



ESTRUCTURA DE LOS MATERIALES

OBJETIVO

- **Estudiar la relación íntima entre la estructura y propiedades de los materiales.**



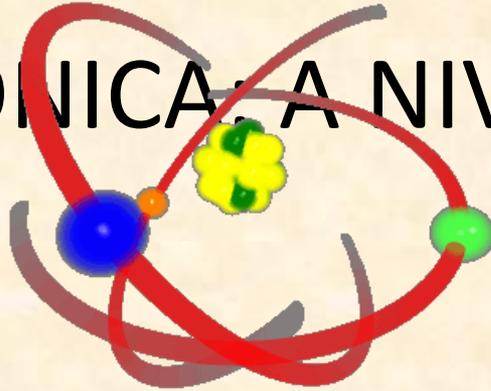
ESTRUCTURA.

Es la forma como van organizados los átomos en un material determinado.

Se da en cuatro niveles-

- 1.ELECTRÓNICA.
- 2.CRISTALINA O AMORFA
- 3.MICROESTRUCTURA : MICROSCOPIO
- 4. A NIVEL MACRO.

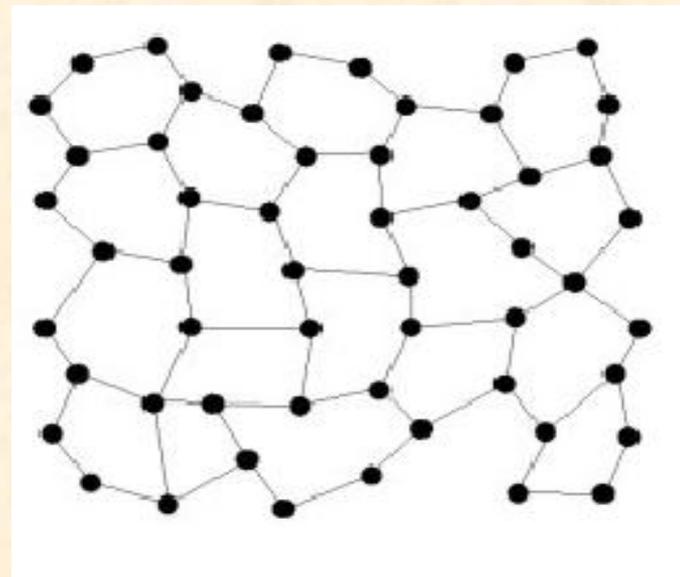
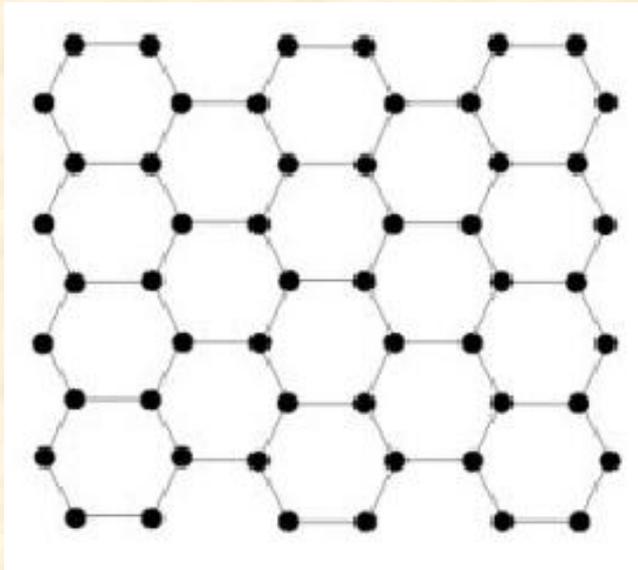
1. ELECTRÓNICA A NIVEL ATÓMICO



- FORMA COMO VAN LOS ELECTRONES Y DEMÁS PARTÍCULAS DISTRIBUÍDOS EN EL ÁTOMO: CAPAS, NIVELES, ORBITALES ETC.

2. Estructura Cristalina y Amorfa

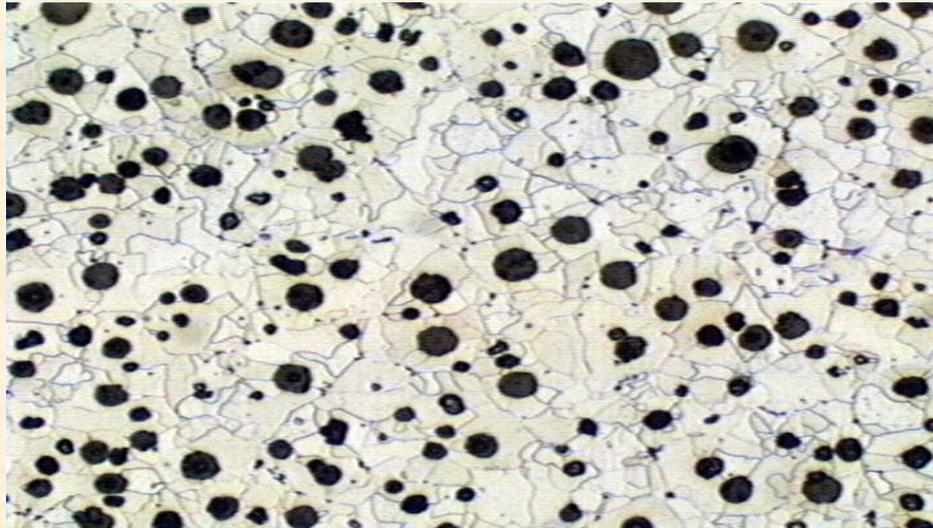
- Se da un nivel un poco mayor, esto es, la forma como se organizan esos átomos entre ellos al pasar del estado líquido al sólido, formando ordenamientos o figuras geométricas espaciales repetitivos o no, lo cual se denomina **cristalina** si el arreglo se repite y **amorfa** en caso contrario. Figuras: cubos, hexágonos, tetrahédros, etc.



- Normalmente la solidificación de polímeros y vidrios no involucra cristalización ya que los átomos no alcanzan a producir una estructura ordenada antes del final de la solidificación.

3.Estructura a nivel del microscopio o microestructura

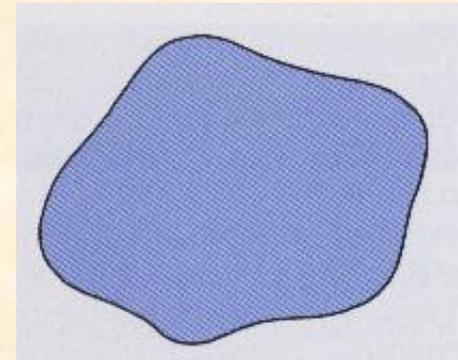
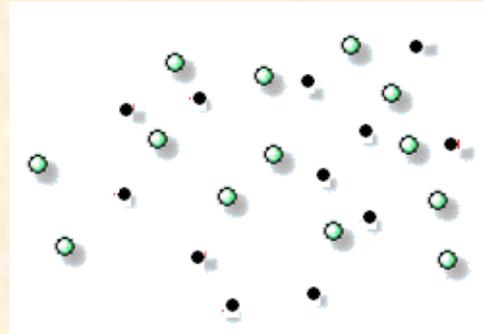
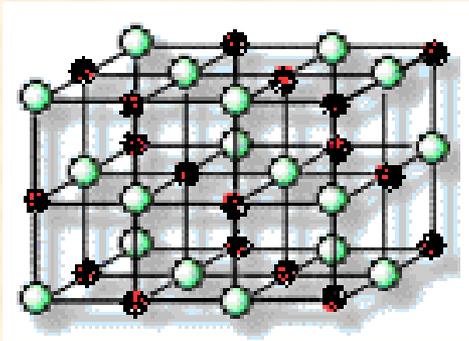
A un nivel mayor, o sea la forma, clase y manera como aparecen los granos, fases o micronstituyentes de los materiales bajo el microscopio.



- 4. Estructura del material puede verse a
- simple vista o bajo microscopio de baja potencia es llamada macroestructura.

FORMACIÓN DE GRANOS, CRISTALES Y FASES

- 1.Estado líquido – los átomos no tienen un arreglo definido y están separados.

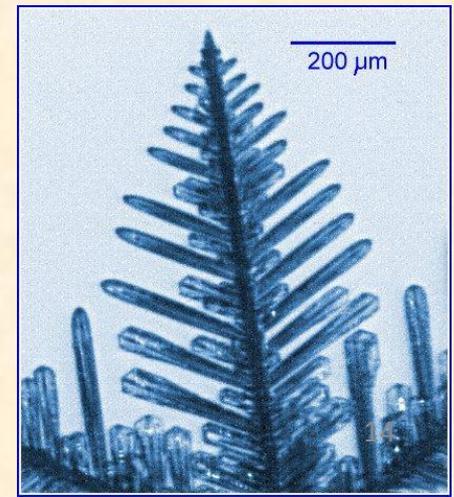


Solidificación

- Al sustraerse calor al líquido disminuye su temperatura, las partículas que lo componen tienen cada vez menos movimiento, hasta que se ordenan, tomando una posición en la estructura cristalina. Ese es el momento en que se opera la solidificación, y el líquido perderá su capacidad de fluir.

Etapas

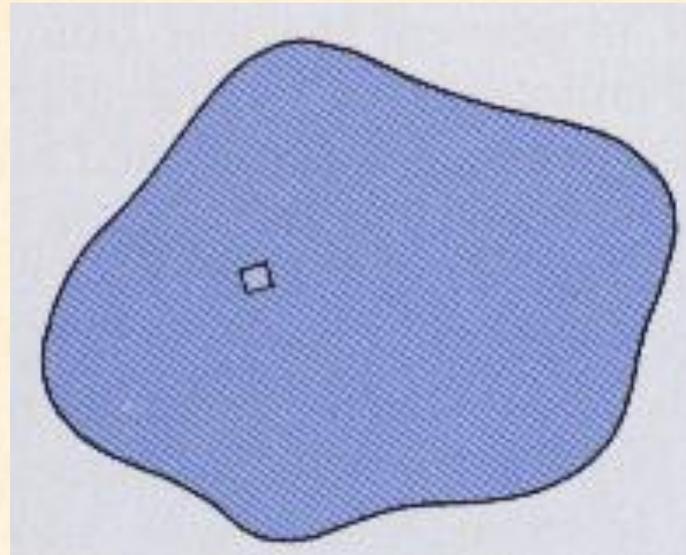
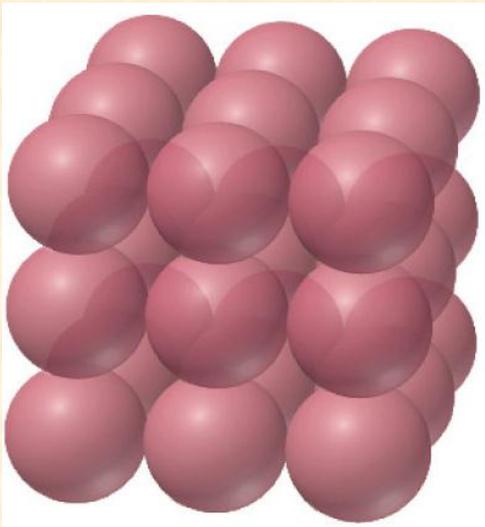
- La primera es la **nucleación**, donde solo se solidifican ciertos puntos específicos, formándose granos finos. Cuando se amplía esta solidificación formándose dendritas, cristales o granos, estamos en la etapa de cristalización.
- Estas dendritas se van ampliando hasta que todo el material se solidifica, formando los límites de grano en las regiones de encuentro.



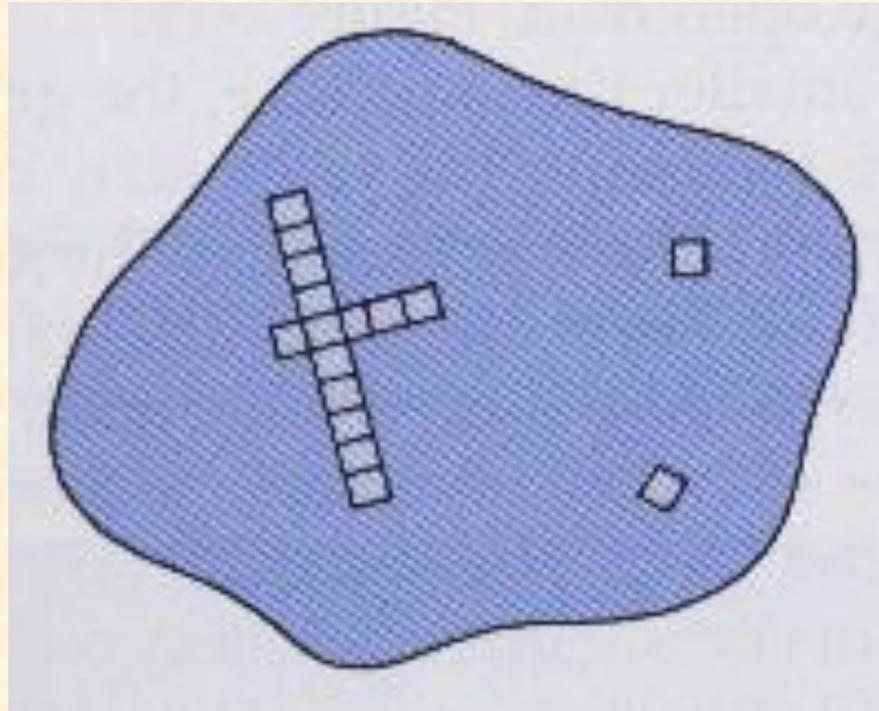
- Los metales puros, requieren una temperatura constante para su solidificación.
- En las aleaciones, la solidificación no ocurre a temperaturas constantes, sino en intervalos de temperaturas

FORMACIÓN DE GRANOS, CRISTALES Y FASES.

