciones:

Los diversos tipos de bronce.

El denominado metal blanco (aleación de cobre, estaño y plomo), empleado en la fabricación de cojinetes.

Las aleaciones fusibles, utilizadas para construir componentes eléctricos de control, y la soldadura blanda, formada a base de estaño y plomo.

5 - TITANIO

Metal de color blanco plateado, brillante, ligero, muy duro y de gran resistencia mecánica. Su punto de fusión es de 1668 °C y su densidad de 4'5 g/cm³

Se oxida y es atacado por los ácidos fuertes pero soporta los agentes atmosféricos. Tiene alta resistencia a la corrosión

Obtención

Su mineral más común es el rutilo, dióxido de titanio cristalizado y de la ilmenita formada por titanio y hierro.

La cloruración es la transformación de óxido de tetracloruro de titanio a temperatura elevada.

Una vez condensado y purificado es reducido en un reactor y se obtiene la esponja de titanio.

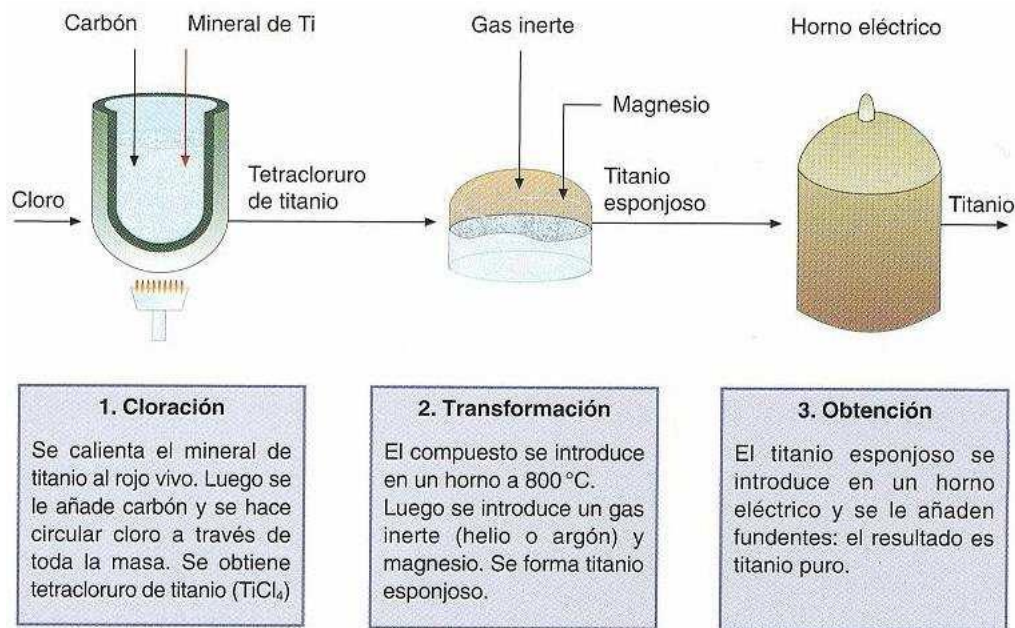
Después se funde y se obtienen los lingotes de metal.

La extracción del titanio es un proceso complejo, lo que encarece extraordinariamente el producto final. En la actualidad, los minerales de los que se obtiene el titanio son el rutilo y la ilmenita.

El titanio posee las siguientes características:

- Es un metal blanco plateado que resiste mejor la oxidación y la corrosión que el acero inoxidable.
- Las propiedades mecánicas son análogas, e incluso superiores, a las del acero, pero tiene la ventaja de que las conserva hasta los 400 °C.

En cuanto al proceso de obtención del titanio, en la actualidad se emplea casi exclusivamente el *método Kroll*.



Aleaciones

Inicialmente la producción mundial de este metal era casi exclusivamente para uso en aplicaciones aeronáuticas y espaciales. Desde entonces su producción ha crecido enormemente. Hoy en día, las aleaciones de titanio son comunes, metales de ingeniería fácilmente disponibles que compiten directamente con acero inoxidable y aceros especiales, aleaciones de cobre, de níquel, etc

Aleación α (Alfa): Las aleaciones α tienen dos atributos principalmente: la capacidad de soldado y la retención de resistencia a altas temperaturas. La primera resulta de la microestructura unifásica y la segunda es causada por la presencia del aluminio. La aleación α típica (Aleación titanio, 5% aluminio, 2,5% estaño) se utiliza para ensambles de tubos de escape de avión, componentes formados por láminas que operan a temperaturas hasta 480°C , tanque para combustibles de proyectiles y estructuras que operan por cortos periodos a temperaturas de hasta 600°C .

Aleación $\alpha + \beta$ (Alfa + Beta): Estas aleaciones contienen suficientes elementos estabilizadores β para provocar que la fase β persista hasta la temperatura ambiente, y son más duras que las aleaciones α .

La aleación típica $\alpha + \beta$ (Aleación titanio, 6% aluminio, 4% vanadio): se utiliza para fabricar discos y aletas de hélice de compresor de turbina de gas para avión, accesorios forjados para estructuras de avión, y piezas de láminas metálicas para estructuras de avión.

Aleación β (Beta): La aleación típica β (Aleación titanio, 13% vanadio, 11% cromo, 3% aluminio) se utiliza para fabricar sujetadores de alta resistencia y para componentes aeroespaciales que requieren alta resistencia a temperaturas moderadas.

Cuando se combina titanio con niobio, se forma un compuesto intermetálico superconductor; cuando se le combina con aluminio, se produce una nueva clase de aleaciones intermetálicas.

Aplicaciones

Sus aleaciones son duras y resistentes. El carburo de titanio se utiliza en la fabricación de aletas de turbinas en la industria aeroespacial y en herramientas de corte.

Dada su baja densidad y sus altas prestaciones mecánicas, se emplea mayoritariamente en la fabricación de estructuras y elementos de máquinas en aeronáutica (aviones, cohetes, misiles,

satélites de comunicaciones, etc.). Normalmente se suele emplear aleado con el 8 % de aluminio. Para mejorar las propiedades físicas, se le suele alear también con cromo, vanadio y molibdeno. Se emplea también en la fabricación de herramientas de corte (nitrato de titanio), en la construcción de aletas para turbinas (carburo de titanio), así como, en forma de óxido y pulverizado, para la fabricación de pinturas antioxidantes. También se emplea para recubrimiento de edificios

Dada su baja densidad y sus altas prestaciones mecánicas, se emplea en:

Estructuras y elementos de máquinas en aeronáutica (aviones, cohetes, misiles, transbordadores espaciales, satélites de comunicaciones, etc.).

Herramientas de corte (nitrato de titanio).

Aletas para turbinas (carburo de titanio)

Pinturas antioxidantes (en forma de óxido y pulverizado).

Se está utilizando en odontología como base de piezas dentales y en la unión de huesos, así como en articulaciones porque la incrustación de titanio en el hueso del cuerpo humano no provoca rechazo alguno y, pasado algún tiempo, se produce una soldadura de manera natural.

También se emplea para recubrimiento de edificios

El Titanio y sus aleaciones desarrollan óxidos superficiales sumamente estables, de alta integridad, tenacidad y adherencia. Si este óxido superficial es rayado o dañado, se regenera inmediatamente en presencia de aire o agua. La película protectora de óxido es favorecida a medida que aumenta el carácter oxidante del ambiente. Por ello el titanio resiste a la corrosión en ambientes levemente reductores, neutros y altamente oxidantes hasta temperaturas elevadas. Resiste la acción de ácidos agresivos -excepto en altas concentraciones de ácido clorhídrico y fluorhídrico- que destruyen rápidamente a otros metales como el acero inoxidable. Se utiliza ampliamente en la industria química y petroquímica, también en la construcción de partes expuestas al agua salina, tales como piezas de barcos y plantas industriales costeras.

El titanio es altamente resistente al cloro húmedo (acuoso), al bromo, yodo y productos basados en cloro debido a su carácter altamente oxidante. Además es totalmente resistente a soluciones de cloritos, hipocloritos, cloratos, percloratos y dióxido de cloro.

Su alta biocompatibilidad lo convierten en el metal preferido para la fabricación de todo tipo de implantes. Sus propiedades de osteointegración lo hacen especialmente apto para la obtención de implantes osteointegrados, tales como los dentales, clavos que se fijan para la reconstrucción de huesos fracturados, prótesis óseas, etc.

Su utilización se ha generalizado con el desarrollo de la tecnología aeroespacial, donde es capaz de soportar las condiciones extremas de frío y calor que se dan en el espacio.

Industria militar: El titanio se emplea en la industria militar como material de blindaje, en la carrocería de vehículos ligeros, en la construcción de submarinos nucleares y en la fabricación de misiles.

TEMA 4 - OTROS MATERIALES DE USO TÉCNICO**INTRODUCCIÓN**

Los materiales son sustancias que, a causa de sus propiedades, resultan de utilidad para la fabricación de estructuras, maquinaria y otros productos.

Existen materiales de muy diversos tipos que, de forma muy general, siguiendo diferentes criterios:

Según su **origen**:

- Materiales naturales: aquellos que se encuentran en la naturaleza. Son susceptibles de agotarse, salvo que se reciclen. Madera, lana, arcilla,...

- Materiales artificiales: aquellos que se obtienen a partir de otros que se encuentran en la naturaleza. Por ejemplo: aglomerados de madera.

- Materiales sintéticos: Fabricados a partir de materiales artificiales. Por ejemplo: los plásticos.

Pero el criterio más empleado, desde un punto de vista tecnológico, es según sus características comunes en cuenta a su naturaleza física:

Tenemos pues:

1. Materiales metálicos y sus aleaciones.
2. Maderas y sus derivados.
3. Polímeros: llamados vulgarmente plásticos.
4. Materiales pétreos y cerámicos.
5. Fibras textiles.

Los primeros ya los hemos visto en los temas anteriores. Ahora vamos a ver el resto de los materiales.

LOS PLÁSTICOS

Los plásticos están constituidos por macromoléculas naturales o sintéticas de elevado peso molecular, cuyo principal componente es el carbono. Estas moléculas reciben el nombre de **polímeros**. Este es el otro nombre que reciben los plásticos.

Así pues, los polímeros pueden ser:

a) **Naturales**: como la celulosa o las proteínas, presentadas en la vida vegetal y animal. A partir de ellos se pueden fabricar otros polímeros de interés tecnológico. Encontramos, por ejemplo, almidón, celulosa, algodón,...

b) **Sintéticos**: Obtenidos de productos derivados del petróleo.

Las moléculas de alto peso molecular que constituyen los materiales plásticos se construyen por la repetición sucesiva de unidades químicas pequeñas y simples, llamadas **monómeros**, que se unen mediante una reacción llamada **polimerización**.

Los polímeros poseen las siguientes propiedades en común:

- Bajo coste de producción
- Alta relación resistencia/densidad, es decir que aun siendo ligeros poseen una resistencia mecánica notable. Se usan junto a aleaciones metálicas para construir aviones.
- Elevada resistencia al ataque químico.
- Alta resistencia eléctrica, lo que los hace excelentes aislantes eléctricos.
- Pequeña conductividad térmica, por lo tanto son buenos aislante térmicos.
- Combustibilidad, la mayoría arden con facilidad. El color de la llama y el olor del humo suele ser característico de cada tipo de plástico.
- Plasticidad, muchos se reblandecen con el calor y, sin llegar a fundir, son fácilmente moldeables. Permite la fabricación de piezas complicadas - Facilidad de procesado y versatilidad, su elevada plasticidad hace que las técnicas de fabricación sean sencillas; permite fabricar piezas según necesidades.

- Facilidad para combinarse con otros materiales, permiten crear materiales compuestos con mejores propiedades, como el poliéster reforzado con fibra de vidrio.
Su mayor inconveniente radica en su bajo punto de fusión y reducida resistencia al calor, por lo que la mayoría no soporta altas temperaturas sin perder sus propiedades.

Reacciones de polimerización

Como hemos dicho, los polímeros están constituidos por la repetición de una unidad simple llamada *monómero*, los cuales se unen mediante una reacción química de *polimerización*. Se forma así una macromolécula en forma de cadena cuyos eslabones son los monómeros.

El número de unidades simples que se repiten en una misma molécula se conoce como **grado de polimerización (n)**.

Existen dos tipos fundamentales de polimerización, la polimerización por adición o *poliadición* y la polimerización por condensación o *policondensación*.

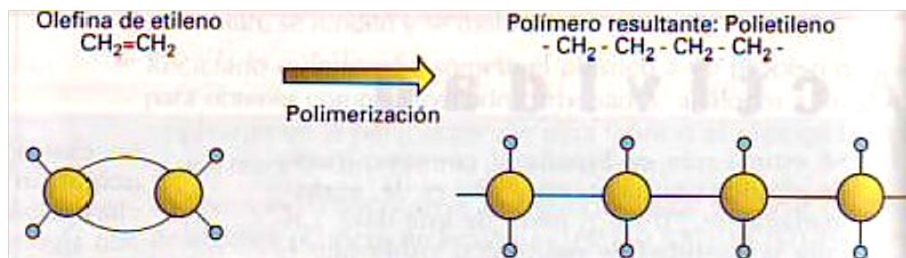
a) **Poliadición:** Consiste en la unión y repetición de un mismo monómero, de modo que la macromolécula final es múltiplo entero de la del monómero, no existiendo una liberación de subproductos.

Esquemáticamente podemos representarla así:



donde n es el grado de polimerización

Ejemplo: El monómero etileno es $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ el cual, bajo una reacción de poliadición, se convierte en polietileno (se produce la rotura de un doble enlace de la molécula):



Entre los polímeros de adición, además del polietileno, se encuentran el PP, PVC,...

b) **Policondensación:** Los monómeros que van a formar el polímero son diferentes además, en la polimerización se produce el polímero y una pequeña molécula, generalmente H_2O , NH_3 ,... En este caso también existe una cadena con un grupo característico que se repite muchas veces, como es el caso de

- i. Poliamidas: - CO - NH
- ii. Poliuretano: - O - CO - NH
- iii. Poliurea: - NH - CO - NH -
- iv. Poliésteres: - CO - O -

Propiamente hablando, esta reacción no es una polimerización, puesto que además de la macromolécula resultante, se forman productos secundarios, de tal forma que la masa molecular del polímero, aunque sea elevada, no es un múltiplo exacto de la masa molecular del monómero.

Clasificar los plásticos atendiendo a su comportamiento frente al calor

Los polímeros se clasifican en tres grandes grupos:

- a) Termoplásticos
- b) Termoestables
- c) Elastómeros.

A). Termoplásticos

Son polímeros cuyas cadenas moleculares son lineales, es decir, solo crecen en una dirección, aunque las cadenas pueden ser sencillas o ramificadas.

Cuando se calientan a temperaturas relativamente bajas, los débiles enlaces intermoleculares se rompen, con lo cual el plástico se reblandece y hasta se puede convertir en líquido. Esta característica le permite cambiarlo de forma infinitas veces (en teoría) y moldearlos, lo que permite recuperarlos para reciclarlos.

La mayor parte de los polímeros de adición son termoplásticos.

Ejemplos: Polietileno (bolígrafos, botellas de productos de limpieza, envoltorios, envases de alimentos...) PVC (Cortinas de baño, impermeables, platos, juguetes, tuberías, recubrimiento de cables,...), nylon, poliestireno, metacrilato,...

B) Termoestables

Estos polímeros se diferencian de los anteriores en que las cadenas moleculares se entrelazan entre sí formando una enorme estructura reticulada, es decir, una estructura tridimensional ordenada.

En este tipo de polímeros los enlaces intermoleculares son fuertes y al calentarse, el plástico no se reblandece, por lo que no puede volverse a moldearse otra vez por la acción del calor. En todo caso el plástico se descompone y se degrada, carbonizándose.

Los termoestables son duros, aunque frágiles.

Ejemplos: Resinas de poliéster, resinas fenólicas (material eléctrico, piezas de maquinaria, pomos y mangos de utensilios de cocina), resinas de urea o de melanina,...

C) Elastómero

Estos polímeros están formados por grandes moléculas unidas por enlaces fuertes y su característica común es que son plásticos muy elásticos (de ahí su nombre). Ello permite grandes deformaciones sin roturas, recobrando su forma inicial.

No soportan bien el calor y se degradan a temperaturas medias, lo que hace que el reciclado por calor no sea posible. Un *ejemplo* el caucho natural

Aditivos

A nivel industrial, se considera propiamente plástico a aquel polímero al que se le ha añadido algún aditivo para mejorar alguna de las propiedades o características buscadas. Podemos encontrar

- *Colorantes:* Dan el color al polímero
- *Pigmentos:* Dan el color al polímero, pero lo vuelven opaco.
- *Plastificantes:* Aumentan la resistencia al impacto.
- *Estabilizantes:* Aumentan la estabilidad a la degradación de la luz.

Identificación de los polímeros más utilizados

A) Termoplásticos

- **Polietileno (PE):** Es uno de los plásticos más utilizados. Hay dos variedades:

El polietileno de *baja densidad* (LDPE), cuya cadenas moleculares son muy ramificadas. Se emplea en láminas, bolsas, tubos de tinta en bolígrafos,...

El polietileno de *alta densidad* (HDPE), cuyas cadenas moleculares son poco ramificadas. Se emplea en envases, juguetes, aislamientos eléctricos, envases para productos de limpieza...

El polietileno tiene textura sedosa, es flexible, tenaz y ligero.

- **Teflón (PTFE):** Tiene la misma composición que el polietileno, pero con átomos de flúor, en lugar de hidrógeno. Tiene una gran estabilidad química, es muy resistente a los ataques químicos y resistentes a temperaturas relativamente altas. Es un buen aislante eléctrico y es antiadherente.

- **Polipropileno (PP):** Es tenaz, ligero y barato. Se puede doblar muchas veces sin romperse. Se usa en cubos, carpetas, carcasas de electrodomésticos, botellas, cañitas para beber...

- **Cloruro de polivinilo (PVC):** Hay dos variedades, la flexible y la rígida. En la forma flexible se usa mucho para recubrir conductores eléctricos y en la forma rígida, que tiene alta resistencia

mecánica y dureza, su aplicación más conocida es en tuberías, canaletas, perfiles, marcos de puertas y ventanas, ...

- **Poliestireno (PS)**: Es un plástico bastante frágil y ligero, pero muy resistente a los ataques químicos y a la humedad. Se usa para bandejas de comida, envases de yogurt, ... La variedad más conocida es el poliestireno expandido o porexpán (corcho blanco). El cual es muy ligero y excelente aislante térmico. Muy empleado para embalaje de objetos frágiles.

- **Poliamidas (PA)**: El más conocido es el **nylon**. Plástico muy resistente a la tracción y tenaz. Se emplea para correas, engranajes...

- **Polimetacrilato (PMMA)**: Conocido como metacrilato, es un plástico transparente que imita al vidrio, pero más tenaz.

- **Policarbonato (PC)**: Son plásticos de gran resistencia mecánica, térmica y química. Gran resistencia al impacto. Se emplea para cascos, viseras, armazones, ventanas de aviones,...

- **Polietilentereftalato (PET)**: Es transparente e impermeable a componentes gaseosos como el CO₂ de las bebidas gaseosas, resistente a los ácidos y temperaturas extremas. Se usa para botellas de refrescos, envases para horno y congelador, cintas de video y audio, ropa de tergal,...

B) Termoestables

- **Baquelita (fenoles PE)**: Excelente aislante eléctrico y térmico. Alta dureza y rigidez. Se encuentra en mangos de utensilios de cocina, placas de circuitos impresos electrónicos, mecanismos, ...

- **Melamina (aminas MF)**: Muy resistentes al calor, la humedad y la luz. Se emplea para forrar tableros de madera principalmente, recubrimientos para papel...

- **Resinas de poliéster**: Es un plástico con alta resistencia mecánica. Se emplea para cascos de barcos, tejados, depósitos, paneles de coches, cañas de pescar, esquíes...

Resinas Epoxi (EP): Buena resistencia mecánica y química, buenos aislantes eléctricos. Se usa en revestimientos de latas de alimentos, adhesivos,...

C) Elastómeros

- **Siliconas**: Tienen como base el silicio. Son resistentes a los agentes químicos, la humedad, el calor. Se utiliza para sellar juntas contra la humedad, prótesis, recubrimientos, ...

- **Caucho**: Se obtiene del árbol del caucho. Se mezcla con azufre para aumentar la dureza y su resistencia a la tracción y agentes químicos. Se emplea en neumáticos y juntas, suelas de zapatos...

- **Neopreno**: Es un caucho sintético incombustible. Se emplea para trajes de buceo, correas industriales...

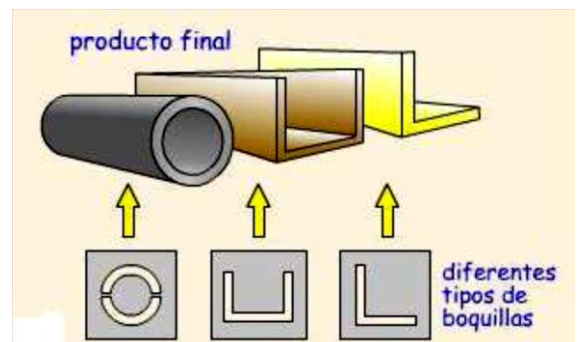
- **Poliuretano**: Se emplea para colchones, asientos, (es la famosa gomaespuma).

Métodos de conformado

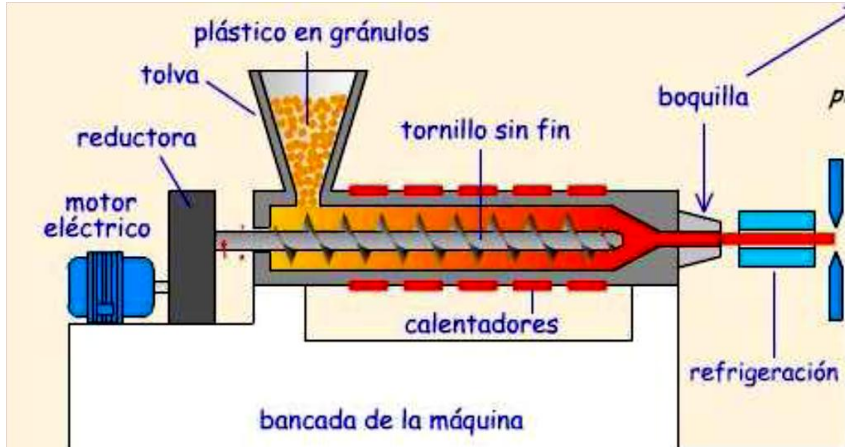
Existen varias técnicas para dar forma a los plásticos. Algunas de las más comunes son:

- Extrusión
- Inyección
- Compresión
- Soplado
- Moldeado al vacío
- Calandrado (Laminado/Hilado)

Extrusión: (*termoplásticos*): Se utiliza para hacer perfiles, tubos, mangueras, marcos de ventanas, ... Tienen que ser objetos de sección constante de manera que ambos extremos estén a la vez abiertos o cerrados, pero nunca uno abierto y el otro cerrado.



Se introducen los gránulos de plástico, en la tolva y se funden dentro de la extrusora gracias a unos calentadores.

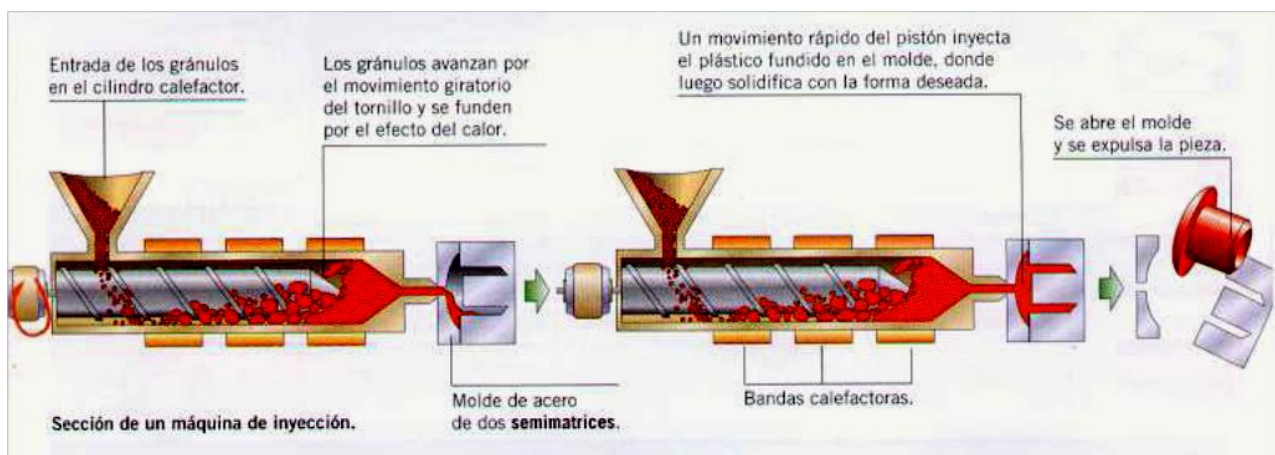


A continuación, un tornillo sin fin presiona el plástico contra la boquilla, haciendo pasar la masa de plástico fundido a través de ella. La forma de la boquilla determina el aspecto final. Se obtiene una pieza continua de gran longitud y poca sección que es enfriada mediante un chorro de aire o agua fría.

Inyección: (*termoestables*): Es una de las técnicas más

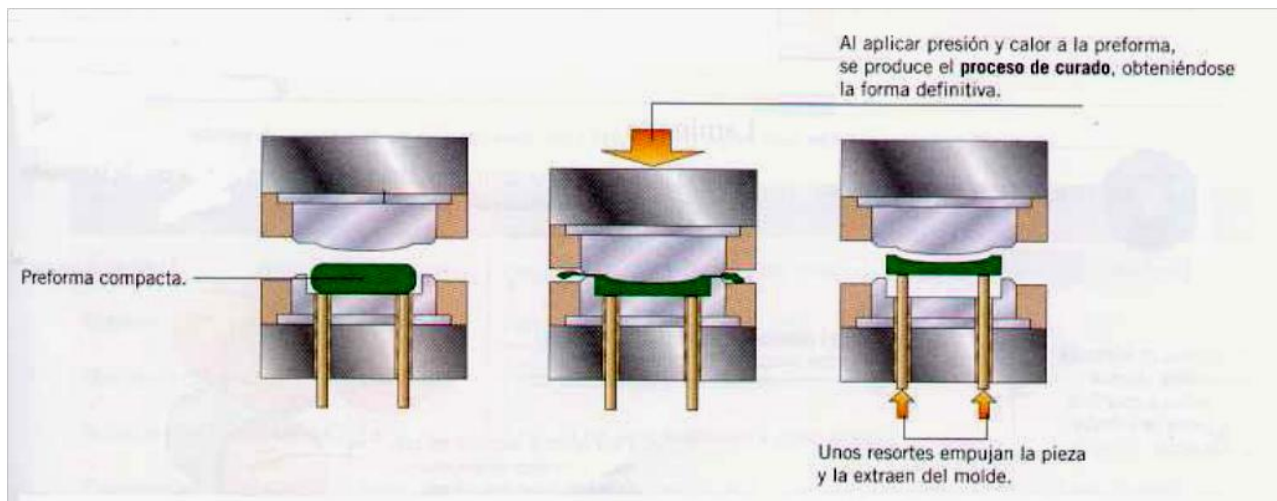
utilizadas, ya que permite realizar formas complicadas con medidas muy diversas, como por ejemplo: vasos, platos, carcasas de móviles, cubos, engranajes de plásticos,...

El proceso es similar al de la extrusión. Se introducen los gránulos en la tolva de la extrusora, se funde gracias al calor suministrado por la resistencia situada en la parte externa del cilindro y el tornillo sin fin lo introduce a presión en el interior de un molde metálico donde fragua tomando la forma de éste. A continuación se enfría para que endurezca y luego se extrae el producto acabado del molde.



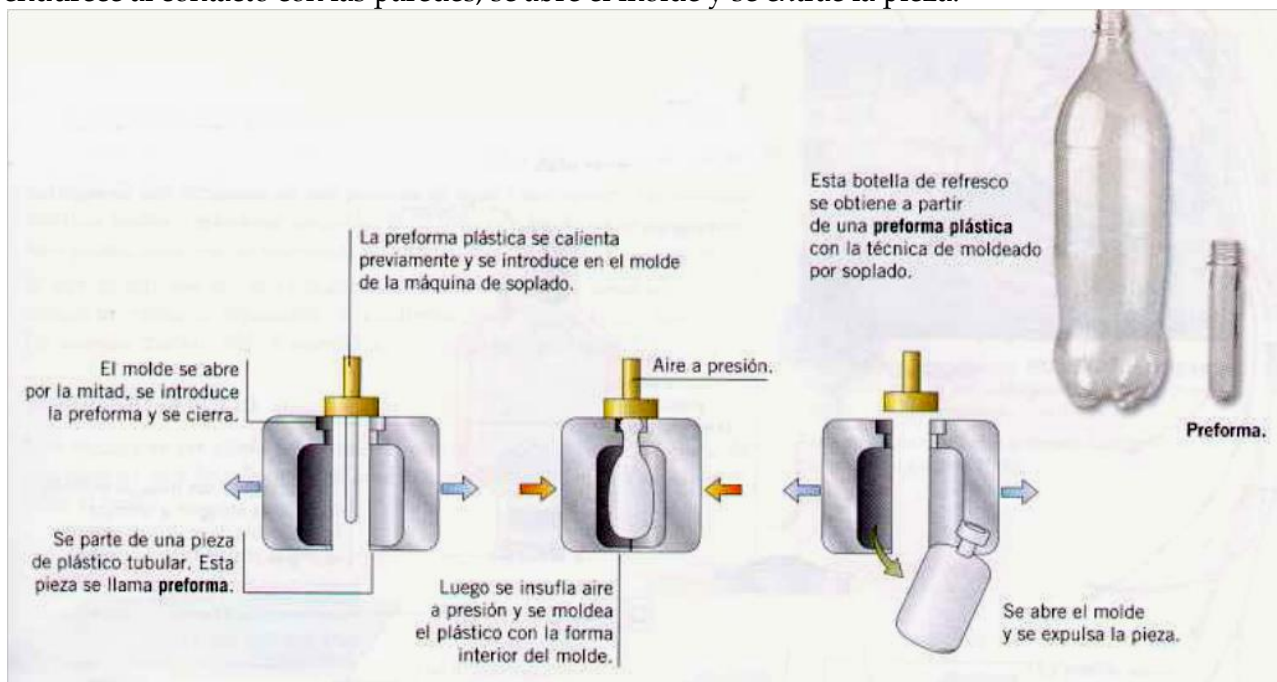
Compresión: (*termoestables*): Usado para piezas grandes pero no muy complicadas, como objetos huecos de gran tamaño y poco espesor, como salpicaderos de automóviles. También para piezas que deban soportar altas temperaturas, como mangos de sartenes, asas de calderos,... o piezas que deban ser aislantes eléctricos, como portalámparas, cajas de fusibles, o incluso pomos de puertas, pulseras,...

La pieza de plástico adquiere la forma cuando se aplica presión a una preforma de material plástico compactado. Para ello, colocamos el plástico en un molde de acero que se encuentra en una prensa hidráulica. Le aplicamos calor al plástico y a continuación le aplicamos presión con la prensa para que adquiera la forma del molde. El efecto de la presión y el calor une las partículas de plástico y produce un entrelazado de las cadenas del polímero. Esta es la *reacción de curado*, que permite formar un sólido uniforme, rígido y homogéneo. Después, la pieza es expulsada mecánicamente del molde.



Soplado: (*termoplásticos*): Se utiliza para realizar todo tipo de envases y objetos huecos, como botellas de agua, detergente, ...

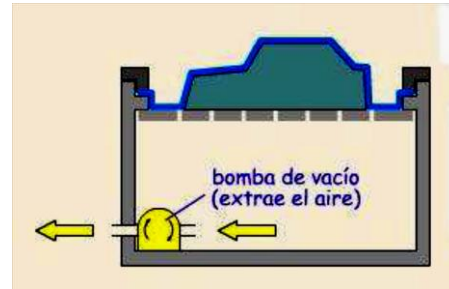
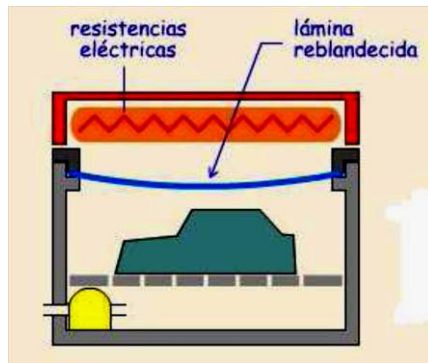
En primer lugar, se crea una preforma (objeto con forma de tubo) mediante extrusión. A continuación, se introduce la preforma en un molde abierto en dos partes. Al unir éstas partes, se insufla aire caliente en su interior hasta que se adapta a la forma de las paredes. El plástico se endurece al contacto con las paredes, se abre el molde y se extrae la pieza.



Vacío: Se usa para fabricar objetos con paredes muy finas como vasos, platos, envases para alimentos, máscaras, mapas en relieve, juguetes,...

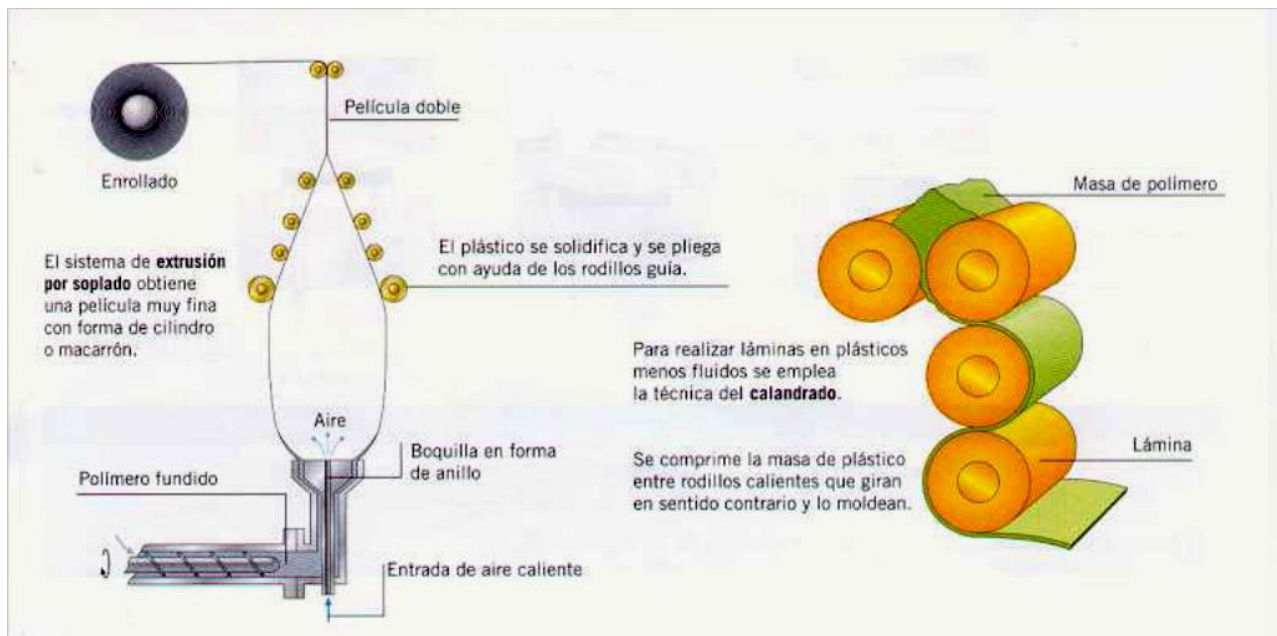
Se coloca una lámina de plástico sobre el molde del objeto que se quiere fabricar. A continuación, se calienta la lámina usando unas resistencias eléctricas hasta que ésta se reblandece.

Se ponen en contacto el molde y la lámina caliente y se extrae el aire que hay entre ellas para que el plástico se adapte a las paredes del molde.



Calandrado: Este método se utiliza para fabricar placas de PVC, láminas para invernaderos, carpetas, manteles, fibras textiles,...

Se introduce el plástico fundido procedente de una tolva en el interior de la calandra, y se hace pasar éste entre unos rodillos que, poco a poco, le dan forma de lámina disminuyendo el grosor en función del número de veces que pase entre los rodillos.



También existen otros métodos, algunos variación de los mencionados hasta ahora, como **rotacional** (objetos de gran tamaño y huecos, como contenedores), **inmersión** (guantes, gorros de natación o recubrimientos de mangos de herramienta), **espumación** (se introduce aire en el plástico en forma de burbujas y luego se usan otros métodos como inyección...)...

LA MADERA

La madera ha sido utilizada por el hombre desde los albores de la humanidad. En la industria se aprovecha casi exclusivamente el tronco del árbol por tener mayores aplicaciones. Excepcionalmente se aprovechan las raíces y ramas gruesas para la obtención de maderas finas, con veteados espectaculares, en la construcción de muebles de diseño.

De todos los materiales usados por el ser humano a lo largo de la historia, la madera fue el primero de ellos, gracias a una serie de propiedades como facilidad de conformado, bajo peso específico, agradable apariencia exterior, propiedades térmicas y mecánicas,... Esto ha generado una industria muy importante.

La explotación de los árboles para la obtención de madera da lugar a graves problemas medioambientales, porque si no se realiza la tala con unos criterios medioambientales, puede producirse una sobreexplotación que genera deforestación, pérdida de bosques primarios y, desertificación.

Por madera se entiende la parte sólida de los árboles, que se encuentra debajo de la corteza, o para ser más precisos, la madera es el conjunto de tejidos que constituyen la mayor parte del tronco u de las ramas de un árbol.

Características generales de la madera.

- Baja densidad: Suelen ser menos densas que el agua (de ahí que floten).
- Conductividad térmica y eléctrica baja. La madera es un excelente aislante térmico (casas de madera en países fríos, por ejemplo). Las maderas ricas en agua son mejores conductores que las secas.
- Es muy resistente al esfuerzo de tracción (estirarse) y bastante resistente a la compresión (aunque la mitad de resistente que a la tracción).
- Hendibilidad: Una madera es hendible cuando tiene tendencia a desgarrarse en el sentido de las vetas (dibujo de la madera natural) cuando sufre un esfuerzo.
- Humedad: Es un elemento que se debe reducir para obtener una madera útil, desde un punto de vista tecnológico.

Clasificación.

Las maderas naturales se clasifican atendiendo a su dureza en dos grandes grupos

- a) Maderas blandas: cuyos árboles tienen hoja perenne, son resinosos. Ej: pino, ciprés, abeto, cedro,... Son maderas ligeras, de color claro, fácil de trabajar y de bajo coste.
- b) Maderas duras: cuyos árboles tienen hoja caduca. Ej: roble, castaño, nogal, olmo. Madera compacta, coloreada, de mayor densidad y en general de mayor calidad y precio. Son de crecimiento lento.

Propiedades de la madera.

Densidad: En general la madera suele ser menos densa que el agua, de ahí que flote en ella.

Dureza: la dureza de la madera suele estar relacionada con la estructura orgánica y con la mayor o menor presencia de agua y aire entre sus células y tejidos. En general, los árboles de crecimiento lento dan maderas más duras y los de crecimiento rápido a maderas más blandas.

En general, las maderas blandas pertenecen a árboles resinosos de hoja perenne, suelen ser blanquecinas y son fáciles de trabajar.

Las maderas duras corresponden a árboles de hoja caduca y frecuentemente son de color oscuro y su trabajo ofrece mayor dificultad.

Brillo: Hay maderas que una vez pulidas, presentan una superficie lisa y brillante que las hace muy apreciadas. Por ejemplo la acacia.

Conductividad térmica y eléctrica: Todas las maderas poseen una escasa conductividad, tanto térmica como eléctrica; de ahí sus aplicaciones como aislante térmico (casas de madera en países fríos, ventanas y puertas de madera, etc.).

Propiedades mecánicas: En general guardan relación con la resistencia que ofrece la madera a los esfuerzos mecánicos de compresión, tracción, flexión, desgaste y cizallamiento.

Resistencia mecánica: A la tracción, compresión, flexión, cortadura, desgaste,... Es muy resistente al esfuerzo de tracción (estirarse) y bastante resistente a la compresión (aunque la mitad de resistente que a la tracción).

Hendibilidad: Es la facilidad con que se abren las fibras de la madera en sentido longitudinal.

Hienden peor las maderas duras, las secas, las resinosas y con nudos. La madera hendible es poco apta para el clavado y para realizar encajes. Si el secado es brusco la madera tiende a abrirse.

Retractabilidad o contracción: Pérdida de volumen al perder parte del agua.

Humedad: Cantidad de agua que tiene la madera en su estructura. Está relacionada con su peso y afecta a otras propiedades físicas y mecánicas. Elemento que se debe reducir para obtener una madera útil, desde un punto de vista tecnológico.

Flexibilidad: Característica de las maderas jóvenes, verdes y blandas, que admiten ser dobladas sin romperse.

Características estéticas: Color, veteado, olor,...

Partes del tronco

Un árbol es un vegetal leñoso con un tallo simple, llamado tronco, en su parte inferior, y ramificado en su parte superior (copa).

Por madera se entiende la parte sólida de los árboles que se encuentra debajo de la corteza. Así, madera es el conjunto de tejidos, de cierta dureza, que constituyen la mayor parte del tronco y las ramas del árbol. La madera es un material fibroso formado por:

- Celulosa (50%)
- Lignina, que es el elemento que mantiene unidas a las fibras (30%). Es como el “cemento” de la madera.
- Otros elementos: resina, agua, almidón... (20%).

Si damos un corte transversal a un tronco de un árbol, distinguimos las siguientes partes, de dentro a fuera:

· **Médula o duramen:** Formada por células muertas que están muy lignificadas. Su aspecto es seco y duro.

· **Albura o leño:** De aspecto blanquecino, formada por células vivas en su parte exterior y es el responsable del transporte de la savia bruta desde la raíz del árbol hasta las partes aéreas. Durante el crecimiento del árbol, las células interiores mueren y pasan a engrosar el duramen.

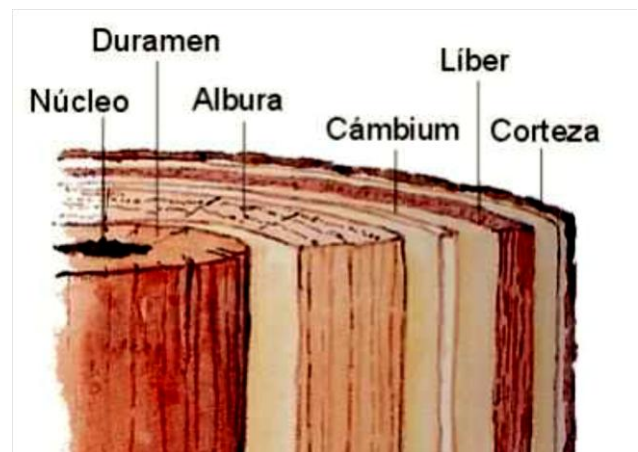
· **Cambium:** Capa de células vivas entre la albura y la corteza interna. Durante su crecimiento da lugar a la formación de la albura y a nuevas células de la corteza interna.

· **Corteza interna:** Es por donde circula la savia elaborada; está formada por células que poco a poco se desplazan al exterior formando la corteza externa. También se denomina **floema o líber**.

· **Corteza externa:** Formada por una capa de células muertas, que protege al árbol contra las inclemencias del tiempo y del ataque de insectos y parásitos.

En la industria se aprovecha casi exclusivamente el tronco del árbol por tener mayores aplicaciones. Excepcionalmente se aprovechan las raíces y ramas gruesas para la obtención de maderas finas, con veteados espectaculares, en la construcción de muebles de diseño.

La parte que interesa del tronco es el **duramen** (*leño viejo del árbol en torno al centro, que es más seco y rígido*), junto con la **albura** (*leño joven del árbol, en torno al duramen, que contiene todavía células vivas que transportan agua y nutrientes*).



Transformación de la madera en productos comerciales.

1. Tala: Corte del árbol por su base
2. Descortezado: Es decir se le quita la corteza que envuelve el tronco.
3. Tronzado: Consiste en cortar los troncos a una longitud determinada mediante sierras.
4. Aserrado: Consiste en la obtención de tablas y tablones.
5. Secado: Antes de poder usar las tablas y tablones para fabricar objetos, es necesario reducir el grado de humedad hasta un valor inferior al 3%. Hay dos métodos

- Al aire libre: Apilando tablas y tablones en un lugar con buena ventilación.
- Mediante hornos de secado: Elimina casi toda el agua.

6. Cepillado: Tiene como objetivo principal eliminar cualquier irregularidad y mejorar el aspecto final.

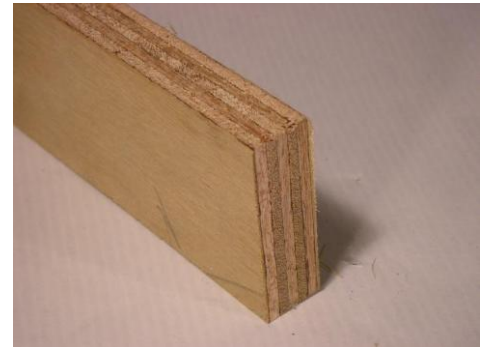
Productos derivados de la madera.

A) Aglomerado: Está compuesto de pequeñas virutas, fibras de madera y serrín a lo que se ha añadido cola. Una vez mezclado se coloca sobre planchas de medidas normalizadas, presionándolo fuertemente hasta que se haya secado. Se emplea en revestir techos, fondos de cajones, puertas, división de interiores,... Los aglomerados

son relativamente económicos y pesados y se presentan en grandes tableros, lo que facilita el corte en piezas adaptadas a la medida exigida.



B) Contrachapado: Consiste en colocar, encolándola, láminas finas de madera noble una sobre otra. Se suelen disponer de modo que su veteado es perpendicular entre sí. El número de láminas es un número impar.



C) Tableros de fibra: También llamados tableros DM o táblex: Son tableros de madera aglomerada, pero en este caso la viruta ha sido previamente molida. El serrín molido es mezclado con cola o resina sintética y prensado.



En los últimos años, se ha incrementado el uso de las **maderas laminadas**. El principio es el mismo que el de los tableros. Se parte de tablones macizos, y se curvan y encolan con formas propias de la construcción: vigas, arcos,... La diferencia fundamental está en el tipo de maderas elegidas, así como en las colas y los tratamientos protectores.

Este tipo de producto ha permitido una importante renovación en la construcción de estructuras, sobre todo en aquellos casos en los que la habitabilidad del producto supone una parte importante de su valor.

Finalmente, otro derivado de la madera de gran utilidad, es el **papel**. Es una hoja delgada y lisa, preparado con fibras vegetales. Químicamente está constituida por celulosa impura, sustancia que forma el armazón de las plantas y que se encuentra en las células de los tejidos vegetales.

Aplicaciones de la madera.

La madera se ha utilizado tradicionalmente en la construcción en columnas y vigas, aunque actualmente ha sido sustituida por el hormigón y el acero. Sigue utilizándose en:

- Puertas, ventanas, marcos, muebles,... Las de gran resistencia mecánica (pino, abeto, cedro).
- Muebles, carpintería interior. Las que presentan veteados vistosos y admiten un buen pulido (haya, fresno, nogal, roble).

· Muebles de lujo, esculturas, instrumentos musicales. Las exóticas (caoba, ébano). También se laminan en chapas delgadas, 0,4 – 0,6 mm, para revestir tableros de maderas más baratas.

Tratamientos de la madera.

Generalmente, la madera una vez trabajada, debe sufrir algún tratamiento complementario que garantice su protección de agentes externos (humedad, sol, hongos, insectos...). Los recubrimientos protectores no influyen en la estructura de la madera, aumentan la duración del trabajo y facilitan su conservación y buen aspecto.

Estos tratamientos consisten en la aplicación de pinturas, ceras, barnices, tintes... que, además de proteger, dan una estética adecuada.

En el proceso de secado, se emplean algunas sustancias para proteger la madera, como: sulfato de cobre (elimina los hongos), cloruro de cinc, azufre derretido, creosota (líquido oleaginoso derivado del alquitrán que protege de la intemperie), resinas, aceite de linaza, etc.

MATERIALES PÉTREOS Y CERÁMICOS

Dentro de los materiales de construcción, además de los ya estudiados como madera y metales, existen otros como los **pétreos** y **cerámicos**. Se engloba al conjunto de rocas que emplea el ser humano.

Rocas naturales

Los *materiales pétreos* utilizados en la construcción son las *rocas*. Éstas son agregados de partículas minerales muy grandes y sin forma determinada que se encuentran en la naturaleza.

Actualmente se utilizan principalmente para ornamentación.

Son ejemplos, los granitos, mármoles y pizarras. Estos son materiales muy apreciados en la construcción, por ser muy resistentes a las condiciones medioambientales, pero presentan el inconveniente de tener un coste alto.



Las rocas pueden ser:

· **Ígneas:** Proceden del enfriamiento de un magma. Formadas básicamente por silicatos, Al, Fe, Ca, Mg, Na y K. Según el enfriamiento sufrido, tienen estructura diferente: vítreas (brusco) y cristalinas. Se dividen en volcánicas y plutónicas.

Las *volcánicas* son las que salen al exterior de la corteza: basalto o piedra pómez. Son porosas y poco resistentes.

Las *plutónicas* no llegan a aflorar: granito, sienita o gabro. Son duras, resistentes a la intemperie y a los esfuerzos de compresión.

· **Sedimentarias:** Partículas de gravas, arenas,... que han sido arrastradas por los agentes atmosféricos y que se han asentado en determinadas zonas. Se presentan en forma de estratos y pueden cuartearse fácilmente. No son tan duras como las ígneas. Las más utilizadas son: silíceas (arenas, gravas), arcillas y calizas.

Las *silíceas* están formadas por arenas y gravas.

Las *arcillosas* proceden de las rocas ígneas y usadas para cemento y ladrillos.

Las *calizas* se usan en construcción, como revestimiento o como conglomerantes. Tienen elevada resistencia a la compresión. Calcita: carbonato de calcio y yeso.

· **Metamórficas:** Si las rocas anteriores sufren grandes presiones y elevadas temperaturas, se producen transformaciones en la estructura cristalina de las rocas y dan lugar a las metamórficas. Las más importantes son los mármoles, pizarras y gneis.

Materiales cerámicos

Bajo esta denominación están los elementos fabricados a partir de materiales terrosos cocidos.

Las materias primas son arcilla (le da consistencia) o caolín (que es un tipo de arcilla muy pura y le aporta color blanco y textura fina) que, una vez moldeada, se somete a un proceso de secado y cocción posterior que le hace perder agua y convierte a estos materiales en duros pero frágiles. Son silicatos de aluminio hidratados. Se emplean también aditivos como cuarzo, colorantes y fundentes.

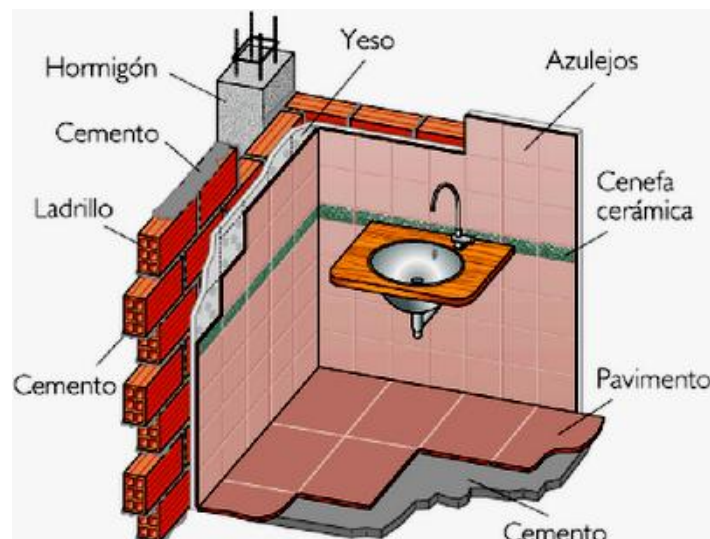
Se caracterizan por ser:

- _ Químicamente inertes
- _ Plásticos cuando se introducen en agua
- _ Duros y frágiles en ausencia de agua
- _ Resisten altas temperaturas
- _ Baja porosidad

Se clasifican como

- **Cerámicos porosos:** No han sufrido vitrificación (que adoptan un aspecto similar al vidrio), pues no llega a fundirse el cuarzo con la arena. Destaca la **arcilla cocida y la loza** (cuya materia prima es la arcilla).

- **Cerámicos impermeables:** Ha sufrido vitrificación, pues la mezcla ha sido sometida a altas temperaturas y el cuarzo llega a fundirse con la arena. Destacan el **gres y la porcelana** (cuya materia prima es el caolín).



Veamos algunos de los más usados:

· **Ladrillos y tejas:** fabricados con arcilla de muy diversa calidad, según la zona geográfica de procedencia. Una vez moldeados se secan y cuecen a 900 – 1200°C, lo que aumenta su resistencia mecánica. Existen muchas calidades y formas según la aplicación deseada.



