

Plásticos, fibras textiles y otros materiales

Desde la aparición de los plásticos o polímeros, a finales del siglo XIX, han sido muchísimas las aplicaciones en las que este material ha sustituido a otros, especialmente a la madera, los metales y a las fibras textiles naturales.

Estos materiales tienen muchas ventajas, como su fácil obtención, gran resistencia, propiedades aislantes del calor y frío, fácil limpieza, etc.; pero para que nuestro medioambiente no se sienta afectado debemos reciclarlos, introduciéndolos en los contenedores establecidos para tal fin.

11.1 Otros materiales de uso industrial

Además de los materiales metálicos estudiados con anterioridad, existen otros muchos cuya importancia, desde el punto de vista industrial, ha sido y sigue siendo muy significativa.

Algunos de los más importantes los vas a estudiar en este tema y son los siguientes: *plásticos, fibras textiles, elastómeros, madera, papel y cartón, vidrio, cerámicas, yeso, cemento y corcho.*



Fig. 11.1. Plásticos.



Fig. 11.2. Fibras.



Fig. 11.3. Elastómero.



Fig. 11.4. Madera.



Fig. 11.5. Corcho.



Fig. 11.6. Vidrio.



Fig. 11.7. Cerámica.



Fig. 11.8. Yeso.



Fig. 11.9. Cemento.



Fig. 11.10. Nuevos materiales.

Actividades

- 1 Justifica por qué la madera, en muchas de sus aplicaciones (por ejemplo, en la construcción de puentes, casas, etc.), ha sido sustituida por otros materiales y, sin embargo, todavía se sigue empleando en casi la totalidad de sillas y mesas.
- 2 Busca al menos tres aplicaciones industriales de cada uno de los materiales que se han indicado en este epígrafe.

11.2 Plásticos o polímeros

Se denominan **polímeros** a unos materiales sintéticos, obtenidos por el hombre a través de diversas reacciones químicas, a los que se les añaden *aditivos*.

La finalidad de estos **aditivos** es mejorar algunas propiedades o características del plástico, tanto durante el proceso de fabricación como posteriormente. Más adelante estudiaremos algunos.

España ocupa el séptimo lugar en la clasificación mundial en cuanto al consumo de plásticos, con 70 kilogramos de plástico por habitante y año. Alemania ocupa el primer lugar con 120 kg/hab y año, seguida de Estados Unidos con 110 kg/hab y año.

Las características más importantes de los plásticos son: resistencia a la corrosión y agentes químicos, aislamiento térmico, acústico y eléctrico, resistencia a los impactos y buena presencia estética.

A Materia prima usada para su fabricación

El origen de la materia prima usada para fabricar plásticos tiene procedencia distinta según el período histórico en el que se haya empleado. Se pueden considerar tres grandes etapas:

1. **En sus inicios (siglo XIX)**, se empleaba materia prima de origen animal (seda, caseína de la leche) y vegetal (látex y celulosa).
2. **Hasta aproximadamente 1930**, se usó, mayoritariamente, el alquitrán del carbón, generado como residuo al transformar el carbón mineral en carbón de coque.
3. **En la actualidad**, se emplea, casi exclusivamente, petróleo y, en menor medida, gas natural. En la Figura 11.11 se puede observar la proporción de los diferentes hidrocarburos obtenidos en una refinería después del refinado y craqueado, en especial, el empleado para la fabricación de plásticos.

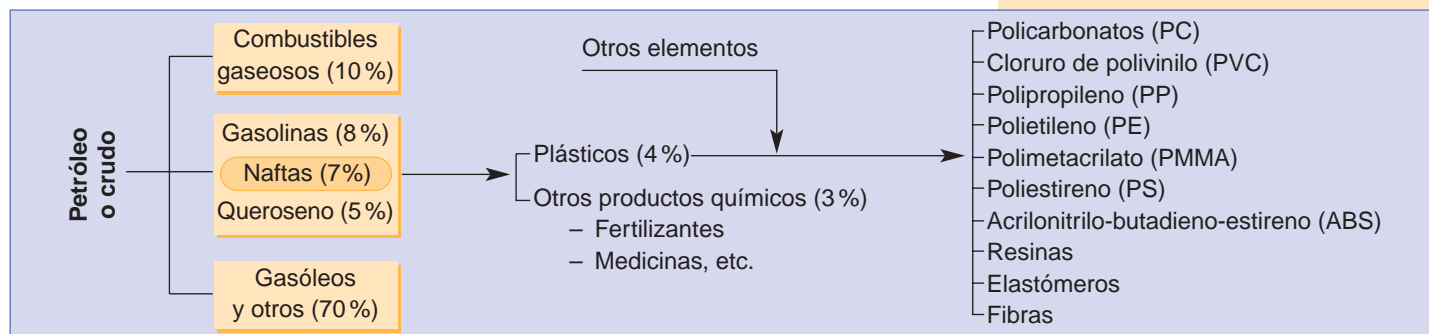


Fig. 11.11. Obtención de los productos plásticos.

Actividades

3

Si consideramos que el consumo medio de plástico por habitante y año en España es de 70 kg, determina qué cantidad de petróleo o crudo será necesario refinar para abastecer a toda la población española si se supone que no se realiza craqueado

alguno. **Rdo.:** unos 70 millones de toneladas.

4

Compara la figura superior con el gráfico de la página 94. Justifica a qué se debe que no coincidan los tantos por ciento de los diferentes hidrocarburos obtenidos.

B Componentes principales de los plásticos

En la constitución de los plásticos entran los siguientes elementos (véase la figura 11.12):

- **Materia básica:** constituye los monómeros que entran en la reacción química (elementos 1 y 2). Se comercializan en forma de gránulos, denominados *granza*. Se estudiarán más adelante.
- **Cargas:** se añaden a la materia básica con objeto de abaratar el producto obtenido y de mejorar sus propiedades físicas, químicas o mecánicas. Se suelen utilizar fibras textiles, fibra de vidrio, papel, sílice y otros materiales.
- **Aditivos:** tienen como misión mejorar las cualidades del polímero.
- **Catalizadores** (en algunos casos), cuya misión es iniciar y acelerar el proceso de la reacción química.

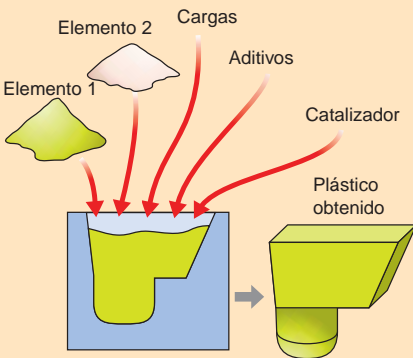


Fig. 11.12. Componentes principales de los plásticos.

C Aditivos

Para la obtención de un plástico con unas propiedades determinadas, es necesario añadir aditivos adecuados al polímero obtenido. Algunos de ellos son: *colorantes* (solubles en el polímero y le aportan un color más atractivo), *antiestáticos* (evitan la acumulación de cargas estáticas), *conductores* (aumentan la conductividad eléctrica, casi como si fuesen metales), *estabilizantes* (aumentan la resistencia a la degradación de la luz), etcétera.

D Tipos de plásticos

En la actualidad se conocen más de 15000 tipos diferentes de plásticos, pero solamente se comercializan unos pocos, ya que el resto no aporta ninguna novedad destacable y son más caros de obtener.

Los plásticos se pueden clasificar en tres grandes grupos, dependiendo de su comportamiento frente al calor, utilización y propiedades mecánicas:

- **Termoplásticos.** Son aquellos plásticos que, al ser calentados a temperaturas de entre 50 y 200 °C, alcanzan un estado de plasticidad que les permite ser moldeados con facilidad. Se podrían comparar con la cera, que, a temperatura ambiente, es sólida, pero, en cuanto se calienta, se ablanda y se puede moldear de nuevo (véase la figura 11.13).



Fig. 11.13. Termoplásticos.

Una forma comercial de los plásticos termoestables son las **fibras**. Se caracterizan porque sus moléculas tienen una dirección preferencial de ordenación. Poseen una gran resistencia a la tracción, y se pueden lavar con gran facilidad, dado que ni se arrugan ni encogen.

- **Termoestables.** Son aquellos que, una vez moldeados, no pueden recuperar su forma primitiva. Estos plásticos son comparables a la arcilla, que, una vez endurecida por el calor, ya no es posible que vuelva a adquirir la forma moldeable. Estos plásticos son duros, aunque frágiles. Si se calientan, lo que se consigue es carbonizarlos, pero no ablandarlos (véase la figura 11.14).
- **Elastómeros.** Son materiales de estructura muy elástica. Ello permite grandes deformaciones sin roturas, recobrando su forma inicial. Tienen el inconveniente de que no se pueden fundir de nuevo.



Fig. 11.14. Termoestables.

E Familias de plásticos más importantes

■ Plásticos termoplásticos

PC Policarbonato

Densidad: 1,21 kg/dm³

- Se obtiene a partir del ácido carbónico.
- Es transparente, con brillo elevado. Se colorea con facilidad.
- Permite el paso de la luz en más de un 90 %, lo que lo hace ideal para sustituir a los cristales, ya que tiene una gran resistencia al impacto (no al rozamiento). De ahí que resulte idóneo para: cámaras fotográficas y de vídeo, microscopios, ventanillas de avión, etcétera.
- Posee una gran resistencia mecánica, tenacidad y rigidez. No produce astillas cuando se rompe. Por ello es ideal en: cascos de seguridad, escudos de policía, etcétera.



Fig. 11.15.



Fig. 11.16.

PVC Cloruro de polivinilo

Densidad: 1,30 kg/dm³

- Se obtiene a partir del acetileno y del ácido clorhídrico.
- Tiene gran resistencia mecánica, rigidez y dureza.
- Se comercializa de dos formas distintas:
 - Rígido. Se emplea en tuberías, ventanas, puertas, bombas de agua, depósitos, discos de música (vinilo), etcétera.
 - Plastificado. Se usa en recubrimiento de cables, mangueras de jardín, jeringuillas, juguetes, artículos de oficina, etcétera.

PP Polipropileno

Densidad: 0,90 kg/dm³

- Se obtiene por polimerización del propileno. Para ello se emplean catalizadores.
- Es uno de los plásticos más baratos que existen. Tiene una dureza superficial y una flexibilidad aceptables, lo que le hace muy competitivo en el mercado.
- Se emplean para la fabricación de: maletas, pequeños electrodomésticos, tapaderas de inodoros, césped artificial, tarrinas de margarina, botellas en general, bolsas de alimentos, etcétera.



Fig. 11.17.



Fig. 11.18.

PE Polietileno

Densidad: 0,93 kg/dm³

- Se obtiene por polimerización del etileno. Al quemarlo no contamina.
- Su color está entre el transparente y el blanquecino. Se puede colorear sin dificultad.
- Existen dos formas distintas de comercializar este plástico:
 - Polietileno de alta densidad o rígido (PEAD o HDPE). Posee una elevada resistencia mecánica. Se emplea para cajas, juguetes, tuberías, botellas, etcétera.
 - Polietileno de baja densidad o flexible (PEBD o LDPE). De menor resistencia que el anterior, se emplea para bolsas, sacos de dormir, invernaderos, etcétera.



Fig. 11.19.



Fig. 11.20.



Fig. 11.21.

PMMA Polimetacrilato de metilo

Densidad: 1,19 kg/dm³

- Se obtiene del acetileno.
- Se le suele llamar metacrilato.
- Es transparente (permite pasar hasta el 90 % de la luz), pero se puede colorear con facilidad.
- No se decolora con el tiempo.
- Aplicaciones: pilotos de automóviles, luminosos en general, accesorios de baño, gafas protectoras, acristalamiento de barcos, aviones, etcétera.

