

# Problema 09\_02\_01

---

**Para determinar la clase a que pertenece un material** tener en cuenta lo siguiente:

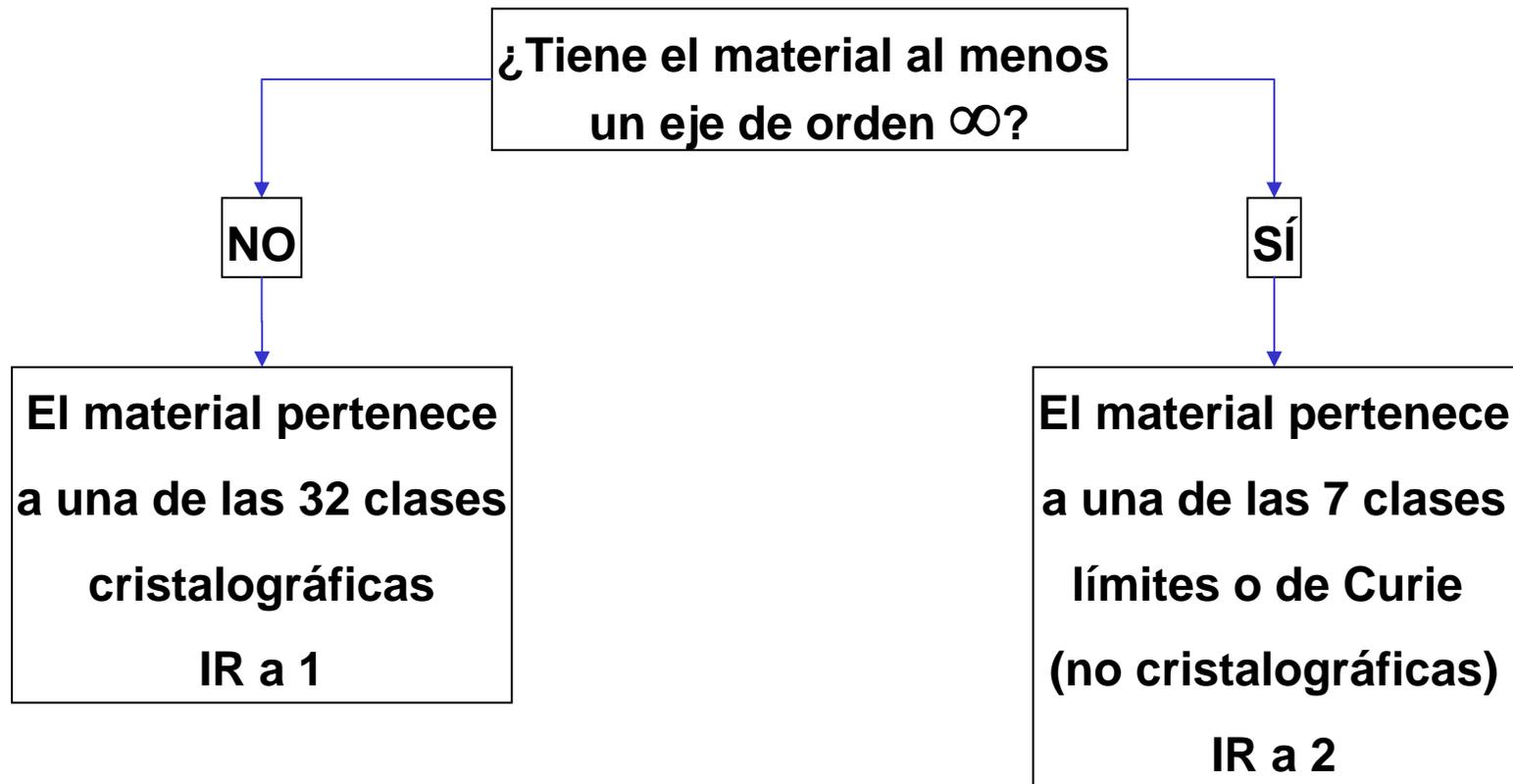
1. la FORMA del objeto que está construido con un material dado NO TIENE NADA QUE VER con la ESTRUCTURA de este material. IGNORAR LA FORMA EXTERIOR, considerar el material “desde el interior”, como si no tuviera ninguna superficie exterior o frontera.
2. Hay un ÚNICA EXCEPCIÓN al punto anterior: si se trata de un MONOCRISTAL PERFECTO de un material cristalino, CON TODA LA SIMETRÍA de la clase, entonces la forma del monocristal tiene (“hereda”) la misma simetría que el material, p.ej. que una celda cristalográfica. En este caso, la forma externa del monocristal SÍ puede usarse para determinar la clase.
3. Aunque se hable de clases “cristalográficas”, el concepto es general (es una cuestión puramente geométrica), y se aplica a materiales que no son monocristalinos, o a moléculas individuales. P.ej. un material policristalino, un material compuesto, etc también pueden asignarse a una clase.



# Problema 09\_02\_01

---

El siguiente diagrama ayuda a determinar la clase a la que pertenece un material:



