



# CONCEPTOS BÁSICOS PARA EL CONOCIMIENTO DE LOS MATERIALES EN EL DISEÑO INDUSTRIAL

Tesis que para obtener el  
Grado de Maestro en Diseño Industrial  
presenta:

**CARLOS CHÁVEZ AGUILERA**



Posgrado en Diseño Industrial  
Maestría en Diseño Industrial  
Universidad Nacional Autónoma de México  
México 2010





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# CONCEPTOS BÁSICOS PARA EL CONOCIMIENTO DE LOS MATERIALES EN EL DISEÑO INDUSTRIAL

Tesis que para obtener el  
Grado de Maestro en Diseño Industrial  
presenta:

**CARLOS CHÁVEZ AGUILERA**



Posgrado en Diseño Industrial  
Maestría en Diseño Industrial  
Universidad Nacional Autónoma de México  
México 2010



**Tutor principal: Dr. Oscar Salinas Flores**

**Sinodales: Ing. Ulrich Scharer Sauberli  
MDI. Alejandro Rodea Chávez  
MDI. Brenda García Parra  
MDI. Ana María Losada Alfaro**

## **RECONOCIMIENTOS**

Este trabajo se inició como un proyecto PAPIME de material didáctico en apoyo al Plan de estudios 2002 de Diseño Industrial de la FES Aragón. Gracias a esto pude iniciarlo como unos apuntes para la asignatura de Laboratorio de Materiales y ponerlos a prueba impartíendola; esa experiencia con los alumnos y un curso intersemestral para profesores, me hicieron ver que era necesario un texto mucho más completo. Me aboqué a realizarlo y esto fue posible gracias a la absoluta libertad de investigación en nuestra Universidad y en la FES Aragón, así como a la ayuda de varios compañeros en el trabajo que no me es fácil realizar: mis alumnos Jesús Iván Chávez Borja y Orlando Aquino López en la computadora para la que soy semi analfabeto, y Ma. Fernanda Gutiérrez Torres, que revisó y corrigió el texto y los gráficos, y a la que debo muchas imágenes.

Agradezco sobre todo las atinadas observaciones de los miembros de mi sínodo que enriquecieron el contenido y me centraron en muchos aspectos que no había considerado.

# CONTENIDO

Introducción..... 7

## 1 ¿QUÉ SON?

Los materiales..... 11

La materia

La corteza terrestre ..... 14

    Recursos naturales..... 15

    Recursos renovables..... 16

    Recursos no renovables

Los ciclos biológicos o naturales..... 17

Los ciclos técnicos o artificiales

    El ciclo de los materiales ..... 18

    Reducir..... 20

    Reutilizar

    Reciclar

La responsabilidad del diseñador..... 21

## 2 ¿CÓMO SON?

El átomo..... 24

La molécula

Enlaces

Estructuras de la materia..... 25

Características..... 26

Propiedades

Los elementos..... 27

    Tabla periódica de los elementos..... 28

Clasificación..... 29

    Diagrama de clasificación de los materiales..... 30

Materiales inorgánicos..... 31

    Metales

        Metales ferrosos..... 32

            Hierros de fundición

            Aceros al carbono..... 33

            Aceros aleados

            Aceros inoxidable ..... 34

Metales no ferrosos.....	34
Aluminio	
Cobre, bronce, latón.....	35
Cromo.....	36
Magnesio.....	37
Níquel	
Plomo.....	38
Estaño	
Titanio .....	39
Zinc, zamac	
Metales preciosos.....	40
Oro	
Plata	
Platino	
Materiales cerámicos.....	41
Materiales cerámicos tradicionales	
Materiales cerámicos modernos.....	42
Vidrio	
Cemento.....	43
Otros.....	44
Mármol, granito, piedras y gemas	
Grafito y diamante.....	45
Materiales orgánicos.....	46
Materiales orgánicos naturales	
Madera.....	47
Bambú.....	48
Rattan .....	49
Mimbre	
Hule.....	50
Fibras naturales	
Piel y cueros .....	51
Lana y seda	
Los Plásticos.....	52
Termoplásticos .....	53
Termofijos.....	56
Elastómeros .....	57
Plásticos degradables.....	58
Materiales compuestos.....	59
Materiales compuestos más usuales.....	60
Aglomerados.....	61
Concreto	
Aglomerados de madera y corcho	
Aglomerados de hule.....	63

Reforzados.....	63
Plásticos reforzados	
Concreto reforzado	
Cermets	
Laminados.....	64
Metales con plásticos.....	65
Cerámicos con plásticos	
Cerámicos con orgánicos naturales	
Orgánicos naturales con plásticos	

### **3 ¿CÓMO SE COMPORTAN?**

Propiedades mecánicas.....	68
Esfuerzos mecánicos .....	69
Propiedades en tensión .....	70
Gráfica esfuerzo - deformación en tensión.....	70
Propiedades en compresión y por cortante.....	71
Comportamiento elástico.....	72
Comportamiento plástico.....	73
Dureza .....	74
Propiedades físicas.....	75
Propiedades térmicas.....	76
Propiedades eléctricas.....	79
Reflexiones finales.....	80
Fuentes de Información.....	81
Índice de conceptos.....	82

## INTRODUCCIÓN

¿A qué profundidad deben estudiarse los materiales en la licenciatura de Diseño Industrial? Es una pregunta que, a más de cincuenta años de enseñanza de la carrera en México, aún sigue formulándose. Algunos profesores de la materia que provienen de otras áreas como las ingenierías, consideran que como se imparte actualmente, el nivel de conocimiento es muy superficial, y los que tienen inclinaciones artísticas opinan que no es necesario profundizar mucho, al fin y al cabo el diseño es una actividad en la que el trabajo multidisciplinario es una realidad y siempre tendremos al lado un especialista que nos apoye.

En nuestro país la carrera se imparte como una licenciatura, y los conocimientos en este campo deberán adecuarse a ese nivel de manera que permitan al estudiante adquirir el criterio suficiente para:

- Seleccionar los materiales y procesos más adecuados técnica y económicamente.
- Especificarlos claramente con los términos técnicos apropiados para ser comprendidos con facilidad por los demás involucrados en el proyecto.
- Defender su propuesta con argumentos sólidos y
- Verificar que sus especificaciones sean respetadas.

Los objetivos de los programas de asignaturas del área en la mayoría de los planes de estudio pretenden resultados semejantes.

Cuando se elaboró el Plan de Estudios 2002 de Diseño Industrial de la FES Aragón, en la que me desempeñé como profesor del Área de Tecnología de Materiales y Procesos, los profesores del área propusimos estructurarla partiendo de un curso básico de materiales y procesos en los primeros dos semestres, para después, en los seis siguientes profundizar en cada uno de los materiales con que trabajamos en la licenciatura.

Para ese curso básico, me propuse elaborar un texto, que a la vez sería mi trabajo de tesis para obtener el grado de Maestro en Diseño Industrial en el Área de Materiales y Procesos, que mostrara al estudiante un panorama general sobre todos los materiales, que es el que presento ahora.

El trabajo es, en gran parte, una revisión bibliográfica, primero de textos sencillos, introductorios como los de Aguilar, Leal y Rangel, para después pasar a los especializados de Ciencia de Materiales y Procesos de Manufactura.

Encontré algunos excelentes como los de Amstead, Callister, Groover, Lesko, Schackelford, Schärer y Van Vlack; pero todos ellos consideran solo cuatro categorías de materiales: metales, cerámicos, polímeros y compuestos, ¿y la madera?, ¿y el algodón, el cuero, el bambú?, para la Ciencia de Materiales éstos son prácticamente inexistentes; a la madera se le menciona en unos cuantos párrafos como un “compuesto natural”, a los demás ni se les nombra o, en el mejor de los casos se refieren a ellos como “naturales” o “tradicionales”, como cosa del pasado, incluso el libro de Lesko, dirigido a estudiantes de Diseño Industrial, dice que solo se limita a materiales “industriales” y no considera que caben en esa división.

Salvo una excepción, no encontré términos como tóxico, contaminante, cancerígeno o biodegradable, para esto, consulté los de García Parra, McDonough y Braungart, Mari y Thackara, que me ayudaron a entender el mundo de los materiales desde otro punto de vista. Para la elaboración de gráficas y tablas donde se comparan datos de diversos materiales, acudí a autores especializados en algún material como Hoadley (madera), Hidalgo (bambú), Groover (metales, cerámicas, plásticos), Nichols (aluminio), y otros. Las referencias de estos textos se encuentran en la sección de Fuentes de Información al final de este trabajo.

Lo que presento en este trabajo tiene un poco de cada uno de estos autores a los que cito textualmente en itálicas y lo que he experimentado en mi práctica profesional como arquitecto, diseñador industrial y docente por casi cincuenta años.

Al tratar de clasificar a los materiales incluyendo a todos aquellos discriminados, encontré que eso se facilitaba partiendo de la división de la química en orgánica e inorgánica y los materiales que estudia cada una de ellas.

También, al incluirlos, se me aclaró el panorama de los materiales compuestos donde no tenía cabida, por ejemplo, un tablero aglomerado de madera.

El trabajo está dividido en tres capítulos: en el primero **¿Qué son?**, se presentan definiciones, el origen de los materiales, el ciclo de los materiales y algo de lo que se ha hecho para no seguir dañando nuestro planeta.

En el segundo, el más extenso, **¿Cómo son?**, su estructura molecular, características y propiedades, una clasificación y, de cada uno de ellos, un poco de historia, sus principales aplicaciones y cómo los han utilizado los diseñadores.

El tercero **¿Cómo se comportan?**, trata de su comportamiento ante condiciones externas: esfuerzos, deformaciones, propiedades mecánicas, físicas, térmicas y eléctricas.

Termina con unas reflexiones finales sobre lo que nos depara el futuro en el campo de los materiales.

**1**

**¿QUÉ SON?**

# 1 ¿QUÉ SON?

## LOS MATERIALES

Los materiales han estado tan ligados al progreso de la humanidad, que se ha llamado a las distintas etapas de la historia con los nombres de los materiales que el hombre empleó para la fabricación de sus herramientas, armas, utensilios y objetos en cada una de ellas: la Edad de Piedra, la Edad del Bronce y la Edad del Hierro.

De acuerdo a esta clasificación, actualmente estamos viviendo en la Edad del Hierro; aunque se considera que después de la 2ª Guerra Mundial, a partir de mediados del siglo XX vivimos una nueva era para la que se han propuesto diversos nombres como: la Era Atómica, del Plástico, de la Informática y otros, en los que directa o indirectamente continúan haciéndose presentes los materiales.

Para satisfacer sus necesidades, el hombre primitivo tomó los materiales que le proporcionaba la naturaleza, como la madera, el barro, fibras, cuero y hueso, para crear sus accesorios de supervivencia. Más tarde comenzó a fabricar materiales que no existían en forma natural, basados en elementos naturales, como metales a partir de minerales; telas a partir de fibras; vidrios y materiales cerámicos a partir de arenas y tierras.

Durante muchos siglos el descubrimiento de nuevos materiales fue un proceso muy lento; los alquimistas en la Edad Media, en su búsqueda del Elixir de la Juventud y de la Piedra Filosofal, descubrieron el antimonio, el arsénico, el bismuto, el fósforo y el zinc, así como los ácidos clorhídrico, nítrico y sulfúrico. Un material que cambió la historia y la geografía fue la pólvora, la cual contribuyó a destruir el orden feudal, y posteriormente, junto con la brújula desarrollada a través de materiales magnéticos, a las exploraciones y conquistas europeas.

La demanda por una mayor diversidad y especialización en los materiales se inicia durante la Revolución Industrial.

En el siglo XIX se descubren muchos elementos nuevos, se desarrolla la química orgánica, técnicas más modernas para la producción de aceros, los principios de la tecnología de las máquinas herramientas para procesos de remoción de materiales como perforado, torneado y cepillado entre otros, que permitieron la fabricación de tornillos, tuercas y pernos para el ensamble de piezas; la vulcanización de los hules y los primeros materiales plásticos como el Celofán y la Baquelita.

En la primera mitad del siglo XX el petróleo rebasa al carbón como fuente de energía, despegando la petroquímica, se sintetizan el policloruro de vinilo, el polietileno y el Nylon; sin embargo, *hasta la segunda Guerra Mundial la industria química y la metalúrgica fabricaban productos que involucraban a no más de 25 ó 30 elementos químicos. El resto, (nada menos que 60 ó 65) eran "raros" y como tal se les enseñaba en las universidades.*<sup>1</sup>

Al término de esta guerra, y en gran parte por los avances tecnológicos que se dieron a causa de ella misma, se inicia un desarrollo espectacular en el campo de los materiales dentro del cual nace la Ciencia e Ingeniería de los Materiales, en la que ya no se estudian los materiales para ver a que uso se les puede destinar, sino que, *se especifican las características del material necesario para una aplicación dada y después se fabrica.*<sup>2</sup> Así han surgido los superconductores, los metales superplásticos, los materiales con memoria de forma, los materiales "inteligentes" y, en los últimos años, los nanomateriales que desde las primeras etapas de su desarrollo, nos han dejado ver sus posibilidades infinitas de aplicación.

1. Mari, Eduardo A. (2000). *El ciclo de la tierra. Minerales, materiales, reciclado, contaminación ambiental*. México: FCE, pág. 52.
2. Alonso, Antonio. (1998). En el prólogo de *El Hombre y los Materiales* de Guillermo Aguilar Sahagún. México: SEP, FCE, CONACYT, Col. la Ciencia para todos/69, 2ª edición, 2ª reimpresión, 2001, pág. 9.

La evolución de los nuevos materiales parece no tener límites, y nos sugiere a los diseñadores que en el futuro tendremos a nuestra disposición una gama amplísima de ellos que seguramente cambiarán nuestra manera de abordar los problemas de diseño y harán más fácil nuestro trabajo.

Pero, ¿Qué son los materiales? Todos tenemos una idea de lo que son, aunque quizá por estar tan familiarizados con ellos no hemos valorado su importancia y mucho menos pensado en definirlos.

***Material es lo que no es espiritual: todas las sustancias de las cuales están hechas las cosas y los seres.***<sup>3</sup>

***Son sustancias cuyas propiedades las hacen útiles en estructuras, máquinas, dispositivos o productos.***<sup>4</sup>

***La porción de materia a la que se le da un uso particular para desarrollar una actividad específica.***<sup>5</sup>



Las definiciones que aparecen en libros que tratan el tema son muy sencillas y fácilmente comprensibles, aquí presento algunas de ellas. Quizás la que nos deje menos dudas sea la planteada por Carlos Rangel Nafaile, que incluye al uso como elemento fundamental, ya que materia sin uso sigue siendo solo materia. Aquí convendría aclarar lo que es la materia.

## **LA MATERIA**

*La materia existe en nuestro planeta constituida por miríadas de conglomerados microscópicos de átomos y moléculas que forman los cuerpos macroscópicos de sus continentes, océano y atmósfera, que a su vez, forman la corteza terrestre.*<sup>6</sup>

3. Alonso, Antonio. op. cit., pág. 7
4. COSMAT (The Academy's Committee on the Survey of Materials Science and Engineering ). (1973). *Report on Materials and Man Needs*, citado por Van Vlack. (1999).
5. Rangel Nafaile, Carlos E. (1987). *Los Materiales de la Civilización*. México: SEP, FCE, CONACYT, Col. La Ciencia para todos / 29, págs. 9 y 10.
6. *Ibid.* Págs. 9 y 10.

# LA CORTEZA TERRESTRE

## Litosfera

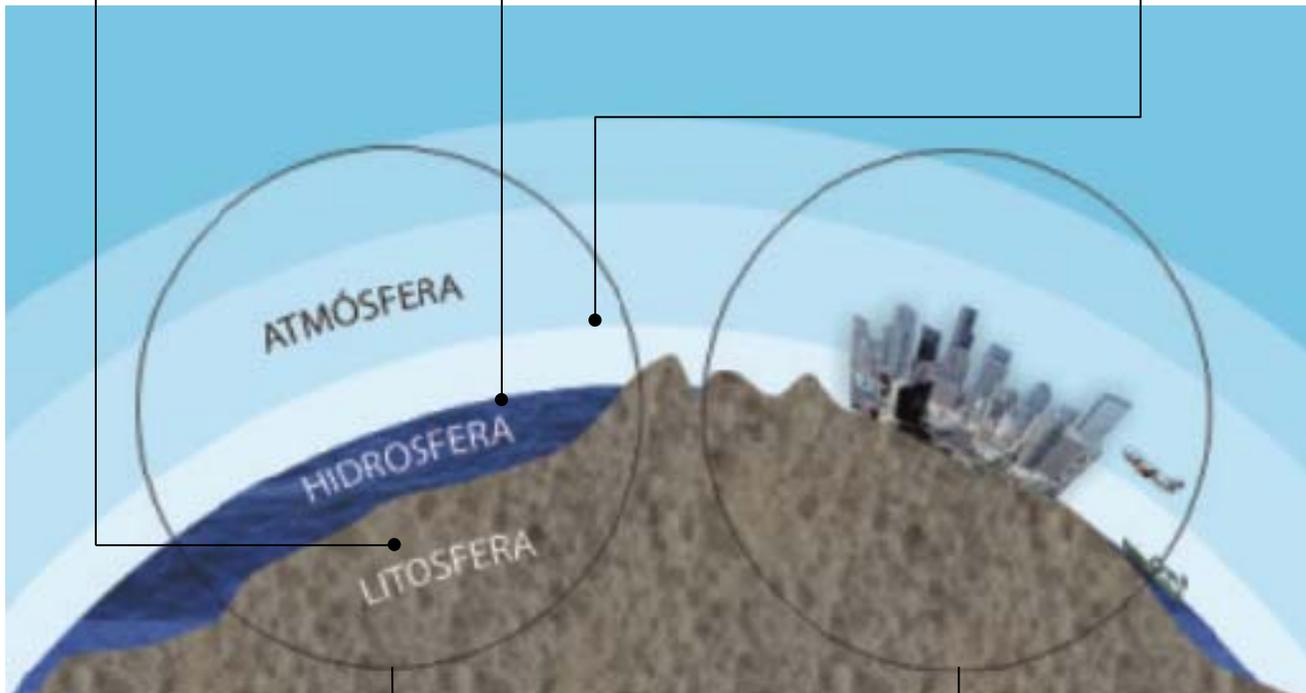
Aproximadamente 1/3 de la superficie, continentes e islas: piedras, arenas, tierras y minerales.

## Hidrosfera

Masa de agua que forma los océanos, mares, ríos y lagos, 98% del agua es salada y 2% dulce (del total 0.25% es potable).

## Atmósfera

Capa de gases que rodea a la tierra y la separa del resto del espacio. Compuesta principalmente de Nitrógeno, Oxígeno, anhídrido carbónico y vapor de agua, así como gases transparentes que permiten que los rayos del sol lleguen a la superficie de la tierra.



## Biosfera

Conjunto de las 3 zonas donde se desarrolla la vida animal y vegetal.

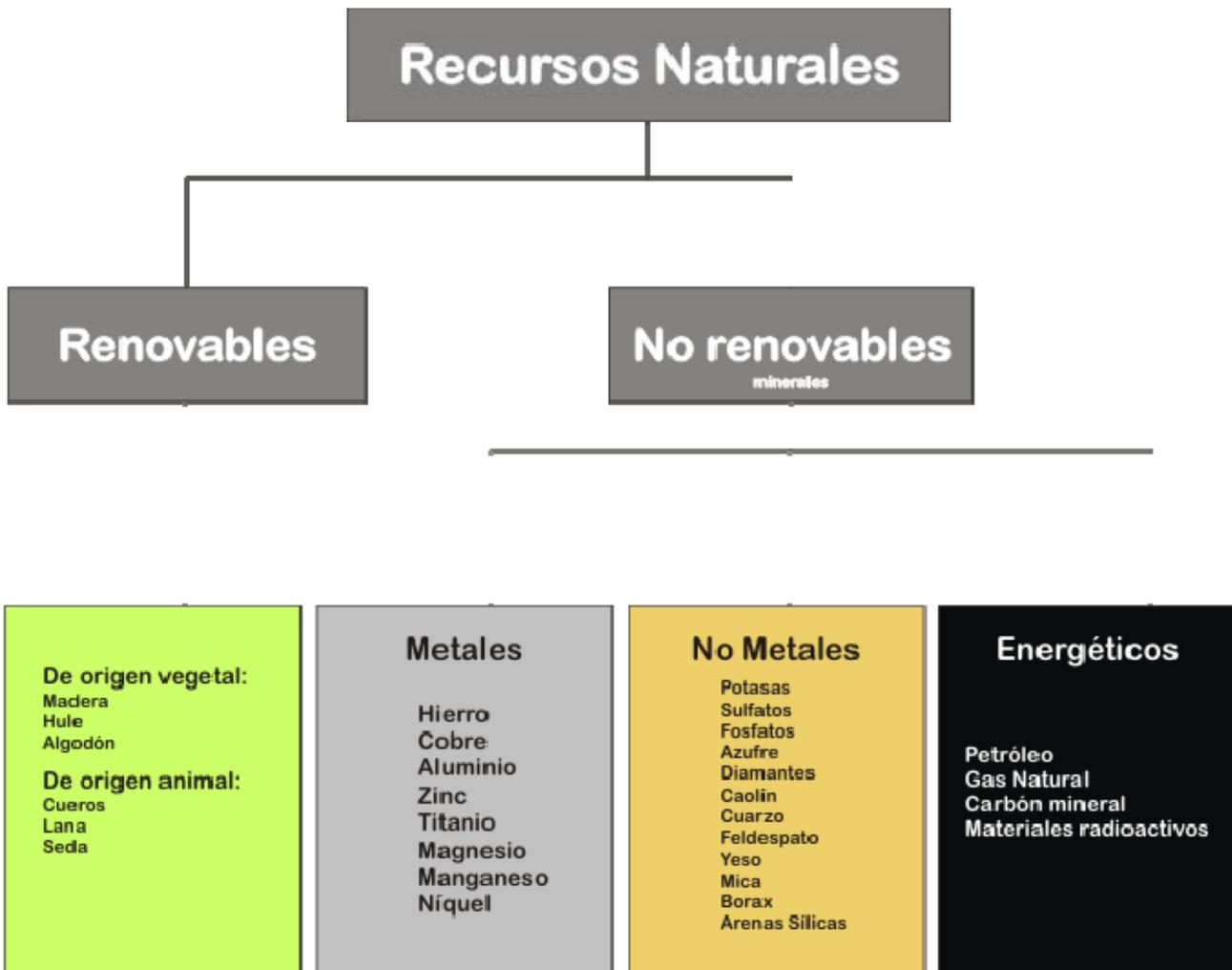
## Tecnosfera<sup>7</sup>

Toda la materia transformada por el hombre: ciudades con sus calles, edificios, industrias; obras de infraestructura, transportes, máquinas, objetos, etc.