PS Poliestireno

Densidad: 1,06 kg/dm³

- Se obtiene del benceno y del etileno.
- Resiste bastante bien los agentes externos, pero es algo frágil.
- Se comercializa de dos formas:
 - Poliestireno duro. Es transparente (se puede colorear). Se usa para: filmes de película, interiores de automóviles, casetes y cintas de vídeo, etcétera.
 - Poliestireno expandido (corcho blanco). Se usa en aislamientos, hueveras, transporte de electrodomésticos (para evitar golpes), etcétera.

ABS Acrilonitrilo-butadieno-estireno

Densidad: 1,04 kg/dm³

- Es de la misma familia que el PS.
- Se obtiene a partir de la copolimerización de los monómeros acrilonitrilo, butadieno y estireno.
- Es muy resistente. Cada día es más empleado en la fabricación de carcasas de televisores, ordenadores y juguetes en general.

■ Plásticos termoestables



Fig. 11.22.

PF (fenol formaldehído) Resinas fenólicas

- Se obtienen a partir del fenol y del formol. La más importante es la **baquelita**.
- El olor del fenol se mantiene en los productos obtenidos; se nota, especialmente, cuando se calienta, por lo que no es apto para recipientes alimentarios.
- Normalmente se le añaden cargas (láminas de papel, chapas de madera, serrín, fibras textiles...), para mejorar su resistencia.
- Se usan en: carcasas de motores, manivelas, teléfonos, interruptores, estilográficas, mazos, etcétera.

UF (urea formaldehído) Resinas ureicas o úricas

- Proceden de la urea y del formol.
- Carecen de olor. Son insensibles a la luz, por lo que pueden usarse para fabricar piezas que han de estar en el exterior. Pueden colorearse con facilidad.
- Mediante prensado se pueden obtener: platos, vasos, interruptores eléctricos, etcétera.
- El nombre comercial más importante es la *formica*, que se emplea para revestir encimeras de cocinas, mesas, sillas y muebles en general.



Fig. 11.23.



Fig. 11.24.

MF (melamina formaldehído) Resinas melamínicas

- Se fabrican a partir de los monómeros de melamina y formol.
- Las características son análogas a las resinas ureicas, no desprendiendo olor ni sabor, por lo que también pueden ser empleadas como recipientes alimentarios.
- Una de las aplicaciones más extendidas es en el recubrimiento de tableros. Con toda probabilidad, la silla en la que te sientas, así como la mesa que utilizas todos los días en el instituto, están fabricadas con esta resina. Suelen tener colores cremas y verdes.

UP (unsaturated polyester, poliéster insaturado) Resinas de poliéster

- Se obtienen del alquitrán de hulla y del estirolo.
- Son incoloras, pero se les puede añadir cualquier colorante.
- Resisten temperaturas de hasta 200 °C, sin llegar a deteriorarse.
- Se emplean muchísimo en recubrimientos de fibra de vidrio (aviones, embarcaciones, etc.) y como placas transparentes para cubiertas y tejados.



Fig. 11.25.



Fig. 11.26.

EP (epoxi) Resinas de epoxi o epóxido

- Se obtienen del fenol y del acetileno.
- En estado líquido son muy venenosas y sus vapores irritan la piel. Una vez secas y endurecidas, son inodoras e insípidas.
- Son fáciles de trabajar con arranque de viruta. Son buenos aislantes y se adhieren fácilmente a los metales, razón por la que constituyen para ellos un buen pegamento.
- Se emplean en la fabricación de adhesivos (*araldit*), barnices al fuego (muy resistentes a los arañazos), lacas para metales, recubrimiento de conductores eléctricos y circuitos impresos etcétera.

PUR Poliuretano

- Se obtienen a partir de un poliéster (llamado *desmofén*) y un derivado del benzón (*desmodur*).
- Se suelen fabricar varios productos:
 - *Espojosos*: esponjas, colchones, rellenos de almohada, gomaespuma, etcétera.
 - *Espumosos duros*: aislantes térmicos y acústicos (se inyectan en las paredes).
 - *Materiales macizos con elasticidad*: juntas de goma elásticas, correas de transmisión, etc.
 - *Barnices*: de gran dureza vítrea.
 - *Adhesivos de dos componentes*: formados por dos partes (endurecedor y resina). El pegamento en sí es un catalizador que, al unirlo a las piezas a pegar, proporciona una unión resistente y duradera.



Fig. 11.27.

F Proceso de conformación de productos plásticos

La fabricación de plásticos se realiza, generalmente, sin arranque de viruta, por lo que se obtiene un producto totalmente terminado, sin que precise proceso posterior alguno, excepto la eliminación de rebabas.

Los métodos de conformación más empleados son: *prensado*, *inyección*, *termoconformado (transferencia)* y *extrusión-soplado*.

■ Prensado

El material pulverizado en gránulos (*granza*), al que se le ha añadido la carga y los aditivos (véase la figura 11.28), se introduce en la parte inferior del molde (1). Luego se prensa y se le aplica calor hasta que se vuelve plástico y fluye, penetrando en los espacios huecos del molde (2), que se llenan perfectamente. Una vez que se ha endurecido la pieza, se saca (3).

■ Inyección

La materia prima (*granza*) se introduce en un recipiente que, por efecto del calor y la presión, adquiere gran plasticidad. Un émbolo comprime la masa y la hace pasar al interior del molde a través de una o varias boquillas. Después de que haya endurecido, se abre el molde y se saca la pieza (véase la figura 11.29).

■ Termoconformado

Las piezas se fabrican a partir de películas o planchas rígidas, mediante termoconformado (deformación en caliente); se coloca la película o plancha sobre el molde adecuado, de forma que apoye bien sobre los bordes (Figura 11.30).

Una vez aplicado el cierre, se calienta a la temperatura necesaria, según el tipo de material, y se aplica vacío, presión, o ambas cosas. Una vez frío, se desmolda, obteniéndose productos como el de la figura 11.32.

■ Extrusión-soplado

El material termoplástico sale en estado plástico por un conducto (a), por lo que adquiere una forma tubular a su salida.

Inmediatamente se empieza a insuflar aire caliente a presión, con lo que el material se adapta a las paredes internas del molde, enfriándose al tomar contacto con el metal del molde refrigerado.

Seguidamente se abren las dos mitades del molde y cae la pieza.

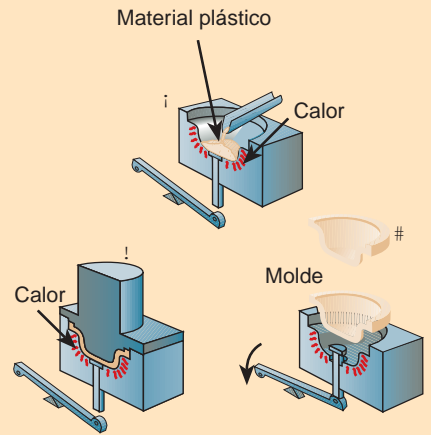


Fig. 11.28. Obtención de piezas por prensado.

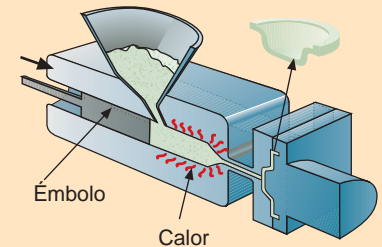


Fig. 11.29. Obtención de piezas por inyección.

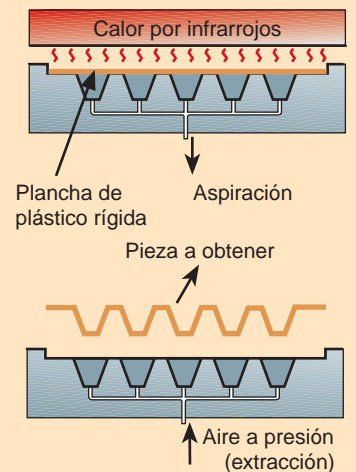
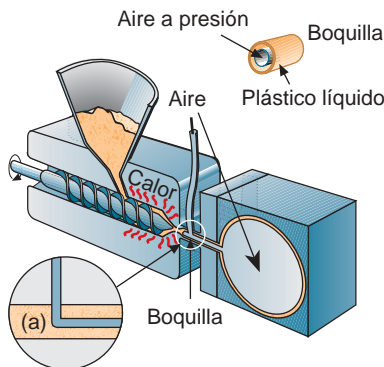


Fig. 11.30. Termoconformado de piezas de plástico.



Extrusión-soplado

Fig. 11.31. Proceso de extrusión-soplado.



Fig. 11.32. Las hueveras se obtienen por termoconformado.

G Plásticos compuestos

La evolución y mejora de plásticos que se están consiguiendo día a día son espectaculares. Ejemplos de plásticos compuestos son los *reforzados* y los *laminados*.

■ Plásticos reforzados

Están formados por dos tipos de materiales: un *material de refuerzo*, que le confiere resistencia a la tracción, y algún tipo de plástico de los estudiados hasta ahora. Ambos están unidos (mezclados) formando un todo.

El material de refuerzo suele ser fibra de vidrio, fibras orgánicas, fibras sintéticas, metálicas, fibras de carbono, etcétera.

Los productos obtenidos tienen propiedades superiores a los empleados para su fabricación. Así, por ejemplo, si reforzamos un poliéster (cuya resistencia a la tracción es de 7 kg/mm^2) con fibra de vidrio, cuya resistencia a la tracción es muy baja (de 5 a 6 kg/mm^2), se obtiene, en cambio, un producto que puede llegar a alcanzar los 50 kg/mm^2 .

Se están inventando y ensayando nuevos materiales. Uno de los más resistentes descubierto hasta ahora se denomina **Kevlar** (Figura 11.33). Resulta muy difícil de mecanizar y de cortar, empleándose principalmente, para la fabricación de aviones, satélites de comunicaciones, cascos, chalecos antibalas, blindajes y otros usos en los que la resistencia es capital.

■ Plásticos laminados

A diferencia de los reforzados, en los plásticos laminados las capas de ambos materiales están solapadas o unidas, pero no mezcladas. Los más importantes son:

- **Plástico-vidrio.** Consiste en recubrir el vidrio con una capa muy fina de plástico transparente. Con ello se mejora la resistencia frente a choques, evitando la fragilidad, al mismo tiempo que sirve de aislante térmico para bebidas frías y calientes. Una invención reciente es la botella Plastishield (Figura 11.34).
- **Plástico-metal.** Son muchos los productos metálicos recubiertos de una fina capa de plástico. Así, cabe resaltar latas de conservas, que llevan una fina capa de resinas de epoxi o fenólicas, para evitar posibles oxidaciones.
- **Plástico-papel o cartón.** Consiste en recubrir el papel o plástico con una fina capa de plástico (generalmente polietileno de baja densidad) por ambos lados. Algunas aplicaciones las encontramos en cartones Tetra Pak, pastas de libros, envoltorios, etcétera.
- **Plástico-tejidos.** Tienen gran aplicación en el campo de los cueros sintéticos (marroquinería y tapicería), lonas, etcétera.
- **Plástico-plástico.** Algunos envases que contienen productos alimenticios, cosméticos, bebidas, etc., se suelen fabricar combinando varias capas de diferentes plásticos para obtener un producto mejorado (con una gran dureza exterior y una gran tenacidad interior).



Fig. 11.33. Aplicación del Kevlar.