· **Azulejos y pavimentos cerámicos:** hechos con arcillas especiales que, durante su moldeo, se prensan a altas presiones y se revisten de un material (barniz coloreado) que, tras el proceso de cocido presenta una dureza alta.

· **Porcelana y loza:** a base de caolín, arcillas blancas, sílice y feldespato finamente pulverizados. La porcelana está totalmente vitrificada tras ser sometida a dos procesos de cocción; sin embargo, la loza sólo presenta su cara externa vitrificada. Poseen una especial resistencia al calor y a agentes químicos por lo que, más que en construcción, se emplean para material de cocina y sanitarios (loza), laboratorio, aislantes eléctricos (porcelana)...

· **Materiales refractarios:** Formados por arcillas refractarias, de alto contenido en sílice. Se usan para revestimiento de hornos industriales (altos hornos y convertidores) y otras aplicaciones, donde deben resistir altas temperaturas sin fracturarse. Soportan entre 1400 - 1600°C. Para temperaturas superiores se añade un aglomerante orgánico.

· **Vidrio:** material cerámico formado por la fusión a altas temperaturas (>1000°C) de:

- Arena o sílice (SiO_2), un 75%, es el elemento principal, le confiere resistencia mecánica.
- sosa (NaCO_3), un 15%, actúa como fundente, bajando el punto de fusión.
- caliza (CaCO_3) en un 10%, es un estabilizante. Le suministra dureza y brillo.
- otros componente que dependerán del tipo de vidrio a obtener (colorantes...).

Es un material duro, transparente, con estructura amorfa (no cristalina) y con elevada resistencia a la tracción.

· **Fibra de vidrio:** Se obtiene mediante extrusión de la masa de vidrio a través de unas boquillas con diámetro inferior a 0,1 mm. Los hilos obtenidos se deshilachan con vapor recalentado y posteriormente se secan. A continuación unos rodillos los estiran para aumentar su resistencia. Se les somete a una ligera torsión y se enrollan en una bobina.

Con la fibra de vidrio se producen filamentos a partir de los que se obtienen tejidos y fieltros que se emplean como aislantes térmicos y acústicos. También se usan para reforzar planchas de escayola y distintos tipos de plásticos.

Existen algunas enfermedades generadas por la manipulación de materiales cerámicos y que pertenecen a grupo de las **neumoconiosis** (polvo de minerales: acero,...). De ellas, la **silicosis** es producida como consecuencia de la inhalación prolongada de polvo de sílice (expectoración, fatiga, descompensación cardíaca y muerte).

Materiales aglomerantes

Son materiales con propiedades adhesivas que, amasados con agua, fraguan (compactan materiales) primero y endurecen después. Los más importantes son la cal, el yeso y el cemento.

· **Cal:** es el producto resultante de la descomposición de las rocas calizas (CaCO_3), según la reacción:



Se produce en hornos de cal denominados *caleras* a temperaturas cercanas a los 900°C.

El producto obtenido es la **cal viva** u óxido de calcio. Este óxido reacciona de manera exotérmica con el agua, alcanzando los 160°C y originándose hidróxido de calcio, también llamado **cal apagada**.



La cal apagada se endurece lentamente al aire por un proceso de carbonatación (absorción de CO_2) produciéndose de nuevo carbonato cálcico y actuando como aglomerante.

Este proceso sólo se produce en aire seco y acaba a los seis meses. Esta **cal** se denomina **aérea** y experimenta una contracción durante el fraguado que puede dar lugar a la formación de grietas.

En Canarias aún existen antiguos hornos de cal que fueron explotados hasta los años sesenta, cuando la cal fue sustituida por el cemento como aglomerante. Las piedras calizas se extraían de las islas orientales. De hecho, la industria de la cal fue muy importante en Fuerteventura, donde, en el año 1964, se exportaron más de 74.000 toneladas de este producto.

· **Yeso:** Es una sustancia natural que se obtiene a partir de las piedras de yeso (sulfato cálcico dihidratado; $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Se extrae en canteras de superficie, se tritura y se cuece a altas temperaturas (450°C) para provocar su deshidratación. Es un material barato ya que, ni el proceso de extracción ni el de obtención requieren grandes aportes energéticos.

Material conocido desde el tiempo de los egipcios y muy empleado por lo árabes. Fragua en contacto con el agua. Se adhiere muy bien a infinidad de elementos salvo la madera. Tampoco debe usarse en la sujeción de materiales férricos, pues provoca su oxidación inmediata. Su principal inconveniente es que es higroscópico (absorbe mucho la humedad), por lo que no debe emplearse para exteriores.

Se clasifica en:

_ *Yeso negro:* Obtenido de modo tradicional. Se usa para enlucidos de obras no vistas.

_ *Yeso blanco:* Mayor pureza que el anterior, mejor molido. Se usa en enlucidos y estucados (yeso blanco + agua de cola) de paredes vistas.

_ *Escayola:* Yeso de mayor calidad, molido hasta obtener polvo impalpable. Se usa en acabados, molduras y decoración de interiores.

· **Cemento y hormigón:** El cemento se considera un aglomerante (especie de pegamento) en forma de polvo que tiene la propiedad de endurecer (fraguar) una vez que se le ha añadido agua y se ha dejado secar, incluso en ausencia de oxígeno. Cuando fragua adquiere una buena resistencia a la compresión.

Existen muchas variedades de cemento, aunque la más conocida y empleada es el **cemento Portland**. Es una mezcla de cal (CaO , 60 - 67%), sílice (SiO_2 , 17 - 25%) y alúmina (Al_2O_3 , 3,6 - 8%), también algo de óxido de hierro y de magnesio (Fe_2O_3 , 0,5 - 6% y MgO , 0,1 - 5%) que fragua cuando se mezcla con agua.

Su proceso de fabricación consta de las siguientes fases:

- *Preparación del crudo.* Las materias primas se extraen de las canteras, se trituran y se muelen, mezclándose a continuación, bien sea en seco o en húmedo.

- *Calcinación.* La mezcla se calcina en un horno rotatorio que gira sobre un eje inclinado, a una temperatura entre $1300 - 1400^\circ\text{C}$.

- Se forma una masa de granos duros, de 3 - 20mm de diámetro, que recibe el nombre de **clínquer**.

- En el extremo inferior el **clínquer** pasa a unos enfriadores y se almacena.

- *Molienda.* Se muele el **clínquer** en unos molinos enfriados exteriormente con agua para favorecer la disipación del calor liberado. Durante esta operación se le añade yeso (2-3%), para regular el fraguado posterior del cemento.

- Una vez molido se almacena en silos (lugar subterráneo seco y oscuro) y se envasa en sacos o bien se transporta en cisternas.

La reacción de fraguado de este cemento tiene lugar en dos fases: la primera es *rápida*, en unas 24 horas; la segunda consiste en un endurecimiento *lento*, lo que requiere tiempos cercanos al mes.

Las características del cemento son:

- Baja resistencia a la tracción

- Alta resistencia a la compresión

- Es atacado lentamente por el agua, ácidos diluidos y algunas soluciones salinas

- Baja relación coste/peso

En aplicaciones se usa mezclado con áridos (arena, gravilla, o grava) como aglomerante en construcción en forma de **mortero** (sin grava), como material de construcción en el **hormigón**, como cemento prensado en losetas para **pavimentos** y piezas prefabricadas en funciones de **ladrillería**,...

El **hormigón** es la mezcla de cemento, arena y agua al que se le suele añadir grava. Las proporciones de los componentes depende del tipo de hormigón que se desee (dureza, tiempo de fraguado, resistencia a agentes ambientales,...). La cantidad de cemento/m³ de hormigón influye en su *impermeabilidad* y en su *resistencia mecánica*, pero a la vez aumenta su contracción durante el fraguado provocando grietas, por lo que no debe sobrepasarse el límite de 460kg/m³.



Es un material muy resistente a la compresión, pero no a la tracción, por lo que no es adecuado para vigas. Para mejorar esta propiedad, es necesario recurrir al **hormigón armado** y al **hormigón pretensado**.

El **hormigón armado** se obtiene añadiendo al hormigón fresco una armadura de varillas o barras de acero debidamente dimensionadas. Se consigue así un material resistente tanto a la tracción como a la compresión.

La obtención de estructuras de hormigón armado se realiza de la siguiente manera: se dispone de un encofrado o molde con la forma del elemento de construcción que se desea conseguir, se introduce en él la armadura de acero y se vierte el hormigón fresco en el interior del encofrado de modo que recubra y envuelva la armadura. Cuando el hormigón ha fraguado se retira el encofrado y se obtiene el elemento.

En el caso de una viga, la armadura se sitúa en la zona inferior del elemento, sometida a esfuerzos de tracción, mientras que la masa de hormigón se acumula en la zona superior sometida a esfuerzos de compresión. Así, las vigas soportan bien los esfuerzos de flexión.

El recubrimiento de hormigón, una vez fraguado, garantiza la impermeabilidad de la estructura y por tanto la inoxidabilidad de la armadura de acero.

Como la unión entre el hormigón y el acero es puramente mecánica, es conveniente que las barras de refuerzo estén retorcidas o posean salientes superficiales, incrementando así la adherencia y evitando el deslizamiento.

El **hormigón pretensado** es necesario cuando los esfuerzos de tracción a los que se somete el hormigón armado son muy grandes. En este caso, las barras de las armaduras pueden experimentar dilatación elástica, con lo que el hormigón que las recubre se rompe.

Para mejorar esta resistencia a la tracción, hay que tensar las barras de acero para compensar la dilatación. Así se obtiene el hormigón pretensado, que es una variedad del hormigón armado cuyas barras han sido tensadas.

La principal ventaja del hormigón pretensado deriva del menor coeficiente económico resistente de los alambres de acero especial que se emplean, debido a la posibilidad de alcanzar enorme resistencias gracias a los procesos de trefilado (reducción de la sección) a que son sometidos y que permiten obtener alambres de pequeños diámetros.

Composites.

Estos materiales combinan la materia plástica y el refuerzo con fibras. Aunque su coste es más elevado que el de los materiales tradicionales, aportan a sus usuarios importantes ventajas gracias a sus propiedades, en particular la ligereza y la resistencia, lo que ha dado lugar a un importante mercado en el campo de la construcción de automóviles, la aeronáutica y la construcción.

Los materiales compuestos están integrados por una matriz orgánica, *polímero* (termoplástico o termoestable), y una estructura de refuerzo que puede presentarse en forma de partículas, fibras cortas, largas o continuas. Los refuerzos que más se usan son las *fibras*, normalmente de *vidrio*, de *carbono* o de *aramida* (fibras e hilos sintéticos obtenidos a partir de poliamidas; conservan buenas propiedades mecánicas a temperaturas elevadas. Sustituyen a fibras de vidrio y metal. Se usan en neumáticos, chalecos antibalas, ingeniería aeroespacial, aviación).

Según las características de la matriz y de los refuerzos, se distinguen generalmente dos grandes familias:

- *De gran difusión*, no excesivamente caros, ocupan una cuota importante del mercado.
- *De altas prestaciones*, normalmente reforzados con fibras continuas de carbono o de aramida y reservados para sectores de alto valor añadido: aeronáutica, medicina, deportes y recreo.

Estos materiales compuestos, presentan una serie de propiedades que los distingue de los tradicionales:

- Resistencia mecánica y química (corrosión)
- Aumenta la vida útil gracias a su resistencia a la fatiga
- Mantenimiento reducido
- Resistencia a los impactos y al fuego
- Aislamiento térmico, sonoro y a veces eléctrico.
- Simplicidad de diseño por facilidad de conformado
- Ligereza

El coste de fabricación de los composites es bastante superior al de los materiales tradicionales, como el acero, la madera o el aluminio, pero ahorrando piezas de encaje y mecanización, reduciendo de manera importante los gastos de mantenimiento y aumentando la vida útil y la seguridad, las ventajas de los materiales compuestos pueden valorizarse en términos de beneficios con el uso.

FIBRAS TEXTILES

Las fibras textiles son unidades de materia cuya longitud es muy superior a su diámetro y se emplean para fabricar tejidos.

Varias fibras textiles constituyen el **hilo**, los cuales forman el **tejido**.

Clasificación

- Según su longitud:
 - Discontinuas: Su longitud es limitada. Las fibras naturales (salvo la seda) pertenecen a este grupo.
 - Filamentosas: Su longitud es prácticamente ilimitada, depende de las condiciones de fabricación. Las fibras no naturales pertenecen a este grupo.
- Según su naturaleza:

NATURALES	Minerales		Amianto
	Vegetales		De semillas: Algodón, capoc.
			Del tallo: lino, yute, cáñamo, ramio.
			De la hoja: esparto, pita, sisal
			Del fruto: coco
	Animales		Del pelo: lana, mohair, cachemira, alpaca
			Del filamento: seda, tussur
			De la piel: cuero
QUÍMICAS	Artificiales	Minerales	Metálicas (oro, plata, cobre)
		Celulósicas	Rayones
		Proteínicas	De la caseína de la leche: fibrolane, lanital
			De maíz: vicara, salón
		Algínicas	Rayón alginato
	Sintéticas	Minerales	Fibra de vidrio
		De poliadición	Polivinílicas
			Poliétilénicas
			Polipropilénicas
			Poliuretano
			Poliámidas (nylon)
		De Policondensación	Poliésteres

Características que deben analizarse en las fibras textiles

- **Textura:** Es decir, aspecto y sensación al tacto. Esta propiedad está determinada por la estructura microscópica de las fibras, especialmente la forma.
- **Resistencia mecánica:** Especialmente la resistencia a la tracción y por ende a la rotura.
- **Propiedades eléctricas:** Las fibras textiles son buenas aislantes.
- **Resistencia a la humedad:** Llamada reprise. El agua tiende a hinchar las fibras, especialmente aquellas de origen vegetal.
- **Resistencia química:** Especialmente a los álcalis y ácidos.
- **Resistencia a la luz:** El sol tiende a degradar la mayoría de las fibras.
- **Resistencia al calor:** En algunos casos tiende a carbonizar la fibra (origen natural).

Fibras naturales

- **Algodón:** Los tejidos de algodón son confortables, inertes, absorben fácilmente el sudor y en general el agua. Tienden a encoger y desteñir. Su precio es relativamente elevado.
- **Lino:** Tiene una alta resistencia mecánica y son muy elásticas. Es un buen conductor térmico, por lo que sus tejidos son frescos. Resiste mejor que el algodón las lejías (álcalis) y tienen tendencia a arrugarse.
- **Lana:** Tiende a desteñirse con la luz, tiene una resistencia mecánica relativamente baja que compensa con su elasticidad. Si está húmeda es poco resistente. Absorben mucho la humedad. Textura suave.
- **Seda:** Es un filamento proteínico producido por el gusano de la seda. Es una fibra ligera, muy resistente a la tracción tanto en húmedo como en seco, absorbe rápido la humedad aunque es resistente a ella, se descompone rápido con el calor y la luz también la descompone.

Fibras artificiales

Son aquellas fibras obtenidas a partir de productos naturales. La primera fibra artificial obtenida fue la seda artificial a finales del siglo XIX, también llamados rayones.

- **Rayones:** Tiene propiedades similares a la seda, pero es más barata, mejor resistencia química, aunque tienden a ser inflamables. La variedad más extendida es la viscosa.

Fibras sintéticas

Son fibras obtenidas artificialmente a partir de productos que se elaboran por síntesis química en los laboratorios o industrias. La primera fibra sintética fue el nylon en 1938, que provocó una revolución industrial. Las fibras sintéticas introdujeron las siguientes ventajas.

- Gran duración y mayor resistencia mecánica.
- Fácil mantenimiento (se arruga menos)
- Mejor precio

Aunque presentan desventajas

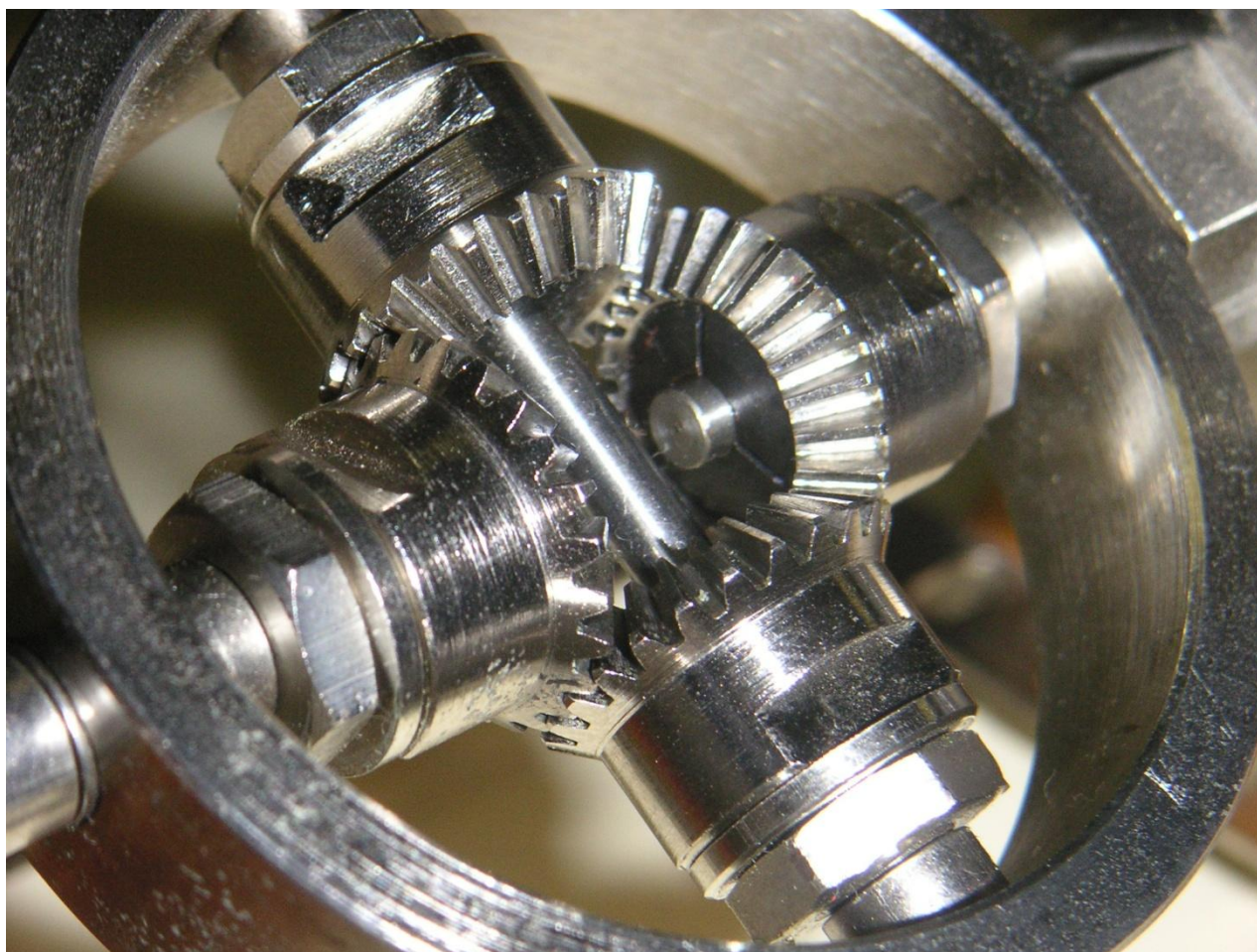
- Absorben poco la humedad, es decir, transpiran menos
- Pueden producir alergias dérmicas.

A pesar de ello, son las fibras más extendidas.

Destacan:

- Fibras poliamídicas: siendo la más importante el nylon. Es muy elástica, tiene elevada resistencia mecánica y elevada resistencia al desgaste. Se degrada bajo la acción de la luz, pero inmune al moho y la humedad. Es inerte y no absorbe agua.
- Fibras de poliéster: Son muy resistentes al ataque químico y prácticamente inarrugable, aunque atraen el polvo fácilmente. Posee larga duración y fácil mantenimiento.
- Fibras de poliuretano: Destaca la licra. Son fibras muy elásticas.

BLOQUE DE MECANISMOS



TEMA 1 - TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO**Introducción**

Un **mecanismo** es un conjunto de elementos, conectados entre sí por medio de articulaciones móviles y cuya misión es:

- transformar una velocidad en otra velocidad
- transformar una fuerza en otra fuerza
- transformar una trayectoria en otra diferente o
- transformar un tipo de energía en otro tipo distinto.

Según el número de elementos, los mecanismos se pueden clasificar como:

- **Simple**s: si tienen dos elementos de enlace.
- **Complejos**: si tienen más de dos elementos de enlace.

A partir de aquí, definimos **sistema mecánico**

- Un sistema mecánico o máquina es una combinación de mecanismos que transforma velocidades, trayectorias, fuerzas o energías mediante una serie de transformaciones intermedias.

Los movimientos que puede describir un elemento de un mecanismo son:

- Movimiento **rectilíneo**: en un único sentido y en una dirección. Por ejemplo, en una pestillera o en una cerradura.
- Movimiento **alternativo**: en los dos sentidos en la misma dirección. Por ejemplo en una máquina de coser (la aguja) o en la sierra sin fin.
- Movimiento **circular** o de rotación: en un solo sentido pero en una circunferencia. Por ejemplo en la rueda de un coche o en el giro del eje de un motor
- Movimiento **pendular**: en un arco de circunferencia y en los dos sentidos.

Los mecanismos (y por extensión los sistemas mecánicos) constan de los siguientes elementos básicos:

1. **Sistema motriz o sistema de entrada**: recibe la energía de entrada, la cual será transformada o transmitida. En un automóvil sería el motor.
2. **Sistema transmisor**: medio que permite modificar la energía o el movimiento proporcionado por el sistema motriz. En un automóvil este sistema estaría compuesto por ejes de transmisión, embragues, caja de cambios...
3. **Sistema receptor o sistema de salida**: realiza el trabajo con la salida que le proporciona el sistema transmisor, y es el objetivo del sistema mecánico. En un automóvil este sistema estaría compuesto por las ruedas motrices.

Los mecanismos se pueden clasificar en dos grandes grupos diferenciados:

- a) **Sistemas de transmisión del movimiento**: En este caso el sistema motriz y el sistema receptor tienen el mismo tipo de movimiento. En base a esto, podemos encontrar dos tipos de sistemas de transmisión:
 - Mecanismos de **transmisión lineal**: movimiento rectilíneos en movimientos rectilíneos (poleas, palancas, etc.)
 - Mecanismos de **transmisión circular**: movimientos de rotación en otra rotación (transmisión por correas, con cadenas, engranajes, ...)
- b) **Sistemas de transformación del movimiento**: En este caso el sistema motriz y el sistema receptor tienen distinto tipo de movimiento. En base a esto, podemos encontrar dos tipos de sistemas de transformación:
 - Mecanismos que transforman el **movimiento circular en rectilíneo**
 - Mecanismos que transforman el **movimiento circular en alternativo**

Mecanismos de transmisión del movimiento.**1. Mecanismos de transmisión lineal.**

Estos mecanismos "transforman" movimientos rectilíneos en movimientos rectilíneos.

La aplicación fundamental de estos mecanismos reside en la transformación de fuerzas, de manera que la fuerza necesaria para realizar una determinada acción sea menor que la sería precisa si no se utilizase el mecanismo. Destacan la **palanca** y la **polea**.

1.1. La palanca

Consiste en una barra rígida que se articula en el denominado punto de apoyo (o fulcro), que hace posible que la barra gire.

La fuerza que se debe vencer con la palanca se denomina **Resistencia (R)**, mientras que la fuerza motriz aplicada recibe el nombre de **Potencia (F)**. Las distancias de las líneas de acción de estas dos fuerzas al punto de apoyo se conocen como **brazo de resistencia (b_R)** y **brazo de potencia (b_F)**, respectivamente.

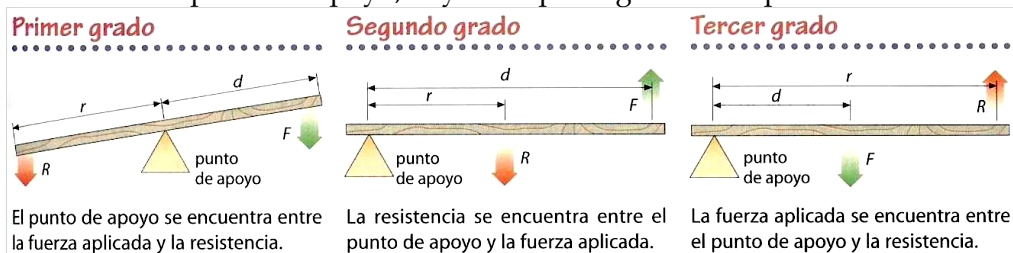
Cuando la palanca está en equilibrio, la expresión que define su comportamiento se denomina **Ley de la Palanca**, que se puede enunciar así:

La potencia por su brazo es igual a la resistencia por el suyo

$$F \cdot b_F = R \cdot b_R$$

Así, si aumentamos la longitud del brazo de la potencia, la potencia que debemos aplicar para vencer una resistencia será menor (el esfuerzo no será tan grande). Lo mismo sucede si disminuimos la longitud del brazo de la resistencia.

Según la colocación del punto de apoyo, hay tres tipos o géneros de palanca.



El efecto de la fuerza aplicada puede verse aumentado o disminuido.

El efecto de la fuerza aplicada siempre se ve aumentado ($d > r$).

El efecto de la fuerza aplicada siempre se ve disminuido ($d < r$).

NOTA: Hemos catalogado la palanca dentro de los mecanismos que transforman movimientos rectilíneos en otros también rectilíneos (transmisión lineal), aunque en realidad los movimientos de las palancas son curvilíneos. Esto se hace así porque en general el ángulo girado por la palanca es pequeño y en estos casos se puede considerar que el desplazamiento es aproximadamente rectilíneo.

1.2. La polea

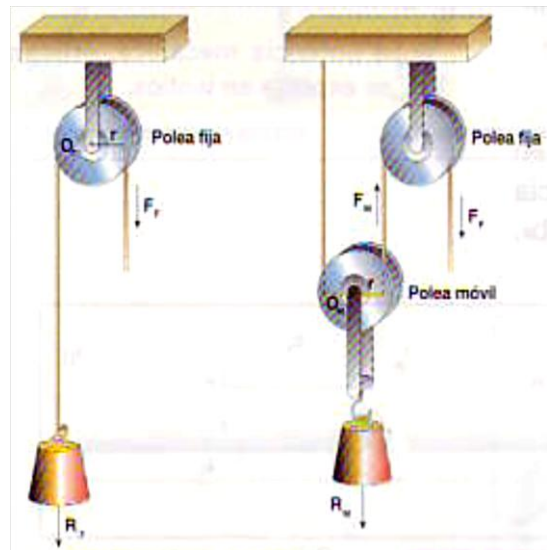
La polea es un disco que puede girar alrededor de su eje y que dispone en el borde de una acanaladura por la que se hace pasar una cuerda, un cable o una correa.

La función que desempeña una polea fija es modificar la dirección de la fuerza aplicada.

Las poleas pueden ser:

- **Fijas:** si su eje de rotación permanece fijo.
- **Móviles:** si su eje de rotación se puede desplazar de forma lineal.
- **Polea fija:** En este caso, los valores de la potencia y la resistencia son iguales.

$$F_F = R_M$$



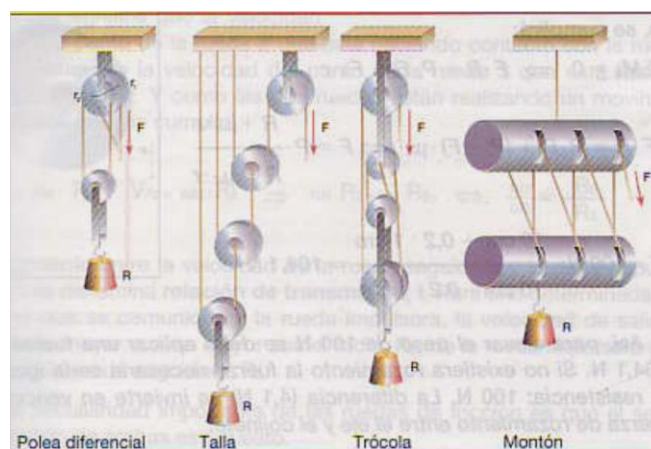
- **Polea móvil:** En este caso la potencia que es necesario aplicar es igual a la mitad de la resistencia que se trata de vencer.

$$F = \frac{R_M}{2}$$

En el caso general de un mecanismo constituido por n poleas móviles y una fija, la potencia F necesaria para vencer una resistencia R viene dada por la expresión:

$$F = \frac{R_M}{2^n}$$

Además, en este caso, la distancia recorrida por la resistencia es 2^n veces menor que la que recorre la potencia.



Diferentes modelos de poleas múltiples.

2. Mecanismos de transmisión circular

Estos mecanismos “transforman” movimientos de rotación en otros movimientos de rotación.

La principal utilidad de este tipo de mecanismos radica en poder aumentar o reducir la velocidad de giro de un eje tanto cuanto se desee. Por ejemplo: el motor de una lavadora gira a alta velocidad, pero la velocidad del tambor que contiene la ropa, gira a menor velocidad. Es necesario, pues, este tipo de mecanismo.

Para desempeñar su misión, las máquinas disponen de partes móviles encargadas de transmitir la energía y el movimiento de las máquinas motrices a otros elementos. Estas partes móviles son **los elementos transmisores**, que pueden ser **directos** e **indirectos**.

Elementos transmisores directos:

- Árboles y ejes
- Ruedas de fricción
- Engranajes
- Tornillo sinfín

Elementos transmisores indirectos:

- Poleas con correa
- Cadenas

2.1. Árboles y ejes

Un **eje** es un elemento, normalmente cilíndrico, que gira sobre sí mismo y sirve para sostener diferentes piezas.

Atendiendo a la forma de trabajo, los ejes pueden ser:

- **Ejes fijos**: Permiten el giro de los elementos mecánicos situados sobre ellos, pero no giran solidariamente con ellos, es decir, los elementos mecánicos giran libremente sobre ellos.
- **Ejes giratorios**: pueden girar solidariamente con algunos de los elementos situados sobre ellos.

Un **árbol** es un elemento de una máquina, cilíndrico o no, sobre el que se montan diferentes piezas mecánicas, por ejemplo, un conjunto de engranajes o poleas, a los que se transmite potencia. Pueden adoptar diferentes formas (rectos, acodados, flexibles,...). Los árboles (también llamados **árboles de transmisión**) giran siempre junto con los órganos soportados.

Como consecuencia de su función, están sometidos fundamentalmente a esfuerzos de torsión y flexión.

La diferencia esencial entre los ejes y los árboles es la siguiente: los **primeros** son elementos que **sustentan** (sostienen o soportan) los órganos giratorios de las máquinas y no transmiten potencia (se dice que no están sometidos a esfuerzos de torsión), mientras que los **árboles** son elementos que transmiten potencia y si están sometidos a esfuerzos de torsión.



Fig. 2. Tipos de ejes: a) fijo; b) giratorio.

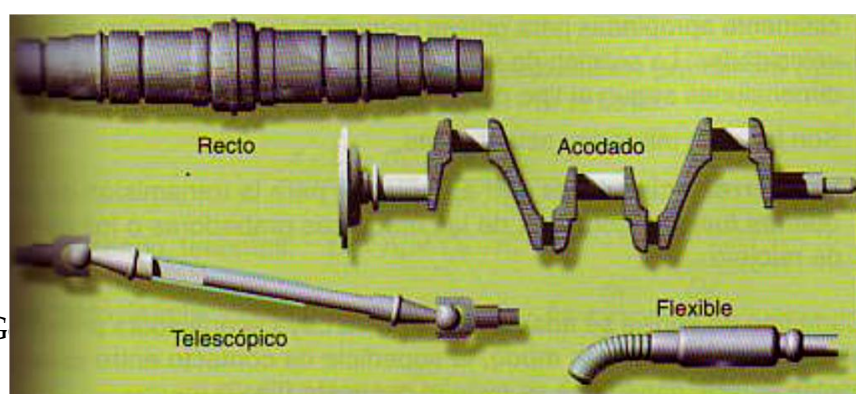


Fig. 4. Diferentes tipos de árboles.

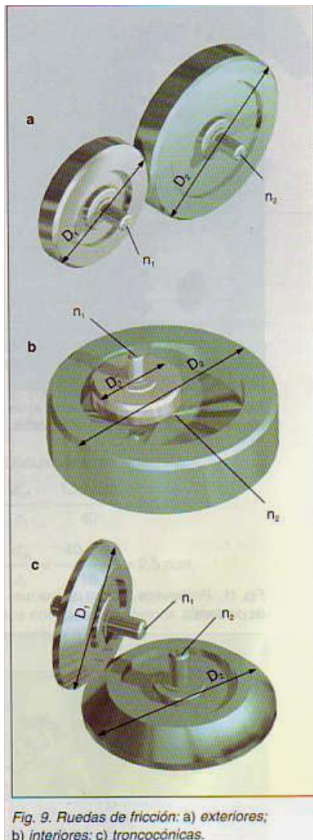
Aparentemente, los ejes tienen un diámetro menor que los arboles, pues estos están sometidos a esfuerzos mayores.

2.2. Ruedas de fricción

Son elementos de maquinas que *transmiten un movimiento circular entre dos árboles de transmisión gracias a la fuerza de rozamiento entre dos ruedas que se encuentran en contacto directo*. A este tipo de transmisión también se le conoce como **transmisión por fricción**.

Estas ruedas presentan una serie de características:

- Los materiales que se utilizan tienen un alto coeficiente de rozamiento para evitar que las ruedas resbalen entre si.
- Normalmente estas ruedas de fricción se emplean en árboles de transmisión muy cercanos y cuando la potencia que hay que transmitir es pequeña.
- Este tipo de transmisión tiene la ventaja de que es muy fácil de fabricar, no necesita apenas mantenimiento y no produce ruidos



Clasificación:

- Ruedas de **fricción exteriores**: Tienen forma cilíndrica. En ellas, el contacto se produce entre sus superficies exteriores. Estas ruedas giran en sentido inverso una de la otra.
- Ruedas de **fricción interiores**: también de forma cilíndrica, el contacto se produce entre la superficie interior de la rueda mayor y la exterior de la rueda menor. Ambas giran en el mismo sentido.
- Ruedas de **fricción troncocónicas**: Tienen forma de tronco de cono y el contacto se produce entre sus superficies laterales. Se utilizan cuando los árboles de transmisión no son paralelos. Como en el caso de las ruedas exteriores, también producen la inversión de giro.

Relación de transmisión

Es la relación de velocidades entre la rueda conducida (o **receptora**) y la rueda conductora (o **motriz**), o lo que es lo mismo, entre la rueda de salida y la rueda de entrada.

$$i = \frac{n_2}{n_1}$$

Donde

n_1 : es la velocidad de la rueda motriz o piñón

n_2 : es la velocidad de la rueda conducida o rueda

i : es la relación de transmisión.

Veamos cómo se halla la relación de transmisión para cada uno de los tipos de ruedas de fricción.

Ruedas de fricción exteriores

La relación de transmisión es:

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

Siendo

D_1 : el diámetro de la rueda motriz

D_2 : el diámetro de la rueda conducida

Ruedas de fricción interiores

La relación de transmisión es igual al caso anterior

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

Ruedas de fricción troncocónicas

La relación de transmisión es

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1 \sin \beta}{D_2 \sin \alpha}$$

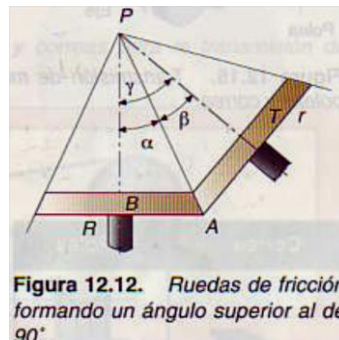


Figura 12.12. Ruedas de fricción formando un ángulo superior al de 90°.

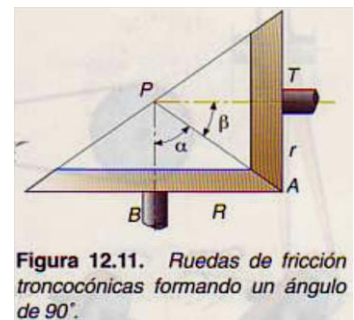


Figura 12.11. Ruedas de fricción troncocónicas formando un ángulo de 90°.

Siendo:

β el ángulo que forma eje de la rueda motriz la línea PA (ver figura) α el ángulo que forma el eje de la rueda conducida con la línea PA (ver figura).

2.3. Engranajes

Se conoce con el nombre de tren de engranajes al conjunto de dos o más ruedas dentadas que tienen en contacto sus dientes de forma que, cuando gira una, giran las demás. Es un sistema de transmisión circular directo.

Son el medio de transmisión de potencia más utilizado.

Tienen las siguientes ventajas:

- Las ruedas no pueden resbalar una con respecto a la otra.
- Transmiten grandes esfuerzos
- La relación de transmisión se conserva siempre constante.

Al engranaje que transmite el movimiento se le denomina **piñón**, y al que lo recibe, **rueda**.

Usando engranajes se puede transmitir el movimiento de dos modos, según como se dispongan los ejes:

Entre **ejes paralelos**, que pueden ser:

- _ Engranajes entre dientes rectos.
- _ Engranajes entre dientes helicoidales.
- _ Engranajes entre dientes en V

Entre **ejes perpendiculares**, que pueden ser

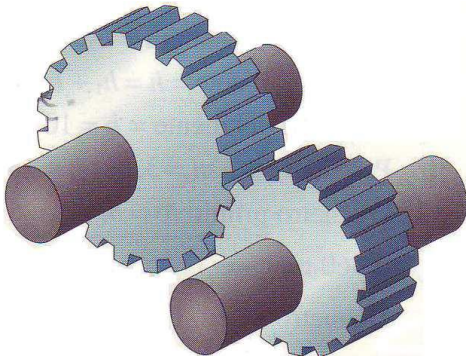
- _ Transmisión entre ejes que se cortan.
- _ Transmisión entre ejes que se cruzan

Transmisión entre ejes paralelos

Se utiliza para la *transmisión entre ejes* (o árboles) con poca separación, siendo la forma de los piñones o ruedas dentadas, cilíndrica.

Normalmente el tallado de los dientes es sobre la superficie exterior de la rueda, aunque también puede ser interior. Veamos los subtipos:

2.3.1.Dientes Rectos



Son los más sencillos de fabricar y se utilizan en máquinas para transmitir pequeños esfuerzos. Se emplea en maquinaria que utilice ejes cuya velocidad no es muy elevada, ya que es un sistema ruidoso y causa vibración.

Además de producir mucho ruido, tiene el inconveniente de transmitir el esfuerzo sólo sobre el diente que está engranado.

Para caracterizar una rueda dentada con dientes rectos, es necesario definir una serie de parámetros básicos que son:

- Diámetro primitivo (d_p): es el correspondiente a la denominada circunferencia primitiva. Dicha circunferencia es la que tendría una rueda de fricción con la misma

relación de transmisión. Por eso, cuando dos ruedas dentadas engranan, sus circunferencias primitivas son tangentes entre sí.

- Diámetro exterior (d_e): es el correspondiente a la circunferencia que limita exteriormente los dientes.

- Diámetro interior (d_i): es el que corresponde a la circunferencia que limita interiormente los dientes.

- Modulo (m): es el cociente entre el diámetro primitivo d_p y el número de diente z que posee la rueda

$$m = \frac{d_p}{z}$$

Esta magnitud se mide en mm, normalmente.

- Paso circular (p): es el arco de la circunferencia primitiva limitado entre dos flancos homólogos de dos dientes consecutivos. El paso se puede obtener dividiendo la longitud de la circunferencia primitiva L_p entre el número de dientes

$$p = \frac{L_p}{z}$$

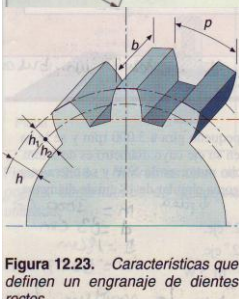
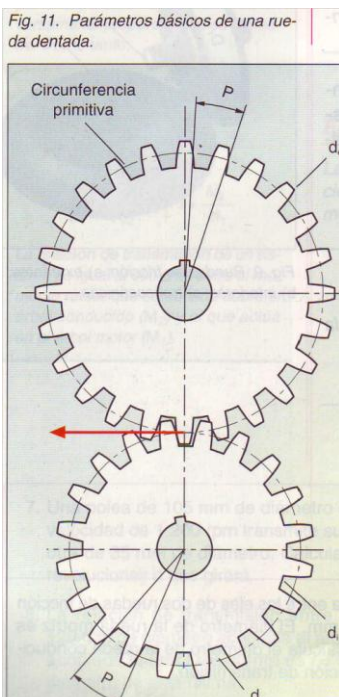


Figura 12.23. Características que definen un engranaje de dientes rectos.

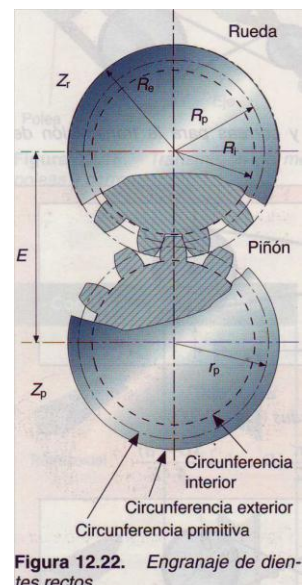


Figura 12.22. Engranaje de dientes rectos.

La relación entre el modulo m y el paso p de una rueda vendrá dado por la siguiente expresión.

$$p = \frac{L_p}{z} = \frac{\pi \cdot d_p}{z} = \pi \cdot m$$

2.3.2. Dientes helicoidales

Tienen la particularidad de que *varios dientes están engranados a la vez*. Esto da lugar a que el esfuerzo de flexión se reparta entre ellos durante la transmisión, lo que hace que las *posibilidades de rotura sean menores*. Además, así se disminuye el ruido durante el funcionamiento.

El único inconveniente es que *al estar inclinados los dientes se produce una fuerza axial* (en el sentido de los ejes) sobre los cojinetes de apoyo del eje.



2.3.3. Dientes en V

Estos engranajes conservan las ventajas de los anteriores con un diseño que contrarresta las fuerzas axiales.

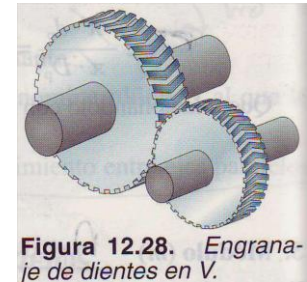


Figura 12.28. Engranaje de dientes en V.

Transmisión entre ejes perpendiculares

2.2.4. Transmisión entre ejes que se cortan

Los engranajes suelen ser:

- De dientes rectos: engranajes cónicos.
- De dientes helicoidales: engranajes cónicos helicoidales.

Ambos tipos tienen las superficies primitivas troncocónicas. Esta transmisión *permite transferir esfuerzos importantes pero, al mismo tiempo, se generan grandes fuerzas axiales*.

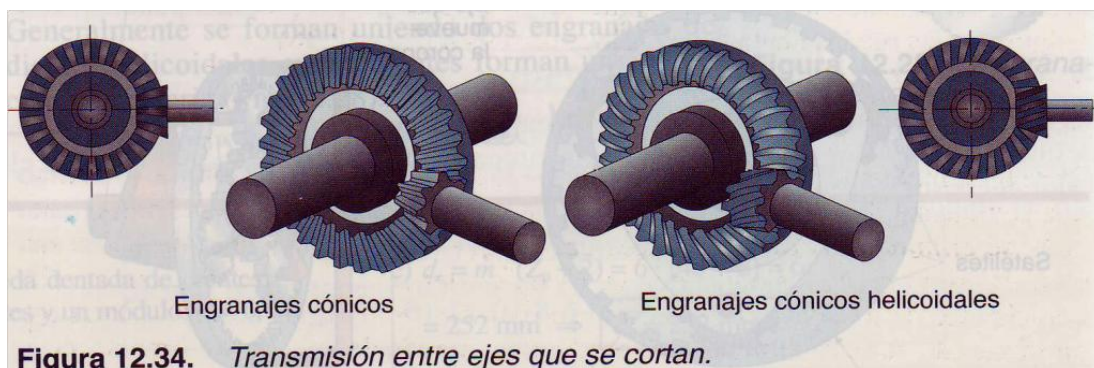
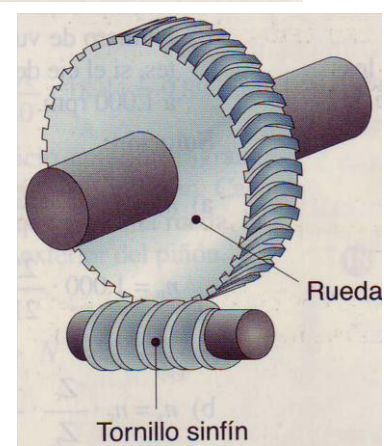


Figura 12.34. Transmisión entre ejes que se cortan.

2.3.5. Transmisión entre ejes que se cruzan

Existen dos formas básicas

Tornillo sinfín y rueda cóncava: Tiene la ventaja de que *solamente se puede transmitir el movimiento del tornillo a la rueda cóncava* (corona) y *nunca al revés*, lo que permite que se pueda utilizar en aplicaciones en las que una vez que el motor se ha parado, no sea arrastrado por el propio peso.



Permite la *transmisión de esfuerzos muy grandes* y a la vez tiene una relación de transmisión muy baja.

El mecanismo consta de una rueda conducida dentada, y un tornillo, que es la rueda motriz.

Ejemplo de ello pueden ser los tornos para sacar agua o subir materiales, ascensores, etc.

La relación de transmisión es

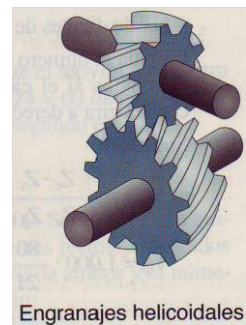
$$i = \frac{1}{Z}$$

Donde Z es el número de dientes de la rueda conducida.

Engranajes helicoidales

Relación de transmisión: Llamamos Z_1 al número de dientes del engranaje de entrada o engranaje motriz, Z_2 al número de dientes del engranaje de salida o engranaje conducido. La relación de transmisión será...

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{Z_1}{Z_2}$$



En definitiva, la relación de transmisión es igual al cociente entre el número de primitivo de la ruedas. Llamamos d_{p1} al diámetro primitivo de la rueda de entrada y d_{p2} al diámetro primitivo de la rueda de salida.

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{d_{p1}}{d_{p2}}$$

O dicho de otro modo, la relación de transmisión es igual al cociente entre el diámetro primitivo de la rueda conducida y el diámetro primitivo de la rueda motriz.

NOTA: Para que dos engranajes puedan engranar entre sí es necesario que tengan el mismo módulo.

Momentos torsores

Cuando una fuerza actúa sobre un cuerpo capaz de girar sobre un eje, produce un movimiento de rotación o giro. La magnitud que mide la intensidad del giro se denomina **momento torsor** (es algo así como la intensidad o potencia del empuje que hace girar el cuerpo):



Si la fuerza F que actúa es perpendicular al radio de giro R en el punto donde se ejerce, el **momento torsor**, M , se calcula como el producto de ambas magnitudes.

$$M = F \cdot R$$

Cuanto mayor sea la fuerza ejercida o la distancia al eje de giro, mayor será el momento torsor transmitido.

NOTA: Al momento torsor también se le denomina *par de fuerzas* o **par motor**.

La relación de transmisión es igual al cociente entre el momento torsor que resulta en la rueda motriz (M_1) y el que se aplica en la rueda conducida (M_2).

En consecuencia, la relación de transmisión se puede poner también como:

$$i = \frac{M_1}{M_2}$$

y una vez más, ocurre lo mismo que en los otros sistemas de transmisión...

- si deseamos mayor momento torsor, utilizaremos un sistema reductor.
- si queremos desarrollar mayor velocidad, utilizaremos un sistema multiplicador, pero desarrolla un momento torsor menor.

2.3.6. Tren compuesto de engranajes

Si disponemos dos o más árboles provistos de diversas ruedas dentadas de modo que al menos dos de ellas giran solidariamente sobre el mismo árbol, obtenemos un tren compuesto de engranajes.

El tren compuesto que aparece en la figura está formado por dos engranajes simples, el formado por las ruedas 1 y 2, y el que forman las ruedas 3 y 4.

Suponiendo el árbol M como el árbol motriz. Sobre el va montada la rueda 1, que actúa como conductora de la rueda 2.

El árbol I es un árbol intermedio. Sobre el que se monta la rueda 2 –conducida–, que recibe el movimiento de la 1, y la rueda 3, que actúa de conductora y transmite el movimiento a la rueda 4.

El árbol R es el árbol resistente.

La rueda 4 –conducida– recibe el movimiento que transmite la rueda 3.

El cálculo de la relación de transmisión es idéntico al del sistema de poleas compuesto.

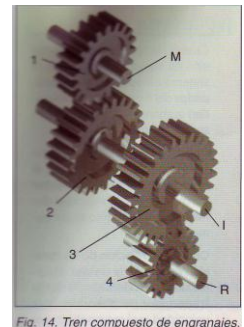


Fig. 14. Tren compuesto de engranajes.

$$i_T = i_{1-2} \cdot i_{3-4} = \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4} = \frac{n_4}{n_1}, \text{ donde } i_T, \text{ es la relación de transmisión total.}$$

Es decir:

$$i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot \dots$$

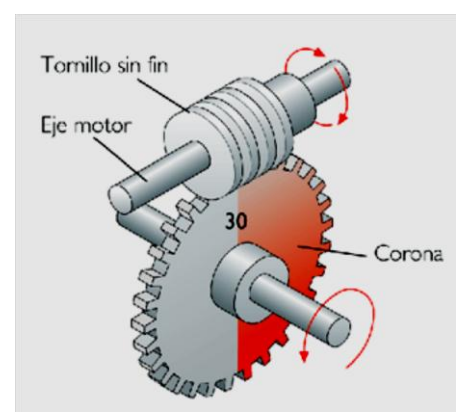
Cuando las ruedas dentadas pueden desplazarse a lo largo de los ejes para formar diferentes engranajes simples, se consigue que varíe la velocidad final en el árbol de salida manteniendo constante la velocidad del árbol motor. Este dispositivo se conoce con el nombre de caja de velocidades y se utiliza en vehículos y máquinas de herramientas.

2.4. Tornillo sin fin

Es una pieza cilíndrica que dispone de uno o varios filetes arrollados de forma helicoidal.

Se suele utilizar dentro el conjunto tornillo sin fin –corona.

IES Antonio González González



La corona es una rueda dentada de dientes helicoidales cuyo ángulo de inclinación coincide con el de los filetes del tornillo sin fin.

Transmite el movimiento de rotación entre dos ejes perpendiculares, de manera que el tornillo sin fin actúa siempre como elemento motor y la corona, como elemento conducido.

Se consigue una drástica reducción del movimiento y como consecuencia un notable aumento del momento resultante.

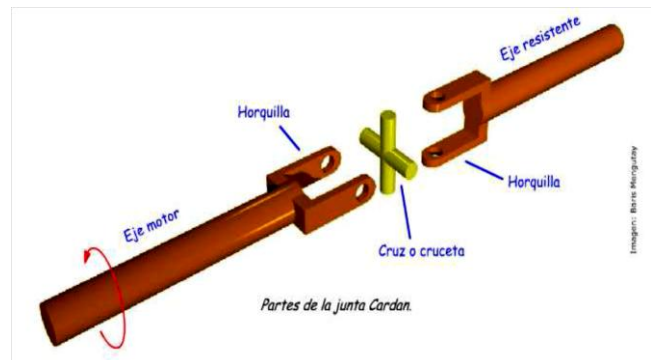
2.5. Junta Cardan

Se usa para transmitir un movimiento de rotación entre dos ejes que pueden estar alineados o formando un ángulo entre ellos.

Permite transmitir el giro entre dos ejes que no son paralelos y cuya orientación relativa puede cambiar a lo largo del movimiento.

Si se pretende comunicar el giro entre dos ejes que formen un ángulo relativamente grande (mayor que 20°), se utilizan dos juntas en serie. Consta de una cruz formada por dos brazos perpendiculares. En cada uno de los brazos se articula una horquilla fija en los extremos de cada eje. La cruz puede moverse en las uniones con las horquillas.

La velocidad de giro de ambos ejes es la misma, por lo que la relación de transmisión es 1.



2.6. Poleas con correa

Este tipo de transmisión está basado en la polea, y se utiliza cuando la distancia entre los dos ejes de rotación es grande. El mecanismo consiste en dos poleas que están unidas por una misma correa o por un mismo cable, y su objetivo es transmitir el movimiento del eje de una de las poleas al de la otra.

Ambas poleas giran solidarias al eje y arrastran a la correa por adherencia entre ambas. La correa, a su vez, arrastra y hace girar la otra polea (polea conducida o de salida), transmitiéndose así el movimiento.