7. Término usado por McDonough y Braungart. (2002). *Cradle to Cradle, Remaking the Way we Make Things*. Nueva York: North Point Press, pág. 93.

## RECURSOS NATURALES

A esta materia disponible en la corteza terrestre se le ha llamado recursos naturales: el agua, el aire, vegetales y animales que se regeneran naturalmente o con la intervención del hombre, por lo que se les denomina recursos renovables; y a los minerales y energéticos que no lo hacen naturalmente o en períodos muy largos de millones de años, como el carbón y el petróleo, se les denomina recursos no renovables.



### **Recursos renovables**

**Cuando la rapidez de su regeneración es igual o mayor a la de su consumo.**

### **Recursos no renovables**

**Cuando la rapidez de su regeneración es menor a la de su consumo. Se pueden agotar, no existe en la actualidad un proceso natural o artificial mediante el cual puedan ser producidos.**

### **RECURSOS RENOVABLES**

El que se considere al agua, los vegetales y los animales como un recurso renovable no quiere decir que no tengamos que preocuparnos por ellos, en realidad los procesos agrícolas, forestales y zootécnicos significan mayor trabajo que el que se requiere para utilizar recursos que ya se encuentran en la corteza terrestre, además de estar expuestos a plagas, enfermedades y todo tipo de desastres naturales.

El caso del agua es preocupante. Con el aumento acelerado de la población mundial, el agua de calidad para consumo humano ya es insuficiente, vivimos actualmente una “crisis del agua” de tal magnitud que se dice desembocará en guerras para obtener este recurso.

### **RECURSOS NO RENOVABLES**

Hasta antes del siglo XIX, se utilizaban muy poco los recursos naturales minerales. A partir de la Revolución Industrial se inicia su explotación a gran escala, y para el siglo XX se aceleró su consumo al grado que se teme el agotamiento de muchos de ellos, el caso más alarmante es el del petróleo, que después de un poco más de cien años de explotarse, ya se vislumbra su agotamiento, con las tecnologías disponibles para su extracción, en 20 ó 25 años más.

Se cree que con tecnologías aún en desarrollo se puede perforar más profundo en pozos y minas, y que podemos extraer minerales del agua de los océanos y los lechos marinos. Se trabaja para producir petróleo y aceites a partir de desperdicios orgánicos<sup>8</sup>, todo esto en un panorama incierto en el que desconocemos los problemas técnicos, científicos, sociales, económicos, políticos y ecológicos que se tengan que enfrentar.

8. Fairley, Peter. (2009). “Anything into Oil” en revista *Discover*, Febrero 2009, pág. 14.

## **LOS CICLOS BIOLÓGICOS O NATURALES**

Los seres vivos obtienen agua y alimentos de la corteza terrestre. Al morir, estos recursos retornan a la tierra, donde sirven como nutrientes para otros seres vivos, cumpliendo un ciclo biológico natural. Existen otros ciclos naturales como el del carbono, el oxígeno, el agua, etc., todos ellos ligados entre sí y tan antiguos como la vida en la tierra (unos 3,500 millones de años), la energía necesaria para su funcionamiento la provee primordialmente el sol.

## **LOS CICLOS TÉCNICOS O ARTIFICIALES**

El hombre con sus cultivos y ganadería (35 mil años), sus extracciones de minerales y sus industrias (poco más de 200 años), ha creado otros ciclos artificiales o ciclos técnicos, como los de los materiales y de los productos, utilizando en su mayor parte los combustibles fósiles (carbón y petróleo) y los materiales radioactivos (uranio, plutonio) todos ellos no renovables, como fuente de energía.

Lo que se toma de la corteza terrestre, se regresa en su mayor parte como basura y desperdicios contaminantes, alterando los ciclos naturales.

Para los propósitos de este trabajo nos interesa particularmente el ciclo de los materiales.

## EL CICLO DE LOS MATERIALES

En los sistemas actuales de producción industrial, consumo y desecho, también llamados “De la cuna a la tumba”, los materiales cumplen un ciclo que se inicia con las operaciones para obtenerlos como: **cultivos**, y **extracciones** a cielo abierto o perforando la corteza terrestre.

## EL CICLO DE LOS MATERIALES<sup>9</sup>



La mayor parte de los productos de estas operaciones necesitan un **procesamiento** para convertirlos en **materiales** utilizables para la producción, el **diseñador** dispone de una amplia gama de ellos para seleccionar los que considere más adecuados para cumplir sus requerimientos, esto supone una gran responsabilidad de la cual hablaremos al término de este capítulo.

9. Diagrama tomado de Aguilar (1998) y Mari (2000) en sus obras ya citadas modificado por el autor, eliminando algunos pasos de poco interés para nuestros objetivos, e incluyendo la etapa de diseño.

## **Biodegradable**

Toda sustancia orgánica que se descompone en un tiempo relativamente breve por un proceso natural biológico (acción de microorganismos).

## **Contaminación ambiental**

*Conjunto de las alteraciones físicas, químicas o biológicas del medio ambiente (suelo, agua y aire), causadas por cualquier sustancia sólida, líquida o gaseosa producida por las actividades humanas que sean nocivas para la salud y el desarrollo de la población, la flora y la fauna. En resumen, es el resultado de toda actividad humana que altere en alguna medida los ciclos naturales.*<sup>10</sup>

En la **producción** se transforman los materiales en **objetos y productos** que cumplirán su etapa de **uso y servicio** hasta que dejen de ser útiles, se dice que han concluido su vida útil, y se **desechan** depositándolos en tiraderos al aire libre, se entierran o se incineran en el peor de los casos.

Los materiales orgánicos de origen vegetal y animal como la madera, el papel, las fibras naturales, el cuero, por citar algunos, son biodegradables.

Otros materiales como los metales y muchos plásticos pueden reciclarse aunque solo se hace parcialmente, pero el problema mayor reside en los materiales no reciclables que se van acumulando y que, junto con las emisiones resultantes de la quema de combustibles fósiles, han causado un grave problema de contaminación ambiental que ha dado como resultado una “crisis ecológica” *hasta no hace mucho, el hombre tenía la cosmovisión de su progreso como una lucha contra la naturaleza hostil. Esta cosmovisión está cambiando a raíz de la toma de conciencia progresiva de que si la humanidad quiere sobrevivir debe luchar por la naturaleza, por la conservación de la biosfera, de la biodiversidad, por la explotación regulada de los recursos naturales de la Tierra, por procesos de fabricación más limpios y por un aprovechamiento máximo de los materiales una vez completado su ciclo de vida.*<sup>11</sup>

Los diversos movimientos ecologistas que se iniciaron desde los años 60 del siglo pasado, han tratado de reducir el problema, proponiendo varias medidas. Una de ellas, de entre las más sencillas y conocidas es la llamada de **Las 3R** por Reducir, Reutilizar y Reciclar, que veremos en qué consiste.

10. Mari, Eduardo A. op. cit. págs. 28 y 73.

11. *Ibid.* Pág. 117.

**Reducir:**

Producir una cantidad menor de residuos y desechos. Al igual que requerir menos materiales o energéticos para realizar o usar un producto.

**Reutilizar:**

El objeto tal cual es, con un eventual tratamiento de limpieza, se le da otro uso procurando modificarlo lo menos posible del estado en que se desechó.

**Reciclar:**

Una serie de procedimientos mediante los cuales un material que cumplió su ciclo de vida vuelve a introducirse en el proceso productivo; ya sea directamente o tras ser sometido a algún tipo de tratamiento.

**REDUCIR**

Propone usar las cosas de una manera más sensata, prolongar su vida útil, no cambiar a menudo cada vez que sale a la venta un nuevo modelo, eliminar el uso de productos superfluos, no utilizar tantos productos desechables, diseñar utilizando menores cantidades de materiales y de energía en la producción.

**REUTILIZAR**

La reutilización en los países en vías de desarrollo es una práctica muy frecuente; sobran ejemplos como los de los automóviles chocados que se desarman para utilizar sus partes como refacciones, o los envases de vidrio de café soluble que se diseñan para que, al terminarse el café, sirvan para guardar granos y especias.

**RECICLAR**

El reciclado de materiales es posible en gran parte de ellos y presenta muchas ventajas, por ejemplo: el proceso de reciclado de papel consume un 60% menos de agua y 20% menos de energía que la necesaria para producir la misma cantidad de papel nuevo; la producción del acero a partir de minerales cuesta 4 veces más que reciclarlo; al reciclar el aluminio reducimos el gasto de energía en un 95% y la emisión de contaminantes decrece casi en el mismo porcentaje; reciclando vidrio consumimos un 40% menos de energía.<sup>12</sup> Otros materiales reciclables son el cobre, plomo, antimonio, bronce y latón. El caso de los plásticos es un poco más complicado: aunque el 95% son reciclables, el problema a resolver es su separación, por su gran variedad y porque generalmente se desechan con residuos orgánicos.

En una gran parte de los materiales reciclados, se modifican algunas de sus propiedades y ya no pueden ser usados para el mismo fin que tenían, por ejemplo: el plástico reciclado de botellas de agua y refrescos se emplea para fibras textiles, mobiliario urbano y otros usos pero ya no para envases de bebidas.

12. Leal, Marina, Valentina Chávez y Laura Larralde. (1999). *Temas Ambientales. Zona Metropolitana de la Ciudad de México*. México: Programa Universitario del Medio Ambiente UNAM. págs. 99. 102. 104. 105.

Por sí solas, estas medidas (las 3R) desde luego que no son suficientes para resolver el problema, *estamos limitados a esfuerzos para reducir la destrucción del mundo natural mientras sostengamos los sistemas actuales industriales, de producción y de consumo.*<sup>13</sup>

## **LA RESPONSABILIDAD DEL DISEÑADOR**

En el medio del diseño, la preocupación por los problemas ambientales se ha manifestado en diversos movimientos como el “diseño verde”, el “ecodiseño”, y el “diseño sustentable”<sup>14</sup> que, en diferentes épocas y con enfoques distintos, han tratado de formar en el diseñador una actitud responsable hacia estos problemas.

Acerca de esta responsabilidad del diseñador, a la cual nos referíamos al tratar el ciclo de los materiales, el Consejo de Diseño Británico nos dice: *el 80% del impacto ambiental de los productos, servicios e infraestructura alrededor nuestro, se determinan en la etapa de diseño.*<sup>15</sup> Esto supone nuevas formas de abordar los problemas de diseño en las que el diseñador acompaña a su proyecto en todas las etapas de su ciclo de vida. *las decisiones de diseño incluyen los procesos detrás de los productos que usamos, sus materiales, la energía requerida para producirlos, la manera en que los usamos y lo que pasa con ellos cuando ya no los necesitamos.*<sup>16</sup>

Las ideas más radicales y que significan un mayor cambio en la actitud del diseñador, las proponen el arquitecto norteamericano William McDonough y el químico alemán Michael Braungart en su propuesta conjunta “Cradle to Cradle” donde plantean ciclos cerrados para materiales y productos en un mundo de desperdicio cero. *Los productos pueden estar compuestos por materiales que se biodegradan en alimento para ciclos biológicos, o materiales que se mantienen en ciclos técnicos cerrados en los que circulan continuamente como materiales valiosos para la industria.*<sup>17</sup>

13. McDonough, William y Michael Braungart. op. cit. pág. 155.

14. García Parra, Brenda. (2008). *Ecodiseño. Nueva herramienta para la sustentabilidad*. México: Ed. Designio, págs. 29 a 36.

15. Design Council. Annual Review. (2002). (London Design Council 2002), citado por Thackara, John (2006), pág. 1.

16. Thackara, John. (2006). *In the Bubble. Designing in a Complex World*. Cambridge: MA, MIT Press, pág. 1.

17. McDonough, William y Michael Braungart. op. cit., pág. 104.



Sillas AERON, 1994 y EMBODY, 2007, de los diseñadores Don Chadwick, Bill Stumpf y Jeff Weber para Herman Miller.

*Eliminar el concepto de desperdicio significa diseñar cosas, productos, empaques, sistemas, desde el principio en el entendido de que el desperdicio no existe.*<sup>18</sup> Lo anterior, que parece un propósito inalcanzable y utópico, lo han puesto en práctica con gran éxito en su trabajo profesional con clientes como Ford, Nike, BASF, Design TEX, Volvo, La Ciudad de Chicago y muchos más desde los años 80 del siglo pasado.

Un ejemplo interesante es la conocida silla AERON producida desde 1994 por Herman Miller bajo estándares ambientales estrictos: *Se adhiere al MBDC (McDonough Braungart Design Chemistry) y al Cradle to Cradle Design Protocol,*<sup>19</sup> entre los requerimientos ambientales de diseño se indicaba: *moderada en el uso de recursos materiales, durable, diseñada para ser desarmada y reciclada.*<sup>20</sup> Los diseñadores Don Chadwick y Bill Stumpf la concibieron para ser construida en su mayor parte con materiales reciclables y reciclados. Con este mismo enfoque, la última silla producida por esta firma, la EMBODY...*como otros productos de Herman Miller se destaca por su ecosostenibilidad y emplea un 45% de materiales reciclados, es reciclable en un 96 a 98% y no contiene PVC.*<sup>21</sup>

En México, a pesar de que hace ya tiempo que se habla de la necesidad de cambiar nuestra manera de enfocar los problemas de diseño y seleccionar los materiales, es hasta hace poco que se ha tenido eco en planes y programas de estudio de escuelas y aún no llega a las asociaciones profesionales.

Algunas técnicas sencillas para analizar el impacto ambiental de los materiales, basadas en trabajos de especialistas de todo el mundo, las presenta Brenda García Parra en su obra *Ecodiseño, nueva herramienta para la sustentabilidad*, que ya hemos citado en la página anterior.

18. *Ibid.* Pág. 10.

19. [www.hermanmiller.com/MarketFacingTech/hme/products/Aeron\\_Chairs/EPS\\_AER.pdf](http://www.hermanmiller.com/MarketFacingTech/hme/products/Aeron_Chairs/EPS_AER.pdf) ( fecha de consulta 29 de abril del 2010 17:59).

20. Berry, John R. (2004). *Herman Miller. Classic Furniture and system designs for the working environment*. Londres:Thames & Hudson, pág. 200.

21. Airolói, Silvia. (2008). "Una seduta che ha spina dorsale", en revista *Ottagono* núm. 214, octubre 2008, Boloña, pág. 48.

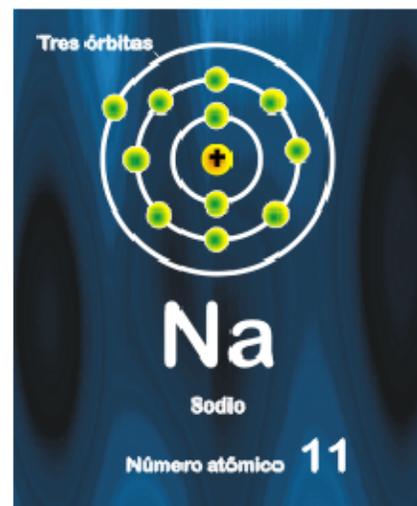
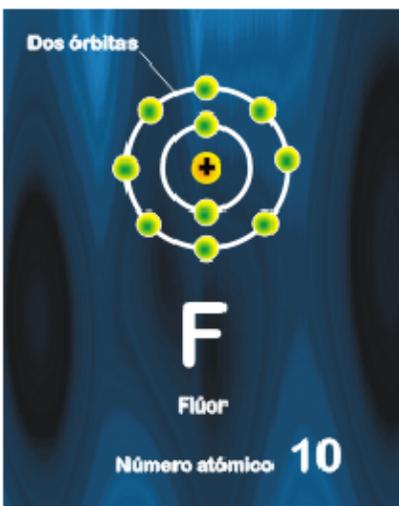
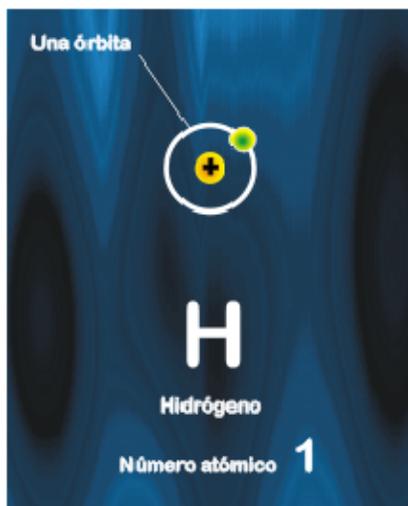
**2**

**¿CÓMO SON?**

## 2. ¿CÓMO SON?

### EL ÁTOMO

La unidad básica de la materia es el átomo que se compone de un núcleo con carga positiva y electrones que giran en una o hasta siete órbitas a su alrededor con carga negativa, de manera que sus cargas estén equilibradas, el número de electrones nos indica el número atómico del elemento. Dos o más átomos forman una molécula.



### LA MOLÉCULA

Las moléculas se componen de átomos de los mismos o distintos elementos enlazados para formar una partícula mayor. Por ejemplo: dos o más átomos de oro forman una molécula del mismo oro; pero dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, forman una de agua.

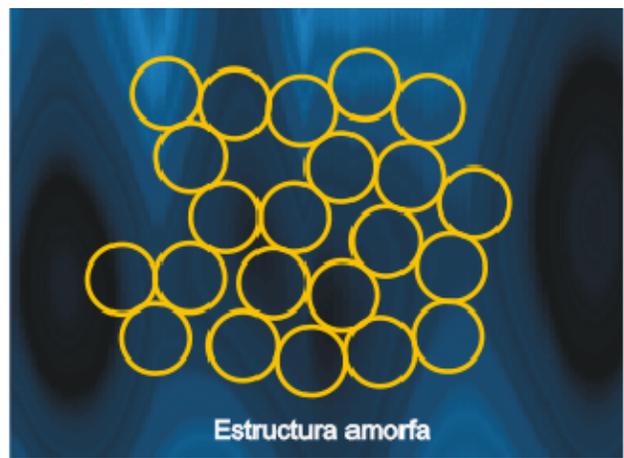
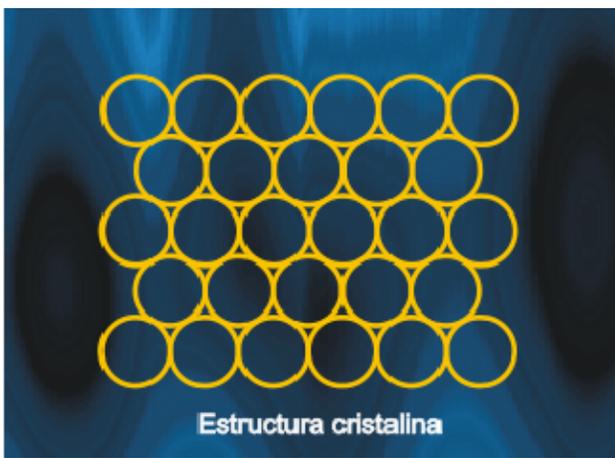
### ENLACES

Los átomos se mantienen unidos en las moléculas mediante enlaces de dos tipos: primarios, asociados con la formación de las moléculas o intramoleculares en tres formas: iónica, covalente y metálica, y los secundarios, que involucran fuerzas de atracción entre moléculas o intermoleculares. Los primarios son más fuertes que los secundarios. Los átomos y las moléculas constituyen la materia.