# Problema 09\_02\_01

---

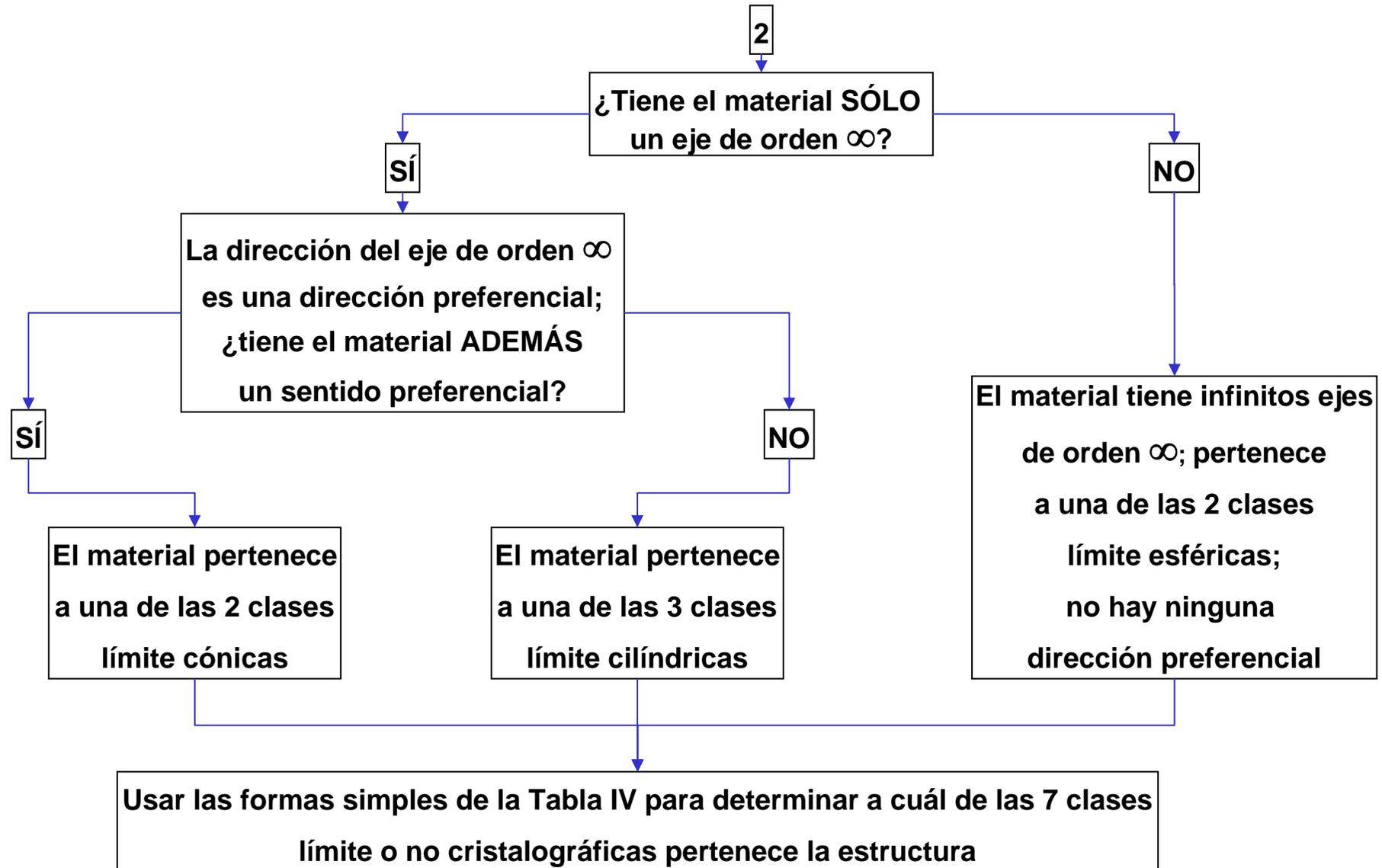
1

**Usar la Tabla III del 03\_01\_01  
“Elementos de simetría característicos”  
para identificar a cuál de los 7 SISTEMAS  
pertenece la estructura**

**Una vez determinado el sistema, usar  
los estereogramas (Tabla I) o  
las formas simples de la Tabla II  
para determinar a cuál de las 32 clases  
cristalográficas pertenece la estructura**

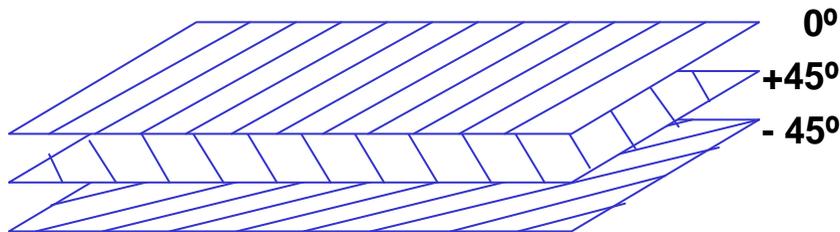


# Problema 09\_02\_01

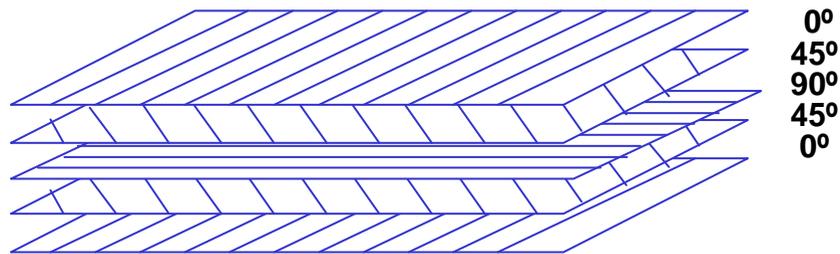


# Problema 09\_02\_01

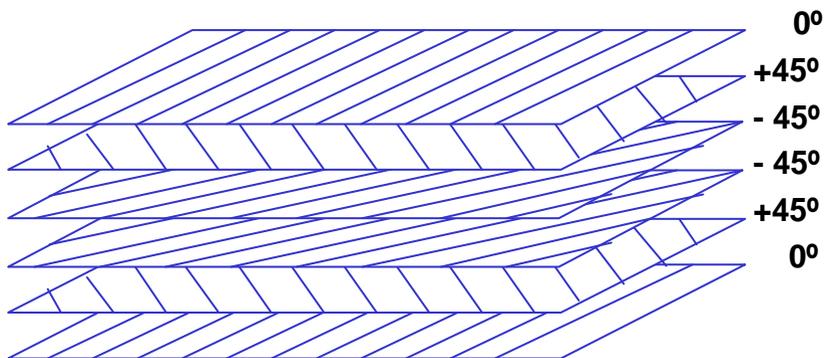
**Determinar a qué clase cristalográfica pertenecen los materiales siguientes** (en los compuestos, cada lámina tiene direcciones preferentes indicadas por las líneas; p.ej. cada lámina está constituida por fibras embebidas en una matriz de polímero y orientadas unidireccionalmente, bidireccionalmente, o sin dirección preferente)



a) material compuesto “desequilibrado”  
( $0^\circ / \pm 45^\circ$ )