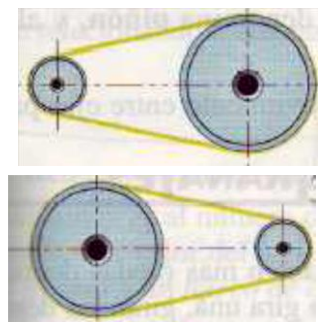
Al igual que en el caso de las ruedas de fricción, el número de revoluciones (o vueltas) de cada eje vendrá dado por el tamaño de las poleas, de modo que, **la polea mayor girará a una velocidad más baja que la polea menor.**

Basándonos en esta idea, podemos encontrar dos casos básicos:

- La polea de salida (conducida) gira a menor velocidad que la polea de entrada (motriz). Este es un sistema de poleas reductor de velocidad.

- La polea de salida gira a mayor velocidad que la polea de entrada. Este es un sistema de poleas multiplicador de velocidad.

La relación de transmisión entre ambas poleas se define de modo similar al sistema de ruedas de fricción.



$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

n_2 es la velocidad de la rueda conducida

n_1 es la velocidad de la rueda motriz

D_1 : el diámetro de la rueda motriz

D_2 : el diámetro de la rueda conducida

NOTA: Fíjate que si el sistema de poleas es reductor, la cifra del numerador es más pequeña que la cifra del denominador y si el sistema es multiplicador, la cifra del numerador es mayor que la del denominador.

Ejemplo:

$$i = \frac{1}{10}$$

Si esta es la relación de transmisión del sistema de poleas, nos encontramos ante un **reductor** de velocidad. En este caso, por cada vuelta que gire la polea conducida, la polea motriz girará diez vueltas. En este caso $i < 1$

$$i = \frac{10}{1}$$

Si esta es la relación de transmisión del sistema de poleas, nos encontramos ante un **multiplicador** de velocidad. En este caso, por cada diez vueltas que gire la polea conducida, la polea motriz girará una vuelta. En este caso $i > 1$

NOTA: Todos estos conceptos se aplican también para las ruedas de fricción.

El momento torsor y la velocidad transmitidos por un sistema de poleas están estrechamente relacionados con el valor de la relación de transmisión del sistema.

En este caso:

$$i = \frac{M_1}{M_2}$$

Siendo:

M_1 el momento torsor de la polea motriz o polea de entrada

M_2 el momento torsor de la polea conducida o polea de salida

Se puede observar que:

1. Si $i < 1$ (reductor), $M_2 > M_1$. En este caso, la velocidad de la rueda conducida es menor que la de la polea motriz, pero el momento torsor resultante es mayor.
2. Si $i > 1$ (multiplicador), $M_2 < M_1$. En este caso, la velocidad de la rueda conducida es mayor que la de la polea motriz, pero el momento torsor resultante es menor.

Por lo tanto,

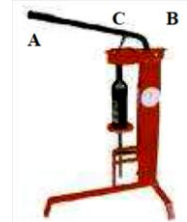
- Si deseamos **mayor momento torsor**, utilizaremos un sistema **reductor**.
- Si deseamos desarrollar **mayor velocidad**, utilizaremos un sistema **multiplicador**, pero desarrolla un **momento torsor menor**.

ACTIVIDADES

1 - Con un remo de 3 m de longitud se quiere vencer la resistencia de 400 kg que ofrece una barca una potencia de 300 kg. ¿A qué distancia del extremo donde se aplica la potencia habrá que apoyar el remo sobre la barca?

2 - En el extremo de un balancín está sentado un niño que pesa 400N a 2,5m del punto de apoyo. ¿A qué distancia se debe sentar otro niño que pesa 500N para mantener el balancín en equilibrio?. ¿Qué fuerza está soportando el apoyo? (Sol: 2m, 900N)

3 - Un mecanismo para poner tapones manualmente a las botellas es como se muestra en la figura. Si la fuerza necesaria para introducir un tapón es de 50N, ¿qué fuerza es preciso ejercer sobre el mango?. ¿Qué tipo de palanca es? Datos: $d_{AC}=30\text{cm}$, $d_{CB}=20\text{cm}$. (Sol: 20N)



4 - Mediante una polea móvil se eleva un bloque de 30 kg a 3 m de altura.
a) la fuerza que se ha tenido que aplicar.
b) la distancia recorrida por la mano al tirar hacia abajo.

5 - El piñón de un par de ruedas de fricción tiene un diámetro de 50mm y arrastra a una rueda cuyo diámetro es de 500mm. Si dicho piñón gira a 1400 rpm, calcular:
a) la relación de transmisión.
b) la velocidad de la conducida.

6 - La relación de transmisión entre dos ruedas de fricción es de 1/3. El diámetro del piñón es de 50mm y gira a 900rpm. Calcular:
a) el diámetro de la rueda conducida.
b) la velocidad de la conducida.

7 - Un tocadiscos disponía de unas ruedas de fricción para mover el plato sobre el cual se colocan los discos. La rueda del plato tenía 20cm de diámetro mientras que el diámetro del piñón es de 4mm. Calcular la velocidad del motor en los dos casos siguientes:
a) Cuando se colocaban discos LP giraban a 33rpm.
b) Cuando se colocaban discos sencillos que giraban a 45rpm.

8 - Una máquina dispone de dos ruedas de fricción troncocónicas para transmitir el movimiento desde un motor (que gira a 1200rpm y se acopla directamente al piñón), hasta un eje final cuya velocidad debe ser 1000rpm. Calcular el diámetro de la rueda conducida si el del piñón es de 50mm.

9 - Se desea efectuar una relación de transmisión troncocónica mediante ruedas de fricción, cuyo valor va a ser de 1/5. Sabiendo que el piñón gira a 900rpm, calcular:
a) el ángulo que forman los ejes con las prolongaciones de rodadura
b) la velocidad de la rueda.

10 - Determina la relación de transmisión entre dos árboles la velocidad del segundo si están unidos por una correa de transmisión. Los diámetros de las poleas son, respectivamente, $d_1 = 60\text{cm}$ y $d_2 = 30\text{cm}$, sabiendo que el primer árbol gira a 1500 rpm. R: $n_2 = 3000\text{ rpm}$, $i = \frac{1}{2}$

11 - Un sistema de poleas está formado por una polea motriz de 150 mm de diámetro y una conducida de 60 mm. Calcula el momento resultante cuando se aplica sobre la motriz un momento de 100 Nm $R = 40\text{ Nm}$
Calcula además el momento que hay que aplicar para obtener 275 Nm

12 - Determina el módulo y el paso de una rueda dentada de 60 mm de diámetro primitivo y provista de 48 dientes. $m = 1,25 \text{ mm}$, $p = 3,925 \text{ mm}$

13 - Averigua si una rueda dentada de 100 mm de diámetro primitivo y provista de 40 dientes puede engranar con otra de 40 mm de diámetro provista de 16 dientes.

14 - En un engranaje simple, la rueda conductora tiene un diámetro primitivo de 240 mm y gira a 1600 rpm. Calcula la relación de transmisión y la velocidad de giro de la rueda conducida sabiendo que ésta tiene un diámetro primitivo de 60 mm, $i = \frac{1}{4}$, $n_2 = 6400 \text{ rpm}$

15 - Determina el módulo y el paso de una rueda dentada de 140 mm de diámetro primitivo y provista de 28 dientes rectos. Sol: 5 mm, 15,70 mm

16 - Calcular la relación de transmisión de un tren de engranajes cuyo elemento motriz tiene 50 dientes y el conducido 30. Explica por qué el conducido gira más deprisa o despacio que el motriz.

17 - Un piñón cuyo módulo es 2mm y su diámetro primitivo de 90mm, engrana con otro piñón de 60 dientes. Calcular el número de dientes del primer piñón, el diámetro primitivo del segundo y la velocidad de este último si el primero gira a 1000rpm.

18 - El motor de un tractor suministra una potencia de 90 CV a 2000rpm. Este movimiento se transmite íntegramente a las ruedas, las cuales giran 150rpm. Calcular:

- par motor disponible ($C = P/\omega$).
- potencia disponible en la ruedas ($P_r = P$).
- par disponible en las ruedas ($C_r = P_r/\omega_r$).

19 - Un piñón cuyo módulo es de 2 mm y su diámetro primitivo de 90 mm, engrana con otro piñón de 60 dientes. Calcula el número de dientes del primer piñón, el diámetro primitivo del segundo piñón y la velocidad de este último si el primero gira a 1000 rpm. sol: 45 dientes, 120 mm, 750 mm

20 - Se dispone de un tren de poleas con cuatro escalonamientos, en el que el diámetro de las poleas motrices es de 100 mm y el de las conducidas de 200 mm; el motor funciona a un régimen de 2000 rpm. Calcular la velocidad del último árbol. $N_4 = 250 \text{ rpm}$

21 - En un tren de dos escalonamientos se dispone de un motor que gira a 2000 rpm y las poleas motrices son de 100 mm de radio. Se desea obtener una velocidad de salida de 1000 rpm con poleas conducidas del mismo diámetro ¿Cuál será este? $R_2 = R_4 = 70,71 \text{ mm}$

22 - Un tren de poleas de tres escalonamientos está accionado por un motor que gira a 4000 rpm y los diámetros de las ruedas motrices son 20, 20 y 40mm. Sabiendo que el diámetro de las ruedas conducidas es de 40, 40 y 80 mm, calcular la velocidad del último árbol. $R = 500 \text{ rpm}$

23 - Justifica si una rueda de 60 mm de diámetro primitivo y 30 dientes puede engranar con otra de 40 mm de diámetro y 32 dientes.

24 - Calcula la velocidad de rotación del portabrocas del taladro según el esquema de transmisión de la figura:
(SOL: 470,3rpm)

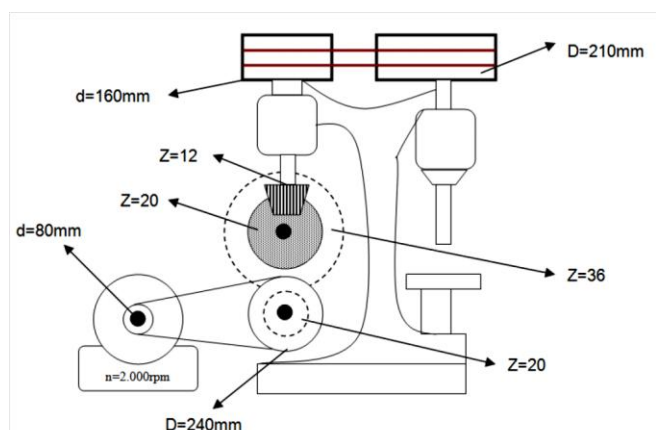
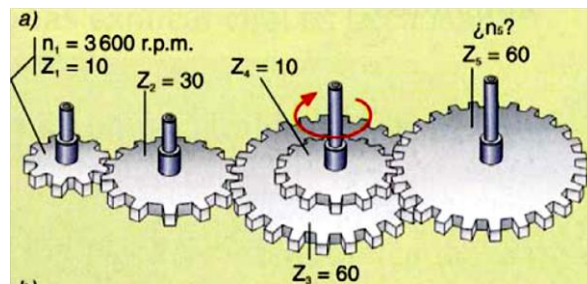


Diagrama de un tren de engranajes reductor. El motor CC (N=1800rpm) acciona un engranaje $Z_1=25$ que engrana con $Z_4=45$. Este engranaje $Z_4=45$ está en el mismo eje que $Z_3=30$, que engrana con $Z_2=30$. El eje de $Z_2=30$ engrana con $Z_4=30$, que engrana con $Z_6=15$. El eje de $Z_6=15$ engrana con $Z_5=20$, que engrana con la cremallera ($p=2\text{mm}$).

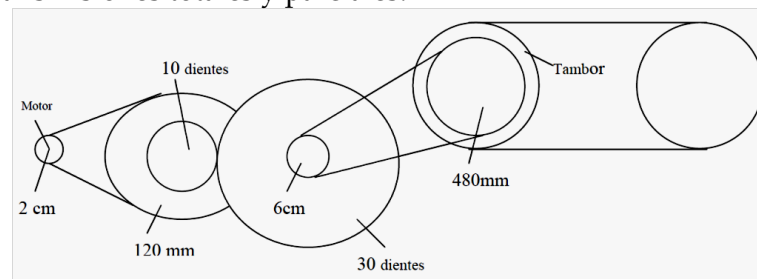
Diagram of a planetary gear set with a fixed frame. The sun gear (Z₁ = 15) rotates at n₁ = 5760 r.p.m. clockwise. It meshes with planet gear Z₂ (Z₂ = 60). Planet gear Z₂ meshes with planet gear Z₃ (Z₃ = 15). Planet gear Z₃ meshes with planet gear Z₄ (Z₄ = 60). Planet gear Z₄ meshes with planet gear Z₅ (Z₅ = 15). Planet gear Z₅ meshes with planet gear Z₆ (Z₆ = 60). Planet gear Z₆ meshes with planet gear Z₇ (Z₇ = 40). Planet gear Z₇ is the output. A red arrow indicates the rotation of planet gear Z₂.

128

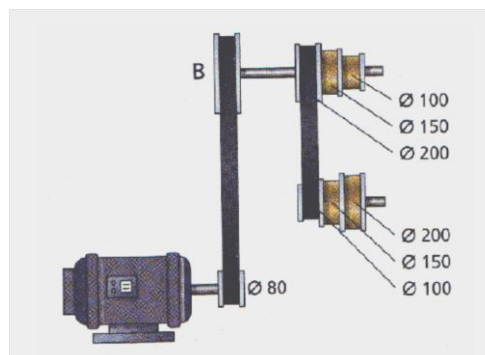


30 - El sistema de arrastre de una cinta transportadora está formado por el mecanismo de la figura. Si el tambor de la cinta gira a 5 rpm. Se pide:

- Identifica cada mecanismo.
- Velocidad de giro de cada eje y del motor.
- Relaciones de transmisiones totales y parciales.



31 - Calcula el diámetro de la polea B del siguiente esquema para obtener una velocidad mínima de 50 rpm en el eje del cono de poleas conducido. La velocidad del motor es de 3750 rpm.

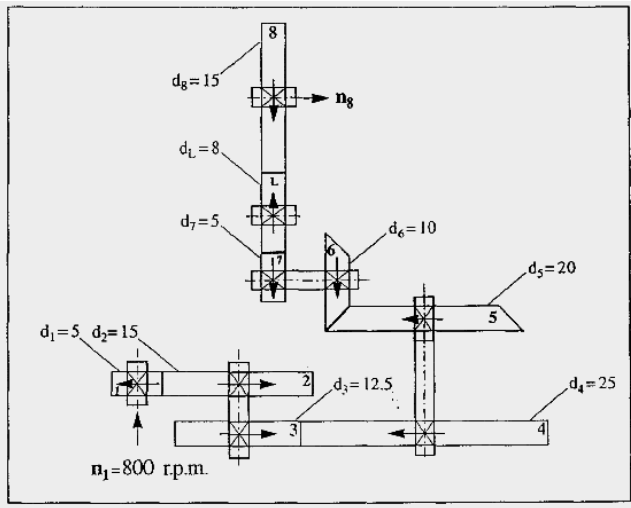


32 - En el extremo de un balancín está sentado un niño que pesa 400N a 2,5m del punto de apoyo.

- A qué distancia se debe sentar otro niño que pesa 500N para mantener el balancín en equilibrio?
 - ¿Qué fuerza está soportando el apoyo?
- (SOL: 2m, 900N).

33 - La proyección en planta de la figura inferior representa la cadena cinemática de un sistema de transmisión de movimiento constituido por ruedas de fricción. Las dimensiones de sus diámetros se expresan en cm. Se pide:

- La relación de transmisión del sistema.
- La velocidad en el eje de salida.
- Si se hace funcionar al sistema en orden inverso y se alimenta al eje de la rueda de fricción 8 con una velocidad de giro de 1300 r.p.m., hallar el valor de la velocidad de salida en el eje de la rueda 1.

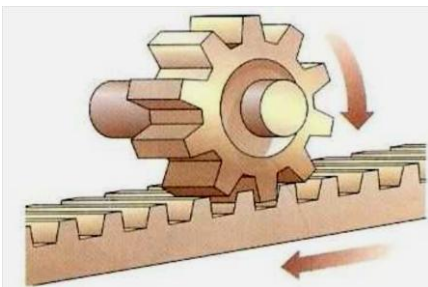


TEMA 2 - MECANISMOS DE TRANSFORMACION DE MOVIMIENTO

Los mecanismos que hemos considerado hasta ahora no modifican el tipo de movimiento; es decir, “transforman” movimientos rectilíneos en movimientos rectilíneos, o movimientos de rotación en otros movimientos de rotación.

Sin embargo, en los mecanismos que vamos a describir en este apartado el movimiento de entrada es diferente al movimiento de salida.

1.- Mecanismos que transforman movimientos de rotación en movimientos rectilíneos.



Piñón-cremallera

Este sistema *transforma el movimiento circular en rectilíneo por medio de dos elementos dentados*: Un piñón que gira sobre su propio eje y una barra dentada denominada cremallera. Los dientes pueden ser rectos o helicoidales.

Tiene diferentes aplicaciones:

Taladradora de columna: El conjunto piñón-cremallera lo componen la manivela de mando, que lleva en un extremo un piñón, y el portabrocas, que lleva tallada la cremallera. Al girar la manivela, el eje portabrocas avanza en sentido rectilíneo.

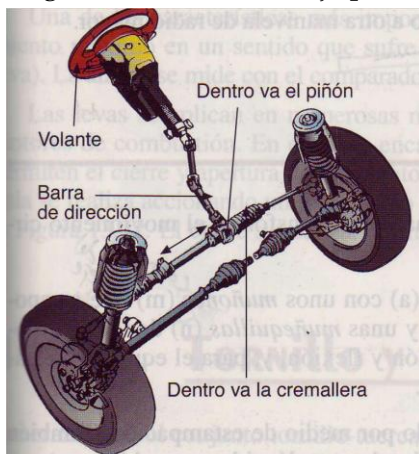


Figura 13.15. Caja de dirección de un automóvil (esquema).

Caja de dirección de un automóvil: El piñón está solidario a la barra de dirección y al volante, y los extremos de la cremallera se encargan de orientar las ruedas.

La cremallera puede considerarse como una rueda dentada de radio infinito, cuyo módulo debe coincidir con el del piñón.

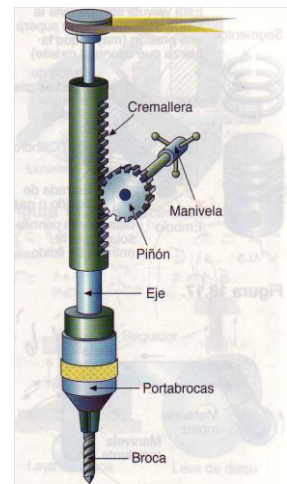


Figura 13.14. Piñón-cremallera de una taladradora de columna.

Tornillo y tuerca

Este sistema *sirve como elemento de unión entre dos o más piezas*.

Pero, además posee unas características que le permiten que se pueda utilizar para transmitir el movimiento. Se compone de una varilla roscada y una pieza con un agujero roscado.

Al girar la varilla, permaneciendo fija la tuerca, hace que esta última se desplace en sentido longitudinal del eje, con lo que se consigue transformar un movimiento circular uniforme en otro lineal.

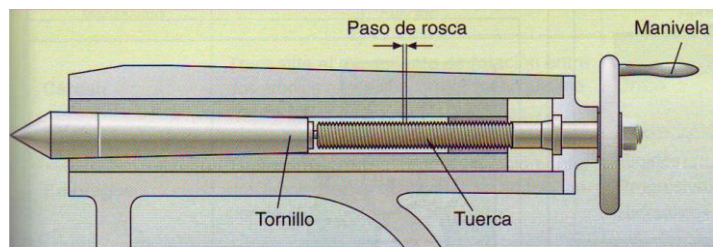


Fig. 13. Esquema del funcionamiento de la manivela con tornillo y tuerca.

2.- Mecanismos que transforman movimientos de rotación en movimientos alternativos.

Mecanismo biela-manivela

Este mecanismo consta de dos piezas básicas articuladas entre sí y de las que recibe el nombre: la **manivela** y la **biela**.

La **manivela** OB es una pieza que gira alrededor de un punto O y describe un movimiento circular.

La **biela** AB es una pieza rígida acoplada a la manivela en el punto B. este extremo, denominado cabeza de la biela, sigue el mismo movimiento circular que la manivela, mientras el otro extremo A, denominado pie de biela, describe un movimiento alternativo o de vaivén. Las bielas constan de tres partes

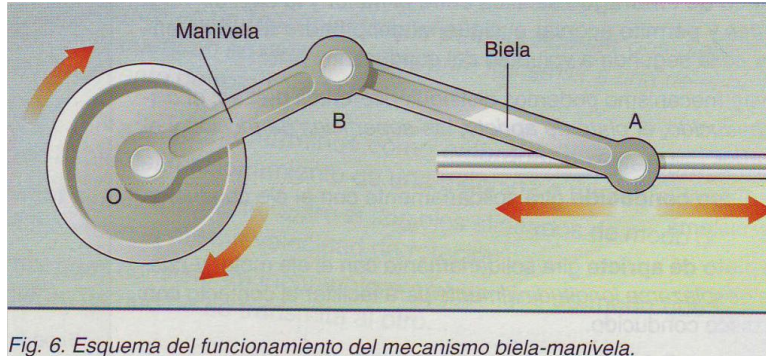


Fig. 6. Esquema del funcionamiento del mecanismo biela-manivela.

Habitualmente, la manivela actúa como elemento motriz y la biela, como elemento conducido. De este modo podemos *transformar movimientos circulares en movimientos alternativos*.

Cigüeñal y biela

El cigüeñal es un elemento que, junto a la biela, *transforma el movimiento circular en alternativo o viceversa*.

Consiste en un árbol acodado (a) con unos muñones (m) y unas muñequillas (n) donde se colocan las bielas. Sobre cada una de las muñequillas se inserta la cabeza de una de las bielas por medio de

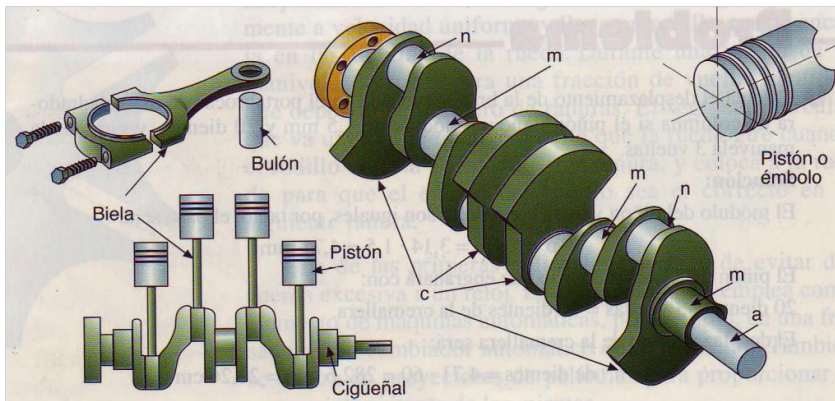


Figura 13.19. Cigüeñal y su forma de trabajo en un motor de combustión interna.

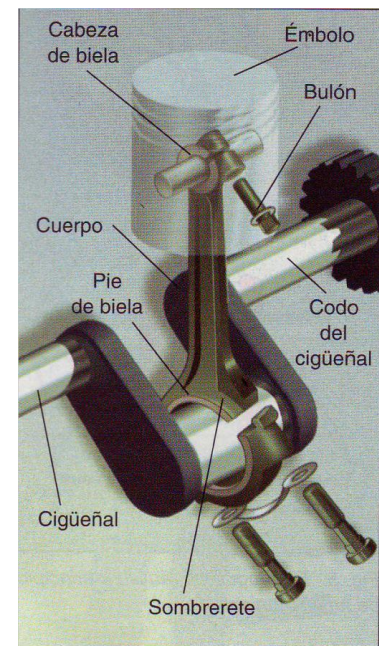
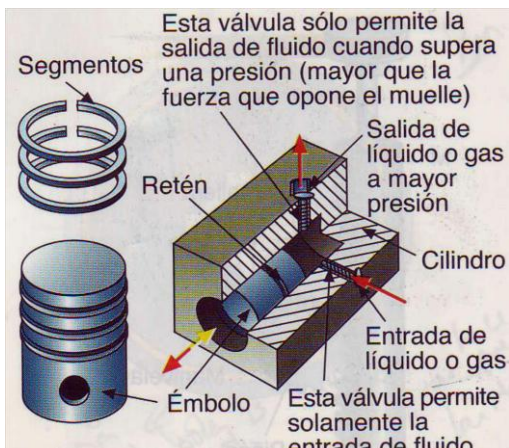


Fig. 7. Esquema del funcionamiento del mecanismo biela-cigüeñal en un motor de combustión.



una pieza llamada sombrerete.

En este caso, la biela actúa como elemento motriz y el cigüeñal como elemento conducido. El otro extremo de la biela, denominado pie de biela, está unido al llamado émbolo, que realiza un movimiento alternativo. El émbolo y el pie de la biela están unidos por una pieza denominada bulón.

Émbolo

El émbolo o pistón es un elemento móvil de forma cilíndrica que se desplaza en el interior de un cilindro. El conjunto émbolo-biela-cigüeñal son básicos en los

motores de combustión interna en otras máquinas.

Leva y excéntrica

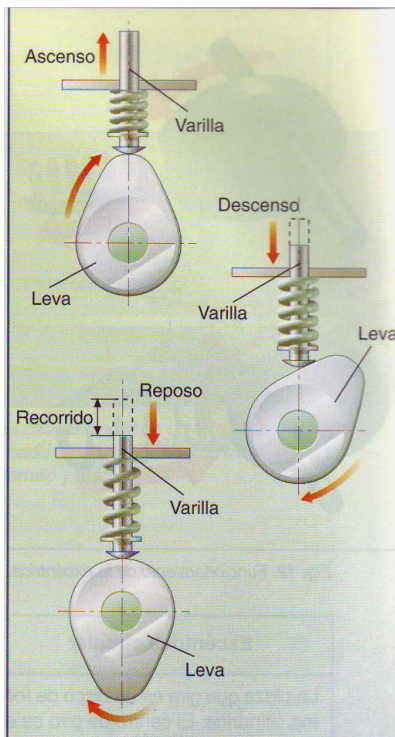


Fig. 11. Esquema del funcionamiento de la leva.

La **leva** es un disco de forma irregular sobre el que se apoya un elemento móvil denominado varilla, seguidor o vástago. Ambos elementos deben estar permanentemente en contacto.

Cuando el disco gira, su movimiento circular se transforma en movimiento alternativo de la varilla, el que se intercalan periodos de reposo. La diferencia entre el punto más alto del recorrido del vástago y el más bajo recibe el nombre de carrera de la leva. El perfil del disco determina el tipo de movimiento de la leva.

La **excéntrica** consiste básicamente en una pieza de forma geométrica diversa en la que el eje de giro no coincide con su eje geométrico. La distancia entre ambos ejes se denomina excentricidad.

Cuando se sitúa una pieza rectilínea llamada vástago en contacto con la excéntrica, el movimiento circular de esta se convierte en movimiento alternativo del vástago. La excéntrica más sencilla que se puede encontrar tiene forma de disco circular.

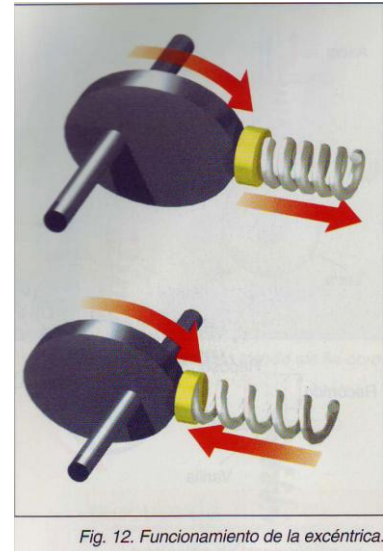
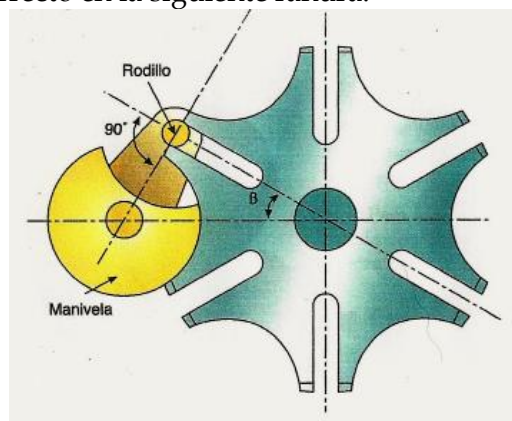


Fig. 12. Funcionamiento de la excéntrica.

Cruz de malta

La cruz de malta es un mecanismo que transforma el movimiento circular en un movimiento rotatorio intermitente. Durante una vuelta de la manivela, la rueda gira una fracción de vuelta, cantidad que depende del número de ranuras. El segmento circular que va unido a la manivela evita que la rueda gire cuando el rodillo está acoplado a una ranura, y coloca a la rueda para que el encaje del rodillo sea el correcto en la siguiente ranura.



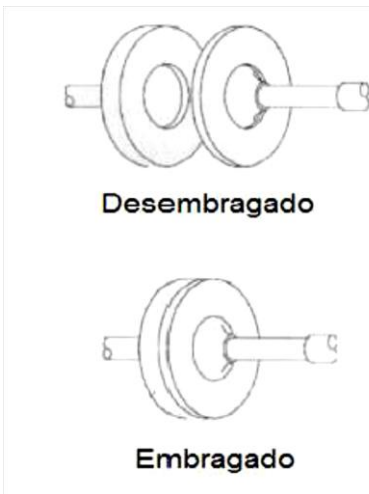
Una de las primeras aplicaciones de la cruz de malta fue la de dar cuerda al reloj. En la actualidad se emplea como elemento de máquinas automáticas, por ejemplo, en una fresadora con cambiador automático de herramienta. También se utiliza en proyectores de películas para proporcionar el avance intermitente de las mismas.

ACTIVIDADES

- 1 - Calcula el desplazamiento de la broca colocada en el portabrocas de un taladro de columna si el piñón tiene un módulo de 1'5mm y 20 dientes, y giramos la manivela tres vueltas.
- 2 - Determina el desplazamiento de una cremallera que engrana con un piñón de 20 dientes y módulo 1,25 mm cuando éste da dos vueltas completas.
- 3 - Calcula el paso de una cremallera que debe engranar con un piñón de 36 dientes y diámetro primitivo 54 mm.
- 4 - Averiguar el desplazamiento de una cremallera de módulo 1,5 mm por cada vuelta que da el piñón que engrana con ella y que tiene 24 dientes.
- 5 - Calcula el modulo que debe tener un piñón capaz de engranar con una cremallera cuyo paso circular es de 6,28 mm.
- 6 - Calcula cuantas vueltas hay que dar a una manivela para que el tornillo a ella acoplado avance 0,375 mm si el paso de rosca del tornillo es de 0,5 mm.
- 7 - El tornillo asociado a una manivela tiene un paso de rosca de 0,35 mm. Calcula el avance longitudinal cuando la manivela da cuatro vueltas completas.
- 8 - Al dar seis vueltas completas a una manivela, el tornillo asociado a ella avanza 1,8 mm. Calcula el paso de rosca.

TEMA 3 - OTROS ELEMENTOS DE MÁQUINAS

1 - Embragues



Es un elemento de máquinas que se encarga de transmitir, a voluntad del operario, el movimiento entre dos ejes alineados. Uno de ellos recibe el movimiento del motor (eje motriz), y el otro acoplado al eje de salida (eje conducido o resistente), que transmite el movimiento a los demás órganos. Cuando el embrague produce la transmisión entre ambos ejes, se dice que está en la posición de embragado. Por el contrario, si no se transmite el movimiento entre los ejes (cada eje puede girar a distinta velocidad), se dice que está en la posición desembragado.

Los embragues pueden ser de tres tipos:

1. Embrague de dientes
2. Embrague de fricción
3. Embrague hidráulico

Embrague de dientes

En este tipo de engranajes, los árboles que se van a acoplar llevan en sus extremos dos piezas dentadas que encajan una en la otra.

Para poder embragar y desembragar, es necesario que ambos árboles estén parados, ya que, si se intentan acoplar en movimiento, puede producirse la rotura de los dientes.

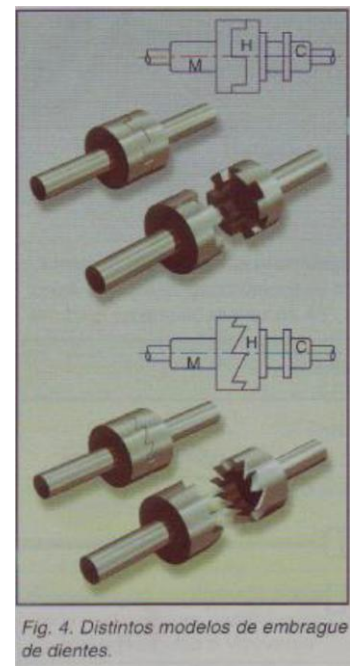


Fig. 4. Distintos modelos de embrague de dientes.

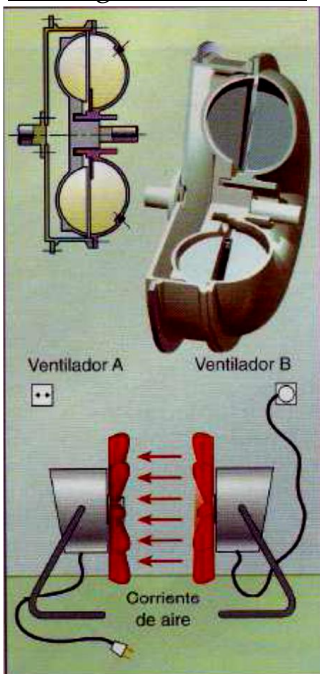
Embragues de fricción.

Fig. 5. Embrague hidráulico y principio de funcionamiento.

Consta de dos discos cuyas superficies son lisas y tienen un alto poder de fricción cuando se ponen en contacto. Este rozamiento acopla ambos ejes, igualando sus velocidades.

La fricción puede ser metal con metal o de metal con ferodo (un tipo de caucho).

Tienen la particularidad de que el embragado y el desembragado con los árboles de transmisión pueden realizarse en movimiento, siendo el arranque suave y continuo.

Un caso particular es el **embrague de fricción de disco**, cuya aplicación más característica es en automoción. Se utiliza para transmitir el movimiento del motor a las ruedas a voluntad del conductor. Para ello se dispone de un pedal (pedal del embrague) que al accionarlo mueve un mecanismo que se para los discos (posición de desembragado). Al soltar el pedal (progresivamente), el movimiento del motor se transmite a las ruedas (posición de embragado), porque los discos se acoplan.

Embrague hidráulico

Utilizan un fluido para transmitir el movimiento entre árboles conductores.

Un símil de este tipo de embrague podría ser el efecto que produce un ventilador eléctrico conectado delante de otro: la corriente de aire que provoca el primero hace girar al segundo.

Estos embragues constan de dos turbinas, solidarias cada una a un eje, sumergidas en un fluido dentro de una caja. Al girar el eje conductor, este hace mover la turbina, impulsada el fluido hacia la otra turbina y le transmite el movimiento.

2 - Frenos

Reducen o paran el movimiento de uno o varios elementos de una máquina cuando es necesario.

La energía mecánica se convierte en calorífica mediante la fricción entre dos piezas llamadas frenos. Los frenos más utilizados son los de **disco** y los de **tambor**.

Frenos de disco

Se componen básicamente de un disco, colocado en el eje de giro, y dos piezas o pastillas fijas que aplican sobre ambas caras del disco para reducir su movimiento.

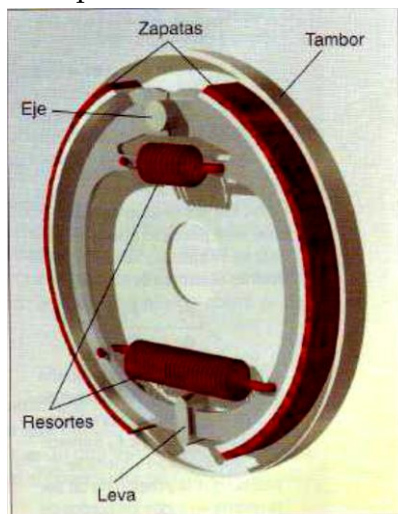


Fig. 7. Accionamiento mecánico de un freno de tambor.

Actualmente son el tipo de frenos más utilizado en los automóviles. Las pastillas están hechas de un material de fricción llamado ferodo y están fijas al chasis.

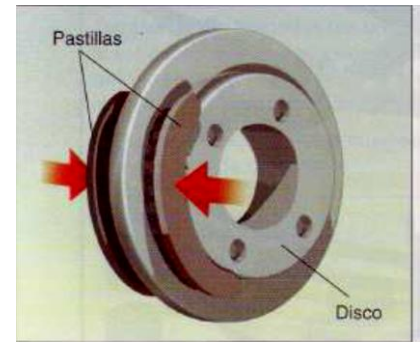


Fig. 6. Disposición de los elementos de un freno de disco.

Frenos de tambor

Constan de una pieza metálica cilíndrica que gira, denominada **tambor**, solidaria al árbol (en la rueda del vehículo), y un conjunto de dos zapatas que actúan sobre el tambor para que roce con el y producir su frenado. Las zapatas están fijas al chasis.

3 - Elementos de fricción

Las partes de una máquina que poseen movimiento de rotación necesitan apoyarse en una superficie para girar. Entre unas y otras se intercalan unos elementos especiales **llamados elementos de fricción**.

En definitiva, los elementos de fricción son elementos de máquinas que se sitúan entre una parte móvil y su soporte con el fin de soportar el rozamiento y el desgaste y evitar que este se produzca en otros elementos (de mayor coste).

Hay dos tipos: Cojinetes y rodamientos.

Cojinetes

Es una *pieza o conjunto de piezas donde se apoya y gira el eje de una máquina*. Los cojinetes son piezas fácilmente desmontables que se adaptan entre el eje y el soporte.

Se emplean porque si una pieza se mueve respecto a otra, se produce rozamiento y, por lo tanto, desgaste de las mismas.

Los cojinetes permanecen fijos al soporte y, durante el giro del eje, rozan con este. Son piezas de revolución, de manera que el diámetro interior donde se aloja el eje es superior al del propio eje, para facilitar su giro.

Los cojinetes se fabrican de diferentes materiales, generalmente más blandos que el que constituye el árbol o eje. De este modo, el rozamiento provoca el desgaste del cojinete.

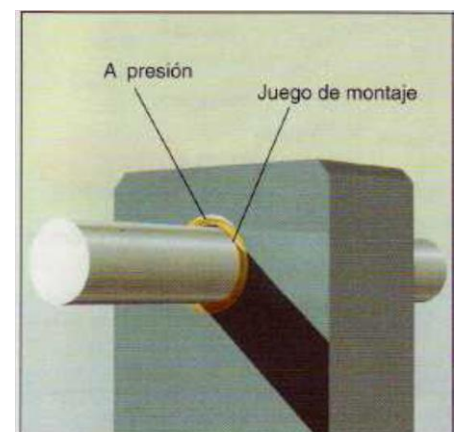


Fig. 10. Función del cojinete.

Rodamientos

Los rodamientos son elementos de fricción formados por dos cilindros concéntricos, uno fijo al soporte y otro fijo al eje o árbol, entre los que se intercala una corona de bolas o rodillos, que pueden girar entre ambos, lo cual proporciona una menor pérdida de energía.

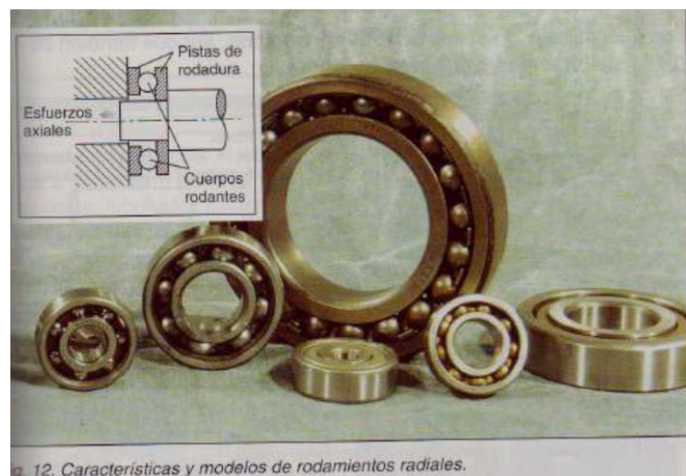


Fig. 12. Características y modelos de rodamientos radiales.

4 - Elementos elásticos

Son elementos que se encargan de almacenar o acumular una cierta cantidad de energía mecánica para devolverla en el momento necesario.

Los más relevantes son:

- Muelles o resortes
- Ballestas

Muelles o resortes

Son elementos elásticos que se deforman por la acción de una fuerza y que recuperan su forma inicial cuando cesa la fuerza deformadora.

Son sometidos, de forma temporal, a esfuerzos exteriores que los deforman y, así, acumulan energía potencial elástica. Cuando cesa la acción que los deforma, se libera la energía y produce un trabajo.

Existen varios tipos, entre los que se encuentran los de compresión, extensión, torsión y planos.



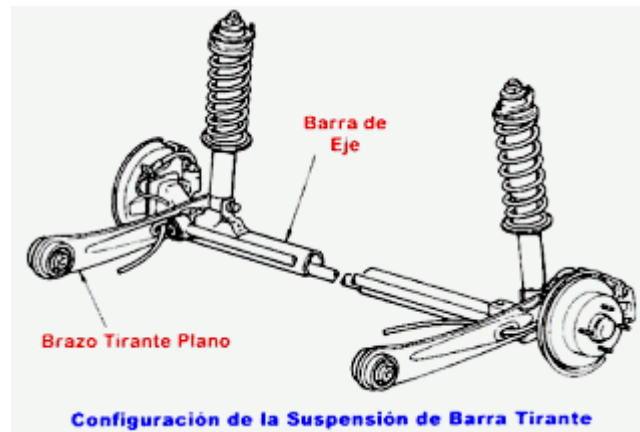
Compresión

extensión

torsión

planos

Los materiales usados en su fabricación son aceros y bronce (para pequeñas cargas).



Ballestas

Son elementos elásticos formados por láminas de acero de distinta longitud, unidas entre sí por medio de abrazaderas.

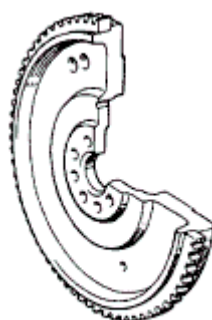
Están sometidos a esfuerzos de flexión, y se usan principalmente como elemento de suspensión en vehículos pesados. Cuando el vehículo circula por un terreno irregular, las vibraciones producidas son absorbidas por las ballestas que, al flexionarse, evitan que se transmitan a la carrocería del vehículo.



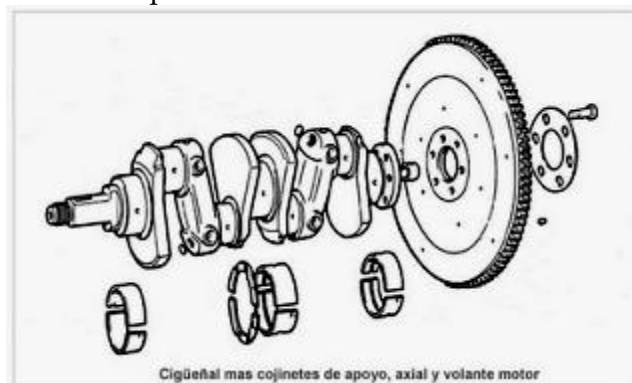
5 - Volante de inercia

Pertenece a los **acumuladores de energía**: elementos capaces de almacenar un tipo de energía y suministrarla posteriormente (volante de inercia y elementos elásticos).

Es un disco macizo, normalmente de fundición, que se monta en un eje con la misión de garantizar un giro regular del mismo. El disco tiene una masa elevada frente a la del eje. Las irregularidades del giro del eje se evitan gracias a la inercia de este disco, que frena el giro del eje cuando tiende a acelerarse y le obliga a girar cuando tiende a pararse. Con ello se consigue un giro más uniforme en el eje de salida de la máquina



Volante de Motor



Cigüeñal mas cojinetes de apoyo, axial y volante motor

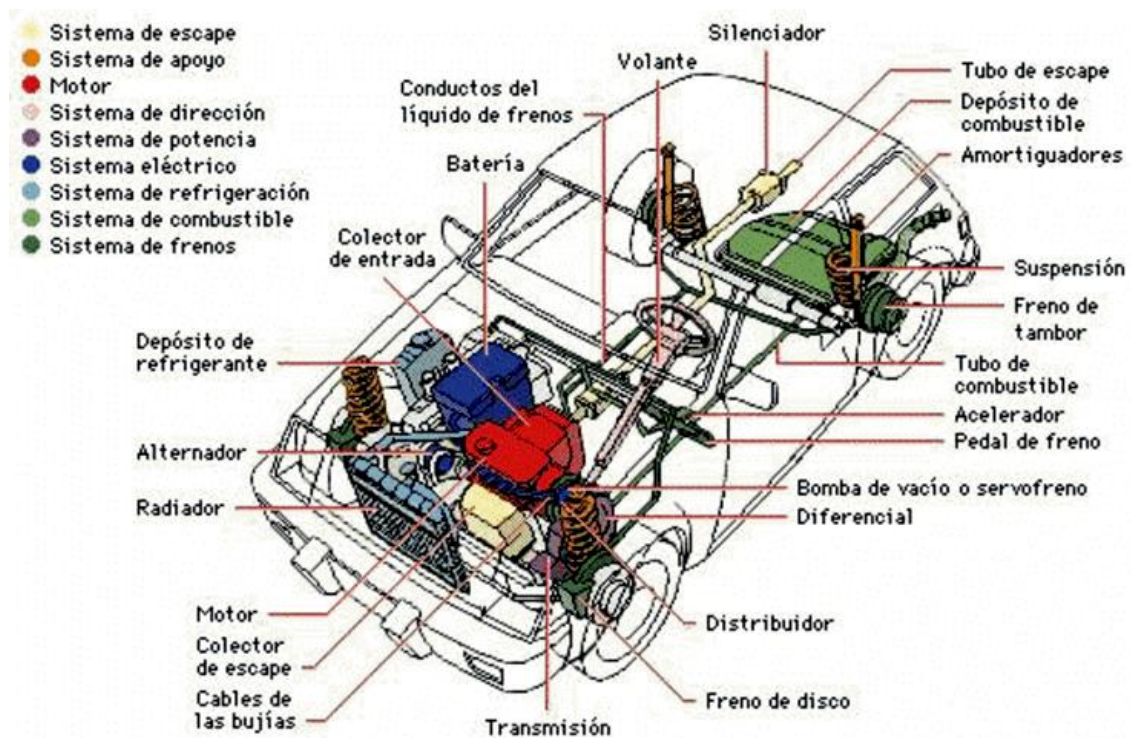
TEMA 4 - EL MOTOR DEL AUTOMÓVIL Y LA CAJA DE CAMBIOS

1. Introducción.

El coche se compone de muchas partes, empezando por el chasis (parte baja que soporta a todo lo demás sobre ella) y la carrocería (el envoltorio final).

El motor se monta normalmente sobre el chasis y en la parte delantera, y a él se acoplan otras partes importantes entre las que destaca por su importancia en cuanto a mecanismos, la caja de cambios.

También son importantes en cuanto a mecanismos la suspensión, la transmisión, los frenos, la dirección, etc. Pero, evidentemente, no lo podemos estudiar todo pues no es el fin de este curso. Por eso vamos a ver someramente las partes del motor y la caja de cambios.

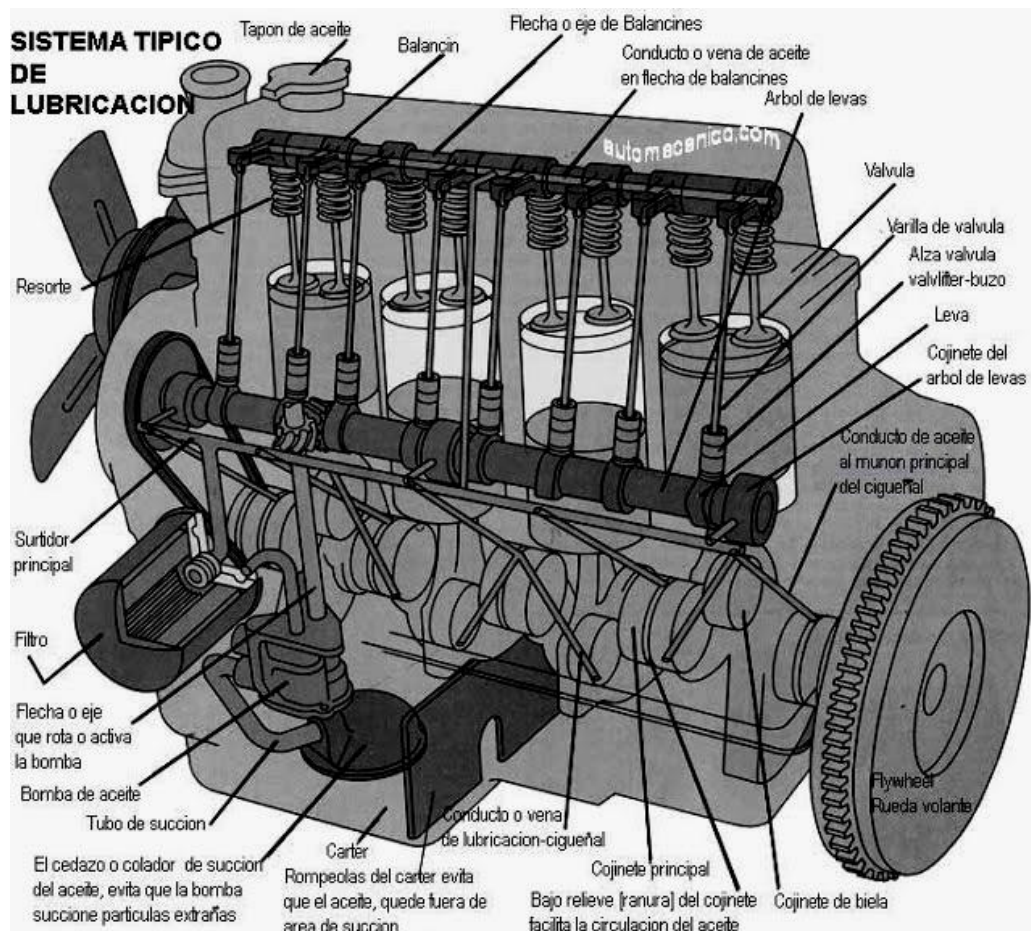
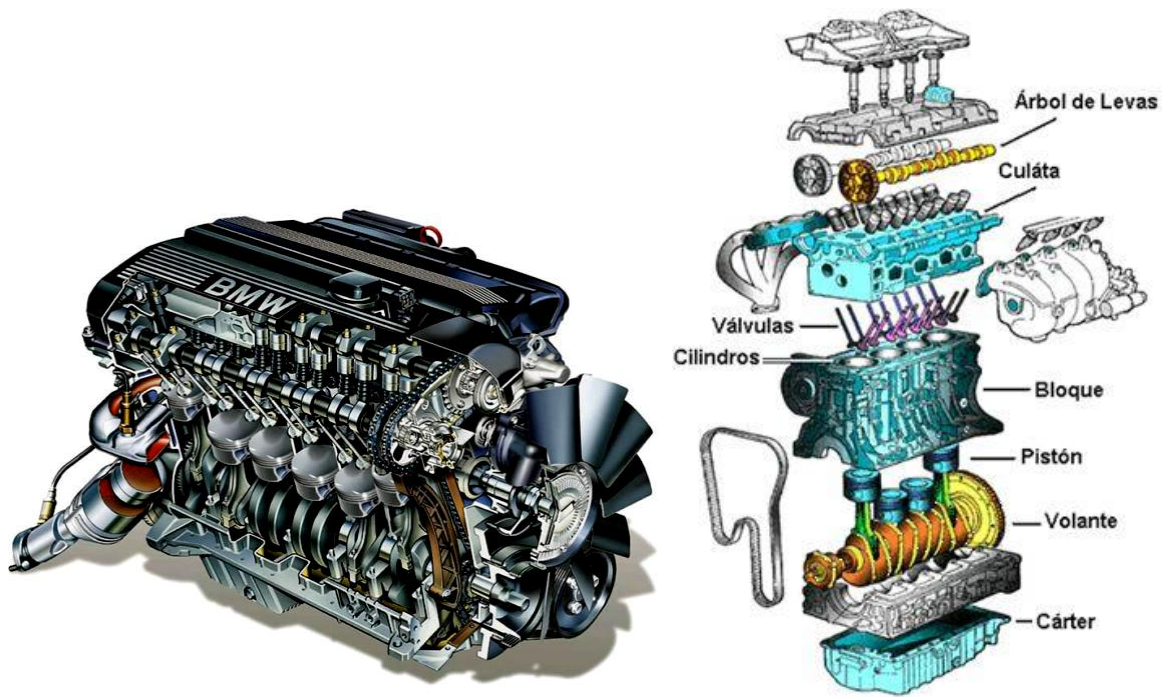


2. El Motor.

El motor de un automóvil requiere ser compacto y liviano de peso, que genere gran potencia, sea fácil de manejar, que raramente se averíe y que sea silencioso cuando opere. Por estas razones, los motores de gasolina y diesel son utilizados muy a menudo en automóviles.