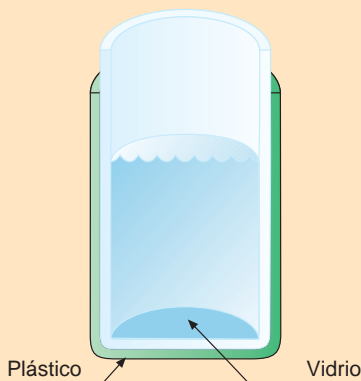


Fig. 11.34. Botella Plastishield.



Fig. 11.35. Diferentes productos laminados.

Actividades

5 Indica qué aplicaciones se les pueden dar a los plásticos termoestables y a los termoplásticos. Señala al menos dos ejemplos de cada uno.

6 ¿Qué dos tipos de plásticos son muy adecuados como sustitutos del vidrio? ¿Qué ventajas aportarían?

11.3 Fibras textiles

Están formadas por elementos de longitud muy superior a su diámetro, que se emplean para la fabricación de hilados.

La unión de muchas fibras textiles da origen a un hilo. A su vez, mediante hilos podemos formar los hilados o tejidos.

En el mercado existe una gran variedad de fibras textiles que se pueden clasificar en tres grandes grupos: *naturales* (que a su vez pueden ser de *origen mineral, vegetal y animal*), *artificiales* y *sintéticas*.

A Fibras naturales de origen mineral

Se obtienen de minerales de estructura fibrosa. Solamente el amianto posee esta cualidad. Recientemente se ha comprobado que su manipulación provoca leucemias y cánceres, por lo que su uso está prohibido.

Existen otras fibras, que vamos a denominar **fibras transformadas** (Tabla 11.1), entre las que se encuentran: la fibra de vidrio y las fibras de algunos metales.

Fibras transformadas	Características
Fibra de vidrio	Se obtiene tras la unión de diversos minerales, seguida de la fusión de los mismos (proceso análogo al de obtención del vidrio). A continuación se producen finísimos filamentos o fibras, que se mezclan entre sí, formando la fibra de vidrio. Se emplea como aislante térmico y acústico. Tiene la ventaja de ser ignífugo.
Fibras de algunos metales	Especialmente el oro y la plata pueden ser convertidos en hilos continuos que son utilizados en la fabricación de tejidos para el culto religioso y trajes regionales o de toreros.

Tabla 11.1. Principales características de las fibras transformadas.

B Fibras naturales de origen vegetal

Formadas por diferentes flores, frutos o tallos vegetales. En nuestra cultura occidental las fibras naturales de origen vegetal más importantes son las de *algodón, lino* y *esparto*.




Fibras vegetales	Características	Foto
Algodón	Está formado por el 91 % de celulosa. Esta celulosa se emplea para fabricar fibras naturales y como materia prima para la fabricación de fibras artificiales (celulósicas). Tiene la ventaja de ser muy agradable al tacto y no producir alergias.	
Lino	Es una fibra más resistente que el algodón, pero menos elástica y flexible. Conduce el calor con facilidad, lo que origina que las prendas sean frescas en verano. Se usa para fabricar ropa de cama, vestidos, camisas, chaquetas, etcétera.	
Esparto	Su aplicación se centra en la fabricación de artículos de artesanía popular.	

Tabla 11.2. Principales características de las fibras vegetales.

Muchas fibras textiles

Hilo

Hilados o tejidos

Sabías que...

Las fibras están formadas por hilos muy finos (del orden de 0,02 mm de espesor) y longitudes variables (entre uno y varios centímetros).

Las fibras de celulosa se pueden observar muy bien si rasgas un trozo de papel y lo miras al trasluz.



Sabías que...

Atendiendo al origen y acabado de los cueros, éstos se pueden clasificar en:

- **Charol.** Piel de becerro cuya parte exterior se ha impregnado de aceite de linaza mezclado con negro de humo.
- **Gamuza.** Piel de camello u oveja curtido con grasa.
- **Ante.** Piel de corzo y ciervo, curtida con grasa.
- **Dogskin.** Piel de oveja y cabra empleada para la realización de guantes.
- **Marroquín.** Piel de cabra y oveja curtida con hojas de zumaque. Suele tener un color rojizo-anaranjado.



Fig. 11.36. Diferentes tipos de cuero o pieles.

C Fibras naturales de origen animal

Además de los pelos de diversas especies animales (oveja, camello, llama, conejo, etc.), también se emplean la seda y el cuero.

Fibra animal	Características
Lana	Se obtiene del pelo que recubre el cuerpo de las ovejas. Tiene las siguientes propiedades: <ul style="list-style-type: none">• Es muy elástica, por lo que no se arruga con facilidad.• Tiene el inconveniente de que el calor húmedo afecta a la fibra; por eso no se debe planchar con vapor.
Seda	Es un filamento continuo producido por el gusano de seda (lepidóptero del género <i>Bombyx</i>) en el momento de pasar a la fase de crisálida. Es una fibra muy apreciada para la fabricación de prendas de vestir, cortinas, tapices, etc. Es cara. Es muy elástica, pero tiene el inconveniente de ser mala conductora del calor, por lo que en verano se suda mucho con ella.
Cuero	Es el pellejo (piel) de un animal que se ha sometido a un proceso de <i>curtido</i> . El curtido consiste en eliminar el pelo y la epidermis, dejando solamente la dermis. Luego se le añaden sustancias curtientes para darle elasticidad y evitar que sea atacada por hongos o insectos.

Tabla 11.3. Principales características de las fibras animales.

D Fibras artificiales

El estudio de la forma de trabajo del gusano de seda animó al ser humano a la producción de filamentos que pudiesen ser incluso más resistentes, utilizando métodos análogos. El problema consistía, en líneas generales, en producir una masa capaz de pasar por una hilera, parecida a la del gusano de seda y que mantuviese, una vez secada, la forma de filamento.

Estas fibras se inventaron a finales del siglo XIX y se denominaron **fibras artificiales** para diferenciarlas de las fibras sintéticas, cuya materia prima procede de síntesis química.

Las fibras artificiales más importantes son las *celulósicas* (también conocidas con el nombre de *rayones*) y las *proteínicas*.

■ Fibras celulósicas

Se las conoce, también, con el nombre de **rayones**. Sus características son:

- La materia prima es la celulosa (materia vegetal de árboles o plantas), a la que se añaden distintos disolventes para dar origen a los distintos tipos de rayones.
- Tienen una gran resistencia en seco, pero no tanto cuando están húmedas.
- Son agradables al tacto. Normalmente suelen ir mezcladas con fibras naturales y/o fibras sintéticas, para darles mayor resistencia mecánica.

■ Fibras proteínicas

Se utilizan menos que los rayones, aunque cuando se inventaron se les auguraba un gran futuro. El proceso de fabricación consiste en disolver una proteína de origen animal o vegetal y luego formar filamentos. Las más importantes son las recogidas en la Tabla 11.4.

Tipo de fibra	Características
Fibrolana y lanital	Se fabrica a partir de la caseína de la leche (cuajada) disuelta en sosa cáustica. Se emplea para fabricar toquillas y géneros de punto.
Vícara	Se obtiene de proteínas vegetales de maíz disolviéndolas en sosa cáustica.
Rayón alginato	Se obtienen de algas marinas disueltas en sosa cáustica.

Tabla 11.4. Características más importantes de las principales fibras artificiales.

E Fibras sintéticas

Son las más utilizadas en la actualidad. Tienen la ventaja de ser muy resistentes a todo tipo de agentes externos, no necesitan casi planchado y la suciedad desaparece de ellas con facilidad. Su mayor inconveniente es que son poco higroscópicas (no absorben el sudor), por lo que en verano son muy calientes y en invierno muy frías.

Para solucionar estos problemas, normalmente se suelen mezclar con fibras naturales.

Los tipos de fibras sintéticas más importantes son los recogidos en la Tabla 11.5.

Tipo de fibra	Fibra más conocida	Características
Poliamidas	Nailon	Son muy resistentes y elásticas; no son atacadas por insectos o putrefacción. Tienen el inconveniente de ser poco higroscópicas, se deforman con el calor (ya que son termoplásticas) y producen alergias a pieles sensibles.
Poliéster	Tergal	Se obtiene a partir de un diácido y de un diol. Normalmente este tipo de fibra se mezcla con la lana.
Acrílicas	Leacril	Son muy resistentes a la acción de la intemperie y de la luz. Generalmente se emplean en géneros de punto.
Polivinílicas	Rhovil	Son fibras muy suaves, por lo que se suelen utilizar para la fabricación de prendas de recién nacidos.
Polietilénicas	Sarán	Tienen una gran resistencia a la abrasión. Por ello se usan mucho en artículos de tapicería, alfombras y moquetas.
Polipropilénicas	Merkión	Resisten muy bien la abrasión, así como toda clase de tratamientos y agentes químicos. Se emplean mucho en la fabricación de tapicerías, artículos de uso industrial y prendas de trabajo.
Poliuretano	Lycra	Tienen una enorme elasticidad. Se emplean en la fabricación de prendas de corsetería, bañadores, vestuario deportivo, etcétera.

Tabla 11.5. Características más importantes de las principales fibras sintéticas.

Sabías que...

Para conocer la composición de un tejido debemos ver la etiqueta, que suele estar en una zona poco visible.

La legislación europea obliga a los fabricantes a colocar etiquetas de identificación de fibras en todos los tejidos.



11.4 Elastómeros

Se caracterizan por permitir enormes deformaciones elásticas, del orden del 1000%. Ésta cualidad se consigue después de un *vulcanizado* (aporte de azufre a la masa, seguido de una subida de la temperatura, hasta los 145 °C y una presión de unas 5 atmósferas).

El oxígeno, el calor y la luz solar actúan lentamente sobre los elastómeros, reduciendo la elasticidad del material. Los principales tipos de elastómeros son los recogidos en la Tabla 11.6.

Elastómero	Tipo	Características
Natural	Caucho (CA)	<ul style="list-style-type: none"> Se obtiene de un jugo lechoso, denominado <i>látex</i>, que exudan ciertos árboles tropicales al hacerles pequeños cortes en el tronco. El más importante de estos árboles se llama hevea. En la actualidad ha sido prácticamente reemplazado por el caucho sintético, ya que es más barato y aporta mejores cualidades. Sus aplicaciones suelen restringirse a colchones y almohadas.
Sintético	Neopreno (PCP)	<ul style="list-style-type: none"> Formado por un polímero de cloropreno. Es incombustible y no se deteriora con facilidad. Se emplea como aislamiento de cables y ropa de submarinistas y bomberos.
	Siliconas (SI)	<ul style="list-style-type: none"> Tienen como base el silicio (son productos inorgánicos). Resisten muy bien los agentes externos.
	Caucho sintético	<ul style="list-style-type: none"> Resisten muy bien el calor, la abrasión y el envejecimiento. Los más importantes son: el SBR (patentado en Alemania en 1929 y difundido con la marca comercial Buna S) y el GR-S (de <i>Government Rubber-Styrene</i>, creado en Alemania en 1942, en plena Segunda Guerra Mundial, para compensar la escasez de caucho). El 80% del caucho sintético se emplea en la fabricación de neumáticos.

Tabla 11.6. Características más importantes de los principales elastómeros.