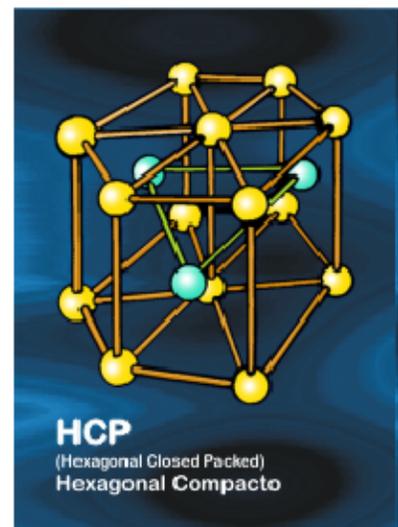
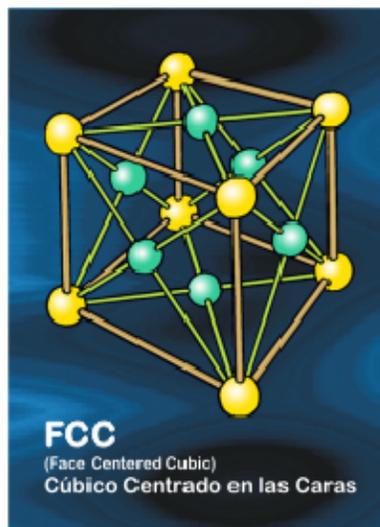
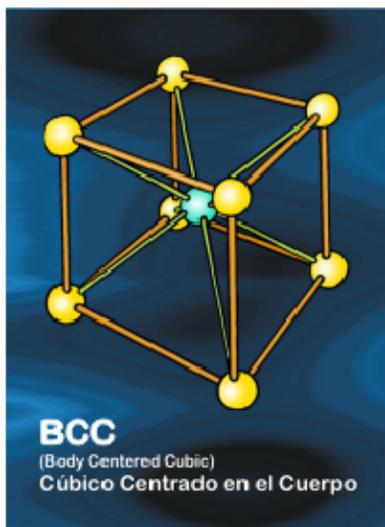
## ESTRUCTURAS DE LA MATERIA

Se pueden distinguir dos tipos fundamentales de estructuras de la materia: cristalina y no cristalina o amorfa. La cristalina es característica de todos los metales y de muchos cerámicos y polímeros, los átomos adoptan posiciones regulares recurrentes en tres dimensiones.

La amorfa se caracteriza por la ausencia de un orden en la estructura molecular. Los líquidos y los gases no son cristalinos al igual que los vidrios, el hule y algunos plásticos.



La estructura cristalina adopta tres configuraciones básicas:



Tanto el tipo de enlace como el de estructura van a determinar las propiedades de los materiales. Aquí es importante tener claro qué son las propiedades de los materiales ya que son los datos más importantes con los que tendremos que trabajar.

En los textos sobre materiales, incluyendo algunos de Ciencia e Ingeniería de Materiales, se nos presenta un apartado donde se trata de las características y propiedades de los materiales, pero no se hace diferenciación entre ellas y casi nunca sabemos cuales fueron unas y cuales las otras, incluso en algunos se habla de PROPIEDADES MECÁNICAS y en otros de CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS. No he encontrado alguno donde se clarifique qué es una característica y qué es una propiedad; las definiciones de diccionario, incluyendo los técnicos, hacen aún más confusos estos términos. Considero importante para el estudiante y el diseñador entender estos dos conceptos e intentaré aclararlos.

### **Características**

**Cualidades de un material que solamente él las tiene, nos ayuda a identificarlo y diferenciarlo de otros.**

### **CARACTERÍSTICAS**

Cuando describimos una madera y decimos de ella que es de color café claro rojizo, con una figura de vetas poco marcadas, con un olor característico y un sabor algo picante, es indudable que nos referimos al Cedro Rojo: ese color, esa figura de las vetas, ese olor y ese sabor, son cualidades que solamente esa madera las tiene, nos ayudan a IDENTIFICARLA y DIFERENCIARLA de otras, son sus **características**.

### **Propiedades**

**Atributos comunes a todos los materiales, se pueden medir, lo que nos permite compararlos entre sí.**

### **PROPIEDADES**

Si decimos de la misma madera que tiene una gravedad específica<sup>22</sup> de 0.35, podemos concluir que es más ligera que el Encino (0.67) y más pesada que la Balsa (0.15). Lo mismo sucede con su resistencia a la tensión, a la compresión, dureza, conductividad térmica, etc. Todas ellas son **propiedades** de los materiales, que las tienen todos, las podemos MEDIR y esto nos permite a su vez, COMPARAR a unos con otros.

22. Ver Gravedad Específica en Capítulo 3. Propiedades físicas. pág. 75.

Este último concepto, el de propiedad, es muy importante que se entienda bien, porque las propiedades, van a ser, en muchas ocasiones, el factor determinante en la selección de los materiales para nuestros proyectos.

*Una vez comprendidas las propiedades de los materiales, puede elegirse en forma adecuada el material para determinada aplicación. La selección de materiales se lleva a cabo en dos niveles: En el primero, la competencia es entre las diversas categorías de materiales. En el segundo nivel es dentro de la categoría más adecuada para determinar el material óptimo. Además, los nuevos avances pueden conducir a la selección de un material alternativo para un determinado uso.<sup>23</sup>*

## **LOS ELEMENTOS**

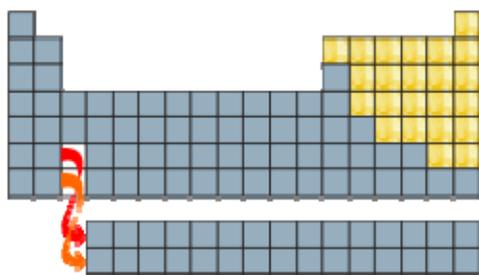
Toda la materia existente en nuestro planeta está constituida por 118 elementos conocidos a la fecha (2010). De éstos, 27 se han obtenido solamente en laboratorio, algunos de ellos con una existencia fugaz de menos de un segundo.

Para ordenar estos elementos, agruparlos y establecer relaciones entre ellos, el químico ruso Dimitri Mendeleiev elaboró en 1869 la que llamó “Tabla Periódica de los Elementos”, considerada por muchos científicos como la mejor clasificación en la historia de la Ciencia.

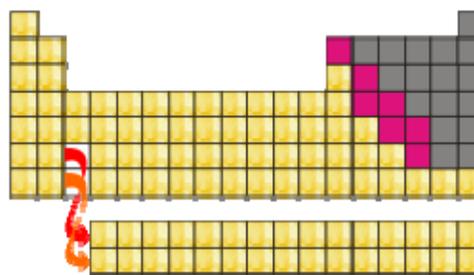
23. Schackelford, James F. (1995). *Ciencia de Materiales para Ingenieros*. México: Pearson Educación, pág. 26.

# TABLA PERIÓDICA DE LOS ELEMENTOS<sup>24</sup>

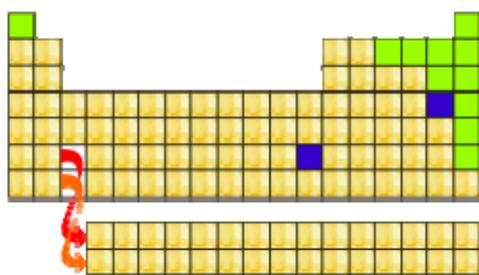
1 H																	2 He																														
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne																														
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar																														
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr																														
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe																														
55 Cs	56 Ba																																														
87 Fr	88 Ra																																														
		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn																															
		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Mv	111 Pl	112 Da	113 Tf	114 Eo	115 Me	116 Nc	117 El	118 Og																															
		<table border="1"> <tr> <td>57 La</td><td>58 Ce</td><td>59 Pr</td><td>60 Nd</td><td>61 Pm</td><td>62 Sm</td><td>63 Eu</td><td>64 Gd</td><td>65 Tb</td><td>66 Dy</td><td>67 Ho</td><td>68 Er</td><td>69 Tm</td><td>70 Yb</td><td>71 Lu</td> </tr> <tr> <td>89 Ac</td><td>90 Th</td><td>91 Pa</td><td>92 U</td><td>93 Np</td><td>94 Pu</td><td>95 Am</td><td>96 Cm</td><td>97 Bk</td><td>98 Cf</td><td>99 Es</td><td>100 Fm</td><td>101 Md</td><td>102 No</td><td>103 Lr</td> </tr> </table>																57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr
57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu																																	
89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr																																	



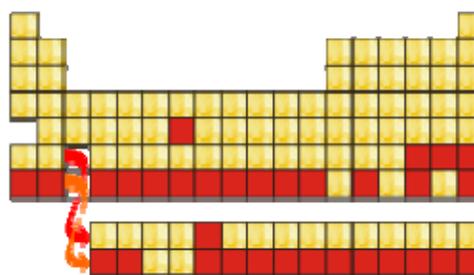
■ Metales



■ Metaloides    ■ No metales



■ Sólido    ■ Líquido    ■ Gas



■ Materiales radiactivos

24. Actualizada de varias fuentes a Abril del 2010.

## CLASIFICACIÓN

Los materiales están formados por elementos aislados (como aluminio, cobre, oro, plata) o combinados (bronce, latón, cerámicos, vidrios, plásticos, madera) que nos sirven para producir alimentos, medicinas, energía, y para la fabricación de toda clase de objetos. Para los objetivos de este trabajo nos enfocaremos a esta última que es la que más nos interesan a los diseñadores, y dejaremos para otras áreas de estudio a los energéticos, los semiconductores y los que sirven para la producción de alimentos y medicinas.

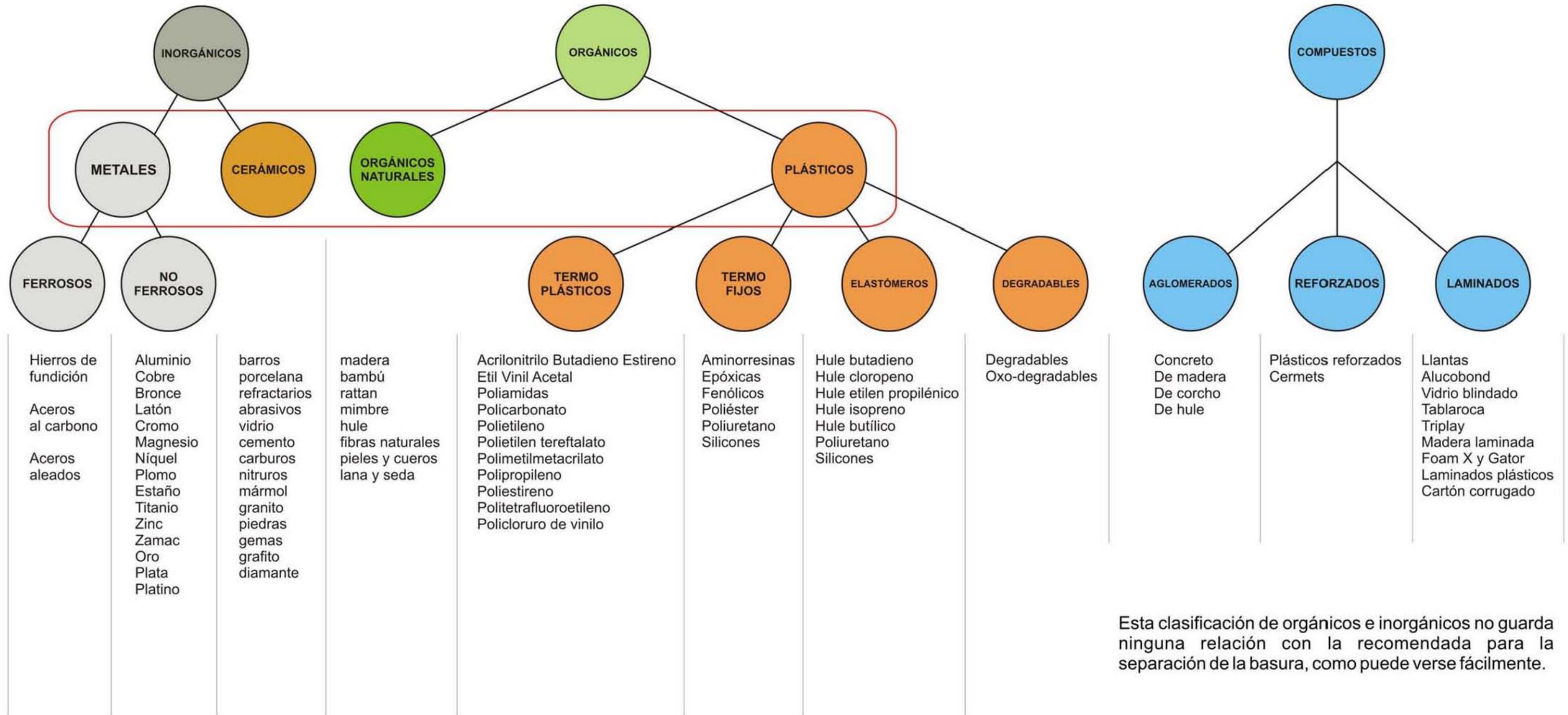
En Ciencia e Ingeniería de Materiales, la gran mayoría de los autores coinciden en clasificarlos en cuatro categorías: METALES, POLÍMEROS, CERÁMICOS y combinaciones entre estas tres, que son los materiales COMPUESTOS.

Sin embargo, esta manera de clasificarlos, no considera como objeto de estudio a la madera, el rattan, el bambú, las fibras naturales, cueros y pieles y otros materiales empleados con mucha frecuencia en mobiliario y objetos utilitario decorativos que constituyen campos frecuentemente abordados por los Diseñadores Industriales. Basta hojear cualquier revista o libro de diseño para darnos cuenta de esto. A la madera, por ejemplo, se le menciona solamente como un material “compuesto natural” o “material tradicional” y se le dedican dos o tres líneas o, en el mejor de los casos, dos páginas. Incluso en el libro *“Diseño Industrial. Guía de materiales y procesos de manufactura”* dirigido a estudiantes de diseño industrial, el autor, Jim Lesko, hace la aclaración de que *se limita a materiales industriales (excluyendo materiales naturales como la madera, piedra y similares)*<sup>25</sup> como si estos últimos no fueran industrializables.

He incluido a todos estos materiales, a los que además se les comienza a revalorar porque son más amigables con el medio ambiente, son renovables y biodegradables y, por lo mismo, no contaminantes, para lo que he elaborado el siguiente diagrama:

25. Lesko, Jim. (2004). *Diseño Industrial, Guía de Materiales y Procesos de Manufactura*. México: Limusa Wiley , pág. 4.

# DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES



Esta clasificación de orgánicos e inorgánicos no guarda ninguna relación con la recomendada para la separación de la basura, como puede verse fácilmente.

## **MATERIALES INORGÁNICOS**

En esta categoría se agrupan una gran cantidad de materiales, todos ellos de origen mineral como los metales ferrosos y no ferrosos, los metales preciosos, los materiales cerámicos tradicionales, modernos y otros, el vidrio, el cemento Portland, mármol, granito, piedras, gemas, grafito y diamante.

## **METALES**

Los metales constituyen aproximadamente el 80% de los elementos conocidos. Casi todos ellos tienen una estructura cristalina en estado sólido en sus tres configuraciones básicas BCC, FCC y HCP, sus átomos se mantienen unidos por enlaces metálicos. Estas estructuras y enlaces les imparten resistencia y dureza, ductilidad, conductividad eléctrica y térmica, opacidad y reflectividad.

Casi ningún metal se utiliza industrialmente en estado puro, sino en forma de aleaciones, combinando dos o más metales; así se obtienen el bronce, el latón, zamac, y otros.

### **Aleación**

**Una aleación es un metal compuesto de dos o más elementos, de los cuales por lo menos uno es metálico.**

## METALES FERROSOS

El hierro se comenzó a utilizar aproximadamente a partir del año 1200AC en que se inicia la llamada Edad del Hierro. Sus primeros usos fueron para utensilios de caza, espadas, cuchillos y herramientas, luego, de la Edad Media al siglo XVIII, los cañones y las estufas de hierro fundido hicieron que aumentara la demanda del metal, pero es hasta la Revolución Industrial que su uso se extendió a las industrias naviera, de la construcción, ferroviaria, la militar y la de maquinaria y, ya en el siglo XX, a la automotriz y la de electrodomésticos. La producción de acero es tan importante que se utiliza para medir los índices del progreso de los países.

Los metales ferrosos tienen como base al elemento Hierro (Fe). Pueden presentarse como hierros para fundición, aceros al carbono y aceros aleados.



Olla de hierro fundido con interior esmaltado en blanco y mango de madera. Timo Sarpaneva. 1960.

## HIERRO

Símbolo	<b>Fe</b>
Número Atómico	26
Características	Gris plateado brillante, rojizo mate cuando se oxida
Principales propiedades:	
Gravedad específica	7.87
Punto de fusión °C	1539
Módulo de elasticidad E Mpa	209,000
Elementos de aleación	C, Cr, Mn, Ni, Mo, V, Si.

## HIERROS DE FUNDICIÓN

Los hierros de fundición contienen al menos un 2% de carbono y de 1 a 3 % de silicio, como su nombre lo indica se utiliza para formar piezas por el proceso de fundición, en general son bastante frágiles y, aunque hay aleaciones con alguna ductilidad, no permiten espesores muy delgados por lo que las piezas resultantes son bastante pesadas.

## ACEROS AL CARBONO

Los aceros al carbono son aleaciones de hierro con carbono como principal elemento de aleación y porcentajes pequeños de otros elementos como magnesio y silicio. El contenido de carbono modifica la resistencia mecánica, la dureza y la ductilidad como podemos ver en la siguiente tabla:

ACEROS			
Resistencia mecánica dureza ↑	Al alto carbono	2.11%	Resortes Cuchillas Partes resistentes al desgaste
	Al medio carbono	0.5%	Componentes de máquinas Motores Cigüeñales
	Al bajo carbono	0.2%	Láminas Placas de acero Rieles
Ductilidad ↓		0.02%	

## ACEROS ALEADOS

Entre los aceros aleados encontramos los de baja aleación, y los de alta aleación o aceros de herramientas e inoxidable. Los de baja aleación, además de hierro y carbono, contienen otros elementos, que no sobrepasan el 5% en peso, como cromo, manganeso, molibdeno, níquel, vanadio, fósforo, azufre y silicio.

Los aceros de herramientas son de alta aleación y, como su nombre lo indica, se utilizan en herramientas de corte, dados y algunos moldes.



Mesa Lore. 1995. Estructura de acero inoxidable y cubierta de vidrio. Bernardo Gómez Pimienta.

## ACEROS INOXIDABLES

Los aceros inoxidable son altamente aleados, con Cromo generalmente en una proporción mayor al 15% y níquel, ambos elementos combinados con Manganeso y otros les imparten ductilidad y muy buena resistencia mecánica y a la corrosión. Nos son fáciles de trabajar y son considerablemente más caros que los aceros al carbono.

## METALES NO FERROSOS

### ALUMINIO

Símbolo	<b>Al</b>
Número Atómico	13
Características	Plateado brillante
Principales propiedades:	
Gravedad específica	2.7
Punto de fusión °C	660
Módulo de elasticidad E Mpa	69,000
Elementos de aleación	Cu, Mg, Mn, Si, Zn.

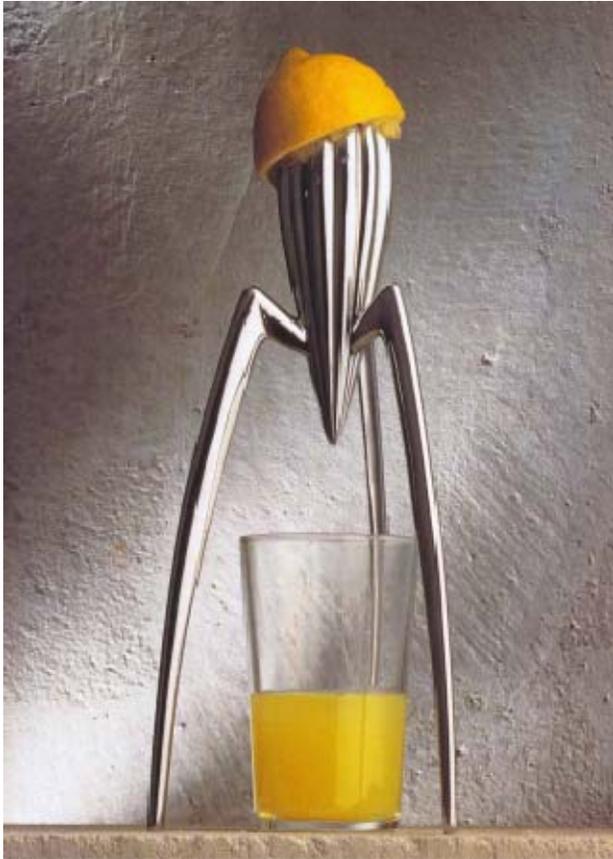


Cafetera para Espresso en aluminio fundido. 1933. Alfonso Bialletti.

Es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre, se le encuentra en el mineral llamado Bauxita de donde se extrae primero la alúmina ( $Al_2O_3$ ) y luego el aluminio por un proceso electrolítico desarrollado en 1888 que se sigue utilizando actualmente y con el que se produjo el primer lingote de este material considerado, junto con los plásticos, como los de mayor impacto en la industria y en la vida diaria en el siglo XX.

*Es un metal ligero, 1/3 del acero, 1/4 del plomo y la plata, y menos de 1/3 del cobre y sus aleaciones.*

*Es dúctil y maleable, se puede formar en alambres o en hojas muy delgadas (foil), fundir o extruir en formas complejas.*



Exprimidor para cítricos en aluminio fundido. 1998. Philippe Starck.

*Es un excelente conductor de calor y electricidad. Tiene un bajo punto de fusión por lo que es fácilmente reciclable.*

*Es resistente a la corrosión, debido a una capa delgada de óxido que se forma en su superficie cuando se expone al aire. Esto, sin embargo, dificulta su soldadura.*

*Se puede alea con otros metales para modificar sus propiedades.*

*Se puede colorear por anodizado y acepta impresiones.<sup>26</sup>*

Se utiliza extensamente en las industrias automotriz, aeronáutica y aeroespacial y en un sinnúmero de aplicaciones en las que el peso es importante.