En un motor de gasolina una mezcla de gasolina y aire es quemada en el interior de los cilindros. La presión generada es convertida, vía los pistones, bielas y cigüeñal, en fuerza motriz.

En un motor diesel, el aire que es admitido al interior de los cilindros es comprimido hasta el punto donde éste alcanza altas temperaturas. En este momento, el combustible es inyectado en forma pulverizada al interior de los cilindros, donde es encendido espontáneamente y quemado. La presión generada por este medio es convertida, vía los pistones, bielas y cigüeñal, en fuerza motriz.



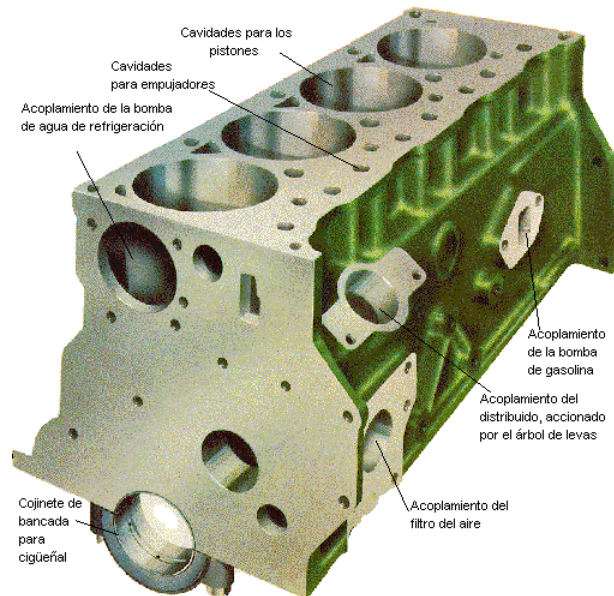
2.1. Partes principales del motor.

2.1.1. Bloque

Es la estructura básica del motor, en el mismo van alojados los cilindros, cigüeñal, árbol de levas, etc. Todas las demás partes del motor se montan en él.

Generalmente son de fundición de hierro o aluminio. Pueden llevar los cilindros en línea o en forma de V.

Lleva una serie de aberturas o alojamientos donde se insertan los cilindros, varillas de empuje del mecanismo de válvulas, conductos del refrigerante, los ejes de levas, apoyos de los cojinetes de bancada y en la parte superior lleva unos taladros donde se sujeta el conjunto.

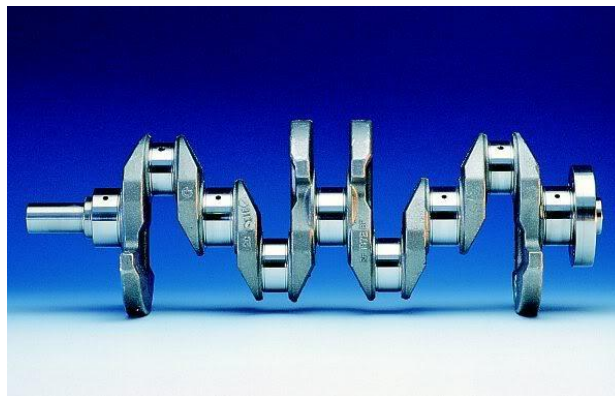


2.1.2. El cigüeñal

Es el componente mecánico que cambia el movimiento alternativo de las bielas en movimiento rotativo. Está montado en el bloque en los cojinetes principales los cuales están lubricados.

El cigüeñal se puede considerar como una serie de pequeñas manivelas, una por cada pistón. El radio del cigüeñal determina la

distancia que la biela y el pistón puede moverse. Dos veces este radio es la carrera del pistón.

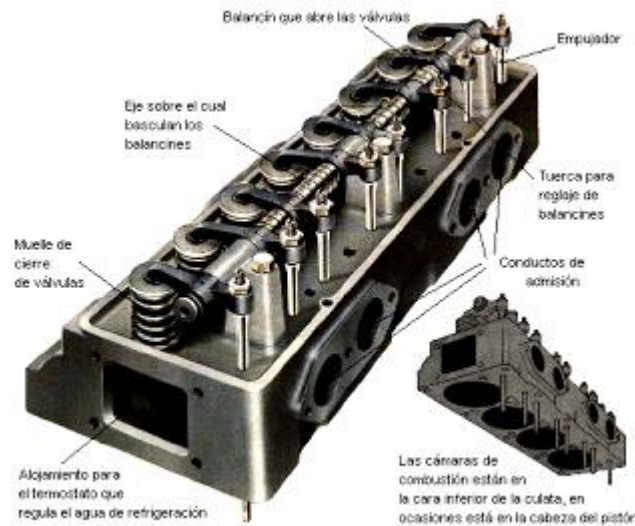


2.1.3. La Culata

Es el elemento del motor que cierra los cilindros por la parte superior. Pueden ser de fundición de hierro o aluminio. Sirve de soporte para otros elementos del motor como son: Válvulas, balancines, inyectores, etc. Lleva los orificios de los tornillos de

apriete entre la culata y el bloque, además de los de entrada de aire por las válvulas de admisión, salida de gases por las válvulas de escape, entrada de combustible por los inyectores, pasos de varillas de empujadores del árbol de balancines, pasos de agua entre el bloque y la culata para refrigerar, etc.

Entre la culata y el bloque del motor se monta una junta que queda prensada entre las dos a la que llamamos habitualmente junta de culata.



2.1.4. Las válvulas

Las válvulas abren y cierran las lumbreras de admisión y escape en el momento oportuno de cada ciclo. La de admisión suele ser de mayor tamaño que la de escape.

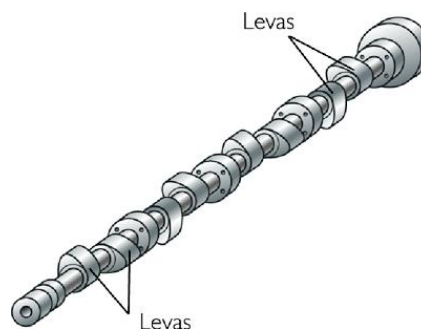
Las válvulas se cierran por medio de resortes y se abren por empujadores accionados por el árbol de levas. La posición de la leva durante la rotación determina el momento en que ha de abrirse la válvula.

Las válvulas disponen de una serie de mecanismos para su accionamiento, que varía según la disposición del árbol de levas.



2.1.5. El árbol de levas

Este elemento es utilizado para abrir las válvulas que va sincronizado con la distribución del motor y cuya velocidad de giro es la mitad que la del cigüeñal; por tanto, el diámetro de su engranaje será de un diámetro doble que el del cigüeñal. Asimismo, según su situación varía el mecanismo empujador de las válvulas.



2.1.6. Pistón

Se trata de un émbolo que se ajusta al interior de las paredes del cilindro mediante aros flexibles llamados *segmentos o anillos*. Efectúa un movimiento alternativo, obligando al fluido que ocupa el cilindro a modificar su presión y volumen o transformando en movimiento el cambio de presión y volumen del fluido.

Los pistones de motores de combustión interna tienen que soportar grandes temperaturas y presiones, además de velocidades y aceleraciones muy altas. Debido a estos se escogen aleaciones que tengan un peso específico bajo para disminuir la energía cinética que se genera en los desplazamientos. También tienen que soportar los esfuerzos producidos por las velocidades y dilataciones. El material más elegido para la fabricación de pistones es el aluminio y suelen utilizarse aleantes como: cobre, silicio, magnesio entre otros.



2.1.7. Biela

Se denomina biela a un elemento mecánico que sometido a esfuerzos de tracción o compresión, transmite el movimiento articulando a otras partes de la máquina. En un motor de combustión interna conectan el pistón al cigüeñal.

Actualmente las bielas son un elemento básico en los motores de combustión interna. Se diseñan con una forma específica para conectarse entre las dos piezas, el pistón y el cigüeñal. Su sección transversal o perfil puede tener forma de H, I o +. El material del que están hechas es de una aleación de acero, titanio o aluminio. En la industria automotor todas son producidas por forjamiento, pero algunos fabricantes de piezas las hacen mediante maquinado.



2.1.8. Cilindro o camisa

El cilindro de un motor es el recinto por donde se desplaza un pistón. Su nombre proviene de su forma, aproximadamente un cilindro geométrico.

En los motores tales como los utilizados en los vehículos, se dispone un ingenioso arreglo de cilindros junto con pistones, válvulas, anillos y otros mecanismos de regulación y transmisión, pues allí es donde se realiza la explosión del combustible, es el origen de la fuerza mecánica del motor que se transforma luego en movimiento del vehículo.

El cilindro es una pieza hecha con metal fuerte porque debe soportar a lo largo de su vida útil un trabajo a alta temperatura con explosiones constante de combustible, lo que lo somete a un trabajo excesivo bajo condiciones extremas. Una agrupación de cilindros en un motor constituye el núcleo del mismo, conocido como bloque del motor.

El diámetro y la carrera del cilindro, o mejor la cilindrada, tienen mucho que ver con la potencia que el motor ofrece, pues están en relación directa con la cantidad de aire que admite para mezclarse con el combustible y que luego explota, generando con ello el movimiento mecánico que finaliza con el desplazamiento del vehículo hacia otra posición.



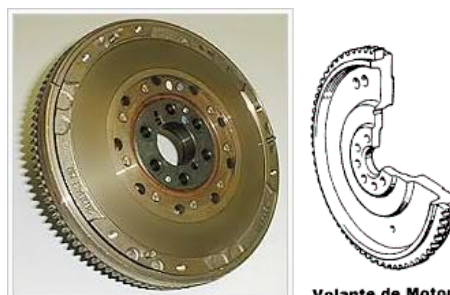
2.1.9. La bujía

Electrodo recubierto con un material aislante de cerámica. En su extremo superior se conecta uno de los cables de alta tensión o voltaje procedentes del distribuidor, por donde recibe una carga eléctrica de entre 15 mil y 20 mil volt aproximadamente. En el otro extremo la bujía posee una rosca metálica para ajustarla en la culata y un electrodo que queda situado dentro de la cámara de combustión.



2.1.10. Volante del motor

En un motor de gasolina de cuatro tiempos, el cigüeñal gira solamente media vuelta por cada explosión que se produce en la cámara de combustión de cada pistón; es decir, que por cada explosión que se produce en un cilindro, el cigüeñal debe completar por su propio impulso una vuelta y media más, correspondientes a los tres tiempos restantes. Por tanto, mientras en uno de los tiempos de explosión el pistón "entrega energía" útil, en los tres tiempos restantes "se consume energía" para que el cigüeñal se pueda mantener girando por inercia. Esa situación obliga a que parte de la energía que se produce en cada tiempo de explosión sea necesario acumularla de alguna forma para mantener girando el cigüeñal durante los tres tiempos siguientes sin que pierda impulso. De esa función se encarga una masa metálica denominada volante de inercia, es decir, una rueda metálica dentada, situada al final del eje del cigüeñal, que absorbe o acumula parte de la energía cinética que se produce durante el tiempo de explosión y la devuelve después al cigüeñal para mantenerlo girando. Cuando el motor está parado, el volante también contribuye a que se pueda poner en marcha, pues tiene acoplado un motor eléctrico de arranque que al ser accionado obliga a que el volante se mueva y el motor arranque. En el caso de los coches y otros vehículos, la rueda del volante está acoplada también al sistema de embrague con el fin de transmitir el movimiento del cigüeñal al mecanismo diferencial que mueve las ruedas del vehículo.

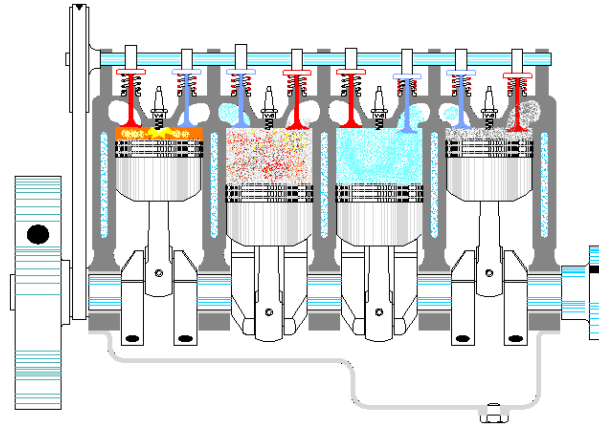


Volante de Motor

2.2. Funcionamiento.

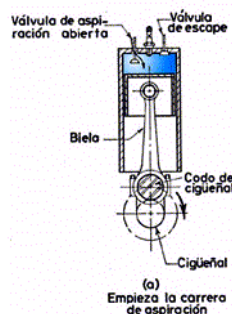
En un motor de gasolina, las bujías encienden la mezcla de aire-combustible consistente en aire y gasolina, creando la combustión en el interior de los cilindros. La presión generada allí empuja al pistón hacia abajo. Este movimiento es convertido por el cigüeñal, al cual los pistones están conectados mediante las bielas en movimiento rotatorio. A fin de obtener fuerza continua desde el motor, es necesario extraer los gases innecesarios creados en los procesos de combustión y suministrar nueva mezcla de aire combustible dentro de los cilindros en una forma cíclica.

A fin de que un motor de gasolina se mueva continuamente, el movimiento requerido por la combustión debe ser repetido en una secuencia constante. Primero, la mezcla aire-combustible es tomada dentro del cilindro, esto luego es comprimido y quemado, y después los gases de combustión generados por el combustible quemado son extraídos desde el cilindro. De este modo, un motor en el cual los pistones van a través de cuatro tiempos: admisión, compresión, combustión y escape; es llamado un motor de cuatro ciclos.



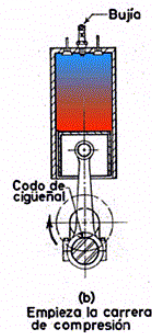
2.2.1. Admisión

Al inicio de este tiempo el pistón se encuentra en el PMS (Punto Muerto Superior). En este momento la válvula de admisión se encuentra abierta y el pistón, en su carrera o movimiento hacia abajo va creando un vacío dentro de la cámara de combustión a medida que alcanza el PMI (Punto Muerto Inferior), ya sea ayudado por el motor de arranque cuando ponemos en marcha el motor, o debido al propio movimiento que por inercia le proporciona el volante una vez que ya se encuentra funcionando. El vacío que crea el pistón en este tiempo, provoca que la mezcla aire-combustible que envía el carburador al múltiple de admisión penetre en la cámara de combustión del cilindro a través de la válvula de admisión abierta.



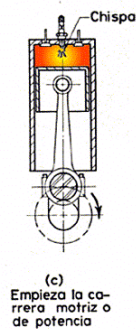
2.2.2. Compresión

Esta es la carrera en la cual la mezcla de aire-combustible es comprimida. Ambas válvulas, de admisión y escape, están cerradas. Como el pistón se eleva desde PMI (punto muerto inferior) a PMS (punto muerto superior), la mezcla aire-combustible es comprimida. Como resultado, ambas, la presión y la temperatura se incrementan para facilitar la combustión. El cigüeñal ha hecho una revolución completa cuando se alcanza el PMS.



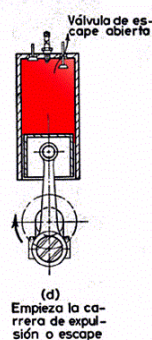
2.2.3. Combustión (Potencia)

Esta es la carrera en la cual el motor genera fuerza motriz para el vehículo. Justo antes que el pistón alcance el PMS durante la carrera de compresión, las bujías encienden la mezcla de aire-combustible comprimida. El quemado del gas a alta presión fuerza el pistón hacia abajo. Esta fuerza se convierte en potencia del motor.



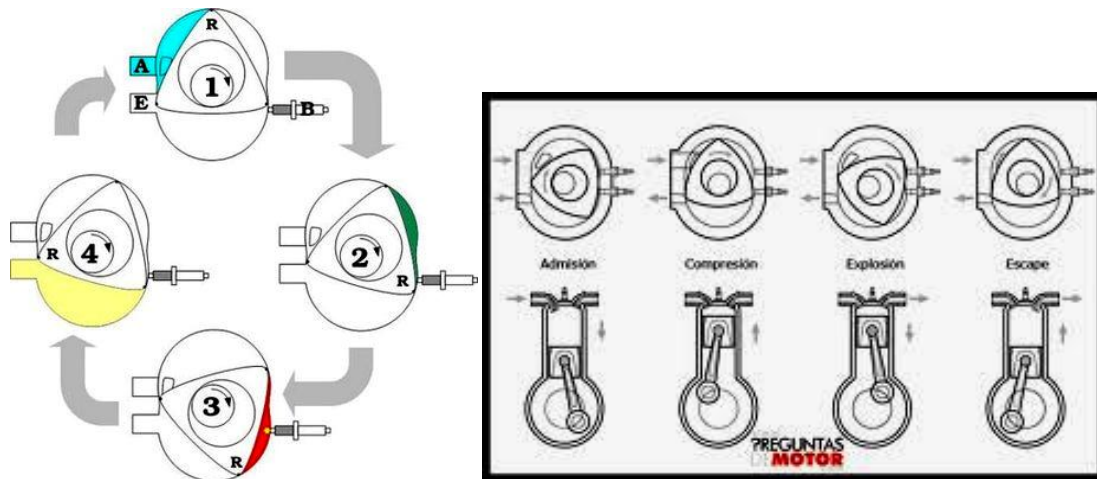
2.2.4. Escape

Esta es la carrera en la cual el gas quemado es descargado desde el cilindro. La válvula de escape está abierta y el pistón se mueve hacia arriba desde el PMI al PMS, forzando el gas quemado (gases de escape) desde el cilindro.



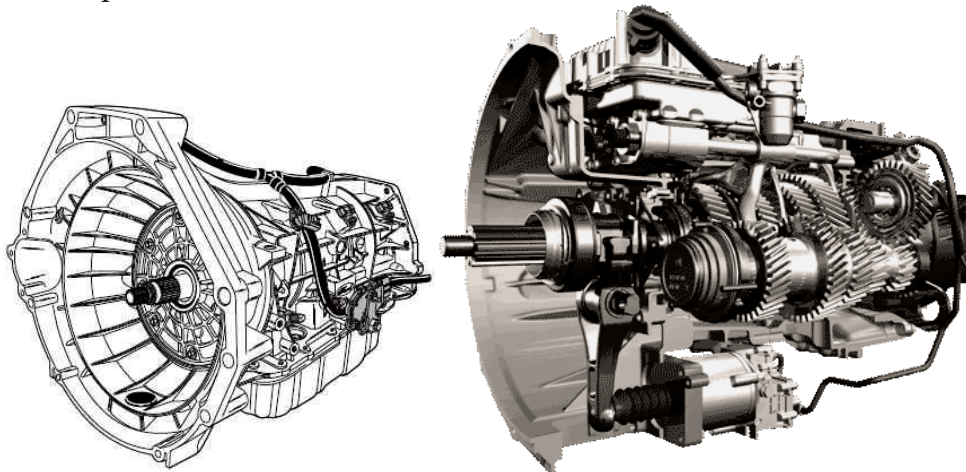
De esta forma se completan los cuatro tiempos del motor, que continuarán efectuándose ininterrumpidamente en cada uno de los cilindros, hasta tanto se detenga el funcionamiento del motor.

Conviene saber que existe también en el mercado un motor de gasolina de cuatro tiempos que no usa cilindros ni bielas y demás y que se usa desde hace mucho tiempo de forma más restrictiva en varios modelos de coches y que si no ha triunfado es por el amplio uso del motor tradicional, y es el motor Wankel del que no vamos a hablar pero del que vamos a ver la siguiente imagen:



3. La caja de cambios.

Una caja de velocidades, tiene la función de recibir las revoluciones del motor, y transmitir las hacia las ruedas impulsoras.



En consecuencia cuando el vehículo está parado debemos soltar el pedal poco a poco, de esta manera, la prensa dejara que el disco de embrague, tome las rpm del motor, primero acariciando, y luego pegándose a la rueda volante; en la medida que el vehículo empiece su movimiento hacia adelante o hacia atrás

Cuando el vehículo esta en movimiento el acople con suavidad es relativo debido a que en esta etapa solo se deja de acelerar y se pisa el pedal para hacer el cambio de velocidad, luego se suelta el pedal y se sigue acelerando.

Si el motor trasladara sus revoluciones, directamente a las ruedas que ejercen la tracción, el acople sería tan brusco que el motor se ahogaría (se apaga el motor).

Es, este el motivo, o la razón por la que se hace necesaria la instalación de una caja de velocidades, la cual sirve para administrar las revoluciones del motor .

La rueda volante pertenece al motor. En ella se acopla el disco de embrague. El disco de embrague sirven para dar suavidad, o amortiguar el acople del motor con la caja de velocidades. Se llama diferencial a la parte que se conecta con los ejes que transmiten la revoluciones de la caja hacia las ruedas que mueven el vehículo.

Todos estos engranes están colocados de tal forma, que cuando se mueve la palanca de cambios, se está seleccionando el engranaje que se desea activar, lo que quiere decir que para que un engranaje mueva a otro, primero deben acoplarse; a este acoplamiento se le llama cambio de velocidad.

Para que un engranaje se acople en posición de trabajo, se sirve de un **collar o sincronizador**. El collar tiene la función de unir o conectar dos engranajes, de esta manera transfiere la rotación de un engranaje a otro. Al momento de hacer el cambio, el collar se mueve a una posición neutral.

Por lo regular el collar tiene tres posiciones : [CAMBIO -NEUTRO- CAMBIO]. Lo que quiere decir, que al hacer un cambio, el collar se desacopla de una posición y pasa a otra.

El sistema de cambio de marchas manual ha evolucionado notablemente desde los primeros mecanismos de caja de cambios de marchas manuales sin dispositivos de sincronización hasta las actuales cajas de cambio sincronizadas de dos ejes. Independientemente de la disposición transversal o longitudinal y delantera o trasera, las actuales cajas de cambios manuales son principalmente de dos tipos:

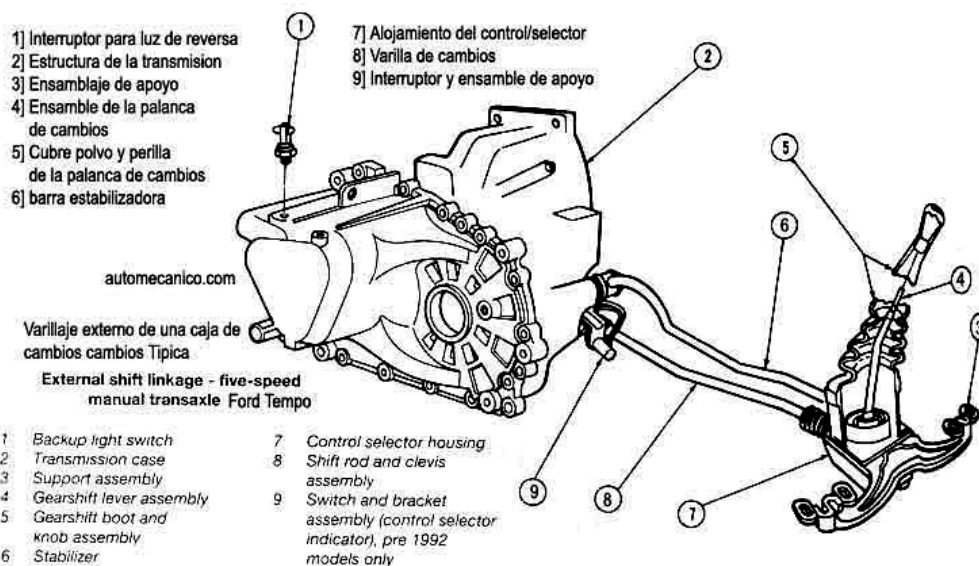
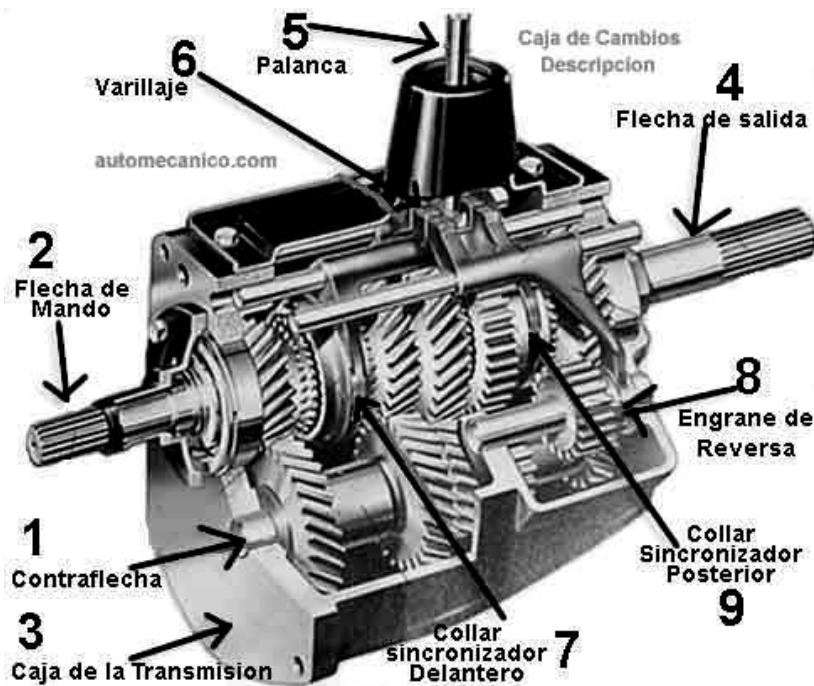
- **De tres ejes**: un eje primario recibe el par del motor a través del embrague y lo transmite a un eje intermediario. Éste a su vez lo transmite a un eje secundario de salida, coaxial con el eje primario, que acciona el grupo diferencial.
- **De dos ejes**: un eje primario recibe el par del motor y lo transmite de forma directa a uno secundario de salida de par que acciona el grupo diferencial. Es la más que se usa.

En ambos tipos de cajas manuales **los piñones utilizados actualmente en los ejes son de dentado helicoidal**, el cual presenta la ventaja de que la transmisión de par se realiza a través de dos dientes simultáneamente en lugar de uno como ocurre con el dentado recto tradicional siendo además la longitud de engrane y la capacidad de carga mayor. Esta mayor suavidad en la transmisión de esfuerzo entre piñones se traduce en un menor ruido global de la caja de cambios. En la marcha atrás se pueden utilizar piñones de dentado recto ya que a pesar de soportar peor la carga su utilización es menor y además tienen un coste más reducido. En la actualidad el engrane de las distintas marchas se realiza mediante dispositivos de **sincronización o "sincronizadores"** que igualan la velocidad periférica de los ejes con la velocidad interna de los piñones de forma que se consiga un perfecto engranaje de la marcha sin ruido y sin peligro de posibles roturas de dentado. Es decir, las ruedas o piñones están permanentemente engranadas entre sí de forma que una gira loca sobre uno de los ejes que es el que tiene que engranar y la otra es solidaria en su movimiento al otro eje. El sincronizador tiene, por tanto, la función de un embrague de fricción progresivo entre el eje y el piñón que gira libremente sobre él. Los sincronizadores suelen ir dispuestos en cualquiera de los ejes de forma que el volumen total ocupado por la caja de cambios sea el más reducido posible.

Todos los piñones están alojados repartidos en los árboles primario y secundario. Los piñones de 1ª y 2ª marcha se conectan sobre el árbol secundario; los de 3ª, 4ª y 5ª marchas se conectan sobre el árbol primario. El dentado de estos piñones es helicoidal. El piñón de marcha atrás tiene dentado recto. La inversión del sentido de giro sobre el árbol secundario se realiza con ayuda de un piñón intermediario.

El dentado para la 1ª, 2ª y marcha atrás forma parte del árbol primario. El cojinete para la 5ª marcha se aloja en un casquillo por el lado del árbol. Los cojinetes para los piñones de 3ª y 4ª marchas funcionan directamente sobre el árbol primario.

El eje primario siempre está girando, independientemente de la marcha engranada, de manera proporcional a las revoluciones del motor ya que está unido a éste.

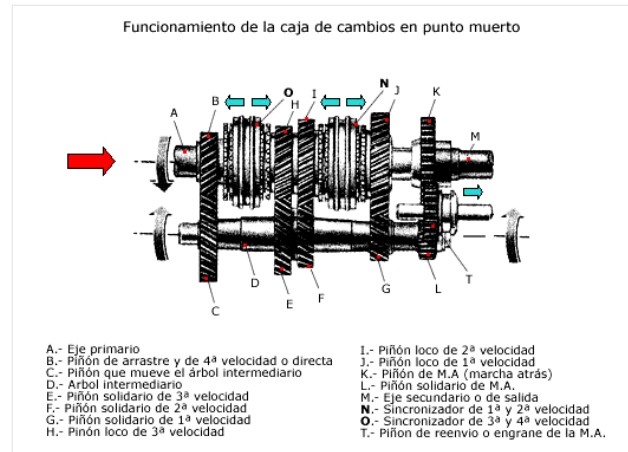
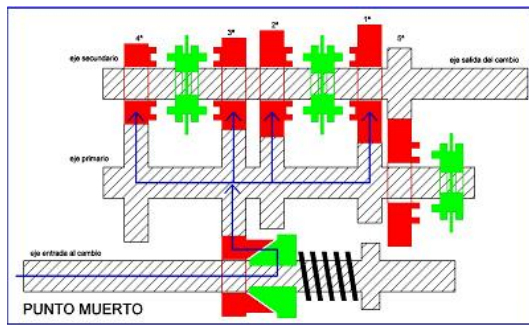


3.1. Punto Muerto

El eje de entrada al cambio imprime su rotación al casquillo con conexión elástica al piñón de transferencia, el cual actúa sobre el tercer engranaje del primario. De esta forma se entiende que el eje primario siempre está girando.

Los piñones de las cuatro primeras velocidades del primario hacen girar a sus cuatro homólogos en el secundario, los cuales, al no conectarse con los manguitos de conexión en el secundario, hacen que éstos y su eje se mantengan sin rotación. En este caso, los piñones de 5ª velocidad tampoco giran.

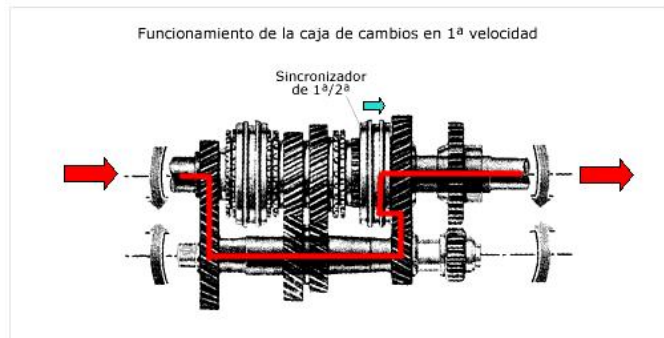
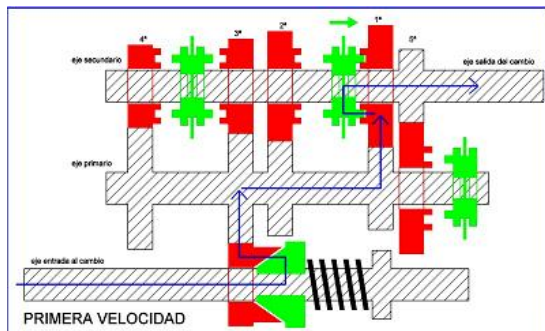
En consecuencia, en punto muerto, no se transmite potencia, debido a que todos los engranes están desacoplados girando libremente.



3.2. Primera velocidad

Al engranar la primera velocidad, el tambor del selector gira y hace desplazarse la horquilla (collar sincronizador) de 1ª a 2ª, desplazando el manguito, el cual engrana con el piñón de 1ª velocidad en el secundario transmitiéndole el movimiento. De esta forma, la rotación del engranaje de primera velocidad se transmite a su manguito, y por consiguiente al eje de salida del cambio.

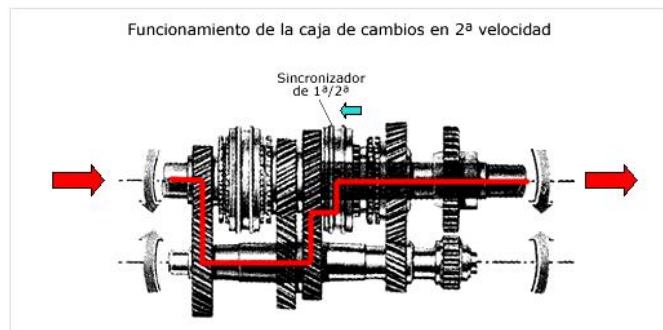
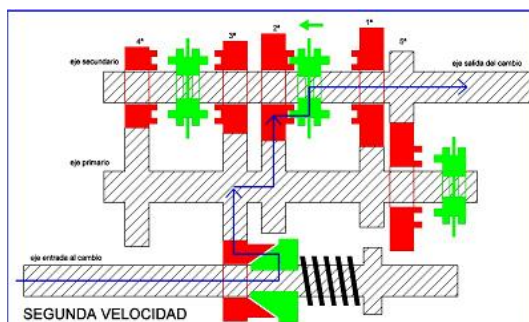
El desplazamiento del vehículo es de la más baja velocidad y el máximo par.



3.3 Segunda velocidad

El tambor del selector gira en sentido inverso (pasando por el punto muerto) y desplaza ahora el manguito para engranarlo con el piñón de segunda velocidad en el secundario, que es el que imprime ahora rotación al mismo, es decir, la horquilla, desliza o separa el collar del engrane de primera y lo acopla en el engrane correspondiente a segunda.

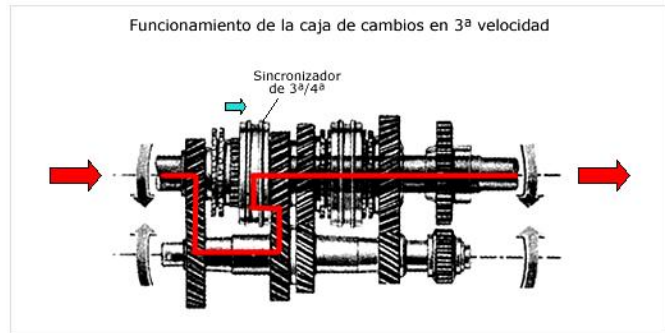
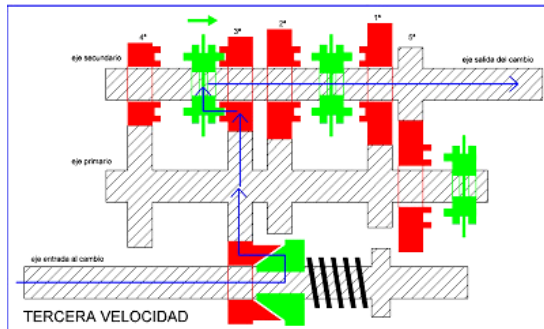
En consecuencia la torsión o fuerza y el par son menores que en la primera, pero el vehículo puede desplazarse a mayor velocidad.



3.4. Tercera velocidad

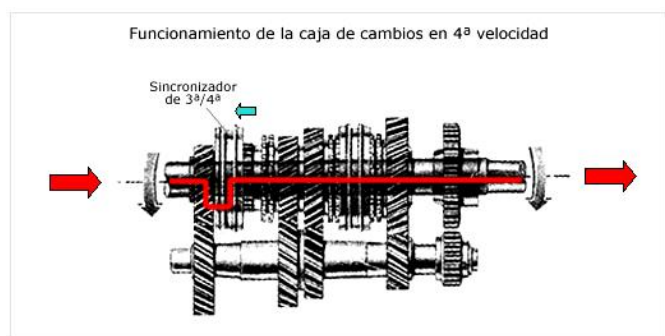
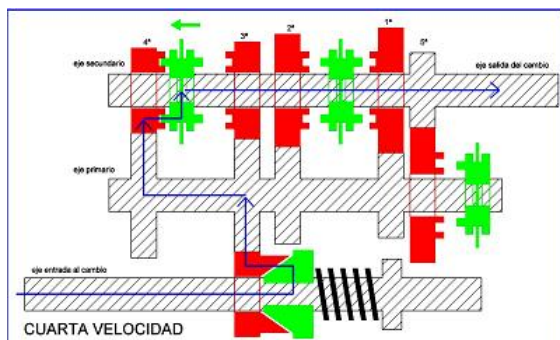
En tercera, el collar que acopla los engranes de primera o segunda velocidad se desacopla, y el collar delantero se acopla en el engrane de tercera.

La torsión o fuerza es menor y el par, pero el desplazamiento del vehículo es mayor.



3.5 Cuarta velocidad

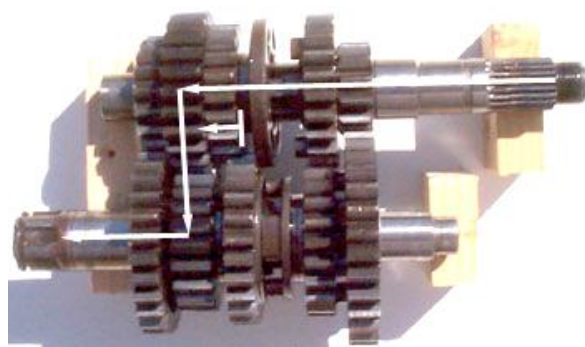
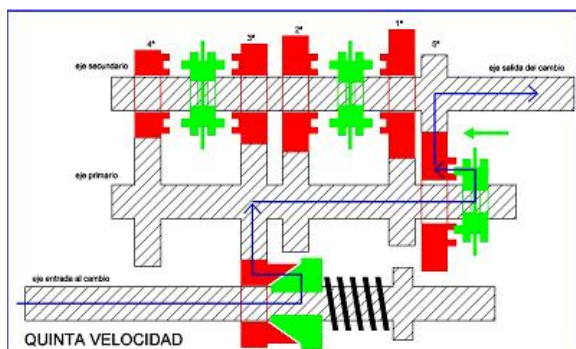
El desplazamiento del sincronizador de 3ª a 4ª para engranarlo con el piñón de cuarta velocidad en el secundario, obteniéndose una conexión directa sin reducción de velocidad. Por eso a este cambio se le conoce como directo. En esta velocidad se obtiene una transmisión de giro sin reducción de la velocidad. La velocidad del motor es igual a la que sale de la caja de cambios, por ello aumenta la velocidad y el par disminuye.



3.5. Quinta velocidad

La quinta velocidad se engrana de forma diferente, pues en este caso el piñón fijo se halla en el secundario, y el manguito y el piñón de rotación libre en el primario.

En esta velocidad se obtiene una reducción de giro menor que en el caso anterior, por ello aumenta la velocidad y el par disminuye.

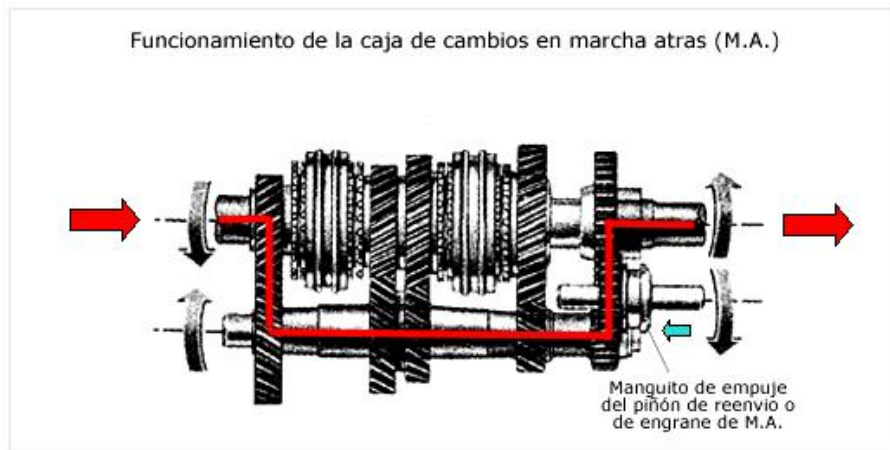


3.6. Marcha atrás

Los collares se desacoplan, y el pequeño engrane de dientes rectos, al cual se le conoce como engrane loco, se acopla al engrane unido al eje primario de dientes rectos. El pequeño engrane debido a su posición intermedia, invierte la rotación de este engranaje, logrando con esto que el vehículo retroceda.

En este caso observemos que este engranaje se mantiene separado del engrane pequeño del tren fijo. Por esta razón, el pequeño engranaje loco, se coloca entre los dos, y recibe el giro de la

contraflecha, lo cual tiene como consecuencia invertir la rotación del engranaje unido al eje primario.



ACTIVIDADES

1- Calcular la relación de transmisión para todas las velocidades en la caja de cambios de la tabla y la velocidad del eje secundario en cada caso, si el motor gira a 4000 rpm:

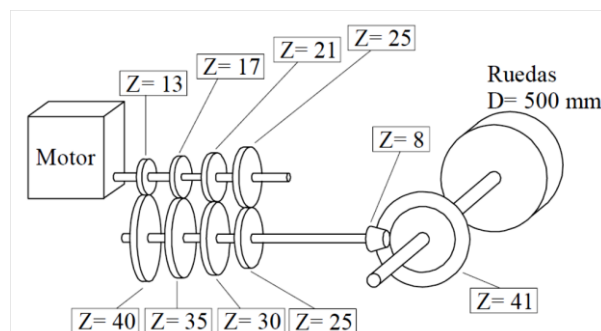
Velocidades	Piñón eje primario	Rueda eje secundario
Primera	12	40
Segunda	12	36
Tercera	16	32
Cuarta	20	27
Quinta	25	24
Marcha atrás	28	40

2 - Una caja de cambios tiene cuatro marchas hacia adelante. Sabiendo que las ruedas dentadas de cada marcha son las del cuadro, calcula:

- La relación de transmisión en cada marcha.
- La velocidad de giro de cada marcha si el motor gira a 1000 rpm.
- El par en cada marcha si el par motor es de 500Nm.

	PRIMARIO	SECUNDARIO
1ª	12	39
2ª	20	37
3ª	25	34
4ª	29	31

3 - Un motor desarrolla una potencia de 45 CV cuando gira a 1000 r.p.m. Se va a acoplar este motor a un coche con una transmisión de las siguientes características:



Calcular:

- El par motor en Nm
- La relación de transmisión de la caja de cambios en cada marcha.
- La velocidad de giro de salida de la caja (el motor gira a 1000 rpm)
- El par a la salida de la caja.
- La relación de transmisión del grupo cónico.
- La velocidad de giro de las ruedas en cada marcha.
- El par en las ruedas
- La velocidad de desplazamiento del vehículo.

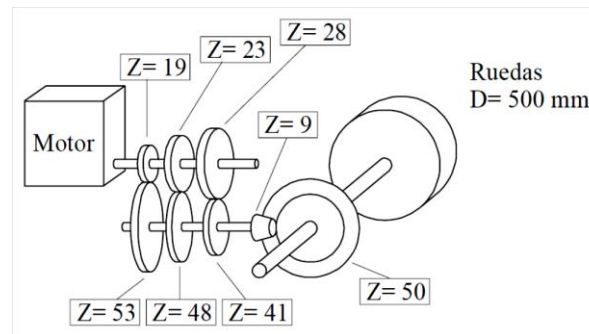
4 - Se dispone de la siguiente caja de velocidades:

Velocidades	Piñón eje primario	Rueda eje secundario
Primera	12	39
Segunda	20	37
Tercera	25	34
Cuarta	29	31

Quinta	35	28
Marcha atrás	12	40

- El motor gira a 3500 rpm, calcular la relación de transmisión para cada velocidad entre el eje primario de la caja de velocidades y el eje de la rueda.
- Calcula la velocidad en km/h en cada una de las velocidades sabiendo que el diámetro de la rueda es de 58cm.

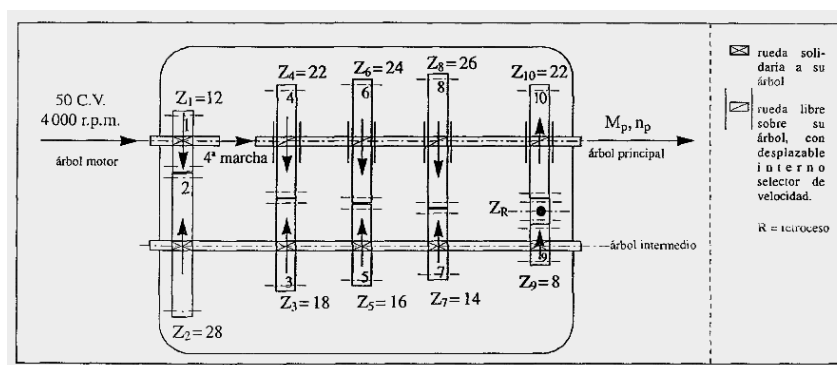
5 - El motor de un vehículo desarrolla una potencia de 25 CV cuando gira a 1000 r.p.m. Este motor se acopla a una transmisión de las siguientes características:



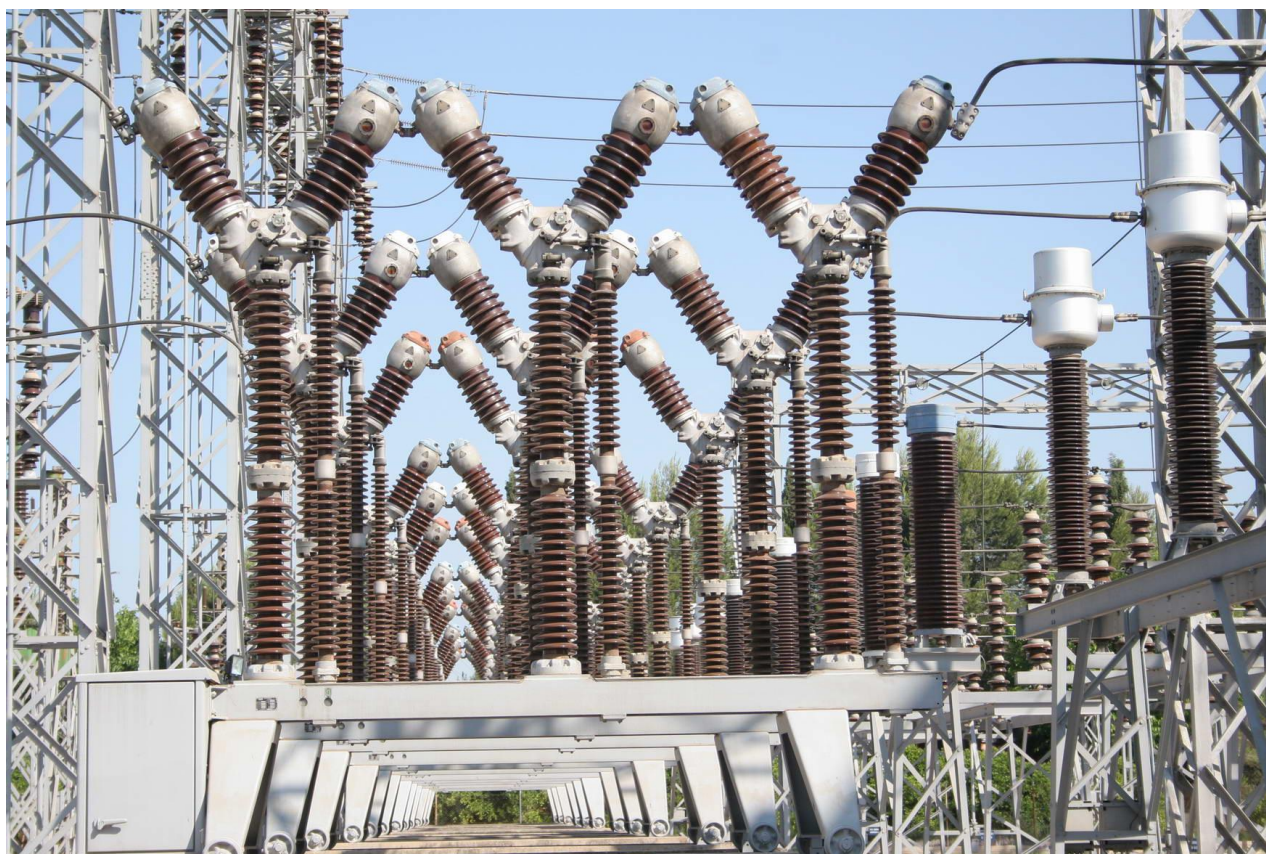
Calcular la velocidad del vehículo en Km/h cuando el motor gira a 1000 r.p.m. y el par en Nm en las ruedas en cada una de las marchas.

6 - La figura inferior representa una caja de cambios moderna de ruedas de toma constante. Tiene cuatro velocidades y marcha atrás. Las dimensiones y características de sus componentes se indican sobre el dibujo. Se pide:

- Funcionamiento de la caja.
- Las relaciones de transmisión parciales y las totales de la caja. Indicar si son reductoras o multiplicadoras.
- Tabla de las velocidades de rotación en el árbol de salida (principal).
- Momentos de giro en el árbol principal. Comprobar la conservación de potencias para la primera marcha.



BLOQUE DE ELECTRICIDAD



TEMA - ELECTRICIDAD**Introducción.**

La electricidad es fundamental en nuestra sociedad. No concebimos ya nuestro día a día sin ella. Por eso es tan importante entender cómo se produce este tipo de energía y cómo utilizarla adecuadamente.

En la actualidad, gracias al avanzado estado de la tecnología, disponemos de un gran número de máquinas que nos facilitan los trabajos y mejoran nuestra calidad de vida. Basta pensar en ascensores, automóviles, trenes, electrodomésticos, computadores, etc., para darnos cuenta de esta realidad.

Todas estas máquinas y sistemas, para funcionar, necesitan energía que, por lo general, se producirá en un lugar alejado del de consumo.

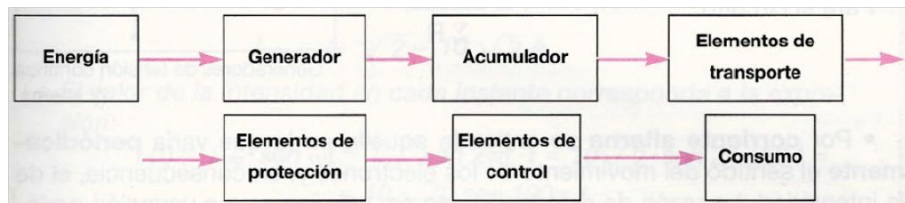
La transmisión de energía desde un lugar a otro se realiza mediante una serie de elementos que forman un circuito.

1. Concepto genérico de circuito. Elementos activos y pasivos.

Se denomina circuito a un conjunto de elementos que tienen como misión transportar energía desde un punto de generación hasta un lugar de consumo.

Este transporte de energía se realiza por medio de cargas eléctricas en los **circuitos eléctricos**; mediante un fluido líquido en los **circuitos hidráulicos**, o un fluido gaseoso en los **circuitos neumáticos**.

A pesar de la disparidad que existe entre ellos, todos estos circuitos poseen por lo general una estructura en común, que se representa en el siguiente esquema:



El elemento **generador** se encarga de transformar la energía de entrada al circuito, para poner en movimiento las cargas eléctricas o el fluido. Es el elemento **activo** del circuito, a diferencia de todos los demás, que son **pasivos**.

En ocasiones es necesario tener almacenada parte de esta energía modificada, tarea que realiza el **acumulador**.

Los **elementos de transporte** llevan las cargas eléctricas, o el fluido, desde las inmediaciones del acumulador hasta los centros de consumo. En esta parte del circuito, la energía contenida en el fluido o en las cargas eléctricas se cede al elemento receptor.

En los circuitos existen también **elementos de protección** que, en caso de fallos en alguna de sus partes o zonas, protegen a las partes restantes; y **elementos de control**, con los que se puede dosificar la energía que se suministra al elemento de consumo.

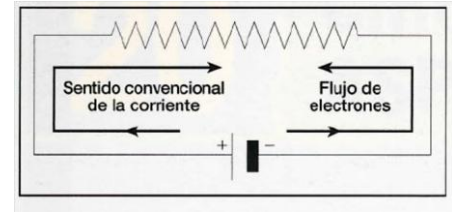
2. Circuitos eléctricos. Generalidades.

Los circuitos eléctricos deben entenderse siempre como **cerrados**; es decir, los **electrones**, como partículas portadoras de carga eléctrica, deben recorrer un camino de ida desde el **generador** -o centro de producción de corriente- hasta el **receptor** -o centro de consumo-; y otro de retorno, desde éste hasta aquél.

2.1. Corriente eléctrica. Intensidad de corriente.

La carga eléctrica que pasa por una sección del conductor en la unidad de tiempo se denomina **intensidad de corriente**; y su valor, expresado en unidades del Sistema Internacional, se mide en **amperios (A)**.

Como sabes, el sentido real del movimiento de los electrones es opuesto al de las cargas positivas, que se considera como convencional.