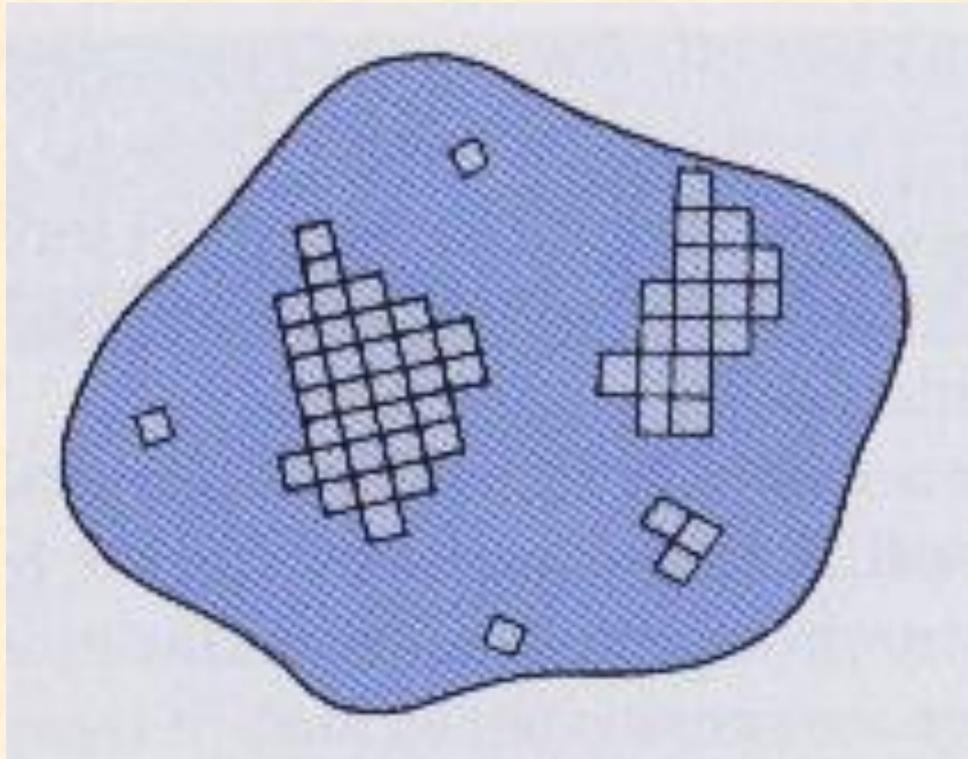
- Al comenzar el material a solidificar , los átomos comienzan a juntarse y organizarse formando figuras geométricas por ejemplo cubos.



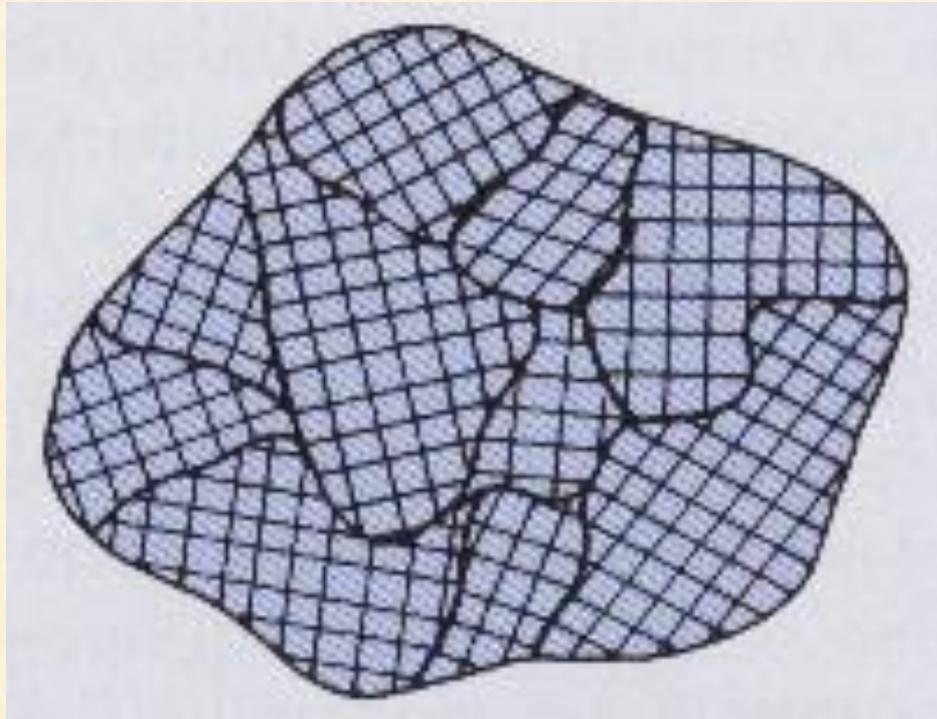
- Más cubos se adjuntan al cubo original y comienza a organizarse otros cubos en diferentes regiones.



- Continua el crecimiento de cada región y aparecen nuevas regiones.

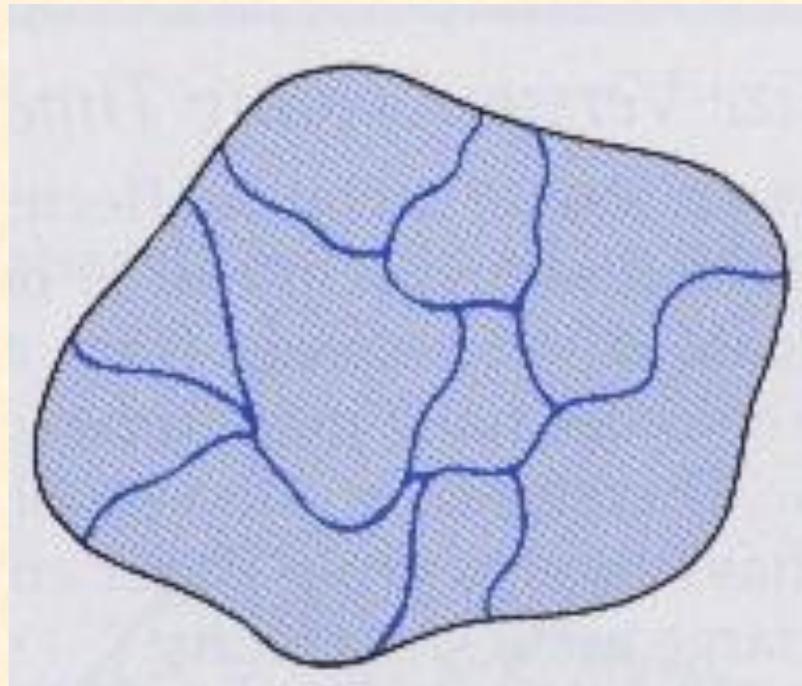


Tan pronto una región llega junto a otra no puede crecer más y aparecen los granos o cristales y los límites de grano, que no son más que cambios de dirección del arreglo atómico o de composición. Básicamente son desarreglos atómicos.

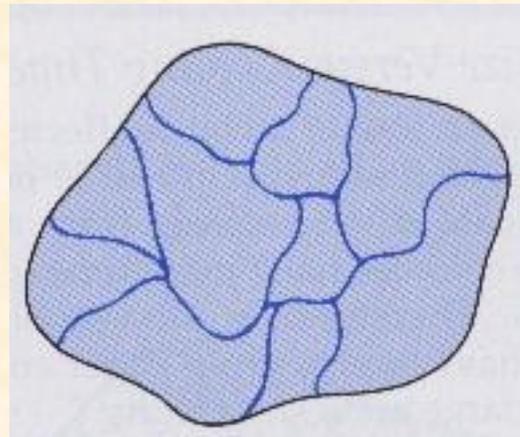
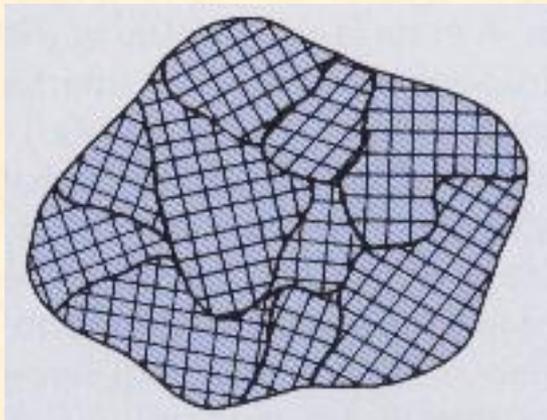
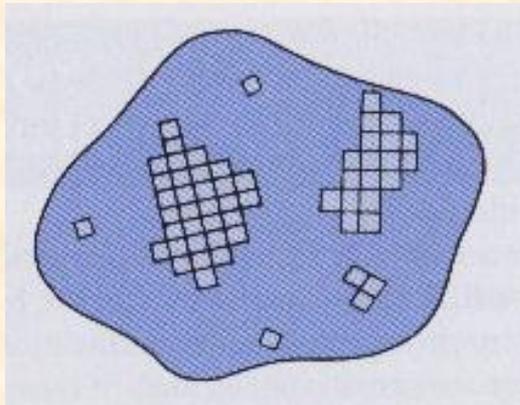
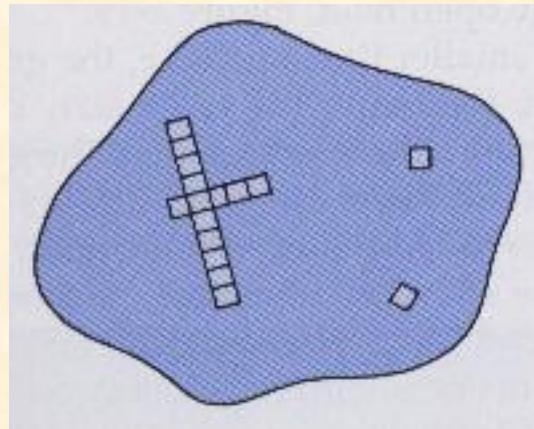
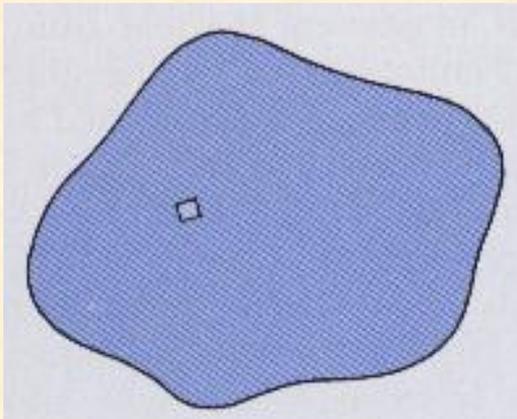
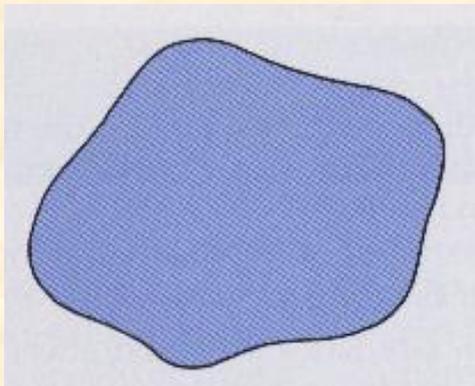


Vista al microscopio de los granos o cristales.