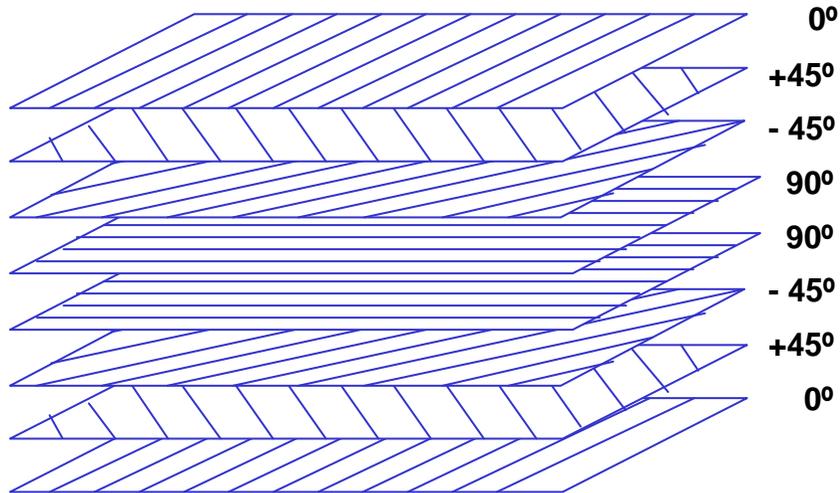


b) material compuesto ( $0^\circ / 45^\circ$ )<sub>s</sub> 90°

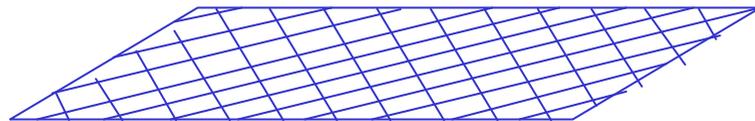


c) material “ortótropo” ( $0^\circ / \pm 45^\circ$ )<sub>s</sub>

# Problema 09\_02\_01

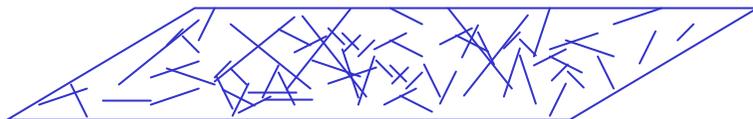


d) material “cuasi-isótropo”  $(0^\circ / \pm 45^\circ / 90^\circ)_s$



e1) material compuesto angle-ply (trama y urdimbre no son ortogonales entre sí)

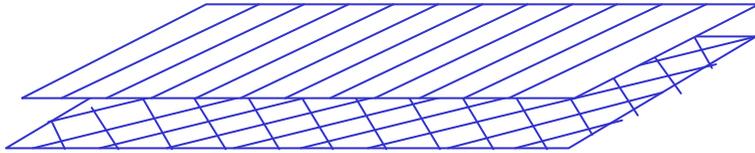
e2) material compuesto cross-ply (trama y urdimbre son ortogonales entre sí y de la misma densidad)



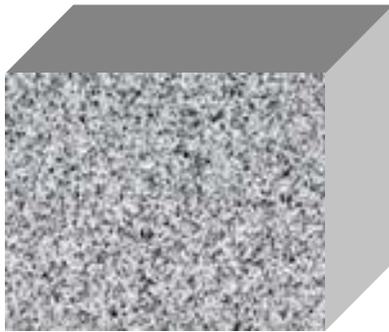
f) “mat”, “tapete” o fieltro de fibra cortada y dispuesta desordenadamente; papel; tejidos “non-woven” (también llamados “tejidos no tejidos”, en la paradójica expresión que se oye con frecuencia)

# Problema 09\_02\_01

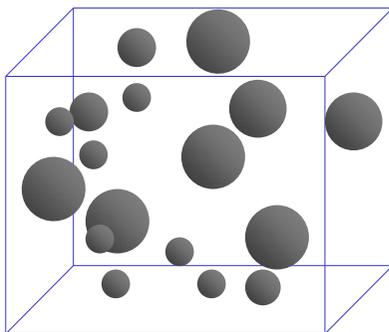
---



**g) combinación cross-ply / unidireccional**



**h) hormigón, hierro, cerámica PZT no polarizada**



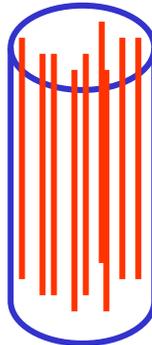
**i) espuma de poliuretano (burbujas de CO<sub>2</sub> dispersas en una matriz de poliuretano amorfo)**

# Problema 09\_02\_01

---



**j) fibra (de PE, de nylon, de vidrio) estirada unidireccionalmente**

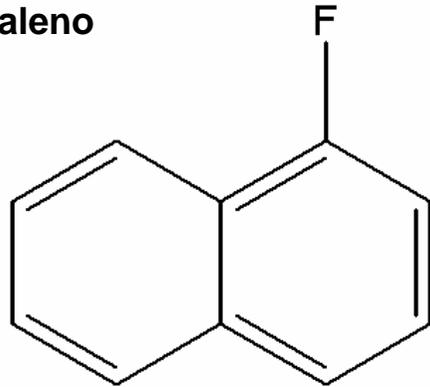


**k) materiales compuestos de fibra orientada unidireccionalmente (fibra de PE, de nylon, de vidrio) estirada unidireccionalmente**