Actividades

- 7 ¿Qué es el amianto? ¿Qué problemas acarrea su utilización?
- 8 Enumera al menos tres tipos distintos de fibras naturales de origen vegetal que no se estudien en este libro. Para ello, puedes consultar libros técnicos, enciclopedias o a través de Internet.
- 9 Habla con familiares y amigos para localizar al menos cinco aplicaciones reales de la seda. Pregúntales qué ventajas e inconvenientes tiene esta fibra para la aplicación que se le ha dado y por qué han elegido ese producto fabricado con seda.
- 10 ¿Qué nombres recibe el cuero que se emplea para fabricar guantes y gamuzas? ¿De qué animales procede?
- 11 Además de las pieles de animales que aparecen en el texto, también se emplean otras, de diferentes animales, como: conejos, nutrias, serpientes, etc. Busca información, localizando otros tipos de pieles, e indica para qué se emplea cada una de ellas.
- 12 ¿Qué ventajas e inconvenientes tienen los tejidos fabricados con lana pura?
- 13 ¿Qué son los rayones? ¿Son productos naturales?
- 14 ¿Qué nombres reciben las fibras proteínicas más utilizadas? ¿Cómo se obtienen?
- 15 Enumera las fibras sintéticas más empleadas en la fabricación de tejidos.

11.5 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 pueden aprovechar las raíces y ramas gruesas para la obtención de maderas finas, con veteados espectaculares, en la construcción de muebles de estilo.

La parte que interesa del tronco es el **duramen** (leño viejo en cuyo interior ha entrado aire y que sirve para darle rigidez al árbol), junto con la **albura** (anillos más jóvenes que contienen todavía células vivas que transportan el agua y las sustancias), los cuales, al cortar el árbol y dejar secar su madera, adquieren el mismo color.

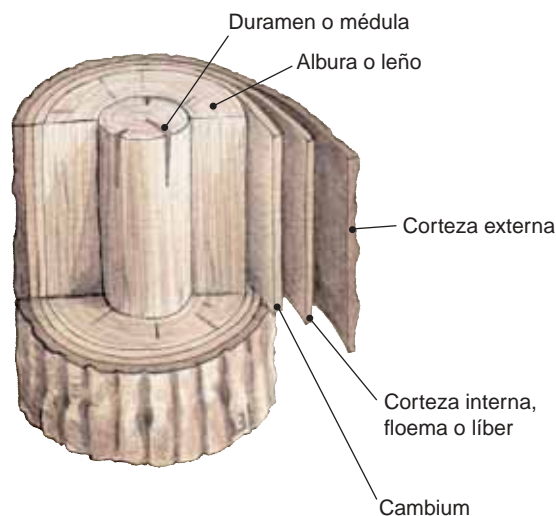


Fig. 11.37. Partes del tronco.

Los principales componentes de la madera son: **celulosa** (60%) y **lignina**, que es el elemento cementante o de unión entre las fibras (30%), además de **almidón, tanino, azúcares, sales minerales y agua**.

Las maderas, atendiendo a su dureza, se pueden clasificar en dos grandes grupos: *maderas blandas* y *maderas duras*.

- **Maderas blandas.** Corresponden a aquellos árboles de hoja perenne, de tipo resinoso, como el pino, ciprés, abeto, cedro, etc. Suelen tener una fibra larga. Su densidad suele ser de unos 600 kg/m^3 ; cuando está seca su color es generalmente blanquecino. Dada su poca solidez, se suele emplear para fabricar cajas, embalajes, pasta de papel, etc. Es muy fácil de trabajar.
- **Maderas duras.** Proceden de árboles de hoja caduca, como es el caso del roble, castaño, nogal, olmo, etc. Suelen tener una fibra corta. Su madera es dura y compacta y, en general, coloreada. Su densidad suele ser superior a los 800 kg/m^3 . Las aplicaciones más comunes suelen ser en ebanistería, andamiaje y fabricación de esquís, raquetas de tenis, instrumentos musicales, marcos de cuadros, barcos, etc. Es difícil de trabajar.

Sabías que...

La masa leñosa está formada por fibras, de una longitud aproximada de 1 mm, unidas entre sí mediante un pegamento natural denominado **lignina**.

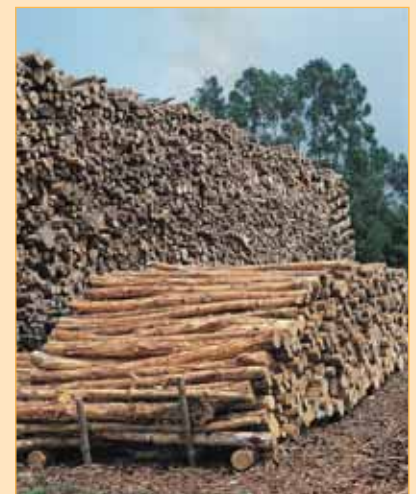


Fig. 11.38. Troncos de árbol preparados para ir a la serrería.

A Transformación de la madera en productos comerciales

Los árboles, una vez cortados, se transportan hasta las serrerías para transformarlos en productos comerciales. Se pueden distinguir cinco fases:

1. **Descortezado.** Cada uno de los troncos pasa sobre unos rodillos que le hacen girar continuamente, arrancándole toda su corteza. Esta corteza no se tira, sino que se emplea como combustible, en jardinería y para la construcción de tableros duros.
2. **Tronzado.** Consiste en cortar los troncos a una longitud determinada, usando sierras circulares. Si el tronco es de pequeño diámetro, pasará a otra sección, donde se transforma en tablón de sección cuadrada. Este proceso se realiza de manera automática.

El serrín que se obtiene se emplea para la fabricación de papel y tableros de aglomerado.

3. **Aserrado.** Tiene como misión la obtención de las tablas y tablones para uso industrial.
4. **Secado.** Antes de poder usar las tablas y tablones para la fabricación de objetos (mesas, sillas, puertas, etc.), es necesario reducir su grado de humedad hasta un valor inferior al 3%. El proceso se suele realizar en dos fases:
 - *Al aire libre:* apilando las tablas y tablones de manera que haya una buena ventilación de aire. Cuando su humedad se ha reducido a un valor inferior al 15 %, se pasan a los hornos de secado.
 - *Mediante hornos de secado:* al eliminar casi toda el agua, se aumenta la resistencia y dureza de la madera.
5. **Cepillado.** Tiene como objetivo principal eliminar cualquier irregularidad y mejorar el aspecto final, dejándolo a la medida requerida.

Sabías que...

Las modernas técnicas forestales contemplan talas selectivas, con repoblaciones adecuadas, a fin de no agotar los recursos existentes.

El objetivo es obtener el máximo rendimiento y asegurar la continuidad de la explotación forestal.

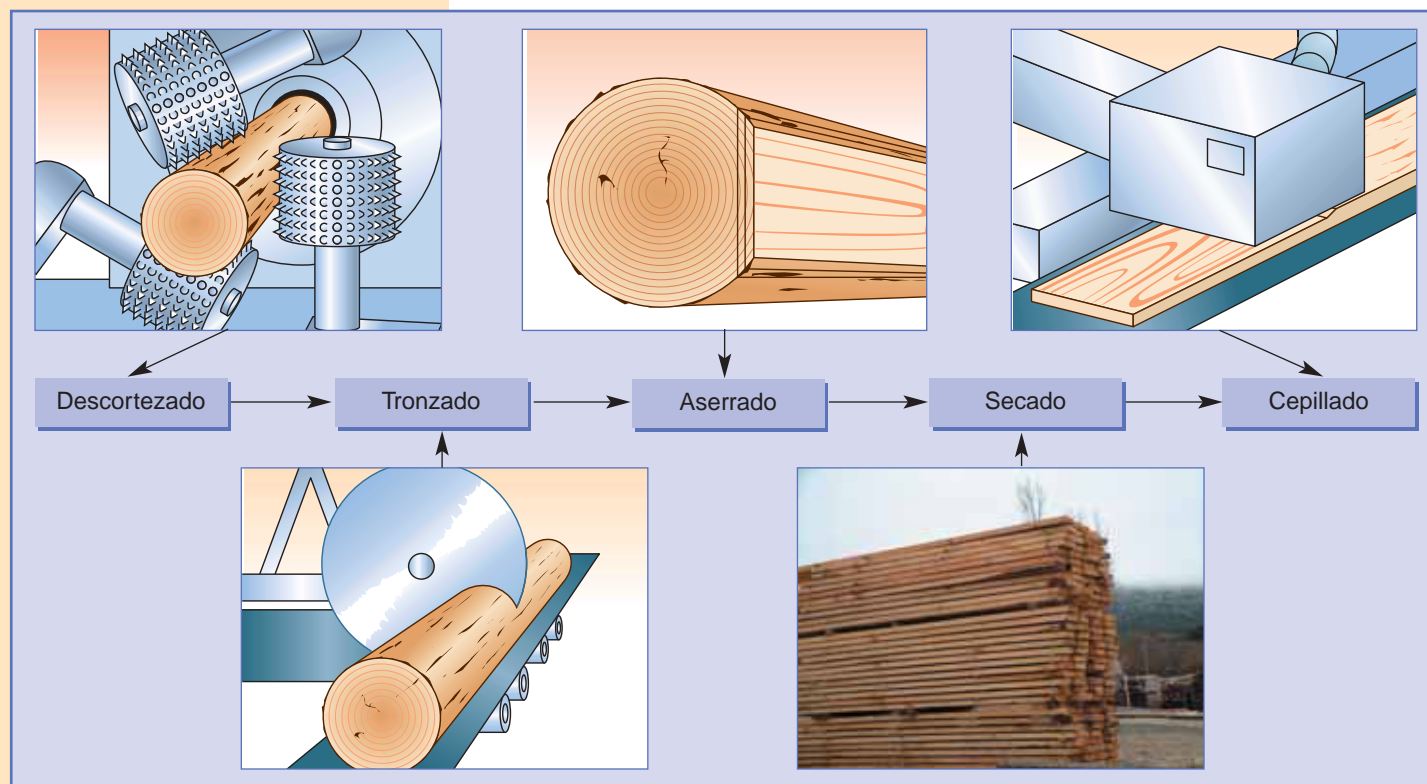


Fig. 11.39. Proceso de transformación de la madera en productos comerciales.

B Productos derivados de la madera

Además de obtener tablas, tableros, listones, etc., se obtienen otros productos, que se comercializan bajo diferentes nombres. Los más importantes son: *aglomerado o conglomerado*, *chapado*, *contrachapado*, *tablex*, *DM*, *papel* y *cartón*.







Tablero	Fabricación	Características	Imagen
<i>Agglomerado o conglomerado</i>	Está formado por virutas y serrín de madera (residuos de madera), a los que se le añade cola. Una vez mezclados los componentes, se comprimen fuertemente y se secan.	Resiste muy mal la humedad. Tiene la ventaja de no deformarse con el tiempo y de ser bastante resistente.	
<i>Chapado</i>	Consiste en una base de madera ordinaria (barata) sobre la que se pega una lámina muy delgada con un acabado y veteado atractivo. Las maderas para chapar suelen ser caoba, nogal, cerezo, sapeli, etcétera.	Es un producto barato con la apariencia y cualidades de uno caro. Tiene el inconveniente de que se suele curvar por la cara del chapado.	
<i>Contrachapado</i>	Consta de una base de madera ordinaria, pero de gran resistencia, que se chapa por ambas caras. La base central está formada por placas de madera fina, pegadas entre sí alternando el sentido de la fibra.	Al llevar un chapado por cada lado, no se curva. Es igual de resistente que si fuese de madera maciza.	
<i>Tablex</i>	Está fabricado con fibras de madera a las que se somete a gran temperatura y presión. Aquí no se emplea pegamento, sino la propia lignina que contienen las fibras de la madera.	Tiene una cara lisa (normalmente chapada con madera natural o plástica) y otra rugosa. Se usa para fondos de armario y cajones.	
<i>DM</i>	Están compuestos por fibras de madera a las que previamente se les ha quitado la lignina que tenían. Posteriormente, se les añade resina sintética y se prensan fuertemente hasta que se secan.	El acabado es liso, aunque no muy atractivo. Se emplean para fabricar fondos de armarios y cajones, así como partes traseras de cuadros.	
<i>Papel y cartón</i>	La materia prima es la celulosa de la madera, aunque también se puede emplear cualquier producto vegetal. Para obtener la celulosa, y eliminar otros elementos, se hace en dos fases: <i>tritución</i> (mecánica) y <i>cocción</i> (mediante aditivos químicos).	Es un material muy flexible que arde fácilmente.	