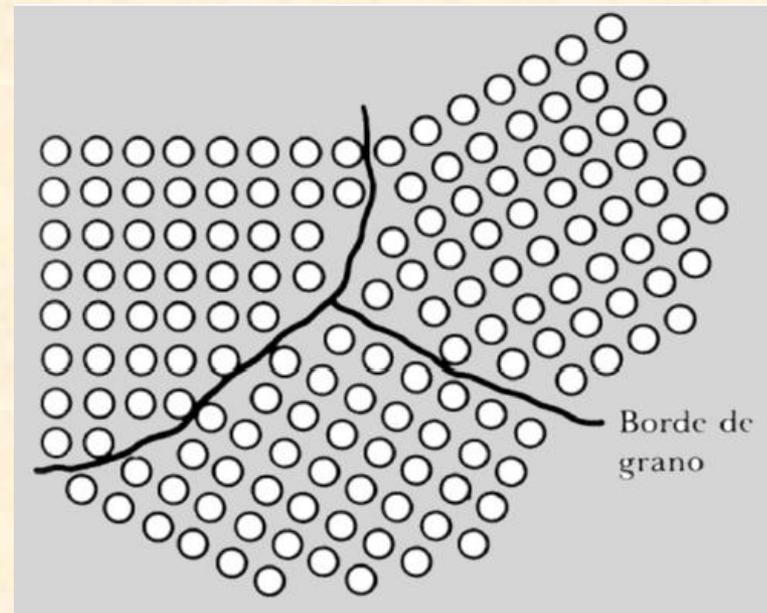
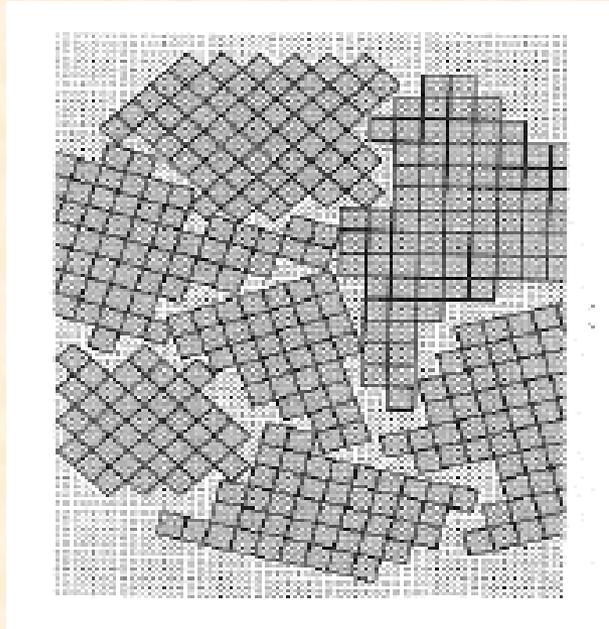
Obsérvese que la apariencia de cada región es la misma y como en este caso la composición también, lo denominamos una fase.



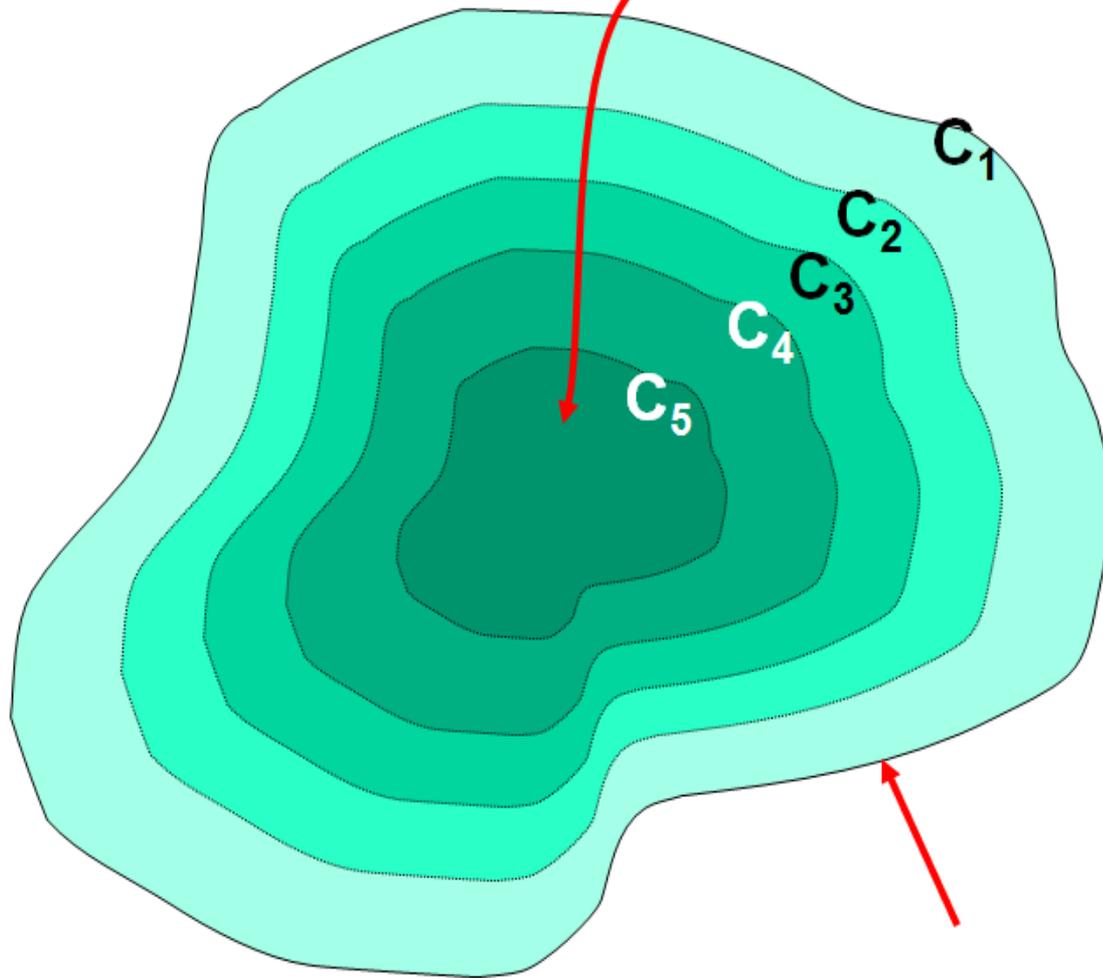
PROCESO DE FORMACIÓN DE GRANOS O CRISTALES



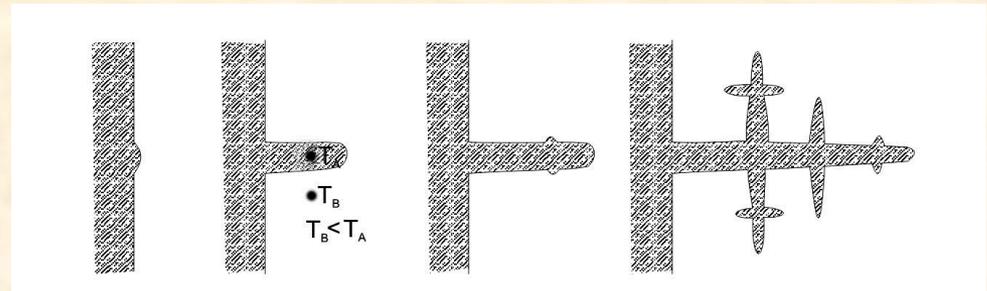
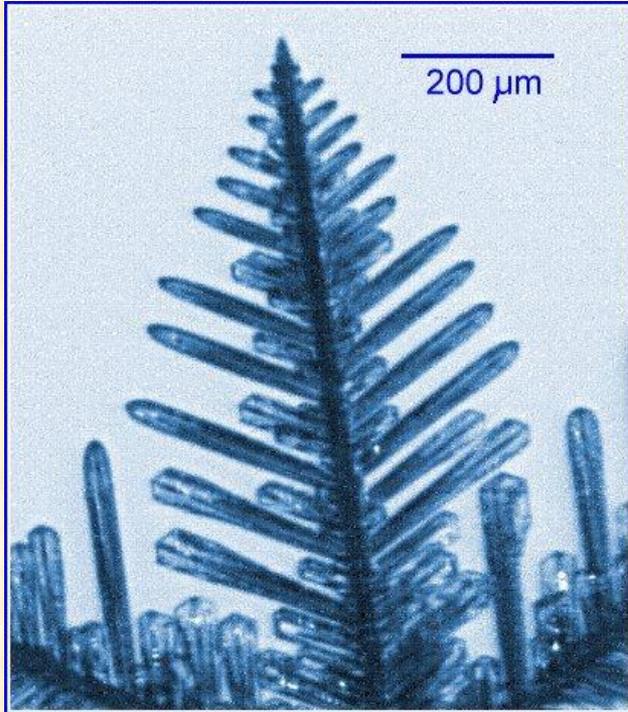
Granos o Cristales, Límites de grano

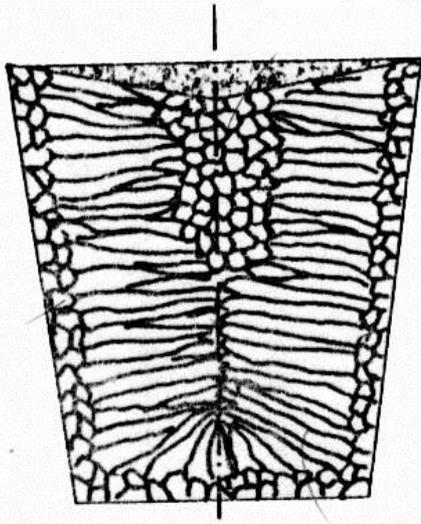


Primera región solidificada

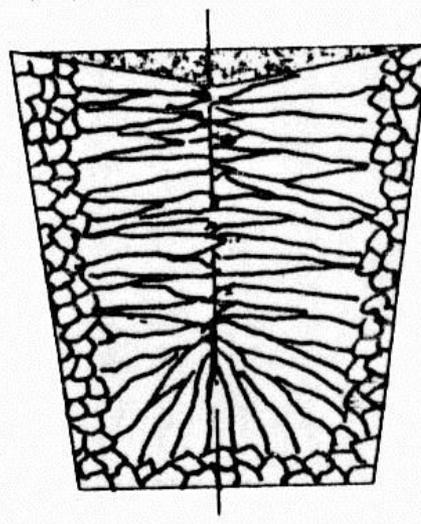


Borde de grano.
Última región solidificada



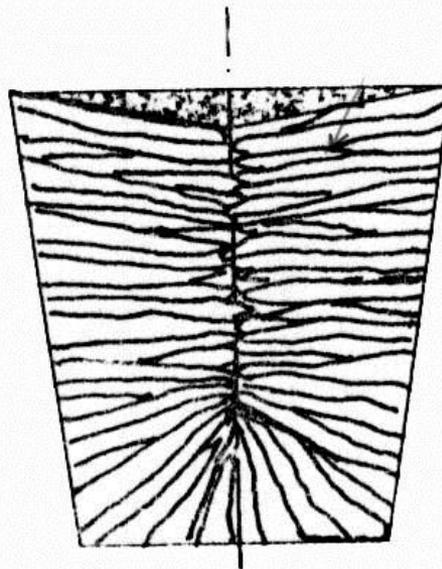


(a)

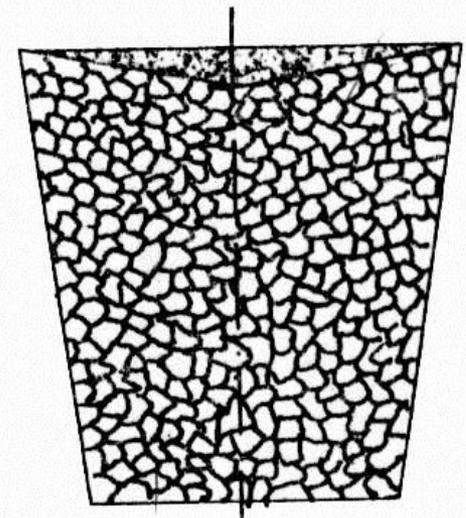


(b)

ESTRUCTURA DE LOS LINGOTES

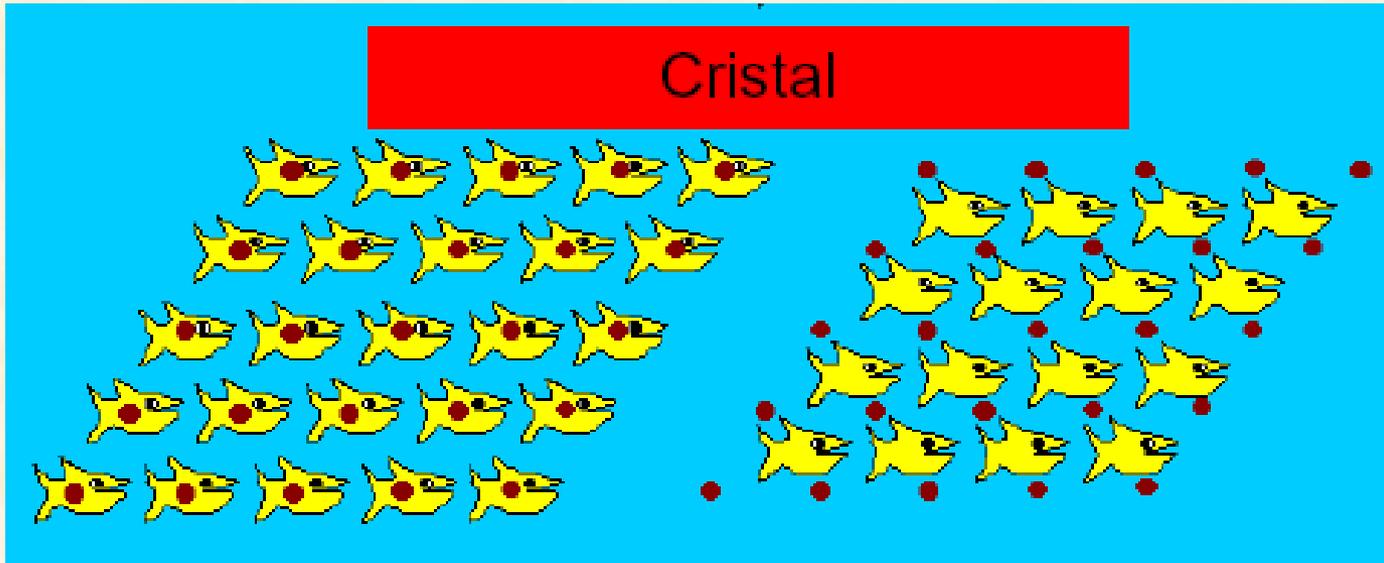
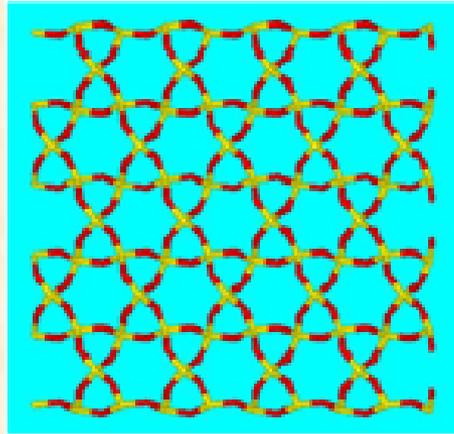


