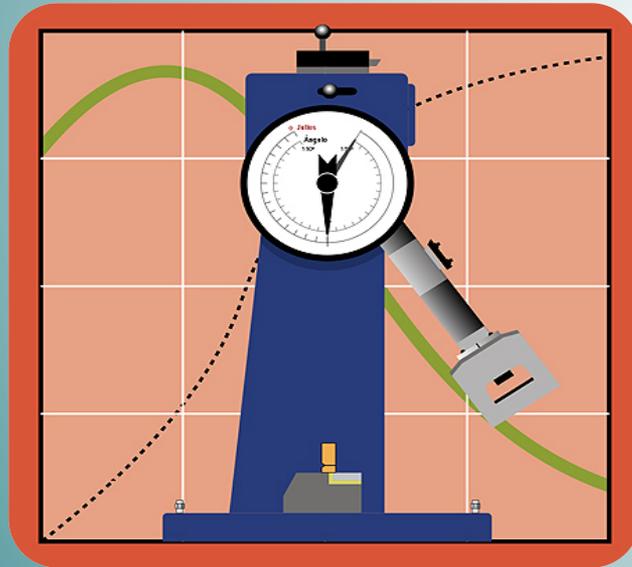


# Materiales-G704/G742

## Lección 17. Materiales compuestos



**Jesús Setién Marquínez**  
**Jose Antonio Casado del Prado**  
**Soraya Diego Cavia**  
**Carlos Thomas García**

Departamento de Ciencia e Ingeniería del  
Terreno y de los Materiales

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## 17.1 INTRODUCCIÓN

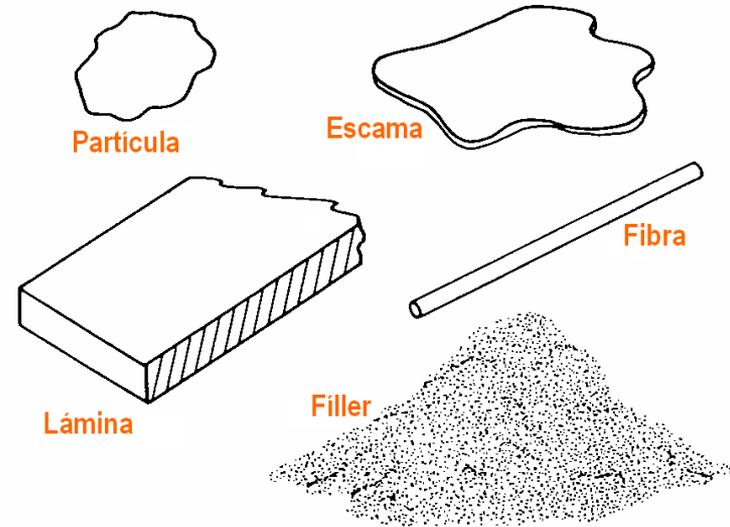
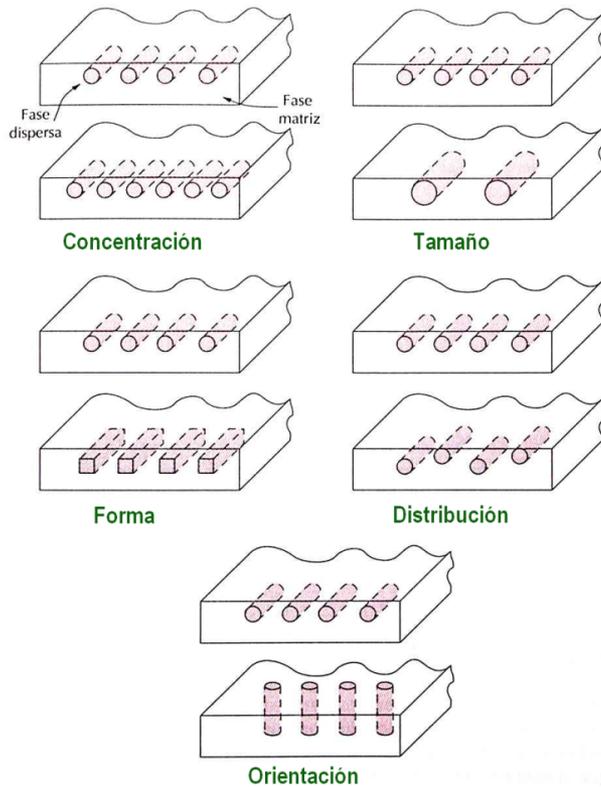
Las tecnologías modernas requieren materiales con una combinación inusual de propiedades, imposible de conseguir con los metales, las cerámicas y los polímeros convencionales.