2.2. Corriente continua y corriente alterna.

- Por **corriente continua** se entiende aquélla en la que el sentido del movimiento de los electrones es siempre el mismo y, consecuentemente, también lo es el de la intensidad. Si, como sucede con frecuencia, es constante la diferencia de potencial que existe en los bornes del generador, también lo será el valor de la intensidad, cumpliéndose -en cada caso correspondiente la ley de Ohm para un hilo conductor y la generalizada al circuito:

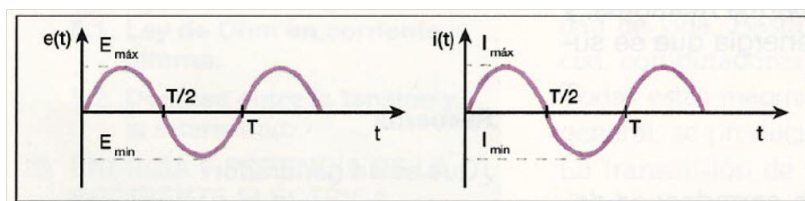
Para un hilo conductor:	$I = \frac{V_A - V_B}{R}$	Generadores de tensión continua y alterna.
Para el circuito:	$I = \frac{\sum E}{\sum R}$	

- Por **corriente alterna** se entiende aquélla en la que varía **periódicamente** el sentido del movimiento de los electrones y, en consecuencia, el de la intensidad. La razón de este fenómeno es, asimismo, una variación periódica en la polaridad producida en los bornes del generador. En una corriente alterna, al no ser constante la diferencia de potencial en los bornes del generador, tampoco lo es el valor de la intensidad de corriente. Los valores instantáneos (en un instante determinado) de la tensión y de la intensidad vienen dados por las expresiones:

$$e(t) = E_{\text{máx}} \cdot \text{sen } \omega t \text{ (tensión instantánea)}$$

$$i(t) = I_{\text{máx}} \cdot \text{sen } \omega t \text{ (intensidad instantánea)}$$

que, como se ve, son funciones senoidales y, consecuentemente, periódicas. Las representaciones gráficas de estas funciones se recogen en las figuras siguientes:



Y donde se denomina **frecuencia, f**, de una corriente alterna al número de veces que, por unidad de tiempo, se modifica el sentido del movimiento de los electrones. La frecuencia se mide en ciclos/s o hercios (Hz).

El **período, T**, es el tiempo que tarda cada electrón en modificar y volver a recuperar el sentido de su movimiento. Se mide en segundos (s) y su valor es el inverso de la frecuencia:

$$T = 1/f \quad f = 1/T$$

El **período** depende de la velocidad angular, o pulsación (ω), con que gira el inducido en el generador de corriente alterna, cumpliéndose que:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot f$$

2.3. Valores eficaces.

En todo circuito de **corriente continua**, al ser constantes la tensión y la intensidad, sus valores *reales* coinciden numéricamente con los que se deducen de la aplicación matemática de las leyes correspondientes (leyes de Ohm).

Pero las **corrientes alternas**, en general, no se comportan **en la realidad** con los valores de fuerza electromotriz y de intensidad calculados teóricamente con las expresiones anteriores, sino con unos valores diferentes.

Se entiende por valor eficaz de una corriente alterna (tanto para la tensión como para la intensidad) aquel valor que debería tener una *corriente continua* para producir la misma energía en las mismas condiciones; es decir, en el mismo tiempo y a través de la misma resistencia.

Se demuestra que el valor eficaz de la tensión y de la intensidad senoidales es, aproximadamente, el 70 % del valor máximo; más exactamente, es igual al valor máximo dividido por la raíz cuadrada de 2:

$$E_{\text{ef}} = \frac{E_{\text{máx.}}}{\sqrt{2}} \quad I_{\text{ef}} = \frac{I_{\text{máx.}}}{\sqrt{2}}$$

En la práctica, cuando se dice que la tensión de una corriente alterna es, por ejemplo, 220 V, nos referimos siempre al valor eficaz.

Ejemplos

La intensidad eficaz de una corriente alterna es 10 A Y su frecuencia 50 Hz.

- ¿Cuál es su intensidad máxima?
- ¿Qué expresión general indica los valores de la intensidad instantánea?

Solución:

El valor máximo de la intensidad viene dado por:

$$I_{\text{máx}} = I_{\text{ef}} \cdot \sqrt{2} = 10 \sqrt{2} \text{ A}$$

El valor de la intensidad en cada instante corresponde a la expresión:

$$i(t) = I_{\text{máx}} \cdot \text{sen } \omega t = I_{\text{máx}} \cdot \text{sen } 2\pi f \cdot t = 10\sqrt{2} \cdot \text{sen } 2\pi \cdot 50 t = 10\sqrt{2} \cdot \text{sen } 100\pi t$$

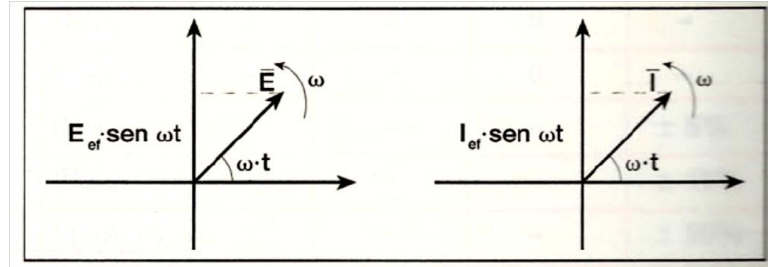
3. REPRESENTACIÓN FASORIAL DE LA TENSIÓN Y DE LA INTENSIDAD.

En los circuitos de corriente continua, al ser constantes la tensión y la intensidad y sus valores reales coincidentes con los teóricos, estas magnitudes se consideran como **escalares**.

Esto no es posible en los circuitos de corriente alterna donde, como hemos visto, los valores de la tensión y de la intensidad dependen de la pulsación (o velocidad angular) con que gira el inducido en el interior del generador.

Para resolver este inconveniente se asigna un **carácter vectorial** a las magnitudes intensidad y tensión, vectores que giran con una pulsación angular ω , y cuyos valores instantáneos equivalen a $\sqrt{2}$ veces la proyección sobre el eje vertical de los correspondientes valores eficaces.

Cuando un vector gira con una velocidad angular dada se le denomina **fasor** (el producto ωt corresponde al ángulo girado o fase); y a esta forma de representación se la llama **representación fasorial**.



Los fasores son magnitudes vectoriales y, para diferenciarlos de los demás valores escalares, se les coloca una rayita encima; así, el fasor de corriente será $\vec{I}$, y el de la fuerza electromotriz $\vec{E}$.

3.1. Desfases.

En los circuitos de corriente alterna, los valores instantáneos de la tensión y de la intensidad vienen dados por las expresiones citadas con anterioridad:

$$e(t) = E_{\text{máx}} \cdot \text{sen } \omega t ; \quad i(t) = I_{\text{máx}} \cdot \text{sen } \omega t$$

Que conducen a una pregunta muy interesante: ¿Alcanzarán a la vez sus máximos valores la tensión y la intensidad, o es posible que esto no suceda?

La respuesta a esta cuestión depende de la presencia o no de ciertos elementos pasivos en el circuito. Si en éste únicamente existen **resistencias puras** (resistencias óhmicas), la tensión y la intensidad alcanzan **simultáneamente** sus valores máximos o nulos y la corriente se dice que está **en fase**.

Al decir que la corriente está en fase, se quiere expresar que la tensión y la intensidad alcanzan a la vez sus valores máximos, mínimos y nulos; no que estos valores sean iguales entre sí.

Razona

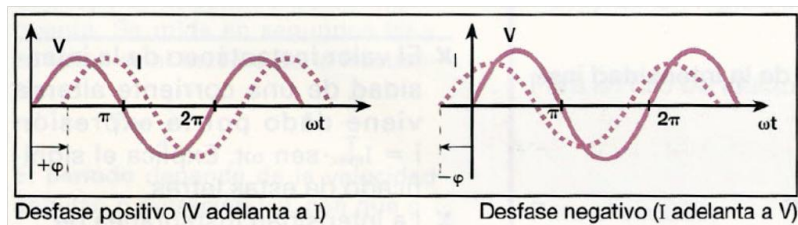
¿Por qué no tiene sentido hablar de desfase en corriente continua?

En cambio, si existen **autoinducciones** (bobinas), **condensadores**, o ambas cosas, sucede en ocasiones que la tensión no alcanza sus valores máximos y nulos al mismo tiempo que la intensidad, pudiendo adelantarse o retrasarse en otros. Cuando esto sucede, se dice que la corriente está **desfasada** o que existe **desfase**.

Cuando existen desfases, las expresiones matemáticas de la tensión y de la intensidad vienen dadas por:

$$e = E_{\text{máx}} \cdot \text{sen } \omega t ; \quad i = I_{\text{máx}} \cdot \text{sen } (\omega t - \varphi)$$

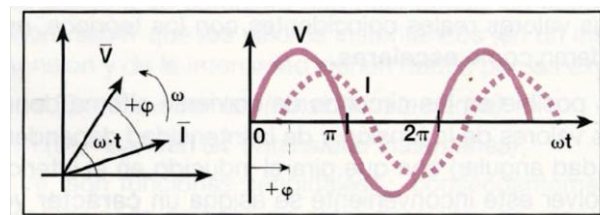
en las que φ representa el ángulo de desfase, considerado como positivo si la tensión se adelanta respecto a la intensidad, y negativo en caso contrario.



Ejemplos

1. Representar gráficamente las ecuaciones de la tensión y de la intensidad en una corriente alterna si la tensión va adelantada φ radianes respecto a la intensidad. Explicitar el mismo fenómeno mediante una representación fasorial.

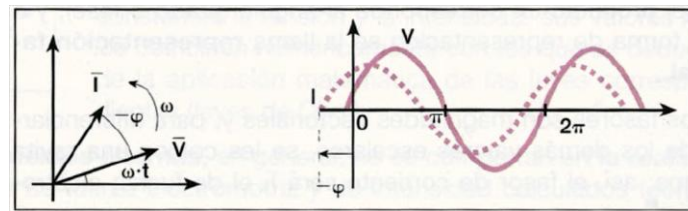
Solución:



2. Aclarar

El fenómeno para el caso de que la tensión vaya retrasada respecto a la intensidad.

Solución:



Actividades

1. ¿En qué complementa la representación fasorial de una magnitud a la vectorial?
2. ¿Cómo representarías en una notación fasorial los vectores intensidad y tensión, si en ellos no existe desfase?
3. ¿Y si existiera un desfase positivo de 90° ?
4. La ecuación de la intensidad instantánea en una corriente alterna viene dada por:

$$i = 5 \cdot \sin\left(50 \pi t - \frac{\pi}{2}\right)$$

- a) ¿Cuál es el valor eficaz de la corriente?
- b) ¿Cuál es su frecuencia?
- c) ¿Se adelanta la tensión respecto a la intensidad o se retrasa? ¿A qué valor de período corresponde ese desfase?

Resultados: a) $I_{ef} = 3,53A$; b) $f = 25 \text{ Hz}$; c) Se adelanta la tensión $\pi/2$

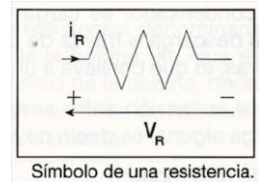
4. ELEMENTOS PASIVOS DE UN CIRCUITO ELÉCTRICO.

En general, podemos hablar de tres elementos pasivos típicos: resistencias, condensadores y bobinas (o autoinducciones). La misión que desempeñan, en cada caso, depende de cómo sea el circuito: *si de corriente continua o alterna*.

4.1. Resistencias.

El concepto de resistencia (también llamada resistencia pura u óhmica) es, simplemente, el de la oposición que ofrece todo conductor al paso de la corriente eléctrica en función de su naturaleza (resistividad), longitud y sección a una temperatura dada.

Las llamadas resistencias aglomeradas están constituidas por una mezcla de materiales, por lo general carbón, y un aglutinante adecuado, todo ello moldeado en forma de cilindro, en cuyas bases se fijan sendos conductores de cobre, envolviéndose todo el conjunto con una cubierta de material plástico o cerámico. Los valores en ohmios de estas resistencias se indican en la cubierta mediante un código de colores (tabla al margen), constituido por combinaciones de franjas de distinto color.

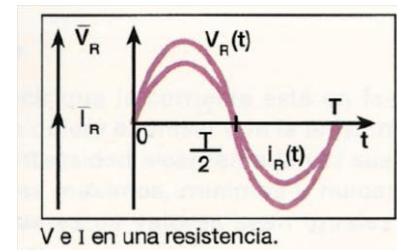


Símbolo de una resistencia.

La ley de Ohm para un hilo conductor relaciona los valores de resistencia, tensión e intensidad, tanto para el caso de corrientes continuas como alternas:

a) corriente continua : $I = \frac{V}{R}$

b) corriente alterna: $I_{ef} = \frac{V_{ef}}{R}$



V e I en una resistencia.

Por otra parte, se sabe experimentalmente que en todo circuito de corriente alterna en el que únicamente existan resistencias **puras no se producen desfases** en la corriente; o, dicho de otro modo, la tensión y la intensidad alcanzan **simultáneamente** sus valores máximos, mínimos y nulos.

4.2. Condensadores

Por condensador se entiende un dispositivo capaz de almacenar carga eléctrica en superficies relativamente pequeñas. Consta de dos placas metálicas, o **armaduras**, separadas por una sustancia no conductora (dieléctrico).

Una de las armaduras se conecta a uno de los bornes de un generador (armadura inductora), y la otra (armadura inducida) a masa.

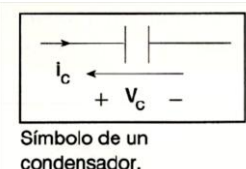
Conviene saber que:

- Un condensador, estudiado globalmente, es un elemento eléctricamente neutro. Quiere esto decir que las dos armaduras poseen el mismo valor de carga: una de ellas positiva, y la otra negativa.
- Se llama **carga de un condensador** a la que existe en cualquiera de sus armaduras.

Símbolo de un condensador.

- La carga almacenada en un condensador es directamente proporcional al valor de la tensión que existe entre sus armaduras, cumpliéndose que:

$$Q = C \cdot V$$



Símbolo de un condensador.

donde C representa la llamada **capacidad del condensador**, cuyo valor, medido en unidades internacionales, se expresa en **faradios (F)**.

Un condensador tiene la capacidad de un faradio cuando, al someter sus armaduras a la tensión de 1 voltio, en cada una de ellas se almacena una carga de 1 culombio.

4.2.1. Efecto de un condensador en un circuito de corriente continua.

Cuando un condensador se carga conectándolo a un generador, o una vez cargado se descarga a través de una resistencia, se modifica la tensión en sus armaduras; lo que conlleva a una recepción o a una cesión de carga.

Ahora bien, si la tensión entre armaduras es constante no se producirá carga o descarga alguna, es decir, no habrá paso de corriente.

Expresado de otro modo:

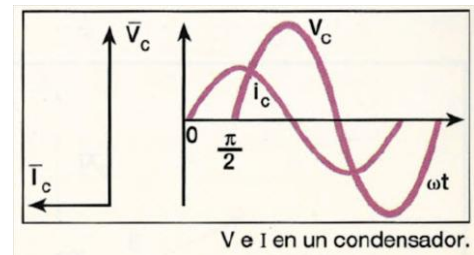
En los circuitos de corriente continua, al existir una tensión constante en las armaduras del condensador, no habrá paso de corriente y, por lo tanto, el condensador actúa como un elemento de resistencia infinita (circuito abierto).

4.2.2. Efecto de un condensador en un circuito de corriente alterna

En realidad el efecto es doble:

- Introduce en el circuito una nueva resistencia (denominada **capacitancia**, **reactancia capacitiva** o **impedancia del condensador**), X_c , que es inversamente proporcional a la capacidad del condensador y a la pulsación la a corriente:

$$X_c = \frac{1}{C \cdot \omega} = \frac{1}{C \cdot 2\pi f}$$



Su valor, como el de cualquier resistencia, se mide en ohmios.

- Produce un desfase en la corriente de 90°, haciendo que la intensidad se adelante 1/4 de período respecto a la tensión.

Ejemplos

En un circuito de corriente alterna de resistencia óhmica despreciable se intercala un condensador de 50 microfaradios. ¿Qué reactancia capacitiva ofrece, si la frecuencia de la corriente es de 50 Hz?

Solución:

$$50 \mu F = 50 \cdot 10^{-6} F = 5 \cdot 10^{-5} F$$

Sustituyendo en la expresión de la reactancia capacitiva:

$$X_c = \frac{1}{5 \cdot 10^{-5} F \cdot 2\pi \cdot 50 \text{ Hz}} = 63,7 \Omega$$

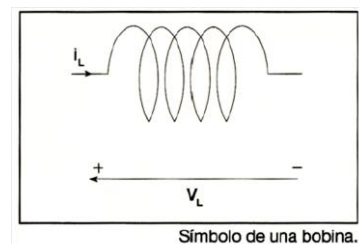
4.3. Bobinas

Una **bobina** o **solenoid** consiste en un conductor arrollado en espiral sobre un núcleo neutro (no conductor), frecuentemente de material magnético.

4.3.1. Efecto de una bobina en un circuito de corriente continua.

Al permanecer constante la tensión en los extremos de la bobina (que actúa

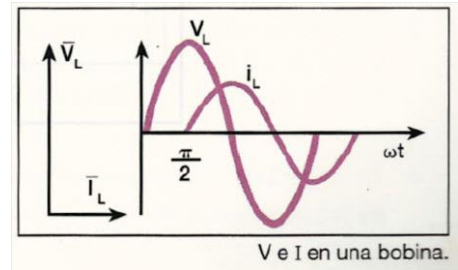
como un conductor de resistencia nula) no tienen lugar en ella fenómenos de autoinducción y, en consecuencia, se comporta como un cortocircuito.



4.3.2. Efecto de una bobina en un circuito de corriente alterna.

Al igual que en el caso de los condensadores, el efecto es doble:

- Introduce en el circuito una nueva resistencia denominada **inductancia**, **reactancia inductiva** o **impedancia** de la bobina, X_L , que es directamente proporcional a un coeficiente característico de la bobina, denominado **coeficiente de autoinducción** (L), cuyo valor se mide en **henrios (H)**, y a la pulsación angular de la corriente. Matemáticamente:



$$X_L = L \cdot \omega = L \cdot 2\pi f$$

Como cualquier resistencia, la inductancia se mide en ohmios.

- Produce un desfase de 90° , haciendo que la tensión se adelante a la intensidad 1/4 de período. Este efecto se aprecia con claridad en la ilustración que aparece al margen.

Ejemplos

Calcula la reactancia inductiva de una bobina que tiene una autoinducción de 300 milihenrios y es atravesada por una corriente alterna de 50Hz. La resistencia óhmica de la bobina se supone despreciable.

Solución:

$$L = 300 \cdot 10^{-3} \text{ H} = 0,3 \text{ H}$$

$$X_L = 0,3 \text{ H} \cdot 2\pi \cdot 50 \text{ Hz} = 94,2 \Omega$$

Actividades

1. ¿Qué efecto produce un condensador en un circuito de corriente alterna? ¿Y si la corriente es continua?
2. ¿Qué efecto produce una autoinducción en un circuito de corriente alterna? ¿Y si la corriente es continua?
3. Hallar la intensidad de corriente que atraviesa una resistencia de 10Ω conectada a un generador de 220 V de fuerza electromotriz eficaz y 50 Hz de frecuencia.

Resultado: $I_{ef} = 22 \text{ A}$

4. Resolver el mismo problema anterior, si en vez de una resistencia se trata de una bobina de 0,1H de autoinducción.

Resultado: $I_{ef} = 7 \text{ A}$

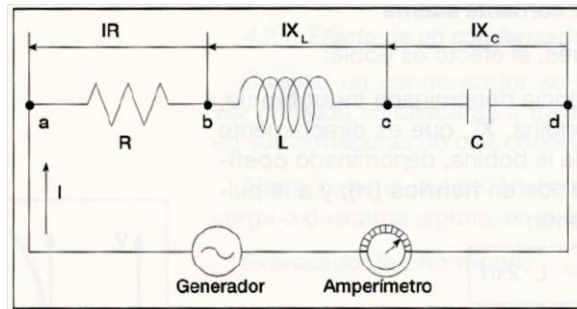
5. Hacer lo mismo si se trata de un condensador de $20 \mu\text{F}$ de capacidad.

Resultado: $I_{ef} = 7,4 \text{ A}$

Nota: En lo sucesivo, los valores eficaces de las tensiones, fuerzas electromotrices e intensidades los representaremos por V, E e I, respectivamente.

5. CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA RLC EN SERIE.

Supongamos un circuito sencillo constituido por un generador de corriente alterna, una resistencia óhmica R, y una bobina de autoinducción L, y un condensador de capacidad C, conectados en serie tal como se indica en la figura.



Recordando lo explicado anteriormente en relación con la representación fasorial de la tensión y de la intensidad, magnitudes a las que hemos asignado un carácter vectorial, deduciremos que la diferencia de potencial en los extremos del circuito habrá de ser igual a la **suma vectorial** de las diferencias de potencial existentes en los extremos de cada elemento:

$$\bar{E} = \bar{V}_R + \bar{V}_{X_L} + \bar{V}_{X_C}$$

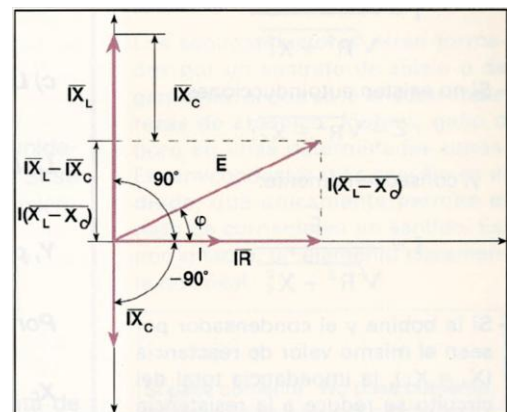
O también, teniendo en cuenta la ley de Ohm:

$$\bar{E} = \bar{I} \cdot \bar{R} + \bar{I} \cdot \bar{X}_L + \bar{I} \cdot \bar{X}_C$$

Considerando como fasor de referencia el que corresponde a la intensidad de corriente, los que se refieren a las tensiones, $\bar{V}_R$, $\bar{V}_{X_L}$ y $\bar{V}_{X_C}$.

vendrán representados del siguiente modo:

- $\bar{V}_R$ mediante un vector situado sobre $\bar{I}$, puesto que una resistencia óhmica no produce desfase alguno.
- $\bar{V}_{X_L}$ mediante un vector perpendicular a $\bar{I}$, formando con ella un ángulo de 90° .
- $\bar{V}_{X_C}$ mediante un vector perpendicular a $\bar{I}$, formando con ella un ángulo de -90° .



La suma vectorial de estos vectores nos da el vector

resultante $\bar{E}$, o diferencia de potencial entre los extremos del circuito. Su módulo o valor será:

$$E = \sqrt{I^2 R^2 + I^2 (X_L - X_C)^2}$$

O también:

$$E = I \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

La expresión: $\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ se simboliza habitualmente por la letra Z , y es la denominada **impedancia del circuito**: desde el punto de vista físico, representa la resistencia total que ofrece al paso de la corriente eléctrica por él.

En resumen:

$$E = I \cdot Z$$

5.1. Ley de Ohm en corriente alterna.

Si en la expresión anterior despejamos I , se tiene que:

$$I = \frac{E}{Z}$$

La intensidad eficaz de una corriente alterna que recorre un circuito constituido por una resistencia óhmica, una bobina y un condensador -todos ellos en serie- es igual al cociente entre la tensión eficaz, E, existente en los extremos del circuito y su impedancia, Z.

Ejemplos

Un generador de 220 V de fuerza electromotriz eficaz y 50 Hz de frecuencia está conectado a un circuito integrado por la asociación en serie de una resistencia de 10Ω , una bobina de 0,2 H de autoinducción y un condensador de $500\mu\text{F}$ de capacidad. Halla:

- La impedancia del circuito.
- La intensidad eficaz.
- La diferencia de potencial entre los bornes de cada uno de los tres elementos pasivos.

Solución:

$$\begin{aligned} \text{a) } Z &= \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + \left(L \cdot 2\pi f - \frac{1}{C \cdot 2\pi f}\right)^2} = \\ &= \sqrt{(10\Omega)^2 + \left(0,2\text{H} \cdot 2\pi \cdot 50\text{Hz} - \frac{1}{5 \cdot 10^{-4}\text{F} \cdot 2\pi \cdot 50\text{Hz}}\right)^2} = 57,35\Omega \\ \text{b) } I &= \frac{E}{Z} = \frac{220\text{V}}{57,35\Omega} = 3,836\text{A} \end{aligned}$$

- c) La diferencia de potencial entre los bornes de la resistencia es:

$$V_R = I \cdot R = 3,836\text{A} \cdot 10\Omega = 38,36\text{V}$$

La bobina tiene una reactancia inductiva:

$$X_L = L \cdot 2\pi f = 0,2\text{H} \cdot 2\pi \cdot 50\text{Hz} = 62,8\Omega$$

Y, por lo tanto, la diferencia de potencial entre sus bornes será:

$$V_{X_L} = I \cdot X_L = 3,836\text{A} \cdot 62,8\Omega = 241,03\text{V}$$

Por último, la reactancia capacitiva del condensador es:

$$X_C = \frac{1}{C \cdot 2\pi \cdot f} = \frac{1}{5 \cdot 10^{-4}\text{F} \cdot 2\pi \cdot 50\text{Hz}} = 6,37\Omega$$

Y la diferencia de potencial entre sus armaduras:

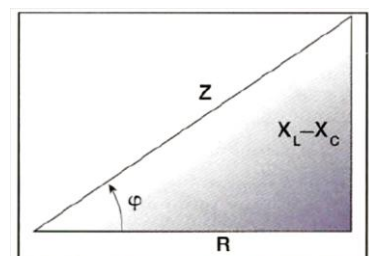
$$V_{X_C} = I \cdot X_C = 3,836\text{A} \cdot 6,37\Omega = 24,42\text{V}$$

Compruébese que la suma aritmética de las distintas diferencias de potencial no es igual a la fuerza electromotriz del generador. Esto se debe a los desfases entre las diferentes tensiones.

5.2. Desfase entre la tensión y la intensidad.

El valor del ángulo que mide el desfase entre la tensión y la intensidad puede deducirse de la figura, que es la representación

IES Antonio González González



conocida como «triángulo de impedancias», Normalmente se expresa en función del coseno o de la tangente:

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L - X_C}{R}$$

Como estudiaremos más adelante, a $\cos \varphi = \frac{R}{Z}$ se le denomina **factor de potencia**.

Casos particulares

- Si solamente hay resistencias puras, $Z = R$ y, por lo tanto:

$$I = \frac{E}{R}$$

- Si no existen condensadores,

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

y, por lo tanto:

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

- Si no existen autoinducciones,

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

y, consecuentemente:

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$

- Si la bobina y el condensador poseen el mismo valor de reactancia ($X_L = X_C$), la impedancia total del circuito se reduce a la resistencia óhmica ($X_L - X_C = 0$) y, por lo tanto:

$$I = \frac{E}{R}$$

En este caso se dice que el circuito se encuentra en resonancia.

Actividades

1. ¿Cumplen las corrientes alternas la ley de Ohm? Razona la respuesta.
2. ¿A qué se denomina impedancia de un circuito? ¿Y factor de potencia?
3. Un circuito recorrido por una corriente alterna está formado por una bobina de 0,2 H de autoinducción y una resistencia de 10Ω . La frecuencia de la corriente vale $100/2\pi$ Hz, y la tensión eficaz 500 V. Calcula la impedancia del circuito, la intensidad eficaz de la corriente y la tangente del ángulo de desfase.

Resultado: $Z = 22,36 \Omega$; $I = 22,36$ A; $\operatorname{tg} \varphi = 2$

4. En un circuito de corriente alterna de 50 Hz de frecuencia, se intercala una resistencia de 10 ohmios, un condensador de 50 microfaradios y una bobina de 0,2 henrios de autoinducción. Calcula el valor de la impedancia del circuito.

Resultado: $Z = 70,03 \, \Omega$

6. ENERGÍA Y POTENCIA DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA.

Según hemos estudiado en cursos anteriores, una corriente eléctrica consiste en un desplazamiento de carga entre dos puntos de un campo eléctrico a a distinto potencial, fenómeno que da origen a una manifestación energética expresada matemáticamente por:

$$W = Q \cdot (V_a - V_b)$$

O, teniendo en cuenta que $Q = I \cdot t$, y $V_a - V_b = I \cdot R$, la expresión anterior da lugar a éstas de uso más frecuente:

$$W = I \cdot (V_a - V_b) \cdot t$$

$$W = I^2 \cdot R \cdot t$$

$$I = \frac{(V_a - V_b)^2}{R} \cdot t$$

Expresando valores de intensidad, tensión, resistencia y tiempo en unidades del SI, el valor de la energía producida vendrá medido en **julios**. Si se desea expresar esa energía en calorías, bastará multiplicar por el equivalente térmico del trabajo (1 julio = 0,24 calorías). Por lo tanto:

$$\text{Calor} = 0,24 \cdot Q \cdot (V_a - V_b) = 0,24 \cdot I \cdot (V_a - V_b) \cdot t = 0,24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t$$

6.1. Circuitos de corriente continua.

Las expresiones anteriores tienen aplicación exacta cuando se trata de circuitos de corriente continua, y se refieren exclusivamente al valor de la energía que consumen los elementos pasivos del circuito (en este caso, las resistencias puras).

Por su parte, hemos de recordar que el generador (que es el elemento activo) también consume parte de la energía que transforma y, en consecuencia, debe sumarse a la gastada en el circuito. El valor total de la energía que suministra un generador y que consumen el propio generador y el circuito viene dado por:

$$W = E \cdot I \cdot t$$

E = fuerza electro motriz del generador.

I = intensidad de corriente.

t = tiempo de funcionamiento del circuito.

La potencia consumida por el circuito exterior corresponde a la expresión general de esta magnitud:

$$P = \frac{W}{t} = I \cdot (V_a - V_b) = I^2 \cdot R = \frac{(V_a - V_b)^2}{R}$$

y la total suministrada por el generador:

$$P = E \cdot I$$

cuyo valor, expresado en unidades del SI, se mide en vatios.

6.2. Circuitos de corriente alterna.

En el caso de la corriente alterna, el producto de la fuerza electro motriz E por la intensidad I no nos da el valor de la potencia real suministrada por el generador, como sucedía en el caso de la corriente continua, sino un valor **aparente** o teórico de dicha potencia, que simbolizamos mediante la letra S .

De esta forma, la **potencia aparente** S no se expresa en vatios, como sería en el caso de la corriente continua, sino en **voltamperios (VA)**:

$$S = E \cdot I \text{ (voltamperios)}$$

Sabemos que si un circuito de corriente alterna contiene una resistencia R , una autoinducción L y una capacidad C , la diferencia de fase φ existente entre la intensidad y la tensión depende, precisamente, de los valores de R , L , C y de la frecuencia f de la corriente.

De modo que si la fuerza electromotriz instantánea viene dada por:

$$e = E_{\text{máx}} \cdot \text{sen} \omega t$$

la intensidad instantánea vendrá expresada, en el caso de que exista un desfase, por:

$$i = I_{\text{máx}} \cdot \text{sen} (\omega t - \varphi)$$

La **potencia instantánea**, p , suministrada por el generador del circuito RLC, corresponderá al producto de los valores instantáneos de la fuerza electromotriz y de la intensidad, verificándose:

$$p = e \cdot i = E_{\text{máx}} \text{sen} \omega t \cdot I_{\text{máx}} \text{sen} (\omega t - \varphi) = E_{\text{máx}} \cdot I_{\text{máx}} \cdot \text{sen} \omega t \cdot \text{sen} (\omega t - \varphi)$$

Y si desarrollamos matemáticamente la expresión anterior, llegamos a:

$$P = E \cdot I \cdot \cos \varphi$$

6.2.1. Factor de potencia.

El factor $\cos \varphi$ que figura en la expresión de la potencia media recibe el nombre de **factor de potencia**, y conviene que su valor se aproxime lo más posible a 1. Se logra cuando el ángulo de desfase sea lo más próximo a cero.

Si el ángulo de desfase es nulo ($\cos 0 = 1$) la potencia será máxima, lo cual se consigue cuando la **resistencia** del conductor recorrido por la corriente alterna es **óhmica**, y también en el caso de **resonancia** que estudiaremos a continuación.

Si el desfase vale 90° -caso de bobinas y condensadores- la potencia es nula.

En el apartado 5.2 se dedujo que:

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z}$$

Ejemplos

1. Por un circuito en el que existe una bobina de 0,1 H de autoinducción y un condensador de 10µF, circula una corriente alterna de 110 V y 50 ciclos/s, La resistencia óhmica de la bobina se considera despreciable. Calcula la impedancia del circuito y la intensidad eficaz de la corriente.

Solución: Calcularemos previamente las reactancias inductiva y capacitiva:

$$X_L = L \cdot \omega = L \cdot 2\pi f = 0,1 \text{ H} \cdot 2\pi \cdot 50 \text{ Hz} = 31,4 \, \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{C \cdot \omega} = \frac{1}{C \cdot 2\pi f} = \frac{1}{10 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot 2\pi \cdot 50 \text{ Hz}} = 318,4 \, \Omega$$

Por lo tanto, la impedancia valdrá:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{0^2 + (31,4 \, \Omega - 318,4 \, \Omega)^2} = 287 \, \Omega$$

y la intensidad eficaz:

$$I = \frac{E}{Z} = \frac{110 \text{ V}}{287 \, \Omega} = 0,383 \text{ A.}$$

2. Una corriente alterna, cuya frecuencia es de 500 ciclos/s, atraviesa un circuito formado por una resistencia pura de 30 Ω y una capacidad de 5µF. La fuerza electromotriz eficaz es de 140 V. Calcula:

a) La intensidad eficaz. b) El coseno del ángulo de desfase. e) La potencia suministrada por el generador.

Solución:

a) La reactancia capacitiva del condensador es:

$$X_C = \frac{1}{C \cdot \omega} = \frac{1}{C \cdot 2\pi f} = \frac{1}{5 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot 2\pi \cdot 500 \text{ Hz}} = 63,7 \, \Omega$$

y la impedancia del circuito:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{(30 \, \Omega)^2 + (63,7 \, \Omega)^2} = 70 \, \Omega$$

Por lo tanto, aplicando la ley de Ohm:

$$I = \frac{E}{Z} = \frac{140 \text{ V}}{70 \, \Omega} = 2 \text{ A}$$

b)

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{30 \, \Omega}{70 \, \Omega} = 3/7$$

c)

$$P = E \cdot I \cdot \cos \varphi = 140 \text{ V} \cdot 2 \text{ A} \cdot \frac{3}{7} = 120 \text{ W}$$

6.2.2. Resonancia

Se dice que un circuito de corriente alterna es resonante cuando la intensidad de corriente que por él circula es máxima. Para ello, de acuerdo con la ley de Ohm: $I = \frac{E}{Z}$, será necesario que la impedancia $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ sea mínima.

Como R no depende de la pulsación ω del generador, su valor es fijo. En cambio, las reactancias sí dependen de ω y, por lo tanto, habrá una pulsación ω_0 para la cual la impedancia será mínima,

cumpléndose que $X_L - X_C = 0$ y, así: $L \cdot \omega_0 - \frac{1}{C \cdot \omega_0} = 0$, de donde se deduce: $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$.
La **frecuencia de resonancia** correspondiente será.:

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot C}}$$

Ejemplos

Un generador de 50 Hz y de 220 V de fuerza electromotriz eficaz envía su corriente a un circuito en el que hay intercalada una resistencia de 5 Ω , una bobina de 1 H de autoinducción y un condensador de capacidad C. ¿Cuál ha de ser el valor de esta capacidad para que el circuito entre en resonancia? ¿Cuál será la tensión en la bobina y en el condensador?

Solución:

De la expresión correspondiente a la frecuencia de resonancia, se deduce:

$$C = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L} = \frac{1}{4\pi^2 \cdot (50 \text{ Hz})^2 \cdot 1 \text{ H}} = 1,013 \cdot 10^{-6} \text{ F} = 10,13 \text{ } \mu\text{F}$$

Por encontrarse el circuito en resonancia, las reactancias inductiva y capacitiva son iguales:

$$X_L = X_C = L \cdot 2\pi f = \frac{1}{C \cdot 2\pi f} = 1 \text{ H} \cdot 2\pi \cdot 50 \text{ Hz} = 314 \text{ } \Omega$$

La intensidad eficaz valdrá:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{220 \text{ V}}{5 \text{ } \Omega} = 44 \text{ A}$$

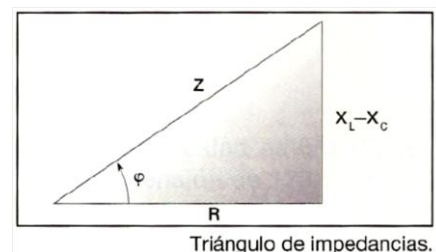
y la tensión en bornes de la bobina -o del condensador- valdrá:

$$V = I \cdot X_L = I \cdot X_C = 44 \text{ A} \cdot 314 \text{ } \Omega = 13 \text{ 823 V}$$

Este resultado pone de manifiesto cómo una tensión alterna relativamente pequeña (220 V) puede dar lugar a tensiones elevadas y peligrosas cuando el circuito se encuentra en resonancia o se aproxima a ella.

6.3.3. Potencias activa, reactiva y aparente.

IES Antonio González González



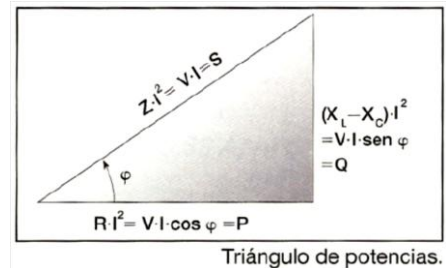
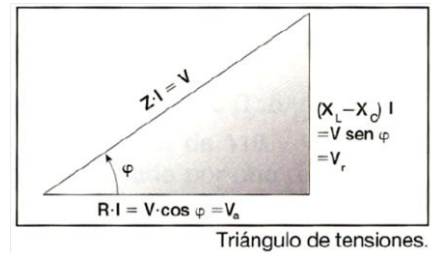
Si los lados del triángulo de impedancias se multiplican por la intensidad eficaz I , se obtendrá el **triángulo de tensiones**, y si éste se multiplica de nuevo por I , resulta el **triángulo de potencias**.

En este último, el cateto horizontal representa la potencia consumida por la resistencia del circuito (que se disipa en forma de calor) y que se denomina **potencia activa**. Su valor numérico coincide con la potencia media P del circuito, y se mide en *vatios* (W):

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

El cateto vertical representa la potencia almacenada en los campos magnético y eléctrico de la bobina y del condensador, respectivamente (que, por lo tanto, no se disipa como calor). Se la denomina **potencia reactiva** y se la representa por la letra Q . Su unidad de medida es el *voltamperio reactivo* (VAr):

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi$$



Por último, la hipotenusa representa la "potencia total" del circuito, denominada **potencia aparente**, que se designa por S y se mide en *voltamperios* (VA) o en su múltiplo el *kilovoltamperio* (kVA), o *kavea*, en argot técnico.

$$S = V \cdot I$$

Del triángulo de potencias, se deducen las siguientes relaciones:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{Q}{P} \quad \cos \varphi = \frac{P}{S}$$

Ejemplos

Un circuito de corriente alterna está constituido por un generador de 220 V eficaces y 50 Hz, una resistencia de 10Ω , una bobina de 0,1 H y un condensador de $200\mu\text{F}$, asociados en serie. Hallar los valores de las potencias activa, reactiva y aparente.

Solución:

Las reactancias inductiva y capacitiva son:

$$X_L = L \cdot 2\pi f = 0,1 \text{ H} \cdot 2\pi \cdot 50 \text{ Hz} = 31,416 \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{C \cdot 2\pi f} = \frac{1}{200 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot 2\pi \cdot 50 \text{ Hz}} = 15,915 \Omega$$

y la impedancia:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(10 \Omega)^2 + (31,416 \Omega - 15,915 \Omega)^2} = 18,447 \Omega$$

Aplicando la ley de Ohm, se obtiene el valor de la intensidad eficaz:

$$I = \frac{E}{Z} = \frac{220 \text{ V}}{18,447 \Omega} = 11,93 \text{ A}$$

y el ángulo de desfase será:

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{10 \Omega}{18,447 \Omega} = 0,5421 \Rightarrow \varphi = 57,17^\circ$$

Procedamos ahora al cálculo de las potencias pedidas:

$$\begin{aligned} P &= E \cdot I \cdot \cos \varphi = 220 \text{ V} \cdot 11,93 \text{ A} \cdot 0,5421 = 1422,8 \text{ W} \\ Q &= E \cdot I \cdot \sin \varphi = 220 \text{ V} \cdot 11,93 \text{ A} \cdot \sin 57,17^\circ = 2205,4 \text{ VAR} \\ S &= E \cdot I = 220 \text{ V} \cdot 11,93 \text{ A} = 2624,6 \text{ VA} \end{aligned}$$

Actividades

1. ¿Cuáles son las potencias activa, reactiva y aparente consumidas por una instalación a la que llegan 10A y 220 V eficaces, si la corriente está desfasado respecto a la tensión 30°?

Resultado: $P = 7905,3 \text{ W}$; $Q = 7700 \text{ VAR}$ y $S = 2200 \text{ VA}$

2. ¿Cuál es la intensidad de corriente eficaz y el ángulo φ de una instalación alimentada con 220 V eficaces si consume una potencia activa de 1 kW y una reactiva de 0,5 kVAR?

Resultado: $\varphi = 26,6^\circ$; $I_{\text{ef}} = 5,7 \text{ A}$

Leyes de Kirchhoff

Gustav R. Kirchhoff enunció dos reglas que permiten resolver de forma sistemática problemas de circuitos eléctricos, que tendrían difícil solución por aplicación de la ley de Ohm.

En primer lugar, vamos a definir dos elementos:

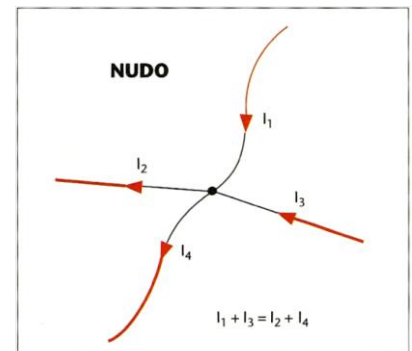
a) **Nudo:** Es un punto de la red en el cual se unen tres o más conductores.

b) **Malla:** Es un circuito que puede recorrerse sin pasar dos veces por el mismo punto.

c) Una **rama** es el conjunto de elementos conectados entre dos nudos.

La **primera ley de Kirchhoff** hace referencia a los nudos del circuito y establece que, en un nudo cualquiera, la suma de las intensidades que llegan a él es igual a la suma de las intensidades que salen.

$$\begin{aligned} \sum I_i &= 0 \\ I_1 + I_3 &= I_2 + I_4 \end{aligned}$$



La **segunda ley de Kirchhoff** hace referencia a las mallas del circuito y establece que la suma de las fuerzas electromotrices de los generadores a lo largo de cualquier malla es igual a la suma de las caídas de tensión de las resistencias en esta malla.

$$\sum E_i = \sum R_i \cdot I_i$$

Aplicación práctica de las leyes de Kirchhoff

Para la resolución práctica de una red por aplicación de las leyes de Kirchhoff, conviene tener en cuenta los siguientes puntos:

1. Asignar un valor y un sentido a las intensidades de corriente desconocidas (una para cada rama). Podemos elegir cualquier sentido, pues ello no va a influir en el valor del resultado, ya que si al resolver el sistema alguna intensidad resulta negativa, su sentido es el opuesto al que inicialmente le habíamos asignado. Por otra parte, las resistencias son siempre positivas.

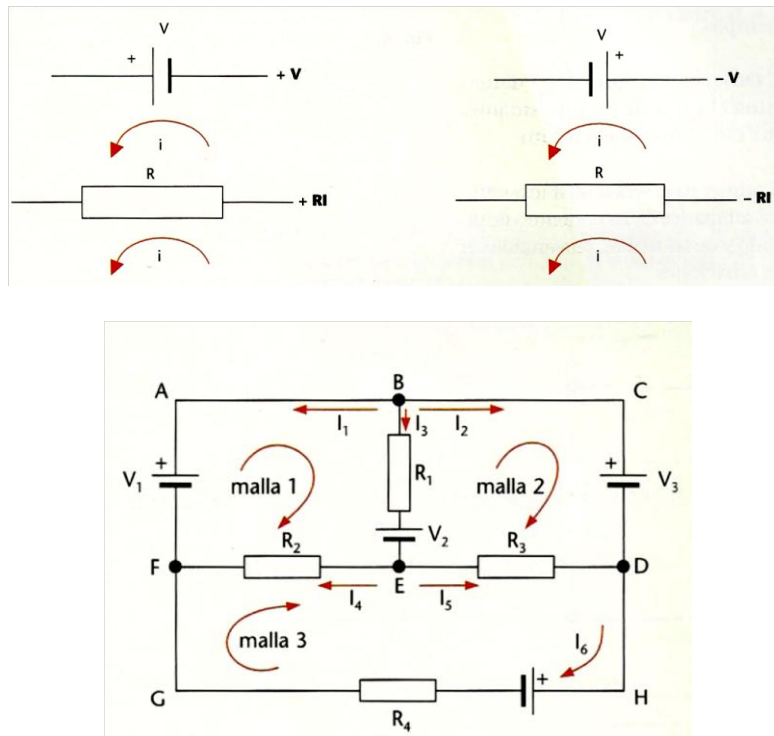
2. Si en la red existen n nudos, se aplica la primera ley de Kirchhoff a $n-1$ nudos cualesquiera, pues si la aplicamos al nudo n ésimo, la ecuación obtenida no es independiente. Se pueden considerar como positivas las intensidades de corriente que llegan al nudo y negativas las que salen, aunque también se puede seguir el criterio contrario sin que el resultado se vea afectado, pues ello no equivale sino a un cambio de signo en la ecuación correspondiente.
3. Se aplica la segunda ley de Kirchhoff a todas las mallas independientes de la red. El número de mallas independientes es igual al número de ramas menos el de nudos disminuido en una unidad, o sea:

$$M = R - (n - 1)$$

En la práctica las mallas independientes a las que se aplica la segunda ley de Kirchhoff se determinan descomponiendo la red en las mallas más sencillas posibles, como las piezas de un rompecabezas.

A la hora de aplicar esta ley hay que elegir como positivo un sentido de recorrido de la malla, que puede ser el de las agujas de reloj o el contrario. Todas las intensidades y fuerzas electromotrices del mismo sentido que el elegido serán positivas y las de sentido contrario, negativas.

Para poder aplicar la segunda ley de Kirchhoff en las mallas del circuito, estableceremos un criterio de signos. El criterio que utilizaremos en este apartado será el siguiente:



En el circuito de la figura 4.3 podemos observar:

- Los nudos: B, O, E YF.
- Las ramas: FAB, BCO, DE, FE, BEYFGHO.
- Se han dibujado las mallas 1, 2 Y3 de las siete posibles, que son las que no se pueden subdividir en otros circuitos cerrados.

Para resolver circuitos por el método de Kirchhoff se deben seguir los siguientes pasos:

- Identificar y cuantificar los nudos del circuito. En el circuito 4.3, $n = 4$.
- Dibujar los sentidos arbitrarios de las corrientes de las ramas existentes (r) y un sentido también arbitrario de recorrido en cada malla.
- Aplicar la primera ley de Kirchhoff a al nudos, por lo que tendremos:

$$\begin{aligned} \text{nudo B: } I_1 + I_2 + I_3 &= 0 \\ \text{nudo E: } I_3 &= I_4 + I_5 \\ \text{nudo D: } I_2 + I_5 &= I_6 \end{aligned}$$

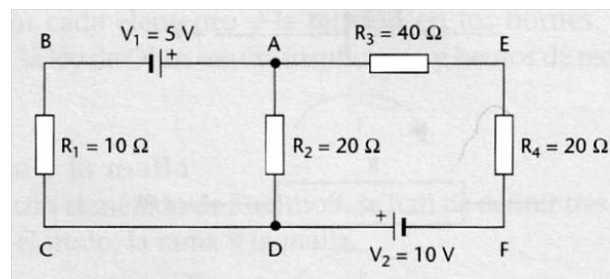
- Aplicar la segunda ley de Kirchhoff a todas las mallas que no se puedan subdividir en otros circuitos cerrados. Es decir, obtendríamos las ecuaciones (m): $m = r - (n - 1) = 6 - (4 - 1) = 6 - 3 = 3$

$$\begin{aligned} \text{malla 1: } V_1 - V_2 &= R_1 \cdot I_3 + R_2 \cdot I_4 \\ \text{malla 2: } V_2 - V_3 &= -R_1 \cdot I_3 - R_3 \cdot I_5 \\ \text{malla 3: } -V_4 &= -R_2 \cdot I_4 + R_3 \cdot I_5 + R_4 \cdot I_6 \end{aligned}$$

Por lo tanto, tendríamos en total seis ecuaciones por resolver con seis intensidades como incógnitas.

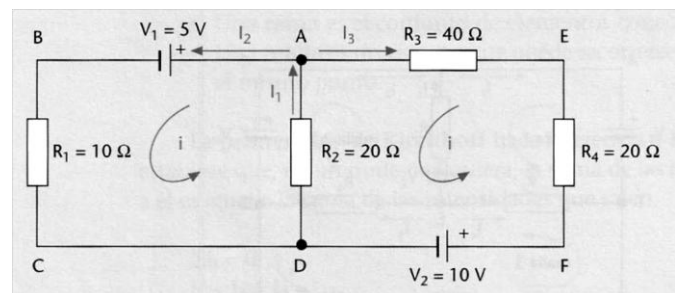
Ejemplo

Observa la figura y determina el valor de las intensidades que circulan por el circuito.



El primer paso será dibujar los sentidos arbitrarios de las corrientes de un nudo y de las mallas, para establecer las ecuaciones.

Aplicando las leyes de Kirchhoff, obtendremos las tres ecuaciones con las tres incógnitas.



$$\begin{aligned} \text{Nudo A: } I_1 &= I_2 + I_3 \quad (1) \\ \text{Malla ABCD: } -5 &= 10 I_2 + 20 I_1 \quad (2) \\ \text{Malla AEFD: } 10 &= -60 I_3 - 20 I_1 \quad (3) \end{aligned}$$

Tendremos que resolver el sistema de ecuaciones; por ejemplo:
Sustituyendo el valor de I_1 en las ecuaciones (2) y (3), obtendremos:

$$\left. \begin{aligned} -5 &= 10 I_2 + 20 I_2 + 20 I_3 \\ 10 &= -60 I_3 - 20 I_2 - 20 I_3 \end{aligned} \right\} \quad \left. \begin{aligned} -5 &= 30 I_2 + 20 I_3 \\ 10 &= -80 I_3 - 20 I_2 \end{aligned} \right\}$$

Multiplicando por 4 y sumando las dos ecuaciones, obtendremos el valor de I_2 :

$$\left. \begin{aligned} -20 &= 120 I_2 + 80 I_3 \\ 10 &= -20 I_2 - 80 I_3 \end{aligned} \right\} \quad \begin{aligned} -10 &= 100 I_2 \\ I_2 &= \frac{-10}{100} = -0,1 \text{ A} \end{aligned}$$

Sustituyendo el valor de $I_2 = -0,1 \text{ A}$ en una de las ecuaciones, obtendremos el valor de I_3 :

$$10 = -20(-0,1) - 80 I_3 \quad I_3 = -0,1 \text{ A}$$

El valor de I_1 será:

$$I_1 = I_2 + I_3 \quad I_1 = -0,1 - 0,1 = -0,2 \text{ A} \quad I_1 = -0,2 \text{ A}$$

Los valores de las intensidades negativas quieren decir que su sentido es el contrario del que hemos asignado arbitrariamente.

Método de las mallas.

Este método simplifica la resolución de redes, pues se obtiene un número de ecuaciones menor que utilizando las dos leyes de Kirchhoff. Consiste en aplicar la segunda ley de Kirchhoff a cada una de las **R-(n-1)** mallas independientes de la red, considerando como incógnitas unas «intensidades de malla» $I_A, I_B, I_C \dots$, que se supone circulan a lo largo de todas las ramas que configuran la malla en cuestión, en un sentido que elegiremos arbitrariamente.

Una vez resuelto el sistema y obtenidos los valores de estas intensidades de malla, se puede calcular inmediatamente la intensidad de una rama cualquiera como suma algebraica de las intensidades correspondientes a las mallas de las que forma parte dicha rama:

- Las ramas externas pertenecen a una sola malla, por lo que la intensidad de rama es igual a $\pm$ la intensidad de la malla a la que pertenece. Se considera el signo positivo si coinciden las referencias de las intensidades de rama y de malla; en caso contrario, el signo será negativo.
- Toda rama interna pertenece a dos mallas, y la intensidad de la misma vendrá dada por la suma algebraica de las intensidades de dichas mallas, que vendrán afectadas de signo más o menos, según que su sentido coincida o no con el de la rama.

Ejemplos

1. Hallar, aplicando el método de las mallas, las intensidades de corriente que circulan en la red de la figura.

Solución:

Designemos por I_A, I_B e I_C las intensidades malla correspondientes.