a



b





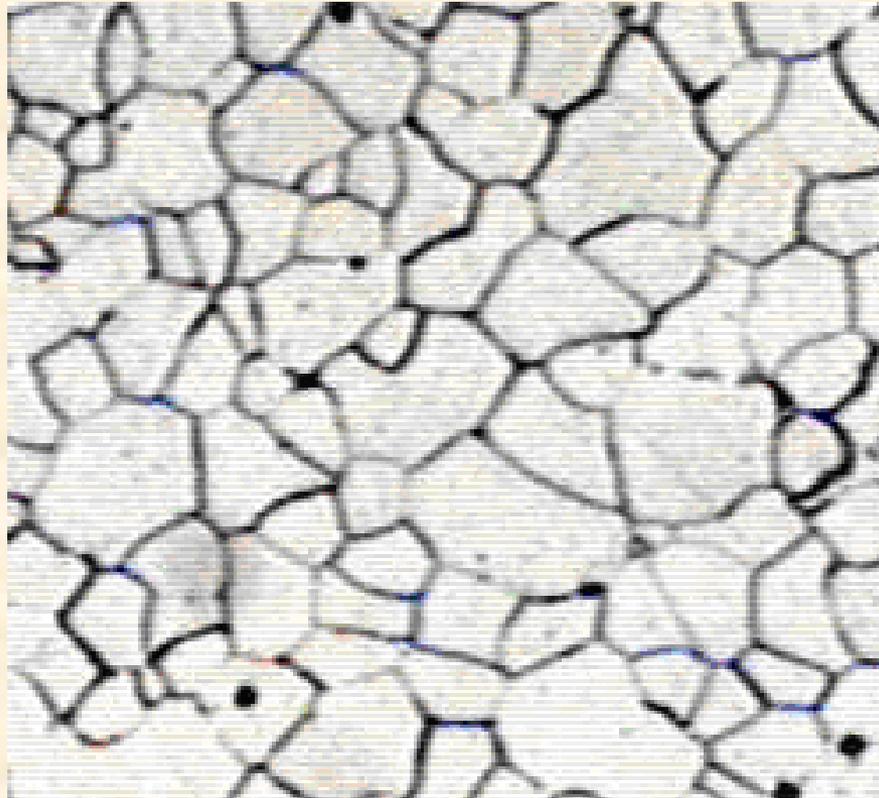
Fase

- Región homogénea que presenta una interfase.
- Por homogénea entendemos:
 - 1.Misma composición
 - 2.Misma estructura cristalina

Interfase: región que separa una fase de otra o región que separa un grano de otro

- Por tanto una fase es una región que tiene la misma **composición y estructura** cristalina y está separada por una **inertefase**.
- También decimos que una fase es una región que aparece al microscopio de la misma manera.

**MICROESTRUCTURA DE UN HIERRO RELATIVAMENTE PURO.
GRANOS BLANCOS DE FERRITA Y LAS RAYAS NEGRAS SON LOS LÍMITES DE GRANO**



Microfotografía electrónica

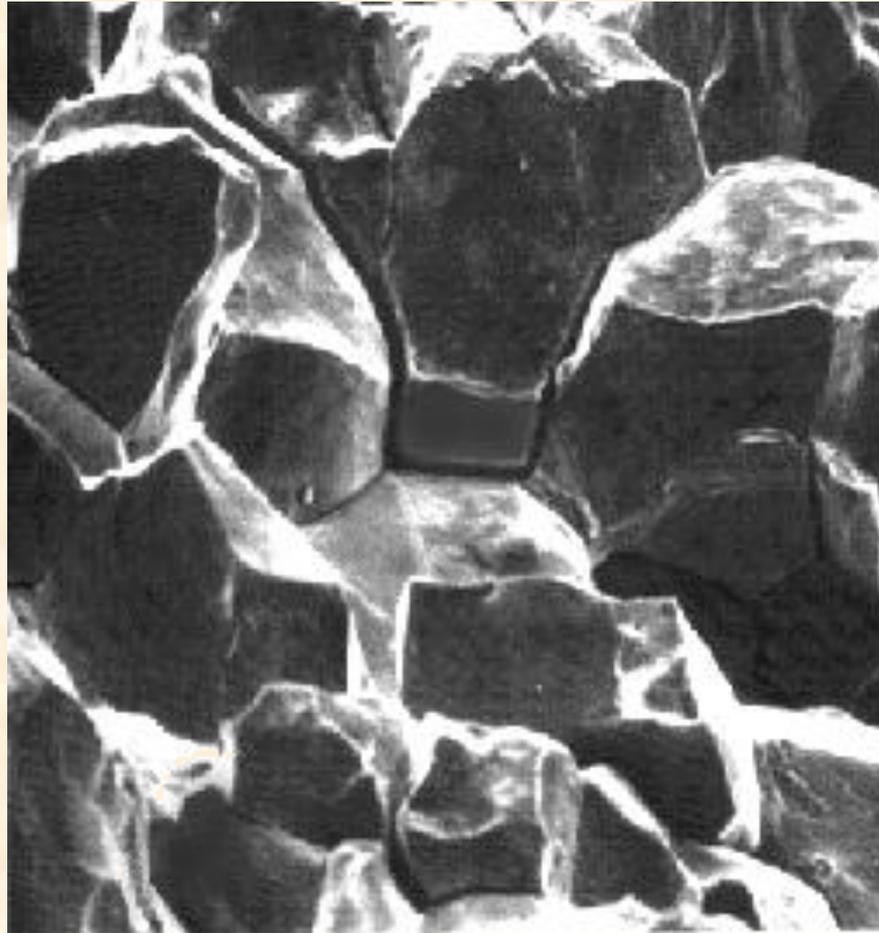


Figura 4

Microestructura de un acero.

ZONAS BLANCAS: GRANOS DE FERRITA
ZONAS NEGRAS: GRANOS DE PERLITA

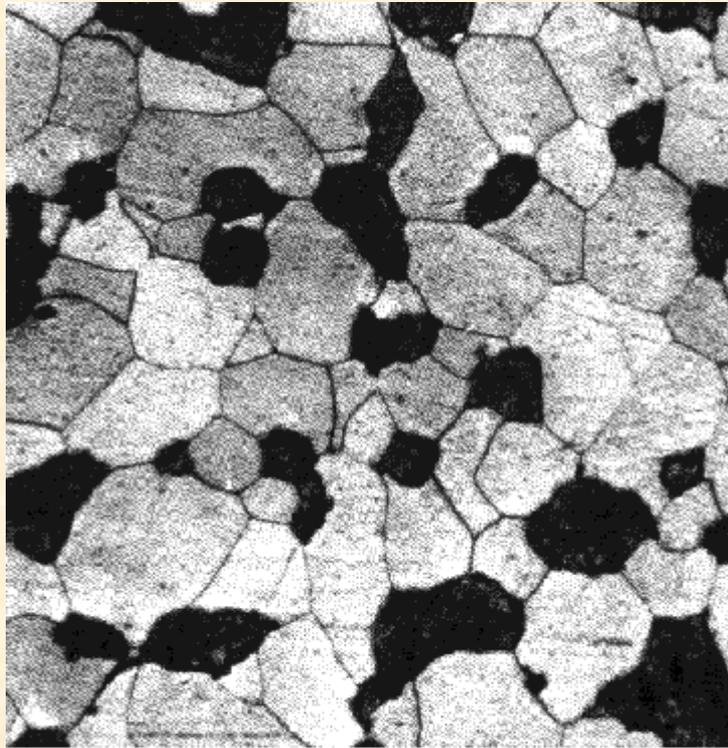
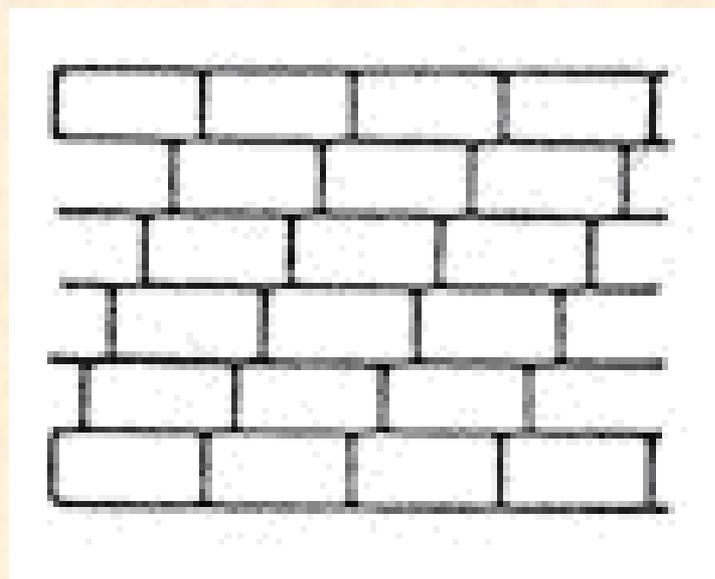


Figura 5

ESTRUCTURA CRISTALINA

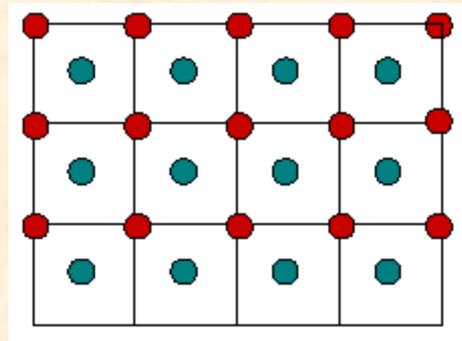




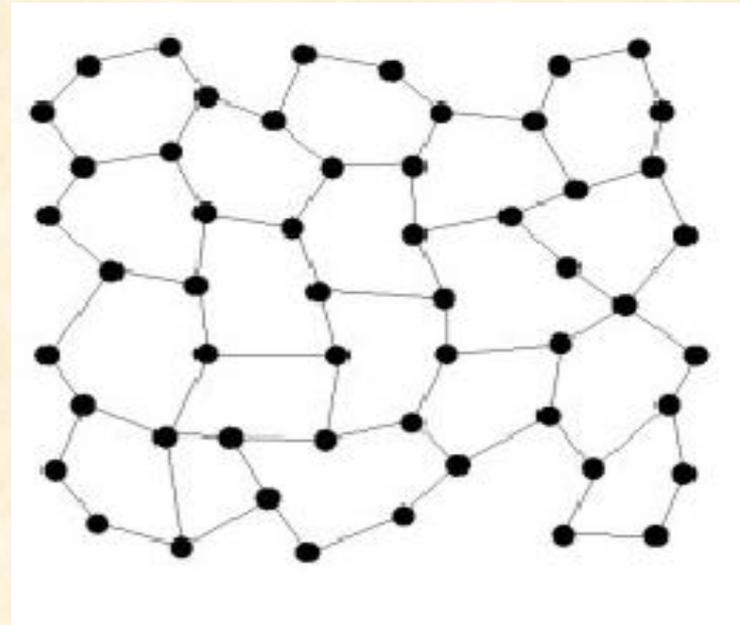
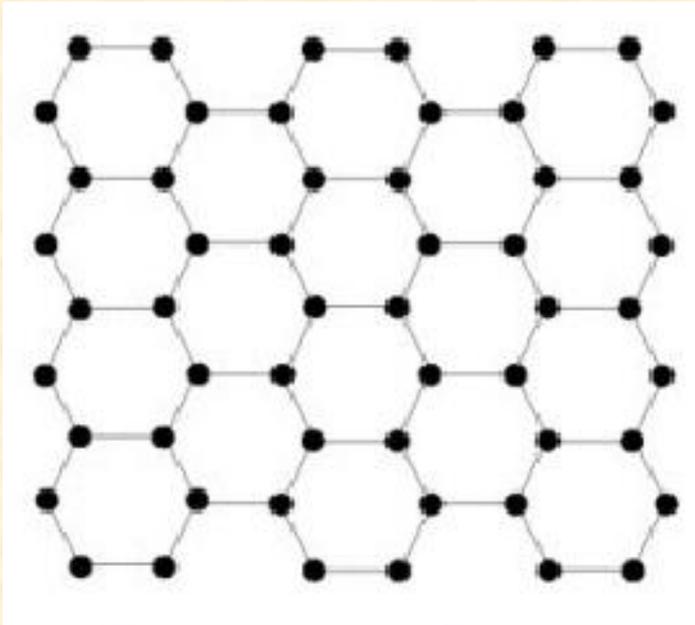


ESTRUCTURA CRISTALINA

- Los átomos se enlazan entre si en posiciones fijas, ordenadas y repetitivas formando figuras geométricas como cubos, rombos, hexágonos etc.