## COBRE

Símbolo	<b>Cu</b>
Número Atómico	29
Características	Rosado rojizo
Principales propiedades:	
Gravedad específica	8.96
Punto de fusión °C	1083
Módulo de elasticidad E Mpa	110,000
Elementos de aleación	Sn, Zn, Al, Si, Ni, Be.



Vasija de lámina de cobre martillada obra de los artesanos de Santa Clara del Cobre, Mich.

## COBRE, BRONCE, LATON

El cobre, junto con el oro, son los primeros metales que descubrió el hombre aproximadamente 6000 años a.C.

Se le encontraba en estado natural y al darle forma a golpe de martillo se endurecía haciéndolo apropiado para herramientas y armas. Más tarde, cerca del año 2000 a.C. se descubrió que podía fundirse y alearse con otros metales como el estaño, obteniendo el bronce (90% Cu, 10% Sn) que comenzó a utilizarse profusamente, iniciándose así la Edad del Bronce que dura hasta el año 1200 a.C. en que se inicia la del Hierro. En otra aleación con el zinc, se obtiene el latón (65% Cu, 35% Zn) de apariencia dorada.

26. Nichols, Sarah. (2000). *Aluminum by Design*. Pittsburgh: Carnegie Museum of Art, pág. 17.



Cama de tubo y piezas fundidas de latón. Siglo XIX.

El cobre es un excelente conductor eléctrico y térmico, resistente a la corrosión; se produce en forma de alambres, láminas, barras y otros perfiles. El bronce es un material que se utilizó mucho para usos marinos por su excelente resistencia a la corrosión y muy apreciado por artistas desde los tiempos del Imperio Romano para lámparas, muebles y esculturas fundidas de todos tamaños. El latón se produce en las mismas presentaciones del cobre. En el siglo XIX se produjeron en grandes cantidades las camas de latón y se sigue utilizando en muebles comerciales, también como recubrimiento (latonado) de tubería de acero para los mismos usos.

## CROMO

Símbolo	<b>Cr</b>
Número Atómico	24
Características	blanco plateado brillante

<b>Principales propiedades:</b>	
Gravedad específica	7.19
Punto de fusión °C	1875
Módulo de elasticidad E Mpa	15,000
Elementos de aleación	Co, Ni, Fe, Al, Cu, V, Mo, Be.



Silla B32 y silla con brazos B64, Marcel Breuer 1928.

Se utiliza como elemento de aleación para aceros de baja aleación, para aceros inoxidables junto con el níquel, y para el recubrimiento electrolítico de piezas de acero, conocido como cromado, de aspecto muy brillante, que lo protege contra la corrosión, muy usado en automóviles y en los muebles tubulares que surgieron en la Bauhaus.



Rin automotriz de aleación aluminio – magnesio.

## MAGNESIO

Símbolo	<b>Mg</b>
Número Atómico	12
Características	Blanco plateado
<b>Principales propiedades:</b>	
Gravedad específica	1.74
Punto de fusión °C	650
Módulo de elasticidad E Mpa	48,000
Elementos de aleación	Al, Th, Zr, Mn, Pb, Ag, Sn, Zn.

La mayor parte del magnesio existente en nuestro planeta se encuentra en el agua del mar, de ahí se extrae por un proceso electrolítico. Es el más ligero de los metales usados en partes estructurales ( $1.74\text{g/cm}^3$ ), en estado puro es blando y con poca resistencia mecánica, pero en aleaciones y con tratamiento térmico es comparable al aluminio aleado, tiene muy buena relación entre resistencia mecánica y peso, por lo que se utiliza extensamente en la industria aeronáutica. Los “rines de magnesio” para automóviles son, en realidad, aleaciones con aluminio y otros metales.

## NÍQUEL

Símbolo	<b>Ni</b>
Número Atómico	28
Características	Gris
<b>Principales propiedades:</b>	
Gravedad específica	8.9
Punto de fusión °C	1453
Módulo de elasticidad E Mpa	209,000
Elementos de aleación	Cu, Cr, Fe, Al.



Sillón en lámina de acero desplegada y niquelada. 1987. Shiro Kuramata.

Es un metal con muchas propiedades similares al hierro, tienen el mismo módulo de elasticidad, su punto de fusión es muy parecido, los dos son magnéticos, el níquel es mucho más resistente a la corrosión por lo que se le utiliza como elemento de aleación para hacer inoxidable los aceros; como recubrimiento electrolítico para piezas de acero similar al cromado pero con un ligero tono amarillento. Otro uso frecuente es el de acuñación de moneda: el círculo central de nuestras monedas de diez pesos y el anillo exterior de las de uno, dos y cinco pesos son de una aleación con alto contenido de este metal.



Juguetes de plomo y hojalata. Artesanía popular del estado de Puebla.

## PLOMO

Símbolo	<b>Pb</b>
Número Atómico	82
Características	Gris medio, mate

Principales propiedades:	
Gravedad específica	11.34
Punto de fusión °C	327
Módulo de elasticidad E Mpa	21,000
Elementos de aleación	Sn, Sb.

Es uno de los metales más pesados ( $11.34 \text{ g/cm}^3$ ), posee algunas propiedades interesantes como ser resistente a casi todos los ácidos, ser impenetrable por los rayos X, por lo que se le utiliza como protección contra ellos. Aleado con estaño se obtiene una soldadura blanda muy usada. Es un metal sumamente tóxico para los humanos, por lo que hay que evitar su utilización. En el pasado se elaboraban pinturas con plomo que ya se han retirado del mercado, algunos esmaltes para cerámicas de baja temperatura contienen plomo que reacciona con algunos ácidos de alimentos como el vinagre, el limón, etc., desprendiendo compuestos tóxicos, también se trata de eliminarlos aunque no se ha logrado del todo. Los tubos de conducción de agua en edificaciones de la antigua Roma eran de este metal, algunos científicos consideran que este fue uno de los motivos de la caída del imperio por envenenamiento de sus habitantes. A este mal se le conoce con el nombre de Saturnismo.

## ESTAÑO

Símbolo	<b>Sn</b>
Número Atómico	50
Características	Gris claro

Principales propiedades:	
Gravedad específica	7.30
Punto de fusión °C	232
Módulo de elasticidad E Mpa	42,000
Elementos de aleación	Pb, Cu.

Se utiliza aleado con plomo para soldadura blanda muy usada para unión de tubos de cobre y en artesanía con lámina de cobre, latón y hojalata, y como elemento de aleación con el mismo cobre, para obtener el bronce.



Reloj de pulso TITANIUM de Citizen con caja y extensible de titanio. 2005.

## TITANIO

Símbolo **Ti**  
 Número Atómico **22**  
 Características **Gris rosado claro**

Principales propiedades:  
 Gravedad específica **4.51**  
 Punto de fusión °C **1669**  
 Módulo de elasticidad E Mpa **117,000**  
 Elementos de aleación **Al, Sn, V, Cu, Mg.**

La buena relación entre su resistencia mecánica y su peso, lo han hecho ideal para aplicaciones aeronáuticas, aeroespaciales, en vehículos de competencia como la Fórmula 1, y objetos no tan sofisticados pero de alto precio como relojes de pulsera y armazones ultraligeros para anteojos en los que se explota como atractivo visual su agradable color gris rosado característico. En arquitectura, son muy conocidas las fachadas curvas de láminas de titanio en edificios del Arq. Frank O. Gehry como el Museo Guggenheim de Bilbao.



Automóvil de juguete. Fundición de zinc a alta presión. 1969. Matchbox.

## ZINC

Símbolo **Zn**  
 Número Atómico **30**  
 Características **Gris claro casi blanco**

Principales propiedades:  
 Gravedad específica **7.13**  
 Punto de fusión °C **419**  
 Módulo de elasticidad E Mpa **90,000**  
 Elementos de aleación **Al, Mg, Cu.**

## ZINC, ZAMAC

Por su bajo punto de fusión, el zinc es un material ideal para producir piezas fundidas. Aleado con el cobre obtenemos latón; con aluminio, magnesio, antimonio y cobre, el zamac, muy utilizado en fundición a presión. Como recubrimiento de aceros para protegerlos de la corrosión, se aplica por electrólisis, en el proceso llamado galvanizado.



Aretes de oro. Joyería azteca prehispánica.

## METALES PRECIOSOS

### ORO

Símbolo	<b>Au</b>
Número Atómico	47
Características	Amarillo brillante, no se oxida.
Principales propiedades: Gravedad específica	10.5
Punto de fusión °C	961
Módulo de elasticidad E Mpa	78,000
Elementos de aleación	Ag, Cu, Ni, Pd.

### PLATA

Símbolo	<b>Ag</b>
Número Atómico	79
Característica	Blanco brillante
Principales propiedades: Gravedad específica	19.3
Punto de fusión °C	1063
Módulo de elasticidad E Mpa	77,000
Elementos de aleación	Zn, Sn, Ir.

### PLATINO

Símbolo	<b>Pt</b>
Número Atómico	78
Características	Blanco brillante
Principales propiedades: Gravedad específica	21.15
Punto de fusión °C	1769
Módulo de elasticidad E Mpa	166,000
Elementos de aleación	Au, Pd, Ir.



Columna. 1998. Plata .925 de Ricardo Regazzoni. Col. TANE.

El oro es un metal amarillo brillante, la plata y el platino son blanco brillante, color que el platino conserva inalterado y la plata se ennegrece al oxidarse. Se les llama metales nobles porque son químicamente inactivos, no se corroen, son buenos conductores eléctricos (la plata es el mejor conductor entre los metales) y dúctiles. El oro y el platino son metales de muy alto precio, se les encuentra en la naturaleza en estado libre, no como compuestos minerales, son los metales usuales más pesados (19.32 y 21.5g/cm<sup>3</sup> respectivamente), la plata no es tan costosa ni tan pesada (10.5g/cm<sup>3</sup>), los tres tienen muchas aplicaciones en joyería, monedas, artículos decorativos, fotografía y electrónica.

## MATERIALES CERÁMICOS

Los materiales cerámicos son más abundantes en la corteza terrestre y más ampliamente usados que los metales. Son estructuras complejas, cristalinas o no cristalinas que involucran a dos o más elementos de los cuales por lo menos uno es un metal o semimetal. Se procesan con calor y los productos resultantes son muy duros, estables químicamente, buenos aislantes térmicos y eléctricos, frágiles y con alta temperatura de fusión. No son reciclables pero no son contaminantes.

Se tiene evidencia de que el hombre ya elaboraba objetos de barro cocido desde hace unos 10,000 años, y todas las civilizaciones conocidas utilizaron esta técnica para ladrillos y alfarería. Ya para el siglo IX China había alcanzado un alto nivel tecnológico en la fabricación de porcelana y en los últimos años del siglo XIX y los primeros del XX, se comienzan a desarrollar en laboratorio los llamados materiales cerámicos modernos. Esta diferencia en técnicas de procesamiento marca la división que se hace en Ciencia de Materiales entre cerámica tradicional y cerámica moderna.



Floreros. Cerámica de alta temperatura esmaltada. 1999.  
Alberto Díaz de Cossío.

## MATERIALES CERÁMICOS TRADICIONALES

En la cerámica tradicional tenemos a los productos de barro, ladrillos, losetas, azulejos, alfarería, loza, porcelana, refractarios, abrasivos y los vidrios y el cemento. En casi todos ellos se utiliza la alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) y el sílice ( $\text{SiO}_2$ ) como componentes principales. El barro es un material fácil de moldear y de trabajar con las manos, lo que lo ha hecho muy apreciado por artistas y diseñadores. La gran mayoría de los diseñadores, destacados o no, ha realizado alguna vez en su vida un objeto de barro.

## MATERIALES CERÁMICOS MODERNOS

Tienen una composición química más simple que los tradicionales, son óxidos, carburos, nitruros y sales que por ser materiales sintéticamente producidos con controles rigurosos, contienen menos impurezas, y resultan mejorados en algunas propiedades. Entre los más empleados están los carburos de silicio, tungsteno, titanio, tantalio y cromo; y los nitruros de silicio, boro y titanio. Algunos de ellos se unen a aceros por sinterización para reforzarlos. ( ver Cermets en la pág. 64 ).



Oculus ardens III. 1999. Vidrio de Murano, Timo Sarpaneva.

## VIDRIO

Todo parece indicar que fue fabricado por primera vez en Mesopotamia, aproximadamente hace 7,000 años, de ahí pasó a Egipto y luego a los romanos que dominaron su técnica, lo colorearon y lo usaron en forma plana para sus ventanas. Más tarde, en la isla veneciana de Murano, se inició una tradición artesanal que continúa hasta la actualidad, en sus talleres y con sus artesanos, han trabajado muchos diseñadores renombrados de todo el mundo.

En México, hasta antes de la llegada de los españoles solo se conocía el vidrio de origen volcánico llamado obsidiana. En el siglo XVI se establecieron los primeros talleres de manufactura de vidrio en Puebla.<sup>27</sup> Durante unos 100 años se produjeron piezas artesanales de vidrio soplado en el taller de la calle de Carretones, en la Ciudad de México y se siguen produciendo en Guadalajara. La industria vidriera mexicana es una industria fuerte y sólida, y se ha extendido a Centro y Suramérica.

27. Álvarez, José Rogelio. (1969). *El Vidrio Soplado*. México: Academia Mexicana de Arte Popular – Instituto Mexicano de Cultura. Org., Editorial Novaro, pág. 21.

El elemento básico del vidrio es el silicio en forma de arenas y tierras que cuando se funden forman un líquido viscoso que puede formarse fácilmente, al enfriar endurece permaneciendo en estado vítreo, no cristaliza, por lo que se dice que es un líquido sobreenfriado. Es un material duro y frágil, transparente, resistente a muchos ácidos. Se puede aumentar su dureza y resistencia mecánica templándolo. (Templar un vidrio es someterlo a un calentamiento controlado y después enfriarlo rápidamente).



Piezas de un juego de cinco vasos de vidrio Alvar Aalto, 1936.

Se producen vidrios de muchas calidades para usos diversos como copas y jarras, envases, focos incandescentes y fluorescentes, canicas; plateando una lámina por una de sus caras se obtienen espejos, y estirándolo, las fibras que se emplean en forma de lanas como aislantes o como hilos para refuerzos de resinas plásticas y concreto, y fibras ópticas. Se utiliza también para vidriados aplicados en cerámica y en metales (el llamado peltre). Quizás su presentación más conocida sea como lámina plana para ventanería y fachadas de edificios, pisos, muebles, y vidrios de seguridad y blindados.

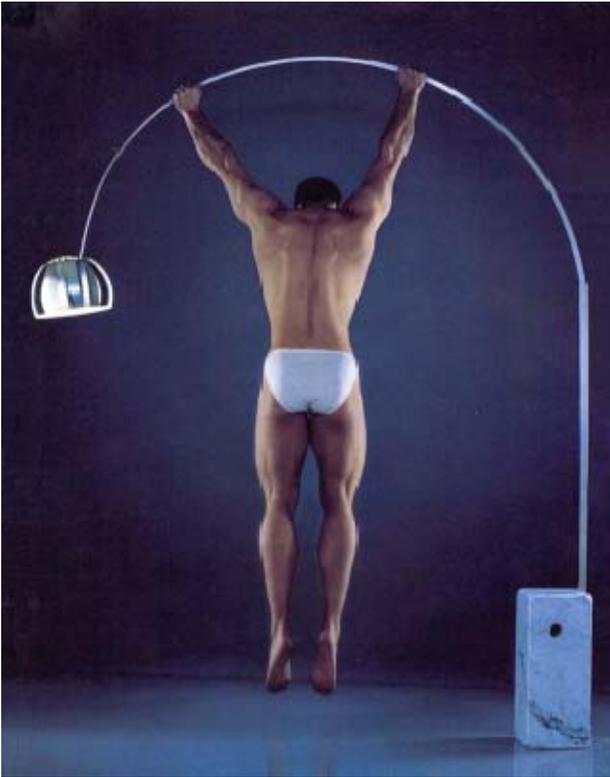
Los automotrices son vidrios de seguridad (ver pág. 65) y se han desarrollado para formar parte de la estructura del vehículo.

## **CEMENTO**

Es el componente básico del concreto, material compuesto que veremos más adelante (pág 61).

El cemento que utilizamos actualmente es el Cemento Portland, llamado así por su color parecido al de las canteras de Portland en Inglaterra, país donde se desarrolló este material.

Es un aluminosilicato de calcio que se obtiene por calcinación de piedras calizas mezcladas con arcillas y yeso, se endurece al mezclarse con agua o con la humedad del medio ambiente, por lo que no puede almacenarse por mucho tiempo.



Lámpara de pie con base de un bloque de mármol. 1962.  
Archille y Pier Castiglioni.



Muebles de baño en piedra suave de Apricena. Domanico de Palo para la Colección Talamo de Antonio Lupi.

## OTROS

Aunque existen materiales cuya composición química corresponde con la definición de los materiales cerámicos pero no se les procesa con calor sino que se utilizan en su forma natural para la elaboración de objetos diversos, no se les coloca en este grupo, como el mármol, el granito, piedras y gemas. Hay otros que no tienen esa composición química, como el grafito y el diamante, que son presentaciones diferentes de un solo elemento, el carbono y se les considera cerámicos o relacionados con los cerámicos.

## MÁRMOL, GRANITO, PIEDRAS Y GEMAS

Los mármoles, granitos y piedras, son materiales usados desde las civilizaciones Egipcia, Griega y Romana, hasta nuestros días para construir casas, palacios, templos, edificios públicos, monumentos, escultura e infinidad de objetos. Estos materiales se extraen a cielo abierto en grandes bloques que pueden cortarse en placas.

El mármol es un material vetado de muy variados colores y figuras, como el blanco de Carrara en Italia, de finas vetas gris claro o nuestro ónix, amarillo o verde translúcido. El granito debe su nombre a su apariencia de granos aglomerados de variados colores, es muy duro. Estos dos materiales se pueden pulir y brillar, se emplean actualmente sobre todo en cubiertas de muebles, pisos y recubrimientos, objetos y esculturas.

Entre las piedras más utilizadas tenemos el recinto, la cantera gris y rosa, calizas, etc., con aplicaciones en arquitectura, bases de muebles y algunos objetos.

Las gemas, en su forma natural o talladas, se han usado desde la antigüedad en objetos a los que se quiere dar alto valor y sobre todo en joyería.

## GRAFITO Y DIAMANTE

Por su estructura cristalina en capas de diferentes direcciones que le confiere propiedades diferentes según sea su forma de colocación, el grafito se emplea en usos muy diversos: en polvo es lubricante, en su forma sólida es un material refractario, y en fibras es un material estructural que se utiliza como refuerzo en materiales compuestos.



Los primeros diamantes sintéticos producidos. 1953. ASEA.

El diamante es un material de origen mineral que se distingue por su dureza. Además de sus usos conocidos como joya de alto valor, se le utiliza industrialmente en herramientas de corte y abrasivos.

Se produce sintéticamente desde la década de 1950 imitando el proceso natural de su formación con altas temperaturas y presiones, aunque no se ha logrado la misma dureza.

## MATERIALES ORGÁNICOS

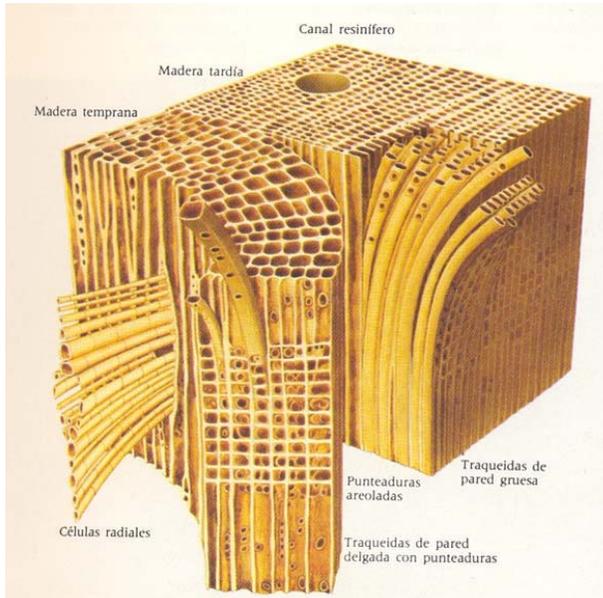
*En la naturaleza existe de manera abundante el elemento Carbono (C), que es la base de lo que denominamos materia orgánica. Este elemento tiene la capacidad de combinarse con él mismo y con otros elementos en series continuas, de modo que se crean moléculas muy grandes. De hecho, la vida misma no hubiera sido posible sin esta capacidad del carbono, puesto que toda la materia viviente está formada por moléculas gigantes. De hecho, cuando comemos lo que hace nuestro organismo es absorber moléculas gigantes de proteínas, disolverlas y transformarlas en otras moléculas también gigantes para alimentarnos. Tratando de imitar a la naturaleza, el hombre ha aprendido a crear moléculas gigantes en laboratorio y, de manera industrial, sustituir a las materias orgánicas que se utilizan en la vida cotidiana. A estas cadenas de moléculas creadas en el laboratorio se les denomina polímeros sintéticos.<sup>28</sup>*

Todos los materiales orgánicos, naturales o sintéticos, están compuestos por Carbono, Hidrógeno, Oxígeno y Nitrógeno (CHON) y pequeñas cantidades de otros elementos *un grupo idéntico de átomos de los mismos elementos pueden formar compuestos químicos muy diversos, dependiendo de la manera en que se encuentran colocados en la molécula.<sup>29</sup>*

## MATERIALES ORGANICOS NATURALES

Los materiales orgánicos naturales más utilizados son de origen vegetal como la madera, el corcho, el bambú, el rattan, el mimbre, el hule, las fibras naturales; o de origen animal como las pieles y cueros, lana y seda. El petróleo y el carbón mineral son materiales orgánicos naturales pues proceden de restos de seres que alguna vez tuvieron vida. Aunque en diseño no tienen aplicaciones en forma natural, se utilizan como materia prima para producir otros materiales como los plásticos y energía para los procesos de producción.