Tabla 11.7. *Productos derivados de la madera.*

Actividades

- 16 ¿Qué partes del árbol se aprovechan industrialmente para la fabricación de productos?
- 17 ¿Cuáles son los componentes principales de la madera?
- 18 Señala al menos cinco árboles autóctonos (de tu tierra) que sean de madera blanda y otros cinco que sean de madera dura.
- 19 ¿Cuándo se suelen llevar los tablones a los hornos de secado? ¿Por qué?

11.6 El papel

Se fabrica a partir de la celulosa contenida en la madera, desechos de materia vegetal (algodón, caña de azúcar, paja, etc.), productos textiles (telas y prendas de vestir ya usadas) o papel y cartón reciclados.

A Proceso de obtención

El proceso completo de obtención consta de cuatro fases (véase la figura 11.40):

■ Fase 1: Obtención de la pasta de madera (celulosa)

El objetivo es separar las fibras de celulosa (que se encuentran unidas entre sí mediante la lignina), para posteriores reagrupamientos. A tal efecto:

1. Se cortan los troncos de los árboles y se les quita la corteza, tal como se indicó en la página 208.
2. Se introducen en una tolva, sumergida en agua caliente. A medida que van cayendo los troncos sobre una muela (de gres o material sintético rugoso) que gira a gran velocidad, se van desfibrando las fibras de madera (véase la figura 11.41).
3. Para eliminar la lignina y otros elementos de la madera, se emplean dos procedimientos:
 - Procedimiento mecánico. Consiste en introducir toda la madera desfibrada en una caldera a presión con agua abundante. Con este método no se consigue eliminar toda la lignina, por lo que la pasta obtenida no es de gran calidad. Suele utilizarse para fabricar papel de periódico.
 - Procedimiento químico. Se recurre a reactivos químicos. Todo el conjunto se introduce en el interior de una caldera a una presión de unas 5 atm y una temperatura de unos 150 °C.

Dependiendo de la materia prima, se deberá utilizar un reactivo u otro. Actualmente se emplean tres métodos, recogidos en la Tabla 11.8.

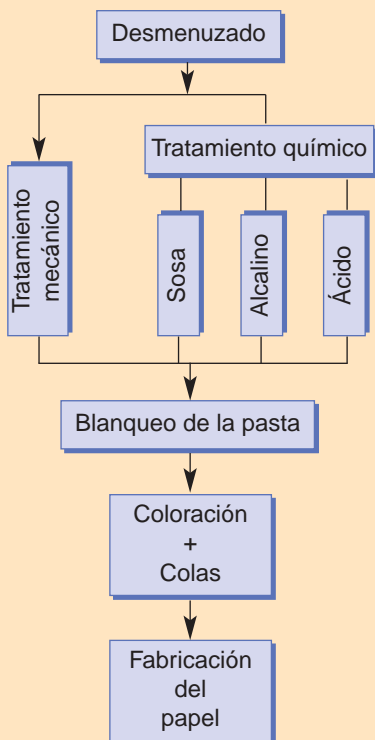


Fig. 11.40. Esquema del proceso de obtención del papel.

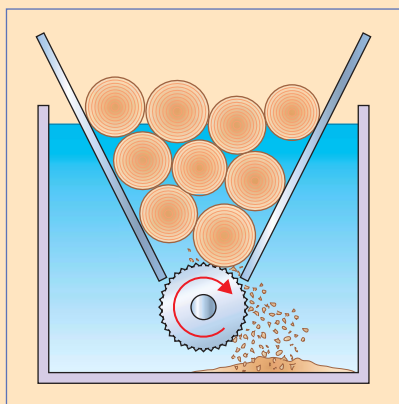


Fig. 11.41. Desfibración de la madera.

Método químico	Reactivo empleado	Características
Con sosa	Sosa cáustica	Se emplea con todo tipo de maderas y materia vegetal. Es un método poco contaminante.
Alcalino	Compuestos azufrados y sulfito de sodio neutro.	Especial para maderas resinosas (pinos y abetos), así como materia orgánica vegetal (caña de azúcar, paja, algodón, etc.). Este método es algo contaminante.
Ácido	Bisulfito de calcio, bisulfito de sodio o bisulfito de magnesio con ácido sulfúrico.	Especial para maderas de crecimiento rápido (chopos y eucaliptos). Es un método muy contaminante.

Tabla 11.8. Métodos químicos para eliminar la lignina y otros elementos de la madera en el proceso de obtención de la celulosa.

■ Fase 2: Separación y blanqueo de la pasta

Después de haber cocido la madera desmenuzada (desfibrada) a cierta presión, independientemente del tratamiento elegido, se saca y se lava con abundante agua. Luego se emplea un filtro o tamiz para separar las fibras de los elementos no deseados.

El color de estas fibras dependerá del tiempo de cocción, de la materia prima empleada y del tratamiento seguido.

En muchos casos, la aplicación a la que se destina esta pasta exige un mayor blanqueado. Para ello, se utiliza cloro, que elimina restos de lignina que puede haber pegada a las fibras. Luego se lavan con agua abundante.

■ Fase 3. Coloración y adición de colas

Toda la pasta blanqueada se introduce en una solución acuosa. Se procurará que la cantidad de fibras sea, aproximadamente, de 5 a 15 g/L, para que puedan unirse adecuadamente.

Seguidamente, se le añadirá la cola o pegamento sintético, que permitirá que se unan las fibras entre sí.

Si el producto que se va a obtener requiere una determinada tonalidad, se añadirán los colorantes adecuados. Luego se mezcla todo.

■ Fase 4. Fabricación de rollos o balas

Esta fase consta de cuatro procesos (véase la figura 11.42).

- 1. Tamizado.** Un tamiz o criba de plástico o metálica (formada por una cinta sin fin) va extrayendo de la solución acuosa una cantidad de fibras de espesor uniforme que, por gravedad, dejan escurrir parte del agua que contienen.
- 2. Secado.** Debajo del tamiz hay una serie de extractores que, por succión, eliminan parte del agua que contienen las fibras. A continuación, se hace pasar la malla por unos rodillos que extraen parte del agua y le dan suficiente consistencia y resistencia.
Luego se separa la hoja de papel y se hace pasar por una serie de rodillos compresores, con fieltro, y aire caliente para eliminar totalmente la humedad.
- 3. Calandrado o satinado.** Si el papel necesita ser alisado (papel satinado) se hace pasar por una serie de tambores calientes y perfectamente pulidos (calandrias) que lo dejan aplastado y liso. Finalmente, se enrolla en bobinas o balas para su comercialización.

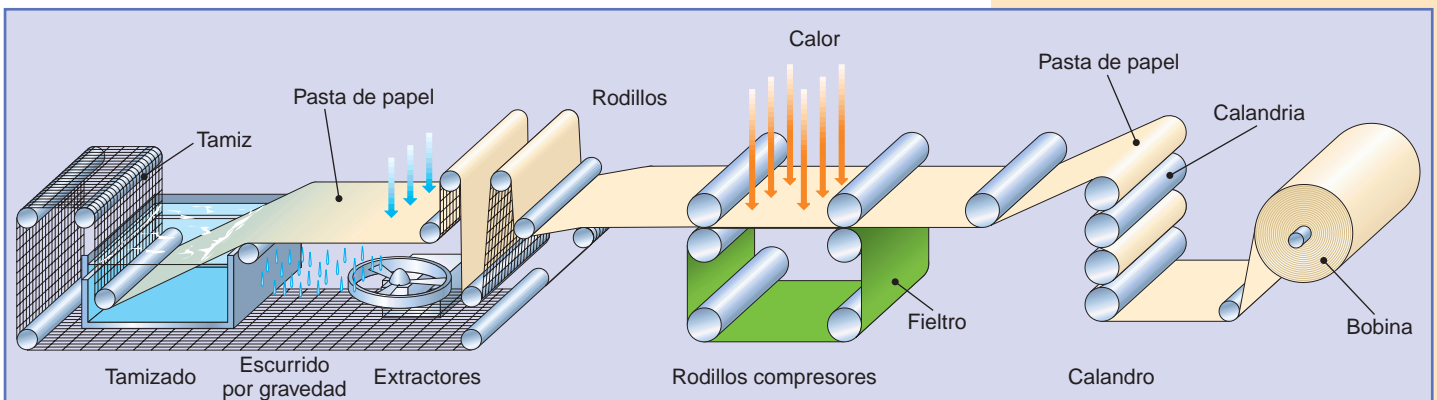


Fig. 11.42. Fabricación de rollos o balas de papel.

B Clases de papel

Dependiendo de la densidad o gramaje, los productos derivados del papel se pueden clasificar en: papel (el gramaje es inferior a 150 g/m^2), cartulina (gramaje comprendido entre 150 y 350 g/m^2) y cartón (con gramaje superior a 350 g/m^2). Según su aspecto y forma de fabricación se pueden clasificar en los tipos recogidos en la Tabla 11.9.

	Clases	Características	Aplicaciones	Algunos tipos
Papel	<i>Alisado</i>	En su fabricación no se ha empleado cola o pegamento.	Su superficie es áspera, por lo que no resulta adecuado para la escritura ni representaciones gráficas. Se usa en la prensa diaria y libros sin dibujos (novelas).	Papel de impresión Papel pluma Papel lanillas Papel secante
	<i>Satinado</i>	Es el que ha sufrido la operación de calandrado. Es liso y brillante.	No vale para escribir, ya que lleva yeso.	Papel estucado
			Satinado por una cara. Se emplea para envoltorios y paquetería. Libros, folios, etcétera.	Papel manila Papel satinado
	<i>Barba</i>	La pasta lleva fibras de trapos de algodón, lino, cáñamo, etcétera.	Por ser muy resistente y duradero, se emplea en documentos oficiales y notarías. Es caro.	
	<i>Moneda</i>	Lleva fibras de trapos y cola. Es muy flexible y resistente.	Billetes de banco.	
	<i>Fotográfico</i>	En una de las caras lleva sales de plata disueltas, que se impresionan con la luz.	Positivado de fotografías, catálogos ilustrados, carteles y expositores en puntos de venta, etcétera.	
Cartulina	Se fabrica con la misma pasta que el papel, pero más grueso. Existen varios tipos: <i>marfil</i> (de muy buena calidad), <i>bristol</i> (de baja calidad), <i>tela</i> (su superficie imita el tejido). Otros tipos son: <i>couché</i> , <i>gamuza</i> , <i>apalina</i> , etcétera.			
Cartón	Se consigue superponiendo distintas hojas de papel que se unen mediante prensado vía húmeda (sin ningún tipo de cola).			

Tabla 11.9. Productos derivados del papel.

