

TECNOLOGÍA INDUSTRIAL – (1º Bachillerato)

BLOQUE 2: Materiales industriales

1. LA MATERIA.

El átomo

Los átomos son los componentes básicos de la **materia**. Un átomo está constituido por:

- Una **corteza** donde se encuentran los *electrones* (con carga eléctrica negativa)
- Un **núcleo** que es la parte central del átomo, formado por los *protones* y *neutrones*.

En el núcleo se concentra aproximadamente el 99.99% de la masa total del átomo y tiene carga positiva. El espacio que ocupa el núcleo es enormemente reducido respecto al del átomo.

El **número atómico** nos dice el número de protones que tiene un átomo en su núcleo. Se representa por la letra **Z**. Normalmente los átomos son *neutros*, tienen el mismo número de cargas eléctricas positivas que negativas, es decir, tienen el mismo número de electrones que de protones.

En la naturaleza hay 92 tipos de átomos diferentes. Cada uno de ellos tiene su *nombre* y un *símbolo* con una letra, a lo sumo dos. Aunque todos los átomos de un mismo tipo tienen siempre el mismo número de protones, no sucede lo mismo con el número de neutrones.

Al número conjunto de protones y neutrones de un átomo (a la suma de los dos) se le llama **número másico** y se representa por la letra **A**.

Dos átomos del mismo tipo, con el mismo número de protones, pero que tengan distinto número de neutrones, se dice que son **isótopos**.

Las moléculas

Los átomos no suelen encontrarse libres en la naturaleza; no suelen estar solos, sino en compañía de otros átomos, formando **moléculas**.

Una *molécula* es una combinación de dos o más átomos que se mantienen fuertemente unidos. Todas las moléculas de una determinada sustancia son exactamente iguales, y diferentes a las de todas las demás sustancias.

Toda la *materia* que nos rodea, los millones de sustancias distintas que hay a nuestro alrededor, está formada por moléculas que, a su vez, se forman combinando en distintas cantidades los 92 tipos de átomos diferentes que hay.

2. ESTRUCTURA INTERNA DE LOS MATERIALES.

La **materia** la podemos encontrar de tres formas distintas: sólida, líquida o gaseosa. Los científicos las llaman estados de agregación: **sólido**, **líquido** y **gaseoso**.

Que una sustancia esté en un estado u otro depende de cómo estén unidas entre sí las moléculas que lo forman, es decir, de cómo sea el equilibrio entre las fuerzas de atracción y repulsión entre las moléculas y de la temperatura a la que esté el cuerpo.

En los **gases** apenas hay fuerzas entre las moléculas y por eso éstas se mueven libremente. Tienen a expandirse para ocupar el *máximo volumen posible* y adoptan también la *forma del recipiente* donde se encuentran.

En los **líquidos** las fuerzas entre las moléculas son más intensas que en los gases. Por eso se mantienen unidas, pero aún conservan gran libertad de movimiento (aunque menos que en los gases). Tiene un *volumen casi constante* pero adoptan la *forma del recipiente* que los contiene.

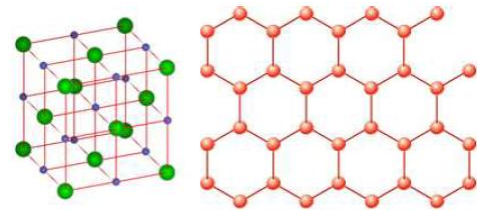
En los **sólidos** las fuerzas entre las moléculas son muy intensas. Tanto que prácticamente no pueden moverse, tan solo vibrar. Tiene *forma y volumen* constantes.

En consecuencia, los líquidos y los gases no presentan ninguna **estructura interna**, ya que sus partículas componentes, sean átomos, moléculas o iones, no se ordenan de ninguna forma concreta sino que se mueven constantemente.

Los sólidos, por el contrario, pueden presentarse en **estado amorfo** o formando una **estructura cristalina**.