28. Aguilar Sahagún, Guillermo. (2001). *El Hombre y los materiales*. México: SEP-FCE-CONACYT. Col. la Ciencia para Todos /69, pág. 57.  
29. *Ibid.* Pág. 61.



Estructura microscópica de la madera.

## MADERA

La madera proviene de los árboles que crecen en bosques y selvas en forma natural o cultivados por el hombre. Es un material compuesto natural, se le considera así porque está formada por varios componentes: celulosa (65 - 70%), lignina (25 - 30%) y otros en cantidades menores. Su estructura se compone de células tubulares interconectadas, las paredes de estas células son la parte sólida de la madera.

El hombre la aprovechó para proveerse de abrigo, combustible, utensilios de caza y más tarde carretas, barcos, puentes, etc. *La madera es un material único en muchas características cuando se le compara con materiales hechos por el hombre como el acero, concreto, piedra, ladrillos y muchos sintéticos. Es multicomponente, higroscópica, anisotrópica, heterogénea, discontinua, rígida, fibrosa, porosa, biodegradable y renovable.*<sup>30</sup>

Se aprovecha aserrando los troncos de los árboles para obtener tablas, tablones, polines, vigas, etc. (madera aserrada); cortando hojas delgadas (chapas) que sirven para fabricar tableros contrachapados (triplay), piezas laminadas de muebles, o como revestimiento decorativo (chapeado); triturando ramas y piezas pequeñas no aprovechables como madera aserrada, para producir tableros aglomerados de partícula y de fibra.

El calor y la humedad reducen sus propiedades mecánicas ablandando el material, esto fue aprovechado por Michael Thonet en el siglo XIX para curvar la madera utilizando vapor de agua y producir millones de muebles, técnica que aún se emplea actualmente. Es un material básico en las industrias mueblera y de la construcción, la fibra de celulosa es materia prima para las industrias del papel, del cartón, y de tableros de fibrocemento.

Aunque es un recurso renovable, se ha explotado en forma irracional ocasionando que las áreas de bosques y selvas disminuyan en forma alarmante, agravando diversos problemas ambientales como el calentamiento



Tumbona mecedora en madera de haya curvada. Hermanos Thonet, aprox. 1880.

30. Bodig, Jozsef y Benjamin A. Jayne. (1982). *Mechanics of Wood and Wood Composites*. Nueva York: Van Nostrand, Reinhold. Co., Prefacio, pág. vii.



Silla de tablillas y tiras de bambú. Unión Estatal de Productores de Bambú Poblano, Hueytamalco, Pue.



Banco de bambú. Artesanía japonesa.

global. Para disminuir este daño ambiental ha surgido la iniciativa del sello verde o madera certificada que *garantiza al consumidor que procede de bosques bien gestionados desde los puntos de vista económico, social y ecológico.*<sup>31</sup>

## **BAMBÚ**

Por ser la planta de más rápido crecimiento en el planeta, es un recurso prácticamente inagotable. Las especies de mayor tamaño alcanzan su máximo desarrollo en unos seis meses y su madurez para usos estructurales en un máximo de seis años (lo que a un árbol equivalente le tomaría unos veinte años), para otros usos puede utilizarse a menor edad. Su cultivo es mucho más sencillo, rápido y productivo que el de los árboles, se corta fácil y rápidamente y su transporte puede hacerse hasta sobre los hombros. Se le ha llamado “Oro verde”, “Acero vegetal”, “El regalo de los dioses” y otros calificativos que nos dan una idea de cómo se le aprecia por sus múltiples usos como alimento, medicina, material para construcción de casas, edificios e infinidad de objetos artesanales e industriales.

Su composición química y estructura microscópica son muy similares a las de la madera, con propiedades mecánicas semejantes a las del encino. Se trabaja con herramienta y maquinaria parecida pero el filo de los cortadores se desgasta más rápido.

En artesanía se producen muebles, canastas, tejidos para biombos y cortinas, utensilios de cocina, cestería, etc., todo esto con procesos muy sencillos y con bajo consumo energético.

Para la industria se han desarrollado una gran variedad de maquinaria y equipo para producir tablas para duelas de pisos, superficies de muebles y objetos varios, esterillas para tableros; chapas para los mismos tableros, piezas laminadas y recubrimientos; varillas redondas para tejer cortinas, palillos para comida oriental, etc.

31. [http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/naturaleza/2004/05/27/103262.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/naturaleza/2004/05/27/103262.php) (fecha de consulta 5 de agosto del 2010 17:15).



Conectores para estructuras tridimensionales de bambú utilizando el nudo MERO, Jörg Stamm.

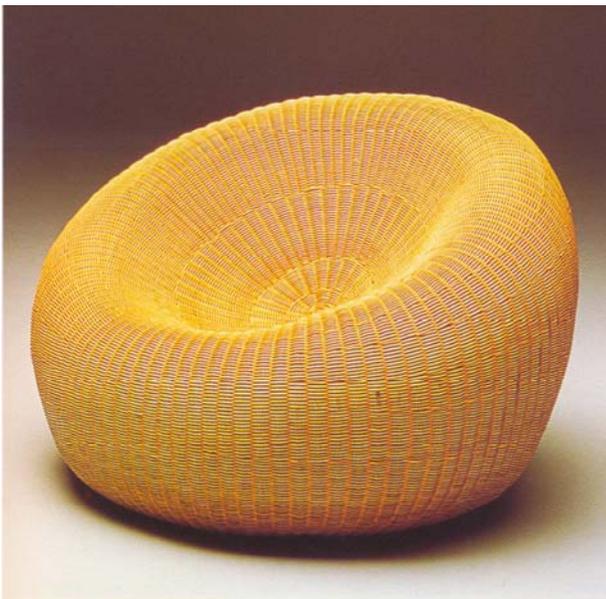
Su aplicación en la construcción es muy antigua y variada, desde un pequeño cobertizo hasta puentes con claros considerables, pasando por todo tipo de edificios. En los últimos años se han desarrollado innovaciones técnicas con conectores, refuerzos metálicos y rellenos de concreto que han ampliado notablemente las posibilidades estructurales del material.



Silla tradicional de rattan y mimbre.

## RATTAN

Es un material que se produce en las selvas de Indonesia, Malasia, Myanmar, Filipinas y países cercanos, su ciclo de regeneración es mucho más largo que el del bambú, lo que empieza a preocupar a los países productores que promueven su cultivo para que no desaparezca, pues existe una gran demanda. Es un tallo macizo, muy poroso, de cáscara muy resistente y flexible que se utiliza para tejidos, se puede curvar fácilmente sometándolo a un proceso por vapor de agua. Son muy conocidos los muebles producidos con piezas curvadas y ensamblados cubiertos con un “amarre” de una cinta delgada de la cáscara del mismo tallo. Con estas cintas también se tejen asientos y respaldos de sillas, biombos, etc., tejido que conocemos como bejuco.



Sillón moderno de mimbre. Giovanni Travasa, 1966.

## MIMBRE

Se conoce con este nombre al material para tejidos hechos con varillas redondas delgadas obtenidas de varias plantas como el mismo rattan, el sauce y otras, el más característico es el que se produce cortando varillas cuadradas de rattan que luego se hacen pasar por un dedo para darles sección circular, humedeciéndolo se ablanda para facilitar el tejido de diversos objetos como charolas, canastas y muebles sobre estructuras de madera o metálicas.



Botas de hule para trabajadores forestales. 1979. Departamento de desarrollo de producto Nokia Corporation.

## HULE

Es un material extremadamente elástico, de uso rudo, para una gran variedad de productos como llantas para vehículos, juntas y sellos para maquinaria y enseres domésticos, guantes, botas, ropa de trabajo impermeable y aislante de la electricidad, pisos para la industria de la construcción y muchos más.

Se obtiene del látex, savia lechosa de varias plantas tropicales como la *Hevea brasiliensis* de la selva amazónica y el guayule mexicano. Para algunas aplicaciones como las llantas para automóviles y camiones, se mezcla con hule sintético para obtener las propiedades deseadas.

El hule sintético, se produce con materias primas de la petroquímica. (ver elastómeros en la pág. 57 ).



Silla de madera con asiento de palma tejida. Oscar Hagerman, 1973.

## FIBRAS NATURALES

Con fibras como las que se obtienen del algodón y lino se elaboran productos textiles: hilos, telas, cordones, sobre todo para la confección de prendas de vestir. Muchos de estos productos se pensó que serían totalmente sustituidos por fibras plásticas como poliéster y acrílico, pero éstas no han podido igualar la sensación de suavidad al tacto, al contacto con la piel y facilidad de transpiración. Esto no ha sucedido en los casos del henequén y el yute, muy usados en costales, cuerdas y sogas, los materiales plásticos los han desplazado casi por completo principalmente por su menor costo. Otros vegetales como juncos y palmas son utilizados para tejidos de asientos y respaldos de sillas como la típica silla “mexicana” en la que Oscar Hagerman se basó para diseñar en los años 70 una versión contemporánea que ha sido muy imitada.

En los últimos años del pasado siglo se pusieron de moda en todo el mundo, muebles de formas contemporáneas procedentes de países tropicales orientales, construidos con cascos de madera totalmente forrados de tejidos con fibras de esos lugares, en México se comercializan en tiendas especializadas y departamentales con regular éxito por su alto precio.



Silla CAB con estructura metálica y forro de cuero. 1979. Mario Bellini.



Interior tapizado en piel, automóvil jaguar XJK 2009.



Artículos de seda. Colección Monarca. 2006. Pineda Covalín

## PIELES Y CUEROS

Se obtienen de la epidermis de muchos animales, evitando su descomposición por un proceso de curtido. Son muy flexibles, resistentes a la tensión y muy fáciles de trabajar, se pueden suavizar y teñir en muchos colores. Son de los materiales más antiguos empleados por el hombre para hacer sus vestidos, calzado, casas, embarcaciones, los soldados romanos utilizaban cascos y escudos de cuero 2200 años antes de Cristo.<sup>31</sup>

Una tapicería de piel en los muebles de una sala, en asientos, tablero y volante de un automóvil, una prenda de vestir, un portafolios bien ejecutado, siempre han sido considerados como representativos de lujo y elegancia.

Son muy conocidas las sillas y sillones de la línea CAB de Mario Bellini de 1979, un ejemplar de una de estas sillas se encuentra en la colección permanente del Museo de Arte Moderno de Nueva York.

La piel y el cuero son materiales biodegradables, y si el curtido se hace con materiales naturales, no es contaminante, pero en los procesos modernos se utiliza mucha agua y compuestos de cromo dañinos al medio ambiente.

## LANA Y SEDA

La lana es el pelo de la oveja que se corta (trasquila) generalmente una vez al año, se puede hilar y tejer para alfombras, tapices, telas de casimir y para tapicería y confección de prendas de vestir.

La seda es el hilo con el que forma su capullo el gusano de seda. La tecnología para cultivar el hilo procede de China, aproximadamente del siglo XXVI a.C.

Los tejidos de seda son muy apreciados por su suavidad al tacto, de esa sensación deriva el término "sedoso".

31. Cassina, SpA. (1989). *I Cuoi*. Milán: Cassina S.p.A.

## LOS PLÁSTICOS

Los materiales que llamamos plásticos son materiales orgánicos que no existen en la naturaleza, son el producto de investigaciones que resultan en materiales que primero se obtienen en un laboratorio por lo que se les llama también polímeros sintéticos o, como aparecen en la mayoría de textos de Ciencia e Ingeniería de Materiales, simplemente polímeros. En este trabajo los llamaremos por su nombre más conocido y empleado: PLÁSTICOS<sup>32</sup>, que proviene del griego "plastikos" ( capaz de ser moldeado ). Son productos de la petroquímica y de algunos vegetales como el maíz y la soya. El primer material considerado un plástico, el celuloide, se obtiene de la celulosa, fue patentado en 1870, y a partir de entonces se fueron sucediendo, en 1892 el rayón, en 1907 la bakelita, luego el poliéster, el nylon, el hule sintético, etc. Al finalizar la segunda guerra mundial se inundó el mercado con todo tipo de objetos de plástico de calidad variada, que dieron pie al uso de la expresión "de plástico" como sinónimo de corriente o de baja calidad, esta apreciación ya ha cambiado y a un poco más de un siglo de la aparición del primer plástico, son de los materiales más utilizados en todo el mundo para los usos más diversos.

A los plásticos se les clasifica en cuatro categorías:

- Termoplásticos
- Termofijos
- Elastómeros
- Degradables

Las tres primeras se refieren a su comportamiento ante variaciones de temperatura y la cuarta a la forma en que se efectúa su degradación.

Algunos plásticos pueden comportarse como pertenecientes a dos o hasta tres categorías como el poliéster, los poliuretanos y los silicones.

32. González Madariaga, Francisco Javier y José Antonio Plascencia. (2001). *Plásticos para Diseñadores*, Guadalajara: Universidad de Guadalajara, pág. 47.

## Termoplásticos

Son polímeros que pueden calentarse desde el estado sólido hasta el líquido viscoso, y al enfriarse vuelven a adoptar el estado sólido; este ciclo puede repetirse varias veces sin degradar al polímero lo que hace posible su reciclado.

## TERMOPLÁSTICOS

Es el grupo más numeroso y variado, solamente cuatro de ellos, el polietileno, el polipropileno, el polietileno tereftalato, el poliestireno y el policloruro de vinilo, participan con más del 60% del total del mercado de los plásticos. Se pueden transformar por casi todos los procesos conocidos: compresión, inyección, soplado, extrusión, sinterizado, calandreo, rotomoldeo, espumado, vaciado, laminado y termoformado, para todo tipo de industrias: envase y embalaje, construcción, agricultura; partes mecánicas, automotrices, eléctricas y electrónicas; muebles, enseres domésticos, juguetes, cables, alambres, fibras textiles, etc. Se surten normalmente en forma de granulados (pellets) o polvos, envasados o a granel.

Las propiedades de estos materiales y los adelantos en los procesos como inyección y rotomoldeo han hecho posible el sueño de muchos diseñadores: eliminar las estructuras de muchas piezas con uniones (que son los puntos débiles) y lograr una silla de una sola pieza.

No se sabe con exactitud si el primer intento exitoso fue de Joe Colombo, Verner Panton o Vico Magistretti, en los pasados años 60 pero a partir de entonces los ejemplos se multiplicaron y redujeron su precio haciéndolas accesibles a todo público. En nuestro país vemos ejemplos de esto en infinidad de fondas, taquerías y cafeterías, y lo mismo se ve en todo el mundo.

Los principales plásticos de este grupo y sus usos más frecuentes son:

### **ABS Acrilonitrilo Butadieno Estireno**

Partes automotrices, electrodomésticos, equipos de oficina.



Sillas de una sola pieza en termoplásticos inyectados. Verner Panton y Vico Magistretti.

**EVA Etil Vinil Acetal**  
Cubiertas de invernadero, espumas conductoras, protectores, plantillas y suelas, pantuflas desechables, aislamiento acústico y térmico, material antivibratorio, materiales didácticos, parachoques de barcos, flotadores, juntas para construcción, adhesivos en caliente (hot melt).

**PA Poliamidas**, una familia de polímeros donde se encuentra el Nylon, para fibras para telas, cuerdas y alfombras, engranes, y cojinetes autolubricantes. Otro grupo son las **Aramid**s, que incluyen el Kevlar con la misma resistencia mecánica del acero pero con 20% de su peso, con usos tan variados como refuerzo para resinas epoxy o chalecos antibalas.

**PC Policarbonato**  
Excelentes propiedades mecánicas, para garrafones, biberones, en el grueso adecuado detiene balas, por lo que se le emplea para blindajes.

**PE Polietileno**  
Se presenta en tres grados: de alta densidad PEAD, para envases, tubos, placas, artículos domésticos. De baja densidad PEBD, hojas y películas. Lineal de baja densidad PELBD, para películas para bolsas, espumado para bajoalfombras, envases, láminas y placas.



Q-Drum. Recipiente cerrado para transporte de agua. Polietileno lineal de baja densidad. 1993. P.J. y J.P.S. Hendrikse.



Escritorio Baobab de polietileno formado por rotomoldeo con superficie superior de poliuretano. 2006. Philippe Starck para Vitra.



Luces posteriores automotrices en acrílico.

**PET Polietilen Tereftalato**  
Envases para bebidas y alimentos, fibras textiles.

**PMMA Polimetilmetacrilato (acrílico)**  
De excelente transparencia, para óptica, láminas, fibras textiles, luces traseras de automóviles, su desventaja es que se raya fácilmente.

**PP Polipropileno**  
Partes moldeadas, fibras para alfombras.

**PS Poliestireno**  
Juguetes, útiles domésticos. También se presenta expandido EPS, para empaques y placas, conocido como unisel; y el de alto impacto HIPS, para los mismos usos del PS, pero con mayor resistencia mecánica.

**PTFE Politetrafluoroetileno (Teflón)**  
Por su bajo coeficiente de fricción, se usa en cojinetes, revestimiento de ollas y sartenes, tratamiento de textiles.

**PVC Policloruro de vinilo**  
Se presenta en forma rígida y flexible, para tuberías, películas, láminas, espumados. Se le ha considerado un plástico peligroso, no lo es en su uso, pero si en su producción, *Se debe tener cuidado en el manejo y producción del monómero de cloruro de vinilo que se usa para polimerizar el PVC debido a su naturaleza cancerígena.*<sup>33</sup>

33. Groover, Mikell P. *Fundamentos de Manufactura Moderna, Materiales, Procesos y Sistemas*. (1997). México: Prentice Hall Latinoamericana, pág. 204.

## Termofijos

Son plásticos que se someten a un calentamiento para moldearlos y, una vez fríos, ya no pueden reprocesarse, por lo mismo, no son reciclables.

## TERMOFIJOS

Se presentan en forma de resinas líquidas y polvos. *En general, los termofijos son: 1) más rígidos, con módulos de elasticidad dos o tres veces más grandes; 2) frágiles, prácticamente no poseen ductilidad; 3) menos solubles en los solventes comunes; 4) capaces de funcionar a temperaturas más altas; y 5) no pueden ser refundidos, en lugar de esto se degradan o se queman.*<sup>34</sup>

Algunos de los más utilizados son:

### Aminorresinas

Urea formaldehído y melamina.  
Para fabricación de tableros de madera y laminados plásticos, platos, recipientes, vajillas.

### Epóxicos

Para adhesivos y reforzada con fibras de carbono o Kevlar para aeronáutica o automóviles de competencia.

### Fenólicos

Fenol formaldehído (Bakelita), se utiliza con cargas minerales y aserrín o fibra de celulosa, no acepta colores claros. Otras resinas de la misma familia se utilizan para contrachapados de madera, tarjetas para circuitos impresos, balatas y adhesivos para piedras abrasivas.

### Poliéster

Para vaciados, con o sin cargas, y piezas reforzadas con fibra de vidrio.

### Poliuretano

Puede ser termoplástico, termofijo o elastómero. Para pinturas y barnices, espumas rígidas y aislantes.



Pinzas con mangos de polipropileno y poliuretano suave. 2000. Massimo Ciceri.

34. Groover. op. cit., pág. 204.

## Elastómeros

Son plásticos capaces de deformarse elásticamente hasta un 500%. Al igual que los termofijos no pueden reprocesarse, se pueden reciclar triturándolos para formar aglomerados con una resina plástica.



Zapato deportivo para dama en cuero, telas y elastómeros. 2009. Nike.

## Silicones

Termofijos y elastómeros. repelente al agua, resistente al calor, para recubrimientos y laminados, moldeo de materiales eléctricos.

## ELASTÓMEROS

El ejemplo clásico de un elastómero es el hule, que ya vimos entre los materiales naturales. Existe una gran variedad de hules sintéticos para diversos usos:

- BR Hule butadieno**  
Utilizado sobre todo en llantas.
- CR Hule cloropeno (neopreno)**  
Para mangueras y bandas transportadoras.
- EPDM Hule etilen propilénico**  
Como aislante.
- IR Hule isopreno**  
Llantas, calzado, bandas transportadoras.
- PIB Hule butílico**  
Cámaras para llantas, artículos deportivos.
- PUR Poliuretano**  
Como espumas flexibles para acojinamientos.
- VMQ Silicones**  
Selladores, adhesivos.