Actividades

- 20 Señala cuál es la materia prima a partir de la cual se fabrica el papel.
- 21 Explica en qué consiste la desfibración.
- 22 ¿Qué métodos se emplean para eliminar la lignina y separar las fibras de la madera o vegetales?
- 23 Señala qué método químico utilizarías si estuvieses utilizando madera de troncos de pino.
- 24 ¿Cómo se lleva a cabo el blanqueado de la pasta de papel? ¿Qué misión tiene?
- 25 Indica, mediante diagramas conceptuales, las distintas fases para la obtención del papel.
- 26 ¿Qué es el calandrado? ¿En qué se diferencia del satinado? ¿Para qué se hace?
- 27 Señala cómo se clasifican los productos derivados del papel atendiendo a su densidad o gramaje.

11.7 El corcho

El **corcho** se obtiene de la corteza de un árbol llamado comúnmente alcornoque, cuyo nombre científico es *Quercus suber*.

Los mayores productores de corcho, en todo el mundo, son Argelia, Portugal y España, con una producción total del 80%. Las mayores concentraciones de alcornoques de España se encuentran en Extremadura, aunque también hay alcornoques en otras regiones, como Andalucía, Cantabria y Cataluña.

A Obtención del corcho

El **descortezado** o **descasque**, que es el nombre técnico que recibe el proceso de extracción del corcho, se realiza cada 9 años a partir del momento en que el árbol tiene una edad aproximada de 18 años.

Esta operación se hace entre junio y agosto, procurando no dañar el árbol. Para ello, se hace una corona estrecha y se van extrayendo las diferentes *láminas* de corteza del árbol. Luego se dejan secar al aire (Figura 11.43), durante unos tres meses. A continuación se llevan a la fábrica, donde se hierven en agua, junto con productos químicos, para eliminar el tanino y hacerlas más suaves y resistentes. Posteriormente:

- Se seleccionan las cortezas que tienen un determinado espesor y son de buena calidad y se hierven una segunda vez. Posteriormente se cortan como si fuesen monedas de un espesor aproximado de 0,5 cm (véase la figura 11.44).
- Se tritura el resto, junto con los recortes, formando **gránulos** de unos 5 mm de grueso, para elaborar placas de corcho, que se emplean como aislante térmico y acústico y en la fabricación de tapones.



Fig. 11.44. Tapones fabricados con gránulos y círculos de corcho.

B Elaboración de productos

Como ya se ha indicado, las principales aplicaciones del corcho son tapones para bebidas alcohólicas y paneles.

Normalmente, los **tapones de corcho** están constituidos por dos partes:

- **Cuerpo.** Es la parte que se inserta en la botella y suele estar fabricada por dos o más arandelas de corcho de la mejor calidad, pegadas entre sí.
- **Cabeza.** Es la parte que sobresale y está formada por un aglomerado a base de gránulos de corcho unidos mediante una cola en caliente.



Fig. 11.43. Secado del corcho.

Actividades

- 28 Busca en Internet la producción española de corcho en los últimos años.
- 29 Enumera al menos dos tipos de aplicaciones de los tapones de corcho.
- 30 Analiza un tapón de corcho de una botella de cava y averigua si realmente está fabricado

tal y como has estudiado anteriormente. Haz un dibujo e indica la forma que tiene cada una de las partes.

- 31 Localiza en qué zonas de tu comunidad o comunidades limítrofes puedes encontrar alcornoques.

11.8 El vidrio

Es un material ampliamente utilizado debido a sus extraordinarias características: muy duro, transparente, inatacable por lejías y ácidos, aislante térmico y eléctrico, etcétera. El mayor inconveniente es su fragilidad.

A Proceso de obtención del vidrio

Se obtiene a partir de la fusión de la arena de cuarzo (que es el elemento vitrificador) mezclada con cal (estabilizante que aporta resistencia, dureza y brillo) y carbonato sódico (fundente que reduce el punto de fusión de la sílice). Además, se suelen añadir otros compuestos, como, por ejemplo, óxido de plomo (que le confiere sonoridad), vidrios reciclados, colorantes, óxidos metálicos, etc., que mejoran sus propiedades (véase la figura 11.45).



Fig. 11.45. Proceso de obtención del vidrio.

B Tipos de vidrio

En la actualidad se fabrican multitud de tipos distintos de vidrio para aplicaciones muy diversas. Algunos de los más importantes son los siguientes:

Tipo de vidrio	Modo de obtención / Características
Estirado	La masa de vidrio fundida se hace pasar entre dos rodillos, que la estiran. El vidrio final no queda completamente liso, lo que distorsiona un poco la imagen al mirar a través de él.
Cristal	La masa de vidrio fundido flota sobre estaño fundido. El resultado es un vidrio plano, libre de distorsiones.
Armado	En su interior se ha colocado una malla de acero de 12×12 mm. Se emplea para evitar que se desprendan fragmentos si se rompe el vidrio, y en puertas, para retardar la propagación del fuego.
Difuso	Posee una textura que disminuye las molestias por los reflejos. Es muy idóneo para lunas de automóviles, autobuses, etcétera.
Reflectivo	Lleva un revestimiento reflectivo en una o en sus dos caras. Se fabrica de vidrio coloreado e incoloro. Hay dos tipos: uno que evita que entren los rayos solares y otro que no permite que se vea lo que hay en el interior del local que lo tiene instalado.
Fibra de vidrio	Formada por finísimas fibras de vidrio ($\approx 0,003$ mm de diámetro) y longitud variable. Tiene un color amarillento y se emplea como aislamiento térmico y acústico.
Fibra óptica	Se usa como sustituto del cobre en telecomunicaciones.

Tabla 11.10. Tipos de vidrio: modo de obtención y características principales.

Actividades

- 32 Haz un listado de al menos quince aplicaciones del vidrio.
- 33 Explica detalladamente el proceso de fabricación del vidrio.
- 34 ¿Qué elemento aporta sonoridad metálica a los objetos fabricados de vidrio, especialmente a las copas?
- 35 ¿Qué aplicaciones se le pueden dar al vidrio armado?

11.9 Materiales cerámicos

Este concepto comprende todos aquellos materiales fabricados a partir de la arcilla y que han sido posteriormente cocidos. El resultado obtenido dependerá de la naturaleza de la arcilla empleada, de otros materiales aportados y de la temperatura y tiempo de cocción. Los materiales cerámicos se clasifican en dos grandes grupos: *porosos* e *impermeables*.

A Materiales cerámicos porosos

No han sufrido vitrificación, es decir, no se llega a fundir el cuarzo de la arena, debido a que la temperatura de fusión es baja.

Estos materiales se caracterizan por ser permeables a los gases, líquidos y grasas y por tener una fractura (cuando se rompen) terrosa. Los tipos más importantes son: *arcilla cocida (barro)*, *loza italiana*, *loza inglesa* y *refractarios*.





Foto	Tipo	Características/aplicaciones
	<p><i>Arcilla cocida</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Su color es rojizo, debido al óxido de hierro de las arcillas utilizadas. • La temperatura de cocción es de unos 800 °C. • A veces, la pieza o parte de ella se recubre con un esmalte de color blanco (óxido de estaño), que se denomina <i>loza estannífera</i>.
	<p><i>Loza italiana</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se fabrica de arcilla amarillo-rojiza, mezclada con arena. Puede estar recubierta con barniz transparente. • La temperatura de cocción ronda los 1 000 °C. • Se utilizan para fabricar vajilla barata, adornos, tiestos, etcétera.
	<p><i>Loza inglesa</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se fabrica de arcilla a la cual se le ha eliminado el óxido de hierro y se le ha añadido sílex, yeso, feldespato y caolín, para mejorar la blancura de la pasta. La cocción se hace en dos fases: <ul style="list-style-type: none"> – Se cuece a unos 1 100 °C. Luego se saca del horno y se recubre con esmalte. – Después se introduce de nuevo en el horno a la misma temperatura. • Se usa para vajilla y objetos de decoración.
	<p><i>Refractarios</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se fabrica a partir de arcillas mezcladas con óxidos de aluminio, torio, berilio, circonio, etcétera. • La cocción se hace a unos 1 300 °C, seguido de enfriamientos muy lentos para evitar agrietamientos. • Las aplicaciones más usuales son: <ol style="list-style-type: none"> 1. Ladrillos refractarios que deben soportar altas temperaturas en el interior de hornos. 2. Electrocerámicas para la fabricación de piezas y motores de automóviles y aviación (se halla en plan experimental).

Tabla 11.11. Tipos de materiales cerámicos porosos: principales características y aplicaciones.

B Materiales cerámicos impermeables

Estos materiales se someten a temperaturas bastante altas en las que se vitrifica completamente la arena de cuarzo. De esta manera se obtienen productos impermeables y más duros. Los más importantes son: *gres* y *porcelana*.



a) Gres común.



b) Gres fino.



c) Porcelana.

Fig. 11.46. Aplicaciones de los materiales cerámicos impermeables.

Tipos	Características/aplicaciones
Gres cerámico común	<ul style="list-style-type: none"> Se obtiene de la arcilla ordinaria, a la que se somete a temperaturas de unos 1300 °C. Se utiliza muchísimo en pavimentos y paredes.
Gres cerámico fino	<ul style="list-style-type: none"> Se obtiene a partir de arcillas mezcladas con óxidos metálicos y fundente (feldespato, para bajar el punto de fusión). Se introduce en un horno a unos 1300 °C. Luego se le echa sal marina por encima, que reacciona con la arcilla, formando una capa delgada de silicoaluminato alcalino vitrificado, que le confiere el vidriado característico. Se emplea para vajillas, azulejos, etcétera.
Porcelana	<ul style="list-style-type: none"> Se fabrica a partir de la arcilla muy pura (caolín) mezclada con feldespato (fundente que baja el punto de fusión) y un desengrasante (cuarzo o sílex). Se hace en dos fases: <ol style="list-style-type: none"> Se cuece a unos 1000 °C. Luego se saca y se le aplica un esmalte. Se introducen de nuevo en el horno a una temperatura de unos 1400 °C. Se utiliza en esculturas de lujo, tazas de café, vajillas, etcétera.

Tabla 11.12. Tipos de materiales cerámicos impermeables: principales características.

11.10 Yeso

Es un material de color blanco que se obtiene del *sulfato de calcio dihidratado* ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). En contacto con el agua, el yeso fragua con bastante rapidez, dependiendo del grado de finura de los granos que lo componen.

Las características principales son:

- Buena adhesión sobre metales, hormigón, mortero y piedra, pero mala sobre madera.
- Tiene una alta higroscopicidad (propiedad de absorber la humedad), por lo que no debe usarse para recubrir productos ferrosos, ya que se oxidan con facilidad. Tampoco debe usarse en exteriores, ya que la humedad y el agua de lluvia lo disuelven.

El proceso de fabricación (véase la figura 11.47) es el siguiente:

- La materia prima (sulfato de calcio dihidratado) se calcina en un horno a unos 450 °C, durante unas cuatro horas, para eliminar el agua que contenga. Luego se muele y se empaqueta.
- Para utilizarlo en la obra que se necesite, se le añade agua y se remueve. Se deja reposar hasta que espese y se aplica sobre la superficie o pared deseada.

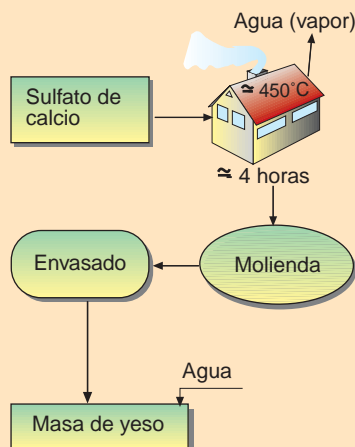


Fig. 11.47. Proceso de obtención del yeso.