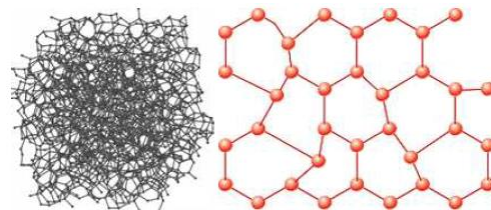
Sólidos cristalinos

Las partículas están ordenadas en una red tridimensional (un **crystal**), que sigue un patrón geométrico perfectamente definido. La mayoría de los metales presentan una estructura cristalina.



Sólidos amorfos

Las partículas, aunque fuertemente unidas entre sí, están desordenadas, sin seguir un patrón geométrico determinado. Curiosamente, el vidrio es el ejemplo más típico de sólido amorfo, ¡y nosotros solemos llamarle cristal!



Dos o más sustancias se llaman **isomorfas** cuando sus cristales tienen la misma forma poliédrica, y **polimorfos** cuando pueden cristalizar en más de una forma.

Cada una de las formas diversas en que puede cristalizar una sustancia polimorfa se denomina **variedad alotrópica**.

2.1. ESTRUCTURAS CRISTALINAS.

Los átomos de los materiales que nos rodean no se encuentran desordenados al azar, sino agrupados, formando estructuras repetitivas. En el caso de los metales, así como en otros materiales, el tipo de estructura que se forma se denomina **estructura cristalina**.

La estructura cristalina de átomos más simple recibe el nombre de *red* (**red cristalina**). En la estructura cristalina, el tipo de enlace que se origina entre sus átomos se denomina **enlace metálico**. En este enlace, la mayoría de los electrones de las órbitas más alejadas del núcleo tienden a abandonar los átomos y a formar una nube de electrones que es compartida por toda la red cristalina.

Esta nube facilita el movimiento de electrones en el interior de los metales y la transmisión de energía eléctrica y térmica.

La estructura espacial de un sólido cristalino se construye a partir de una unidad específica repetitiva o **celda unidad**, representada de forma geométrica en la figura y que se define mediante:

- Las distancias a , b , y c , que son las aristas del paralelepípedo.
- Los tres ángulos α , β y γ que forman entre sí dichas aristas.

Según los valores de estas aristas y ángulos, existen siete **sistemas cristalinos** diferentes (siete formas geométricas distintas de la celda unidad). Estos son: *triclínico*, *monoclínico*, *ortorrómbico*, *tetragonal*, *cúbico*, *hexagonal* y *romboédrico*.

En 1848, físico francés *Bravais* demostró que existían catorce redes cristalinas simples.

3. MATERIALES DE USO TÉCNICO.

Si miras a tu alrededor puedes ver multitud de productos tecnológicos que el ser humano ha creado para satisfacer sus necesidades y mejorar su calidad de vida.

En su elaboración se emplean diversos **materiales**, como madera, metales, plásticos, vidrio, etc.... los cuales son elegidos según sus **propiedades**.

3.1. MATERIAS PRIMAS, MATERIALES Y PRODUCTOS.

Como ya sabes, el mármol, al igual que otras rocas, se extrae de las canteras, la lana se obtiene de las ovejas, los metales de diversos minerales, y el cocho, de la corteza del alcornoque. El mármol, la lana, los minerales,...son *materias primas*.

Las **materias primas**, son las sustancias que encontramos directamente de la naturaleza. Según su origen las materias primas se pueden clasificar en tres grupos:

- **Materias primas animales:** lana, seda, pieles.
- **Materias primas vegetales:** madera, corcho, algodón, lino...
- **Materias primas minerales:** metales, arena, granito, mármol...

Una vez extraídas las materias primas, se transforman mediante distintos procesos, en los distintos tipos de materiales que se utilizan para fabricar productos (mesa de madera, jarrón de vidrio, cubo de plástico,...)

Los **materiales** se obtienen a partir de las materias primas mediante procesos industriales y sirven para fabricar productos.

Un **producto** es cualquier objeto creado y diseñado por el hombre a partir de materiales para cubrir sus necesidades o mejorar su vida.