Se cumple:

$$5 I_A + 3 I_B = 13 \quad (\text{malla AGFBA})$$

$$3 I_A + 5 I_B + I_C = 16 \quad (\text{malla FBEF})$$

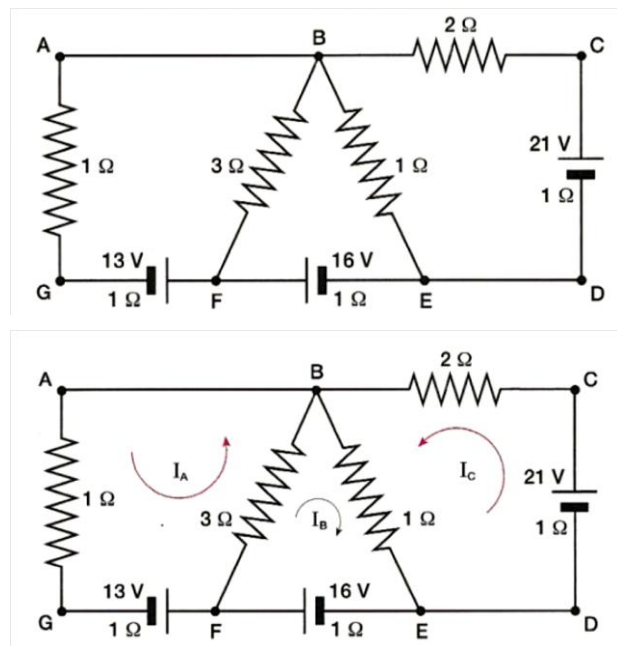
$$I_B + 4 I_C = 21 \quad (\text{malla EDCBE})$$

La resolución de este sistema conduce a:

$$I_A = 2 \text{ A}; \quad I_B = 1 \text{ A}; \quad I_C = 5 \text{ A}$$

Por tanto, las intensidades de rama serán:

Rama BAGF		$I = I_A = 2 \text{ A}$
Rama FB		$I = I_A + I_B = 2 \text{ A} + 1 \text{ A} = 3 \text{ A}$
Rama EF		$I = I_B = 1 \text{ A}$
Rama BE		$I = I_B + I_C = 1 \text{ A} + 5 \text{ A} = 6 \text{ A}$
Rama EDCB		$I = I_C = 5 \text{ A}$



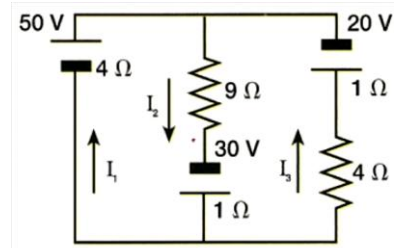
Actividades

1. Calcular la intensidad de corriente que circula por cada una de las ramas de la red.

Resultados: $I_1 = 10\text{A}$;

$I_2 = 4\text{A}$;

$I_3 = -6\text{A}$



ACTIVIDADES

1. Una resistencia de $1\text{k}\Omega$ y de tolerancia $\pm 10\%$, está recorrida por una corriente de 1mA . Calcula los valores mínimo y máximo de tensión en los bornes de la resistencia.

Resultado: $V_{\min} = 0,9\text{ V}$; $V_{\max} = 1,1\text{ V}$.

2. ¿Por qué se habla de valores eficaces de la corriente alterna?

3. ¿Qué condición ha de cumplirse para que la impedancia de un circuito RLC, en serie, se reduzca al valor de la resistencia óhmica?

4. ¿En qué casos es máxima la potencia activa de una corriente alterna?

5. Las compañías eléctricas penalizan económicamente a los consumidores que tienen un mal factor de potencia (bastante distinto de la unidad). ¿Sabrías explicar las razones que tienen para actuar de esta forma si normalmente sólo cobran la energía eléctrica activa consumida?

6. Si la compañía eléctrica cobra el kWh a $0,15\text{€}$, ¿cuánto cuesta tener encendida un bombilla incandescente de 100 W durante 24 horas?

7. Una bobina posee un coeficiente de autoinducción de $0,1\text{ H}$, y está conectada a una resistencia óhmica de 20Ω y a un generador de 50Hz . ¿Cuál es la impedancia del circuito?

Resultado: $Z = 37,2\Omega$

8. La resistencia de un circuito de corriente alterna es de 20Ω ; su reactancia inductiva 40Ω y su reactancia capacitiva 30Ω . Calcular:

- a) La impedancia del circuito.
- b) La intensidad de corriente que pasará por él, si está conectado a una tensión de 224 V .
- c) El ángulo de desfase.

Resultados: a) $Z = 22,4\Omega$; b) $I = 10\text{ A}$; c) $\varphi = 26^\circ 34'$

9. Si una bobina se conecta a una resistencia óhmica y a una fuente de 120 V de corriente continua, la intensidad es $0,4\text{ A}$; si por el contrario se conecta a una fuente de 120 V de corriente alterna y a la misma resistencia anterior, la intensidad se reduce a $0,24\text{ A}$. Calcula:

- a) La resistencia óhmica del circuito.
- b) La impedancia del circuito.
- c) La reactancia inductiva de la bobina.

Resultados: a) $R = 300\Omega$; b) $Z = 500\Omega$; c) $X_L = 400\Omega$

10. Un condensador, cuya capacidad es $5/\pi\text{ }\mu\text{F}$, se conecta a una fuente de tensión de 120 V de corriente alterna, cuya frecuencia es 50Hz . Se supone que en el circuito no existen resistencias puras. Calcula:

- a) La reactancia capacitiva del condensador. -:
- b) La intensidad de corriente.

Resultados: a) $X_C = 2000\Omega$; b) $I = 0,06\text{ A}$

11. Se aplica una tensión eficaz de 110 V y 50 Hz a un circuito en serie formado por una resistencia de 10Ω y una bobina de $0,1\text{ H}$ de autoinducción y resistencia despreciable. Calcula:

- a) La intensidad eficaz que circula por el circuito.
- b) El ángulo de desfase entre la corriente y la tensión en los bornes del circuito.
- c) La potencia activa consumida.

Resultados: a) $I = 3,33\text{ A}$; b) $\varphi = 72^\circ 20'$; c) $P = 111,3\text{ W}$.

12. Una bobina de 20Ω de reactancia inductiva está conectada a una resistencia óhmica de 15Ω y a una fuente de corriente alterna de 100 V eficaces y 50Hz. Determina la potencia reactiva de dicha bobina y su coeficiente de autoinducción.

Resultado: $Q = 320\text{VAr}$; $L = 63,7\text{mH}$.

13. Al conectar a una red de 220 V una bobina y una resistencia óhmica de 3Ω , circula una corriente de 20 A y 50Hz. Deduce:

- La impedancia de la bobina.
- Su coeficiente de autoinducción.
- La fórmula general de la intensidad instantánea en la bobina.

Resultados: a) $Z = 10,58\Omega$; b) $L = 33,7\text{mH}$; c) $i = 28,3 \cdot \sin(100\pi t - 1,29) \text{ (A)}$.

14. ¿Cuál es la frecuencia de resonancia de un circuito que incluye una bobina de 1 H de autoinducción y un condensador de $1\mu\text{F}$ de capacidad?

Resultado: $f_0 = 159\text{Hz}$.

15. Una bobina, cuyo coeficiente de autoinducción es 0,2 H y cuya resistencia óhmica es despreciable, se conecta en serie con un condensador. El conjunto se alimenta con una tensión de 120 V en corriente alterna de frecuencia 50Hz. Si la intensidad de corriente es 3 A, ¿cuál es el valor de la reactancia capacitiva del condensador?

Resultado: $X_C = 22,8\Omega$

16 - Tenemos un circuito constituido por un generador de corriente alterna de 220V, una resistencia de 10Ω y una bobina de $0,032\text{H}$. La frecuencia es de 50Hz. Calcular la intensidad que recorre el circuito, la impedancia el desfase y las potencias involucradas.

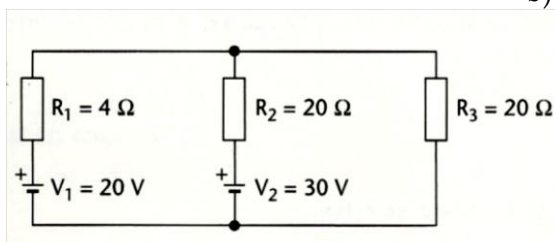
17 - Tenemos un circuito constituido por un generador de corriente alterna de 220V, una resistencia de 10Ω y un condensador de $31,8\text{mF}$. La frecuencia es de 50Hz. Calcular la intensidad que recorre el circuito, la impedancia el desfase y las potencias involucradas.

18 - Tenemos un circuito constituido por un generador de corriente alterna de 220V, una resistencia de 15Ω , una bobina de 25mH y un condensador de $200\mu\text{F}$. La frecuencia es de 50Hz. Calcular:

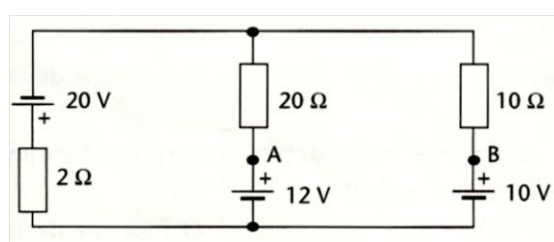
- La velocidad angular y la duración del ciclo completo, así como los valores de la resonancia.
- Valor instantáneo para $t = 2, 10, 15\text{ms}$
- Caída de tensión en cada elemento.
- Potencia aparente, activa y reactiva.
- Frecuencia de resonancia y ddp en la bobina en estas condiciones.
- La impedancia e intensidad del circuito.

19 - Hallar la intensidad de corriente en cada rama de los siguientes circuitos y la tensión en cada resistencia usando las leyes de Kirchhoff:

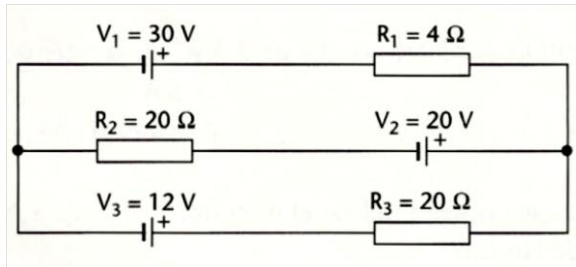
a)



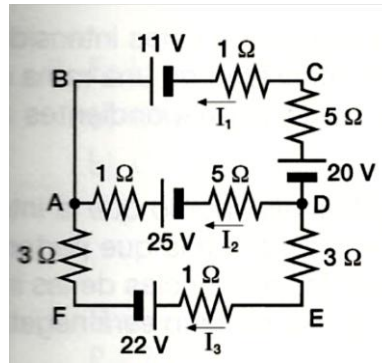
b)



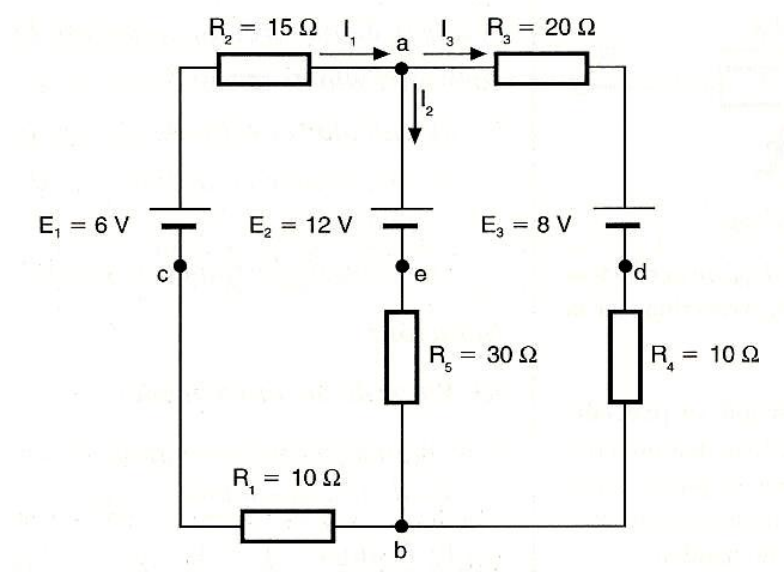
c)



d)

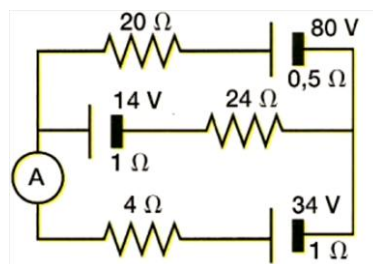


e)



20 - Calcular la intensidad de corriente que señala el amperímetro de la figura.

Resultado: (A)=1 A



BLOQUE DE NEUMÁTICA

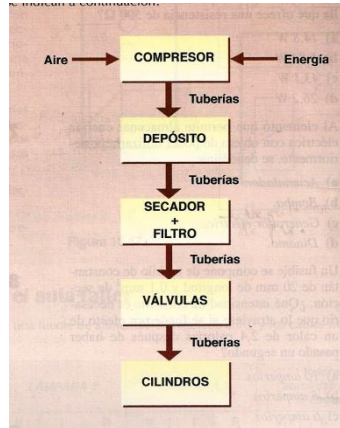


TEMA - NEUMÁTICA

1. Introducción.

La neumática es la técnica que se dedica al estudio y aplicación del aire comprimido.

Los circuitos neumáticos constan, básicamente, de los bloques o partes que se indican a continuación:



El grupo compresor suministra la presión necesaria al aire para que pueda circular por el circuito (generador).

Las tuberías canalizan el caudal de aire hasta los elementos de trabajo (conductores).

Los cilindros, también llamados actuadores neumáticos, son los que desarrollan el trabajo (receptores).

Las válvulas permiten o impiden el paso del aire y lo suministran a los distintos elementos de trabajo (elementos de control).

los elementos auxiliares desempeñan distintas funciones: protección regulación... Los más usuales son dispositivos antirretorno y reguladores de caudal (elementos de protección).

2. Características de los fluidos.

El aire comprimido que se emplea en la industria procede del exterior. Se comprime hasta una presión de unos 6 bares, con respecto a la presión atmosférica, y se denomina **presión relativa**.

$$\text{Presión absoluta} = \text{Presión atmosférica} + \text{Presión relativa}$$

Para el estudio se considera que se trata de gases ideales o perfectos.

A efectos del estudio, el valor de la presión atmosférica se considera igual a: $1\text{kp/cm}^2 = 1\text{atm} = 1\text{bar}$.

2.1. Unidades de presión.

Aunque las unidades de medida al uso son las correspondientes al Sistema Internacional (SI), en la práctica también se usan otras unidades que es importante conocer:

Parámetro	Sistema técnico	Sistema Internacional
Longitud	Metro (m)	Metro (m)
Masa	UTM	Kilogramo (kg)
Fuerza	Kilopondio (kp)	Newton ($N = \text{kg} \cdot \text{m/s}^2$)
Tiempo	Segundo (s)	Segundo (s)
Temperatura	Grado celsius ($^{\circ}\text{C}$)	Grado kelvin (K)
Caudal	(m^3/s)	(m^3/s)
Presión	Atmósfera (atm)	Pascal ($\text{Pa} = \text{N/m}^2$)

Equivalencias:

$$1\text{bar} = 1'019\text{kp/cm}^2 \approx 1\text{kp/cm}^2 = 1\text{atm} = 10^5\text{Pa}$$

1bar = 19'19m de agua = 75 cm de mercurio:

$$0^\circ\text{C} = 273\text{K}$$

La unidad de presión en el sistema internacional es el Pascal (P).

$$1\text{P} = 1\text{N/m}^2$$

Recuerda que 1kp (kilopondio) = 9,8 N y que mm de mercurio (mm Hg): 1 atm = 750 mm Hg.

2.2. Conceptos básicos y fórmulas.

Fuerza: Es toda causa capaz de producir o modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo provocarle una deformación. Su unidad de medida es el newton (N).

Presión: Es la fuerza que se ejerce por unidad de superficie:

$$p = F/S$$

En el sistema internacional se mide en pascuales (Pa) aunque ya hemos visto que se puede medir en otras unidades como el: bar, atm, mm Hg, etc.

Trabajo y energía: Cuando la fuerza provoca el desplazamiento del objeto sobre el que actúa se produce trabajo. Si la fuerza es F y el desplazamiento "e" se produce en la misma dirección y sentido, el trabajo es máximo y es:

$$W = F \cdot e$$

Pero el trabajo realizado por un gas es igual al producto de la presión por la variación de volumen. Sabemos también que la fuerza es igual:

$$F = p \cdot S$$

donde p es la presión y S es la superficie. Y la variación de volumen es:

$$\Delta V = S \cdot e$$

Luego:

$$W = F \cdot e = p \cdot S \cdot e$$

$$W = p \cdot \Delta V$$

En el sistema internacional el trabajo se mide en julios (J) y la energía también, y el volumen en m³.

La **energía** es la capacidad para realizar un trabajo.

Caudal: Se simboliza con la letra Q. Es la cantidad de volumen de un fluido que fluye a través de una sección de un conductor por unidad de tiempo (t):

$$Q = V/t$$

$$Q = S \cdot e/t = S \cdot v$$

donde S es la superficie de la sección del conductor y v la velocidad del fluido.

El caudal se mide en m³/s, aunque también se puede expresar en l/s, l/min, m³/h.

Potencia: Es el trabajo realizado en la unidad de tiempo (t):

$$P = W/t$$

La unidad de medida en el sistema internacional es el vatio (W).

La potencia transmitida por el fluido es igual a la presión por el caudal:

$$P = W/t = p \cdot \Delta V/t$$

$$P = Q \cdot p$$

Rendimiento: Cociente entre el trabajo útil que podemos obtener de una máquina el trabajo que realmente desarrolla el motor de dicha máquina:

$$\eta = (\text{Trabajo útil})/(\text{Trabajo del motor})$$

Es una magnitud adimensional.

3. Elementos básicos de un circuito neumático.

El aire que se va a utilizar procede del entorno donde se encuentra instalado el compresor. Generalmente va a contener polvo, óxidos, partículas de azufre y otras sustancias, además de agua. Hay que tratar de eliminar todo eso.

3.1. Compresores.

Son máquinas destinadas a elevar la presión del aire que aspiran de la atmósfera. Se deben instalar en un lugar fresco y exento de polvo. En el funcionamiento de un compresor aparecen implicadas dos magnitudes:

- La presión que se comunica al aire.
- El caudal que es capaz de proporcionar.

Existen dos grandes tipos de compresores:

- Volumétricos: En ellos el aire que entra en un recipiente hermético es reducido a un volumen inferior al que tenía a presión atmosférica.
- Dinámicos: El aire que es aspirado aumenta su velocidad a medida que pasa por las distintas cámaras, transformándose su energía cinética en energía de presión.

A continuación se estudian solamente los compresores alternativos de pistón.

1. Compresor de pistón monofásico

Se trata de una máquina que transforma el movimiento circular de un eje procedente del motor, en movimiento rectilíneo alternativo mediante un mecanismo de biela-manivela.

Dispone de una válvula de admisión y otra de escape. El funcionamiento es el siguiente:

Al descender el émbolo, la válvula de admisión se abre debido a la depresión creada, de forma que se llena el cilindro de aire.

Al ascender el émbolo, se cierra la válvula de admisión, se abre la de escape

debido a la presión y sale una embolada de aire.

Debido a la compresión del aire, éste eleva su temperatura, que incluso puede llegar hasta los 180 °C. Para poder evacuar el calor, se colocan alrededor del pistón aletas de refrigeración.

Con este tipo de compresor se pueden conseguir presiones de entre 3 y 10 bar.

2. Compresor de pistón bifásico

Aquí el aire se comprime en dos fases. En la primera, se comprime entre 3 y 5 bar y, en la segunda, se puede conseguir hasta 25 bar (Fig. 16.12).

El aire comprimido en la primera fase se enfría mediante aletas exteriores (igual que en el tipo anterior) o por medio de una conducción de agua. Con ello se pretende que el aire que llegue al compresor segundo esté refrigerado.

La temperatura a la que suele elevarse el aire comprimido oscila entre 120 y 140 °C.

Nota: Observa que el símbolo del compresor es el mismo que en el caso anterior; ello se debe a que el símbolo del compresor es único, independientemente del tipo que se emplee.

3.2. Refrigerador.

Como el aire que se ha comprimido alcanza una temperatura bastante alta, es necesario refrigerarlo dejándolo a unos 25°C. -

En la etapa de refrigeración se condensa un 75 por 100 del agua que contiene el aire comprimido. Esta agua va cayendo en la parte inferior donde existe un grifo para su extracción.

Un refrigerador está formado por una serie de tubos por los que circula el agua.

El aire que se va a refrigerar circula en sentido contrario al del agua, por el exterior de los tubos cuando hay un bajo caudal.

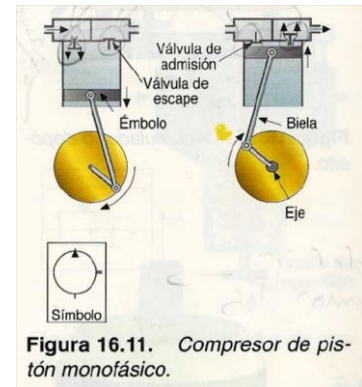


Figura 16.11. Compresor de pistón monofásico.

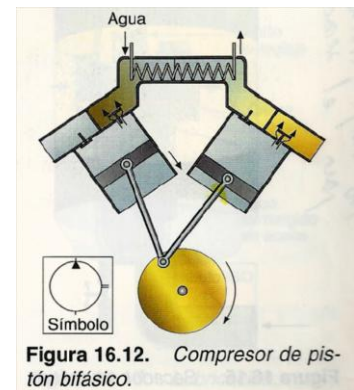


Figura 16.12. Compresor de pistón bifásico.

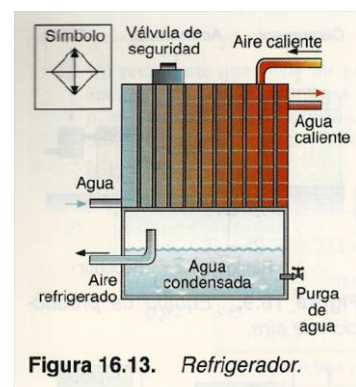


Figura 16.13. Refrigerador.

Cuando los caudales de aire son grandes, se hace al revés, es decir, el aire comprimido circula por el interior de los tubos y el agua por su exterior.

3.3. Acumulador.

Depósito que se coloca a continuación del refrigerador. Su objetivo es almacenar aire comprimido para suministrarlo en los momentos de mayor consumos.

La capacidad dependerá del caudal del compresor y del consumo de la instalación, así como de la frecuencia de conmutación.

Generalmente se acopla un sensor al depósito, que pone en marcha o para el compresor cuando la presión disminuye o aumenta, respectivamente, por debajo o por encima de unos valores determinados.

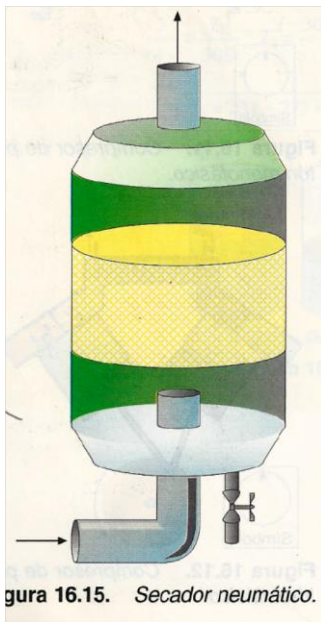


Figura 16.15. Secador neumático.

3.4. Secador.

Tiene por objeto reducir el contenido de vapor de agua existente en el aire. En el mercado, existe una amplia variedad de secadores. El que se representa en la figura corresponde a un secador de absorción. El aire entra por la parte inferior, pasando por un material poroso que absorbe la humedad (dióxido de silicio).

Periódicamente habrá que reemplazar el material poroso, ya que habrá perdido sus propiedades de absorción.

3.5. Filtración.

La misión del filtro es detener las impurezas que arrastra el aire comprimido. Estas partículas provienen de:

- *La atmósfera.* Aunque el compresor suele llevar un filtro, muchas de las partículas pueden ser no retenidas.
- *La soldadura o calamina* de la tubería por la que circula el aire comprimido.

Con frecuencia, el enfriamiento del aire produce condensación del vapor de agua que contiene aún el aire, produciendo pequeñas oxidaciones que, posteriormente, se desprenden resultando muy peligrosas para los componentes neumáticos.

Principio de funcionamiento. El aire entra en el filtro por la parte superior y sufre un centrifugado. Las partículas sólidas más gruesas y las gotas de agua se proyectan contra la pared interna de la cuba y se depositan en la parte inferior.

En este punto, el aire sólo puede contener partículas muy finas que quedan retenidas en el elemento filtrante.

En el fondo de la cuba las impurezas sólidas y líquidas son eliminadas mediante purgadores.

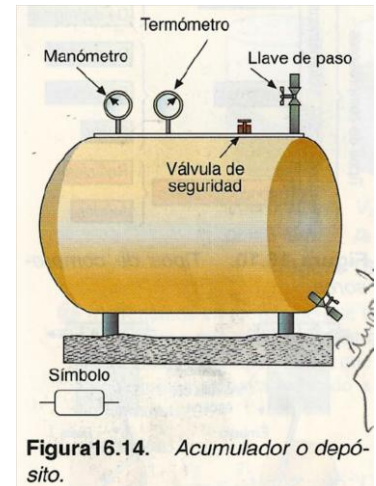


Figura 16.14. Acumulador o depósito.

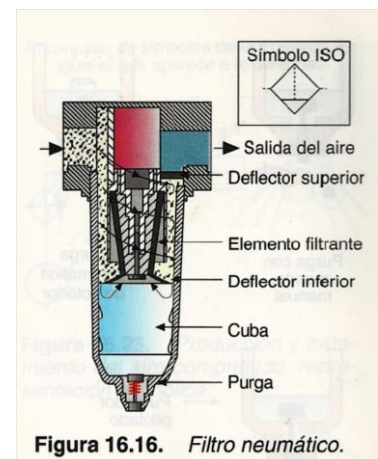


Figura 16.16. Filtro neumático.

3.6. Regulación y reglaje de presión.

El objetivo del regulador es mantener el aire de salida a una presión constante, sean cuales sean las fluctuaciones de la red y las variaciones de consumo del aire de la instalación.

Dispone de una membrana en la que actúa, por un lado, el aire de entrada y, por el otro, un muelle regulado mediante un tornillo. La regulación de la presión consiste en la mayor o menor apertura de la válvula de asiento, que también dispone de un muelle que evita oscilaciones.

Cuando la presión secundaria aumenta, desplaza la membrana, lo que impide el paso de aire (b). Cuando la presión a la salida disminuye, vuelve a la posición (a).

3.7. Lubricación.

Constituye el último tratamiento del aire a la entrada de la máquina.

El lubricador tiene por objeto mezclar el aire con aceite para aumentar la vida y rendimiento de los elementos neumáticos, ya que se evita el rozamiento disminuye el rozamiento y se evita la oxidación.

El aire entra en el lubricador, que contiene aceite, haciéndolo subir por un tubo y cayendo a continuación en forma de gotas. Estas gotas son pulverizadas y transportadas por el aire de salida. Este fenómeno se basa en el efecto Venturi.

El **efecto Venturi** consiste en la disminución de la presión en los estrechamientos de las tuberías.

3.8. Redes de distribución.

Son las tuberías empleadas para conectar los distintos elementos neumáticos. Para ello es conveniente que las tuberías vayan fijas a la pared mediante abrazaderas, nunca empotradas, con objeto de poder hacer acoplamientos al mismo tiempo que permiten ver las posibles fugas.

Del depósito o acumulador sale la tubería principal y de ella derivan otras, de menor tamaño, que alimentan otros puntos de la instalación, denominadas tuberías secundarias.

El tendido de las tuberías principales puede ser:

- **Abierto.** Aparecen tomas de aire a lo largo de la tubería.
- **Cerrado.** Aquí la alimentación es más regular, al poder pasar el aire en las dos direcciones.

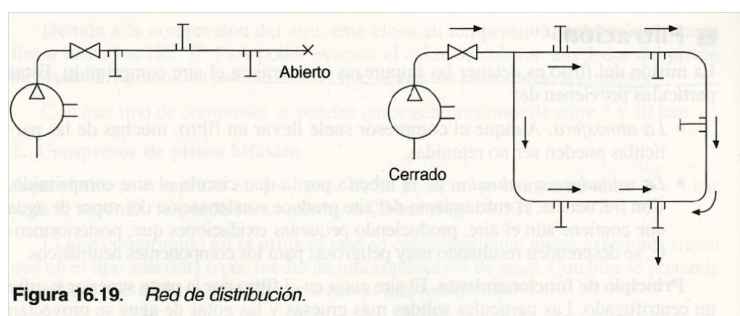


Figura 16.19. Red de distribución.

Las conexiones de tuberías se harán por la parte superior del tubo con objeto de evitar el arrastre de la posible agua depositada en el vaso de condensación.

A partir de ahora, en vez de indicar reiteradamente todos estos símbolos, utilizaremos su equivalente que es un punto rodeado por un círculo.

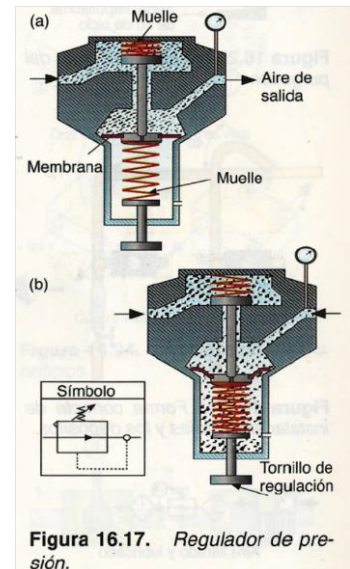


Figura 16.17. Regulador de presión.

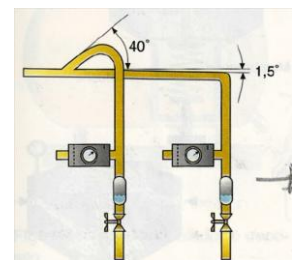


Figura 16.21. Forma correcta de instalar las tuberías y los depósitos.

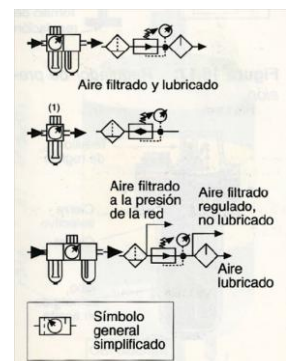


Figura 16.22. En muchos casos el conjunto de elementos que tratan el aire se encuentran formando un bloque.

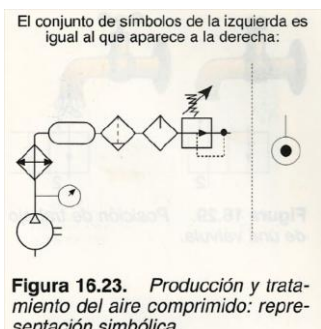


Figura 16.23. Producción y tratamiento del aire comprimido: representación simbólica.

4. Regulación y control.

La presión y el caudal del aire comprimido, que se va a utilizar para el movimiento de las partes operativas o motrices del sistema neumático, va a estar controlado mediante distintos tipos de válvulas o distribuidores. Estas válvulas se pueden activar de distintas formas: manualmente, por medios eléctricos, neumáticos, hidráulicos o mecánicos.

La clasificación de las válvulas podría hacerse atendiendo a tres grandes categorías:

- Válvulas de dirección (distribuidores).
- Válvulas antirretorno.
- Válvulas de regulación de presión y caudal.

4.1. Válvulas de dirección (distribuidores).

Todas estas válvulas se definen por dos características funcionales:

Número de vías u orificios: Representa el número de agujeros que tiene una válvula, tanto de entrada de aire como de salida.

Número de posiciones: Generalmente tienen dos posiciones, una que define el estado de reposo y otra el estado de trabajo. Sin embargo, se pueden encontrar válvulas con otros números de posiciones, ya que algunas aplicaciones exigen el empleo de tres posiciones lo que implica una posición neutra central.

La identificación de un distribuidor o válvula se define mediante dos cifras:

- La primera indica el número de vías.
- La segunda, el número de posiciones.

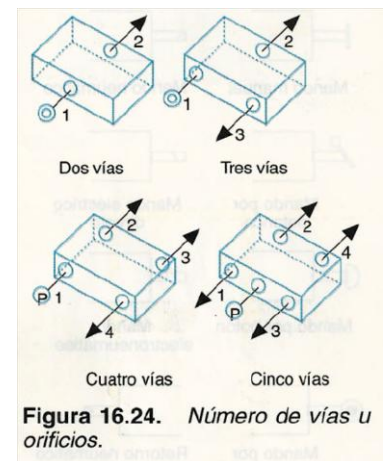


Figura 16.24. Número de vías u orificios.

VÍAS/POSICIONES

4.1.1. Representación simbólica de las válvulas.

La representación gráfica de distribuidores neumáticos e hidráulicos se realiza

según la norma ISO 1219, de la siguiente manera:

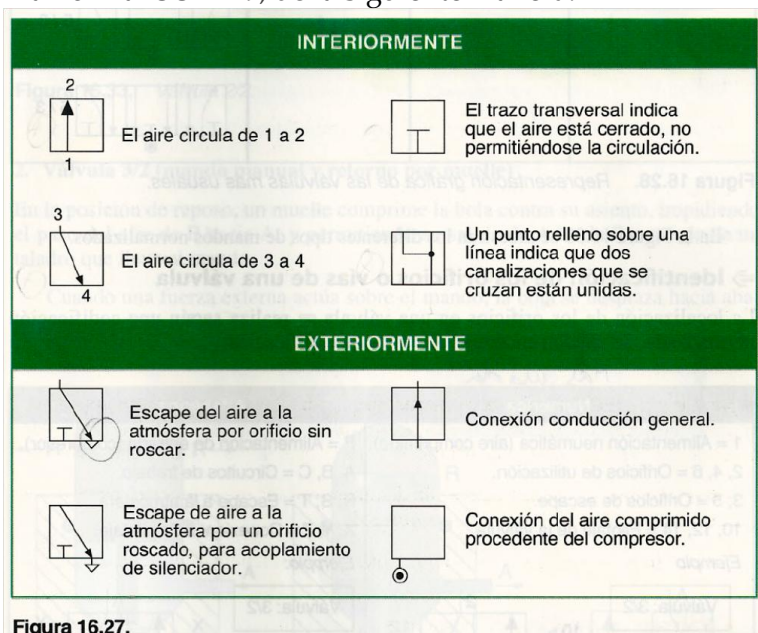


Figura 16.27.

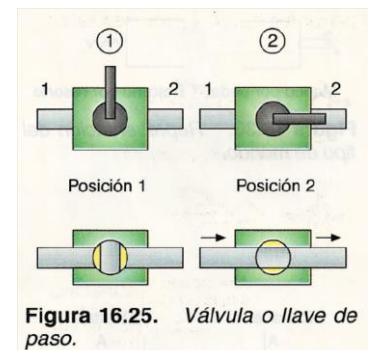


Figura 16.25. Válvula o llave de paso.

-
-
-

Figura 16.26. Número de posiciones.

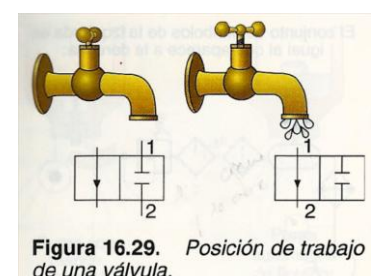


Figura 16.29. Posición de trabajo de una válvula.

1. Dibujo del símbolo básico: cada una de las posiciones que puede tener la

válvula se representa por un cuadrado.

2. Situación, en cada casilla, de las conexiones entre los orificios y el sentido del flujo.

Las válvulas se dibujan en la posición de reposo, indicando tantos cuadrados como posiciones tenga.

En la posición de trabajo es la válvula la que se desplaza transversalmente hasta que las canalizaciones coinciden con las vías de la segunda posición.

3. Representación del tipo de mando. Las válvulas o distribuidores se representan con la parte de mando cuya función es la de provocar un desplazamiento o cambio de posición de la válvula o distribuidor (se conoce también con el nombre de posiciones de pilotaje).

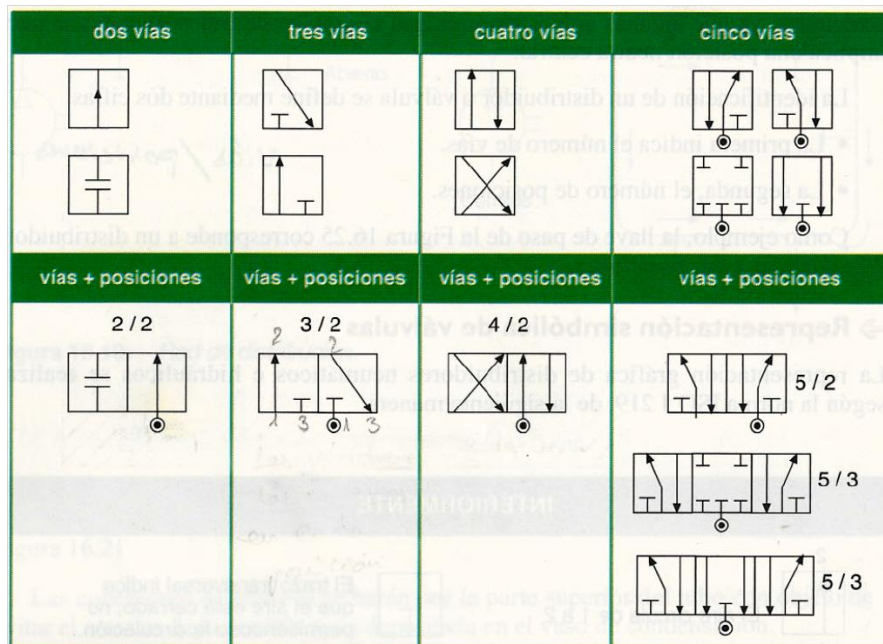


Figura 16.28. Representación gráfica de las válvulas más usuales.

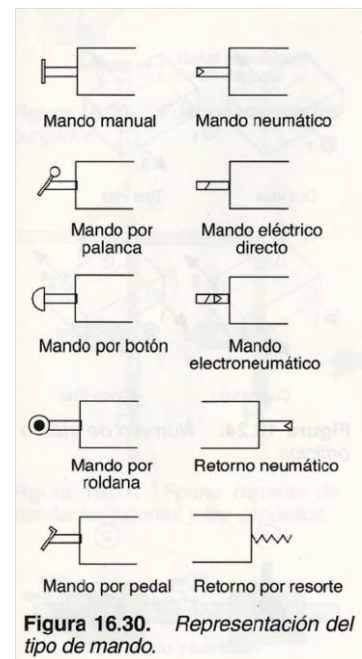


Figura 16.30. Representación del tipo de mando.

4.1.1.1. Identificación de los orificios o vías de una válvula.

La localización de los orificios en una válvula se realiza según una codificación normalizada. Se pueden encontrar dos tipos de codificación:

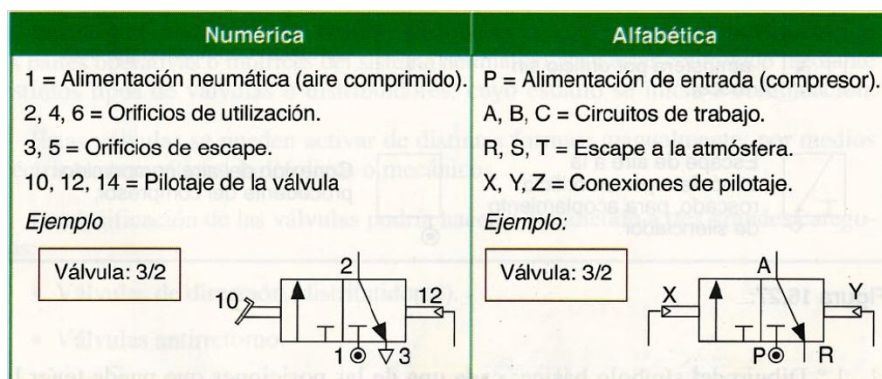


Figura 16.32.

4.1.1.2. Modo normal de funcionamiento.

Se dice que una válvula está «normalmente cerrada» cuando estando sin pulsar ninguno

IES Antonio González González

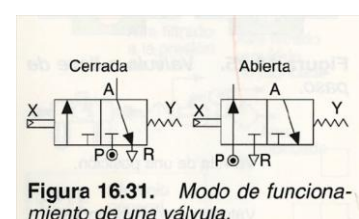


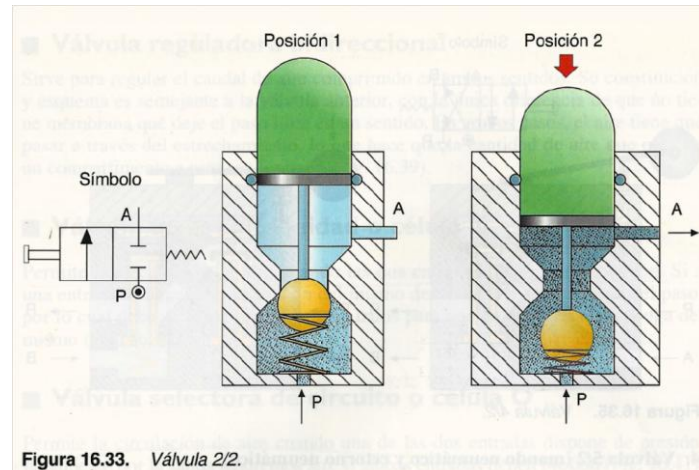
Figura 16.31. Modo de funcionamiento de una válvula.

de sus mandos, el paso del aire está cerrado. En caso contrario, se dice que está «normalmente abierta».

4.1.1.3. Funcionamiento de algunas válvulas de dirección.

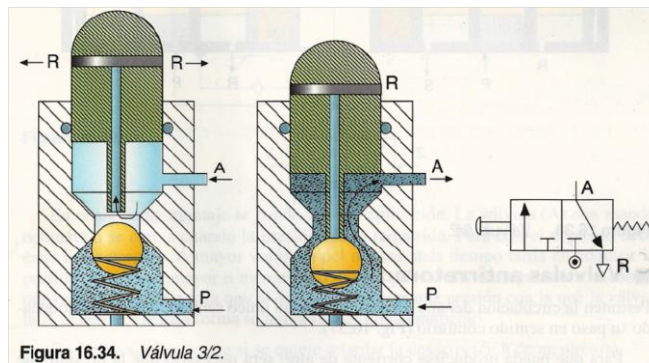
1. Válvula 2/2 (mando manual y retorno por muelle).

En posición de reposo, un muelle comprime la bola contra su asiento y así impide el paso del aire. Cuando una fuerza externa actúa sobre el mando, la bola baja, lo que permite el paso del aire.



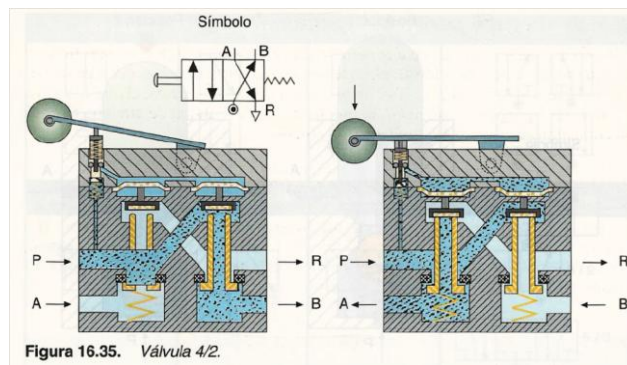
2. Válvula 3/2 (mando manual y retorno por muelle)

En la posición de reposo, un muelle comprime la bola contra su asiento, impidiendo el paso del aire de P hacia A, y permitiendo su salida de A hacia R a través de un taladro que lleva el mando. Cuando una fuerza externa actúa sobre el mando, la bola se desplaza hacia abajo permitiendo la salida del aire de P hacia A.



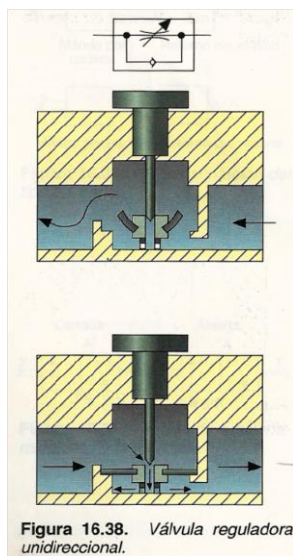
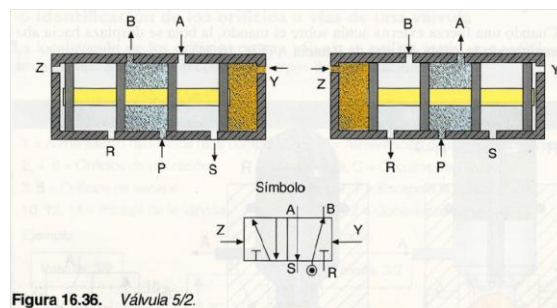
3. Válvula 4/2 (de mando neumático y retorno por muelle)

Consta de dos émbolos que van accionados por dos membranas. En la posición de reposo, los dos émbolos están en su posición más alta, de forma que se comunican los conductos P con B y A con R. Cuando se actúa sobre la palanca, una señal neumática empuja a las membranas y éstas a los émbolos hacia abajo provocando la comunicación de P con A y de B con R.



4. Válvula 5/2 (mando neumático y retorno neumático)

Esta válvula se controla mediante dos señales neumáticas de manera alternativa. La señal Y desplaza el émbolo, poniendo en comunicación P con B y A con S. Cuando deja de existir la señal Y, y comienza a actuar la señal Z, el émbolo se desplaza hacia la derecha y pone en comunicación P con A y B con R.

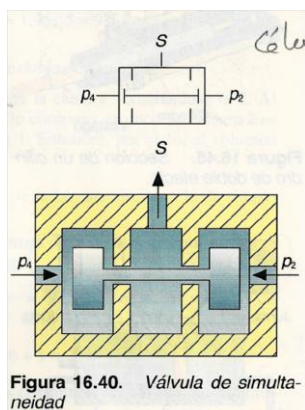


4.2. Válvulas antirretorno.

Permiten la circulación del aire comprimido en un único sentido, quedando bloqueado su paso en sentido contrario. Para que pueda producirse corriente de aire, será necesario que la presión que ejerza éste sea mayor que la fuerza que opone el muelle.

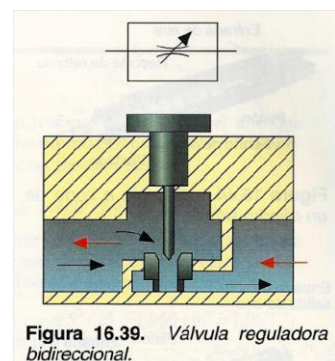
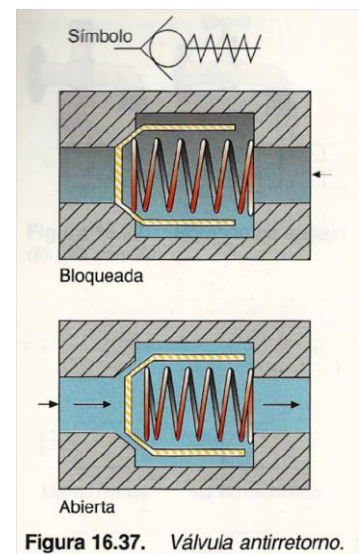
4.3. Válvula reguladora unidireccional.

Sirve para regular el caudal de aire comprimido en ambos sentidos. Su constitución y esquema es semejante a la válvula anterior, con la única diferencia de que no tiene membrana que deje el paso libre en un sentido. En ambos casos, el aire tiene que pasar a través del estrechamiento, lo que hace que la cantidad de aire que pasa de un compartimento a otro sea limitada.



4.4. Válvula reguladora bidireccional.

Sirve para regular el caudal de aire comprimido en ambos sentidos. En este caso y en el de la válvula anterior, el aire tiene que pasar a través de un estrechamiento, lo que hace que la cantidad del mismo que pasa de un compartimento a otro sea limitado.



4.5. Válvula de simultaneidad o célula Y.

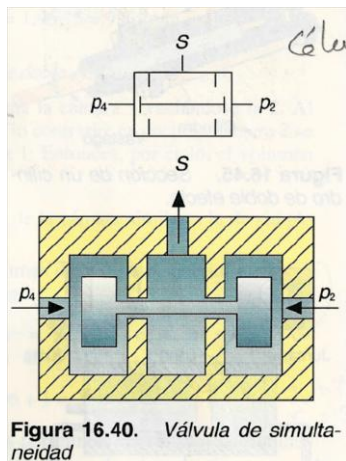


Figura 16.40. Válvula de simultaneidad

Permite la circulación de aire cuando las dos entradas disponen de presión. Si a una entrada le llega aire, la presión del mismo desplaza el pistón cerrando el paso, por lo cual debe de tener aire en ambos lados para que en la salida S disponga del mismo.

4.6. Válvula selectora de circuito o célula O.

Permite la circulación de aire cuando una de las dos entradas dispone de presión. Igualmente por la salida tendremos aire si ambas entradas tienen presión.

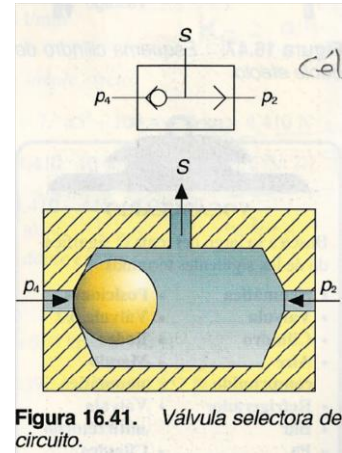


Figura 16.41. Válvula selectora de circuito.

4.7. Temporizador.

Con la combinación de una válvula reguladora unidireccional y un depósito conectados en serie, se consigue retardar la conexión o desconexión de un circuito comandado por una válvula con mando neumático. El esquema con simbología sería el siguiente:

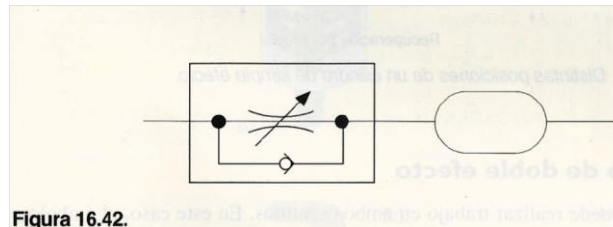


Figura 16.42.

5. Cilindros Neumáticos.

Son elementos de movimiento rectilíneo alternativo que transforman la energía contenida en el aire comprimido en energía mecánica.

Disponen de un tubo cilíndrico cerrado, dentro del cual hay un émbolo que se desplaza fijo a un vástago que lo atraviesa.

Hay varios tipos de cilindros, los básicos son de *simple efecto* y de *doble efecto*.

5.1. Partes.

Consta de un tubo de sección circular cerrado por sus extremos. en su interior se desliza un **émbolo** solidario con un **vástago**. El émbolo divide el cilindro en dos volúmenes llamados **cámaras**. Hay una abertura en una de las cámaras (o en las dos) para que entre y salga el aire.

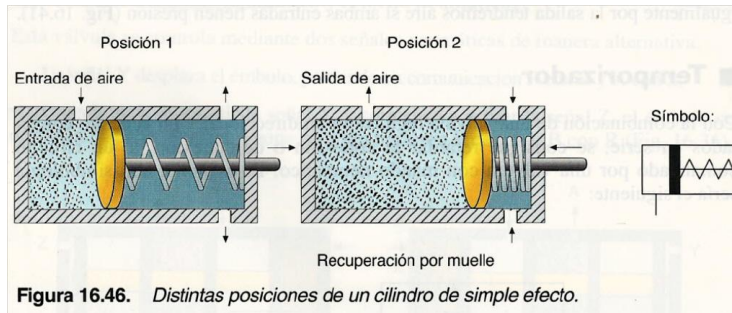
La **capacidad de trabajo** de los cilindros viene dada por dos magnitudes:

- **Carrera (c)**: Desplazamiento que efectúa el émbolo en el interior del cilindro. De ella depende la **longitud (L)** de desplazamiento del vástago.
- **Diámetro (D)**: Determina la superficie del émbolo. Dada una determinada presión del aire, cuanto mayor sea la superficie del émbolo, mayor será la fuerza que ejerce el vástago, ya que:

$$F = p \cdot S = p \cdot (\pi \cdot D^2)/4$$

5.2. Cilindro de simple efecto.

Es aquel que realiza un trabajo en un solo sentido. Es decir, la presión del aire desplaza al émbolo o pistón que retrocede por una fuerza externa o un muelle.



