

# **CAPITULO 11: MATERIALES IMPORTANTES**

- 1. METALES Y ALEACIONES**
- 2. DUREZA, MALEABILIDAD, DUCTILIDAD**
- 3. CONDUCTIVIDAD TERMICA Y ELECTRICA**
- 4. TIPOS DE ALEACIONES**
- 5. ACEROS, POLIMEROS: DEFINICION, CLASIFICACION, ESTRUCTURA y PROPIEDADES. CRISTALINIDAD**
- 6. CAUCHO, VULCANIZACION.**

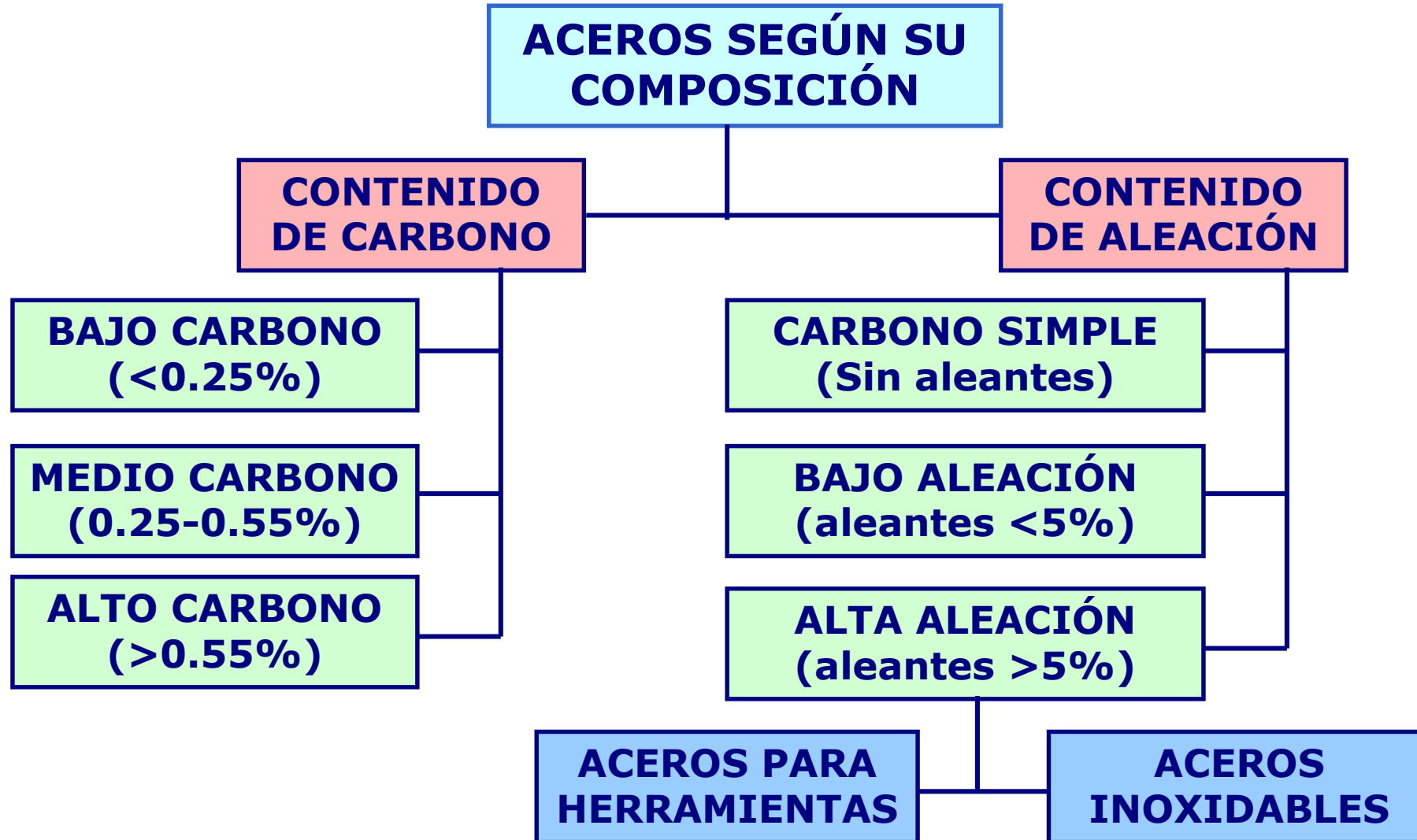
**5. ACEROS, POLIMEROS: DEFINICION, CLASIFICACION, ESTRUCTURA y PROPIEDADES. CRISTALINIDAD**

# EL ACERO (STEEL)

- **Acero:** Es una aleación de hierro que tiene un contenido de **carbono** que varia entre 0.02% y 2.11% en peso.

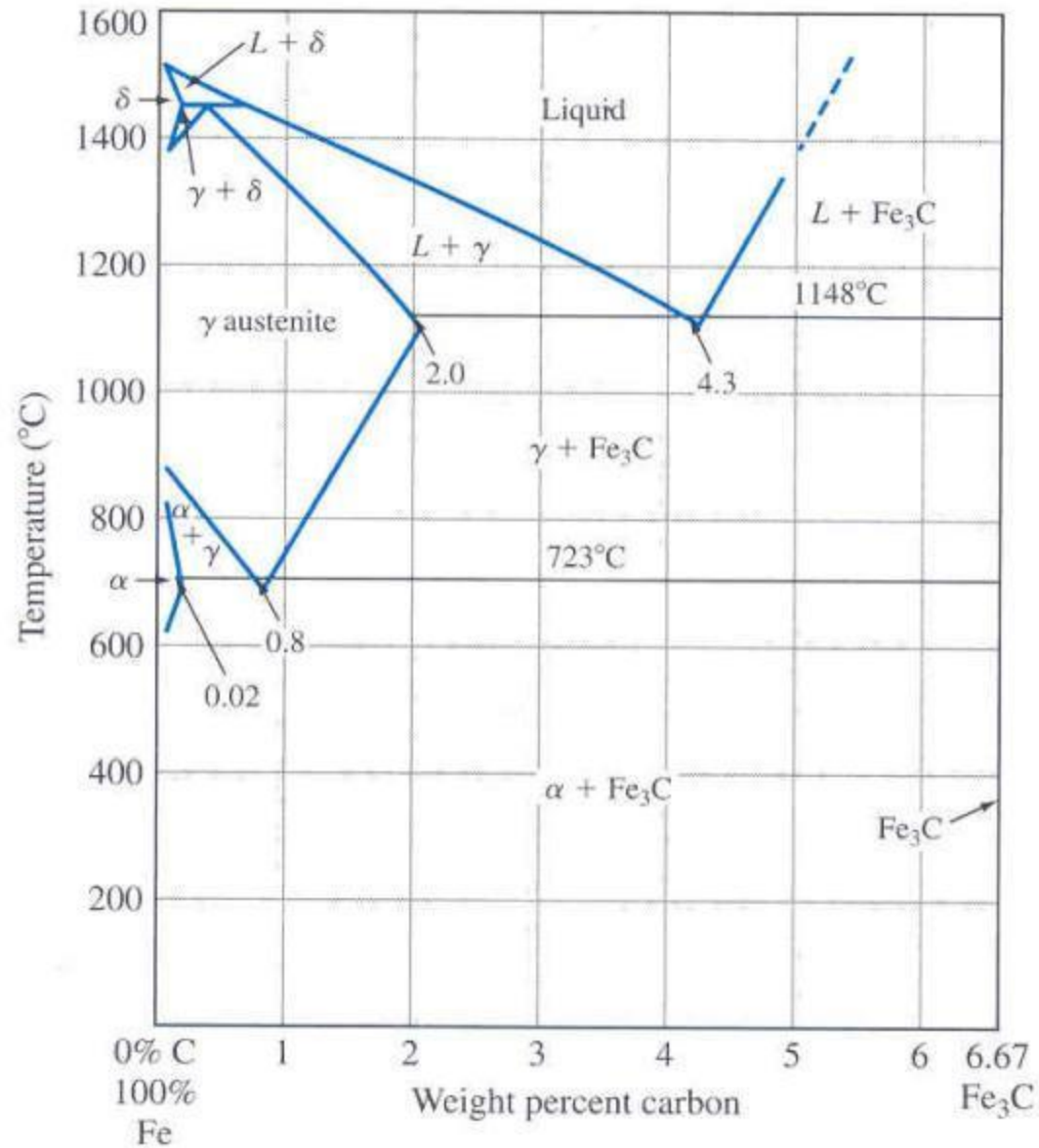


# CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS





# CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS



## DIAGRAMA DE FASES\*

son representaciones graficas de las fases que existen en un sistema de materiales a varias temperaturas y composiciones.

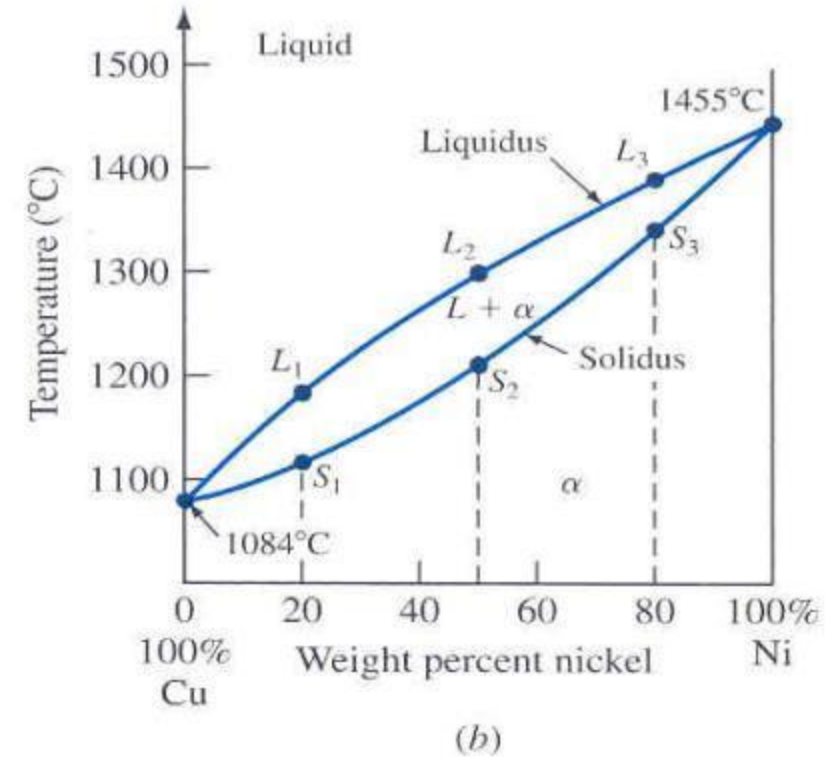
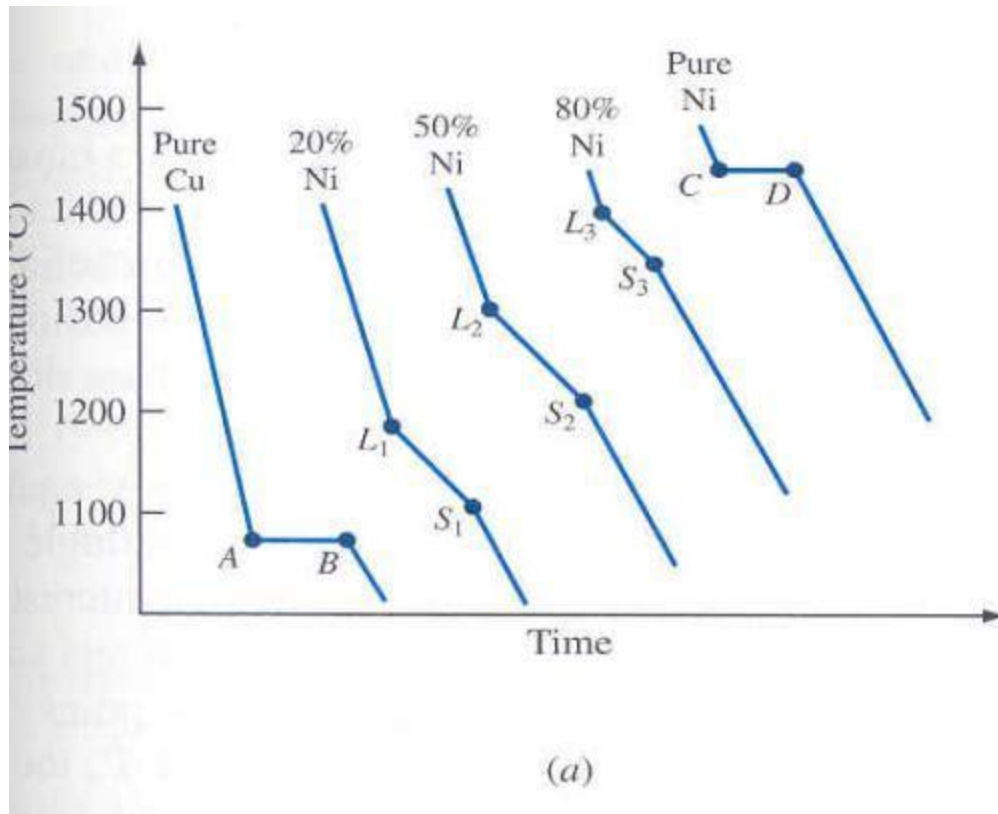
**DF:** HIERRO – Carburo de Hierro (Fe<sub>3</sub>C o Cementita)

■ **FASE:**

■ es una región que difiere en su microestructura y/o composición de otra región.