Por lo tanto, los productos se fabrican a partir de distintos materiales y los materiales se obtienen a través de las materias primas, como vemos en el ejemplo:

MATERIA PRIMA ► MATERIAL ► PRODUCTO
Tronco de árbol ► Tablero de madera ► mesa

3.2. CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES DE USO TÉCNICO.

Atendiendo al origen de las sustancias que los forman, los materiales se pueden clasificar en:

- **Materiales naturales:** aquellos que se encuentran en la naturaleza. Son susceptibles de agotarse, salvo que se reciclen. Por ejemplo: madera, lana, arcilla,...
- **Materiales artificiales:** aquellos que se obtienen a partir de los naturales. Por ejemplo: aglomerados de madera, hormigón, vidrio, papel...
- **Materiales sintéticos:** son los fabricados a partir de materiales artificiales. Por ejemplo: plásticos como la baquelita, el neopreno o las siliconas.

Los materiales más utilizados para elaborar los productos tecnológicos son:

- **Materiales cerámicos** (cuyo origen es la arcilla o barro cocido).
- **Materiales pétreos** (rocas como el mármol, el vidrio, el yeso, la pizarra,...).
- **Materiales textiles** (encontramos tejidos naturales, como la lana o el algodón, y artificiales, como el nylon y la lycra).



- **Madera** (se obtiene del tronco de los árboles y las estudiaremos con más detalle a lo largo de la unidad).



- **Los metales** (se obtienen de los minerales que forman algunas rocas).



- *Férricos* (hierro, acero y fundición).
- *No férricos* (cobre, bronce, aluminio,...).

- **Plásticos** (en su origen se obtenían de sustancias naturales mientras que en la actualidad son subproductos del petróleo).



3.3. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.

Las **propiedades** de un material son el conjunto de características que hacen que se comporte de una determinada manera ante fenómenos externos como la luz, el calor, fuerzas, electricidad...

Las propiedades de los materiales se pueden clasificar en varios grupos: propiedades **eléctricas, térmicas, magnéticas, ópticas, químicas, mecánicas, tecnológicas**, etc.

PROPIEDADES FÍSICAS

- **Propiedades eléctricas**

Son las que determinan el comportamiento de un material cuando a través de él circula una corriente eléctrica. Entre otras, podemos destacar:

Conductividad eléctrica. Expresa la facilidad con que un material deja de pasar la corriente eléctrica a través de él. Los materiales atendiendo a su conductividad se clasifican en: *conductores*, *semiconductores* y *aislantes*. La conductividad es la propiedad inversa de la resistividad ($\sigma = 1/\rho$). La conductancia es la inversa de la resistencia ($G = 1/R$). Ejemplo: los metales

Resistividad. Es la medida de la oposición de un material al paso de la corriente eléctrica. Se expresa por la letra ρ . Ejemplo: el plástico o la madera.

- **Propiedades térmicas**

Las propiedades térmicas determinan el comportamiento de los materiales ante el calor. Entre otras, podemos destacar:

Dilatación o contracción térmica.- Es la propiedad que tienen ciertos materiales de aumentar o disminuir sus dimensiones al variar su temperatura. La dilatación térmica se expresa de tres formas distintas atendiendo a la forma geométrica del material. Por ello podemos hablar de coeficiente de dilatación lineal (α), coeficiente de dilatación superficial (β) y coeficiente de dilatación cúbica (γ). Por ejemplo los metales.

$$\alpha = \Delta L / (L \cdot \Delta T) ; \beta = \Delta S / (S \cdot \Delta T) ; \gamma = \Delta V / (V \cdot \Delta T)$$

Conductividad térmica.- Expresa la mayor o menor facilidad con la que un material transmite el calor a través de si mismo. Los metales son buenos conductores térmicos, mientras que la madera y los materiales plásticos son aislantes térmicos.

Calor específico (C_e).- Es el calor necesario para elevar un grado centígrado la temperatura de la unidad de masa del material.

Calor latente de fusión.- Es el calor necesario para transformar la unidad de masa del material del estado sólido al estado líquido.

Fusibilidad.- Algunos materiales pueden pasar del estado sólido al líquido al elevar la temperatura, como los metales; cuando estos materiales se funden pueden unirse consigo mismos o con otro material; esta unión se llama soldadura.