Estructura cristalina-Amorfa o vítrea



AMORFOS O VIDRIOS

- Estructura desordenada.
- En muchos aspectos equivalente a un líquido de alta viscosidad.

- Posiciones:
- Fijas pero al azar.
- Las distancias interatómicas son \approx ctes.

POLIMORFISMO Y ALOTROPIA

- Muchos materiales, incluyendo los elementos
- puros, pueden existir en distintas estructuras
- cristalográficas con propiedades muy distintas.

- **1-POLIMORFISMO:** CUANDO UN MATERIAL CRISTALIZA EN VARIAS FORMAS CRISTALINAS DIFERENTES.
- Pe. el acero.

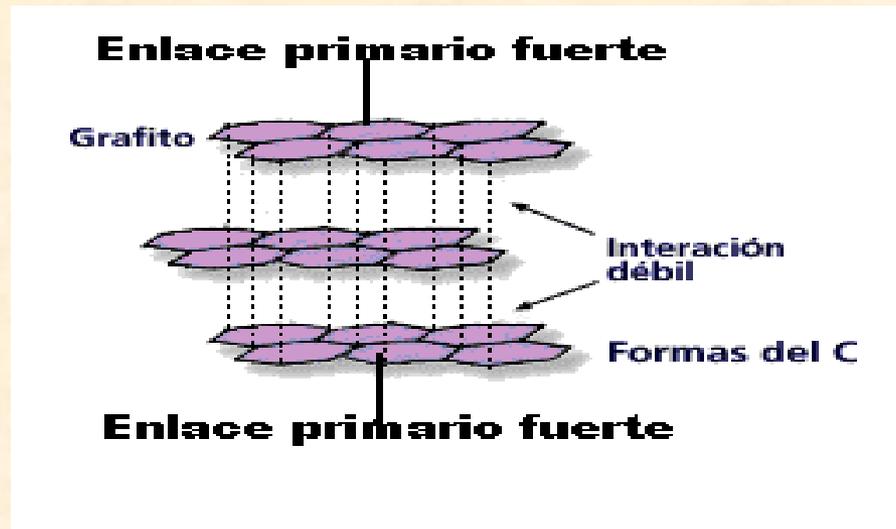
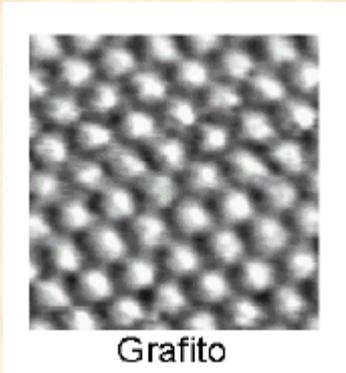
- **2-ALOTROPÍA:** POLIMORFISMO EN ELEMENTOS PUROS. pe. el Fe, el C

ALOTROPÍA DEL C

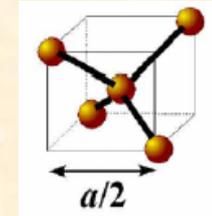
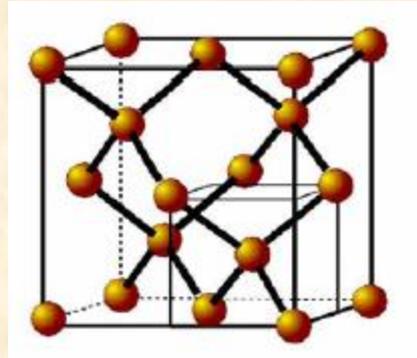
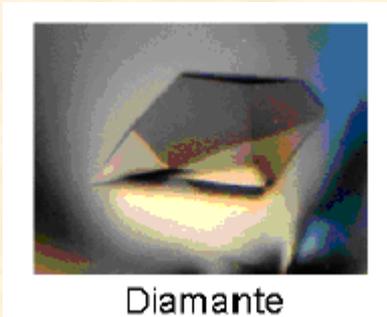
- **DIAMANTE.**
- **GRAFITO.**
- **CARBÓN COMÚN.**
- **BULLERENO.**

Carbón

- Frágil
- Negro
- Combustible
- Origen orgánico
- Estructura no cristalina



- Ø Negro
- Ø Blando, se exfolia en láminas
- Ø Estructura: plano anillos hexagonales unidos débilmente entre si.
- Ø Barato



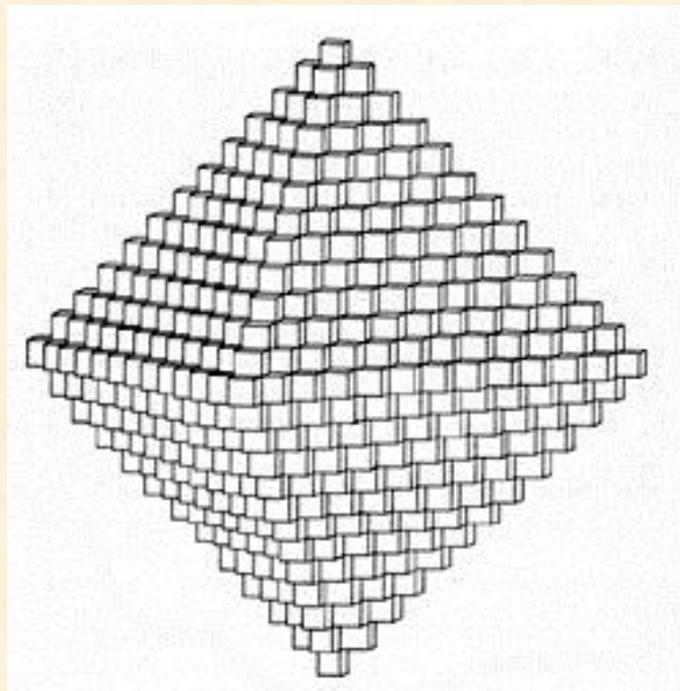
- **DIAMANTE**
- Ø Transparente
- Ø Muy aislante (eléctrico)
- Ø Muy duro
- Ø Estructura: red tetragonal
- Ø Caro

BUCKMINSTERFULLERENO, FULLERENO O FUTBOLENO

- Ø Aislante; impurezas lo hacen
- superconductor
- Ø Esferas duras independientes
- (rodamientos ideales)
- Ø Estructura: C₆₀: polihedro cuyas caras
- son hexágonos y pentágonos con
- átomos de C en los vértices
- Ø Carísimo

Monocrystal





Aplicaciones de Monocristales

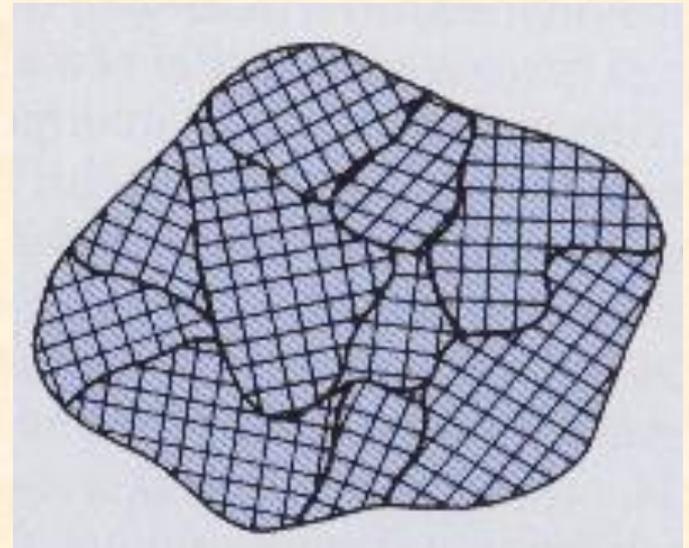
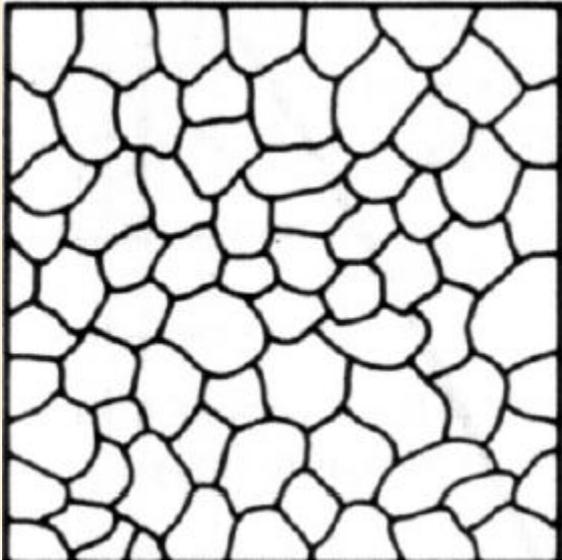