**Material compuesto:** material multifase obtenido artificialmente. Las fases constituyentes deben ser químicamente distintas y estar separadas por una intercara.

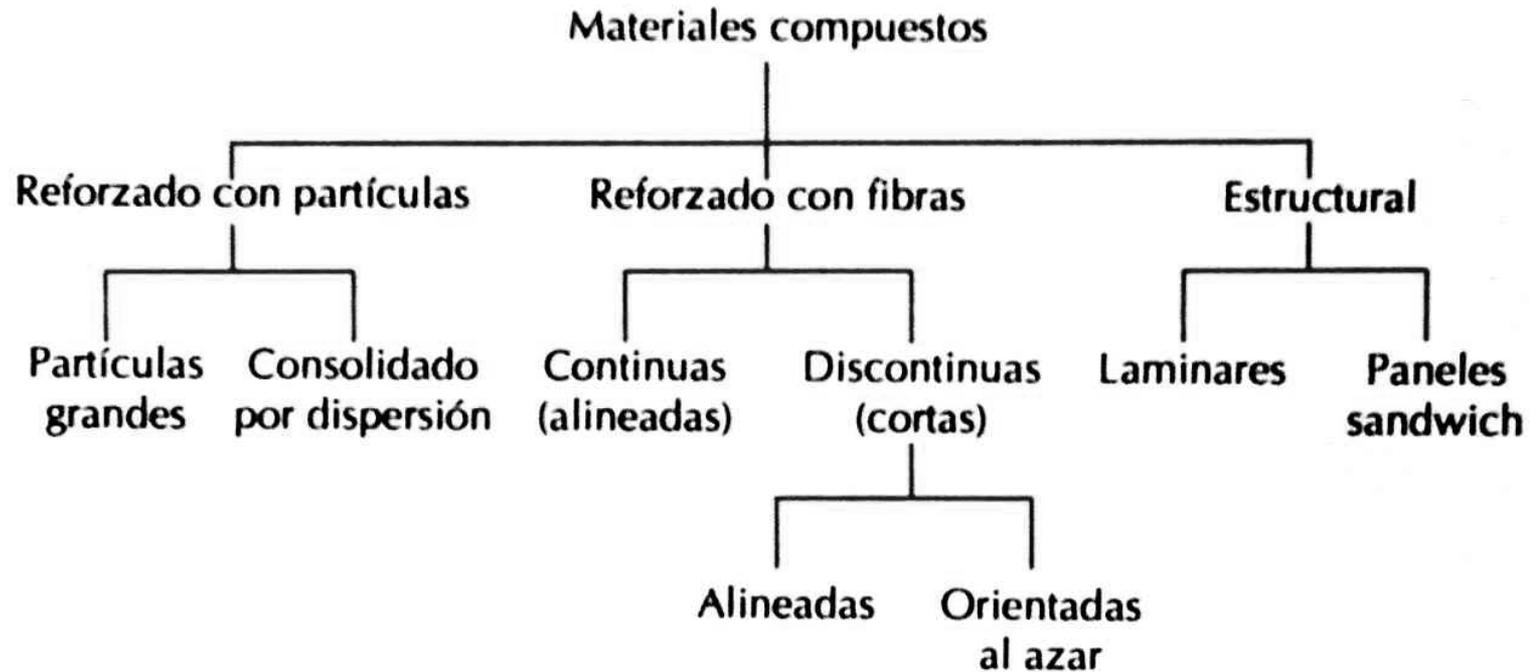
La mayor parte de los materiales compuestos están formados por dos fases; una, llamada **matriz**, es continua y rodea a la otra fase, denominada **fase dispersa**.

En la mayoría de los materiales compuestos, la fase dispersa es más dura y resistente que la matriz y las partículas de refuerzo tienden a restringir el movimiento de la matriz en las proximidades de cada partícula. El grado de refuerzo o de mejora del comportamiento mecánico depende de la fuerza de cohesión en la intercara matriz-refuerzo.

Las propiedades de los materiales compuestos son función de las propiedades de las fases constituyentes, de sus proporciones relativas y de la geometría de las fases dispersas.



## 17.2 CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES COMPUESTOS



## 17.3 COMPUESTOS REFORZADOS CON PARTÍCULAS

Un material compuesto con partículas grandes es el **hormigón**, formado por pasta de cemento hidratada (matriz) y arena o grava (partículas).