- **Propiedades magnéticas**

Las propiedades magnéticas representan los cambios físicos que se producen en un material al estar sometido a un campo magnético exterior. Pueden ser de tres tipos:

Materiales diamagnéticos. Se oponen al campo magnético aplicado, de tal forma que en su interior el campo magnético es más débil. Por ejemplo: mercurio, oro, plata, cobre...

Materiales paramagnéticos. El campo magnético en su interior es algo mayor que el aplicado. Por ejemplo: el aluminio, magnesio, platino...

Materiales ferromagnéticos. El campo magnético es mucho mayor que el aplicado. Estos materiales se utilizan como núcleos magnéticos en transformadores y bobinas. Estos últimos son los más importantes.

- **Propiedades ópticas**

Según el comportamiento de los materiales ante la luz, nos encontramos con tres tipos de

materiales: *transparentes, translúcidos y opacos*

- Cuerpos transparentes: transmiten la luz, por lo que permiten ver a través de ellos (dejan pasar totalmente la luz).
- Cuerpos translúcidos: dejan pasar la luz, pero impiden ver los objetos a su través (dejan pasar parte de la luz).
- Cuerpos opacos: absorben o reflejan totalmente la luz, impidiendo que pase a su través (no dejan pasar la luz).

▪ **Otras propiedades**

Densidad.- La densidad es la relación entre la masa de un material y su volumen. La densidad de los plásticos es bastante baja mientras que la densidad del acero es elevada.

Peso específico.- Es 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/m^3 .

Conductividad acústica.- Es la capacidad de un material para conducir o no el sonido. Algunos plásticos, la fibra de vidrio y el corcho son aislantes del sonido. Los metales, en cambio, son buenos conductores del sonido.

PROPIEDADES QUÍMICAS

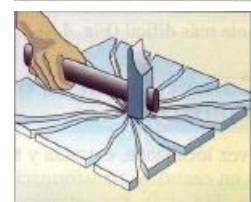
Aquellas que se refieren a las fuerzas de enlace y su comportamiento ante medios agresivos externos. Se manifiestan cuando los materiales sufren una transformación debido a su interacción con otras sustancias.

- **Oxidación.** Facilidad que tiene un material a oxidarse al reaccionar con el oxígeno del aire o el agua. Los metales son muy sensibles a la oxidación y a la corrosión.
- **Corrosión.** Deterioro lento de un material por la acción de un agente exterior. Reacción química o electroquímica del aire o agua salada.
- **Acidez y alcalinidad.** Propiedad que tienen algunos materiales de formar sales al combinarse con algún óxido. Propiedad que tienen algunos materiales de formar hidróxidos metálicos. La acidez se expresa mediante el *pH*. Si es mayor que 7 es básico, si es menor es ácido y si es igual a 7 es neutro.

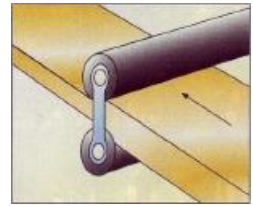
PROPIEDADES MECÁNICAS

Son aquellas que determinan el comportamiento del material cuando está sometido a fuerzas externas. Entre otras, podemos destacar:

- **Dureza.**- Es la resistencia de un material a ser rayado. Según la escala de Mohs, el material más duro es el diamante y el más blando el talco.
- **Tenacidad.**- Resistencia que opone un material a su rotura cuando está sometido a esfuerzos lentos de deformación (cuando es golpeado) Ej.: el metal.
- **Fragilidad.** - Tendencia de un material a sufrir, bajo una carga o choque, una fractura sin deformación. Propiedad contraria a la tenacidad (ej. El vidrio).



- **Maleabilidad.**- Capacidad de un material para deformarse en forma de planchas o láminas (ej. aluminio)
- **Ductilidad.**- Capacidad de un material para deformarse en forma de hilos (ej.- cobre)
- **Elasticidad.**- Capacidad de un material de recuperar su forma original cuando cesa la fuerza que lo deforma (ej. algunos plásticos como el caucho son elásticos).
- **Plasticidad.** - Es la propiedad que tiene un material de admitir deformaciones permanentes cuando actúa sobre él una fuerza (ej. la arcilla).
- **Resistencia mecánica.**- Están relacionadas con la forma en que reaccionan los materiales al actuar fuerzas sobre ellos. Los esfuerzos a aplicar pueden ser de:

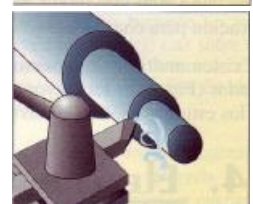


- **Tracción:** se denomina tracción al esfuerzo al que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, que tienden a alargar el objeto y actúan de forma perpendicular a la superficie que lo sujeta.
- **Compresión:** se denomina compresión al esfuerzo al que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas en sentido opuesto, que tienden a acortar el objeto y actúan perpendicularmente a la superficie que lo sujeta.
- **Flexión:** se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un cuerpo alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal, debido a la aplicación de una fuerza paralela a la superficie de fijación. Dicho esfuerzo tiende a doblar el objeto.
- **Torsión:** se denomina torsión al esfuerzo al que está sometido un cuerpo que tiende a retorcer dicho objeto. Sobre él se aplican fuerzas paralelas (que forman un par) a la superficie de fijación.
- **Pandeo:** es un esfuerzo similar al de compresión, pero que se da en objetos con poca sección y alargados, que tienden a doblarse cuando se les comprime.
- **Cizalladura:** es el que producen dos fuerzas sobre un material, que tratan de cortarlo. En piezas prismáticas, las tensiones cortantes aparecen en caso de aplicación de un esfuerzo cortante o bien de un momento torsor.

PROPIEDADES TECNOLÓGICAS

Indican la mayor o menor predisposición de un material a poder ser trabajado de determinada forma. Entre otras, podemos destacar:

- **Colabilidad.** Aptitud que tiene un material fundido para llenar un molde.
- **Maquinabilidad** (facilidad para el mecanizado). Es la facilidad o dificultad que presenta un material a ser trabajado con herramientas cortantes.

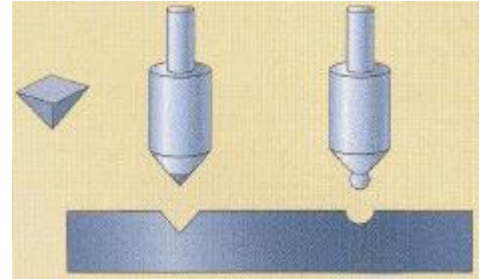


3.4. ENSAYOS DE PROPIEDADES

Para saber las características específicas de los materiales debemos recurrir a una serie de ensayos. Los ensayos pueden tener dos objetivos bien diferenciados: servir para la elección del material destinado a un fin determinado, o para la comprobación de que el material elegido cumple en el momento de usarlo las cualidades fijadas por las disposiciones legales vigentes. Entre otros, los más usuales son: ensayo de *dureza*, de *tracción*, de *fatiga*, *resiliencia*, etc.

Ensayo de dureza

El ensayo es realizado con elementos en forma de esferas, pirámides o conos. Estos elementos se oprimen contra el material y se procede a medir el tamaño de la huella que deja. Luego se aplica una fórmula y se calcula el grado de dureza. Es un ensayo fácil y no destructivo; puede realizarse en cualquier sitio, ya que existen durímetros fácilmente transportables. Una de las ventajas del ensayo de dureza es que los valores entregados pueden usarse para hacer una estimación de la resistencia a la tracción. La dureza superficial puede aumentarse añadiendo al material una capa de carbono, en un tratamiento térmico denominado *cementación*.



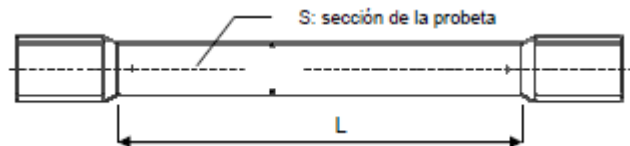
La dureza se mide por distintos procedimientos, pero los que más se utilizan son el *método Brinell*, el *método Vickers* y el *método Rockwell*.

Ensayo de tracción

Este ensayo es uno de los más importantes y permite determinar las propiedades de la tracción: *resistencia a la tracción*, *límite elástico*, *alargamiento* y *módulo elástico*.