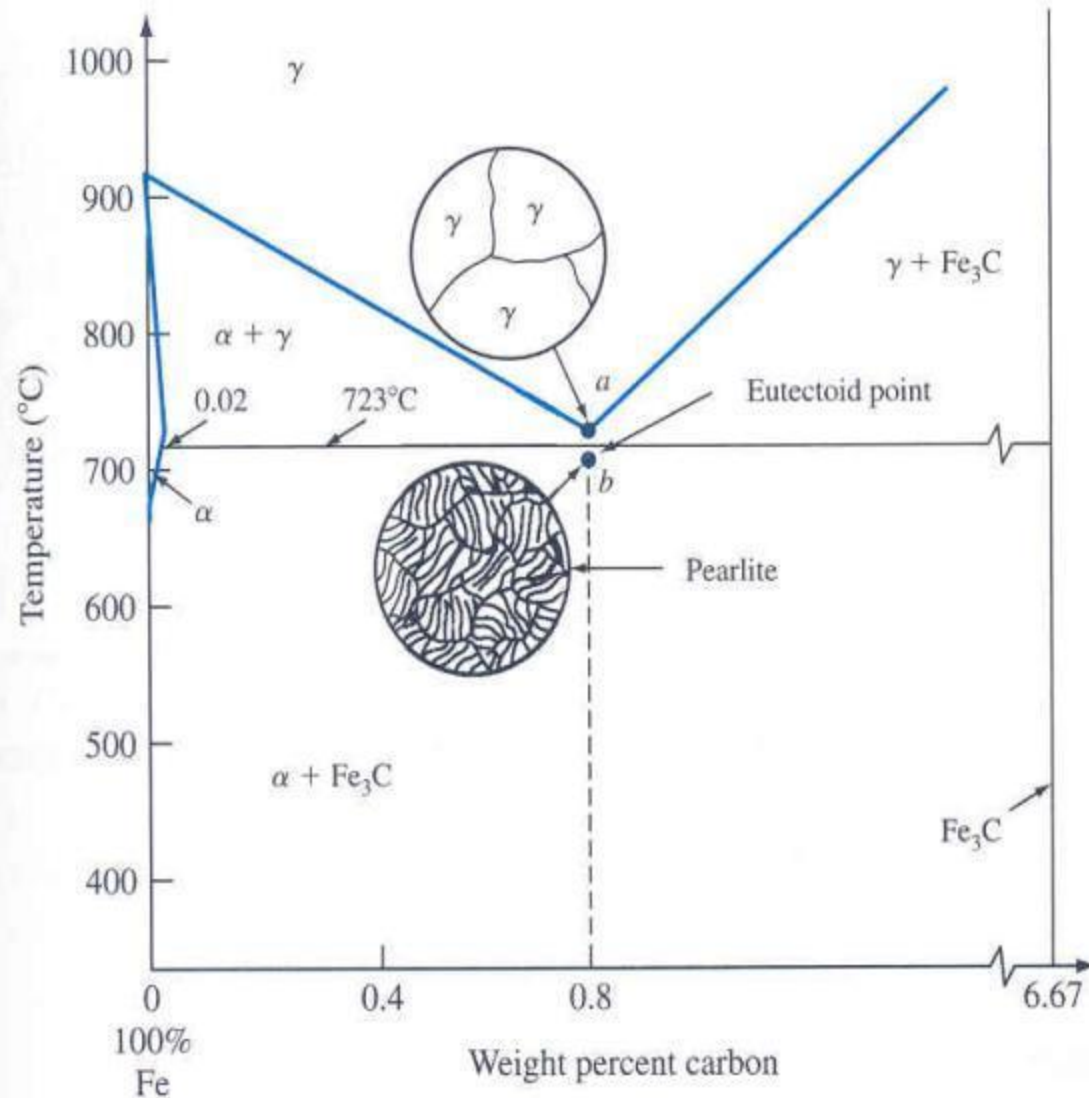
# CONSTRUCCION DE UN DIAGRAMA DE FASES

- ***Solidificación y enfriamiento de una aleación para crear un diagrama de fases.***

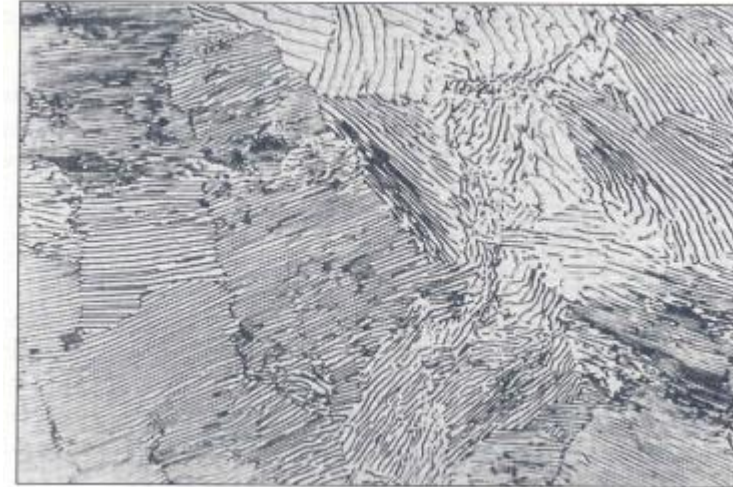


**Aleación de Cobre (Cu) y Níquel (Ni) a diferentes concentraciones**

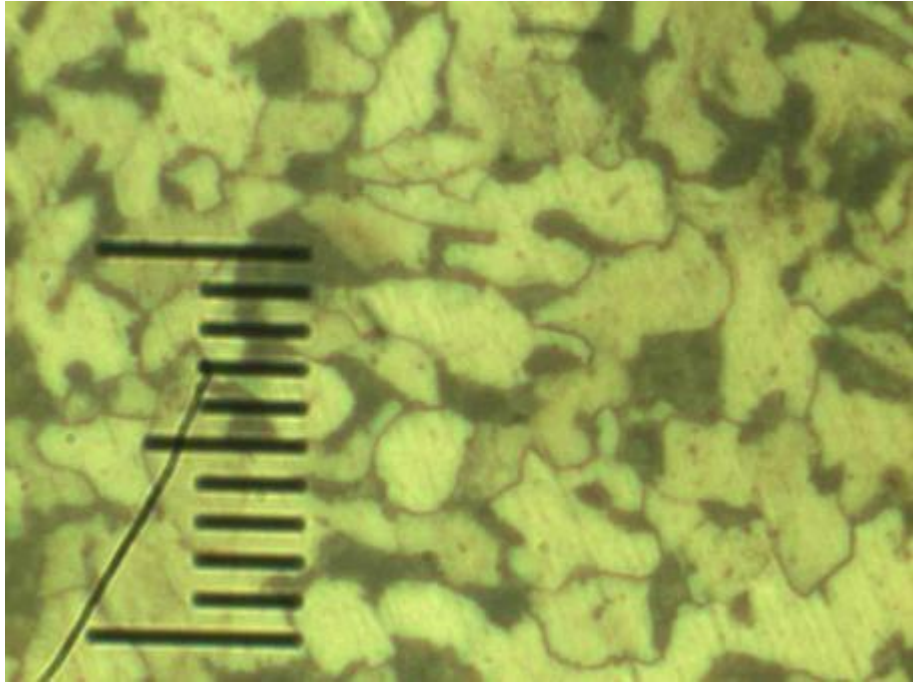
# DIAGRAMAS DE FASE



Acero Eutectoide se forma a 0.8%C y por debajo 723°C, para generar la fase de **Perlita** = láminas de  $\text{Fe}_3\text{C}$  y de hierro ferrita  $\alpha$



# MICROESTRUCTURA DE UN ACERO AL CARBONO

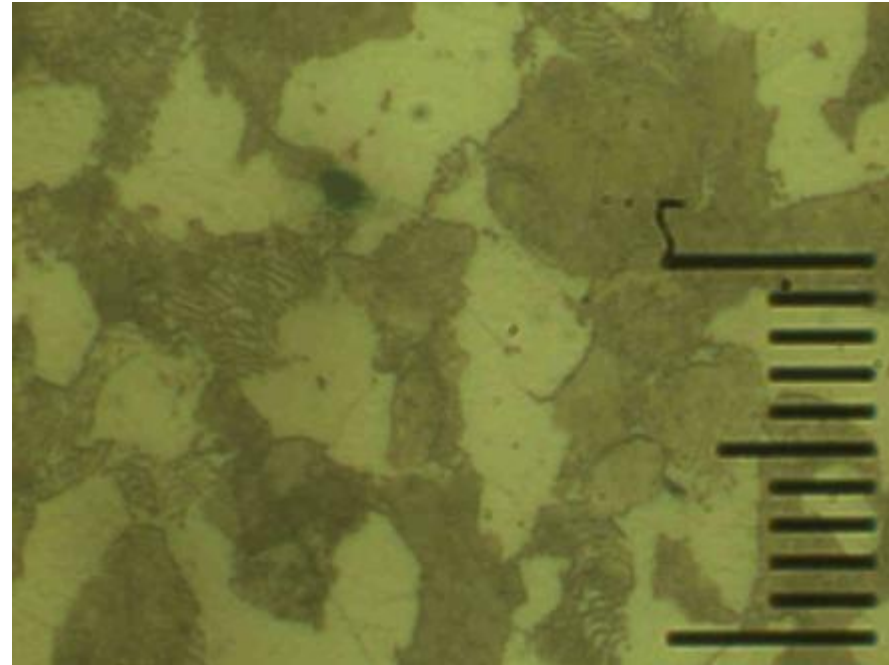


**Acero 1020**

**0.2%C**

**Fases presentes:**

**Perlita + Ferrita  $\alpha$**



**Acero 1045**

**0.45%C**

**Fases presentes:**

**Perlita + Ferrita  $\alpha$**



# Polímeros

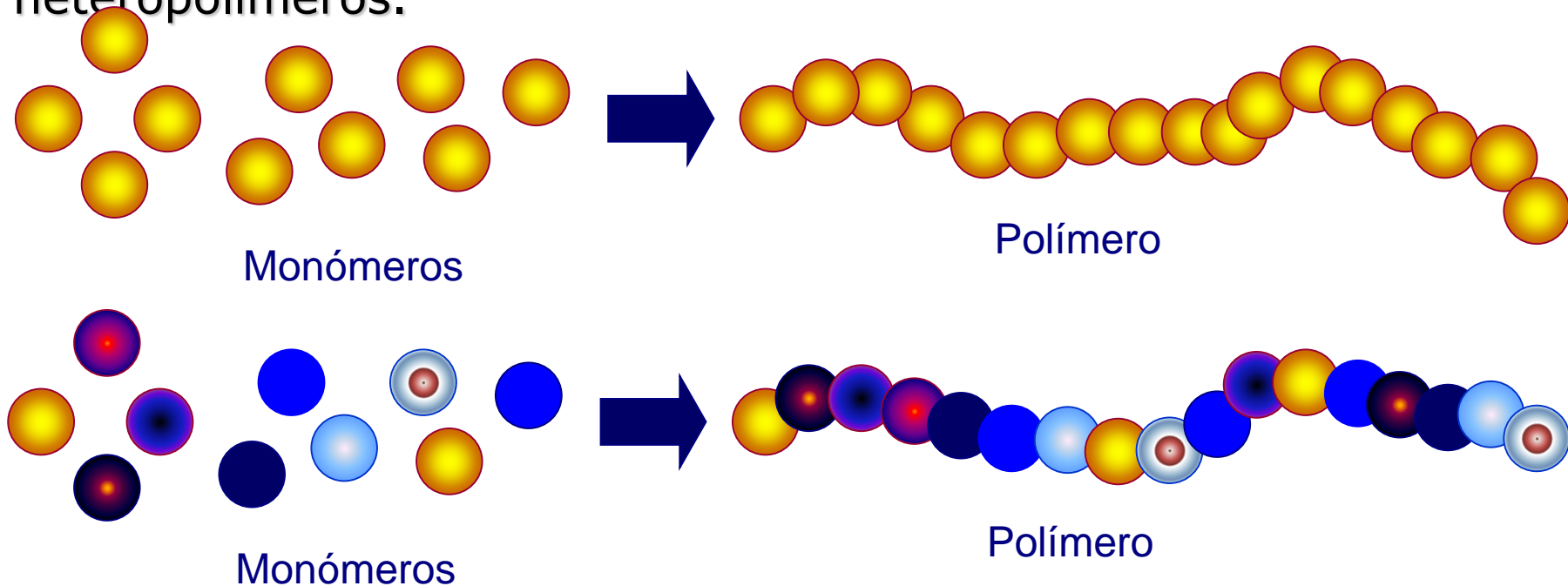
La materia esta formada por moléculas que pueden ser de tamaño normal o moléculas gigantes llamadas polímeros.



Los polímeros son la base de todos los procesos de la vida, y nuestra sociedad tecnológica es dependiente en gran medida de los polímeros.

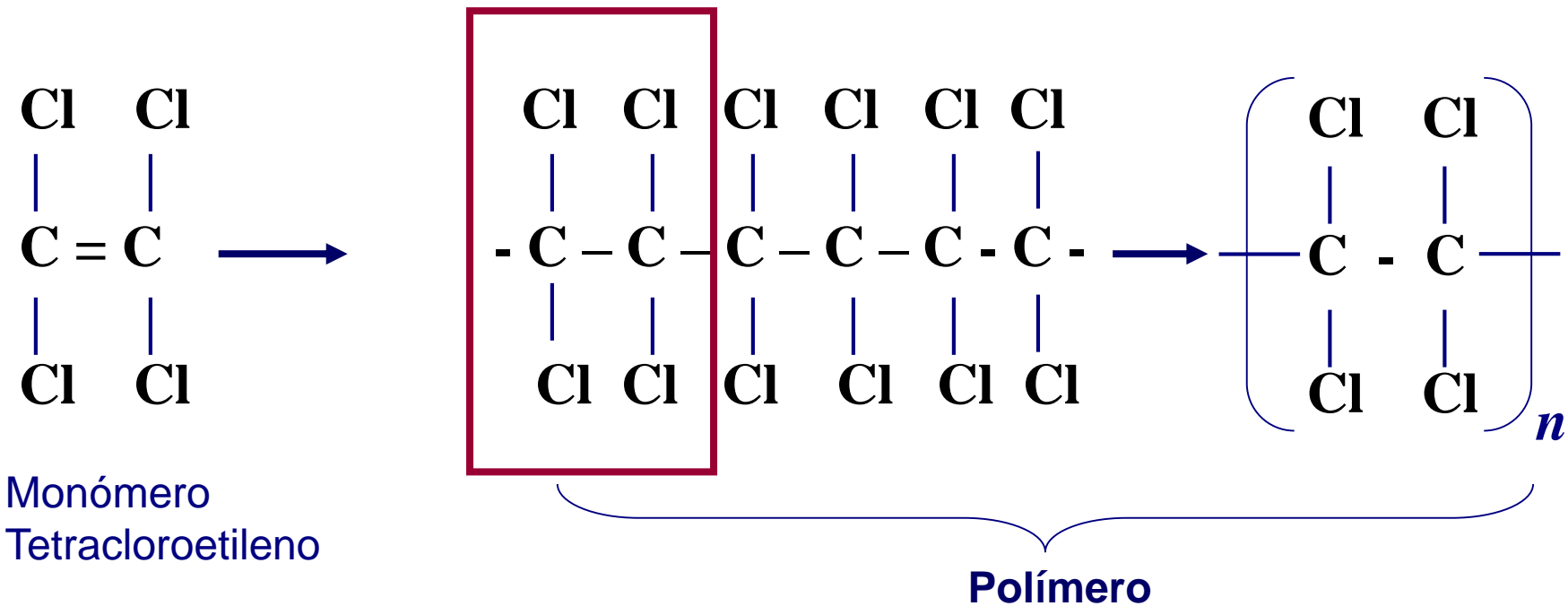
# ¿Qué son los Polímeros?