Alabes de turbinas



Si en semiconductores

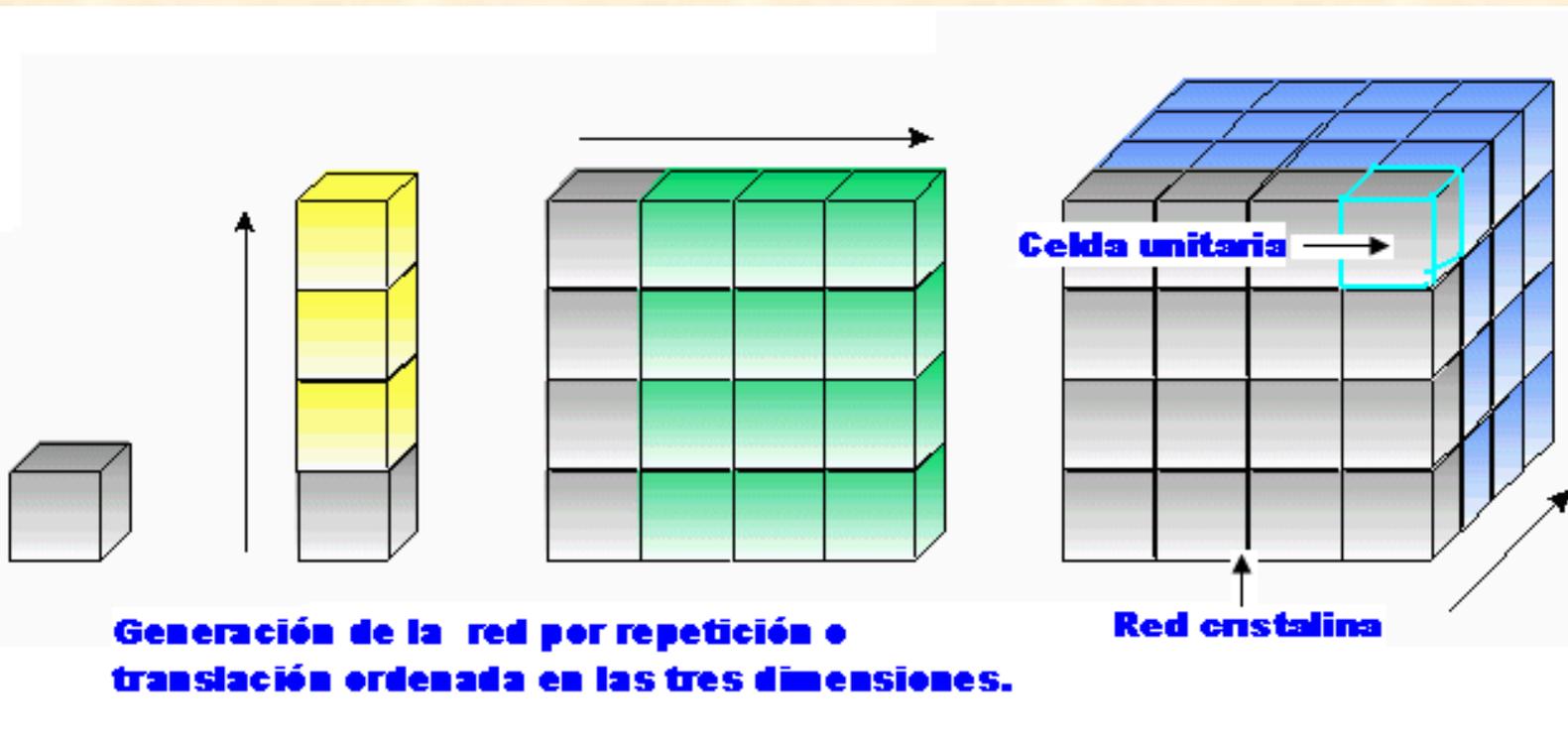
Material Policristalino

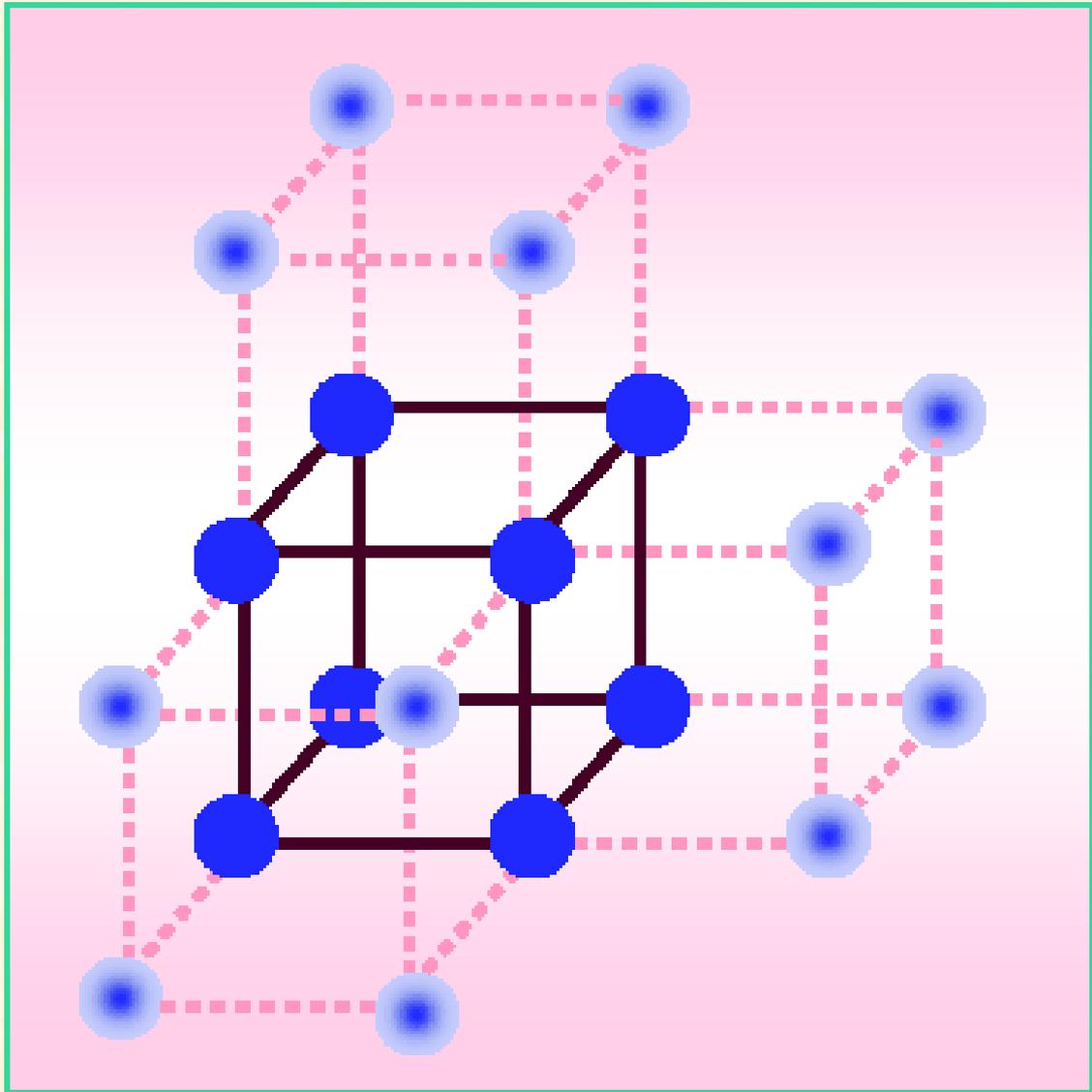


Organización reticular

Organización de la red creada por el enlace de los átomos.

El modelo supone a los átomos como esferas compactas o como puntos en última instancia.

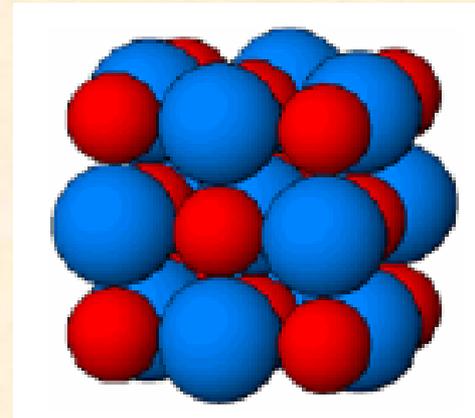
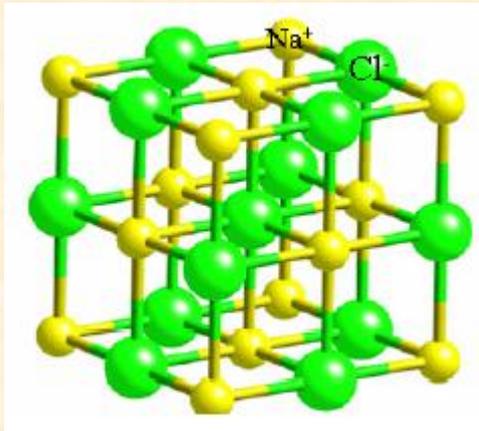




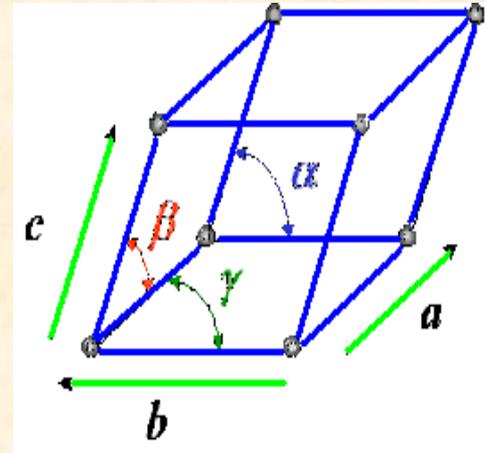
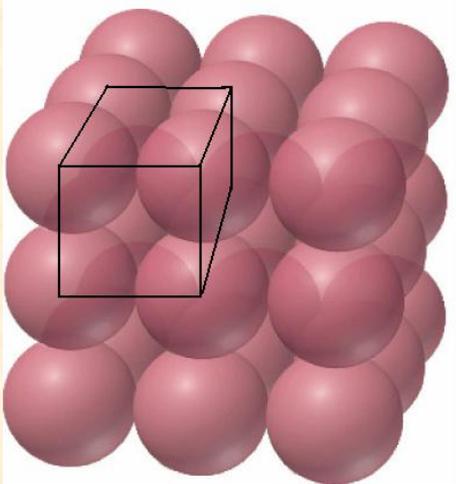
Conceptos a definir

- 1.Red cristalina
- 2.Celda unitaria.
- 3.Sistema cristalino.
- 4.Forma cristalina.
- 5.Parámetros de red.
- 6.Número de coordinación.
- 7.Factor de empaquetamiento.

- **1.Red cristalina** es un arreglo enteramente geométrico, y consiste en un agrupamiento regular de esferas (átomos) separados entre si a unas distancias idénticas.



- 2. **Celda unitaria** es el mínimo arreglo espacial geométrico que forma la red.



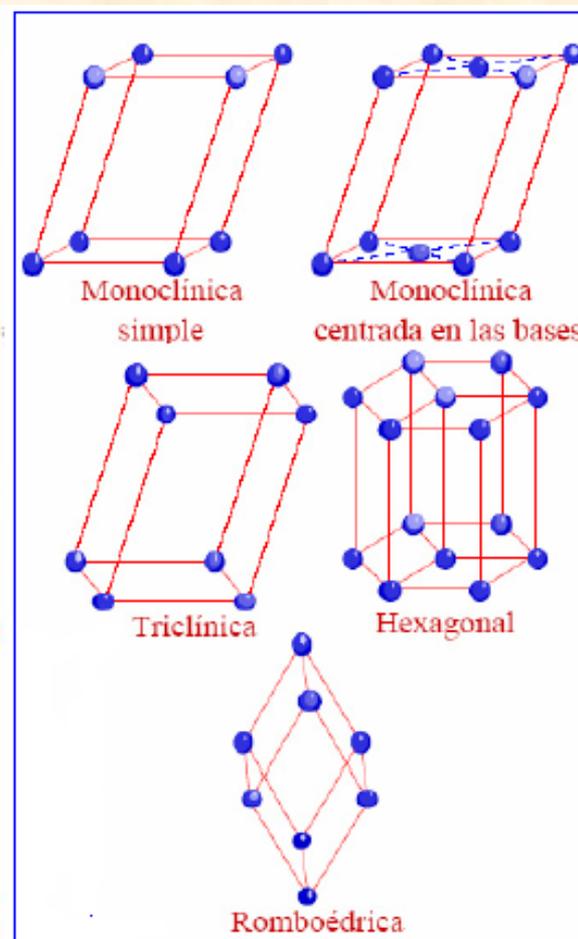
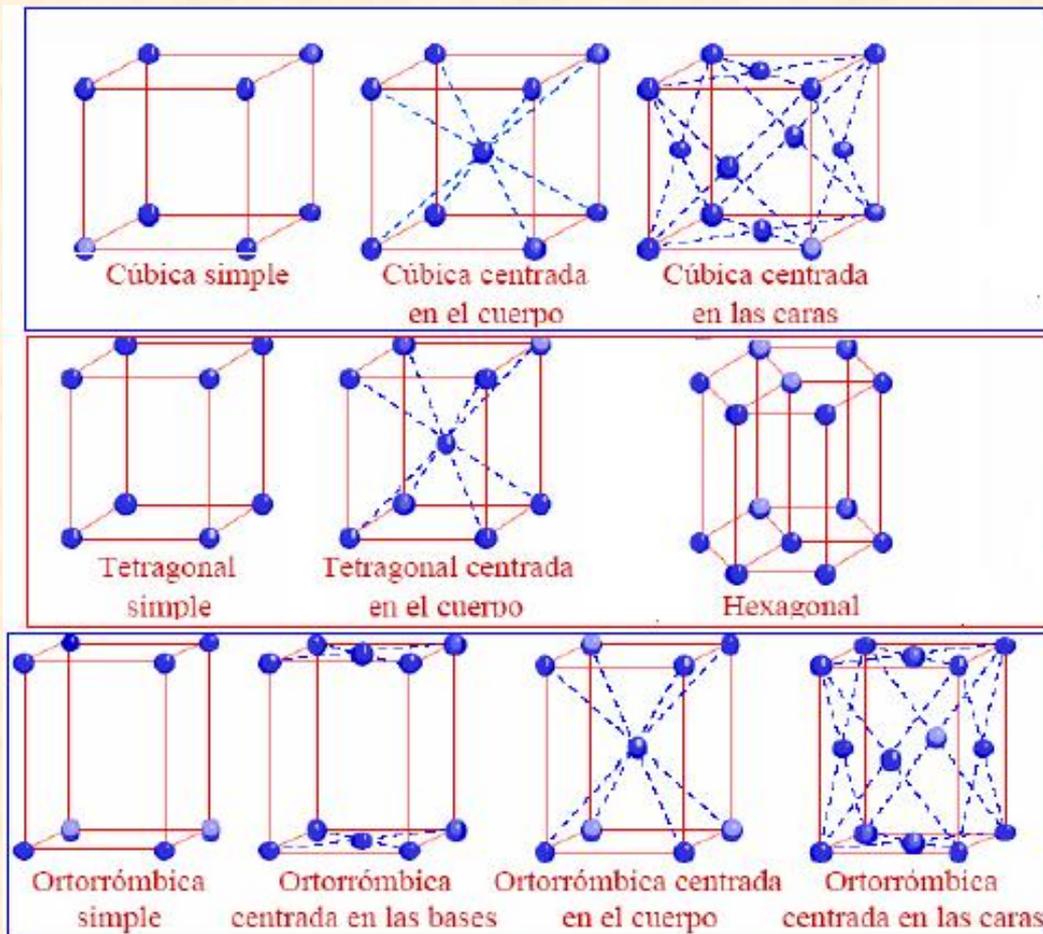
- 3. **Sistemas cristalinos** son las 7 figuras fijas y básicas espaciales que se dan en base a la figura anterior al variar los ángulos y lados.

4. **Forma cristalina.** Dentro de cada sistema cristalino los átomos se organizan de diferentes maneras. Forman “celdas características”.
5. **Parámetros de red.** Son 6: los tres ángulos y los valores de los tres lados.
6. **Número de coordinación.** Es el número de átomos más próximos a un átomo dado de la forma cristalina. Número de átomos que están en contacto con él.
7. **Factor de empaquetamiento atómico.** Es el espacio ocupado por los átomos de una forma cristalina dada.