Consiste en someter a una probeta de forma y dimensiones normalizadas a un esfuerzo de tracción en la dirección de su eje longitudinal hasta su rotura, estudiando su comportamiento.

En caso de que el material no se rompa y mantenga la forma estirada, decimos que es un material plástico, y si vuelve a su forma original sin romperse, es un material elástico.



En este ensayo se utilizan unas *probetas especiales* que constan de un cuerpo central y dos cabezas laterales que las sujetan a las mordazas de una máquina. Para la realización de este ensayo, se emplea una *máquina universal de ensayos*.

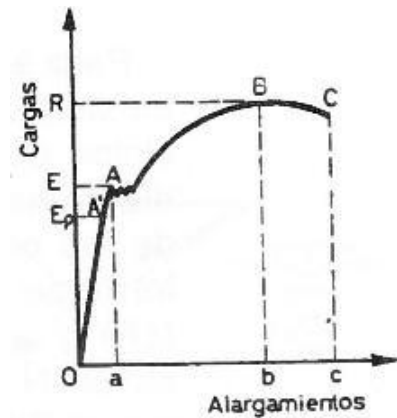
Los resultados obtenidos se representan en una gráfica, en cuyo eje de abscisas se reflejan los valores de las deformaciones (ΔL) y en el eje de ordenadas las tensiones de tracción aplicadas (F).

La curva de tracción obtenida presenta dos zonas destacadas:

- **Zona elástica (OA).** Se caracteriza porque al cesar las tensiones aplicadas, los materiales recuperan su longitud original. Dentro de esta zona podemos diferenciar otras dos:

- **Zona proporcional (OA')**. Observamos que se trata de una recta, en ella las deformaciones (*alargamiento unitario*, ε) son proporcionales a las tensiones aplicadas (σ). Se cumple la Ley de Hooke: $\sigma = \varepsilon \cdot E$;
 $\sigma = F/S$; $\varepsilon = \Delta L/l_0$; $\Delta L = l - l_0$

Donde: σ = Tensión aplicada (N/m² = Pascal); F = fuerza axial aplicada a la probeta (N); S = sección inicial de la probeta (m²); ε = alargamiento unitario; E = módulo de Young o módulo de elasticidad; ΔL = variación de longitud de la probeta; l_0 = longitud inicial.



- **Zona no proporcional (A'A)**. En esta zona el material se comporta de forma elástica, pero las deformaciones y tensiones no están relacionadas matemáticamente. El punto A señala el límite elástico o *límite de fluencia*.

- **Zona plástica (ABC)**. Se ha rebasado la tensión del límite elástico, de tal forma que aunque dejemos de aplicar tensiones de tracción, el material ya no recupera su longitud original. Diremos que el material ha sufrido deformaciones permanentes y se produce una disminución de sección en la zona media de la probeta. Dentro de esta zona podemos distinguir dos:

- **Zona límite de rotura (AB)**. Zona donde se producen grandes alargamientos a pequeñas variaciones de tensión. El límite de esta zona se denomina *límite de rotura*, y a la tensión aplicada en dicho punto (punto B), tensión de rotura.
- **Zona de rotura (BC)**. A partir del punto B el alargamiento aumenta a pesar de disminuir la carga, también aumenta la disminución de sección hasta llegar a la rotura efectiva en el punto C.

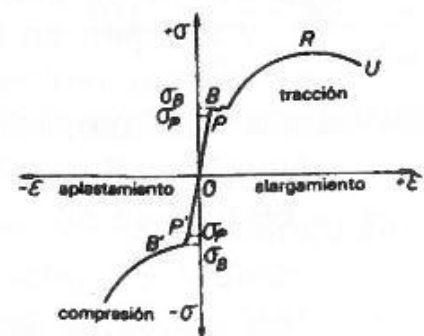
Ensayo de compresión

Este ensayo estudia el comportamiento de un material sometido a un esfuerzo de compresión, progresivamente creciente, hasta conseguir la rotura o aplastamiento, según la clase de material.

Por lo general se someten a compresión las fundiciones, metales de cojinetes, piedras, hormigón, etc. Las probetas son cilíndricas para los metales y cúbicas para los no metales.