### **Fotodegradables**

**Materiales que se degradan por la acción de los rayos ultravioleta de la radiación solar de manera que pierden sus propiedades y se fragmentan en partículas diminutas.**

### **PLÁSTICOS DEGRADABLES**

La degradación en estos plásticos, puede efectuarse por la acción de los rayos ultravioleta de la radiación solar (fotodegradación) o por procesos biológicos (biodegradación). Un ejemplo de lo primero lo tenemos en las bolsas de polietileno que expuestas a la luz solar continua en los meses de máxima radiación (marzo a diciembre) se desintegran por completo. Los biodegradables son obtenidos de almidones, azúcares, celulosa, aceites vegetales, algas marinas, etc.

El mas conocido de ellos es el Ácido poliláctico **PLA**.

Los oxo degradables, también llamados oxo biodegradables, *son plásticos que por medio de aditivos minerales que incorporan oxígeno en la estructura del polímero desarrollan un proceso de degradación primero por la luz ultravioleta o el calor que lo dejan susceptible de biodegradarse.*<sup>35</sup>

No se tiene la certeza de que los residuos finales luego de la degradación sean totalmente inofensivos para el medio ambiente.

Hay que tener la precaución de separar todos los plásticos degradables para no mezclarlos con otros que vayan a reciclarse para usos de larga duración, pues los harían degradables.

35. [http://www.quiminet.com/ar1/ar\\_4%2514%2501%2512%251B%2510%2560%2501.htm](http://www.quiminet.com/ar1/ar_4%2514%2501%2512%251B%2510%2560%2501.htm) (fecha de consulta 14 de abril del 2010 21:56).

## **Materiales Compuestos**

Son sistemas formados por dos o más materiales en los que, al combinarlos, se obtienen propiedades conjuntas diferentes y superiores a las de cada uno de sus componentes.

## **MATERIALES COMPUESTOS**

A los componentes de un material compuesto se les llama fases, una de las cuales es la fase primaria también llamada matriz a la que se incorpora una secundaria a la que se le llama refuerzo o relleno.

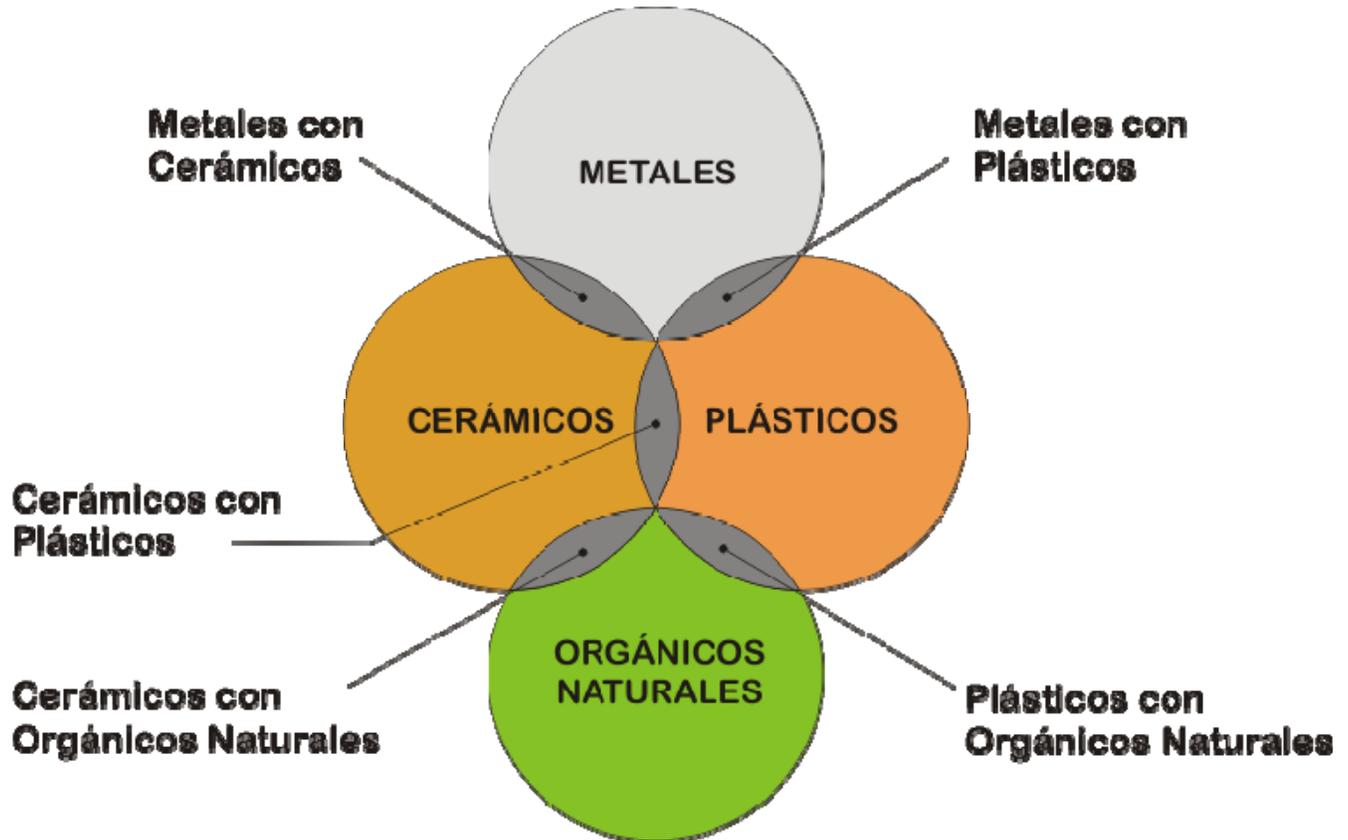


Diagrama de Venn, citado por Groover (1997), pág. 10, adaptado para incluir a los materiales orgánicos naturales.

Algunos autores consideran solamente compuestos reforzados y estructuras laminares, otros consideran también compuestos aglomerados o agregados. Para una más fácil comprensión de estos materiales, los dividiremos en aglomerados, reforzados y laminados. Un cuadro con los más usuales para el diseñador se presenta en la página siguiente.

## MATERIALES COMPUESTOS MAS USUALES

	METALES CON PLÁSTICOS	METALES CON CERÁMICOS	CERÁMICOS CON PLÁSTICOS	CERÁMICOS CON ORGÁNICOS NATURALES	PLÁSTICOS CON ORGÁNICOS NATURALES
<b>AGLOMERADOS</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discos y piedras abrasivas</li> <li>• Placas de arenas, granos de mármol o cuarzo con resinas plásticas para cubiertas de muebles de cocina.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tableros fibrocemento <i>Eureka, Mexalit</i>.</li> <li>• Tableros de partículas de madera y cemento Portland.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tableros de partículas de madera.</li> <li>• Tableros de fibra de madera LDF, MDF y HDF <i>Masisa</i>.</li> <li>• Aglomerados de corcho.</li> <li>• Aglomerados de hule.</li> </ul>
<b>REFORZADOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plásticos reforzados con fibras metálicas, (balatas para frenos).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concreto reforzado con barras, mallas o alambres metálicos.</li> <li>• Ferrocemento.</li> <li>• Cermets (acero reforzado con carburos y nitruros).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plásticos reforzados con fibra de vidrio y de carbono.</li> <li>• Concreto polimérico</li> <li>• Concreto polimerizado</li> <li>• Concreto reforzado con fibras o mallas plásticas. <i>Durock</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concreto reforzado con fibras naturales o bambú.</li> <li>• Bambúcimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plásticos reforzados con fibras naturales.</li> </ul>
<b>LAMINADOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Llantas (hule, cuerdas metálicas).</li> <li>• "Sandwich" de láminas metálicas y plástico. <i>Alucobond, Albond</i>.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vidrio de seguridad y blindado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• "Sandwich" cartón caple y yeso reforzado con fibra de vidrio. <i>Tablaroca, Plaka</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tableros contrachapados de madera.</li> <li>• Partes de madera laminada para muebles.</li> <li>• Sandwich cartón y espuma plástica <i>Gator</i>.</li> <li>• Cartón plastificado <i>Tetrapack</i>.</li> <li>• Laminados plásticos <i>Formica, Wilsonart</i>.</li> </ul>

Algunos materiales compuestos no caben en estas divisiones, son casos muy particulares en los que los componentes pertenecen a una misma categoría como el concreto simple en el que el cemento y los agregados son cerámicos, o la resina epoxy reforzada con fibras de Kevlar en la que ambos son plásticos o coextrusiones con varias capas de plásticos diferentes.

## **Aglomerados**

**Materiales compuestos en los que la fase primaria actúa como cementante o aglomerante uniendo agregados o partículas que constituyen la fase secundaria, formando un sólido.**

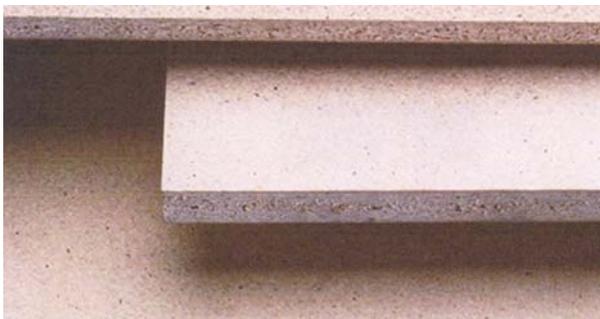
## **AGLOMERADOS**

### **CONCRETO**

Se prepara con cemento Portland, agregados pétreos (arena, grava) y agua, en este caso el cementante es el cemento Portland que reacciona químicamente con el agua para solidificarse con los agregados como una piedra artificial.

Al concreto que tiene agua como componente se le llama concreto hidráulico; hay otros tipos de concreto como el asfáltico y el polimérico en los que el cementante es asfalto en el primer caso y una resina plástica en el segundo. El concreto hidráulico es un material poroso; al rellenar sus poros con una resina plástica, se obtiene un material impermeable y de fácil limpieza, con mejor resistencia mecánica: el concreto polimerizado.

En los últimos años se han desarrollado concretos que incluyen entre sus componentes fibra óptica y otros materiales que lo hacen translúcido con buena resistencia mecánica.



Tableros aglomerados de partículas.

### **AGLOMERADOS DE MADERA Y CORCHO**

Los tableros aglomerados de partículas de madera, conocidos simplemente como “aglomerados”, se utilizan en aplicaciones en que la apariencia no es muy importante y generalmente se recubren o se pintan.



Tableros OSB.

Los tableros de hojuelas de madera orientadas (OSB por sus siglas en inglés de Oriented Strand Board) poseen buena resistencia mecánica para usos estructurales como casas de madera y cajas para embalajes.



Tableros MDF

Los tableros de fibra de madera se clasifican como de baja, media y alta densidad. Los de baja densidad se utilizan sobre todo como aislante acústico y térmico en muros y plafones. Los de media densidad tienen muchas aplicaciones en la industria mueblera, juguetera, decoración, etc., por su facilidad para maquinarlos y su textura lisa. Los de alta densidad son útiles donde se necesita mayor dureza y resistencia mecánica como en los pisos laminados.



Tapones para botella de vino en corcho macizo y aglomerado.

Los tableros de fibrocemento son aglomerados de partículas o fibra de madera (celulosa) con cemento Portland como aglutinante, se emplean sobre todo para casas prefabricadas, muros divisorios en edificios, fachadas y señalamientos exteriores.

El corcho que no es aprovechable como una pieza maciza, se tritura en fragmentos pequeños que se aglomeran con una resina plástica y se cortan en láminas delgadas o placas para pisos, recubrimientos y tableros para colocar avisos y recordatorios, ó se moldean para piezas como tapones de botellas. Es un material aislante acústico y de una suave sensación al caminar sobre él.



Tire Veneer. Material para pisos de hule reciclado de llantas y EPDM coloreado.

## Reforzados

Materiales compuestos en los que la fase secundaria, en forma de fibras, alambres, partículas, mallas o barras, refuerza a la fase primaria.



Sillón con casco de poliéster reforzado con fibra de vidrio. 1950. Charles Eames.

## AGLOMERADOS DE HULE

Con material reciclado de hule proveniente de llantas de desecho y desperdicios de la industria del calzado, se producen granulados y polvos para aglomerados con muchas aplicaciones industriales como: pasto artificial, topes para vialidades, suelas para calzado, dispositivos para absorber vibraciones, aditivos para pavimentos de base asfalto, y superficies para canchas deportivas.<sup>36</sup>

## REFORZADOS

### PLÁSTICOS REFORZADOS

Con este nombre se conoce a una gran variedad de combinaciones de resinas como poliéster o epóxicas, con refuerzos en forma de fibras de vidrio, carbono, boro o Kevlar.

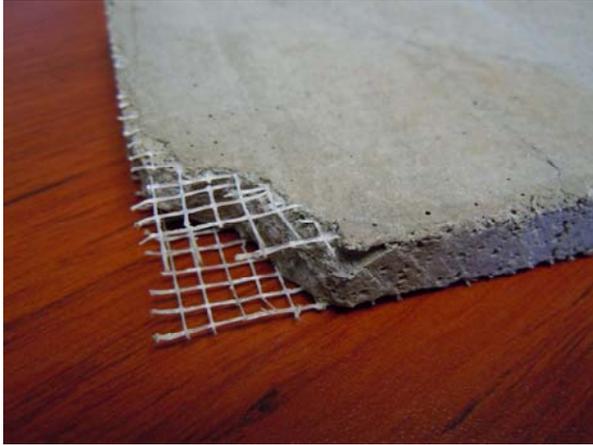
Quizás la combinación más difundida y accesible tanto para producción industrial como artesanal en pequeños talleres, es la de poliéster-fibra de vidrio. Desde los primeros años posteriores a la segunda guerra mundial, los diseñadores comenzaron a experimentar con las nuevas formas que permitía este material en muebles, automóviles, camiones y toda clase de objetos.

Para usos en los que se requiere una gran resistencia mecánica y poco peso se utilizan epoxy-fibra de carbono ó epoxy - kevlar cada vez más utilizadas en monocascos de automóviles y lanchas de competencia, industria aeronáutica y aeroespacial.

### CONCRETO REFORZADO

El concreto, que ya vimos como material aglomerado, puede también reforzarse para absorber esfuerzos de tensión (el concreto simple tiene buena resistencia a la compresión pero poca a la tensión).

36. Capellini, Marco. (2008). Reciclo e Innovazione: La Goma, en revista *Ottagono* núm. 207, febrero 2008, Boloña, pág. 44.



Tablero de concreto con refuerzo de mallas plásticas DUROCK.

Se le puede reforzar con acero en forma de barras, mallas o fibras cortas; reforzándolo con malla “de gallinero” se pueden lograr superficies delgadas y curvas con resultados muy interesantes, material conocido como ferrocemento.

Se ha desarrollado tecnología para altas producciones de piezas reforzadas con fibra de vidrio con la que se obtienen piezas delgadas, muy resistentes y ligeras, también se refuerza con poliéster y otros plásticos en fibras o mallas como en el caso del tablero Durock.



Silla para exteriores “Loop”. 1954. En fibrocemento. Willy Guhl.

El bambú se utiliza como refuerzo de elementos estructurales en forma de tallos seccionados longitudinalmente a la mitad y como cintas delgadas tejidas recubiertas con mortero, en cuyo caso se conoce como bambucemento. Con otras fibras naturales como yute y henequén, se han realizado algunos experimentos con regulares resultados.

### CERMETS

Son compuestos de matriz metálica reforzada con cerámicos, estos últimos hasta en 96% en volumen, como carburos y nitruros de tungsteno, silicio o titanio, para herramientas de corte como sierras, buriles y cuchillas, entre estas últimas están las conocidas como “de cerámica”.

### Laminados

Un material compuesto laminado consiste en dos o más capas de uno o varios materiales para formar una sola pieza.

### LAMINADOS

Las capas de los compuestos laminados pueden estar unidas con un adhesivo o por calor, en cualquier caso esta unión no permite reciclar los materiales por separado sin embargo se reciclan por ejemplo, los envases Tetrapak triturándolos en fragmentos pequeños y aglomerándolos aunque no se le ha encontrado aún un uso útil.

Las combinaciones mas frecuentes son:



Material ALBOND de dos capas exteriores de lámina de aluminio esmaltado y central de polietileno espumado.

## METALES CON PLÁSTICOS

Llantas para vehículos, que se componen por capas de hule (natural y sintético) y “cuerdas” de nylon y de acero.

Materiales sandwich con láminas metálicas y plásticas como el Alucobond y similares con dos capas exteriores de lámina de aluminio y una central de polietileno espumado, muy utilizado en fachadas de edificios y muebles comerciales.



Vidrio blindado automotriz. Pruebas balísticas.

## CERÁMICOS CON PLÁSTICOS

Vidrio de seguridad, que se compone de láminas de vidrio con una película plástica entre ellas; el blindado tiene varias capas de vidrio, en ocasiones combinado con acrílico, y película plástica.

## CERÁMICOS CON ORGÁNICOS NATURALES

Tablaroca: dos láminas de cartoncillo caple con centro de yeso reforzado con fibra de vidrio, muy usado para muros divisorios en edificios.



Tablero contrachapado de cinco capas de pino Masisa.

## ORGÁNICOS NATURALES CON PLÁSTICOS

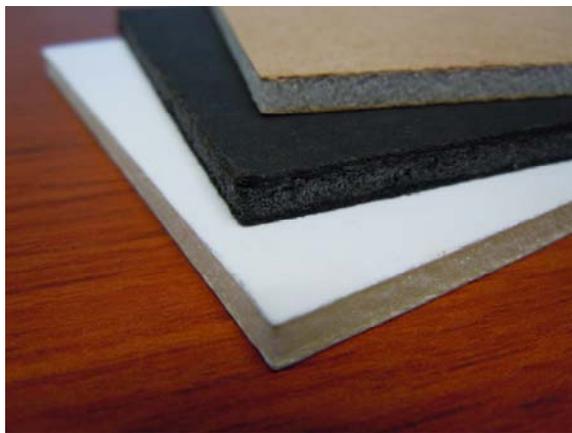
Es el grupo donde encontramos mayor número de materiales usuales en diseño como:

Tableros contrachapados de madera, también conocidos como triplay, formados por un número impar de chapas de madera colocadas de manera que la dirección de la fibra de una capa sea perpendicular a la de la adyacente,



Sillón de descanso de abedul laminado modelo 43. 1936. Alvar Aalto.

unidas con un adhesivo plástico; y piezas de madera laminada para muebles con varias capas de chapa colocadas en la misma dirección o como en los contrachapados, dependiendo de la forma y el esfuerzo que tengan que absorber.



Tableros de cartulina y kraft y espuma plástica Gator.

Tableros para impresos comerciales con dos capas exteriores de cartulina caple o kraft grueso con un centro de espuma plástica, como Foam X y Gator.



Mueble de guardado "Casablanca". 1981. Recubierto con laminado plástico con decorados producidos especialmente para el autor. Ettore Sottsass.

Laminados plásticos de varias capas de papel kraft como respaldo de una de papel impreso en gran variedad de colores, dibujos o vetas de madera o mármol, que será la visible, embebidas en una resina termofija y unidas con alta presión, para recubrimientos de muebles, cancelería y otros objetos, conocidos como "formaica", derivado de la marca registrada del primer producto comercial: Formica, desarrollada por Dupont. Se producen en acabados mate y brillante para usos verticales como puertas y cancelería, y horizontales como cubiertas para mesas de uso intenso que requieren una mayor resistencia a la abrasión (desgaste).

# 3

**¿CÓMO SE COMPORTAN?**

### 3. ¿CÓMO SE COMPORTAN?

Las propiedades de los materiales determinan su comportamiento ante condiciones externas como: aplicación de una o varias fuerzas, de calor, corriente eléctrica, etc.

Algunos autores distinguen propiedades físicas, mecánicas, eléctricas, térmicas, acústicas, ópticas, químicas, psicológicas,<sup>37</sup> etc., para otros solo hay dos divisiones: mecánicas y físicas, y consideran a las térmicas, eléctricas, etc., dentro de estas últimas.

Tratar todas las propiedades nos llevaría un volumen grueso del cual utilizaríamos solo una parte. Revisaremos aquí únicamente las más usuales, dentro de las mecánicas, físicas, térmicas y eléctricas para lo que he elaborado gráficas en las que se pueden comparar las propiedades en el mayor número de materiales de los que se dispone de información.

#### **Propiedades Mecánicas**

*Las propiedades mecánicas de los materiales determinan su comportamiento cuando se les sujeta a esfuerzos mecánicos.*<sup>38</sup>

#### **PROPIEDADES MECÁNICAS**

Estas propiedades incluyen entre otras: elasticidad, ductilidad, dureza, resistencia a la tensión, compresión y cortante, y esfuerzos combinados como flexión y torsión en los que aparecen tanto tensiones como compresión y cortante.

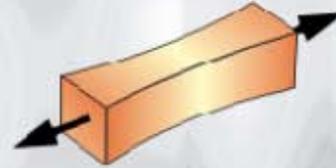
37. Hoadley, R. Bruce. (1980). *Understanding Wood, A Craftsman's Guide to Wood Technology*. Newtown, CT. The Taunton Press, pág. 142.

38. Groover. op. cit., pág. 43.

# ESFUERZOS MECÁNICOS

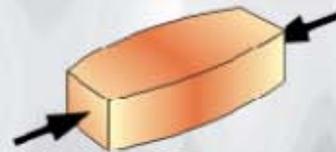
## Tensión

Esfuerzo producido por dos fuerzas colineales que tratan de alargar un objeto.