11.11 Cemento y sus derivados

El **cimento** es un aglomerante (es decir, una sustancia capaz de unir y dar cohesión) en forma de polvo, que tiene la propiedad de endurecer (fraguar) una vez que se le ha añadido agua y se ha dejado secar.

A Obtención del cemento

En la actualidad, casi todo el cemento que se fabrica es del tipo Portland. Como materia prima se usan tres partes de caliza y una de arcilla. En algunos casos se le suele añadir otros elementos, como óxido de hierro y óxido de aluminio, para mejorar sus propiedades.

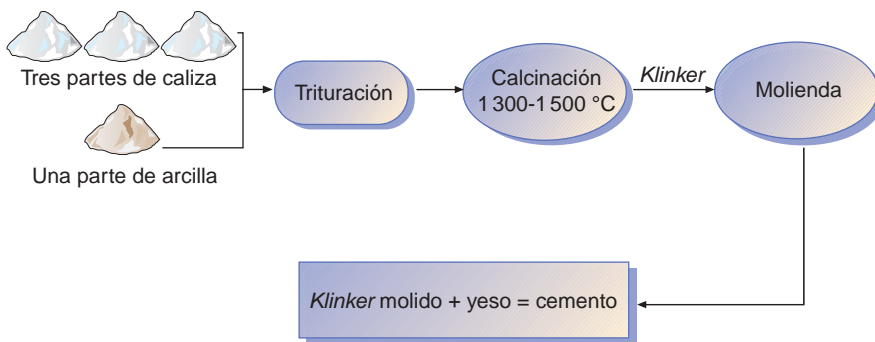


Fig. 11.48. Proceso de fabricación del cemento en polvo.

B Derivados del cemento (materiales compuestos)

Cuando se mezcla cemento en polvo con agua, se obtiene una masa pastosa que, una vez seca, adquiere una gran dureza e impermeabilidad. Tiene el inconveniente de agrietarse con facilidad y de ser muy frágil. Para evitar estos inconvenientes, se mezcla con otros elementos, como arena, grava, etc., formando diferentes compuestos o *composites*, denominados *mortero*, *hormigón*, *hormigón armado* y *hormigón pretensado*.

■ Mortero

El mortero se obtiene mezclando cemento en polvo con arena y agua hasta conseguir una masa espesa que se aplica y se deja fraguar.

Las proporciones de cada uno de los tres elementos indicados, en general, suele ser: cinco partes de arena, una parte de cemento y el agua suficiente para que toda la masa sea pastosa.

■ Hormigón

El **hormigón**, además de cemento en polvo, arena y agua, también lleva grava.

Tiene gran aplicación en la construcción, para la fabricación de cimientos, forjados y columnas.

El hormigón se caracteriza por tener una gran resistencia a la compresión, pero, desafortunadamente, muy poca a la tracción. Por ello, cuando se usa para la fabricación de vigas se emplea el hormigón armado.



Fig. 11.49. Mortero de cemento.



Fig. 11.50. Aplicaciones del hormigón.



Fig. 11.51. Hormigón armado.



Fig. 11.52. Hormigón pretensado.

■ Hormigón armado

Consiste en introducir barras de acero en el interior de la masa de hormigón y dejar que fragüe todo el conjunto. De esta manera, el acero soporta los esfuerzos de tracción y el hormigón los de compresión (véase la figura 11.51).

■ Hormigón pretensado

Consiste en un hormigón armado cuyas barras se han sometido a un esfuerzo de tracción al mismo tiempo que fragua el hormigón (véase la figura 11.52). Este método se emplea mayoritariamente para la fabricación de vigas.

El proceso consiste en:

1. Estirar las barras de acero.
2. Mantener las barras estiradas mientras fragua el hormigón que se echó a su alrededor.
3. Soltar las barras transcurridos unos 28 días. Las barras intentarán comprimir el hormigón, con lo que éste quedará sometido a un esfuerzo de compresión.

Los hormigones así obtenidos son de mejor calidad que los ordinarios, ya que resisten mejor los esfuerzos de tracción y compresión.

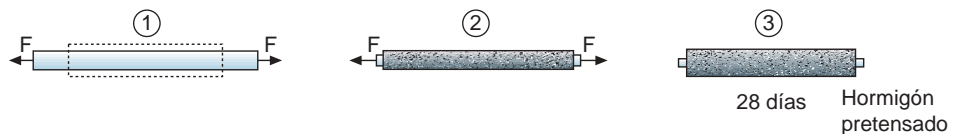


Fig. 11.53. Fabricación del hormigón pretensado.

■ Piedra artificial

Se trata de productos denominados **aglomerados**. Se componen de trozos de piedras naturales (granito, mármol, pizarra, etc.) unidos entre sí mediante un aglomerante (hormigón o mortero) y dando finalmente al aglomerado la forma deseada.

■ Fibrocemento

Consiste en fibras de amianto recubiertas y unidas entre sí mediante mortero u hormigón. Se emplea para la construcción de tuberías y cubiertas de tejados. Constituye lo que se denomina **productos reforzados**.

Actividades

- 36 Explica la diferencia que existe entre la fabricación de ladrillos refractarios y la fabricación de porcelanas.
- 37 Localiza en tu casa los siguientes productos cerámicos: arcilla cocida, loza italiana, gres cerámico fino y porcelana. Indica qué objeto está fabricado con ese material y qué ventajas e inconvenientes aporta la adopción de ese tipo de cerámica frente a otro.
- 38 Indica cuál es el proceso de fabricación del yeso y la materia prima de la que procede.
- 39 Señala los pasos que seguirías, así como el orden en el que emplearías el cemento y sus derivados, si tuvieses que construir un canal por el que va a circular agua y que pasa por encima de un río.
- 40 Indica un ejemplo en el que se emplee hormigón pretensado, otro en el que se utilice hormigón armado y un tercero en el que se use hormigón normal.
- 41 ¿Para qué aplicaciones resultaría adecuado utilizar mortero de cemento (cemento con agua, sin ningún otro elemento adicional)?
- 42 Busca dos aplicaciones de la piedra artificial.
- 43 ¿Qué es el fibrocemento? ¿Por qué se añade amianto si es un material que puede producir enfermedades?

11.12 Nuevos materiales

A lo largo de las Unidades anteriores has estudiado la mayoría de los materiales que se emplean en la actualidad. Pero, además de esos, hay otros muchos que, normalmente, suelen pasar desapercibidos y otros que se descubren día a día.

La totalidad de los materiales existentes se podrían clasificar en dos grupos: *estructurales* y *funcionales*.

- **Materiales estructurales.** Son todos aquellos que se han estudiado hasta ahora. Su utilidad reside, principalmente, en sus propiedades mecánicas. Además, se producen en grandes cantidades y están disponibles en todas partes gracias a su enorme distribución.
- **Materiales funcionales.** Su utilidad no reside en sus propiedades mecánicas, sino químicas, magnéticas, electrónicas, ópticas, etc. Algunos ejemplos de materiales funcionales que puedes encontrar en tu entorno son:
 - *Materiales fosforescentes*, recubren el interior de las pantallas de los televisores y monitores, de forma que al incidir electrones sobre ellos, se iluminan en colores, mostrando imágenes. Algunos de estos materiales son: óxido de itrio (Y_2O_3), silicato de cinc (Zn_2SiO_4) y sulfuro de cinc (ZnS).
 - *Aleaciones de neodimio-hierro-boro* o *cobalto-samarío*, para la fabricación de los mejores imanes permanentes.
 - *Cristales líquidos* para la fabricación de pantallas planas de ordenador y televisión (Figura 11.54). Para ello fue necesario descubrir materiales conductores transparentes (óxido de estaño dopado con indio, $SnO_2:In_2O_4$) en finas láminas que dejasen pasar la luz.
 - *Biomateriales*, que al ser implantados en cuerpos de animales o de humanos no son rechazados. En la actualidad se está trabajando con: polímeros sintéticos (de uso intracorpóreo y extracorpóreo, como, por ejemplo: implantes, prótesis, tejidos blandos, piel artificial, etc.), materiales metálicos (a base de cobalto y titanio, para implantes permanentes o temporales), cerámicos, vítreos, compuestos, etcétera.

Las tendencias actuales de investigación, con resultados tangibles, van en la línea de fabricación de nuevos materiales a escala microscópica (menor de una millonésima parte de milímetro), que reciben el nombre de **nanomateriales**. En la mayoría de los casos se utilizan materiales híbridos (formados por elementos orgánicos, inorgánicos, biológicos, etc.). Cabe destacar:

- **Materiales orgánicos**, producidos por virus modificados genéticamente (que no afectan al ser humano) y que se utilizarían en sistemas ópticos, electrónicos (por ejemplo, para fabricar microprocesadores más rápidos que los actuales).
- **Materiales inteligentes** que sean autorreparadores, con un comportamiento similar a nuestro cuerpo, el cual es capaz de reparar un tejido deteriorado (por ejemplo, cuando se produce una herida).
- **Materiales nanocompuestos**, a base de híbridos (elementos orgánicos e inorgánicos), para fabricar componentes electrónicos con mayor capacidad, menor volumen y más rápidos. En la actualidad se ensaya con metileno (como material orgánico) y silicio (inorgánico), para producir un material híbrido que recibe el nombre de PMO (*periodic mesoporous organosilica*).
- **Geles** que responden a estímulos como la temperatura o a cambios de pH.



Fig. 11.54. Pantalla plana (cristal líquido) de ordenador portátil.

11.13 Impacto medioambiental

La obtención, transformación y desecho o reciclado de los materiales estudiados a lo largo de esta Unidad didáctica producen un impacto ambiental que se debe analizar y evaluar periódicamente.

- **Durante la extracción y transformación de la materia prima.** El impacto producido, así como las medidas correctoras que se pueden llevar a cabo se muestran en la Tabla 11.13.
- **Durante el proceso de reciclado.** El impacto es pequeño, si se toman las medidas oportunas.

Materiales	Impacto			Algunas medidas correctoras	Tratamiento de residuos		
	Bajo	Medio	Alto		Reciclaje	Vertido controlado	Incineración
Plásticos + elastómeros		X		Control de emisiones fuera de la fábrica. Uso de mascarillas.	X		X
Fibras	Minerales	X		Usar mascarilla y ventilación.	X	X	
	Naturales	X		Renovar en igual cantidad a la usada para que no se agoten.	X	X	X
	Artificiales		X	Control de emisiones fuera de la fábrica. Uso de mascarillas.	X	X	X
	Sintéticas		X	Control de emisiones fuera de la fábrica. Uso de mascarillas.	X	X	X
Madera	X	X		Replacación y tala selectiva de árboles. Uso de mascarillas en serrería.	X		X
Papel y cartón		X	X	Neutralización de los reactivos o su reutilización.	X		X
Corcho	X			No dañar el árbol en el descortezado.	X		X
Vidrio		X		Control de los compuestos añadidos, especialmente el plomo, que es tóxico por vía respiratoria y oral.	X	X	
Cerámicos	X	X		Uso de mascarillas al emplear compuestos químicos.		X	
Yeso y cemento	X			Preferiblemente, usar guantes.		X	
Fibro cemento	X	X		No tocar las fibras de amianto, ya que son cancerígenas.		X	
Nuevos materiales	X	X		Al usar productos químicos, evitar escapes y usar mascarillas.	X	X	X

Tabla 11.13. Impacto medioambiental de diversos materiales y posibles medidas correctoras.