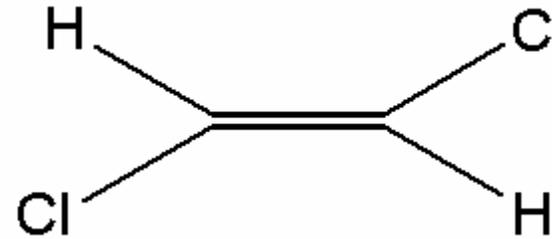
# Problema 09\_02\_01

---

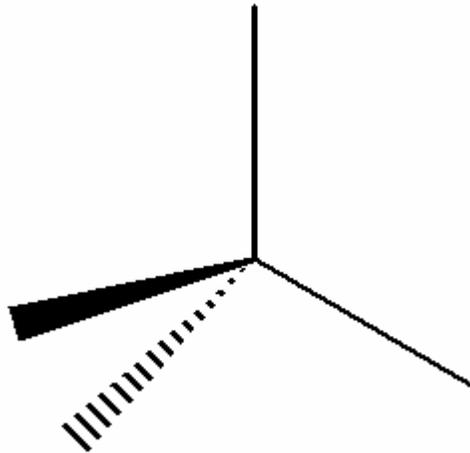
l) 1-fluoronaftaleno



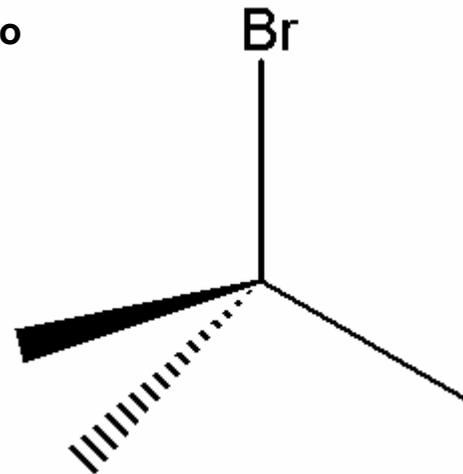
m) trans-1,2-dicloroeteno



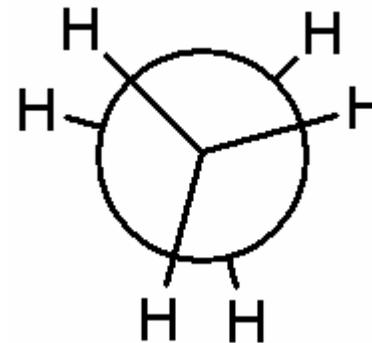
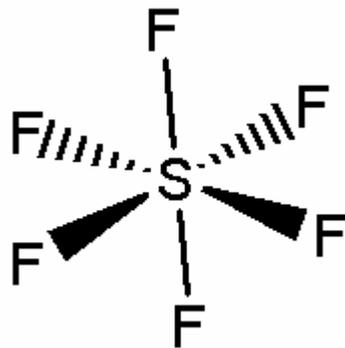
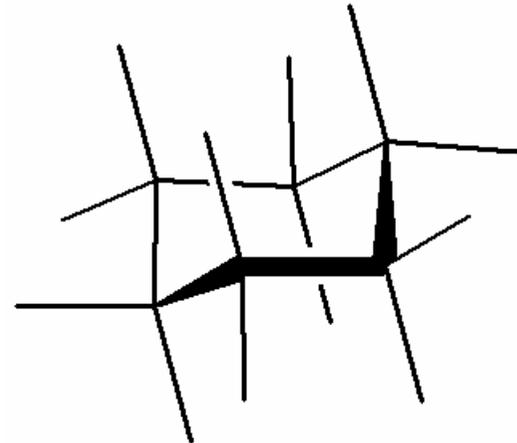
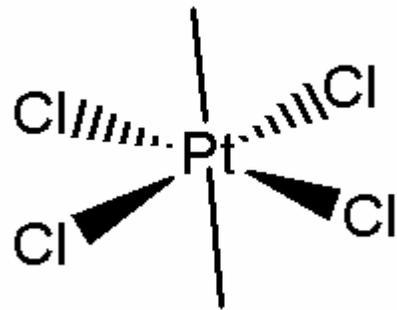
n) metano