El refuerzo es tanto más efectivo cuanto más pequeñas sean las partículas y cuanto mejor distribuidas estén en la matriz. Además, la fracción de volumen de las dos fases influye en el comportamiento: las propiedades mecánicas aumentan al incrementarse el contenido de partículas.

Todos los materiales (metales, polímeros y cerámicas) se utilizan para fabricar MC con partículas grandes. Un ejemplo lo constituyen los compuestos metal-cerámica: los **cermets**. El cermet más común es el carburo cementado, que está constituido por partículas extremadamente duras de carburos refractarios cerámicos, como el carburo de tungsteno (WC) o el de titanio (TiC), embebidas en una matriz metálica de cobalto o níquel (empleado como herramienta de corte para aceros endurecidos).

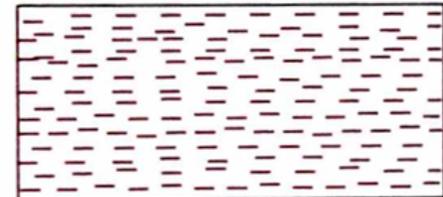
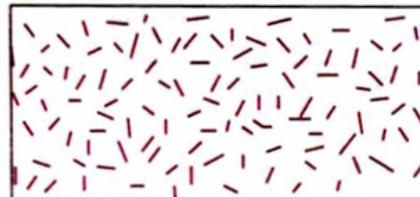
## 17.4 COMPUESTOS REFORZADOS CON FIBRAS

Tecnológicamente, los materiales compuestos con fases dispersas en forma de fibras son los más importantes. Los mismos se subclasifican según la longitud de la fibra en:

- **Continuas**, cuando las fibras presentan la misma longitud que la dimensión de la pieza a reforzar.
- **Discontinuas** o **fibras cortas**, de longitud sensiblemente inferior a la dimensión de la pieza a reforzar.

En este último caso, la disposición u orientación relativa de las fibras y su concentración y distribución influyen, radicalmente, en la resistencia y en otras propiedades del material compuesto. Con respecto a la orientación existen dos situaciones extremas:

- Alineación paralela de los ejes longitudinales de las fibras.
- Alineación al azar.



En función de sus diámetros y características, las fibras se agrupan en tres categorías:

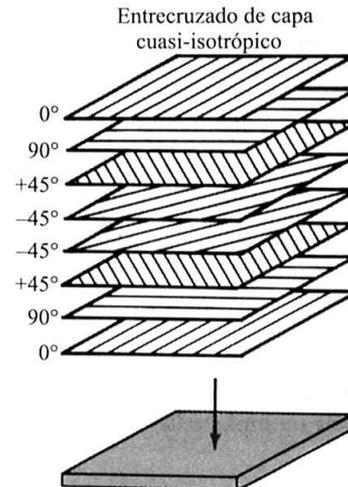
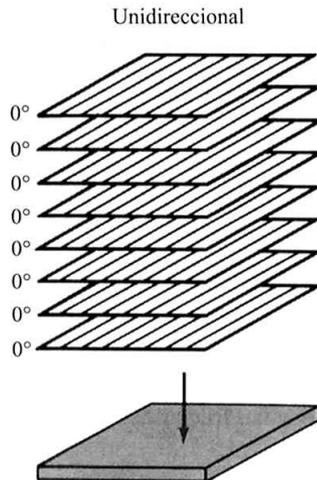
- **Whiskers**, monocristales muy delgados que tienen una relación longitud-diámetro muy grande.
- **Fibras**, materiales policristalinos o amorfos de pequeño diámetro (inferior al milímetro).
- **Alambres**, con diámetros relativamente grandes (refuerzo de neumáticos y mangueras de alta presión).

CARACTERÍSTICAS DE LAS FIBRAS					
Material	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia específica ( $\sigma_R / \rho$ )	Módulo elástico (GPa)	Módulo específico (E/ $\rho$ )
<b>WHISKERS</b>					
Grafito	2,2	20000	9090	690	315
Carburo de silicio	3,2	20000	6250	480	150
Nitruro de silicio	3,2	14000	4375	380	120
Óxido de aluminio	3,9	21000	5385	480	120
<b>FIBRAS</b>					
Kevlar 49	1,4	3500	2500	124	90
Vidrio E	2,5	3500	1400	72	30
Carbono	1,8	3500	1950	300	170
Óxido de aluminio	3,2	2100	650	170	55
Carburo de silicio	3,0	3900	1300	425	140
<b>ALAMBRES METÁLICOS</b>					
Acero alto en carbono	7,8	4100	525	210	27
Molibdeno	10,2	1400	140	360	35
Tungsteno	19,3	4300	220	400	21

## 17.5 COMPUESTOS ESTRUCTURALES

Entre los compuestos estructurales destacan los **laminados** y los **paneles sandwich**.