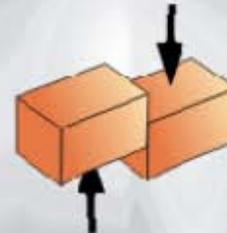
## Compresión

Esfuerzo producido por dos fuerzas colineales que tratan de aplastar al objeto.



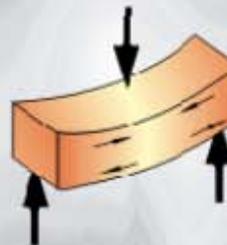
## Cortante

*Implica fuerzas en sentidos opuestos que tienden a deslizar porciones adyacentes de material una sobre otra. (Groover, 1997)*



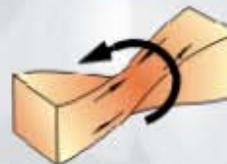
## Flexión

Cuando aplicamos una carga transversal en una pieza adquiere una forma cóncava y aparecen esfuerzos de compresión en la cara interna, tensión en la cara externa y cortante paralelo al eje longitudinal.



## Torsión

Cuando aplicamos fuerzas que tratan de girar los extremos de una pieza en sentidos opuestos (como si la expriméramos), también aparecen tensión, compresión y cortante.



## PROPIEDADES EN TENSIÓN

Los esfuerzos al ser aplicados en los materiales producen ciertas deformaciones. Para entender ese comportamiento se realizan ensayos. El ensayo de tensión es el más utilizado para estudiar la relación entre el esfuerzo aplicado y la deformación que produce en un material. La gráfica de esa relación, la curva de esfuerzo contra deformación es la forma más sencilla de entender las propiedades mecánicas de los materiales.

### GRÁFICA ESFUERZO – DEFORMACIÓN EN TENSIÓN



## PROPIEDADES EN COMPRESIÓN Y POR CORTANTE

Tomando como base la curva de la gráfica esfuerzo-deformación en tensión, podemos conocer las propiedades en compresión y por cortante, al respecto nos dice Groover: *aunque existen diferencias entre las curvas de esfuerzo-deformación ingenieriles en tensión y en compresión, cuando los datos respectivos se trazan como esfuerzo contra deformación real, resultan relaciones casi idénticas (para casi todos los materiales). La resistencia al corte puede estimarse con los datos de la resistencia a la tensión mediante la aproximación  $S=0.7 (TS)$  en donde S es la resistencia al corte y TS la resistencia a la tensión.*<sup>39</sup>

Enseguida veremos otras propiedades mecánicas como los comportamientos elástico y plástico y la dureza en los materiales.

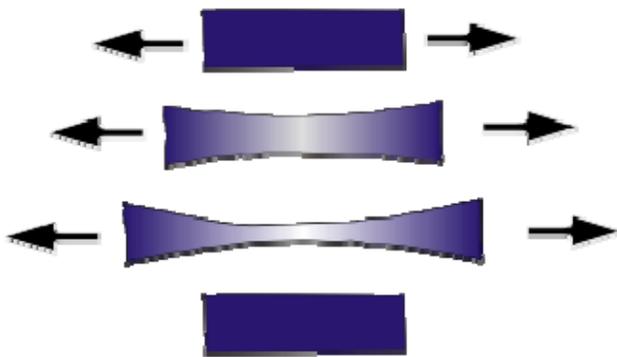
39. Groover. op. cit., págs. 53 y 57.

## COMPORTAMIENTO ELÁSTICO

### Elasticidad

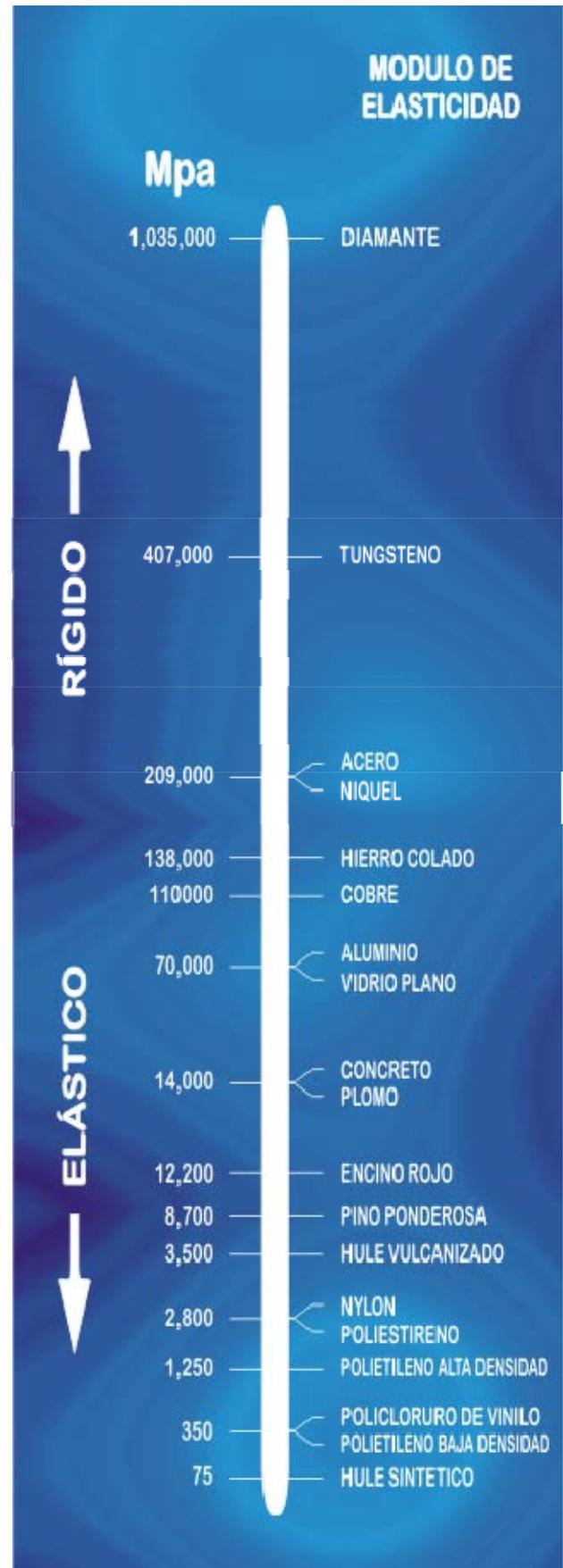
Describe una deformación reversible proporcional al esfuerzo, al eliminar el esfuerzo, la deformación desaparece.

(Comportamiento elástico)



El comportamiento elástico se mide con el Módulo de elasticidad **E** ó Módulo de Young que es una medida de la rigidez inherente del material, una constante de proporcionalidad de valor diferente en cada material. Las unidades en que se mide son: MPa,  $\text{kg/cm}^2$ , psi (  $\text{lb/pulg}^2$  )<sup>40</sup>.

El valor del Módulo de elasticidad **E** para algunos materiales lo podemos ver en la tabla de la derecha:



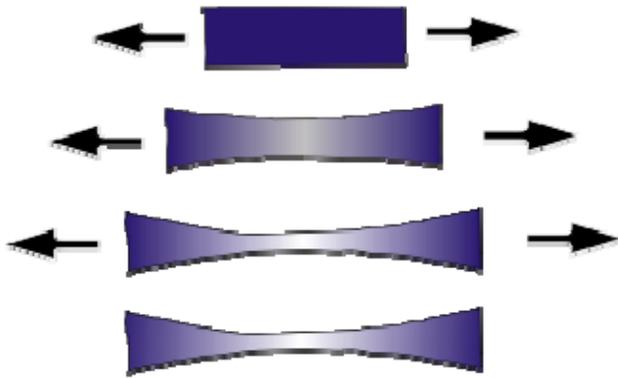
40. 1 MPa= 10.197  $\text{kg/cm}^2$  = 145 psi

## COMPORTAMIENTO PLÁSTICO

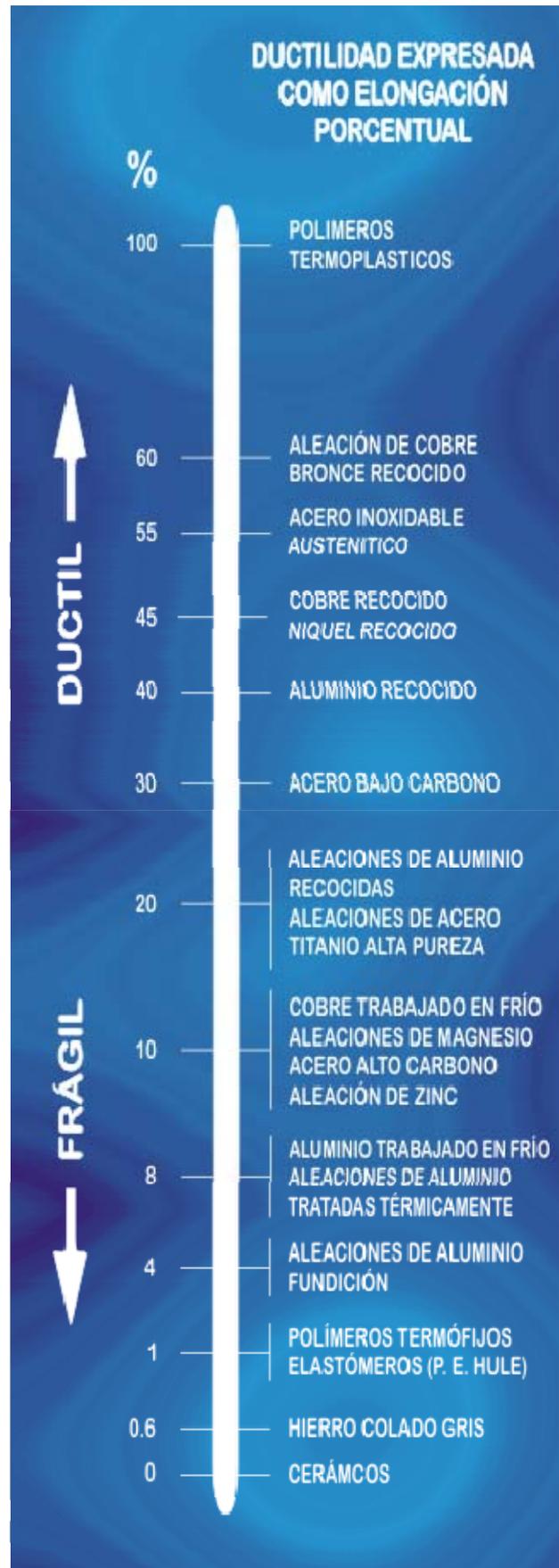
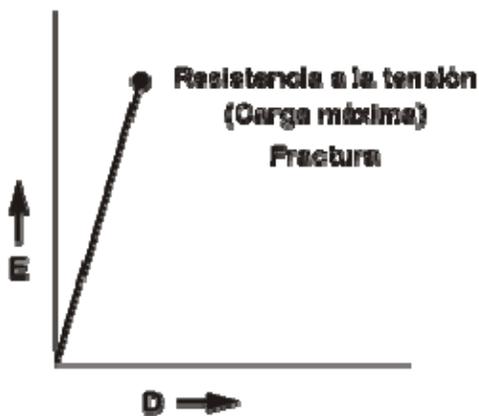
El comportamiento plástico es muy diferente al elástico. El material se deforma y ya no regresa a su forma original. La medida de este comportamiento es la ductilidad y se expresa como elongación porcentual.

### Ductilidad

Capacidad de un material para deformarse plásticamente sin romperse.



Un material que no es dúctil, sin deformación plástica, como el hierro fundido, los cerámicos y los plásticos termofijos, presentan una gráfica:



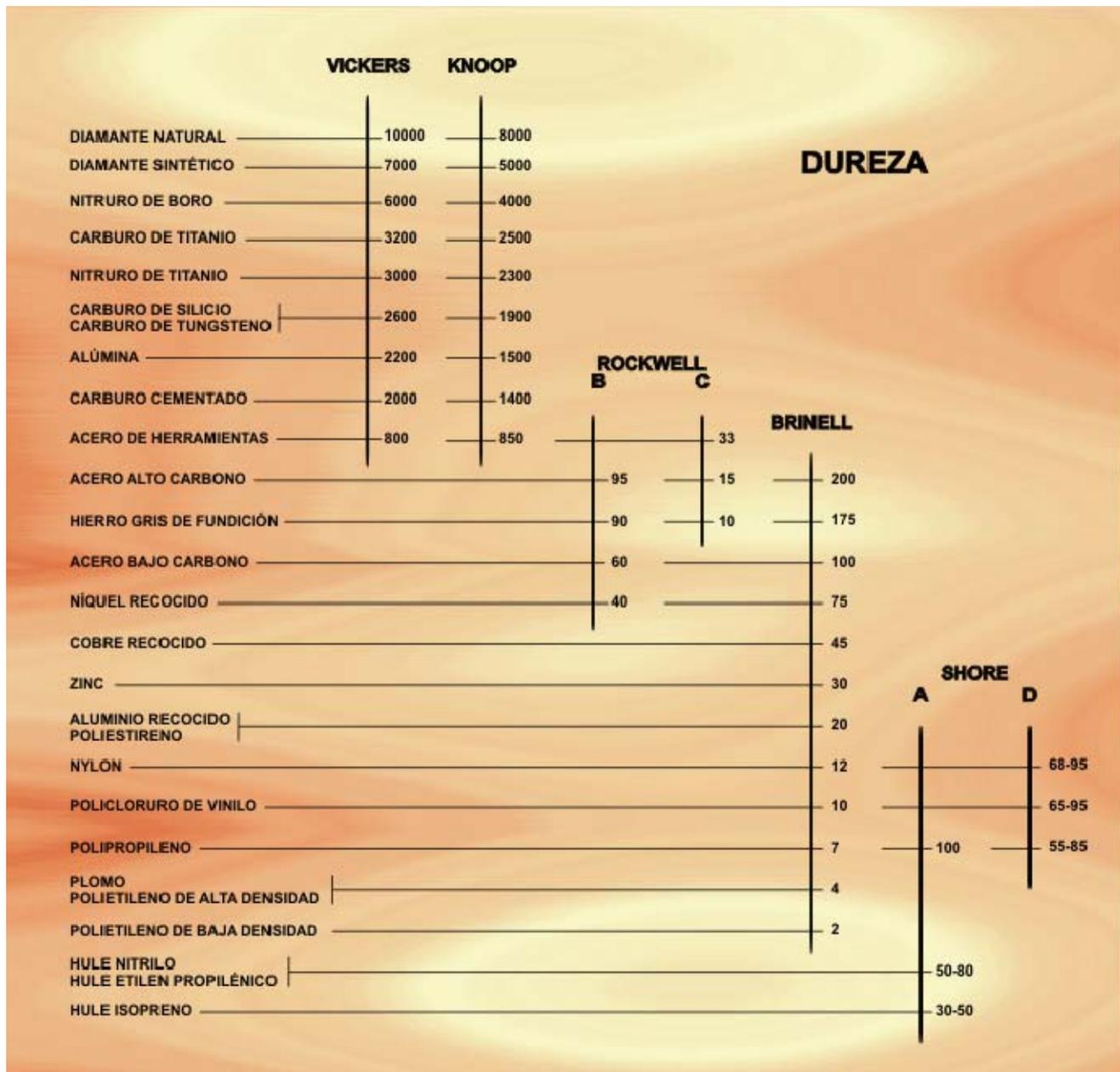
## Dureza

Resistencia de un material a la penetración de su superficie. Una alta dureza significa que no se raya o desgasta fácilmente.

Para valorar esta propiedad se efectúan ensayos (pruebas), las más conocidas son: Vickers (HV) y Knoop (HK) para materiales cerámicos y aceros de alta dureza; Rockwell (HR) y Brinell (HB) para metales y no metales de dureza media a baja, y Shore (HS) para termoplásticos y elastómeros, los primeros utilizan un indentador con forma de esfera,

como ó pirámide que se presiona o deja caer para penetrar el material de prueba, la medida es la profundidad de la indentación, y el Shore emplea un “durómetro”; algunas tienen varias escalas como Rockwell (A,B,C) y Shore (A,B,C,D,O,DO,OO).

Un material duro como el vidrio no es fácil rayarlo, en cambio el acrílico, mucho más blando, se raya y pierde el pulido de su superficie con solo limpiarlo varias veces con una franela seca.



## PROPIEDADES FISICAS

### Densidad

La densidad de un material es su peso por unidad de volumen. Sus unidades usuales son:  $\text{g/cm}^3$ ,  $\text{kg/dm}^3$ ,  $\text{ton/m}^3$ , etc. La densidad del agua es  $1\text{g/cm}^3$ , cualquier material con densidad menor flotará en ella.

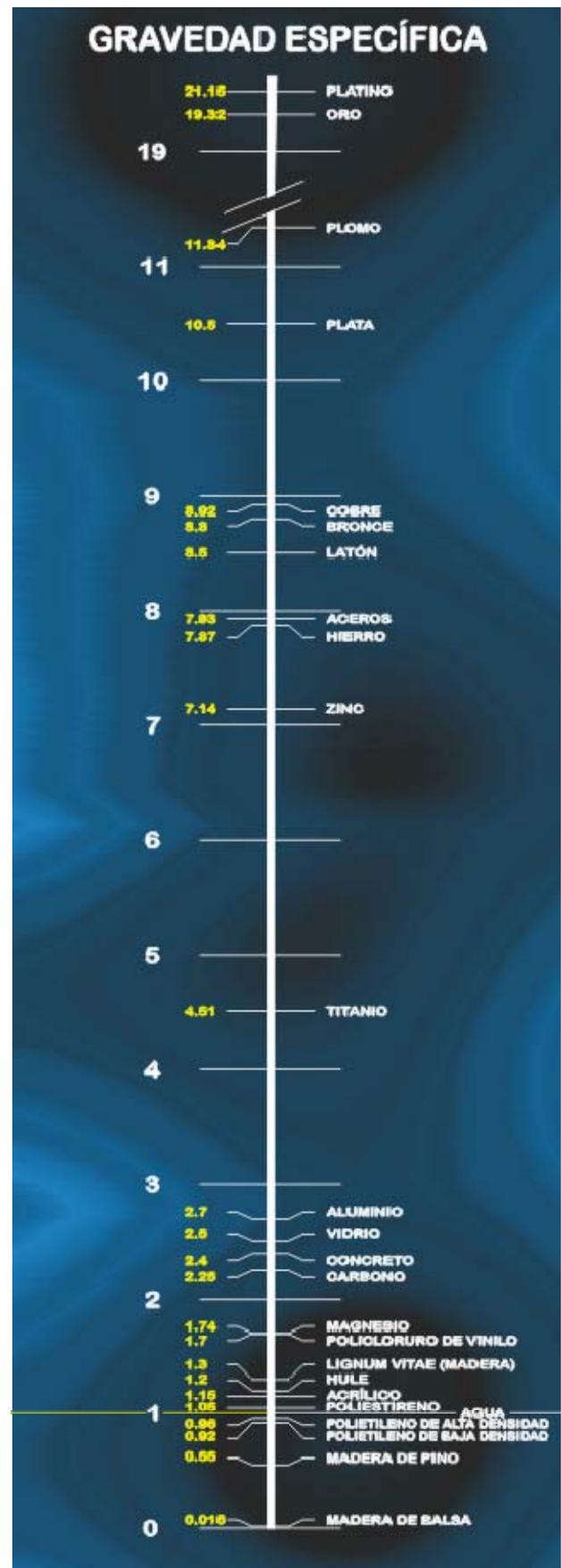
### Gravedad específica o peso específico

Son términos que expresan la densidad de un material con relación a la densidad del agua, es una razón, por lo que no tiene unidades, por ejemplo, un material con densidad igual a  $4.51\text{g/cm}^3$  tiene una gravedad específica de 4.51.

Conocer esto nos sirve para calcular el peso de las piezas que diseñamos. Se obtiene calculando el volumen y multiplicándolo por su densidad, por lo que necesitamos conocer y manejar las fórmulas para obtener el volumen de los cuerpos.

En algunos casos el peso es un factor muy importante en el diseño, por ejemplo, cuando nuestros objetos tienen que transportarse constantemente por vía aérea, necesitamos que sean ligeros, y cuando queremos que no puedan moverse fácilmente, que sean pesados.

El valor de la gravedad específica de materiales usuales, podemos verlo en la gráfica a la derecha.



## PROPIEDADES TÉRMICAS

### Punto de fusión

*Es la temperatura a la cual se transforma el material del estado sólido al líquido.<sup>41</sup>*

No todos los materiales pasan del estado sólido al líquido, sucede con los metales, el vidrio y los termoplásticos, mientras que no tiene aplicación para las maderas, fibras naturales, concreto, cerámicos, plásticos termofijos, etc.