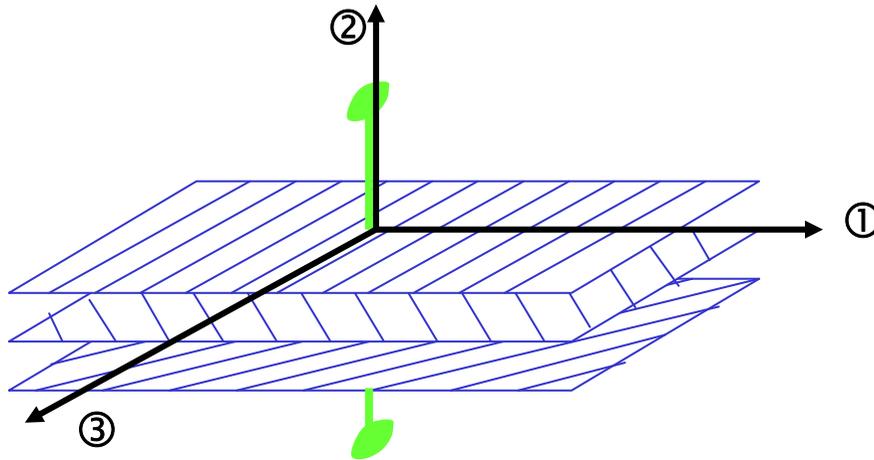
o) bromometano



# Problema 09\_02\_01



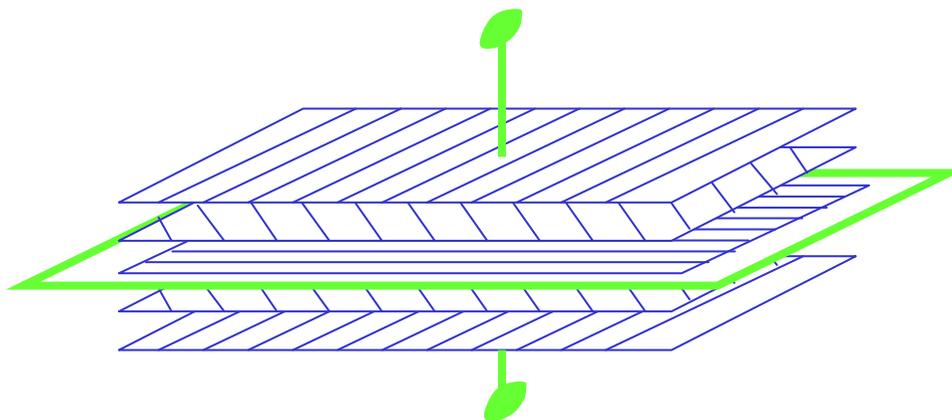
# Problema 09\_02\_01



## a) material. compuesto “desequilibrado” (0°/ ± 45°)

① Esta morfología tiene como único elemento de simetría un eje binario, pertenece al sistema **monoclínico** y es clase **2**

**Importante:** observar cuál debe ser la orientación de las capas respecto a los ejes convencionales monoclinicos (el ② debe ser paralelo a  $O_y$  y al eje de simetría binario; ver “Estructura y Geometría de los Materiales”). La estructura de las matrices de complianza y rigidez dada en el capítulo de la Notación de Voigt sólo es válida si se respetan las orientaciones convencionales. Es esencial tener **siempre** este aspecto en cuenta.

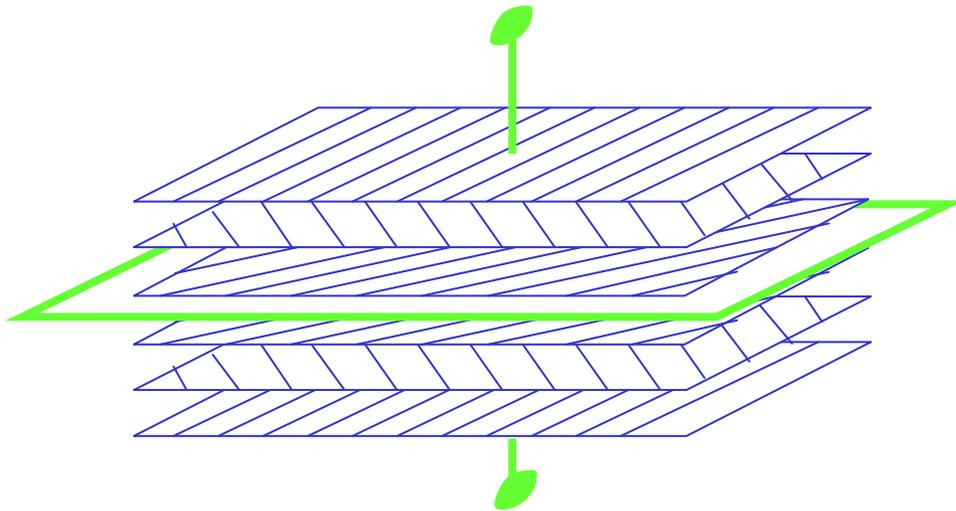


## b) material. compuesto (0°/ 45°)<sub>s</sub> 90°

Esta morfología tiene un plano de simetría (que coincide con la lámina central) y un eje binario perpendicular al plano de simetría, luego pertenece al sistema **monoclínico** y es clase **2 / m**

# Problema 09\_02\_01

---

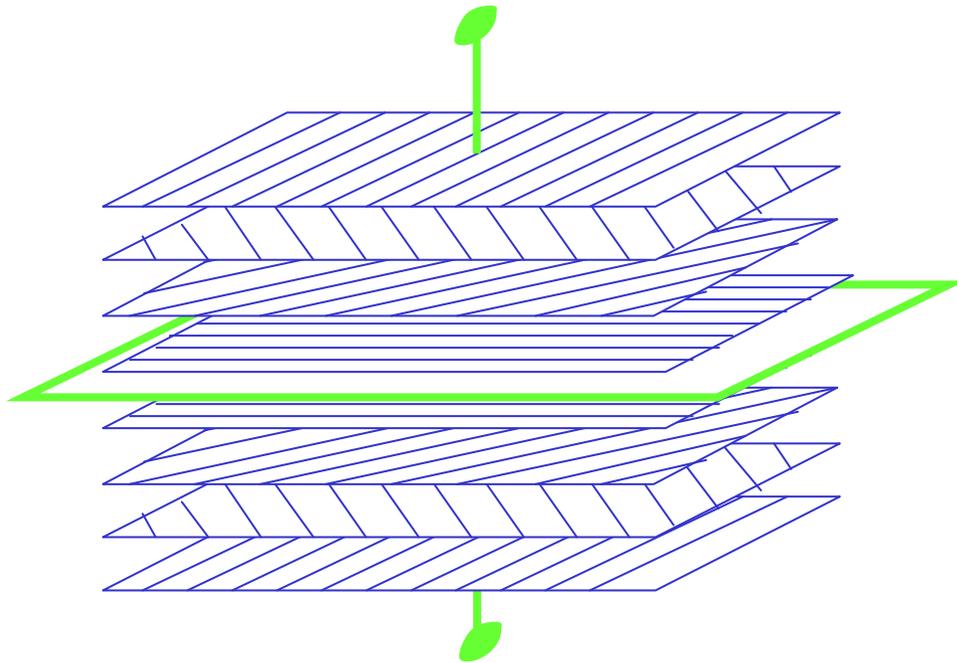


## c) material “ortótropo” $(0^\circ \pm 45^\circ)_s$

Este material tiene igualmente un plano de simetría y un eje binario perpendicular al plano de simetría, luego pertenece al sistema **monoclínico** y es clase  **$2/m$**

(**Nota importante:** la denominación “ortótropo” para el material  $(0^\circ \pm 45^\circ)_s$  es habitual en la práctica industrial y así aparece en muchos textos. Sin embargo este mat. compuesto no tiene los elementos de simetría característicos del sistema ortorrómbico. El comportamiento es sólo aproximadamente como el de un material realmente ortótropo. Sin embargo, para describir el comportamiento mecánico de un mat. monoclínico son precisos 13 parámetros independientes frente a los 9 para un material ortótropo (ortogonal). Los 13 parámetros son rara vez conocidos y por tanto se tiende a considerar el material más simétrico de lo que es en realidad.