Los **polímeros** se producen por la unión de cientos de miles de moléculas pequeñas denominadas **monómeros** que forman enormes cadenas de las formas más diversas. Algunas parecen fideos y otras tienen ramificaciones. Si hay un monómero único o varios, se forman homopolímeros o heteropolímeros.



# Polímero

La unión de un monómero hace una macromolécula (polímero), donde la unidad monomérica se repite y se representa entre corchete.



## Polimeración:

Es la reacción para producir un polímero (como la que se observa arriba).

# Naturales o Sintéticos

Los polímeros se clasifican en :

**Naturales:** proteínas, polisacáridos (almidón), ácidos nucleicos, el hule natural, etc.

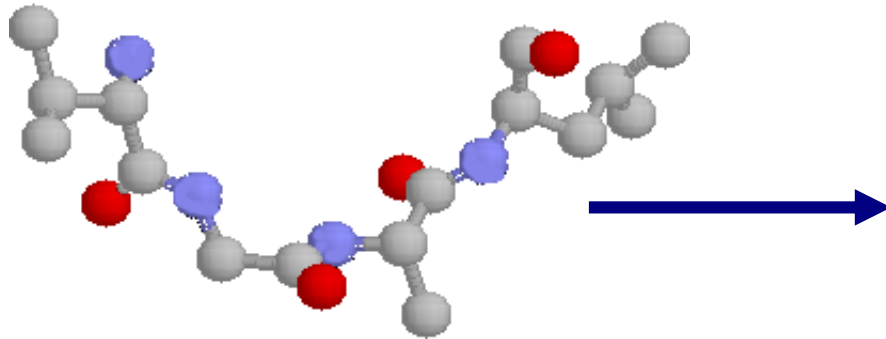
**Sintéticos:** nylon, teflón, polietileno, PVC, poliestireno, poliéster, etc.



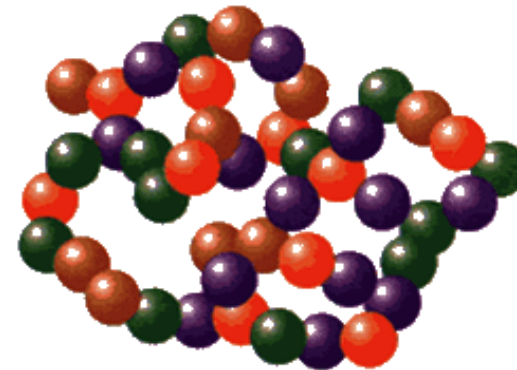
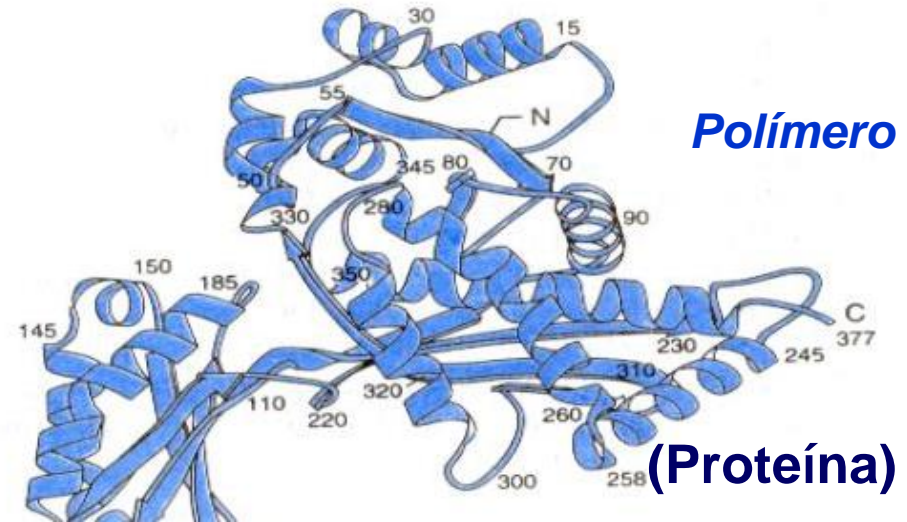
# Polímeros naturales

# Proteínas

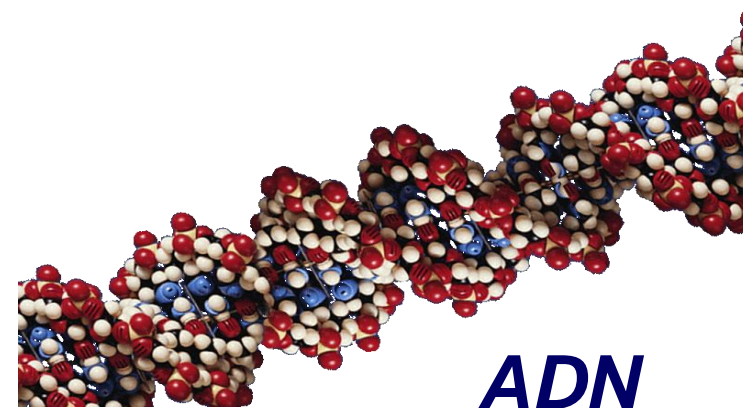
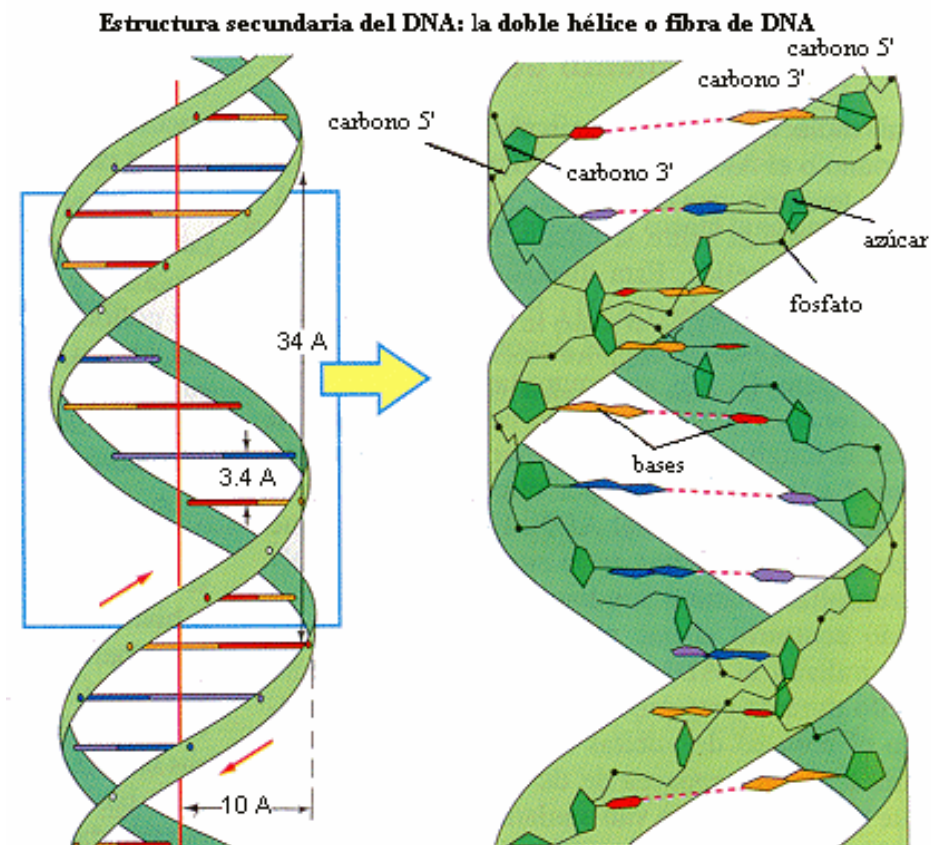
Val-Gly-Ala-Leu



Monómeros  
(aminoácidos)



# ADN

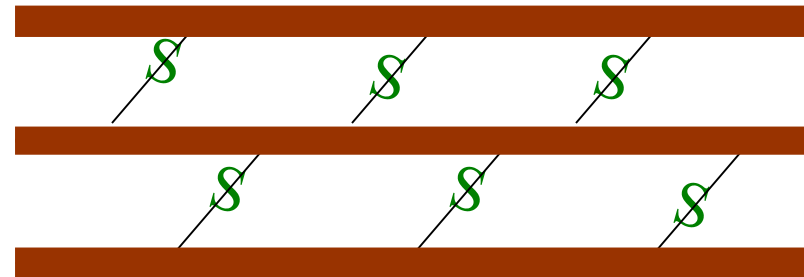


**ADN**

Modelo De  
WATSON-CRICK

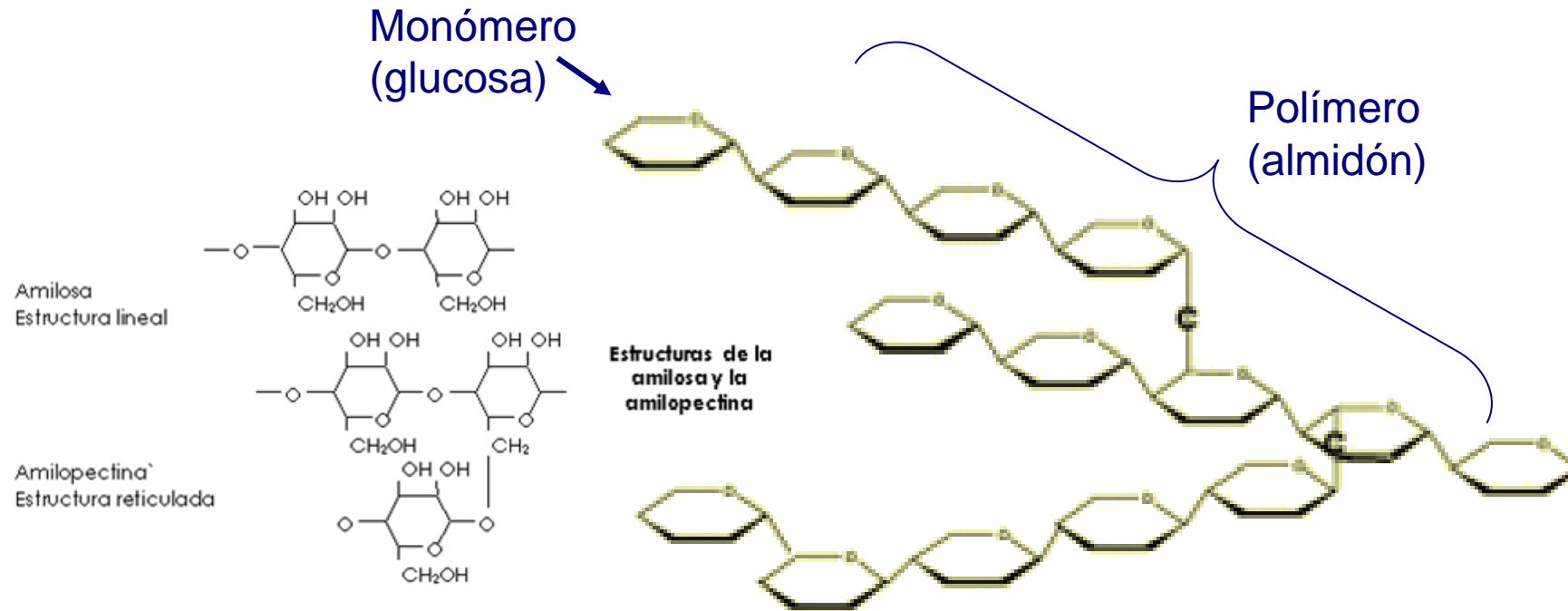
# Hule natural

Hule + Azufre → Caucho



Caucho estirado

# Almidón



**Carbohidrato formado por Glucosa (azúcar) y que se utiliza como fuente de energía. Esta presente en organismos vegetales**

# Polímeros sintéticos

# Propiedades

La gran variedad de polímeros que existen hace imposible definir características comunes para ellos, ya que dependiendo de su proceso de producción y de las materias primas usadas, los polímeros pueden tener características muy diversas como: resistencia a los golpes, al calor, a los cambios de temperatura, flexibles, suaves, duros, elásticos, impermeables, resistentes a la oxidación, a los ácidos, biodegradables o no, maleables, de alta o baja densidad, etc.

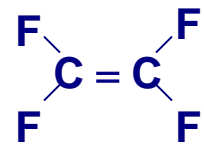


Las macromoléculas orgánicas se forman por unión sucesiva de muchas unidades pequeñas, todas del mismo tipo, denominadas **MONÓMEROS**

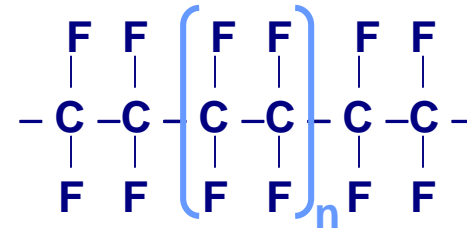
**MONÓMERO**

polimerización

**POLÍMERO**

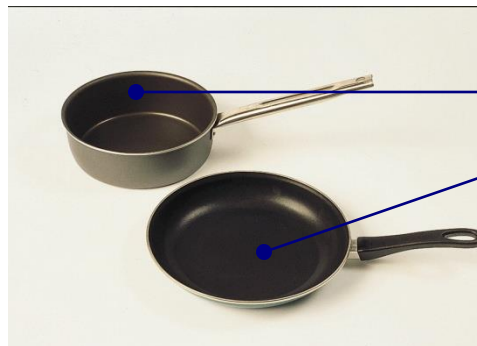


polimerización



Monómero: tetrafluoretileno

Polímero: teflón



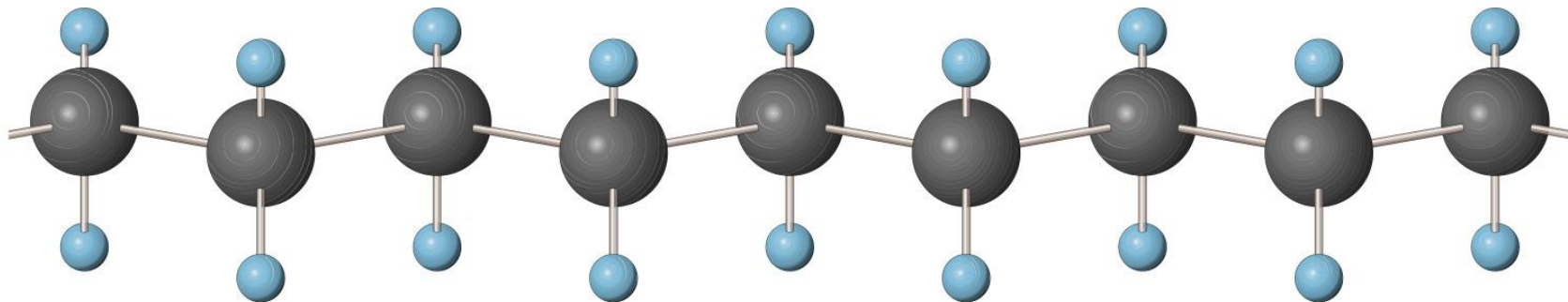
Recubrimientos de teflón



# POLIMERIZACIÓN POR ADICIÓN

Por adición: la unión sucesiva de las moléculas del monómero da un único producto