Un material compuesto laminado consta de láminas o paneles que tienen una dirección preferente con elevada resistencia, apiladas y pegadas entre sí, de modo que la orientación de la dirección de elevada resistencia varía en cada una de las sucesivas capas.

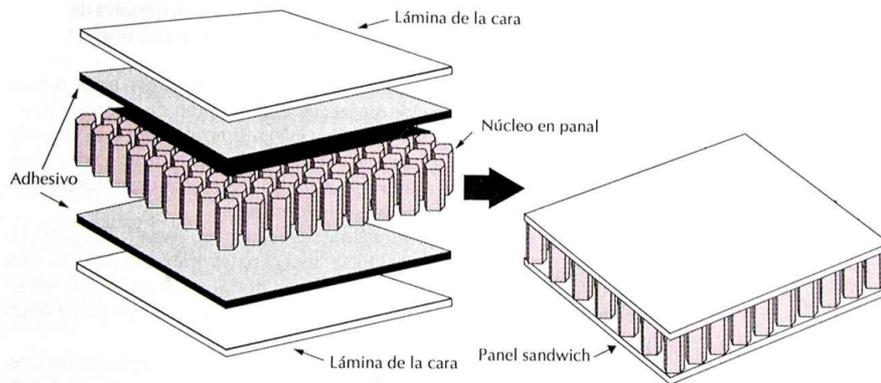


Los paneles sandwich consisten en dos láminas externas fuertes, o **caras**, separadas por una capa de material menos denso, o **núcleo**, que tiene baja rigidez y baja resistencia. Las caras resisten la mayor parte de las cargas en el plano y, también, cualquier esfuerzo de flexión transversal.



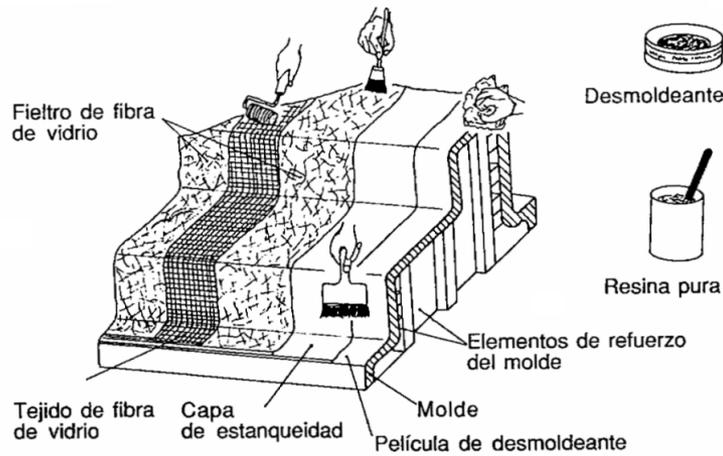
Estructuralmente, el núcleo cumple dos funciones. En primer lugar, separa las caras y resiste la deformación perpendicular al plano de la cara. En segundo lugar, aporta cierto grado de resistencia a cortante a lo largo de los planos perpendiculares a las caras.

Un núcleo muy empleado consiste en una estructura en panal: delgadas láminas dispuestas en forma de celdillas hexagonales trabadas con sus ejes perpendiculares a los planos de las caras

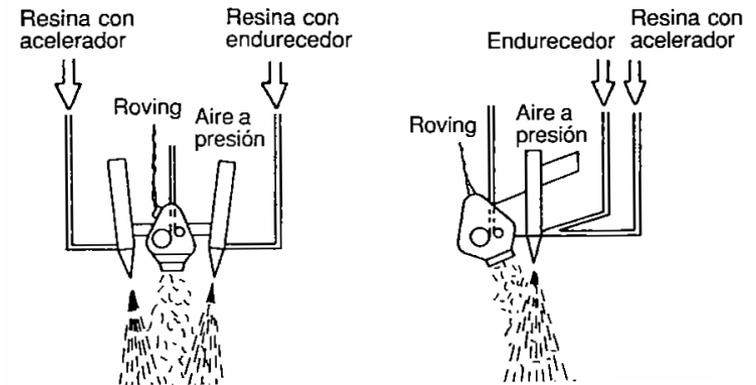
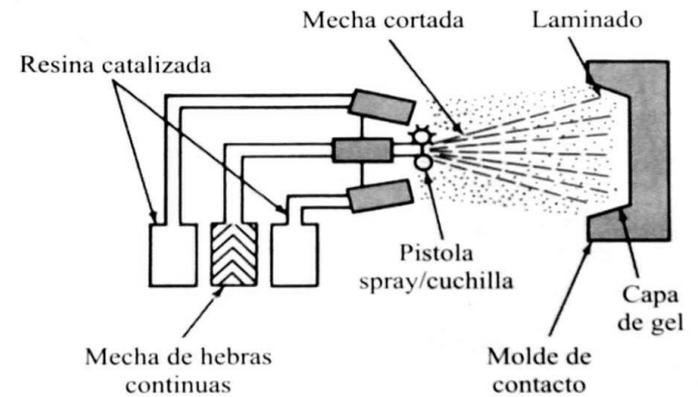