# Problema 09\_02\_01

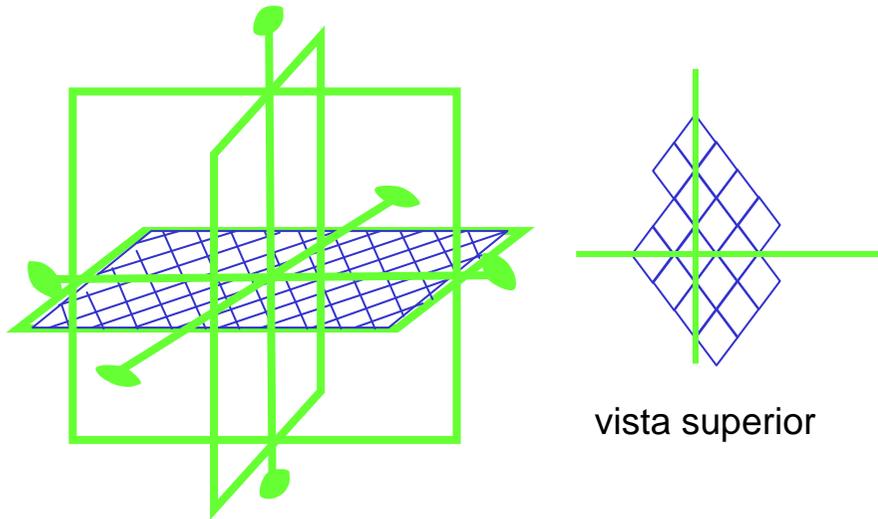


d) material “cuasi-isótropo”  $(0^\circ \pm 45^\circ/90^\circ)_s$

A pesar del nombre, este material tiene igualmente sólo un plano de simetría y un eje binario perpendicular al plano de simetría, luego pertenece al sistema **monoclínico** y es clase  $2/m$

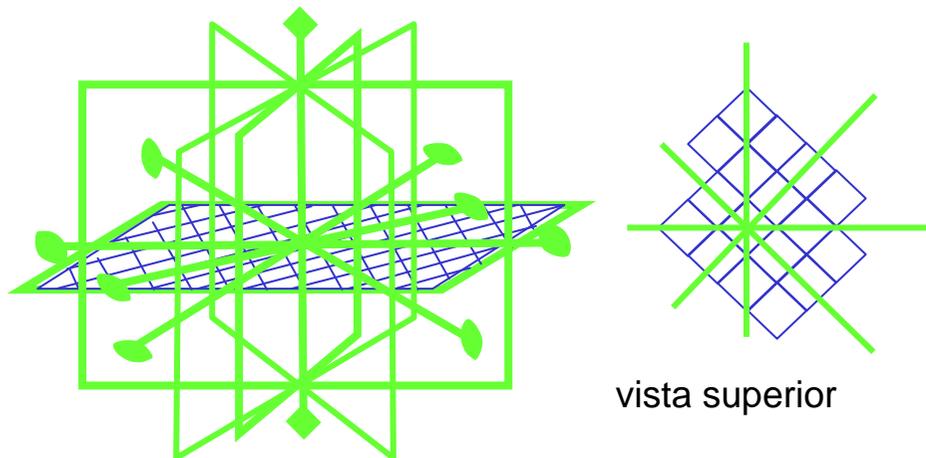
(**Nota importante:** a la denominación “cuasi-isótropo” para el material  $(0^\circ \pm 45^\circ/90^\circ)_s$  se le aplica el mismo comentario que en el caso anterior. El material es estrictamente monoclínico, sin embargo el elevado número de capas y el reparto de direcciones reduce apreciablemente la diferencia de su comportamiento con el de un material realmente isótropo.)

# Problema 09\_02\_01



**e1) angle-ply (trama y urdimbre no son ortogonales entre sí)**

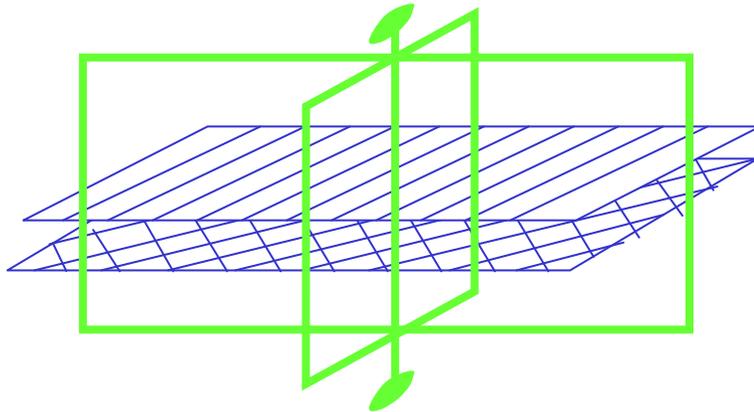
Este material tiene tres planos y tres ejes binarios en tres direcciones ortogonales, pertenece al sistema **ortorrómbico** y es clase  **$mmm$**