- Formación de polietileno a partir de etileno:

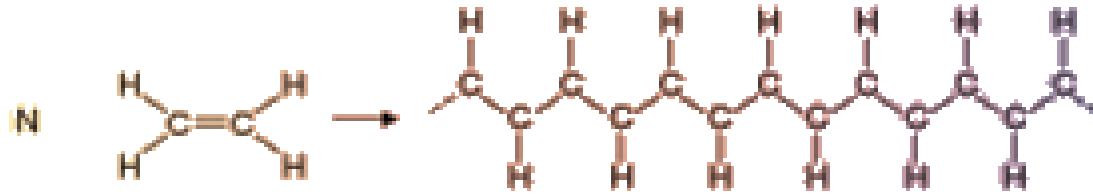


# POLÍMEROS DE ADICIÓN

Monómero	Polímero	Usos típicos
$\text{CH}_2=\text{CH}_2$ Eteno	$[-\text{CH}_2-\text{CH}_2-]_n$ Polietileno	Contenedores, tuberías, bolsas, juguetes, cables aislantes.
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$ Propeno	$[-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-]_n$ Polipropileno	Fibras para alfombras, redes de pesca, cuerdas, césped artificial.
$\text{CH}_2=\text{CHCl}$ Cloroetano	$[-\text{CH}_2-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-]_n$ Policloruro de vinilo (PVC)	Cañerías, mangueras, discos, cuero artificial, envoltorios para alimentos, baldosas.
$\text{CH}_2=\text{CHCN}$ Acrilonitrilo	$[-\text{CH}_2-\underset{\text{CN}}{\text{CH}}-]_n$ Poliacrilonitrilo	Fibras para ropa, alfombras, tapices.
$\text{CH}_2=\text{CH}-$ Estireno	$[-\text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}-]_n$ Poliestireno	Espuma de poliestireno, vasos para bebidas calientes, embalajes, aislamientos.
$\text{CF}_2=\text{CF}_2$ Tetrafluoreteno	$[-\text{CH}_2-\text{CF}_2-]_n$ Teflón	Recubrimientos antiadherentes para utensilios de cocina.

# Ejemplos: polímeros de adición

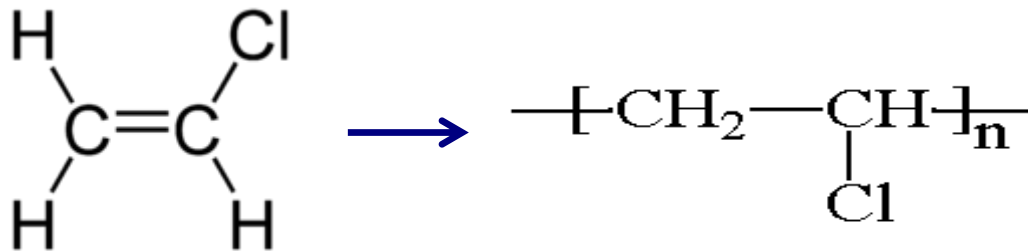
**Eteno** o etileno



**Polietileno**

**Usado en bolsas de plástico y juguetes**

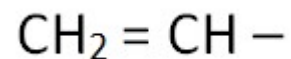
**Cloruro de vinilo** o cloroeteno



**PVC**

Cloruro de polivinilo

**Usado en las tuberías de drenaje**

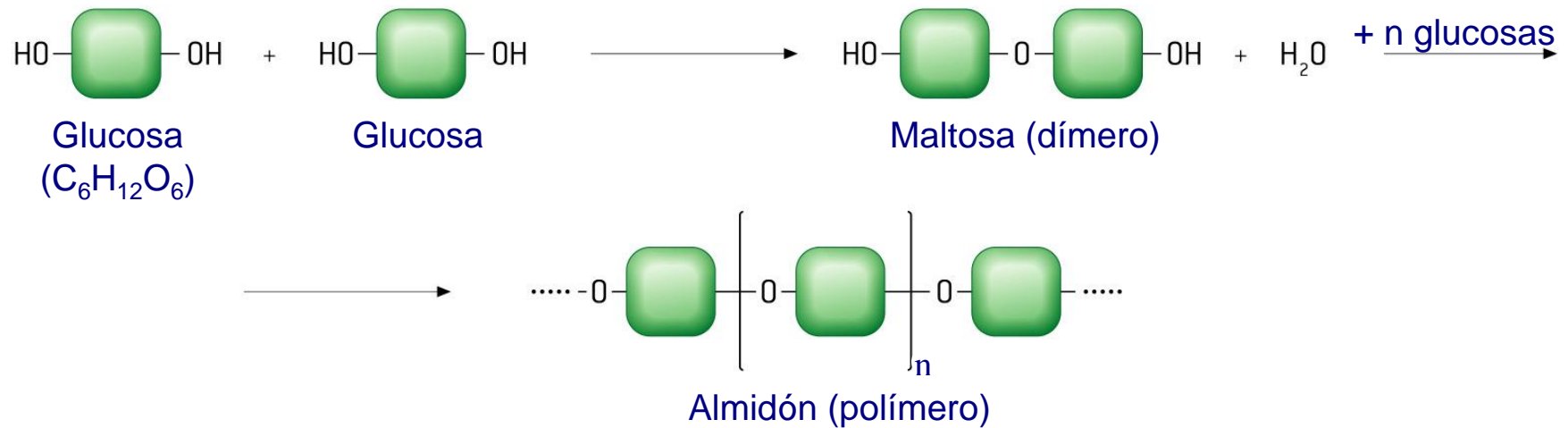


Recuerda que el radical vinilo es una cadena de 2 átomos de carbono unidos por un doble enlace.

# POLIMERIZACIÓN POR CONDENSACIÓN

Por condensación: los monómeros se unen produciendo dos tipos de compuestos (polímero + agua)

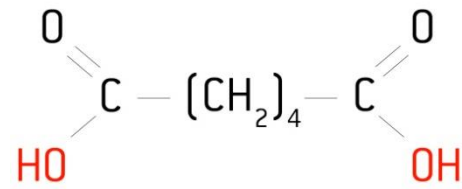
- Formación de almidón a partir de glucosa:



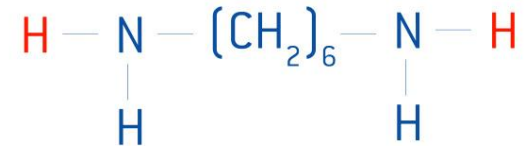
# POLÍMEROS DE CONDENSACIÓN

NAILON

**poliamida**

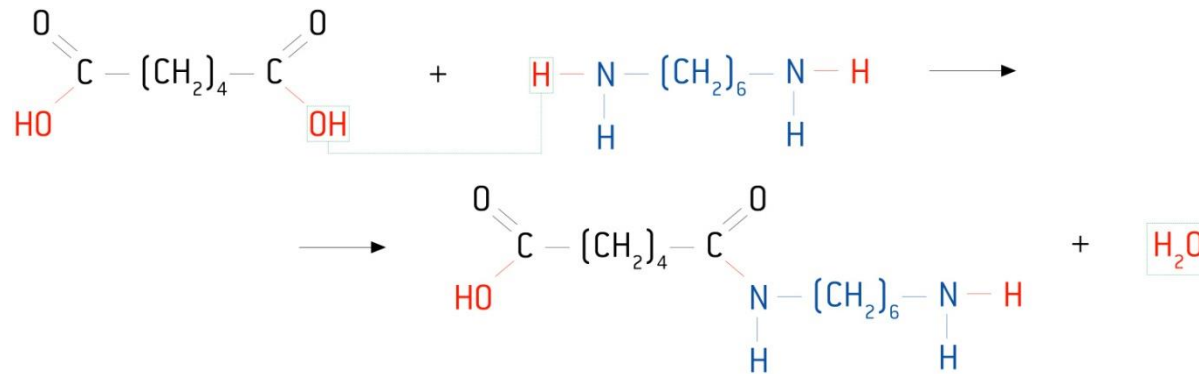


Monómero 1: ácido adípico

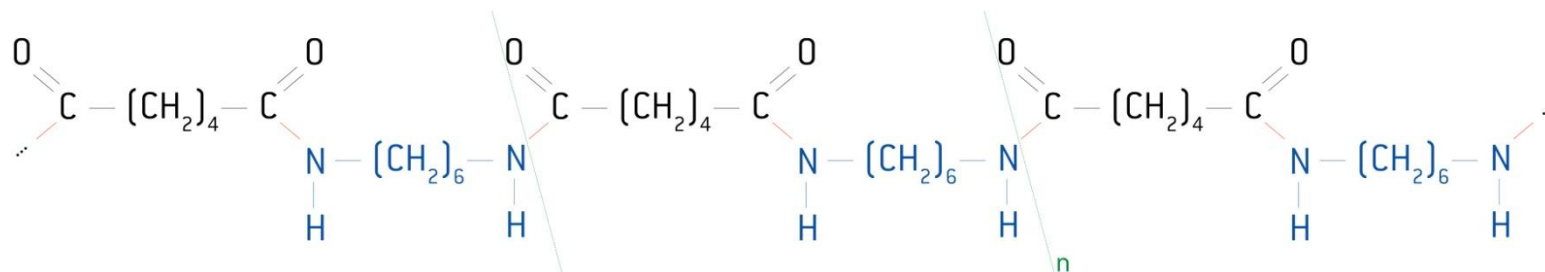


Monómero 2: hexametildiamina

El grupo  $-\text{COOH}$  del ácido adípico reacciona con el grupo  $-\text{NH}_2$  de la hexametildiamina, desprendiéndose una molécula de agua:



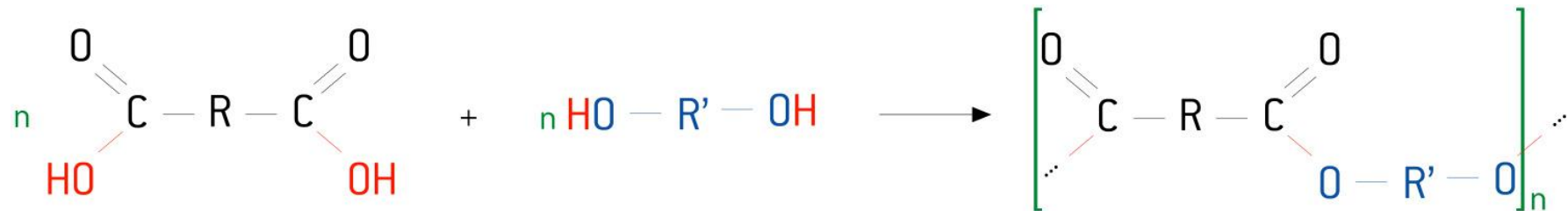
Por adición sucesiva de ambos monómeros, se forma finalmente, el polímero:



# POLÍMEROS DE CONDENSACIÓN

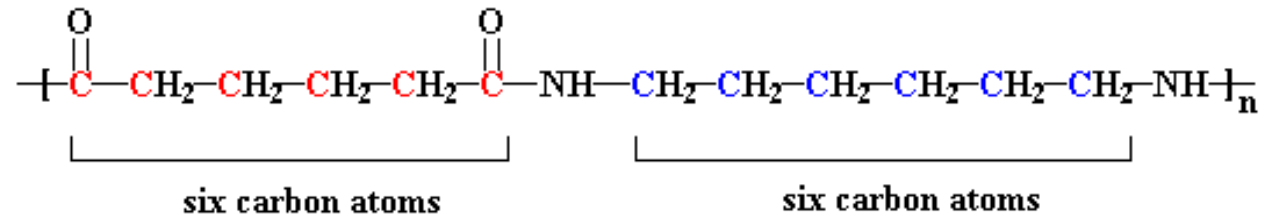
POLIÉSTERES

Polimerización de ácidos carboxílicos y alcoholes:



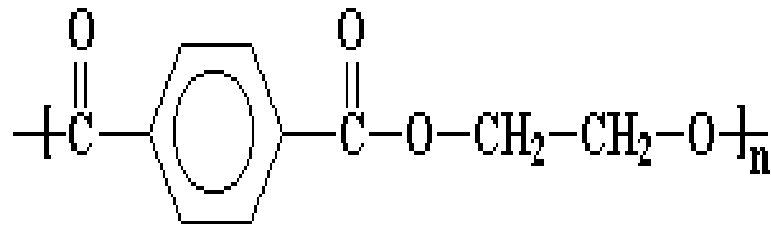
Un tipo importante de poliésteres son los POLICARBONATOS, empleados en la fabricación de lentes ópticas

# Ejemplos: polímeros de condensación



**nylon**

**Usado en cuerdas,  
medias, textiles**



**poliéster**

**Usado en Textiles**

# Semiconductores

De acuerdo a su conductividad eléctrica tenemos:

Conductores (metales): Al, Ag, Fe, Cu, Au

Aislantes (no-metales): H, N, O, C, P, Cl

Metaloides :Si, Ge, As, Sb, B, Te, Po



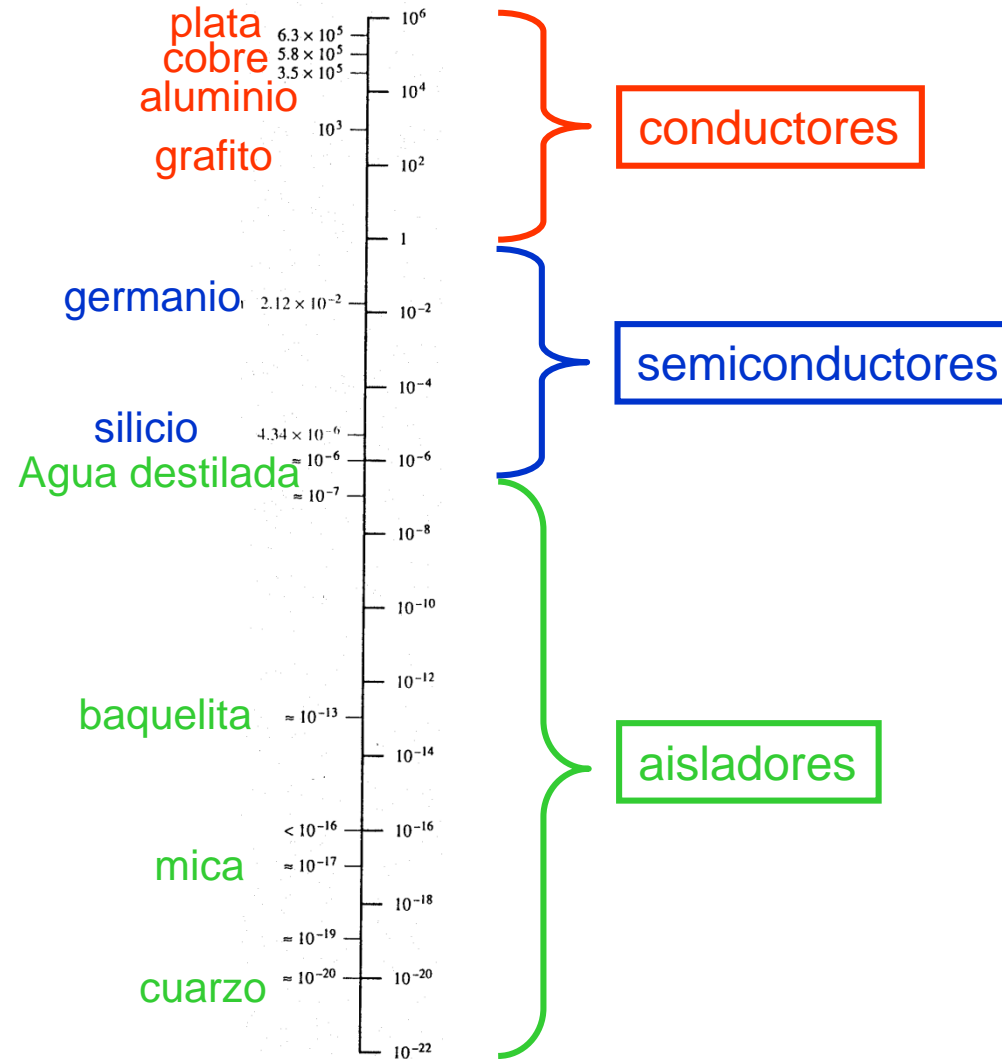
# Semiconductores

Los metaloides tienen propiedades intermedias entre los metales y los no-metales. En particular, su conductividad los identifica mejor como SEMICONDUCTORES.

A cero grados Kelvin se comportan como aislantes.

# Semiconductores

- Conductividad

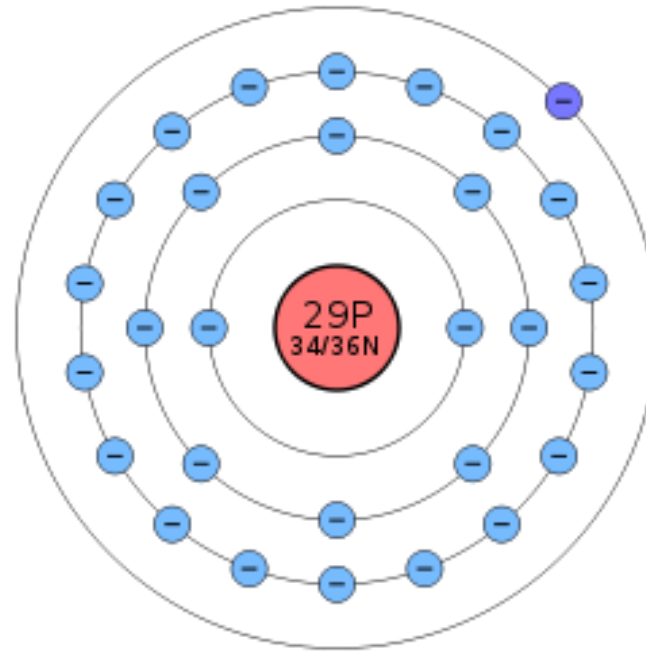


# Semiconductores

El proceso de conducción eléctrica en metales se debe a los electrones "libres" que existen en la órbita más externa (mayor energía) de los átomos y que no están fuertemente ligados al núcleo. El resto de los electrones en las órbitas interiores se encuentran más fuertemente ligados al núcleo y no se pueden desplazar.

# Semiconductores

Configuración electrónica del átomo de cobre CU



# Semiconductores - Introducción

Existen dos mecanismos asociados al transporte de partículas cargadas en un sólido



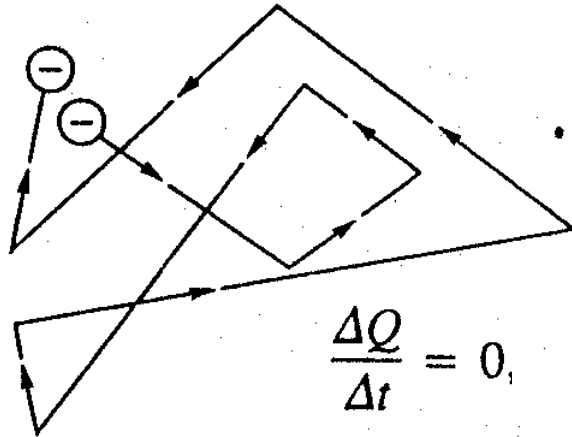
Corriente de desplazamiento



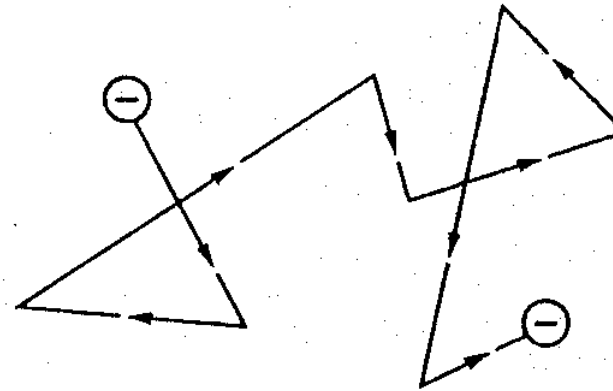
Corriente de difusión

# Semiconductores - Introducción

## Corriente de desplazamiento



Movimiento aleatorio sin un campo eléctrico aplicado

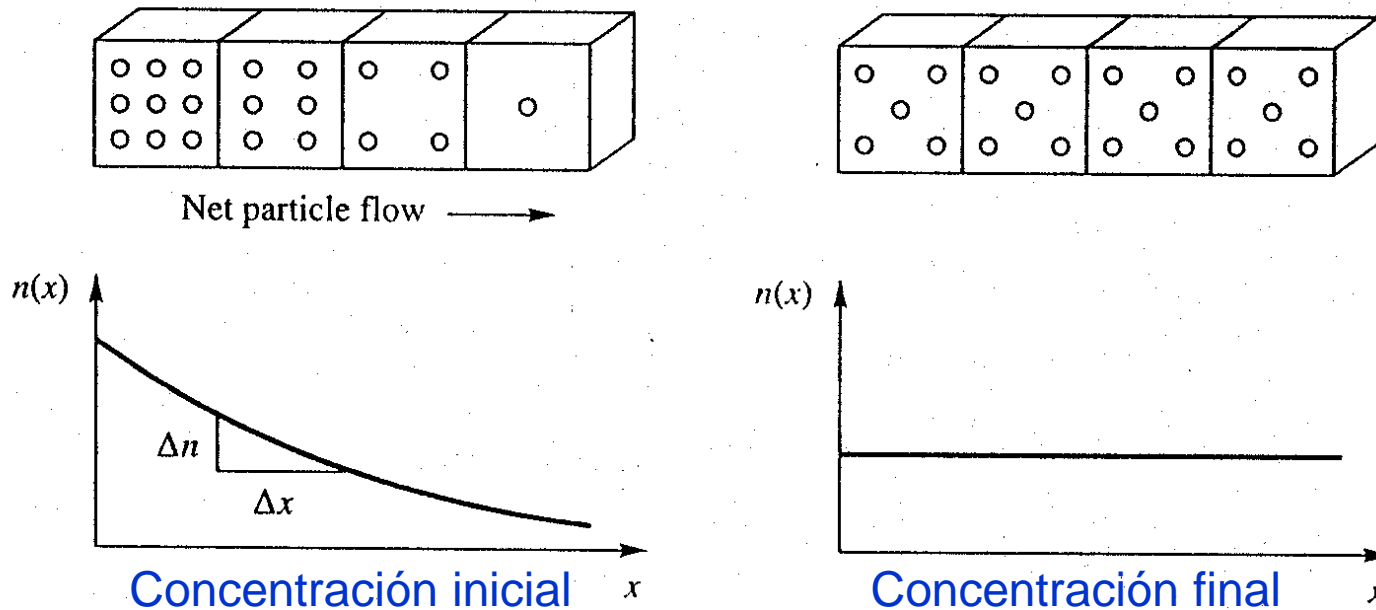


Movimiento aleatorio con un campo eléctrico aplicado

# Semiconductores - Introducción

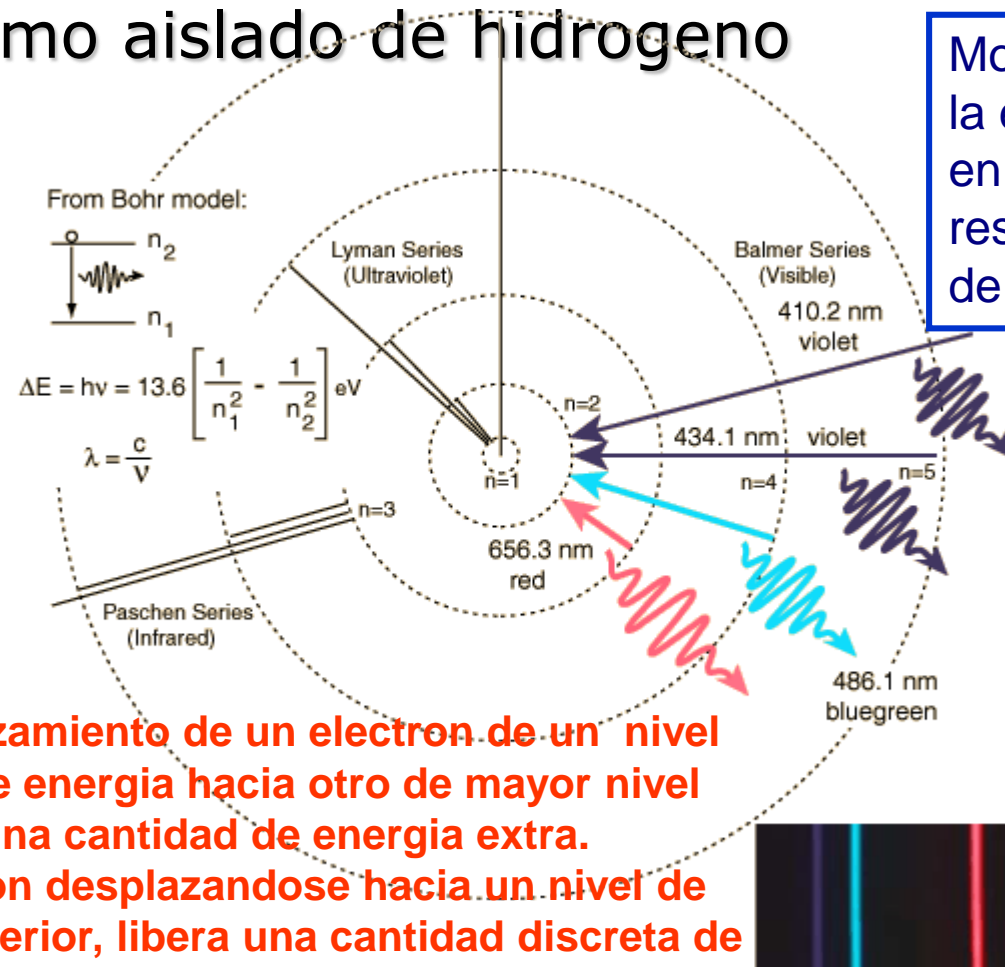
- Corriente de difusión

- Si existe una elevada concentración de partículas en una región comparada con otra, existirá un desplazamiento neto de partículas que ecualizara la concentración luego de un periodo de tiempo



# Teoría de bandas de energía

## Atomo aislado de hidrogeno



Modelo de Bohr:  
la energia de los electrones en sistemas atomicos esta restringida a un limitado set de valores.

Cada nivel de energia corresponde a una orbita del electron alrededor del nucleo

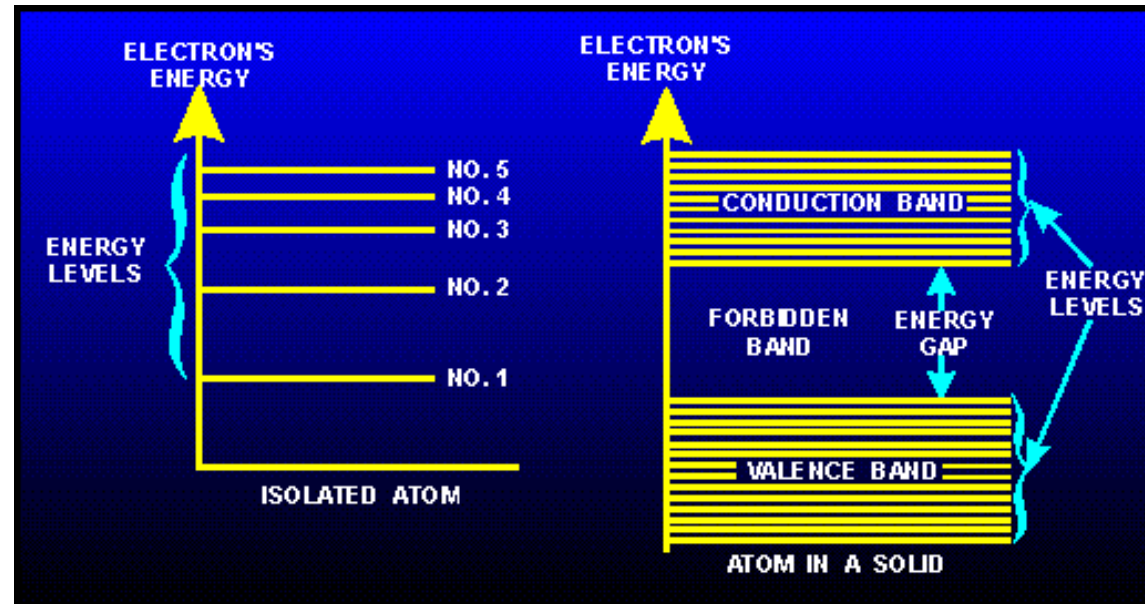
- El desplazamiento de un electron de un nivel discreto de energia hacia otro de mayor nivel requiere una cantidad de energia extra.
- Un electron desplazandose hacia un nivel de energia inferior, libera una cantidad discreta de energia





# Teoría de bandas de energía

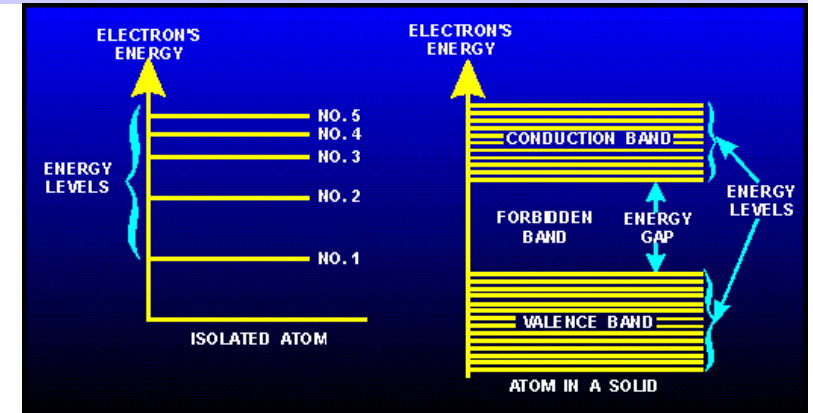
Un sólido está formado por diversos átomos cuyos niveles de energía interactúan entre sí, resultando en un acoplamiento de los niveles discretos de energía formando bandas de niveles de energía permitidos.