Dimensiones de las celdillas unidad para los siete sistemas cristalinos

<i>Sistema</i>	<i>Longitudes</i>	<i>Ángulos</i>	<i>Ejemplo</i>
Cúbico	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	NaCl (sal de roca)
Tetragonal	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	TiO ₂ (rutilo)
Ortorrómbico	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	MgSO ₄ ·7H ₂ O (epsomita)
Monoclinico	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \gamma = 90^\circ; \beta \neq 90^\circ$	CaSO ₄ ·2H ₂ O (yeso)
Triclínico	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$	K ₂ Cr ₂ O ₇
Hexagonal	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = 90^\circ; \gamma = 120^\circ$	SiO ₂ (sílice)
Romboédrico	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$	CaCO ₃ (calcita)

Los siete Sistemas Cristalinos y las 14 formas

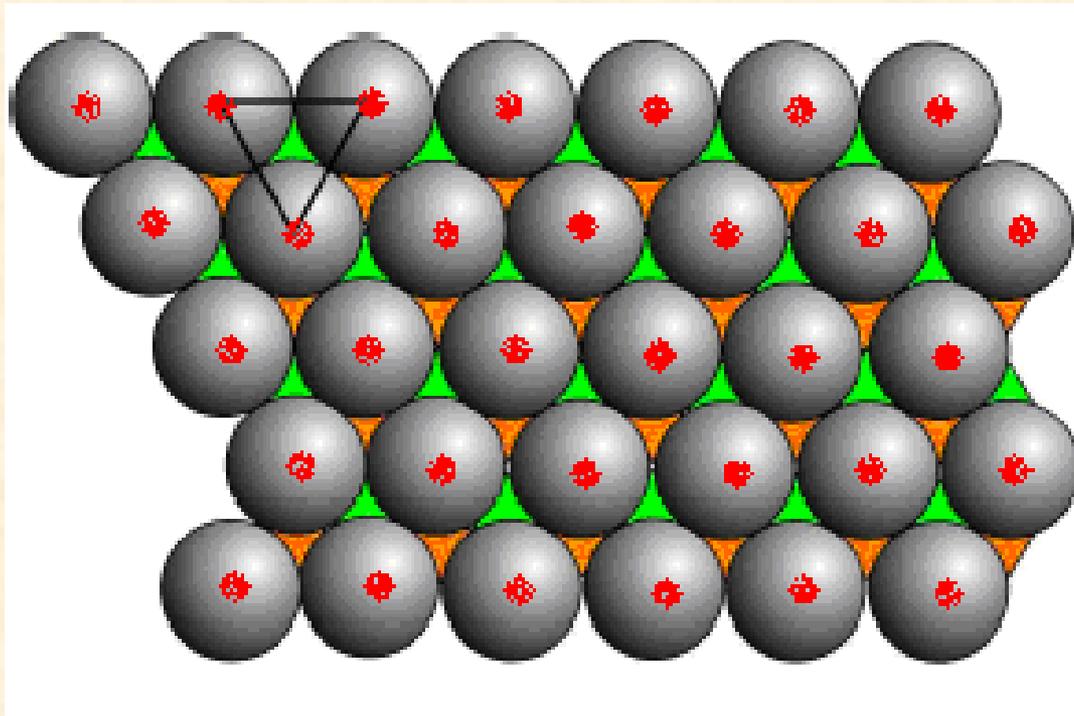


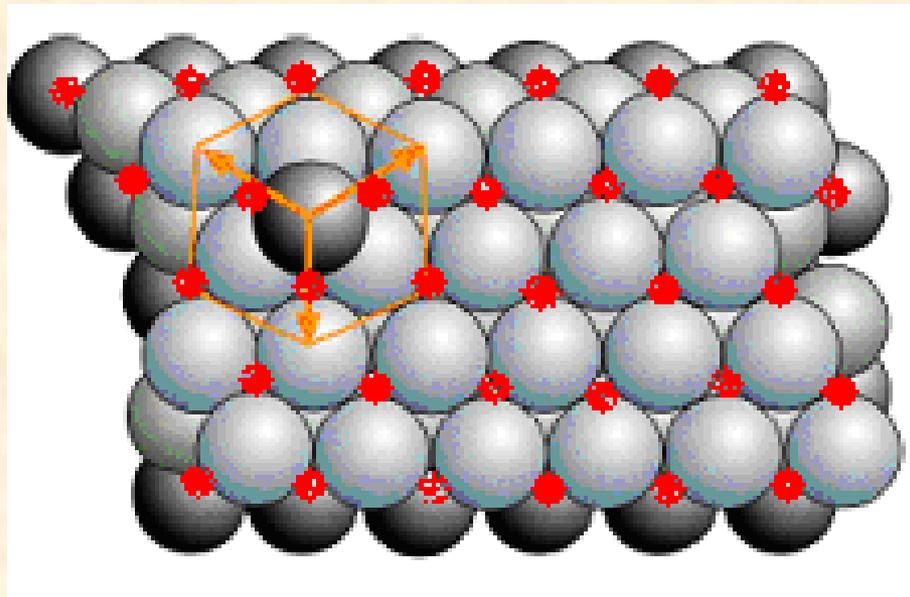
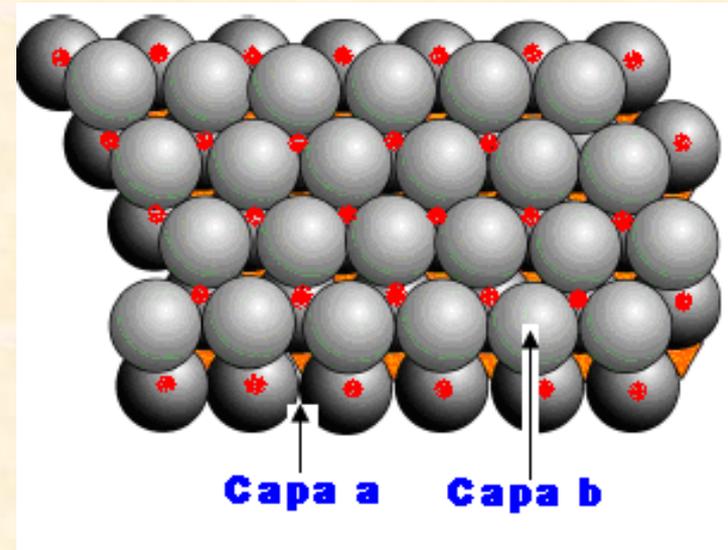
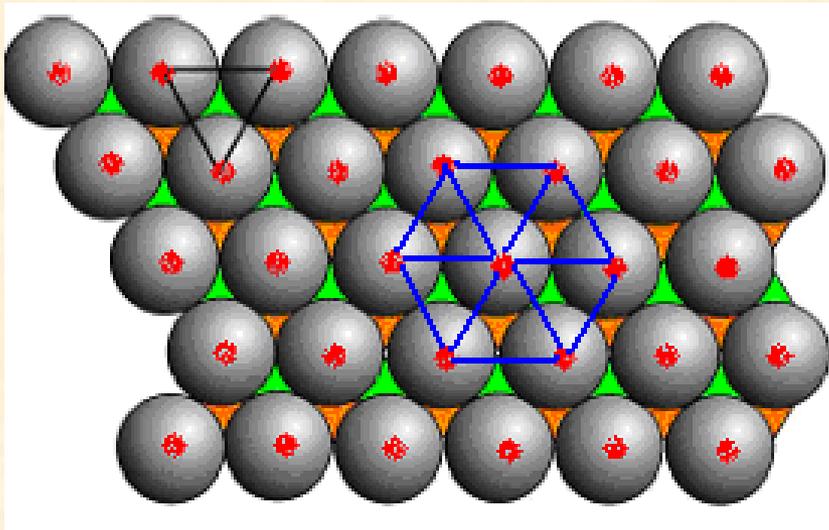
METALES: Cristalizan en el sistema cúbico o hexagonal.

El sistema cúbico tiene tres formas:

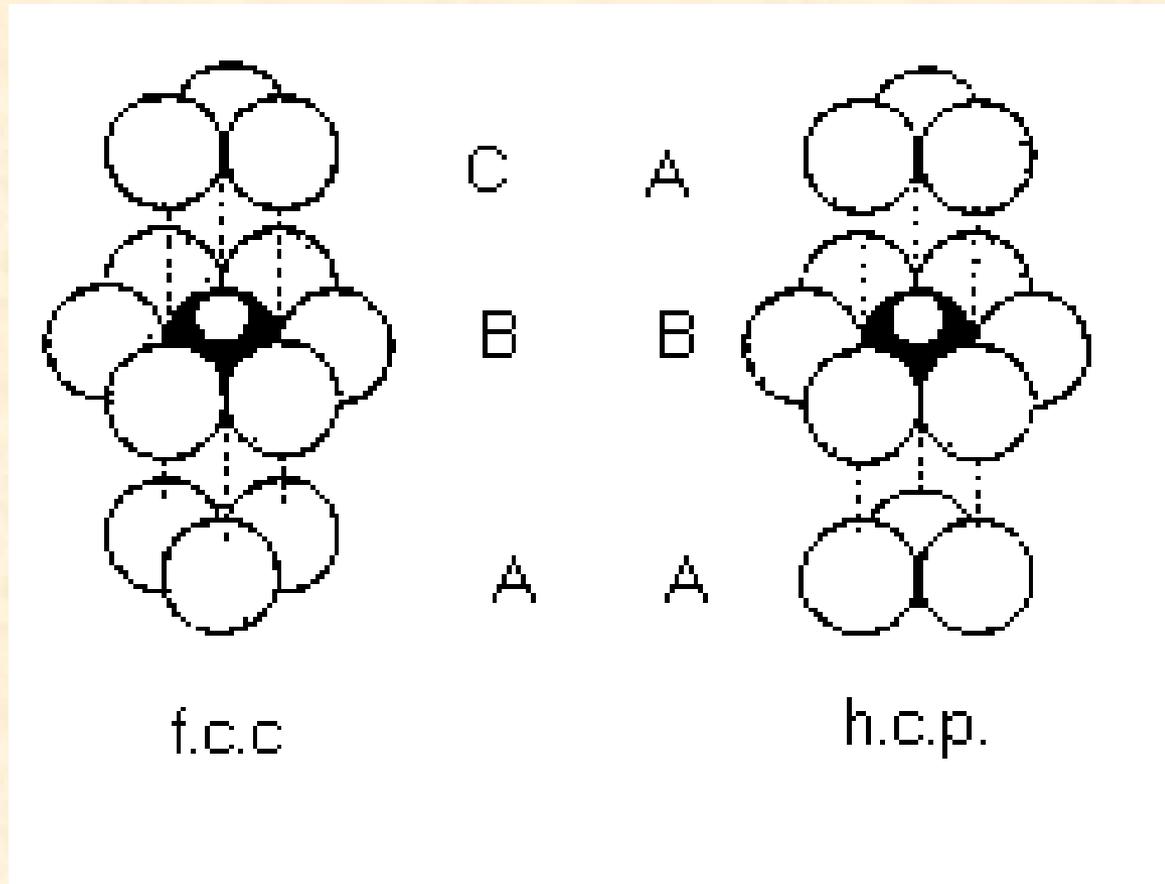
- 1. Cúbico simple o CS**
- 2. Cúbico de cuerpo centrado o BCC.**
- 3. Cúbico de caras centrada o FCC.**

Modelo de formación del sistema cúbico y hexagonal compacto





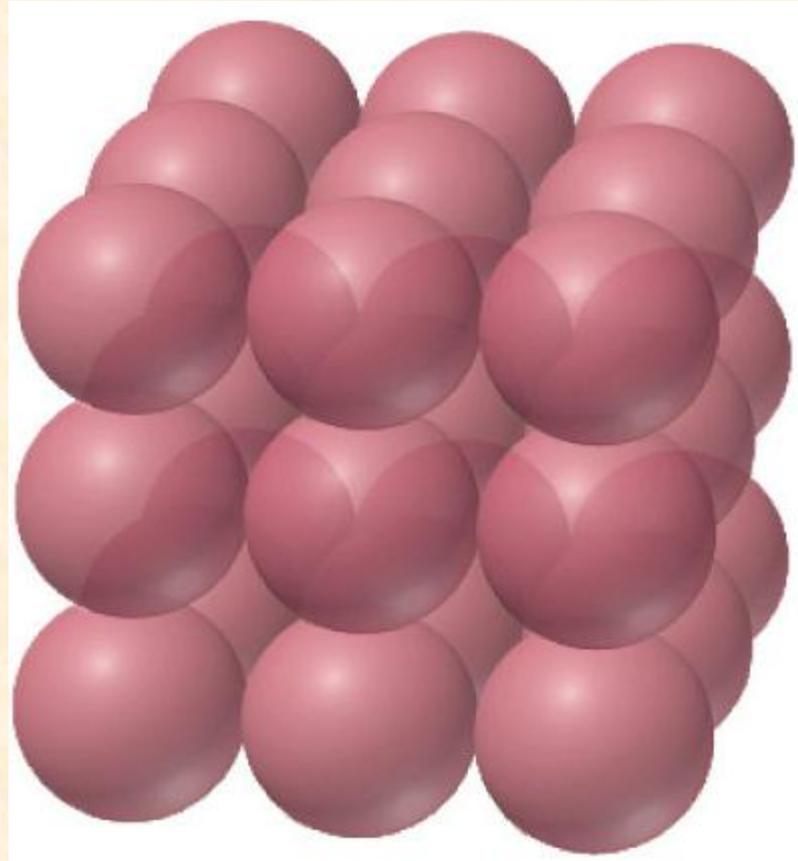
Número de Coordinación para la FCC y Hexagonal Compacta