- 1 El mayor país consumidor de plásticos, por habitante y año, es:
a) Estados Unidos b) España c) Alemania d) Francia
- 2 En la actualidad, los plásticos se obtienen a partir de:
a) Naftas b) Fuelóleo c) Carbón d) Celulosa
- 3 El componente cuya misión es iniciar y acelerar el proceso de reacción química en la formación de los plásticos recibe el nombre de:
a) Granza b) Catalizador c) Aditivo d) Carga
- 4 El plástico transparente que se emplea en sustitución del vidrio y se obtiene a partir del ácido carbónico se denomina:
a) PVC b) Policarbonato c) ABS d) Metacrilato
- 5 El método más empleado para la fabricación de botellas de plástico se denomina:
a) Termoconformado b) Inyección c) Extrusión-soplado d) Prensado
- 6 El tergal es una fibra sintética del tipo:
a) Poliamida b) Polietilénica c) Polipropilénica d) Poliéster
- 7 El producto derivado de la madera, que se fabrica con fibras de madera sometidas a gran temperatura y en el que el pegamento empleado es la lignina que contienen las propias fibras, recibe el nombre de:
a) Tablex b) DM c) Chapado d) Conglomerado
- 8 ¿Cómo se denomina el proceso de fabricación del papel en el que éste se pasa por unos cilindros calientes y perfectamente lisos para dejarlo satinado o alisado?
a) Alisamiento b) Balado c) Precipitado d) Calandrado
- 9 Al material que se utiliza en electrónica y telecomunicaciones en sustitución del cobre se le denomina:
a) Reflectivo b) Fibra óptica c) Fibra de carbono d) Fibra de vidrio
- 10 El material cerámico que se obtiene mezclando caolín, feldespato y cuarzo se denomina:
a) Gres b) Loza c) Yeso d) Porcelana

Cuestiones y ejercicios

Para repasar

- 1 Explica el concepto de plástico.
- 2 Indica cómo ha evolucionado, a lo largo de la historia, la materia prima empleada para fabricar los plásticos.
- 3 ¿Cuál es el objetivo de añadir cargas a los plásticos? ¿Qué tipo de cargas se suelen emplear?
- 4 ¿Qué ventajas supone el añadir aditivos a un polímero?
- 5 ¿Cómo se clasifican los plásticos dependiendo de su comportamiento frente al calor?
- 6 ¿Qué son los elastómeros?
- 7 ¿Cuáles son los procesos de conformación de productos plásticos más utilizados?
- 8 Indica qué son los plásticos reforzados y qué ventajas aportan.
- 9 Haz un listado de al menos diez productos que se fabriquen de plásticos laminados y que utilices en tu casa.
- 10 ¿Qué son las fibras textiles? ¿Cómo se pueden clasificar?
- 11 ¿Cuáles son las fibras naturales de origen vegetal?
- 12 Señala cuáles son las fibras sintéticas más empleadas.
- 13 ¿Qué tipo de madera suele tener fibra corta?
- 14 Describe todas las fases que sufre el tronco del árbol hasta convertirse en productos comerciales.
- 15 ¿Cuáles son los tipos de papel más empleados? ¿Para qué se emplean?

- 16 Indica cuántos años es necesario esperar para hacer un nuevo descortezado o extracción del corcho.
- 17 ¿Para qué se utiliza el corcho? ¿Cuál es el proceso de fabricación de productos de corcho?
- 18 Busca a lo largo de la Unidad el significado de los siguientes términos:
 - Granza
 - Elastómero
 - Plástico termoplástico
 - Policarbonato
 - Resina fenólica
 - Poliéster
 - Termoconformado
 - Dogskin
 - Rayón
 - Fibras acrílicas
 - Aglomerado
 - DM
 - Papel ácido
 - Satinado
 - Fibra óptica
 - Loza inglesa
 - Gres común
 - Mortero de cemento
 - Catalizador
 - Plástico termoestable
 - Polietileno
 - ABS
 - Resina de epoxi
 - Poliuretano
 - Plástico laminado
 - Charol
 - Poliamida
 - Duramen
 - Tablex
 - Chapado
 - Calandrado
 - Vidrio reflectivo
 - Fibra de vidrio
 - Ladrillo refractario
 - Porcelana
 - Hormigón armado

Para afianzar

- 19 Indica al menos cinco aplicaciones del plástico que hayan sustituido el empleo de otros materiales.
- 20 ¿En qué se diferencia un plástico que se emplea como mango de sartén de uno que se usa en un bolígrafo?
- 21 ¿Qué tipo de plástico emplearías si tuvieses que fabricar los productos que se indican a continuación?

Uso	Material plástico
Gafas de seguridad	
Carcasa para ordenador	
Mesa para jardín de infancia	
Patinete de playa	
Esponja de baño	
Bolsa para alimentos	

22 Ordena de mayor a menor densidad los plásticos termoplásticos. ¿Crees que se puede identificar los plásticos averiguando su densidad? ¿Por qué? Razona la respuesta.

23 Explica el funcionamiento del proceso de conformación de plásticos por extrusión-soplado.

24 ¿A qué aplicaciones se destinan las fibras de metales (hilos de metal precioso)?

25 Busca en tu entorno al menos dos aplicaciones de los siguientes productos derivados de la madera: contrachapado, conglomerado, DM y tablex.

26 ¿En qué se diferencia un papel alisado de uno satinado y de uno de barba?

27 Señala qué ventajas e inconvenientes presenta el vidrio frente a los productos plásticos.

Para profundizar

28 Examina al menos diez tejidos distintos, como, por ejemplo, prendas de vestir, cortinas, sábanas, colchas, alfombras, etc. Luego anota su composición e identifica las fibras que has estudiado a lo largo de la unidad relacionándolas con la aplicación a la que se destina. Sacar conclusiones con fibras conocidas y desconocidas.

29 Indica qué tipo de fibra textil utilizarías si tuvieses que fabricar cada uno de los siguientes productos:

- Pañuelo.
- Jersey.
- Camisa.
- Pantalón de deporte para ciclista.
- Chaqueta.
- Mono para taller.

30 Trata de identificar diferentes cueros o pieles, empleados para la fabricación de productos, que puedes encontrar en tu casa o que los lleven personas de tu entorno.

31 Localiza al menos cinco tipos distintos de papel y averigua cómo se llama cada uno.

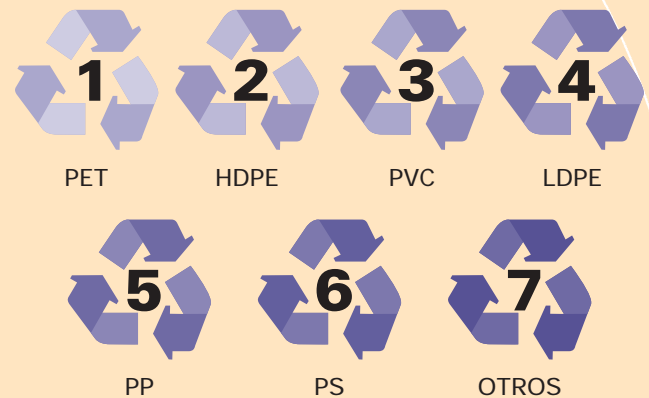
32 Indica qué tipo de vidrio emplearías si tuvieses que fabricar los siguientes productos: mesa, escarpate, aislante para paredes, ventanal de oficina, luna trasera de un automóvil y ventana de una habitación.

Actividades para el taller

De manera individual, podéis realizar una investigación de campo consistente en la búsqueda de información acerca de la utilización de plásticos en el hogar. Para ello:

a) Vais a analizar los diferentes plásticos que entren en cada una de vuestras casas (tales como envoltorios, recipientes, botellas, embalajes, etc.), en cada una de las compras que realicéis vosotros o vuestras familias durante un cierto periodo (quince días, por ejemplo).

Para identificarlos podéis recurrir a los símbolos normalizados que aparecerán en algún lugar, como:



En algunos casos encontraréis un triángulo con el número en el interior, mientras que en otros puede haber iniciales, como, por ejemplo: PET (polietileno tereftalato), HDPE (polietileno de alta densidad) o LDPE (polietileno de baja densidad).

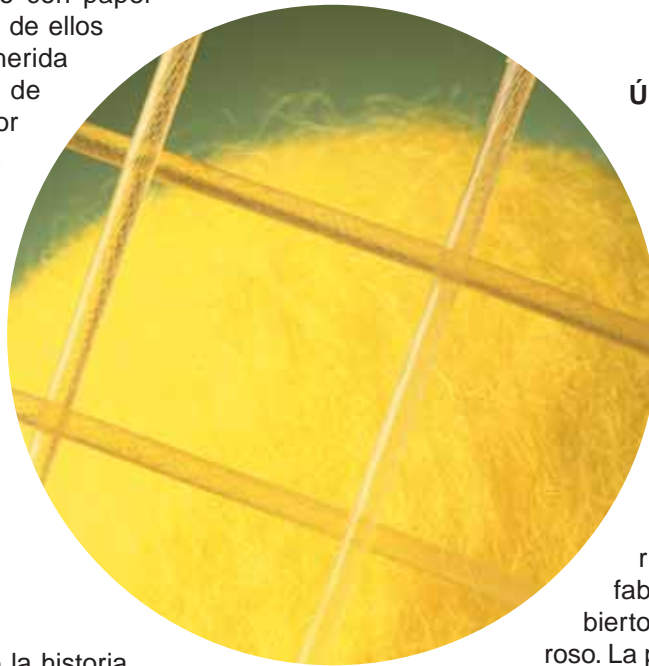
b) Seleccionadlos según la familia a la que pertenezcan y finalmente calculad el peso de cada uno. Luego calculad el tanto por ciento que representa cada uno. Contrastad estos datos con el resto de los alumnos y sacad conclusiones.

Curiosidades

El celuloide

En el año 1868 los hermanos Hyatt, mientras estaban experimentando con distintas sustancias para obtener bolas de billar que sustituyesen al marfil, que empezaba a escasear, y descubrieron por azar el celuloide (primer plástico comercial).

Cuando estaban ensayando con papel prensado, serrín y cola, uno de ellos se cortó. Para proteger la herida tomó un frasco de nitrato de celulosa disuelto en alcanfor y alcohol con «tan mala suerte» que se cayó sobre la mezcla. Al evaporarse, dejó una capa dura que se asemejaba mucho a lo que estaban buscando, el marfil artificial. Sus ensayos posteriores, calentando la mezcla y sometiéndola a grandes presiones, dieron origen al celuloide.



Tetra Brik

La humanidad, a lo largo de la historia, siempre ha intentado encontrar envases para transportar sus alimentos. Uno de los más sencillos y utilizados lo constituye el Tetra Brik, que fue inventado por el sueco Rausing y consta de una caja de cartón formada por seis capas de diferentes materiales para que sean asépticos e impidan la entrada de oxígeno y de luz. Cada día se utilizan más de 300 millones de estos envases.



Últimos descubrimientos

La empresa americana *Advanced Ceramic Research* está llevando a cabo investigaciones muy halagüeñas para reemplazar huesos dañados (por accidentes, cánceres, etc.) por un nuevo polímero cerámico. Para ello, mediante ordenador, se diseña un «hueso» exactamente igual al que se va a reemplazar. El material de este nuevo hueso se fabrica con un polímero recubierto de fosfato de calcio microporoso. La película de calcio es muy delgada y permite que las células óseas se unan al implante, por sí solas o añadiendo sustancias de crecimiento. Parece ser que en unas diez semanas el hueso real queda totalmente unido al artificial. ¡Una gran esperanza!