# Teoría de bandas de energía

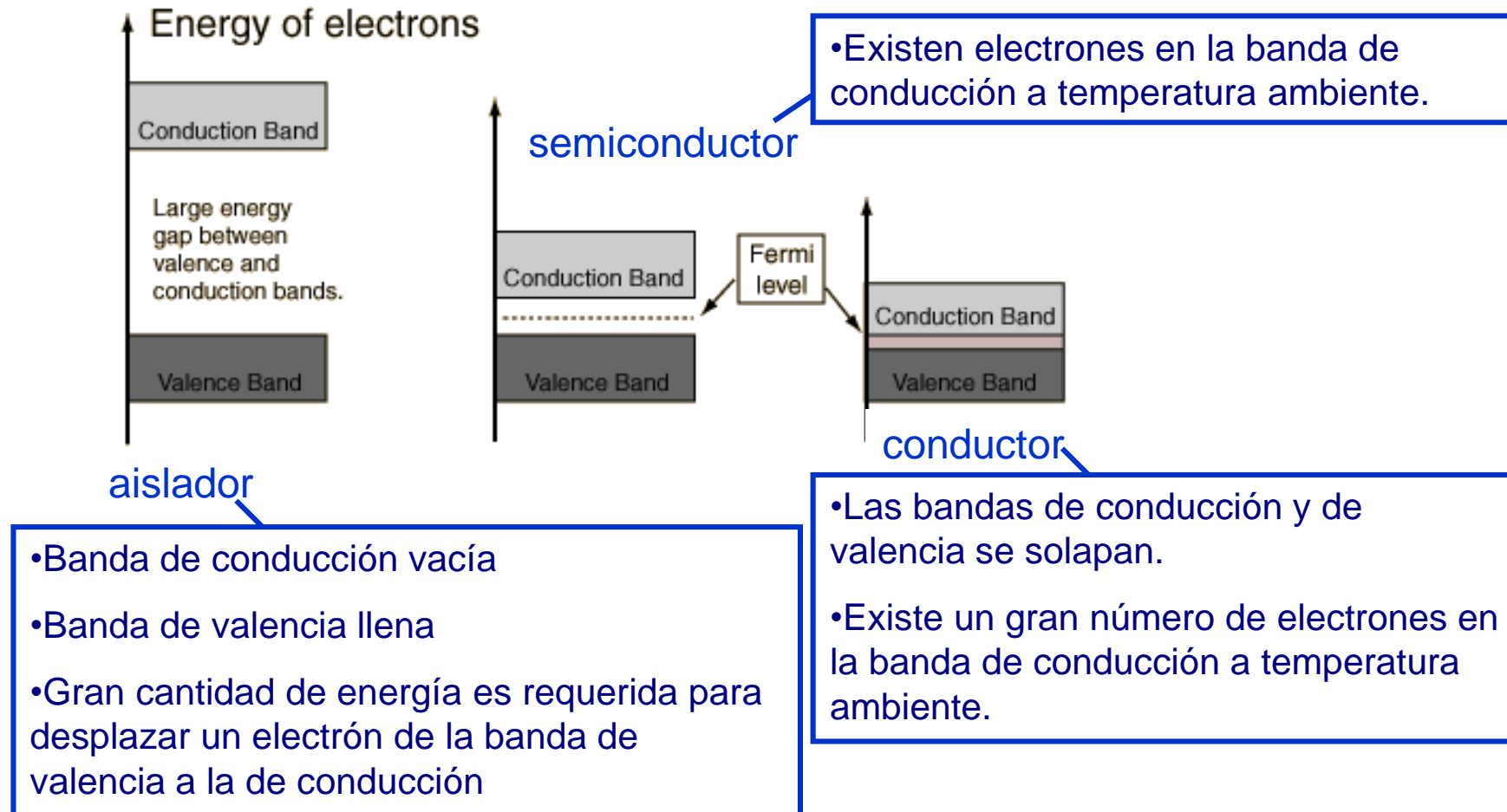
## Diagrama de bandas de energía

- **Banda de valencia:** los electrones no son móviles, no contribuyendo a la conducción de corriente eléctrica.
- **Banda de conducción:** es la banda ubicada sobre la banda de valencia. Se encuentra parcialmente llena. Excitando con una pequeña cantidad de energía, se puede iniciar el desplazamiento de los electrones -> corriente eléctrica.
- **Banda prohibida:** esta ubicada entre la banda de conducción y la banda de valencia. Son niveles continuos de energía que no pueden ser ocupados por portadores de carga.



# Teoría de bandas de energía

- Clasificación de los materiales



# Semiconductores

**Cristales:** Idealmente son materiales que se construyen mediante la repetición infinita regular en el espacio de estructuras unitarias idénticas. Es decir, sus átomos están dispuestos de una manera periódica, llamada rejilla a cuyo volumen se le da el nombre de celda básica. Los más utilizados para construcción de diodos, son el Germanio y el Silicio.

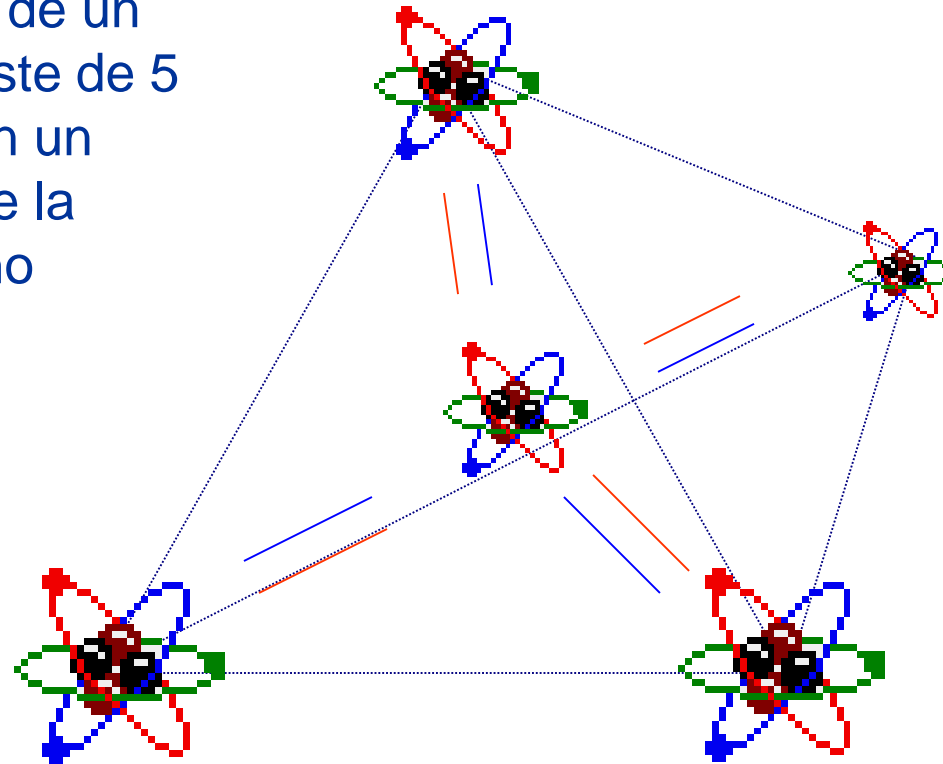
Según su grado de pureza, pueden ser de dos tipos



Veamos cómo se estructura un **crystal de Silicio.....**

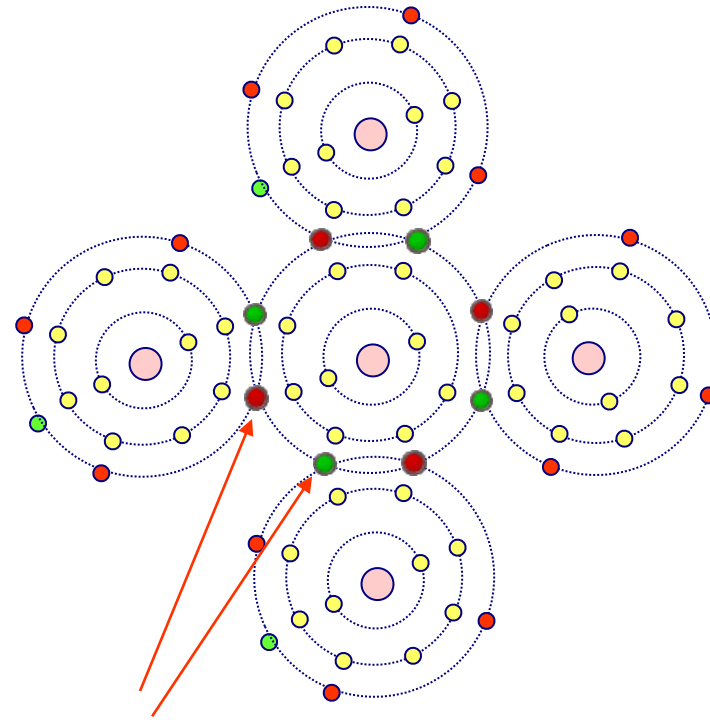
La celda fundamental de un cristal de Silicio consiste de 5 átomos distribuidos en un espacio geométrico de la siguiente manera: Uno central.....

Alrededor del cual se encuentran otros 4 átomos iguales, compartiendo electrones entre sí, lo que se conoce como **enlaces covalentes.....**



**El cristal de Silicio**

Veamos cómo se estructura un **crystal de Silicio.....**



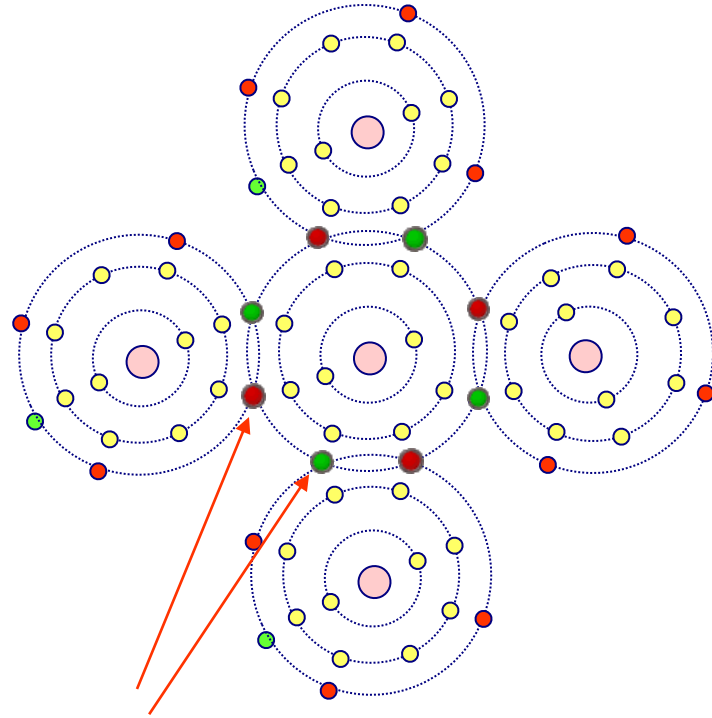
**Enlaces  
covalentes**

Un átomo de **Si** al centro de la celda base.....

Y 4 átomos iguales alrededor de éste ligados a él compartiendo electrones entre sí.

Los electrones periféricos de cada átomo de **Si** que participan en los enlaces covalentes. Permitiendo que el átomo del centro quede con 8 electrones en su última órbita.

Veamos cómo se estructura un **crystal de Silicio.....**

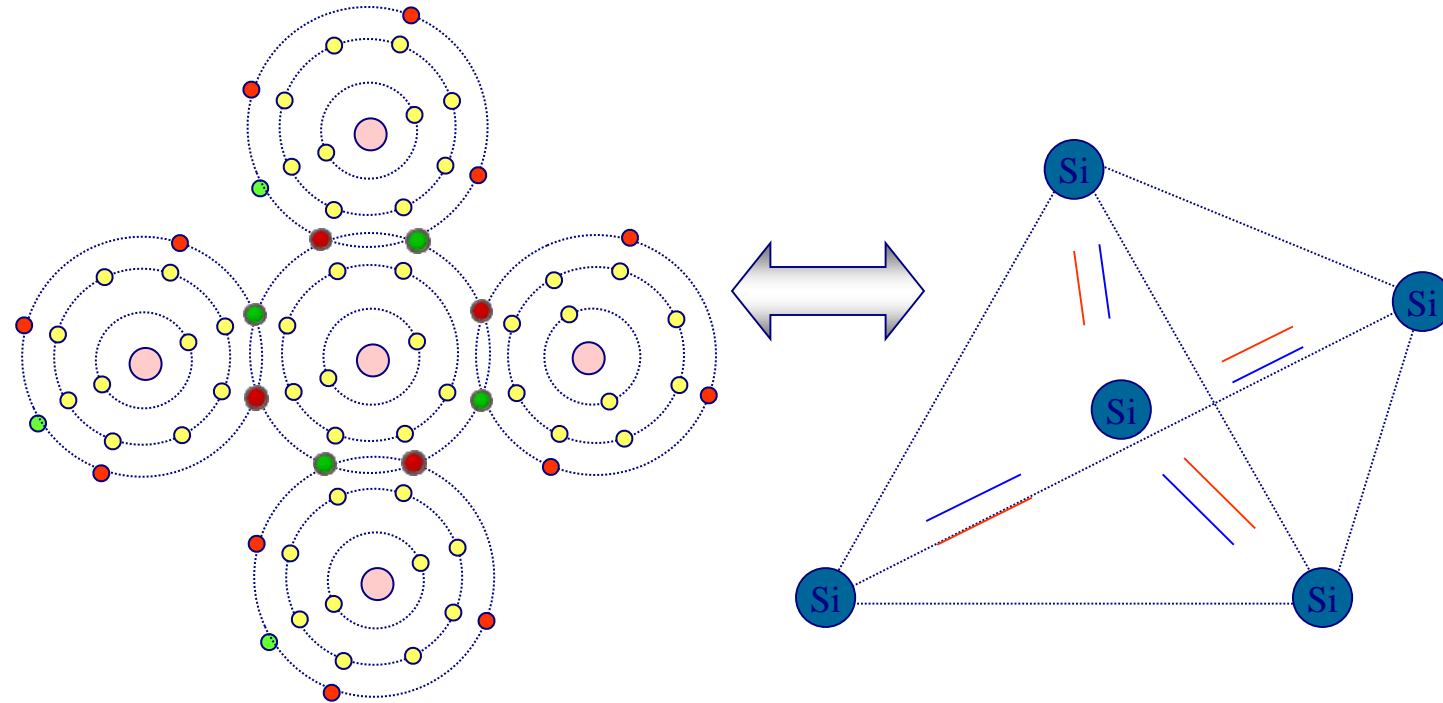


**Enlaces  
covalentes**

Estas causas naturales incluyen efectos como la energía luminosa en forma de fotones y la energía térmica del medio que lo rodea.