Para calcular la **fuerza efectiva**, además de la presión del aire y del diámetro del émbolo, hay que considerar la resistencia que opone el resorte y el rendimiento del cilindro. Como la resistencia se opone al movimiento y el rendimiento es un coeficiente multiplicador, la fuerza efectiva de un cilindro de simple efecto, siendo E la resistencia del muelle (N), será:

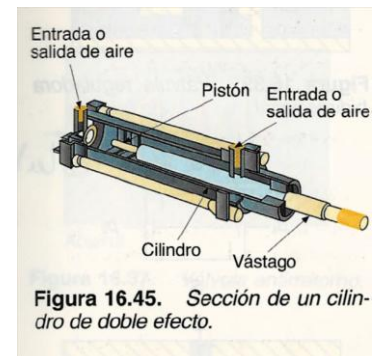
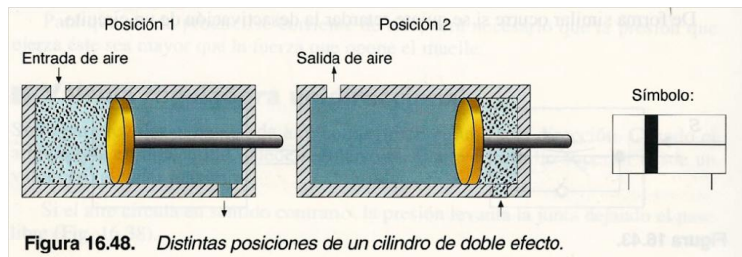
$$F_e = \eta \cdot p \cdot \pi \cdot (D^2/4) - E$$

5.3. Cilindro de doble efecto.

Es aquel que puede realizar trabajo en ambos sentidos. En este caso, el émbolo o pistón delimita ambas cámaras independientes.

El avance y retroceso del pistón, y por tanto del vástago, se produce por la presión que ejerce el aire en cualquiera de las dos caras del pistón.

Para que el pistón se pueda mover, es necesario que entre aire a una de las cámaras y que, por la otra, salga a la atmósfera.



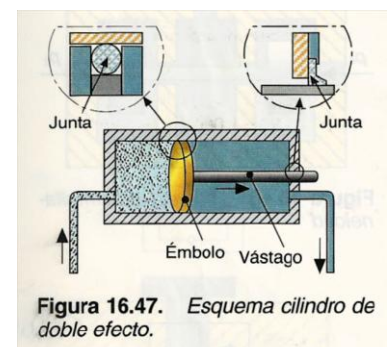
En este caso, para calcular la **fuerza efectiva**, si realizar el trabajo en los dos sentidos, la calcularemos en ambos casos.

En la **carrera de avance** no hay que vencer la resistencia de ningún muelle, por tanto, la F_e que puede proporcionar el vástago será:

$$F_e = \eta \cdot p \cdot \pi \cdot (D^2/4)$$

En la **carrera de retroceso** la F_e es menor ya que hay que considerar el volumen del vástago que ha de restarse de la cámara en este lado. Si d es el diámetro del vástago, tendremos:

$$F_e = \eta \cdot p \cdot \pi \cdot (D^2 - d^2)/4$$



Los cilindros de doble efecto son los **más utilizados** en la industria ya que presentan grandes ventajas respecto a los de simple efecto:

- Pueden desarrollar trabajo en ambos sentidos.
- No hay pérdida de esfuerzo por compresión del muelle de retorno.
- Su régimen de funcionamiento se puede ajustar con mucha precisión.
- La carrera, tanto de avance como de retroceso, corresponde a toda la longitud del cilindro.

Ejemplo

A continuación, se estudia el consumo de aire y la fuerza efectiva del cilindro neumático de una prensa de embutición que realiza 5 planchas por minuto y que dispone de un recorrido del émbolo de 25 cm, 10 cm de diámetro y 7 cm de diámetro del vástago. Vamos a suponer los dos casos, es decir, que el cilindro es de simple efecto y, en el segundo caso, de doble efecto. Calcula:

- Consumo de aire.
- Fuerza efectiva en el vástago, sabiendo que le suministra aire comprimido con una presión de 7 atm, que la fuerza que realiza el muelle es de 100 kp y que por rozamiento se pierde el 10 %.

Solución:

- En este apartado tenemos que calcular el aire que necesita el cilindro en cada recorrido y, seguidamente, calcular el que necesita por minuto.

Para el cilindro de simple efecto:

Vamos a considerar que V es el volumen que arrastra el émbolo desde una posición extrema hasta la otra, recorriendo una distancia denominada carrera (c).

$$V = S \cdot c = \pi \cdot r^2 \cdot c = \pi \cdot 5^2 \cdot 25 = 1.960 \text{ cm}^3 = 1,96 \text{ l (dm}^3\text{)}$$

Como son 5 ciclos por minuto:

$$C = V \cdot n.^{\circ} \text{ ciclos} = 1,96 \cdot 5 = 9,8 \text{ l/min}$$

Para el cilindro de doble efecto:

Al embutir, se llena la cámara 1 vaciándose la 2. Al retroceder, ocurre lo contrario, es decir, la cámara 2 se

llena y se vacía la 1. Entonces, por ciclo, el volumen de aire será:

V_1 es el volumen de la cámara similar a la de simple efecto.

V_2 es igual al volumen de la cámara anterior menos el volumen del vástago.

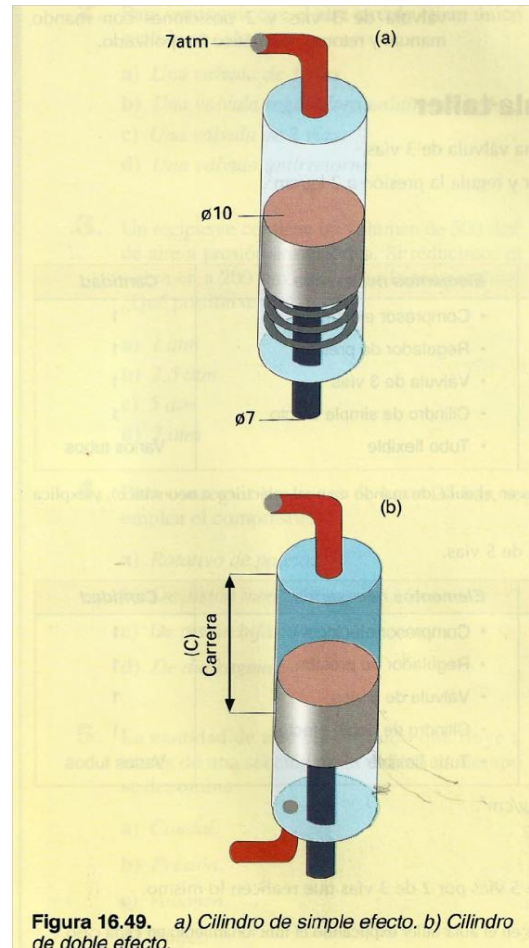
$$V_2 = V_1 - V_v = \pi r_1^2 \cdot c - \pi r_v^2 \cdot c = \pi \cdot c (r_1^2 - r_v^2) = \pi \cdot 25 (5^2 - 3,5^2) = 1.000 \text{ cm}^3 = 1 \text{ litro}$$

Como son 5 ciclos por minuto, el consumo por minuto será:

$$c = 2,96 \cdot 5 = 14,8 \text{ l/min}$$

- Para el cilindro de simple efecto:*

$$F_T = p \cdot S - F_{\text{muelle}} = 7 \cdot \pi 5^2 - 100 = 450 \text{ kp}$$



Recuerda que:

$$1\text{N} = 9,8\text{kp}$$

$$F_T = 4.410\text{N}$$

$$F_r = 10\% \text{ de } F_T = 4.410 \cdot 10\% = 441\text{ N}$$

La fuerza que realmente hace el vástago es:

$$F_{\text{vástago}} = F_T - F_r = 4.410 - 441 = 3.969\text{ N}$$

Para el cilindro de doble efecto:

- Al embutir:

$$F = p \cdot S = 7 \cdot \pi 5^2 = 550\text{ kp} = 5.390\text{ N}$$

$$F_{\text{vástago}} = 5.390 - (5.390 \cdot 10\%) = 4.851\text{ N}$$

- Al retroceder:

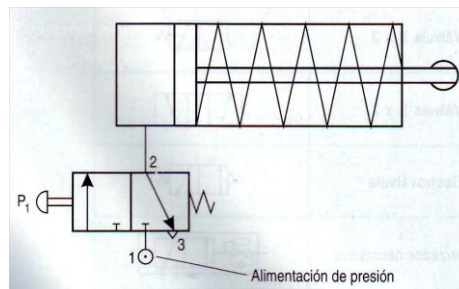
$$F = p \cdot S = P \cdot \pi \cdot (r_e^2 - r_v^2) = 7 \cdot \pi (5^2 - 3,5^2) = 280\text{ Kp} = 2.744\text{ N}$$

$$F_{\text{vástago}} = 2.744 - (2.744 \cdot 10\%) = 2.469,9\text{ N}$$

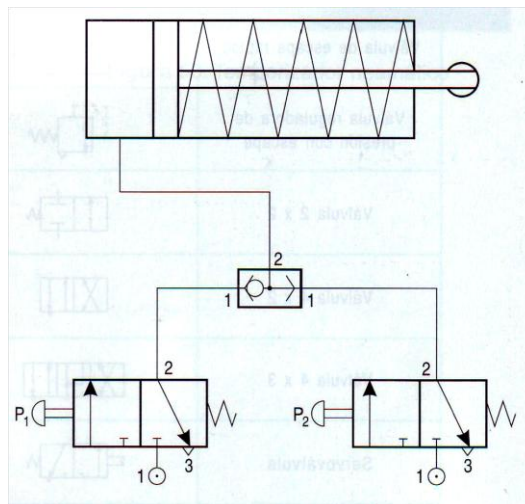
6. Circuitos neumáticos.

Con todos estos elementos que hemos visto se crean circuitos neumáticos tan simples o complejos como sea necesario. Vamos a ver algunos muy sencillos.

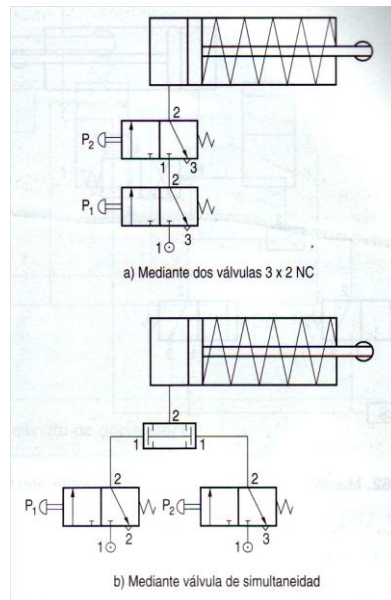
6.1. Mando directo de un cilindro de simple efecto mediante pulsador.



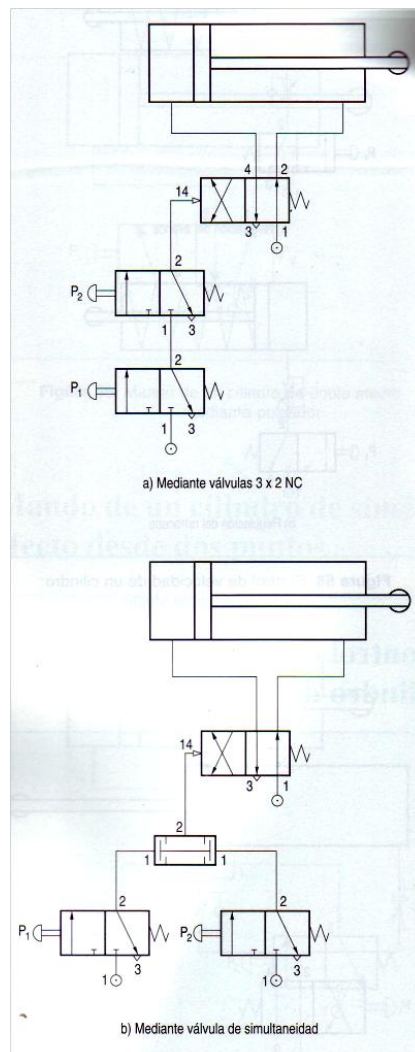
6.2. Mando de un cilindro de simple efecto desde dos puntos.



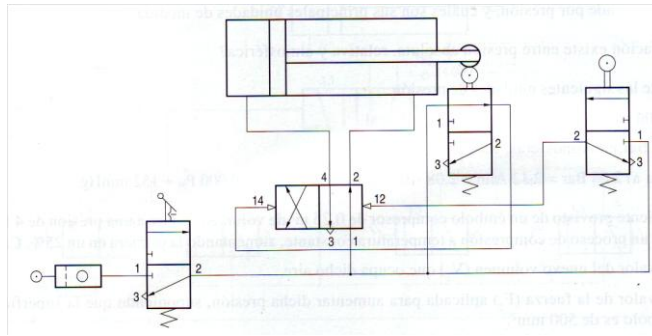
6.3. Mando condicional de un cilindro de simple efecto.



6.4. Mando condicional de un cilindro de doble efecto.



6.5. Mando automático de un cilindro de doble efecto.



7. Teorema o ecuación de Bernoulli.

7.1. Ecuación de continuidad.

Si la tubería a lo largo de la cual circula el líquido tiene dos secciones diferentes, S_1 y S_2 , en las cuales el líquido posee velocidades respectivas v_1 y v_2 , la llamada *ecuación de continuidad* establece que:

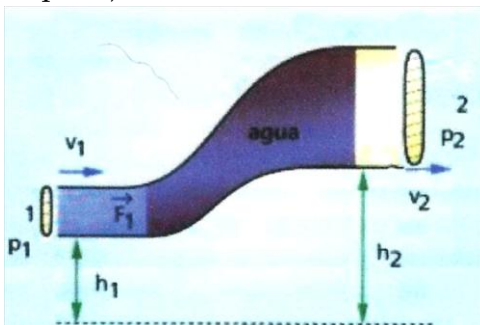
$$S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2 = \text{cte}$$

Esta expresión pone de manifiesto que la velocidad del líquido aumenta si a sección transversal del tubo disminuye, y viceversa.

7.2. Teorema o ecuación de Bernoulli.

Una masa de líquido que circula a lo largo de una conducción posee tres tipos de energía diferentes.

- Energía **hidroestática** ($p \cdot V$), p (presión), V (volumen del líquido).
- Energía **potencial** o estática (mgh), debida a la altura respecto a un nivel cero de referencia, h (altura), g (gravedad), m (masa del líquido).
- Energía cinética o **hidrodinámica** ($\frac{1}{2}m \cdot v^2$), a causa de su velocidad, v (velocidad), m (masa del líquido).



Un líquido no viscoso, en régimen laminar, de acuerdo al principio de conservación de la energía, cumple que la suma de las tres energías es constante a lo largo de la conducción.

$$p \cdot V + m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \text{constante}$$

Si consideramos dos puntos de la misma conducción:

$$p_1 \cdot V_1 + m \cdot g \cdot h_1 + \frac{1}{2} m \cdot v_1^2 = p_2 \cdot V_2 + m \cdot g \cdot h_2 + \frac{1}{2} m \cdot v_2^2$$

Pongamos esta ecuación en función de la densidad $d = m/V$, siendo, d : densidad del fluido y V su volumen.

La expresión reducida en función de la densidad es:

$$p_1 + d \cdot g \cdot h_1 + \frac{1}{2} d \cdot v_1^2 = p_2 + d \cdot g \cdot h_2 + \frac{1}{2} d \cdot v_2^2$$

Esta es la ecuación de Bernoulli

Supongamos que las conducciones hidráulica se mantienen todas a la misma altura, en posición horizontal. En este caso $h_1 = h_2$, con lo cual,....d y $h_1 = d \cdot g \cdot h_2$

La ecuación de Bernoulli se simplifica como:

$$p_1 + \frac{1}{2} d \cdot v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} d \cdot v_2^2$$

ACTIVIDADES

1 - Recopila todos los símbolos neumáticos estudiados en el tema y realiza un cuadro a tres columnas donde, en la primera, figure el nombre, en la segunda, el símbolo y en la tercera, su descripción.

2 - En un cilindro de simple efecto su émbolo tiene 30mm de diámetro y 50mm de carrera. La presión del aire es 5bar y la resistencia del muelle de 50N. Realiza una maniobra de 8 ciclos por minuto y su rendimiento es del 85%. Para el caso ideal y el real se pide:

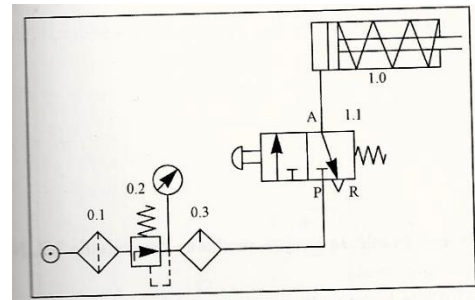
- La fuerza que ejerce el cilindro en ambos casos (ida y retorno).
- El consumo de aire.
- La potencia desarrollada por el cilindro al desarrollar la maniobra.

3 - Un cilindro de doble efecto tiene un émbolo de 30mm de diámetro, el de su vástago mide 10mm y su carrera es de 50mm. La presión del aire es de 8bar y realiza una maniobra de 8 ciclos por minuto. En ambas carreras su rendimiento es del 85%. Calcular:

- La fuerza que ejerce el cilindro en la carrera de avance y de retroceso.
- El consumo de aire.
- La potencia desarrollada por el cilindro al realizar la maniobra.

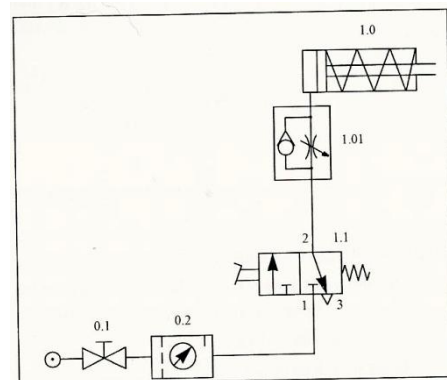
4 - Para el circuito neumático de la figura se pide:

- Explicar el funcionamiento del circuito.
- Identificar los componentes del circuito, indicando el significado de las letras situadas sobre los orificios del símbolo del elemento 1.1



5 - Para el circuito neumático de la figura se pide:

- Explicar el funcionamiento del circuito.
- Identificar los componentes del circuito, indicando el significado de los números situados sobre los orificios del símbolo del elemento 1.1



6 - Diseña un circuito neumático para el accionamiento por cilindro desde dos puntos diferentes.

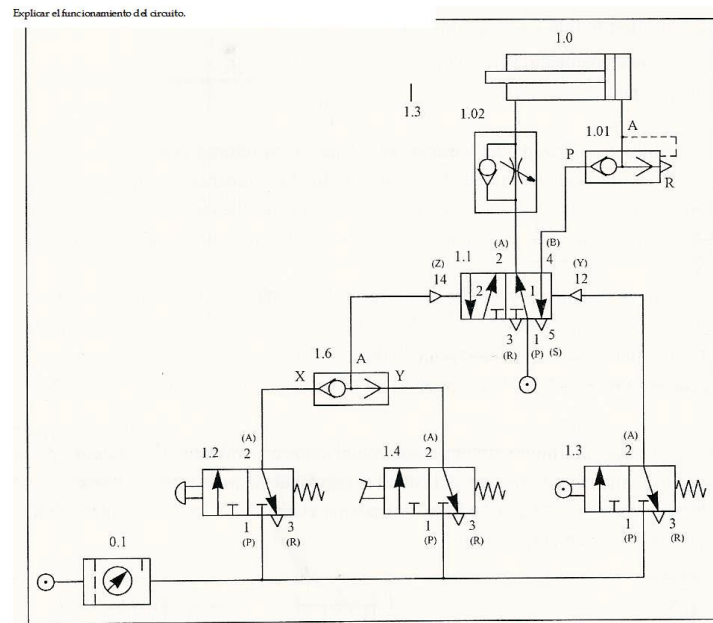
7- Diseña un circuito para el accionamiento de un cilindro con retorno rápido del vástago utilizando una válvula de escape rápido.

8 - Diseña un circuito neumático para el accionamiento de un cilindro de doble efecto, en el que se regule la velocidad de entrada del vástago y la carrera de retroceso se produzca rápidamente.

9 - Diseña un circuito para el accionamiento indirecto de un cilindro de doble efecto, mediante el empleo de dos pulsadores, uno para la carrera de retroceso y otro para la de avance.

10 - Para el circuito neumático de la figura se pide:

- Identificar todos los elementos del circuito, denominando correctamente los mismos.
- Identificar los componentes del circuito, indicando el significado de las letras mayúsculas , entre paréntesis y los números correspondientes situados sobre los orificios 1.1
- Explicar el funcionamiento del circuito.



11 - Interpretar todos los circuitos del apartado 6 del tema.

BLOQUE DE CONFORMACIÓN



TEMA 1 - CONFORMACIÓN SIN PERDIDA DE MATERIAL

Tecnologías de Fabricación

Los procesos de transformación consisten en una serie de operaciones que parten de un material en bruto y modifican su forma hasta convertirla en una pieza elaborada que tiene utilidad industrial.

La forma final de una pieza, debe cumplir una serie de requisitos imprescindibles para ser considerada realmente útil:

- Quedar lista para ser montada en un conjunto.
- Fiel al diseño previamente establecido.
- Coste razonable de material y energía.
- Superar el control de calidad que garantice su fiabilidad.

Para fabricar un elemento, además de realizar un diseño previo en el que se especifiquen dimensiones y materiales, es necesario elegir el procedimiento de fabricación más idóneo, con el fin de dar forma al material.

Las técnicas de fabricación más usuales, se clasifican en tres grandes grupos:

1. **Procedimiento de fabricación por deformación o moldeo**, también llamado *procedimiento de conformación sin pérdida de material*, ya que a lo largo de los procesos no se desperdicia ni se pierde parte alguna del material con el que se trabaja.
2. **Procedimiento de fabricación por separación y corte**, también llamado *procedimiento de conformación con pérdida de material*, ya que a lo largo de los procesos se desperdicia o pierde alguna parte del material con el que se trabaja.
3. **Procedimiento de fabricación mediante unión de piezas.**

1.1.- Procedimiento de conformación sin pérdida de material. Conformación por fusión y moldeo.

Se realiza fundiendo el material y vertiéndolos en moldes que reproduzcan la forma de la pieza. Esta técnica se conoce también como **fundición o colada**. Se aplica esencialmente para metales, plásticos, vidrio, cemento,....

Un molde es un recipiente que presenta una cavidad en la que se introduce un material en estado de fusión que, al solidificarse, adopta la forma de la cavidad. Luego se deja enfriar el tiempo necesario hasta que se solidifique y se extrae del molde. Los moldes, en general, constan de dos piezas, perfectamente acopladas.

Por medio de este método podemos fabricar y obtener piezas de formas muy diversas, siendo ampliamente utilizado en el campo de los recipientes de productos y carcasas de máquinas.

Los pasos a seguir para realizar este método de conformado son:

1. Diseñar la pieza que se desea fabricar.
2. Construir un modelo, que suele ser de madera o yeso, de forma artesanal.
3. Se construye el molde. Si la pieza es hueca se fabrican también los machos, que son unas piezas que recubren los huecos interiores.
4. Se llena el molde del material fundido (a este proceso se le llama colada).
5. Se procede al desmoldeo, es decir, extracción de la pieza del molde una vez solidificada.
6. Se enfría la pieza.

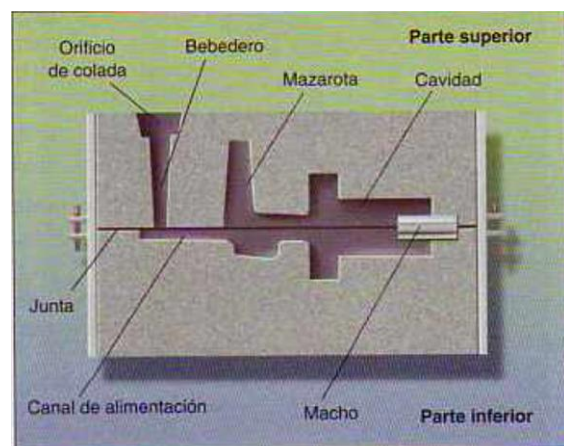


Fig. 2. Elementos de un molde industrial.

Los procesos de moldeo son diferentes según la **naturaleza del molde** y el **método de vertido**. Así, según la naturaleza del molde pueden ser: de molde permanente (de hierro colado, acero o

grafito) o de molde perdido (arena y arcilla); y según el método de vertido, puede ser por gravedad o por presión.

La elección de un método u otro depende de la complejidad de la pieza, grado de tolerancia respecto a las medidas establecidas, número de piezas a fabricar, coste del molde, acabado,...

Tipos de moldeo:

Los tipos de moldeo se clasifican en los siguientes grupos:

- Moldeo por gravedad.
- Moldeo por presión.

Moldeo por gravedad. Se realiza vertiendo el metal fundido sobre un molde, de manera que éste se desplace por su propio peso.

Se utiliza principalmente para fabricar piezas de fundición de acero, bronce, latón y distintas aleaciones de aluminio. Existen distintas técnicas: *en arena*, *en coquilla* y *a la cera perdida*.

1. Moldeo en arena

Es un procedimiento de molde perdido. Se emplea sílice (una arena muy pura) para hacer el molde, mezclada con arcilla y agua para aglomerar la arena. El proceso es el siguiente:

- Parte inferior del molde:

Se elabora un modelo de la pieza a fabricar (madera, resina,...) dividido en dos mitades exactamente iguales.

Se introduce una mitad del modelo en la parte inferior del molde y se rellena con arena. Se introduce una pieza auxiliar que formará el canal de alimentación.

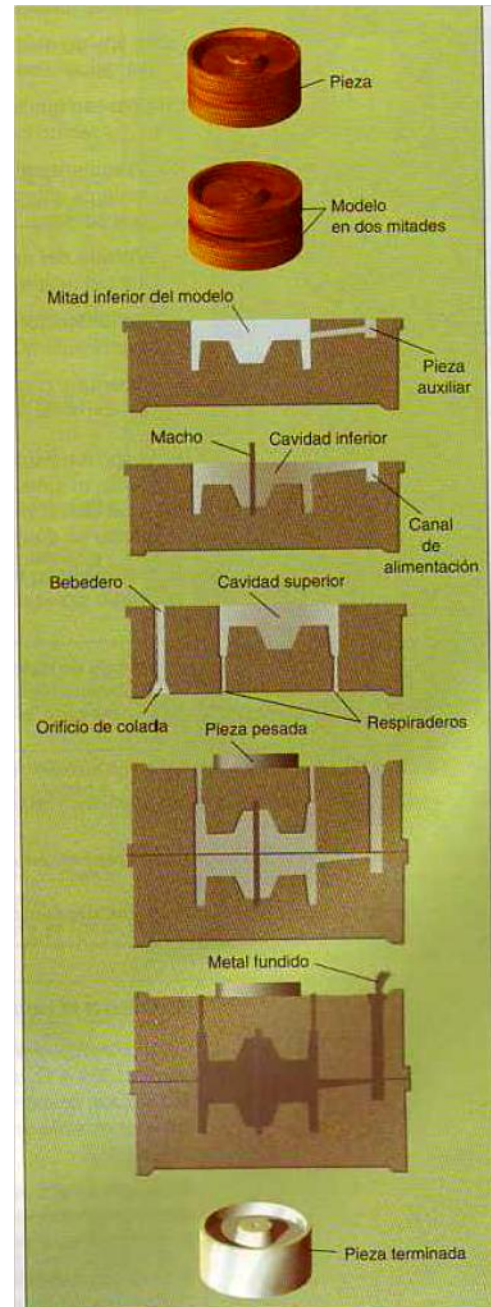
Se comprime y compacta la arena alrededor del modelo. Se retiran el modelo y la pieza auxiliar. Así sus cavidades quedan marcadas en la arena.

- Parte superior del molde:

Se repiten los pasos anteriores, introduciendo las piezas que formarán el bebedero, el orificio de colada y los respiraderos (llamados mazarota, para que salgan los gases).

- Se unen las dos mitades del molde.
- Se colocan piezas en la parte superior para evitar que la presión de los gases pueda levantarla.
- Se vierte el material fundido por el orificio de colada.
- Se deja enfriar hasta la temperatura ambiente.
- Se rompe el molde y se extrae la pieza.
- Se eliminan las partes correspondientes al canal de alimentación, bebedero,... para volver a fundirlas.
- Se limpia y mecaniza superficialmente si es necesario.

Este es un proceso económico, apto para temperatura altas y todo tipo de metales, pero tiene el inconveniente de tener que realizar un molde para cada pieza.



2. Moldeo en coquilla.

Las coquillas son *moldes* metálicos *permanentes* (normalmente de acero o fundición gris)

que, al contrario que el método de moldeo con arena, *permite obtener un número muy elevado de piezas iguales utilizando el mismo molde*. Las coquillas son mucho más caras que los moldes de arena, pero resulta rentable si se fabrican con ellas un número elevado de piezas (hasta miles). Presenta otra ventaja, al ser el molde metálico, *la velocidad a la que se enfría la pieza es mayor* además, *la precisión de las piezas obtenidas es mayor, así como sus acabados superficiales*. En cambio, *no es bueno para moldear piezas complejas*.

El proceso de fabricación por coquilla es el siguiente:

- **Pre calentamiento:** El molde o coquilla, una vez cerrado, debe calentarse antes de introducir el metal fundido para que su dilatación se produzca de manera uniforme.
- **Vertido del metal:** Se vierte el metal y se llena la cavidad.
- **Solidificación:** Se deja enfriar el contenido a temperatura ambiente hasta que se solidifique.
- **Apertura:** Se abre el molde y se extrae la pieza.

Se usa para masas fundidas de aleaciones de Al, Mg o Cu. Si se pretende moldear piezas de acero, hay que usar moldes de acero refractario recubiertos de grafito para aumentar su durabilidad.

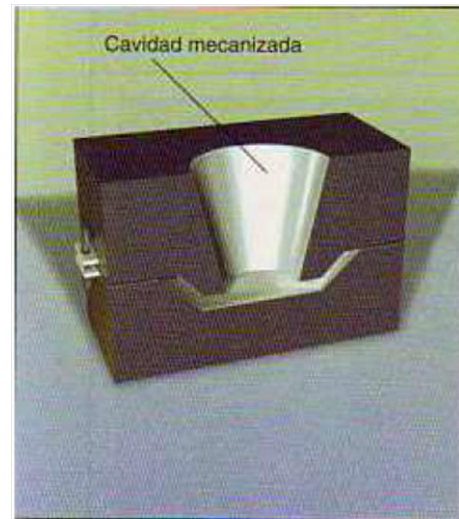


Fig. 4. Molde permanente o coquilla.

3. Moldeo a la cera perdida.

Es uno de los procesos más antiguos que se conoce, ya que era usado por egipcios y romanos.

Se emplea para fabricar objetos artísticos a base de metales nobles, como Au, Ag, Pt, o de forma muy compleja y pequeña.

El principal inconveniente es que es un proceso relativamente caro, pero presenta también la ventaja de que no necesita un mecanizado posterior.

El procedimiento es el siguiente:

- Se elabora un modelo patrón de la pieza en latón.
- Con ayuda del modelo se mecaniza la cavidad de la coquilla o molde permanente y se divide en dos partes iguales.
- Se cierra el molde y se introduce cera caliente. Se crea un modelo en cera.
- Se introduce el modelo en cera en una caja de acero inoxidable que se rellena con arena de sílice, dejando los orificios pertinentes para el llenado del metal y para la salida de los gases.
- Se introduce la caja en un horno, hasta que alcance unos 100°C. La cera se funde y se recoge en unos canales del fondo del horno.
- Se eleva la temperatura del horno hasta unos 1000°C.
- Se endurece la arena y se forma la cavidad correspondiente a la pieza.
- El molde se extrae del horno y se vierte el metal fundido en su interior.
- Una vez solidificado, se rompe el molde y se obtiene la pieza.



Moldeo por presión. Se lleva a cabo introduciendo la masa metálica fundida en el interior del molde forzando la entrada en el mismo. En este método se emplean moldes permanentes.

1. Moldeo por fuerza centrífuga

El molde gira alrededor de un eje que puede ser horizontal o vertical, con lo que la fuerza centrífuga obliga al metal fundido a rellenar todas las cavidades del mismo.

Se emplea fundamentalmente para moldear piezas de revolución, presentando además, la ventaja de que pueden obtenerse piezas de menor espesor que las que se obtienen por gravedad. Las piezas presentan menos grietas y oquedades.

Por el contrario, los moldes resultan caros, ya que deben ser más gruesos debido a las presiones elevadas que deben soportar.



2. Moldeo por inyección

Es el moldeo a presión propiamente dicho. El metal se inyecta en el molde por medio de una máquina. La inyección puede hacerse por medio de un émbolo o usando aire comprimido.

Los moldes son similares a las coquillas, aunque se suelen denominar **matrices**. Este método presenta la ventaja de que pueden fabricarse piezas de formas complicadas de una manera bastante económica y de gran precisión. Además, las piezas resultan limpias y sin defectos.



Fig. 6. Proceso de inyección de metal fundido en la matriz.

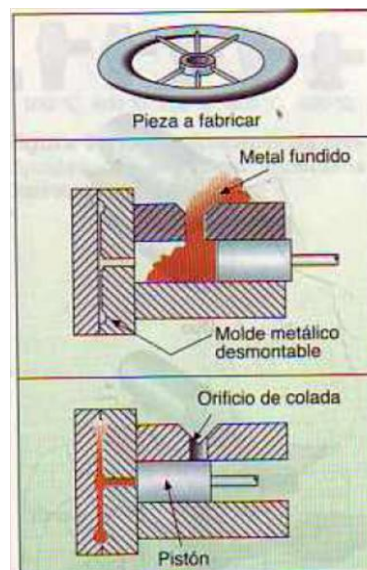


Figura 9.6. Colada por presión.

1.2.- Procedimiento de conformación sin pérdida de material. Conformación por deformación.

Cuando un objeto es sometido a la acción de una fuerza, ésta provoca una deformación que puede ser elástica o plástica, dependiendo de la naturaleza del material sobre el que actúa y del esfuerzo aplicado.

Los procesos industriales de **conformación por deformación** consisten en someter a los materiales a la acción de fuerzas que superen los límites de elasticidad, de modo que provoquen en ellos deformaciones plásticas de carácter permanente.

Son procesos de gran interés industrial y se realizan tanto **en frío** como **en caliente**. En caliente se aplica principalmente para metales y plásticos. En frío se aplica sólo para metales.

También podemos clasificarlos en función del tipo de esfuerzo al que están sometidos. Así, pueden ser de **tracción** o de **compresión**.

1.2.1.- Deformación en caliente.

En la deformación en caliente, estudiaremos cuatro métodos:

- Forja
- Laminación
- Extrusión
- Estampación en caliente

Forja.

Consiste en calentar el metal hasta una temperatura inferior a la de fusión (hasta cerca de 1000 °C) y posteriormente golpearlo con un martillo o una prensa. A esta temperatura aumenta la plasticidad del metal por lo que se le puede dar la forma deseada sin romper o quebrar el material.

Antiguamente se deformaban las barras calentándolas en una *fragua* de carbón, el herrero sacaba las piezas ayudándose de *tenazas*, la colocaba sobre el *yunque* y, con el *martillo*, la golpeaba dándole la forma deseada. Esto es la **forja a mano**. Este método es limitado.

Actualmente se emplean **presas**, accionadas mecánicas o hidráulicas, que comprimen el material hasta darle la forma deseada. También se emplean **martillos mecánicos** que golpean el material sucesivamente.

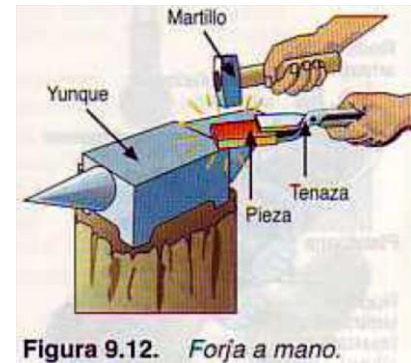
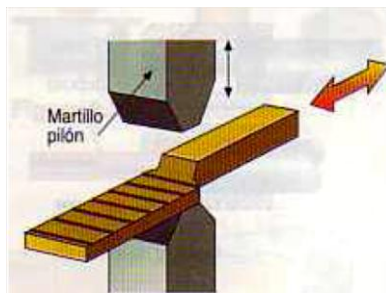
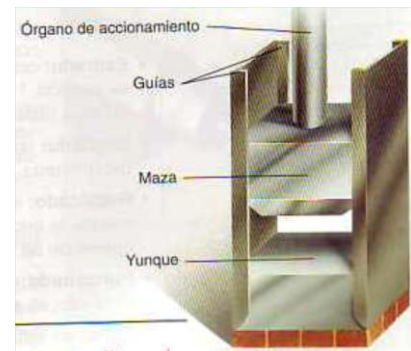


Figura 9.12. Forja a mano.



Los materiales que admiten forja son principalmente algunos metales puros, como el Al, Cu, Fe y Zn, y aleaciones, como aceros, aleaciones de Al y Mg, bronce y latones.

Entre las operaciones más habituales de forja que se realizan, están:

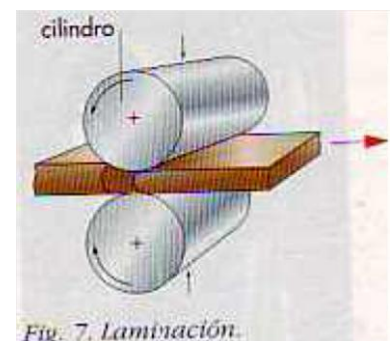
- Estirado: Alargamiento de la pieza con reducción de su sección.
- Degüello: Disminuir la sección de la pieza en una zona determinada.
- Recalcado: Aumentar la sección disminuyendo la longitud.
- Punzonado: Practicar agujeros en la pieza.
- Corte: Dividir la pieza en trozos de tamaño prefijado.

Laminación.

Consiste en hacer pasar entre dos o más rodillos que giran en sentido contrario, una masa metálica de forma continua. A través de sucesivas pasadas se reduce su espesor y se adapta su forma para obtener planchas, barras o perfiles. El lingote se calienta a una temperatura por debajo de la de fusión.

Los rodillos están separados una distancia un poco más pequeña que la anchura del lingote. Se emplea para metales y plásticos.

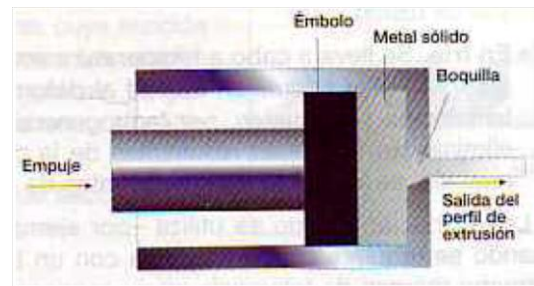
Según la pieza que queramos obtener existen distintos tipos de laminación



Extrusión.

Es un proceso continuo para conformar materiales, haciéndolos fluir a presión, por medio de un **émbolo**, a través de orificios con una forma determinada. El metal no debe estar fundido, sino por debajo de su punto de fusión. Es muy empleado para metales como Pb, Al, Zn, Sn, Cu,... aunque también se emplea para plásticos.

Los dispositivos empleados para este proceso se denominan **matrices** y están provistos de **boquillas** cuya sección es igual a la del perfil que se desea obtener.



Estampación en caliente.

Se trata de una operación estrechamente relacionada con la forja mecánica. Consiste en situar el metal entre dos moldes denominados **estampas** y someterlo a un esfuerzo de compresión por medio de una prensa. Las estampas son una especie de moldes formados por dos partes, la estampa superior y la estampa inferior. Ésta permanece fija a una mesa, mientras que la otra es accionada mecánicamente, cayendo sobre la otra.

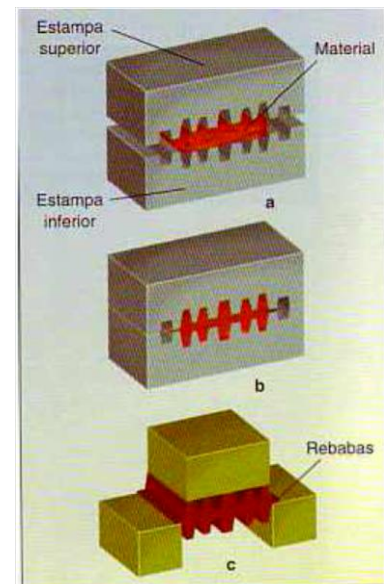


Fig. 9. Proceso de estampación en caliente: a) preparación; b) estampación; c) acabado.

1.2.2.- Deformación en frío.

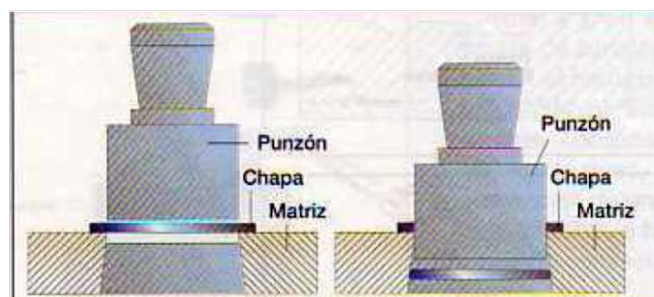
Existen varios métodos, algunos similares a la deformación en caliente. En este caso, estudiaremos:

- Estampación en frío
- Forjado en frío
- Extrusión en frío
- Doblado y curvado
- Embutición
- Estirado
- Trefilado

Estampación en frío

Es esencialmente igual a la estampación en caliente, pero sólo se aplica para obtener chapas o para darles la forma deseada (para carrocerías de automóviles, puertas, ...). Los materiales más empleados son el acero y el aluminio. En este caso la estampa inferior se denomina matriz y la superior se denomina punzón. La plancha se introduce entre las estampas, de forma que den relieve por un lado y se hunda por el otro.

La ventaja principal frente a la estampación en caliente es su menor coste.



Forjado en frío

Se utiliza principalmente para producir pequeñas piezas por martilleo, como tornillos, arandelas, varillas, etc. Las máquinas empleadas son potentes prensas.

Extrusión en frío

Consiste en introducir en un recipiente un material dúctil presionándolo fuertemente con un punzón o émbolo, lo que obliga al material a “fluir” por el orificio que queda libre. De esta manera se pueden obtener barras o tubos de sección constante (tubos de pasta de diente, de pegamento, carcasa de pilas,...).

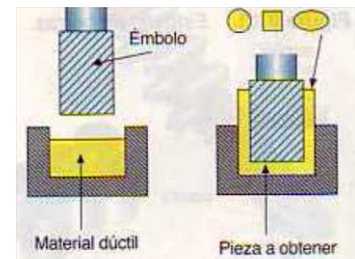
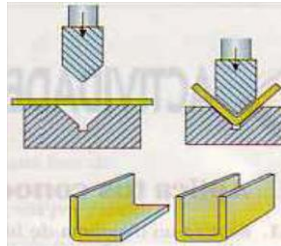


Figura 9.19. Obtención de piezas por extrusión (deformación en frío).

Doblado y curvado

Doblado. Se trata de hacer un pliegue para formar un cierto ángulo sobre la línea de dobles. El radio de curvatura de la deformación es relativamente pequeño.



Curvado. Tiene por objeto dar a la pieza la forma de una línea curva. El radio de curvatura de la deformación es relativamente grande.

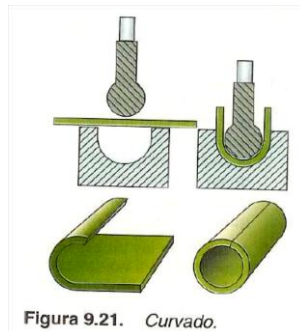


Figura 9.21. Curvado.

Embutición

Una prensa golpea chapas o láminas colocadas sobre el molde con la forma de la pieza buscada. Realizada esta operación, el grosor de la chapa no sufre variación. Con este procedimiento se deforman chapas para obtener formas muy diversas y de una manera rápida, tapas de envases, recipientes, ...

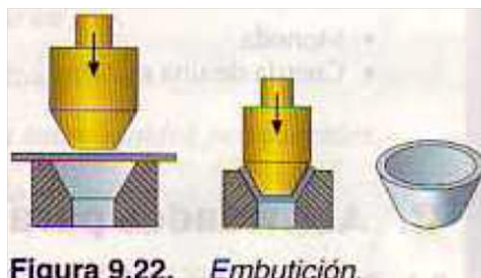


Figura 9.22. Embutición.

Estirado

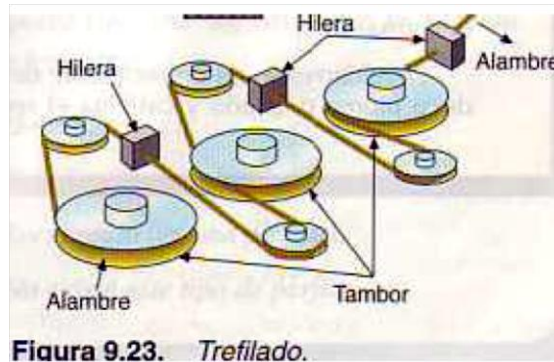
Con este método se pretende reducir la sección de un determinado material, por ejemplo, para reducir el grosor de una varilla. Esto se consigue haciéndolo pasar a través de unos orificios calibrados que se denominan **hileras**.

El material que se quiere estirar debe ser dúctil y tenaz. Se usa para barras procedentes de fundición de metales como Cu, latón, Al y aleaciones.



Trefilado

Es un procedimiento que se emplea para obtener alambres finos. Es un método muy similar al estirado, pues consiste en hacer pasar una varilla por **una serie** de orificios de diámetro decreciente, llamados también **hileras**. Al material se le obliga a pasar por los orificios estirándolos, al igual que el método anterior.



NOTA: No se debe confundir estirado y trefilado, son métodos muy similares pero la diferencia esencial es la siguiente...

- El **estirado** se aplica para varillas gruesas y tiene por objeto obtener varillas más finas.
- El **trefilado** se aplica sólo para obtener a alambres finos.

TEMA 2 - CONFORMACIÓN CON PERDIDA DE MATERIAL

La fabricación con pérdida de material, supone eliminar el material sobrante de una pieza inicial para transformarla en una pieza terminada con formas y dimensiones concretas.

El material sobrante, puede tener forma de virutas, recortes, o limaduras, según el procedimiento empleado.

Los procedimientos pueden realizarse con herramientas manuales (limado y aserrado) o mecánicas (cizallado, aserrado, taladrado, torneado, fresado, rectificado).

Los procedimientos de separación o corte se clasifican en:

- Por separación mecánica.
- Por calor.
- Por separación química.

1.- Por separación mecánica**1.1.- Separación mecánica sin arranque de viruta****1.1.1.- Corte.**

Es el sistema más sencillo de separación o corte. Se realiza sobre materiales blandos y de pequeño espesor. Un ejemplo de herramienta es el **cutter**.

**1.1.2.- Cizalladura**

Es el método de corte en el que se utilizan herramientas que disponen de *dos cuchillas que se desplazan en direcciones diferentes*, quedando el material entre ambas y cortándolo en dos piezas.

Algunas herramientas usadas en este método de corte son: tijeras (manual), guillotina (mecánica) y máquinas de troquelar (mecánico).

1.1.3.- Troquelado

El **troquelado** o **punzonado**, consiste en separar de una pieza delgada (metal, plástico, cuero,...), una porción del material con una forma determinada, mediante un golpe de prensa, y empleando un dispositivo adecuado (los troqueles o punzones). Con este método podemos fabricar, por ejemplo, *arandelas*.

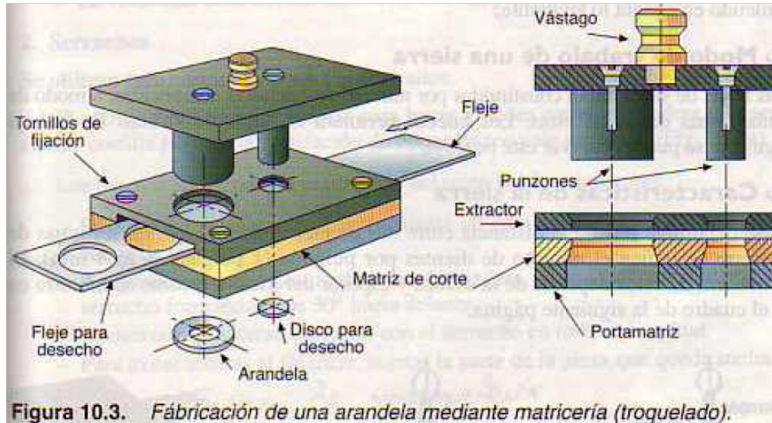


Figura 10.3. *Fabricación de una arandela mediante matrickería (troquelado).*

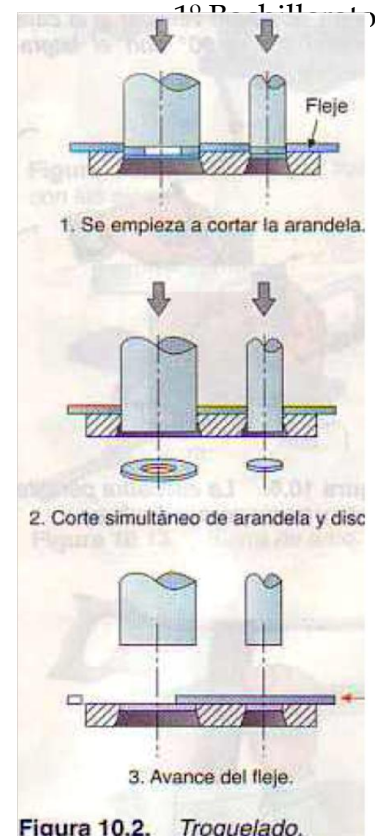


Figura 10.2. *Troquelado.*

1.1.2.- Separación mecánica con arranque de viruta

Con este procedimiento obtenemos un producto final arrancando virutas de los materiales en bruto. Normalmente se trabaja primero la pieza sin arranque de viruta.

1.2.1.- Aserrado

Es la operación de corte con arranque de viruta más común. En este grupo aparecen herramientas como las **sierras** y **serruchos**. La operación de aserrado debe considerar el marcado del material, utilizando herramientas de trazado tales como escuadra, regla, compás y punta de trazar (o lápiz). Se marcará por donde se deben realizar los cortes.

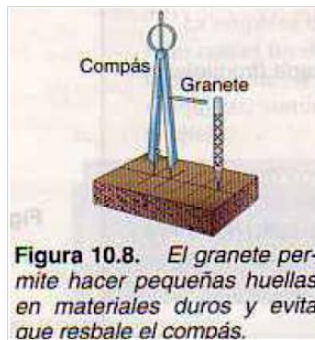


Figura 10.8. *El granete permite hacer pequeñas huellas en materiales duros y evita que resbale el compás.*



Figura 10.6. *La escuadra permite medir y trazar perpendiculares.*

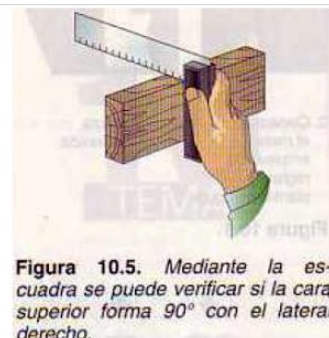


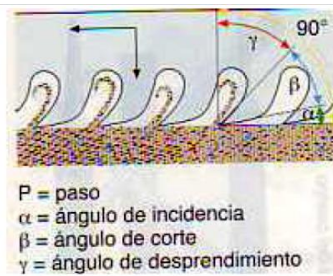
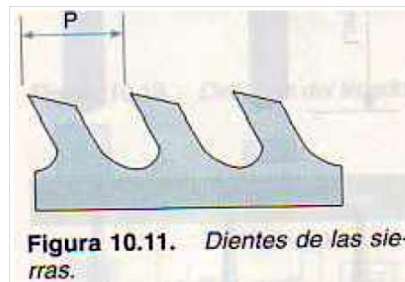
Figura 10.5. *Mediante la escuadra se puede verificar si la cara superior forma 90° con el lateral derecho.*

Las herramientas de aserrado poseen una hoja de acero provista de dientes afilados y cortantes, capaces de cortar materiales muy diversos como madera, plásticos, metales,... El diseño de los dientes de las hojas se hace teniendo en cuenta el material que hay que serrar:

- ✓ Para cortar un material blando, como la madera, los dientes son más grandes y están más separados.
- ✓ Para cortar una material más duro, como el hierro, se necesitan dientes más pequeños y más juntos.

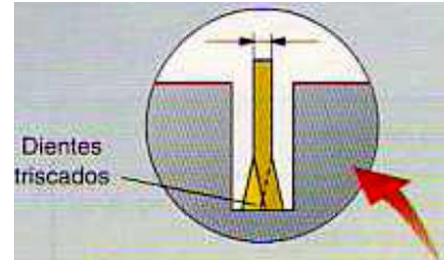
Se define el **paso** como la distancia que existe entre dos dientes consecutivos.

Se define el grado de corte como el número de dientes por centímetro de longitud (varía entre 6 y 13).



El **triscado** de los dientes consiste en curvarlos alternativamente a derecha e izquierda con objeto de evitar que las caras laterales de la pieza rocen con la sierra, lo que originaría un calentamiento de la hoja que acabaría atascándose. De este modo, la ranura que abren es mayor que el espesor de la hoja.

Las **herramientas de trabajo** de aserrado pueden ser manuales o mecánicas.