## 17.6 FABRICACIÓN

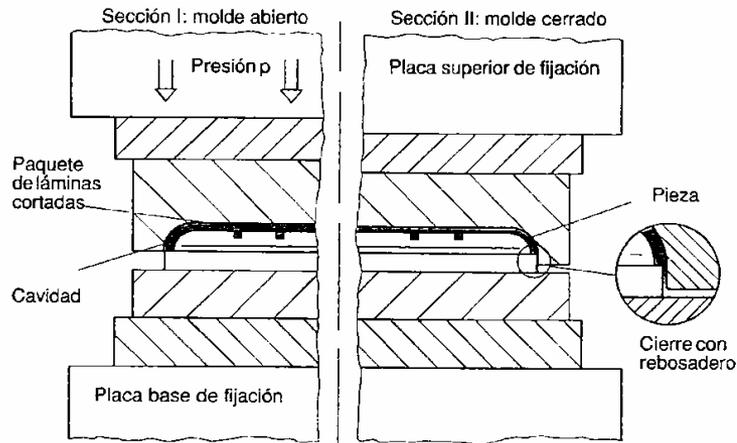
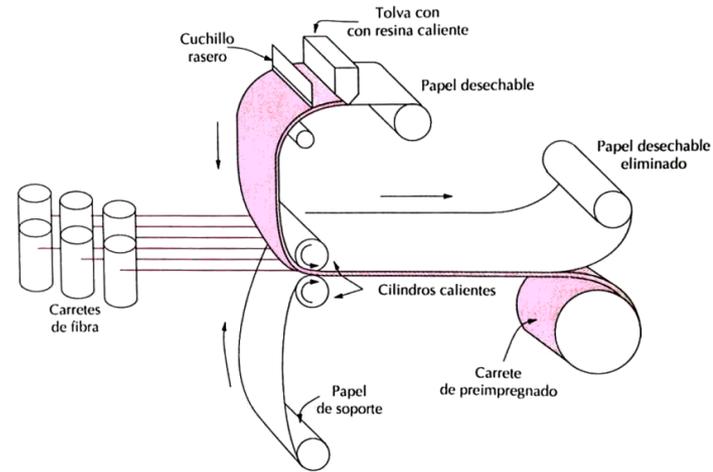
### Molde abierto manual



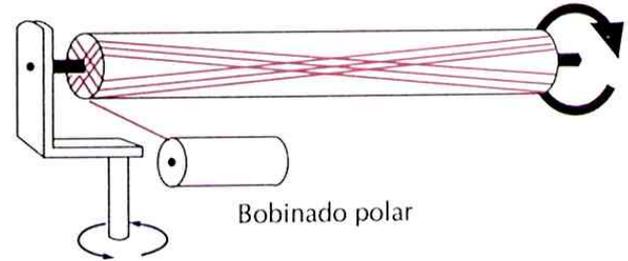
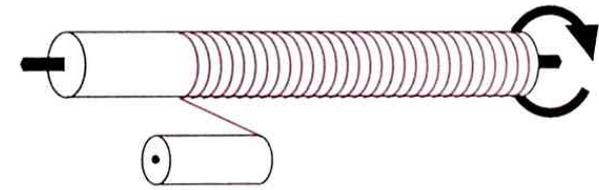
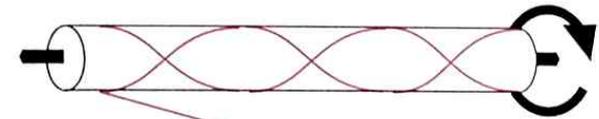
### Molde abierto con pistola



## Preimpregnados



## Bobinado



# Pultrusión