A temperatura ambiente existen aproximadamente  $1.5 \times 10^{10}$  portadores libres en un centímetro cúbico de material de Silicio puro.

Entonces, la celda fundamental del cristal de Silicio se puede representar de cualquiera de estas dos maneras.....

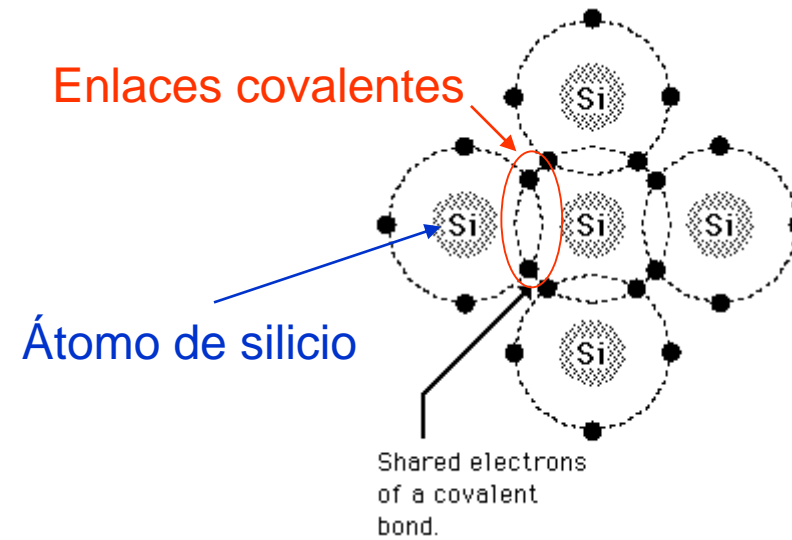
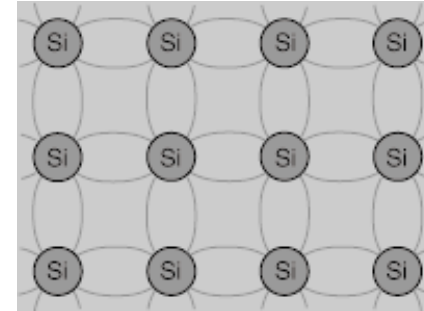
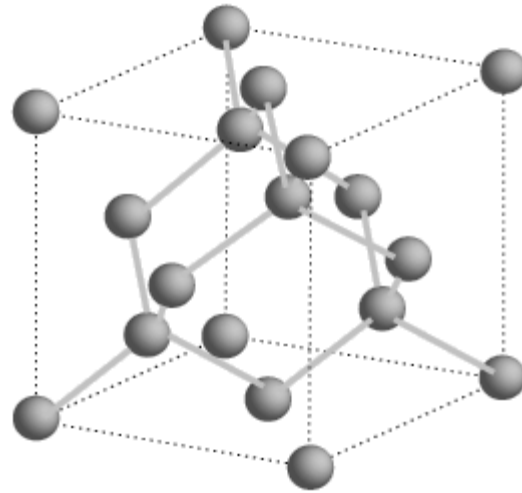


**Celda fundamental del cristal de Silicio**



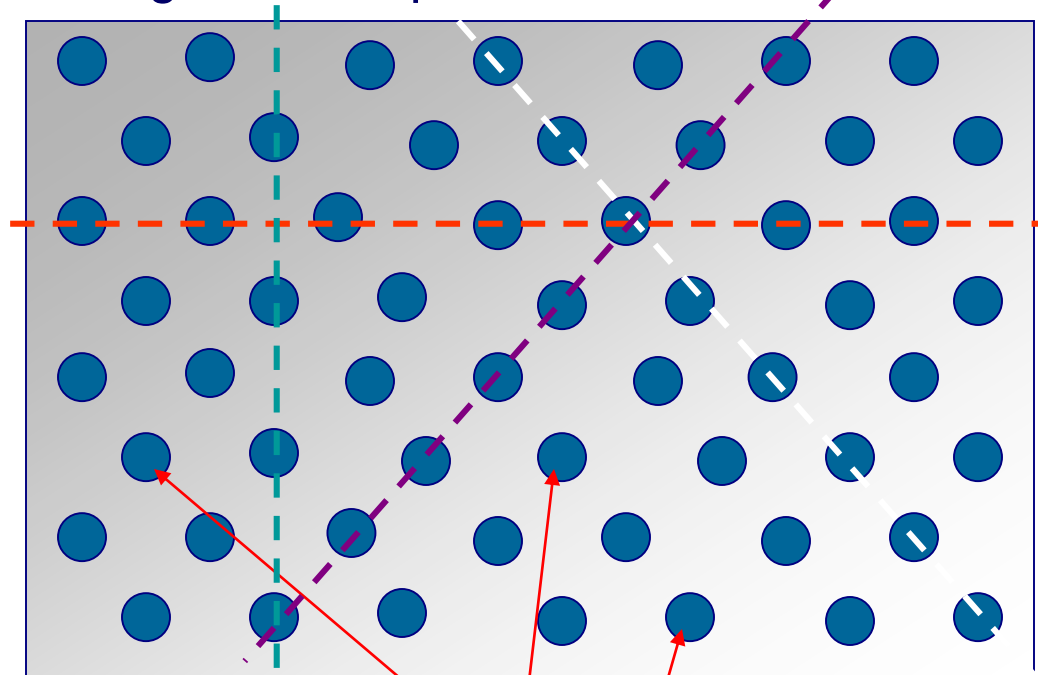
# Semiconductores: Silicio

- Estructura cristalina



Un pedazo de este tipo de material estará formado casi en un 100%, por átomos iguales, lo que le da la característica de ***pureza***.

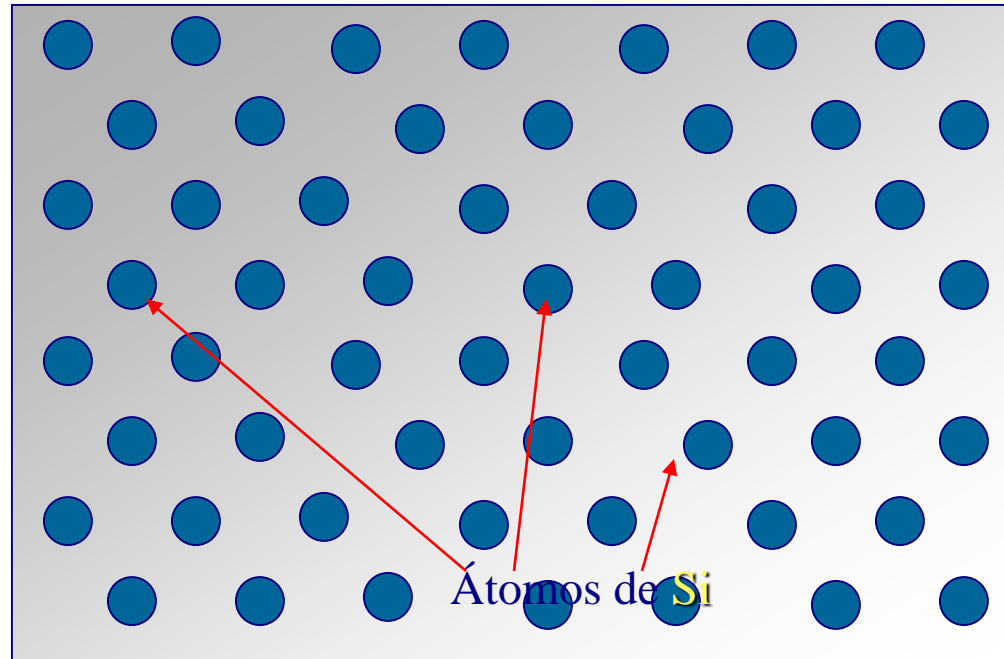
Al observar la estructura de este material se pueden apreciar ejes y planos en torno a los cuales se ubican los átomos. Esta es una característica de los cristales.....



Átomos de Si

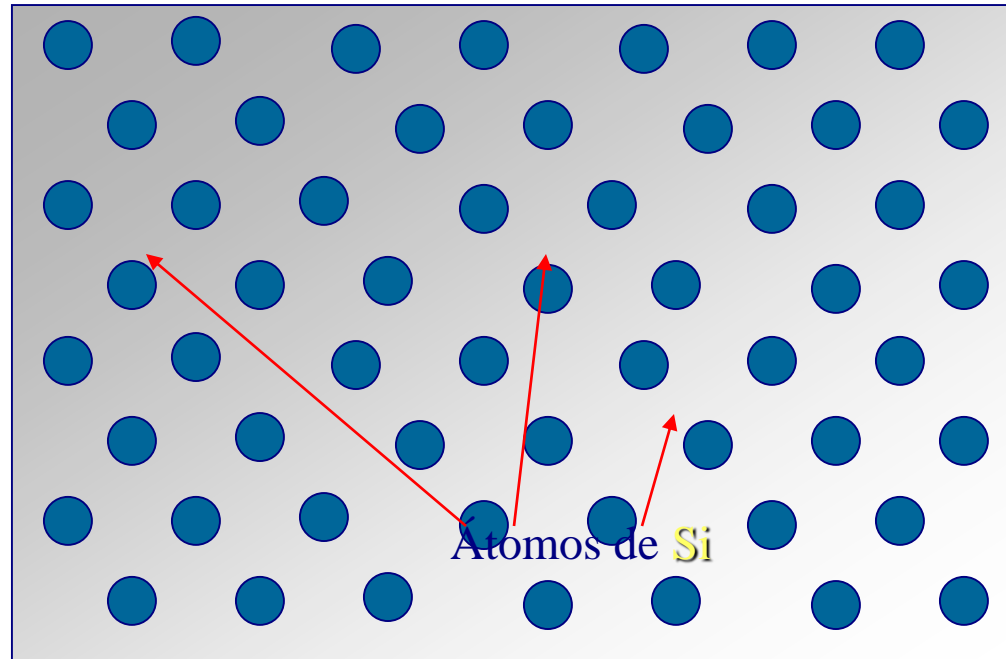
El material es químicamente estable por su estructura reticular cristalina debido a sus enlaces covalentes; y además es eléctricamente neutro, ya que no existen cargas eléctricas libres .....

En estas condiciones, un cristal de tal pureza es **mal conductor** de la corriente eléctrica.



¿Cómo es entonces que un cristal de silicio puede utilizarse como conductor, o como no conductor en los circuitos electrónicos? .....

La respuesta a esta pregunta se encuentra en los procesos de **dopamiento**

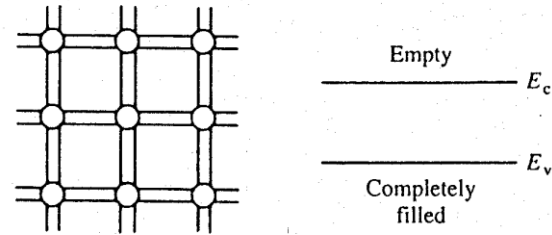


# Semiconductores: Silicio

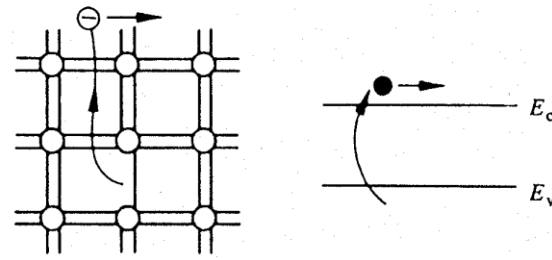
- Portadores

Cuando un enlace de Si-Si es roto, el electrón asociado es un portador de corriente.

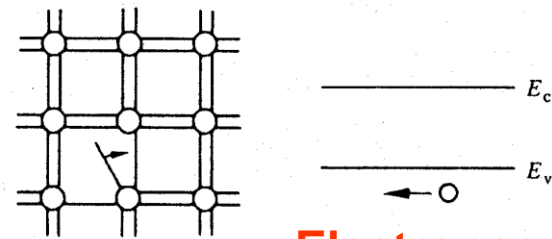
Equivalentemente, la excitación de un electrón de la banda de valencia a la banda de conducción crea portadores -> **Electrones en la banda de conducción son portadores**



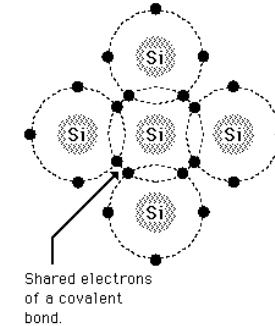
Sin portadores



electrón



laguna



Remover un electrón de la banda de valencia crea un estado vacío.