**e2) cross-ply (trama y urdimbre a 90°)**

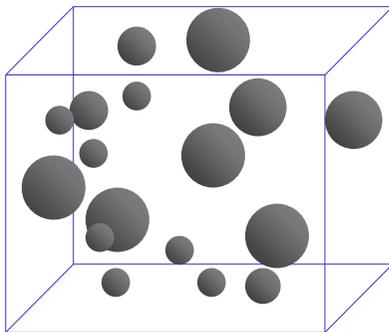
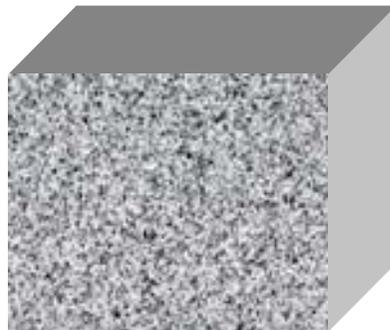
Este material tiene los elementos de simetría que se indican en la figura, pertenece al sistema **tetragonal** y es clase  **$4/mmm$**

# Problema 09\_02\_01



## g) combinación cross-ply / unidireccional

Este material tiene dos planos y un eje binario, pertenece al sistema ortorrómbico y es clase  $mm2$



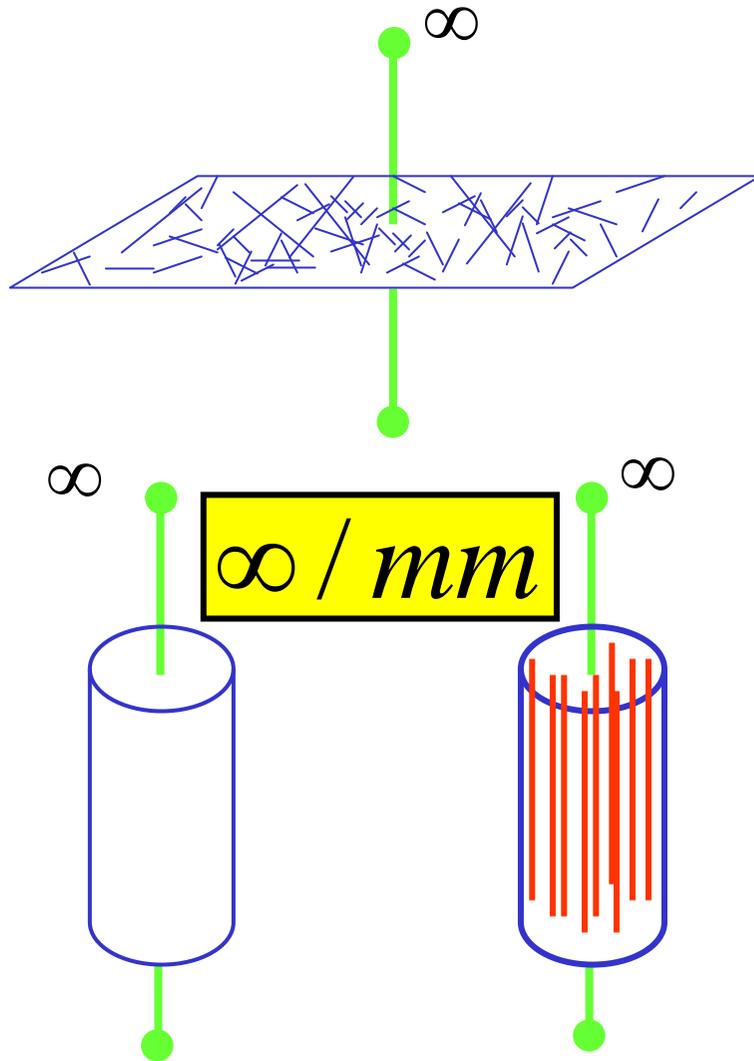
$\infty m$

## h) hormigón, hierro, cerámica PZT no polarizada

## i) espuma de poliuretano (burbujas de $CO_2$ dispersas en una matriz de poliuretano amorfo)

Todos son isotrópos a la escala a la que son aplicados, es decir, cuando el tamaño de las partículas dispersas es mucho menor que el del objeto que se construye con ellos. A pequeña escala, es decir, cuando el tamaño de las partículas dispersas es comparable con el objeto a fabricar, el material es en primer lugar inhomogéneo y las regiones individuales pueden ser además anisótropas.

# Problema 09\_02\_01



f), j) y k) “mat”, “tapete” o fieltro de fibra cortada y dispuesta desordenadamente; papel; tejidos “non-woven”; fibra orientada; compuesto unidireccional

Estos materiales tienen simetría cilíndrica  $\infty / mm$  (en la figura de la izquierda no se representan todos los elementos de simetría)

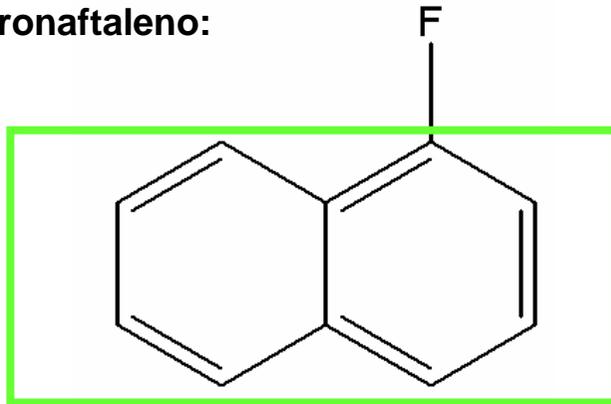
Las fibras orientadas y los materiales compuestos de fibra orientada unidireccionalmente tienen la misma simetría.