Los valores de esta propiedad los vemos en la siguiente tabla:



41. Groover, op. cit., pág. 75.

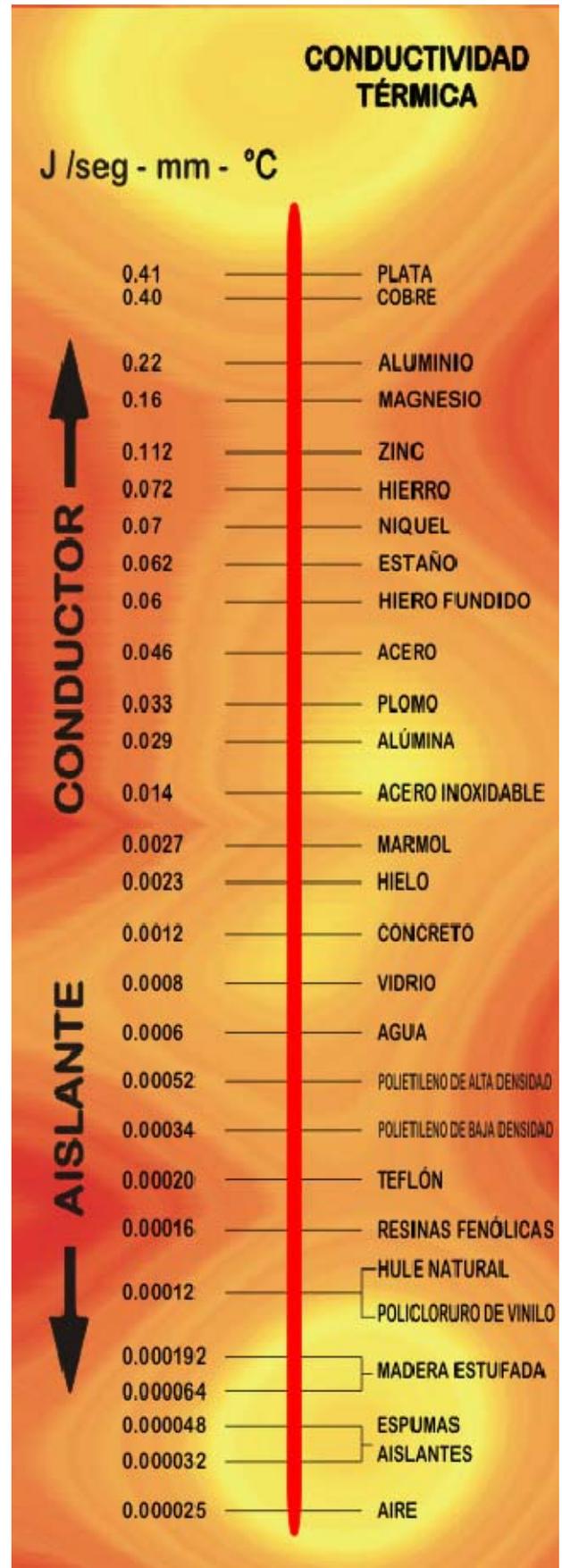
## Conductividad térmica

La conductividad térmica es la capacidad de los materiales para transferir calor a través del mismo.

Cuando un material conduce rápidamente el calor se dice que es un buen conductor. Los metales son buenos conductores, los materiales que no son conductores, son aislantes térmicos, como los cerámicos y los plásticos.

Los buenos conductores se enfrían cuando la temperatura ambiente es baja, o se calientan con el sol: una banca metálica en exteriores se comportará en esta forma. Si queremos evitar la sensación de sentarnos sobre un cubo de hielo o en una plancha caliente, nos conviene un material aislante, no un buen conductor. Para una sartén, se necesita un buen conductor en el cuenco para un cocimiento uniforme y un aislante para el mango.

La conductividad térmica se determina a través del coeficiente de conductividad térmica **K**, sus unidades son J/seg-mm-°C ó Btu/pulg-hr-°F.

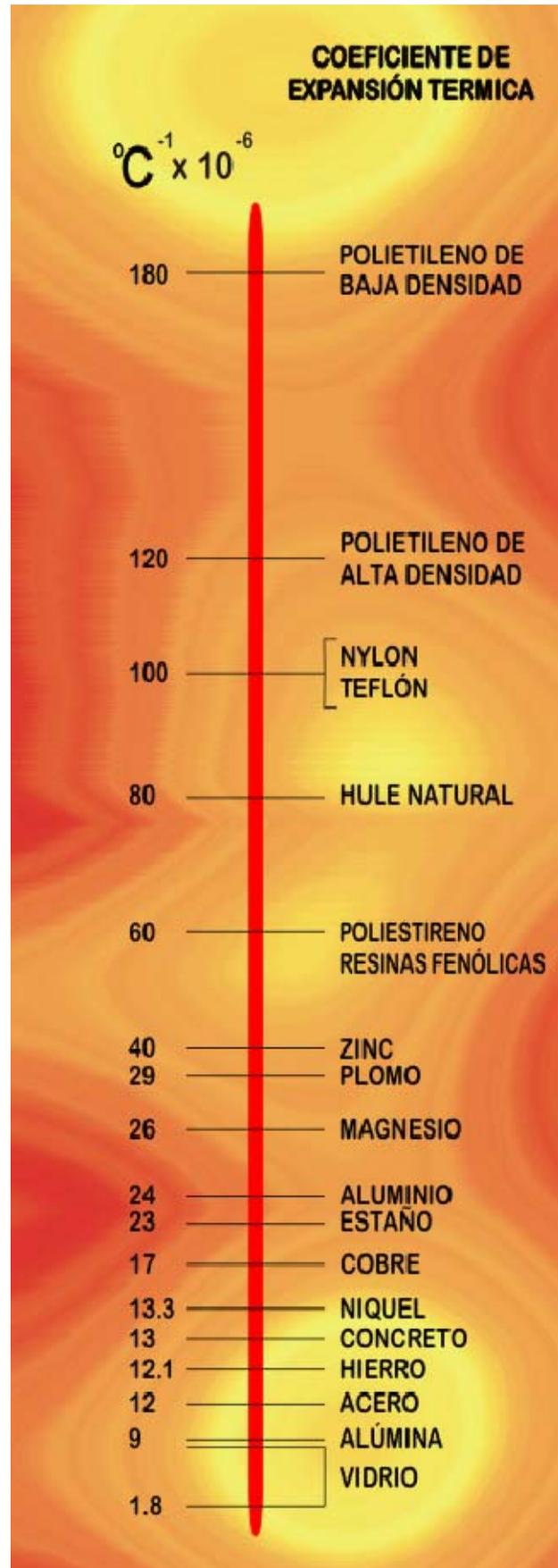


## Expansión térmica

Es el efecto de la temperatura sobre la densidad. El volumen por unidad de peso aumenta conforme aumenta la temperatura (disminuye la densidad).

*Se expresa usualmente como el coeficiente de expansión térmica, el cual mide el cambio de longitud por grado de temperatura... Es una relación entre longitudes más que entre volúmenes porque así es más fácil de medir y aplicar. Es consistente con las situaciones usuales de diseño en las que los cambios dimensionales son de mayor interés que los cambios volumétricos.<sup>42</sup>*

Esta propiedad es especialmente importante cuando trabajamos con combinaciones de materiales como metales y vidrio, metales y plásticos, etc., que tienen cambios dimensionales diferentes por cambios de temperatura. Es necesario prevenirlos para evitar fallas, por ejemplo, dejando holguras o con empaques flexibles entre las piezas de materiales diferentes para que puedan expandirse libremente.



42. Groover, op. cit., pág. 75.

## PROPIEDADES ELÉCTRICAS

### Resistividad

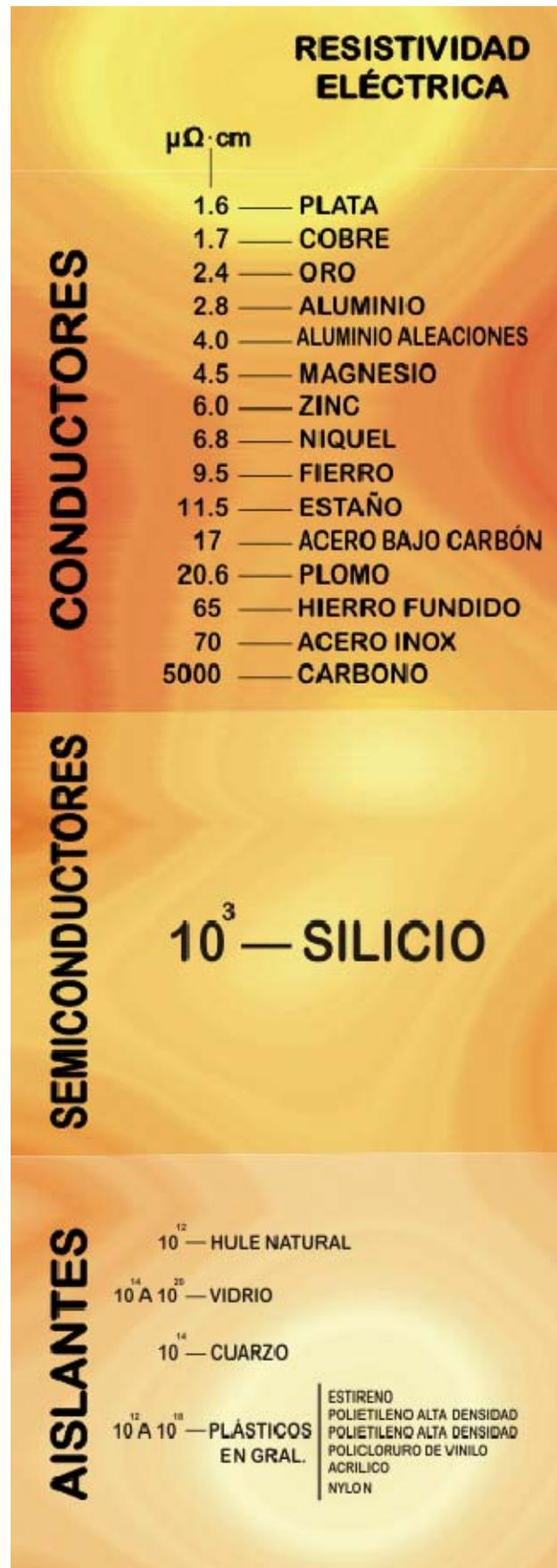
Capacidad de un material para resistir el flujo de la corriente eléctrica.

### Conductividad

Capacidad de transmitir la corriente. Es recíproco de la resistividad.

Al igual que en el caso de las propiedades térmicas, en las eléctricas podemos hablar de materiales conductores y aislantes (en este caso también llamados dieléctricos). Los metales son muy buenos conductores y los cerámicos y plásticos son aislantes, esa es la razón por la que los cables o alambres para conducir electricidad sean de cobre y estén forrados con un plástico, o que los aisladores en las torres de conducción eléctrica sean de vidrio. En el diseño, es importante saber si necesitamos un material conductor o un aislante, cuando se trata de herramientas o ropa para electricistas, en aparatos electrodomésticos, etc., donde necesitamos mantener protegido al usuario contra descargas eléctricas.

Además de conductores y aislantes, hay semiconductores y superconductores. Un semiconductor tiene una resistividad entre los aislantes y los conductores, el más utilizado actualmente es el silicio por ser un material abundante, barato y fácil de procesar, sus aplicaciones en electrónica son muy variadas. Un superconductor tiene una nula resistividad, se ha encontrado esta propiedad en algunos metales y cerámicas a temperaturas cercanas a  $0^{\circ}\text{K}$ , se investiga para lograr esta propiedad a temperaturas más cercanas a la ambiente y darles un uso práctico.



## REFLEXIONES FINALES

Hemos realizado un breve recorrido por los materiales más usuales para el diseñador, por un poco de su historia, sus características y propiedades, por sus aplicaciones y su comportamiento ante esfuerzos mecánicos, calor, electricidad y agentes químicos, pero solamente lo suficiente para un alumno que se inicia en el estudio de la carrera de diseño industrial. Para una visión más completa, durante el estudio de la carrera tendrá que acudir a información más especializada en sus procesos de manufactura, donde existen excelentes fuentes de consulta desde el nivel elemental hasta las particulares de cada material y proceso; las presentaciones comerciales en que se le obtiene (barras, tubos, láminas, etc.), las unidades en que se mide cada una de ellas (por peso, volumen, dimensiones, calibre, cédula, etc.).

El progreso en el campo de los materiales es tan acelerado que habrá que hacer actualizaciones a la manera de los programas de software; un ejemplo de esto es el nuevo y sorprendente campo de los nanomateriales, que no son otros materiales sino los mismos que ya conocemos pero se han modificado a nivel molecular en laboratorio, confiriéndoles nuevas y diferentes propiedades, aunque no se sabe aún con certeza qué efectos pueden tener en el medio ambiente y en los humanos. Actualmente apenas conocemos algunas de sus primeras aplicaciones como el endurecimiento de la capa superficial en acrílicos para hacerlos resistentes al desgaste y rayaduras o las pinturas antigraffiti a las que no se les adhieren las pinturas comerciales, ambas desarrolladas en la UNAM.

Lo mismo sucede con los materiales compuestos que continúan avanzando con nuevas combinaciones y procesos que resultan en materiales cada vez más ligeros y con mejores propiedades mecánicas, los plásticos provenientes de fuentes renovables naturales que son totalmente biodegradables, los metales con memoria de forma y los materiales “inteligentes”.

En todos estos casos, y los que aún no conocemos, tendremos que tener en cuenta como un factor importantísimo para la selección de los materiales, el análisis de su impacto ambiental en todo su ciclo de vida, desde su obtención, producción, transporte y uso hasta lo que puede hacerse con él después de desechado. Las condiciones de fragilidad ambiental a las que hemos llevado a nuestro planeta no nos permiten, como diseñadores responsables, ignorar esto.

# FUENTES DE INFORMACIÓN

## FUENTES CITADAS

- LIBROS** Aguilar Sahagún, Guillermo. (1998). *El Hombre y los Materiales*. México: SEP, FCE, CONACYT, Col. la Ciencia para todos/69, 2ª edición, 2ª reimpresión, 2001.
- Álvarez, José Rogelio. (1969). *El Vidrio Soplado*. México: Academia Mexicana de Arte Popular – Instituto Mexicano de Cultura. Org., Editorial Novaro.
- Berry, John R. (2004). *Herman Miller. Classic Furniture and system designs for the working environment*. Londres: Thames & Hudson.
- Bodig, Jozsef y Benjamín A. Jayne. (1982). *Mechanics of Wood and Wood Composites*. Nueva York: Van Nostrand, Reinhold. Co., Prefacio.
- Cassina, SpA. (1989). *I Cuoi*. Milán: Cassina S.p.A.
- García Parra, Brenda. (2008). *Ecodiseño. Nueva herramienta para la sustentabilidad*. México: Ed. Designio.
- González Madariaga, Francisco Javier y José Antonio Plascencia. (2001). *Plásticos para Diseñadores*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- Groover, Mikell P. *Fundamentos de Manufactura Moderna, Materiales, Procesos y Sistemas*. (1997). México: Prentice Hall Latinoamericana.
- Hoadley, R. Bruce. (1980). *Understanding Wood, A Craftsman's Guide to Wood Technology*. Newton, CT. The Taunton Press.
- Leal, Marina, Valentina Chávez y Laura Larralde. (1999). *Temas Ambientales. Zona Metropolitana de la Ciudad de México*. México: Programa Universitario del Medio Ambiente, UNAM.
- Lesko, Jim. (2004). *Diseño Industrial, Guía de Materiales y Procesos de Manufactura*. México: Limusa Wiley.
- Mari, Eduardo A. (2000). *El ciclo de la tierra. Minerales, materiales, reciclado, contaminación ambiental*. México: FCE.
- McDonough y Braungart. (2002). *Cradle to Cradle. Remaking the Way we Make Things*. Nueva York: North Point Press.

Nichols, Sarah. (2000). *Aluminum by Design*. Pittsburgh: Carnegie Museum of Art.

Rangel Nafaile, Carlos E. (1987). *Los Materiales de la Civilización*. México: SEP, FCE, CONACYT, Col. La Ciencia para todos / 29.

Schackelford, James F. (1995). *Ciencia de Materiales para Ingenieros*. México: Pearson Educación.

Thackara, John. (2006). *In the Bubble. Designing in a Complex World*. Cambridge: MA, MIT Press.

Van Vlack, Lawrence H. (1999). *Materiales para Ingeniería*. México: CECSA.

**REVISTAS** *Discover*, (febrero 2009).

*Ottagono* núm. 207 ( febrero 2008) y 214 (octubre 2008), Boloña.

**SITIOS WEB** [www.hermanmiller.com/MarketFancingTech/hme/products/Aeron\\_Chairs/EPS\\_AER.pdf](http://www.hermanmiller.com/MarketFancingTech/hme/products/Aeron_Chairs/EPS_AER.pdf) (fecha de consulta 29 de abril del 2010 17:59).

<http://www.quiminet.com/ar1/ar4%2514%2501%2512%251B%2510%2560%2501.htm> (fecha de consulta 14 de abril del 2010 21:56).

[http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/naturaleza/2004/05/27/103262.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/naturaleza/2004/05/27/103262.php)

## FUENTES CONSULTADAS

**LIBROS** Aguilar Sahagún Guillermo, Salvador Cruz Jiménez y Jorge Flores Valdés. (2002). *Una ojeada a la materia*. México: SEP, FCE, CONACYT, Col. La Ciencia para Todos/3, 3ª ed.

Amstead, B.H., Phillip F. Ostwald y Myron L. Begeman. (2000). *Procesos de Manufactura: Versión SI*. México: CECSA, 1ª ed.

Albus, Volker et al. (2007). *Íconos del Diseño: El siglo XX*. Barcelona: Electa.

Byars, Mel. (2003). *Design in steel*. Londres: Laurence King Publ.

Callister, William D. (1998). *Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. Barcelona: Ed. Reverté.

Comisarenco, Dina y otros. (2007). *Vida y diseño en México. Siglo XX*. México: Fomento Cultural Banamex.

Drexler, Arthur. (1978). *Charles Eames. Furniture from the design collection. The museum of Modern Art*. Nueva York: MOMA.

Droste, Magdalena. Manfred Ludewig y Bauhaus Archiv. (1992). *Marcel Breuer. Design*. Colonia: Taschen.

Fiell, Charlotte & Peter. (2002). *Modern Chairs*. Colonia: Taschen.

Fiell, Charlotte & Peter. (2005). *1000 chairs*. Colonia: Taschen.

Hidalgo, Oscar. (2003). *Bamboo, the gift of the gods*. Bogotá: Oscar Hidalgo ed.

Lefteri, Chris. (2006). *Materials for inspirational Design*. Mies: Rotovisión.

Lefteri, Chris. (2007). *Making it. Manufacturing techniques for product design*. Londres: Laurence King Publishing.

Lopez, Tessy y Ana Martínez. (1994). *El mundo mágico del vidrio*. México: SEP, FCE, CONACYT, Col. La Ciencia para Todos/137.

Manzini, Ezio. (1986). *La Materia de la invención. Materiales y proyectos*. Barcelona: Biblioteca ceac Diseño.

Martínez Gómez, Lorenzo. (1989). *Aceros*. México: SEP, FCE, CONACYT, Col. La Ciencia para Todos/80.

(1991). *Philippe Starck*. Colonia: Taschen.

Red dot award. (2001). *Design Innovations Yearbook 2001. red dot product design*. Essen: red dot.

Renzi, Giovanni e Chiara. (2000). *Curve e Biondi Riccioli Viennesi. Mobili in Faggio curvato de Michael Thonet ad Antonio Volpe*. Balsamo (MI): Silvana Editoriale.

Sedig, Kjell e Instituto Sueco. (2003). *Innovaciones Suecas*. Instituto Sueco.

Shärer, Ulrich y otros. (1984). *Ingeniería de Manufactura*. México: CECSA.

(2006). *Timo Sarpaneva. La colección*. Helsinki: Museo de Diseño.

**REVISTAS**      *Ciencia y Desarrollo*. Ejemplares 2007-2010. México: CONACYT.  
*Discover*. Ejemplares 2007-2010.  
Ottagono. Ejemplares 2006-2010. Boloña.

**SITIOS WEB**      <http://www.materials.nl>  
<http://www.eternit.co.uk>  
<http://www.masisa.com>  
<http://www.foamtex.com.mx>  
<http://www.apple.com/ipad/apps-for-ipad/#elements>  
<http://www.edicionsupc.es/ftppublic/pdfmostra/NA01201M.pdf>  
<http://www.cocinaria.com/2007/08/28/olla-sarpaneva-de-littala/>  
<http://decorar.org/decoracion/baobab-mesa-de-vitra>  
[http://www.bonluxat.com/a/Giovanni\\_Travasa.html](http://www.bonluxat.com/a/Giovanni_Travasa.html)  
<http://www.fundecor.org/index.php?module=ContentExpress&func=display&ceid=24&meid=-1>  
[http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/naturaleza/2004/05/27/103262.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/naturaleza/2004/05/27/103262.php)

## ÍNDICE DE CONCEPTOS

Aglomerados.....	61
Aleación .....	31
Atmósfera.....	14
Biodegradable .....	19
Biosfera .....	14
Características .....	26
Conductividad eléctrica .....	79
Conductividad térmica .....	77
Contaminación ambiental .....	19
Compresión .....	69
Cortante .....	69
Densidad .....	69
Ductilidad .....	73
Dureza .....	74
Elasticidad .....	72
Elastómeros.....	57
Expansión térmica .....	78
Flexión .....	69
Fotodegradables .....	58
Gravedad específica .....	75
Hidrosfera .....	14
Laminados.....	64
Litosfera .....	14
Material .....	13
Materiales compuestos .....	59
Propiedades .....	26
Propiedades mecánicas .....	68
Punto de fusión .....	76
Recursos renovables .....	16
Recursos no renovables .....	16
Reciclar .....	20
Reducir .....	20
Reforzados.....	63
Resistividad eléctrica .....	79
Reutilizar .....	20
Tecnosfera .....	14
Tensión .....	69
Termofijos.....	56
Termoplásticos.....	53
Torsión .....	69