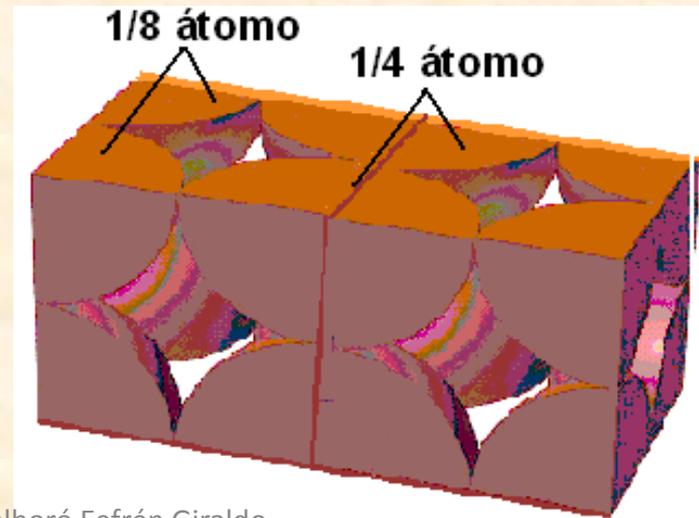
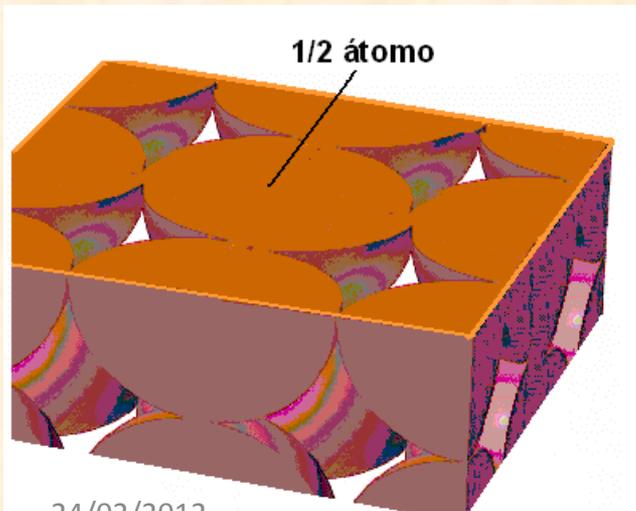
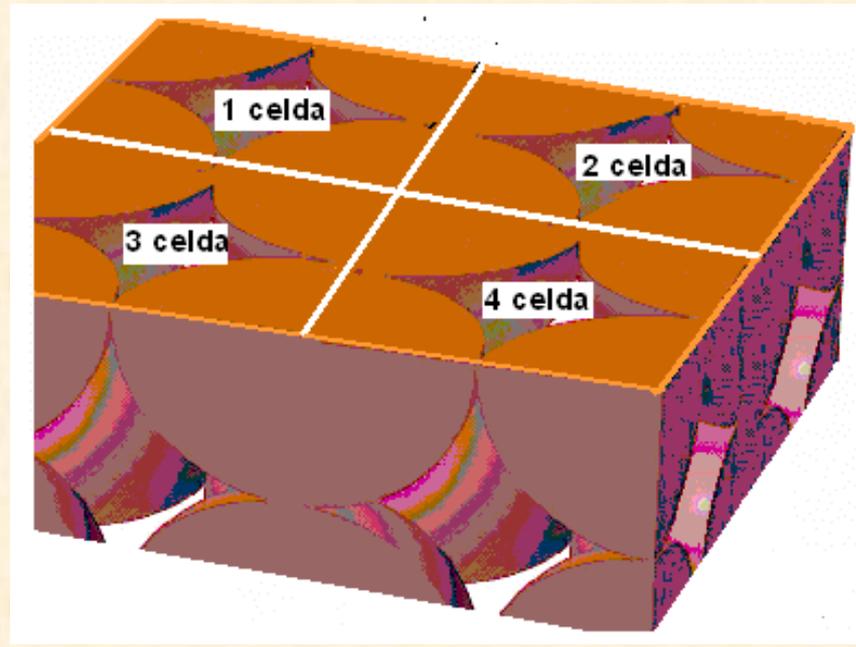
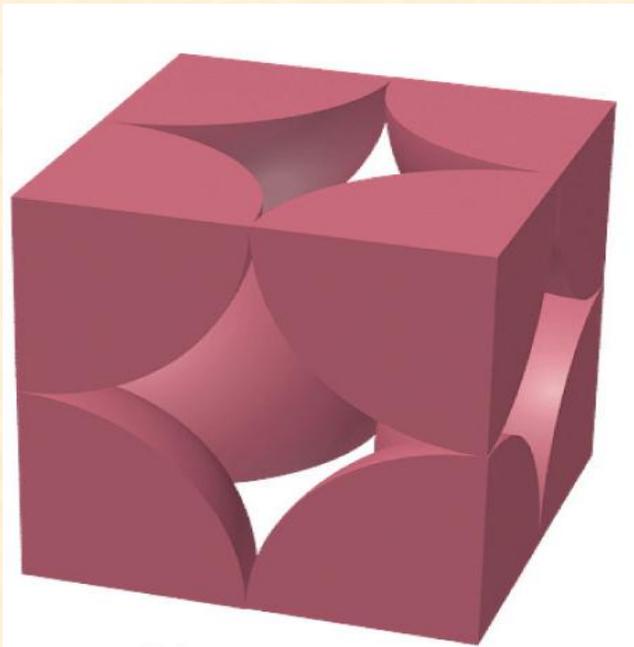


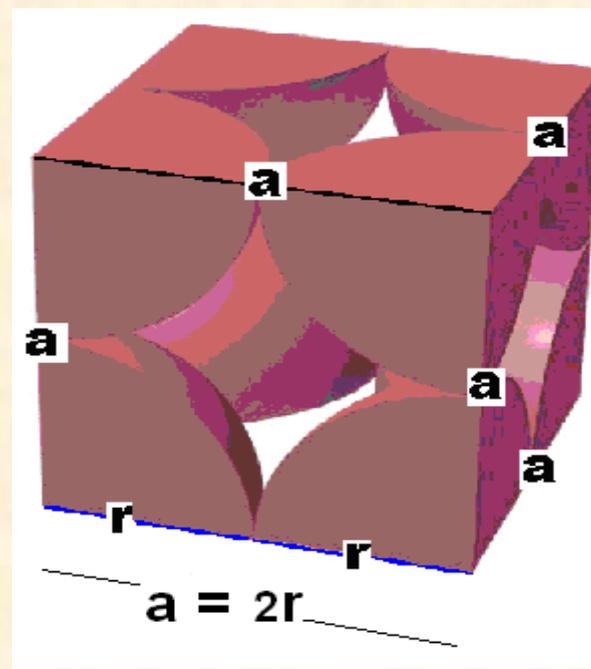
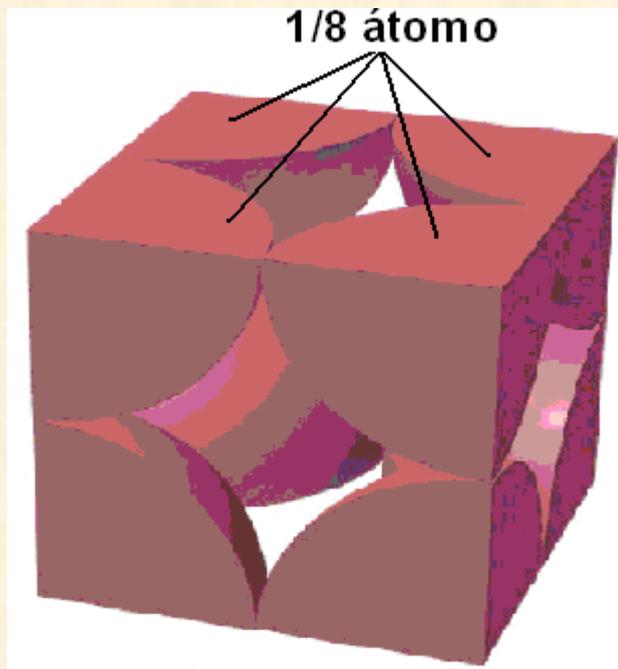
Lo anterior corresponde al arreglo **abc abc... ó forma FCC.**

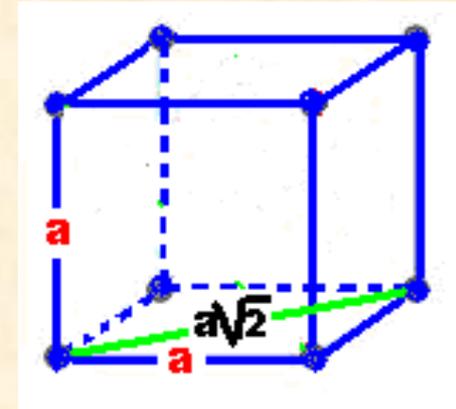
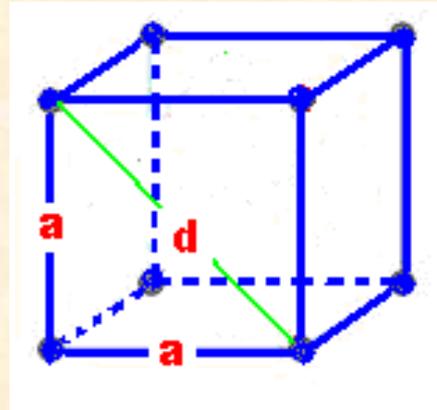
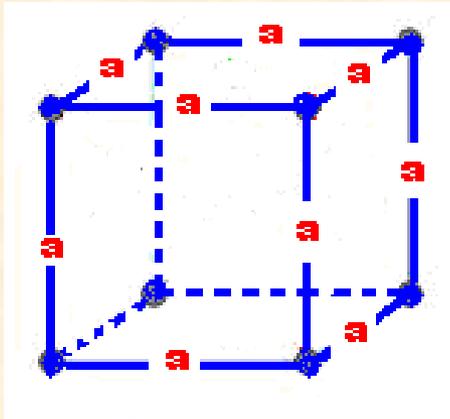
Si se hubiera colocado la tercera capa en la posición b sería **ab ab... Forma cristalina HCC.**

Sistema Cúbico Simple CS





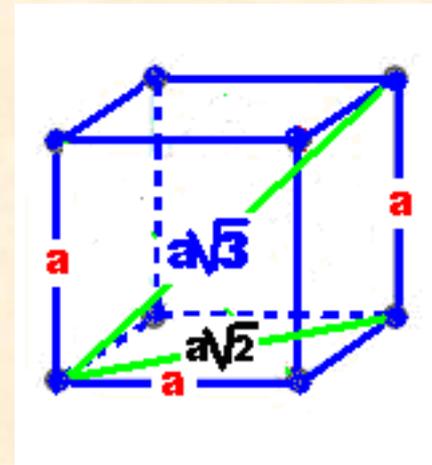
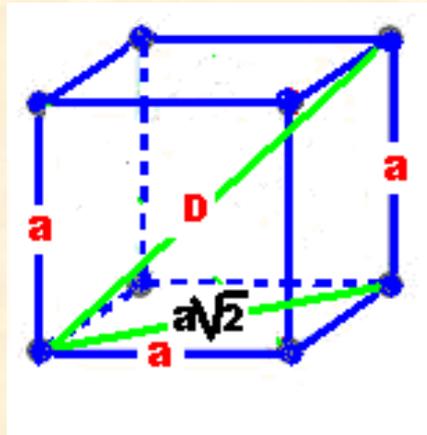




Por Pitágoras $d^2 = a^2 + a^2 = 2a^2$ de donde diagonal de la cara de un cubo vale $a\sqrt{2}$

$d = a\sqrt{2}$ Cualesquier

$D^2 = (a\sqrt{2})^2 + a^2 = 2a^2 + a^2 = 3a^2$ de donde $D = a\sqrt{3}$ cualesquier diagonal principal del cubo vale $a\sqrt{3}$



PARÁMETROS IMPORTANTES

- Entonces tenemos que para el sistema cúbico:
- Cualquier diagonal de una cara del cubo vale $a\sqrt{2}$.
- Cualquier diagonal principal vale $a\sqrt{3}$
- Las 8 aristas del cubo contribuyen con un átomo en la celda unitaria . No átomos de los vértices de cubo = $8 \cdot \frac{1}{8} = 1$
- Volumen de una celda cúbica es a^3
- Volumen de una esfera es $\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$