Sierras manuales

- Sierra de arco o segueta

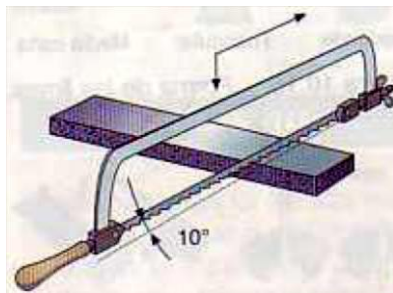
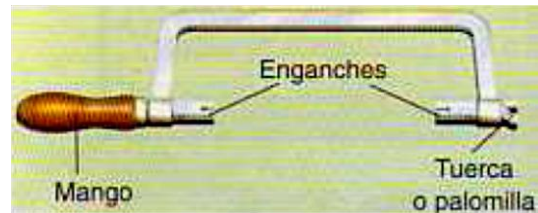


Figura 10.13. Sierra de arco.

Formada por un bastidor (en forma de arco) con mango. El bastidor sujeta una hoja de acero dentada. La hoja es intercambiable, por lo que a la hora de fijar una de ellas, debemos tener en cuenta en la inclinación de los dientes. Un tornillo tensor (o palomilla) se encarga de mantener tensa la hoja dentro del bastidor. Las sierras se utilizan para cortar infinidad de materiales, dependiendo del paso de la hoja. Un caso particular es la sierra de marquetería, utilizada comúnmente para cortar madera de poco grosor.



- Serruchos

Se utilizan para cortar madera y sus derivados. Hay infinidad de ellos (ordinario, de costilla, de precisión,...). En este caso no hay arco debido a la gran anchura de la hoja.



Sierras eléctricas o con motor de gasolina

Este tipo de sierras se emplean especialmente para el aserrado de materiales de grandes dimensiones, o para materiales que requieren una gran cantidad de esfuerzo.

Las máquinas para aserrar pueden ser **fijas** o **portátiles**.

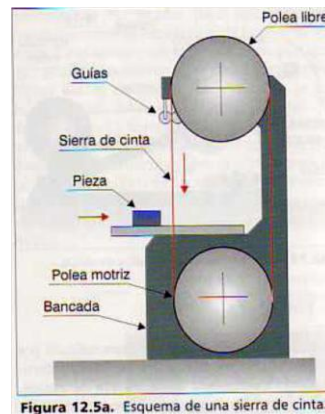
Las **máquinas fijas** son *más potentes* y se emplean para *trabajos de gran envergadura*, al contrario que las portátiles. En el primer caso, es la pieza la que se mueve, permaneciendo completamente fija la máquina.

Las sierras eléctricas pueden ser:

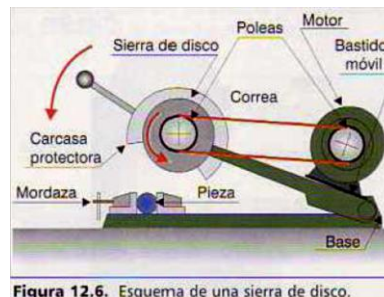
- ✓ De movimiento alternativo. (caladora)



- ✓ De movimiento continuo, también llamadas sierras de cinta o sin fin.



- ✓ De movimiento circular, cuya hoja de corte es circular.



1.2.2.- Limado

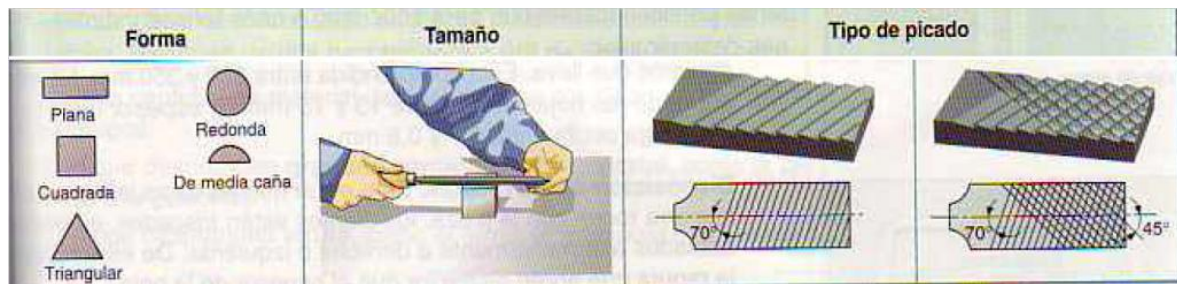
El limado es una *operación mecánica* mediante la cual se da forma a una pieza mediante el desprendimiento del material en forma de limaduras.

Las herramientas utilizadas para este fin son las **limas** y las **escofinas**, que consisten en una *barra de acero templado, de superficie estriada*, cuya misión es rebajar la pieza.

Se clasifican según diferentes criterios:

1. **Tamaño** (en pulgadas): Es la *longitud* del cuerpo de la lima. A mayor longitud, mayor superficie a limar.
2. **Forma**: Determinada por su *sección transversal*. Pueden ser planas, cuadradas, triangulares, de media caña, redondas,... Cada una se utiliza para una determinada operación de limado.
3. **Tipo de picado**: Es la *rugosidad* de la superficie del cuerpo metálico. Según su forma puede ser sencillo o doble. Así, tenemos **escofinas** (de grano basto, sólo empleadas para maderas) y **limas** propiamente dichas (de grano fino, empleadas para metales o maderas muy duras).





Proceso de limado

Para llevar a cabo correctamente esta operación (manual), hay que tener en cuenta los siguientes pasos:

1. **Sujeción de la pieza:** La pieza debe sujetarse entre las mordazas del tornillo de banco, de modo que no salga excesivamente de ellas para evitar que vibre.
 2. **Sujeción de la lima:** La lima debe sujetarse con la mano derecha sobre el mango. La mano izquierda se apoya en la punta de la lima para presionar la pieza.
 3. **Posición de trabajo:** hay que colocarse con el pie izquierdo algo adelantado.
- También puede realizarse de manera mecánica, usando una herramienta eléctrica llamada **limadora**. En este caso la pieza es móvil.

1.2.3.- Taladrado



Fig. 13. Taladradora de columna.

Es una operación que tiene por objeto el mecanizado de agujeros, con obtención de virutas. Para esta operación se emplean elementos de corte circular denominados **brocas**, los cuales se fabrican de *acero templado*. Las máquinas en las que se instalan las brocas reciben el nombre de **taladros** o **taladradoras**.

Existen muchos tipos de taladros: pero en definitiva se pueden dividir en taladros **portátiles** (de bricolaje) y taladros de **sobremesa o de columna** (los cuales son fijos).

Los taladros de sobremesa permiten efectuar agujeros de diámetros mayores y de más precisión.

Las brocas más conocidas son las helicoidales y en ellas se distinguen tres partes fundamentales: la *cola o mango*, el *cuerpo* y la *boca o punta*.

- Cola: parte que se fija al

taladro.

- Cuerpo: Parte activa de la broca. Lleva unas ranuras en forma de hélice.
- Punta: Parte cónica que hace el corte.

Elección de la broca

Se debe tener en cuenta el *tamaño* del agujero, la *dureza* del material y el *afilado* de la broca.

- **Tamaño:** El tamaño del agujero tiene que ser ligeramente superior al diámetro de la broca utilizada.
- **Dureza del material:** Determina el *ángulo de la punta de la broca*. A mayor dureza, mayor debe ser el ángulo.
- **Afilado:** La forma de la punta determina el tipo de material para el que se emplea (madera, metal, pared,...). Las brocas para perforar *madera* terminan en *punta o pala*. Las de *pared* cuentan con una *pastilla de carburo metálico* en la punta y las de *metal* están fabricadas con acero rápido y tienen un *ángulo de punta alto*.

Para taladrar correctamente se deben:

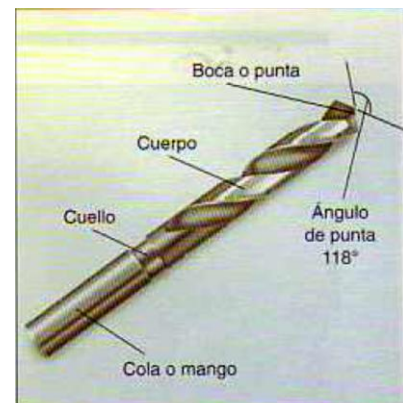
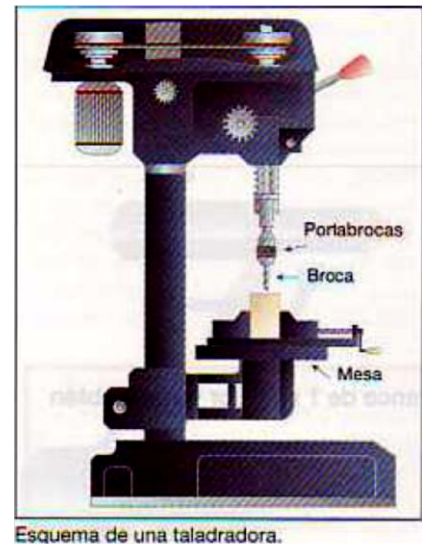


Fig. 12. Partes de una broca helicoidal.

1. Seleccionar la velocidad de corte (debido a la rotación de la máquina): Por norma, *cuanto más duro sea el material que se va a taladrar, menor será la velocidad de corte.*
2. Se sujeta la pieza que se taladre sobre la mesa de la taladradora por medio de unas mordazas.
3. Se puntea el centro del agujero con un granete.
4. Se elige la broca adecuada y se monta en el portabrocas.
5. Se inicia la operación, acercando la broca lentamente al material. De hecho, la velocidad de avance viene determinado por el tipo de broca y la dureza del material.
6. Una vez practicado el orificio, se retira la broca lentamente.

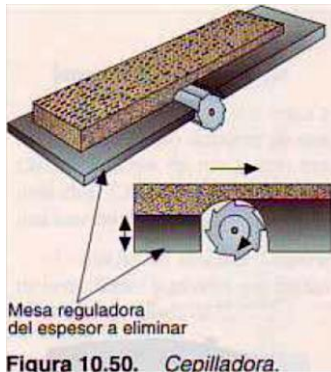
NOTA: En ocasiones es necesario lubricar la broca con el fin de disipar el calor producido durante el trabajo de corte. Existen tablas publicadas que nos permiten conocer los parámetros adecuados.



1.2.4.- Cepillado y lijado

Las máquinas herramientas que permiten obtener superficies planas son la **cepilladora** y la **lijadora**. La primera se emplea básicamente para madera.

La **cepilladora** dispone de un cilindro al que se le han conectado una serie de **cuchillas** que, al girar, arrancan pequeñas virutas. La herramienta permanece fija mientras la pieza se mueve en línea recta sobre ella.



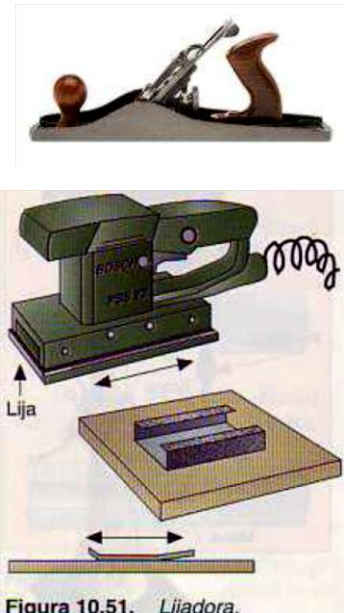
Se puede controlar la *velocidad de corte* (o velocidad del motor), la *velocidad de avance* de la pieza sobre la mesa de la cepilladora y la *profundidad*, que regula el espesor a eliminar.

También existen cepillos manuales.

La **lijadora** se basa en frotar una lija (papel con granos de cuarzo) que desgastan la superficie.

Las sustancias que se adhieren al papel de lija, como el cuarzo, se denominan abrasivos.

El papel de lija se numera del 0 al 6, siendo el 0 la más basta (granos gruesos) y el 6 la más fina. Para superficies más duras se emplean abrasivos más duros y papeles más finos.

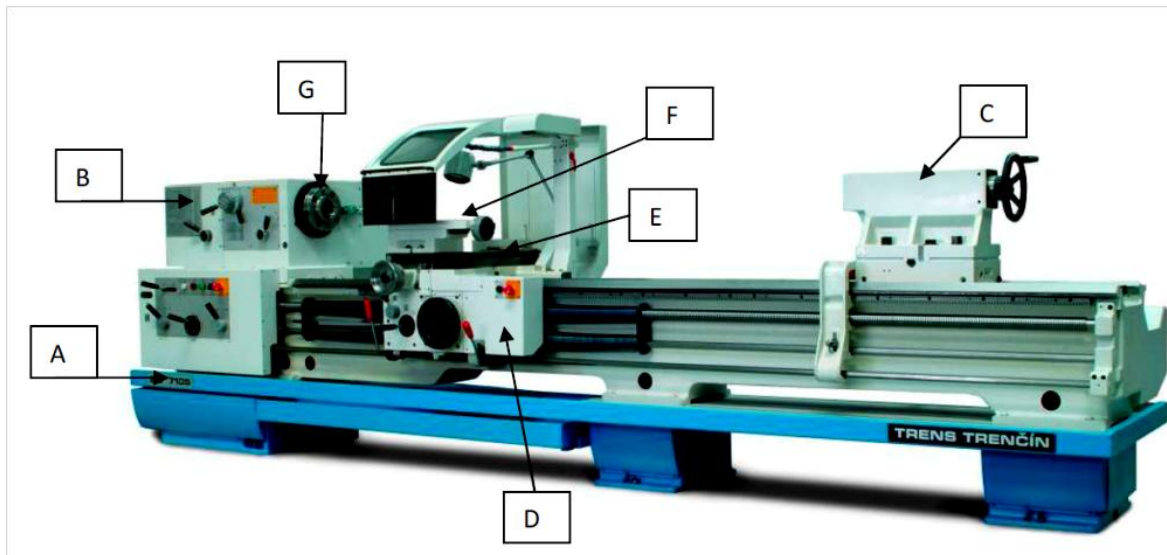


1.2.5.- Torno

El **torneado** es la operación mecánica que consiste en labrar o mecanizar una gran variedad de cuerpos de revolución (cilindros, conos o esferas) y en practicar roscas de cualquier perfil.

El **torno** es la herramienta que nos permite fabricar *piezas de revolución*, es decir, cuya sección transversal tiene forma circular.

Existen varios tipos de torno, siendo el más usado el torno paralelo (figura siguiente), en el que se trabajan las piezas situadas horizontalmente.



El torno consta de:

A. Bancada: parte robusta que sirve de soporte al resto.

B. Cabezal fijo: Situado en uno de los extremos de la máquina. Dispone de un plato (G), en el que se fija uno de los extremos de la pieza que se va a torneear. Un motor le imprime giro al cabezal fijo y, por lo tanto, la pieza gira (diferentes velocidades).

C. Cabezal móvil (contrapunta): Se encuentra en el extremo opuesto al cabezal fijo y se puede desplazar por medio de unas guías a lo largo del torno, es decir, longitudinalmente.

D. Carro principal o longitudinal: puede deslizarse paralelamente a la pieza.

E. Carro transversal: se desliza sobre la parte superior del carro principal y su movimiento es perpendicular a la pieza.

F. Carro portaútiles: Situado sobre el carro transversal y se apoya sobre una plataforma giratoria, por lo que puede fijarse en cualquier posición. Es el que lleva las cuchillas de corte.

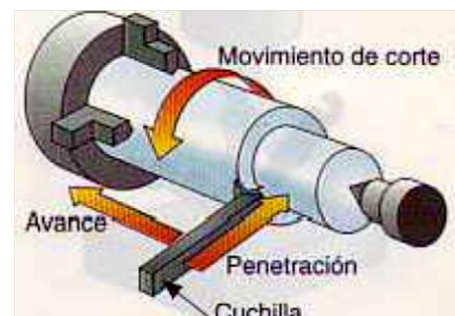
El trabajo del torno consiste básicamente, en *hacer girar la pieza que hay que fabricar sobre su eje de rotación al mismo tiempo que la herramienta de corte intercambiable (denominada cuchilla) avanza longitudinalmente con movimiento uniforme*. Esta cuchilla dispone de un filo para arrancar material en forma de viruta.

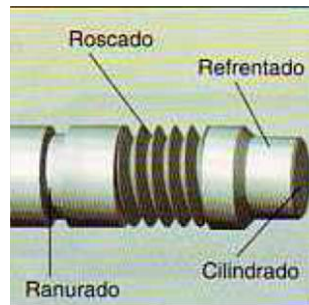
Los movimientos de trabajo del torno son:

- **Movimiento de corte:** Por rotación de la pieza.
- **Movimiento de avance:** Es el movimiento lineal de la cuchilla debido al desplazamiento longitudinal de la herramienta.
- **Movimiento de penetración:** movimiento lineal que penetra en la pieza.

Con el torno se pueden realizar una gran variedad de piezas de revolución, ya que realiza varias operaciones. Las fundamentales son:

1. Cilindrado: Consiste en la obtención de un cilindro recto de una longitud y diámetro determinado.
2. Refrentado: En este caso, la pieza no presenta el movimiento de avance, sino únicamente el de profundidad de pasada. Su fin es rebajar la longitud de la pieza hasta unas dimensiones dadas.
3. Ranurado: se trata de abrir ranuras en las piezas: es por lo tanto, un cilindrado obtenido en una franja estrecha. Dota a la pieza de un corte o ranura perpendicular al eje de ésta.
4. Troceado o sésgado: Permite dividir a la pieza en dos trozos mediante un corte perpendicular a su eje.
5. Roscado: Es un cilindrado realizado con velocidad de avance alta, mucho mayores que las de giro de la pieza. De este modo, se marca una hélice que definirá una rosca (de un tornillo).

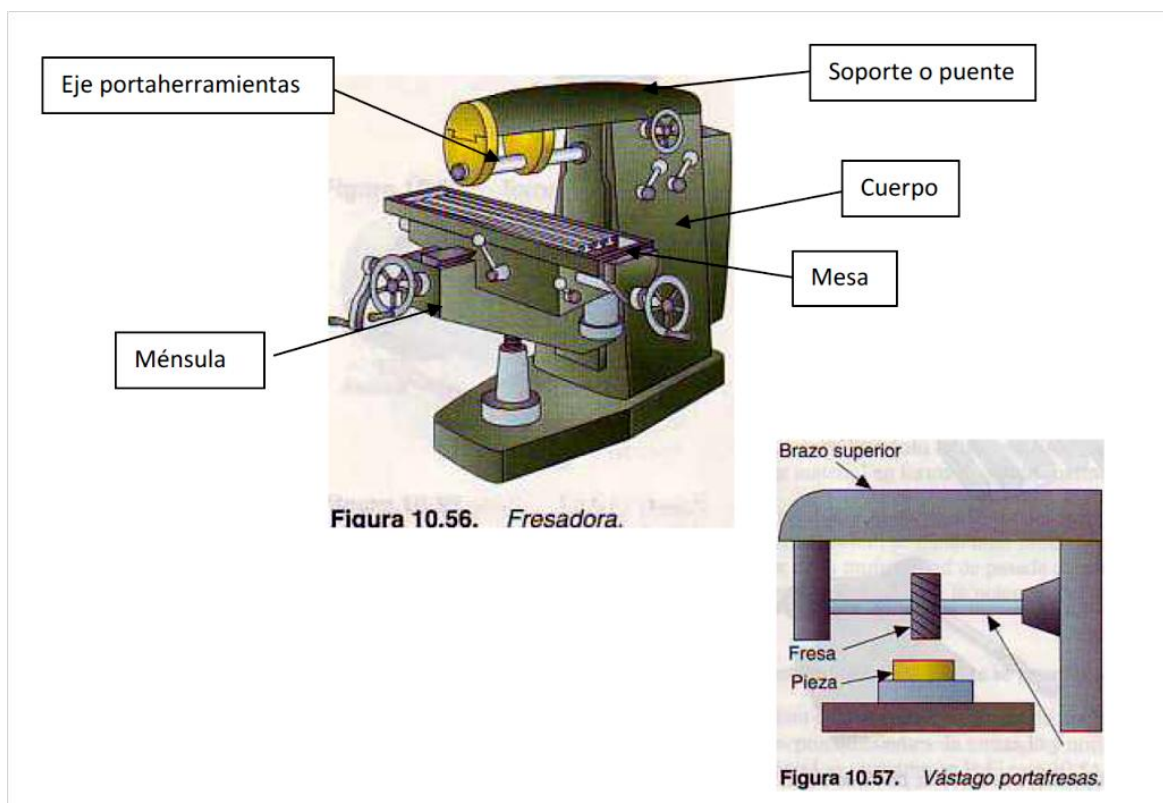




1.2.6.-Fresado

Es una operación mecánica que consiste en **labrar cuerpos prismáticos** mediante arranque de viruta.

La máquina herramienta que realiza esta operación se conoce como **fresadora**. Las fresadoras disponen de unos elementos denominados **fresas** que se mueven con movimiento de rotación, mecanizando superficies de piezas que se desplazan bajo la herramienta con movimiento rectilíneo.



Las **fresas** son unas herramientas de *múltiples filos* y tienen *distintas formas y tamaños*.

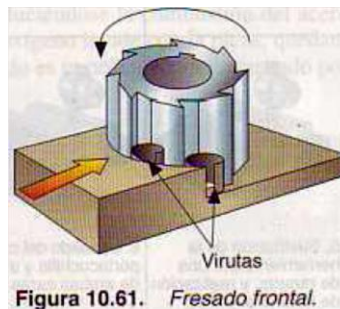
Las fresas trabajan de la siguiente forma: *Las virutas son arrancadas debido a la rotación de la fresa, cuyos dientes se encuentran formando una circunferencia.*

Existen dos tipos de fresado según la posición del eje de la fresa:

1. **Fresado cilíndrico (horizontal)**: el eje de la fresa es paralelo a la superficie a fresar.



2. **Fresado frontal (vertical):** el eje de la fresa es perpendicular a la superficie a fresar.



El **procedimiento de trabajo** es:

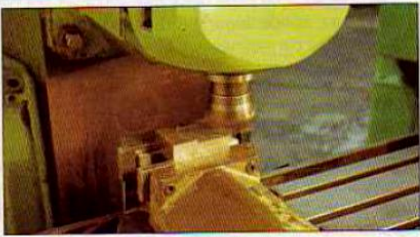
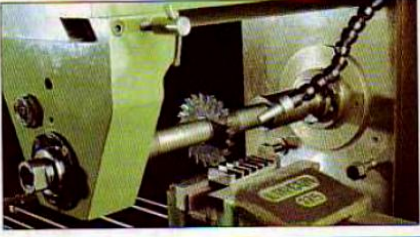
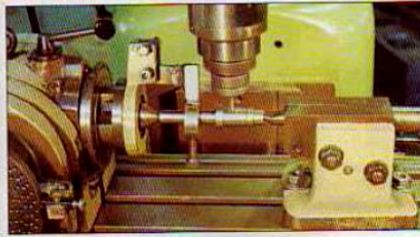
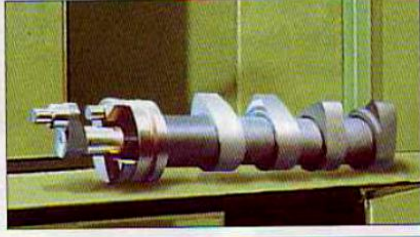
- Se fija la pieza a la mesa de la fresadora
- Se determina el tipo de trabajo a realizar y se elige la fresa adecuada
- Se establecen las condiciones cinemáticas del proceso: velocidad de giro, de corte y de avance de la pieza.
- La fresa gira a gran velocidad y la pieza se desplaza hacia ella con movimiento rectilíneo.
- Cuando ambas entran en contacto, se elimina una capa de material.

Algunos tipos de fresas:





Algunos de los trabajos que pueden realizarse con una fresadora se presentan a continuación:

Planeado de superficies	Ranurado de piezas
Consiste en hacer plana una superficie por medio de una fresa cilíndrica.	Se trata de abrir todo tipo de ranuras en las piezas utilizando fresas de tres cortes.
	
Ejecución de chaveteros	Fresado de levas
Se lleva a cabo sobre los ejes de las máquinas con fresas de tres cortes con mango.	Permite obtener cualquier tipo de levas utilizando fresas de disco.
	
Tallado de ruedas dentadas	Ejecución de figuras geométricas
Por medio de fresas para engranajes, se pueden obtener éstos con formas, tamaños y número de dientes distintos.	Se consiguen piezas con formas poliédricas utilizando fresas planas.
	

1.2.7.-Rectificado

El rectificado es un procedimiento de trabajo con arranque de viruta en que la herramienta es un disco rotativo (forma cilíndrica o tronco-cónica), denominado **muela**, compuesto por un material abrasivo, a base de cuarzo (u otros materiales muy duros).

Un material abrasivo es aquel, de extremada dureza, capaz de arrancar pequeñas virutas cuando se le frota contra otro material más blando.

Con la rectificadora se obtiene una precisión de mecanizado superior a otros métodos.

Las **operaciones más frecuentes** son:

- **Acabado o afinado de superficies planas, cilíndricas o de otro tipo**, previamente mecanizadas. En este caso el espesor del material arrancado es de centésimas de mm.
- **Mecanizado de piezas de gran dureza superficial**, como piezas templadas que sería difícil mecanizarlas por otro procedimiento. Se puede llegar a arrancar una capa de material de décimas de mm.



2.23b. Abrasivos.

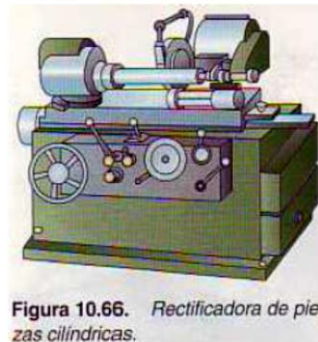


Figura 10.66. Rectificadora de piezas cilíndricas.

2.- Por calor

Las piezas se mecanizan con la aportación de calor.

Oxicorte o corte mediante soplete

Permite cortar aceros de baja concentración en carbono. Esta operación se basa en la propiedad que tiene el acero de arder muy rápidamente en oxígeno puro cuando alcanza la temperatura de ignición, inferior a la del punto de fusión.

Para ello se incide un potente chorro de oxígeno sobre la pieza que está sometida a una temperatura alta, produciéndose la combustión del acero en la zona de incidencia y por lo tanto un corte.

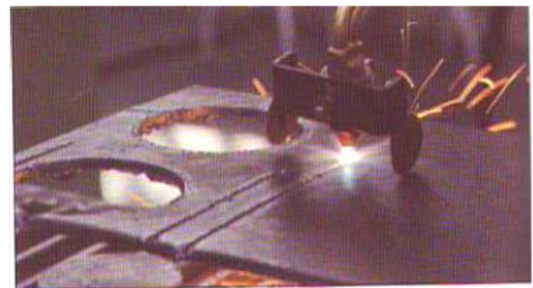
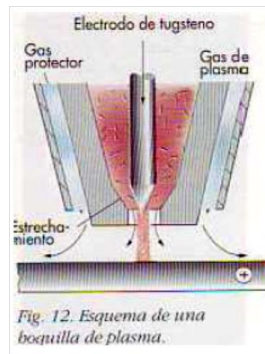


Fig. 11. Proceso de oxicorte.

Corte por plasma

Un chorro de plasma se obtiene cuando un gas (ligero) es fuertemente calentado por un arco voltaico de corriente continua. Debido a esto se dice que el gas se ioniza, es decir, los átomos del gas liberan electrones (quedando de esta manera electrones y cationes (iones positivos)).

Este calor se aprovecha para fundir piezas metálicas y pétreas.



3.- Separación química

Consiste en cortar un material mediante una reacción química. Un ejemplo es el **corte del cobre empleando ácido**. Se recubre de pintura la placa de metal salvo en aquellas zonas donde se quiera realizar el corte y se sumerge en ácido. Las zonas expuestas al ácido se disolverán y se producirá el corte.

TEMA 3 - CONFORMADO POR UNIÓN DE PIEZAS

En la mayoría de los casos, las máquinas, herramientas, útiles y mecanismos están compuestos por varias piezas unidas entre sí para cumplir su función. En este capítulo se analizarán diferentes formas de unión.

Tipos de uniones.

Las uniones pueden ser de dos tipos:

- **Desmontables:** permiten separar las piezas con facilidad, sin romper el medio de unión ni las propias piezas. Entre las más destacadas están las *roscas*, *chavetas*, *lengüetas* y *pasadores*.
- **Fijas o no desmontables:** se realizan con piezas cuyo desmontaje no se prevé durante la vida útil de la máquina o estructura o, en otros casos, por seguridad o exigencia del diseño. Para la separación de las piezas necesitamos romper el elemento de unión o, en muchos casos, deteriorar alguna de las piezas. Destacan el *roblonado*, el *remache tubular* y los diferentes tipos de *soldaduras*.

A continuación, se muestra una tabla con las uniones más utilizadas según el material:

Material	Unión desmontable	Unión fija
Metales	• Elementos roscados • Pasadores • Chavetas • Ejes estriados • Guías	• Remaches y roblones • Piezas ajustadas a presión • Soldadura • Adhesivos
Plásticos	• Elementos roscados.	• Adhesivos
Madera	• Elementos roscados	• Clavo • Adhesivos
Textiles	• Botón y ojal • Cremallera • Tiras de velero • Corchetes	• Costura • Adhesivos
Cerámicos	• Elementos roscados	• Adhesivos
Pétreos		• Adhesivos • Cementos

1. Uniones desmontables

1.1. Elementos roscados

Los elementos roscados por excelencia son los **tornillos** y las **tuercas**, cuya utilización es muy común en todo tipo de máquinas y mecanismos, con una gran variedad de formas y tamaños. Se denomina **rosca** a cualquier elemento mecánico que disponga de un canal en forma de hélice continua construido sobre un cilindro.

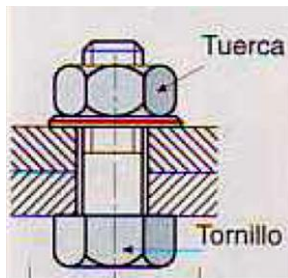
Según la posición de la hélice, distinguiremos entre tornillos y tuercas:

- Si la hélice es exterior al cilindro, tendremos un tornillo.
- Si la hélice es interior, obtenemos una tuerca.

Además de la posición de la hélice, hay que tener en cuenta otros factores como la *forma del filete* (triangular, redonda, cuadrada,...), el *número de entradas* y el *sentido de giro* (rosca a derecha o rosca a izquierda).

Los elementos más comunes son:

Tornillo pasante y tuerca



Un **tornillo** es un *cuerpo* cilíndrico con una cabeza en un extremo para su enroscado; el otro extremo sirve para encajar mediante esfuerzos de presión y giro, en una tuerca o en un hueco roscado. La cabeza del tornillo y la tuerca suelen ser hexagonales, aunque pueden tener otras formas.

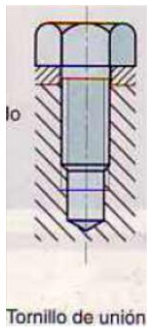
Los tornillos constan de dos partes:

- Cuerpo o elemento de unión, que está roscado.
- Cabeza o elemento de apriete.



11.3. Tuercas y tornillos.

Tornillos de unión



Son tornillos semejantes a los anteriores, pero se diferencian en que *una de las piezas tiene el agujero roscado, por lo que no se necesita tuerca*.

Este tipo de unión se utiliza, generalmente, sobre piezas metálicas de un considerable grosor donde practicar el agujero roscado. Un caso particular son los **tirafondos**, son tornillos largos, que se utilizan frecuentemente para unir entre sí piezas de madera y carecen de tuerca, proporcionándoles una unión más segura que los clavos.

Otro tipo de tornillo de unión, son los **espárragos**, que consisten en una varilla roscada por ambos extremos, sin cabeza, con la parte central sin roscar.

Se suelen fijar en piezas metálicas grandes o costosas, donde se unen otras más simples que se van a desmontar con cierta regularidad durante la vida del mecanismo.



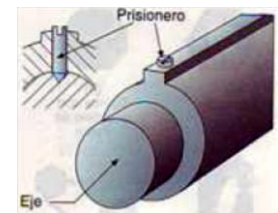
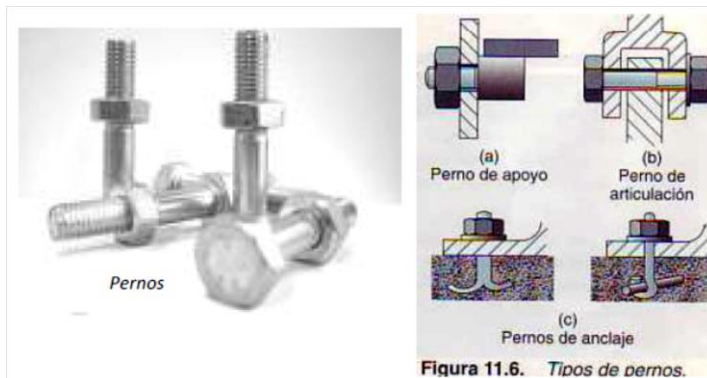
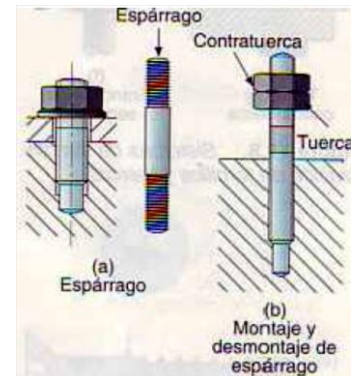
Tirafondos

Si durante el montaje o desmontaje se deteriora algún elemento, siempre será el espárrago y nunca la rosca de la pieza base.

Para llevar a cabo el montaje y desmontaje de un espárrago se coloca una tuerca fijada mediante una contratuerca, haciendo girar ambas simultáneamente mediante llaves de tubo.

Los **pernos** son tornillos de forma cilíndrica que, debido a su forma, pueden acoplarse a una tuerca o a un orificio roscado. Para apretar se inmoviliza la cabeza y se hace girar la tuerca con una llave apropiada. Dependiendo de la función que realicen reciben distintos nombres:

- A. Pernos de apoyo
- B. Pernos de articulación
- C. Pernos de anclaje



Los **prisioneros** son pequeños tornillos que se enroscan en una pieza, traspasándola y alojándose en un hueco de otra segunda. De esta forma se evita que una pieza pueda girar o desplazarse longitudinalmente respecto a la otra.

3.1.2.- Arandelas

Las arandelas son elementos auxiliares que resultan imprescindibles en muchas aplicaciones que emplean tornillos. Una **arandela** es una corona o anillo metálico que se usa para evitar el roce de las piezas entre las que se coloca y asegurar su inmovilidad.



1.3. Pasadores

Son piezas de forma cilíndrica o cónica que sirven para sujetar elementos de máquinas que van a estar juntos. Se utilizan cuando queremos impedir un movimiento o mantener dos o más piezas en la misma posición relativa.

Los pasadores no están preparados para transmitir grandes esfuerzos. Es más, a veces interesa que se rompan para evitar averías mayores. Ejemplo: pasadores de la cadena de una bicicleta (mantienen unidos los eslabones de la cadena).

TIPO	DIBUJO	APLICACIÓN
Pasador cilíndrico		
Pasador cónico		
Pasador elástico tubular		
Pasador de aletas		

Los cilíndricos se usan para posicionar una pieza respecto a otra, pero no la fijan.

Los cónicos y los elásticos y de aletas se usan como fijadores, la diferencia principal es que los cónicos se alojan en agujeros calibrados y los de seguridad no.

1.4. Chavetas y lengüetas

Se utilizan cuando se necesita conseguir que el movimiento de un árbol o eje sea solidario con cualquier otro elemento de la máquina.

Las **chavetas** son unas piezas prismáticas, generalmente de sección rectangular, en forma de cuña de acero que se interponen entre dos piezas para unir las y hacer solidario el giro entre ellas.

Para ello es necesario realizar, previamente, un **chavetero** (ranura) en ambas piezas donde se introduce una chaveta.

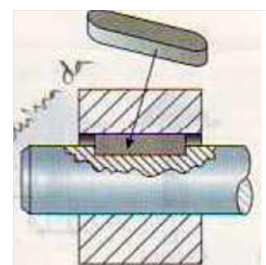
Las chavetas pueden ser transversales o longitudinales, según su colocación respecto al eje de giro.

TIPO	DIBUJO	MONTAJE TÍPICO
Chaveta transversal Colocada perpendicular al eje y forzada en una de las piezas, se utiliza para unir ejes o útiles de máquinas herramientas, de forma similar a los pasadores.		
Chaveta longitudinal Se coloca paralela al eje y se utiliza para transmitir el giro entre dos piezas, inmovilizándolas en sentido axial, al ajustarse la chaveta en sentido radial sobre las piezas.		

Dentro de esta clasificación existen distintos tipos normalizados de chavetas, según la función que deben desempeñar.

Las **lengüetas** son una clase especial de chaveta de ajuste, por lo que también son piezas prismáticas de acero que se fijan al chavetero, por medio de tornillos o mediante una forma especial (lengüetas de disco).

La diferencia fundamental entre chavetas y lengüetas está en su forma y en las caras empleadas para el ajuste.

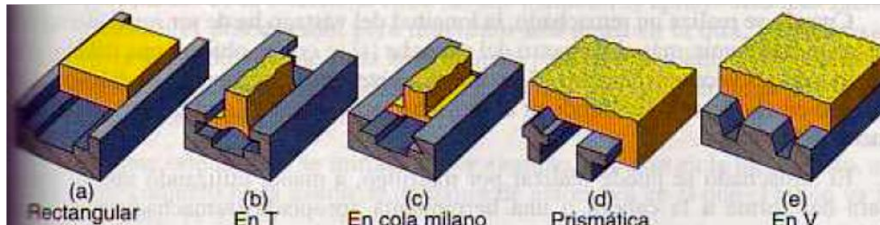


- ✓ Las chavetas son de forma cónica y realizan el ajuste por su cara superior en inferior.
- ✓ Las lengüetas tienen sección recta y el ajuste se produce por las caras laterales.

Las lengüetas permiten el desplazamiento longitudinal de una pieza respecto de la otra ya que no están sujetas, pero no permiten el giro axial.

1.5. Guías

Son piezas que se emplean en las máquinas y en otros aparatos para permitir que una pieza se desplace en una dirección determinada con respecto a otra que se encuentra fija.



1.6. Ejes estriados

Sobre una superficie cilíndrica, interior o exterior, se realizan una serie de ranuras, cuya finalidad es transmitir grandes esfuerzos de giro entre dos piezas que encajan entre sí.



1.7. Otros elementos

- **Botón y ojal:** Empleado en prendas textiles de vestir. El ojal es la abertura o corte que se realiza en una de las partes a unir.
- **Velcro:** Son dos tiras de plástico que se pegan al ponerse en contacto entre sí. Para separarlas basta con tirar de ellas.
- **Corchetes:** Son dos elementos metálicos que, presionados uno contra otro, permiten la sujeción de dos prendas de vestir.

2. Uniones fijas

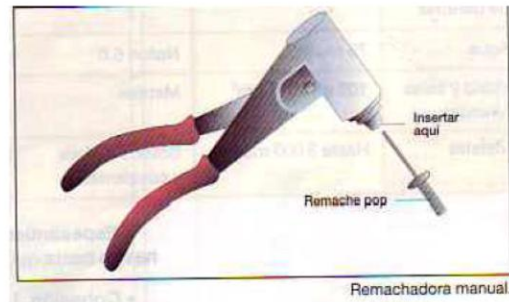
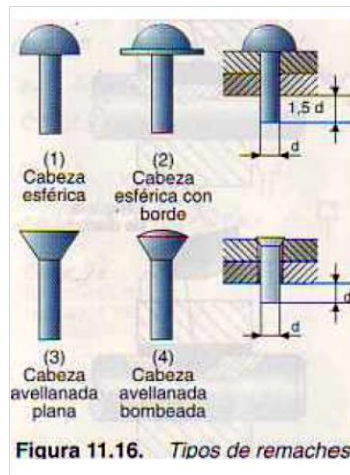
Las uniones fijas más comunes son:

- Remaches y roblones.
- Adhesivos.
- Ajuste a presión.
- Soldadura.

2.1. Remaches y roblones

Un **remache** es una pequeña varilla cilíndrica con una cabeza en un extremo, que sirve para unir varias chapas o piezas de forma permanente, al deformar el extremo opuesto al de la cabeza por medio de presión o golpe, obteniendo en él otra cabeza. A este proceso se le llama **remachado** o **roblonado**.

El remachado puede realizarse a mano o mediante una **remachadora**, que puede ser manual o mecánica.



Los remaches y roblones se fabrican de metal, de acero de bajo contenido en carbono, o de materiales más dúctiles como el aluminio. Así se facilita la formación de la segunda cabeza del roblón o remache denominada *cabeza de cierre*.

Es muy conocida su aplicación en la industria aeronáutica para fijar chapas a la estructura del avión.

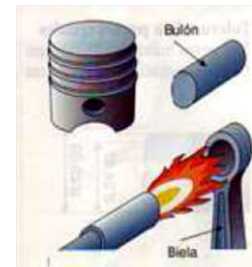
Los **roblones** son remaches grandes de diámetro superior a 10 mm. En este caso, el remachado se realiza en caliente: se eleva la temperatura del roblón al rojo vivo, de manera que el material se reblandece y se puede deformar fácilmente. (*roblonado*).

2.2. Unión por ajuste a presión

Una *unión por ajuste a presión o por aprieto* es aquella que se realiza cuando *el eje es más grande que el hueco donde va a ir colocado*. Esta unión impide el movimiento entre ambas piezas. Podemos diferenciar pues, dos elementos: el **eje** es la pieza interior y el **agujero** es la pieza exterior.

Dependiendo de la diferencia entre las dos medidas, el aprieto será más **fuerte** o más **débil**.

En el primer caso (fuerte), para introducir una pieza dentro de la otra, será necesario calentar la pieza donde esté situado el agujero para que se dilate y, seguidamente, poder introducir el eje con facilidad. Cuando ambas piezas alcanzan la temperatura ambiente, la unión estará realizada. Con este método se introduce, por ejemplo, el bulón en la biela y esto, a su vez, en el conjunto biela-pistón de un motor de automóvil en el que el bulón va fijo a la biela.



Para ajustes con poca diferencia se introduce una pieza en la otra por medio de presión, ya sea aplicando un método manual o ayudándose de prensas hidráulicas.

Concepto de ajuste. La mayor parte de los productos fabricados por la industria están compuestos por diversas piezas acopladas unas a otras. Para que el funcionamiento sea correcto será necesario que unas piezas estén fijas y otras puedan girar libremente.

Dependiendo de las medidas de cada una se tendrá:

- Cuando $d < D$ existe lo que se denomina juego.
Juego = $D - d$. A este tipo de ajuste se le denomina: **ajuste libre o móvil**.
- Cuando $d > D$ habrá lo que se denomina aprieto.
Aprieto = $d - D$. A este tipo de ajuste se le denomina: **ajuste forzado o fijo**.



2.3. Adhesivo

Este tipo de unión se realiza interponiendo entre las dos superficies que se desea unir una capa de material con alto poder de adherencia, que se denomina **adhesivo**.

Tras aplicar el adhesivo, las piezas se juntan y se presionan ligeramente hasta que el pegamento se seca. A partir de este momento la unión es firme.

Los tipos de adhesivos son:

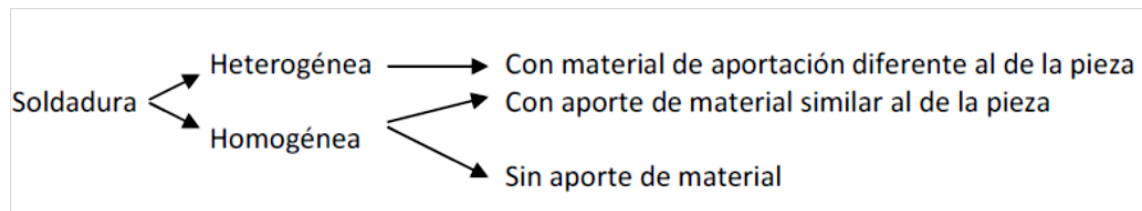
- **Adhesivos naturales:** de origen animal o vegetal. Son los más antiguos y menos eficaces. Su uso decae.
- **Adhesivos sintéticos:** son los que más se emplean hoy en día, por ser más eficaces.

2.4. Soldadura

La soldadura es un *proceso de unión entre metales por la acción del calor*, hasta que el material de aportación funde, uniendo ambas superficies, o hasta que el propio material de las piezas se funde y las une.

Si el material de aportación es similar al de las piezas, o no existe, se denomina **soldadura homogénea**, y si es distinto, **soldadura heterogénea**.

Si no hay material de aportación a la soldadura homogénea se le llama **autógena**.



Con la soldadura homogénea se consigue una unión mejor al fundirse las piezas y luego enfriarse.

En ocasiones se realizan precalentamientos o tratamientos térmicos posteriores a la soldadura para evitar deformaciones o grietas.

Los diferentes tipos de soldadura que veremos son:

Soldadura homogénea		Soldadura heterogénea	
Tipo	Aplicación	Tipo	Aplicación
Soldadura oxiacetilénica o autógena	Unión de chapas finas	Soldadura blanda	Unión de componentes electrónicos a circuitos impresos
Soldadura eléctrica por resistencia	Unión de chapas en las carrocerías de automóviles	Soldadura fuerte	Unión de piezas y varillas de pequeño espesor y diámetro
		Unión por arco eléctrico o voltaico	Unión de perfiles metálicos en la construcción.

Soldadura blanda (dulce)

Tipo: heterogénea.

Temperatura de trabajo: menos de 400 °C.

Material de aportación: aleación de plomo y estaño, se presenta en barras o rollos de hilo que funde a 230 °C. Para que la unión sea posible, se aplica un material desoxidante o fundente (una resina) que evita la formación de óxidos y favorece la unión.

El soldador suministra el calor en la zona donde se va a realizar la unión. Pero antes se recubre la zona con la resina antioxidante (material desoxidante).

Se utiliza básicamente en unión de componentes electrónicos a circuitos impresos, unión de cables eléctricos, de chapas de



hojalata,...

Soldadura fuerte (amarilla)



Figura 11.29. Soldador alimentado por butano o propano.

Tipo: heterogénea.

Temperatura de trabajo: hasta 800 °C.

Material de aportación: aleaciones de plata, cobre y cinc (conocida como soldadura de plata) o de cobre y cinc.

Como material fundente desoxidante se emplea **bórax** (tetraborato de sodio, cuya misión es bajar el punto de fusión).

Un soplete de gas aporta el calor necesario para la unión.

Este tipo de soldadura se lleva a cabo cuando se exige una resistencia considerable en la unión de dos piezas metálicas y para materiales que tengan punto de fusión alto, como acero, fundición y bronce.

Soldadura oxiacetilénica o autógena

Tipo: homogénea.

Temperatura de trabajo: hasta 3000 °C.

Material de aportación: ninguno.

Para soldar es necesario fundir zonas a unir de los dos metales. (Luego se le añade el metal de aportación en forma de varillas, en caso de que no sea autógena, que es también es posible).

Para realizar la soldadura se necesita el siguiente equipo:

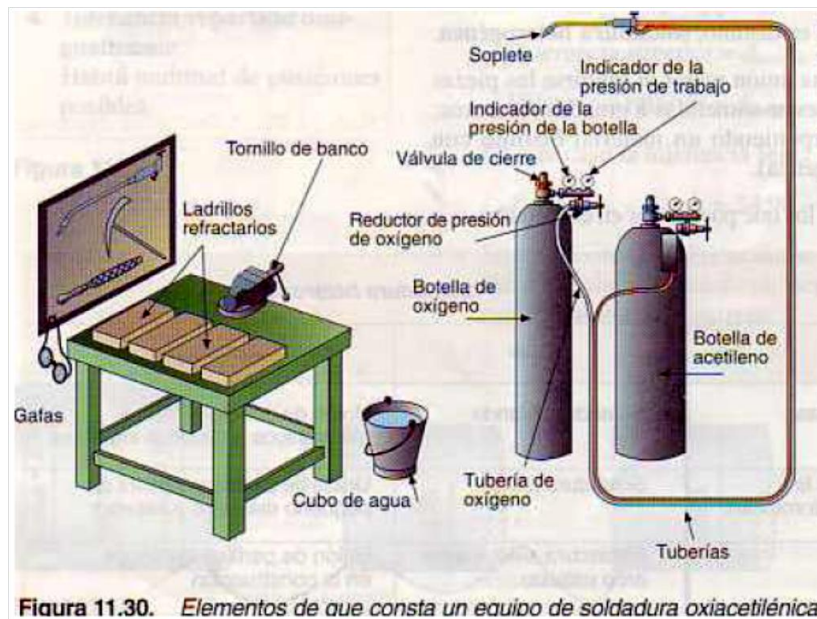
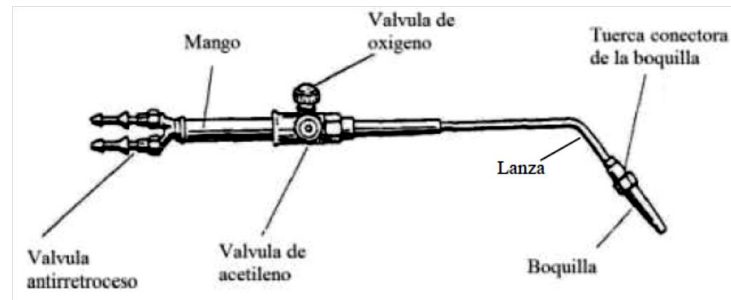


Figura 11.30. Elementos de que consta un equipo de soldadura oxiacetilénica.

- Una **botella de acetileno comprimido** disuelto en acetona (para evitar explosiones) con válvula de seguridad. El acetileno es un gas con un poder calorífico muy alto. Se desprenden 1300 kJ por cada 26 g del gas que alcanza temperatura de 3500 °C.
- Una **botella de oxígeno** a gran presión. Tanto la botella de acetileno como de oxígeno llevan válvulas de cierre y reducción, manómetros para medir la presión.
- **Tuberías:** que suelen ser de goma flexible, que conducen el acetileno y el oxígeno hasta el soplete. Suelen ser de distinto color para diferenciarlos.
- **Soplete:** se encarga de mezclar el oxígeno y el acetileno en las proporciones adecuadas, reguladas por las dos válvulas situadas en el mango, para que la mezcla se queme adecuadamente en la salida de la boquilla.
- **Material de protección:** guantes, gafas, ropa, etc.
- **Puesto de trabajo:** que suele ser una mesa acondicionada.



Soldadura eléctrica

Es el método de unión de piezas de acero más empleado. Este tipo de soldadura *utiliza corriente eléctrica para calentar la zona o puntos de unión, consiguiendo una temperatura superior a la de fusión del metal*.

Para ello se dispone de un potente **transformador** que suministra una elevada intensidad de corriente (amperios), **disminuyendo la tensión de alimentación** (voltios).

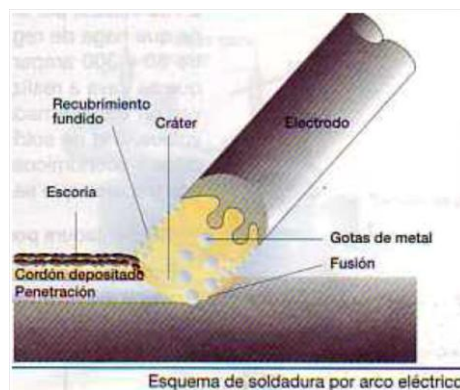
Los métodos más utilizados son:

Soldadura eléctrica por arco voltaico: si dos conductores, unidos cada uno a un polo de un generador, se acercan, llega un momento en que, a una cierta distancia, salta un arco entre ambos. Este arco produce una temperatura muy superior a la de fusión del acero.

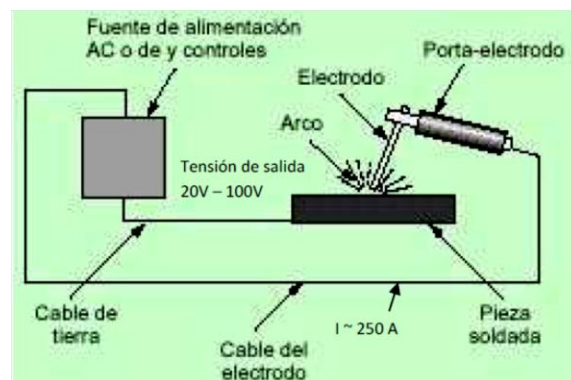
El arco se crea entre una varilla de aporte de material, llamada **electrodo**, que debe permanecer separada de la pieza a soldar para que pueda saltar el arco, y, al mismo tiempo, desplazarse para que el material se deposite en la zona que hay que unir.



Figura 11.33. Soldadura eléctrica por arco.



Esquema de soldadura por arco eléctrico



Soldadura por resistencia: Los metales se unen sin necesidad de material de aporte, es decir, por aplicación de presión y corriente eléctrica sobre las áreas a soldar. La cantidad de calor a aportar,

depende de la resistencia eléctrica sobre dicha área. Este hecho, es un factor importante en este tipo de procesos de soldadura y le aporta el nombre a dicho proceso.

Consiste en unir chapas o piezas muy finas sujetas entre dos electrodos, por los que se hace pasar una corriente eléctrica que funde estos puntos.

Este tipo de soldadura se basa en el efecto Joule: el calentamiento se produce al pasar una corriente eléctrica a través de la unión. Los propios electrodos son los que sujetan las piezas que hay que unir hasta que los puntos se han solidificado.