(la igualdad de las estructuras de propiedades entre la clase de simetría  $\infty / mm$  axial y las clases cristalográficas hexagonales es exacta para propiedades de 2º y 4º orden y está demostrada en el problema 08\_06\_05)

# Problema 09\_02\_01

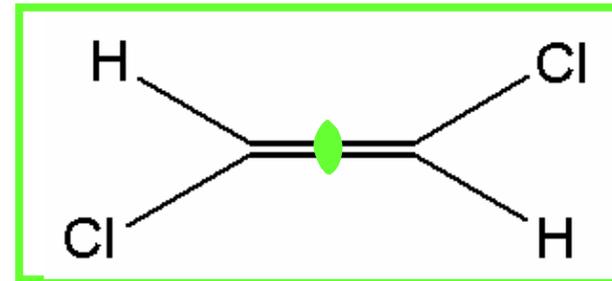
l) 1-fluoronaftaleno:

$m$



m) trans-1,2-dicloroeteno

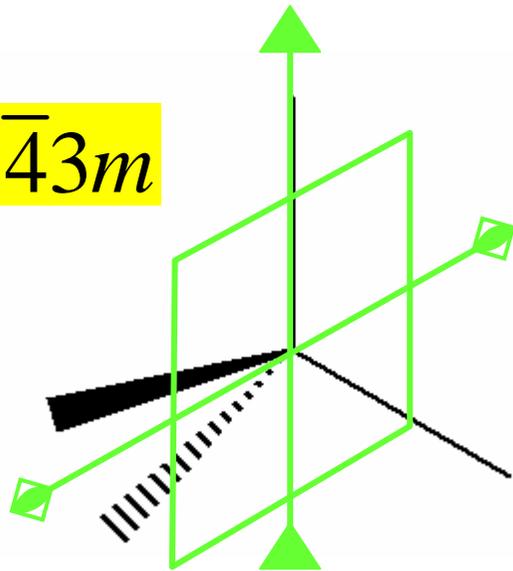
$2/m$



n) metano

(sólo se representa uno de los cuatro ejes ternarios, uno de los tres cuaternarios de inversión y uno de los seis planos especulares)

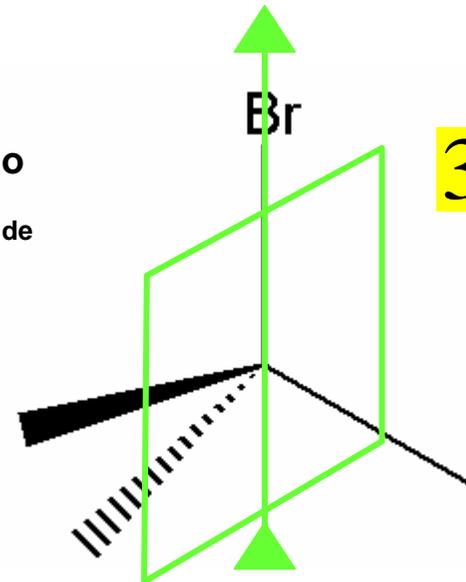
$\bar{4}3m$



o) bromometano

(sólo se representa uno de los tres planos especulares)

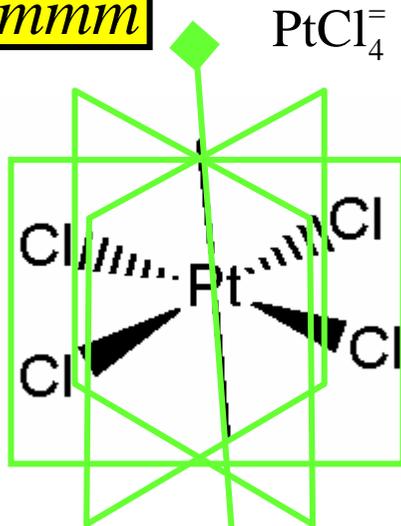
$3m$



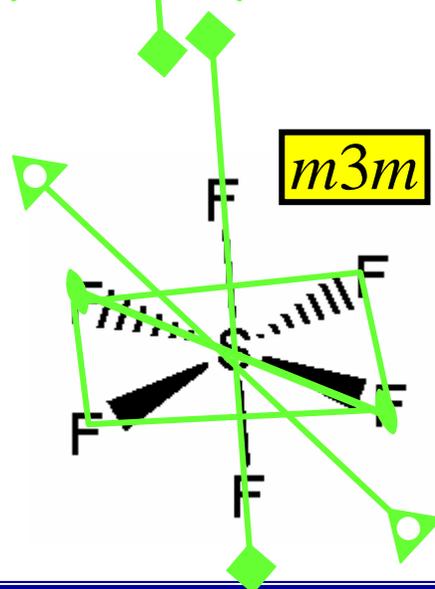
# Problema 09\_02\_01

p) (sólo se representan tres de los cinco planos especulares)

$4/m\bar{3}m$



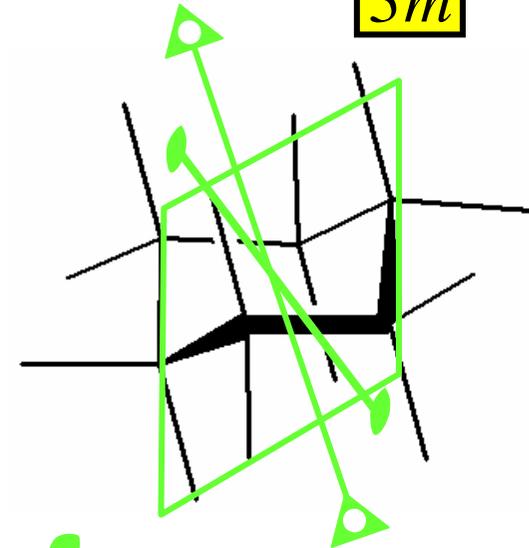
$\text{SF}_6$



r) (sólo se representa un eje ternario de inversión, uno cuaternario, uno binario y uno de los planos especulares)

q) ciclohexano  
(sólo se representa el eje ternario de inversión, uno de los tres ejes binarios y uno de los tres planos especulares)

$\bar{3}m$



s) etano ( $g^+$ )

$32$