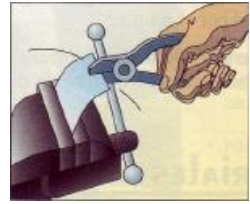
La máquina empleada para efectuar este ensayo es la misma que la utilizada en el ensayo de tracción, la *máquina universal de ensayos*. El diagrama de compresión es semejante al de tracción, pero los datos que proporciona son de signo contrario.

Con la máquina universal de ensayos, de forma análoga, se pueden realizar también ensayos de torsión y cizalladura.



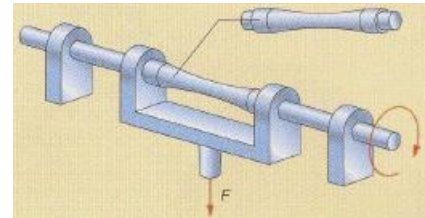
Ensayo de fatiga

Cuando las piezas están sometidas a esfuerzos variables en magnitud y sentido que se repiten con cierta frecuencia, se pueden romper a cargas inferiores a las de rotura. Si el número de ciclos es muy grande, la rotura se puede producir en la zona elástica. A este fenómeno se le conoce con el nombre de **fatiga**.



Las leyes fundamentales de fatiga:

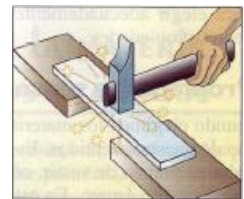
- Las piezas metálicas se pueden romper con esfuerzos unitarios inferiores a su carga de rotura, y en algunos casos menores al límite elástico si el esfuerzo se repite un número determinado de veces.
- Para que la rotura no tenga lugar, con independencia del número de ciclos, es necesario que la diferencia entre la carga máxima y la mínima sea inferior a un determinado valor, llamado *límite de fatiga*.



Los ensayos de fatiga más habituales son los de *flexión rotativa* y *torsión*.

Ensayo de resiliencia o resistencia al choque

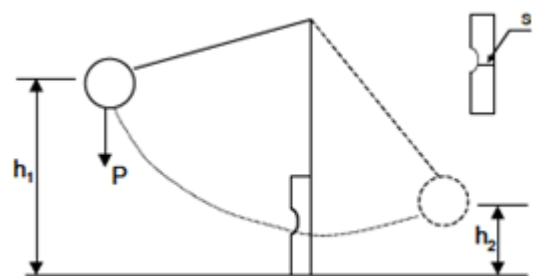
La *resiliencia* es la característica mecánica contraria a la fragilidad. La finalidad de este ensayo dinámico por choque es la determinación de la energía absorbida por una probeta de determinadas dimensiones, al provocar su ruptura de un solo golpe, expresándose su resultado en Kg/mm². Es muy importante para conocer el comportamiento del material destinado a la fabricación de ciertas piezas y órganos de máquinas, ya que han de estar sometidos a esfuerzos dinámicos. La resiliencia se obtiene como:



$$\rho = \frac{E_p}{S} = \frac{P \cdot (h_1 - h_2)}{S}$$

Donde: E_p = energía absorbida en la rotura; S = sección de la probeta.

Para la realización del ensayo se emplea el *péndulo de Charpy* que consiste en una masa pendular, que oscila alrededor de su eje. Al caer la masa desde una altura, choca contra la probeta y esta se rompe, absorbiendo una cantidad de trabajo que se corresponde con la diferencia de energía potencial en el instante inicial y final, relacionándola con la superficie de la probeta.



Ensayo de rigidez dieléctrica

Los ensayos de rigidez están orientados a comprobar esta característica de diversas maneras de acuerdo al tipo de aislante o eventualmente a un artefacto eléctrico completo.

En el caso de materiales en general se coloca el aislante (que puede ser sólido, líquido o gaseoso) entre dos electrodos con forma normalizada y se aplica la tensión de ensayo (continua o alterna) durante un tiempo especificado registrándose si el aislante se perfora.

En el caso de artefactos (motores, transformadores etc.) se aplica la tensión especificada entre los conductores y la masa metálica del artefacto comprobándose que no se producen daños en el aislamiento.