Este estado vacío, es un segundo tipo de portadores denominado **huecos**

**Electrones y huecos son portadores en los semiconductores**

# Semiconductores: Silicio

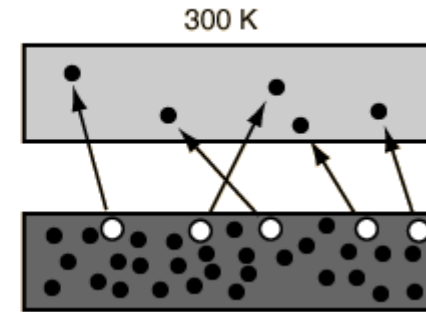
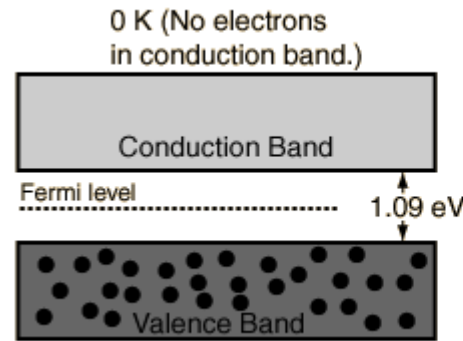
## Generación de pares electrones-hueco

$n = p = n_i = p_i$

Concentración de electrones

Concentración de huecos

intrínseco



A elevar la temperatura algunos enlaces covalentes son rotos, y los electrones asociados al enlace son libres de desplazarse bajo la influencia de un campo eléctrico externo.

Simultáneamente, la ruptura del enlace, deja una carga positiva neta en la estructura de valencia -> lagunas

Corriente en un semiconductor

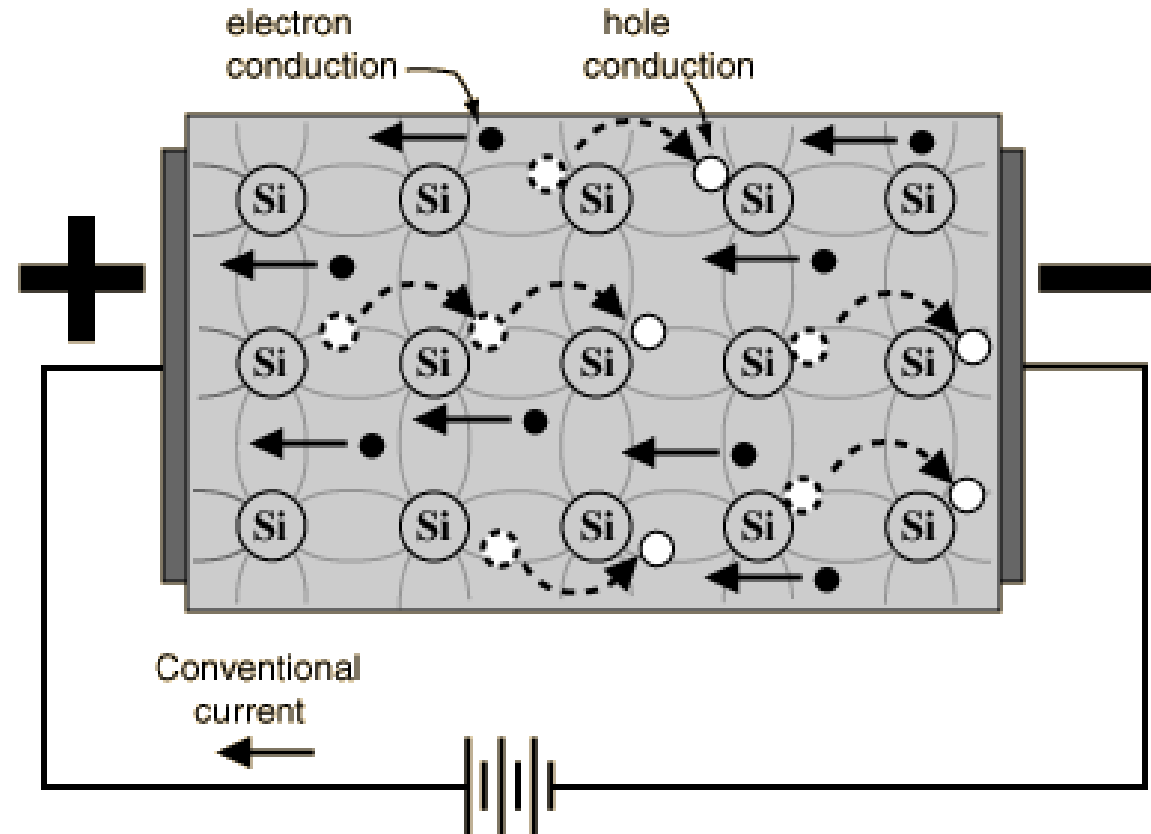
$$\bar{\mathbf{J}} = (nq\mu_n + pq\mu_p)\bar{\mathbf{E}} = \sigma\bar{\mathbf{E}}$$

Movilidad de los electrones

Movilidad de los huecos

# Semiconductores: Silicio

- Circulación de corriente en un semiconductor

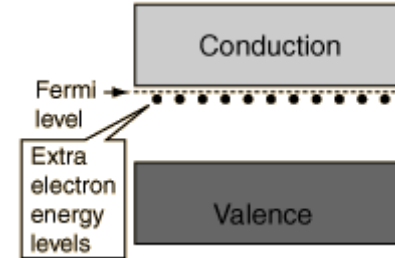
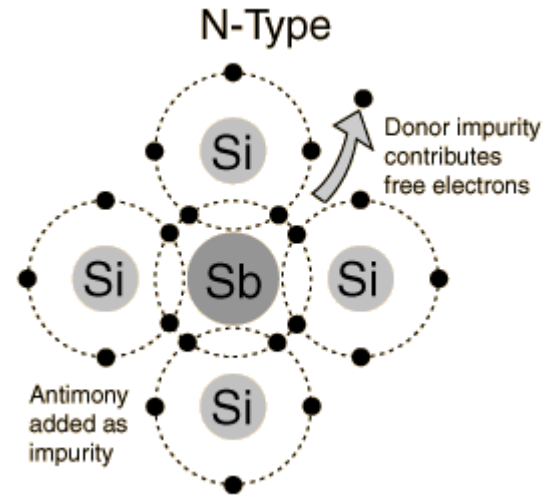


# Silicio con dopaje

- El agregado de un pequeño porcentaje de átomos foráneos en la estructura cristalina del silicio produce importantes cambios en sus propiedades eléctricas.
  - Material tipo N: Dopantes con valencia +5 son utilizados.
  - 4 electrones de la banda de valencia forman enlaces covalentes con los átomos vecinos de silicio. El electrón restante está débilmente ligado al átomo de impureza, actuando como un electrón libre.
  - Impurezas donoras: donan un electrón a la banda de conducción.
  - Fósforo, arsénico, antimonio



# Silicio – Tipo N



Conductividad

$$n = N_D + p \cong N_D$$

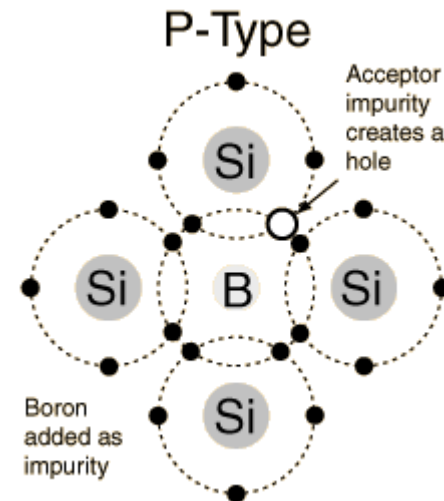
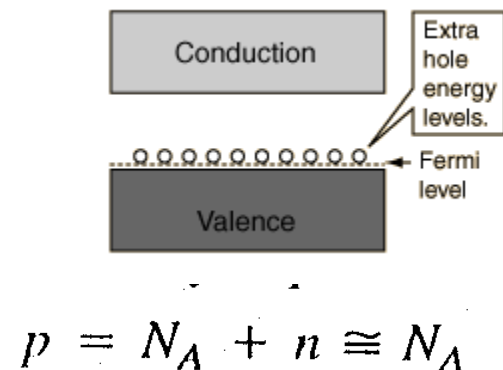
Concentración de átomos donores

$$\sigma_n \cong N_D q \mu_n$$

# Silicio – Tipo P

- TIPO P

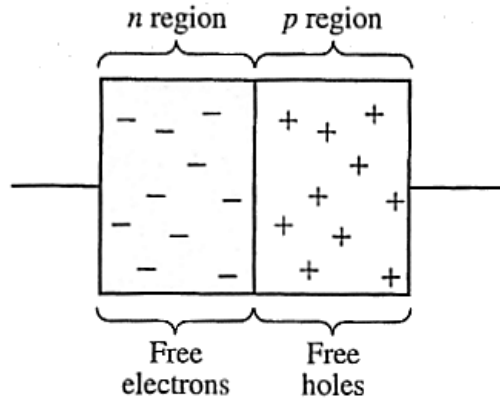
- Dopantes con valencia +3 son empleados: Boro, Galio, Indio.
- Para completar el enlace covalente con átomos de silicio, un electrón es atraído de la banda de valencia dejando un hueco.
- impureza aceptora: acepta un electrón de la banda de valencia



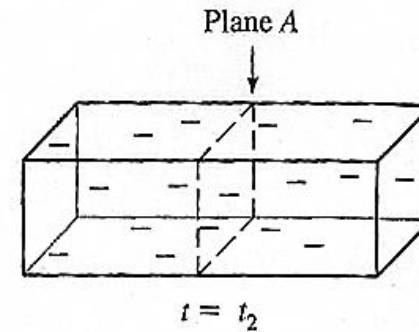
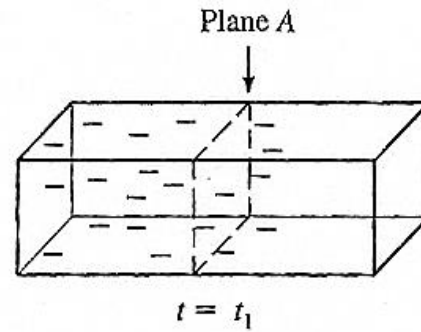
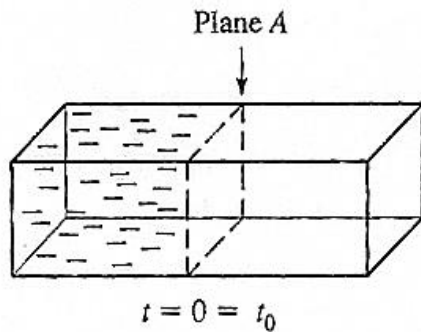
# Semiconductores

- Terminología
  - Semiconductor intrínseco:
    - semiconductor sin el agregado de impurezas
  - Donor:
    - Átomos de impurezas que incrementan la concentración de electrones
  - Aceptor
    - Átomos de impurezas que incrementan la concentración de huecos
  - Portadores mayoritarios:
    - Los portadores mas abundantes en un semiconductor. Electrones en material tipo N y huecos en material tipo P.
  - Portadores minoritarios:
    - Los portadores menos abundantes en un semiconductor. Electrones en material tipo P y huecos en material tipo N

# UNIÓN PN

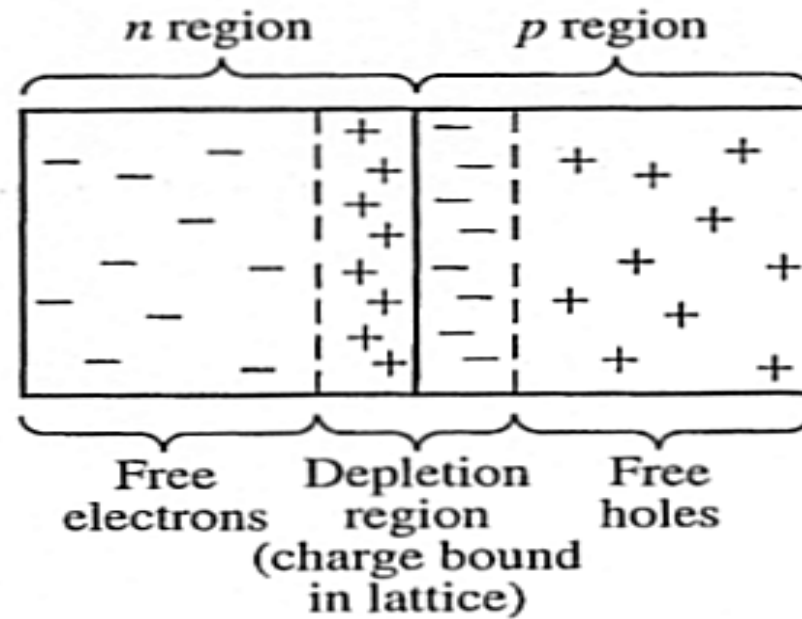


Juntamos dos materiales de manera **abrupta**



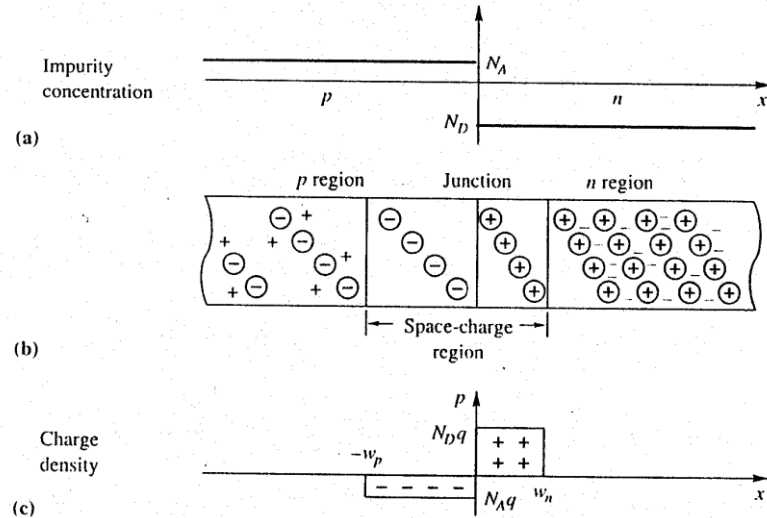
Difusión

# UNIÓN PN



Lo más importante es la formación de la zona de agotamiento

# Juntura P-N en equilibrio



Un diodo de juntura consiste de un material Semiconductor tipo P en contacto con un material N.

- Consideraciones
- Region P –  $N_A$  atomos aceptores
- Region N –  $N_D$  atomos donores  
 $N_D > N_A$
- No existe potencial externo aplicado

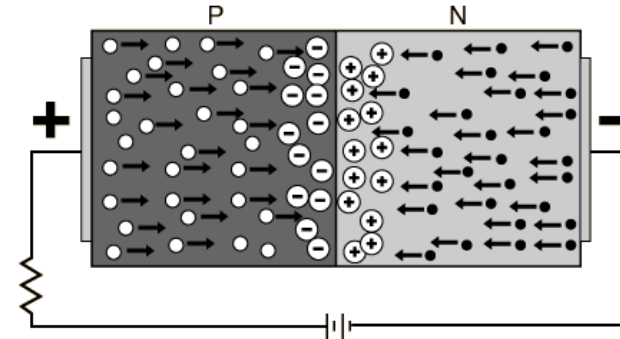
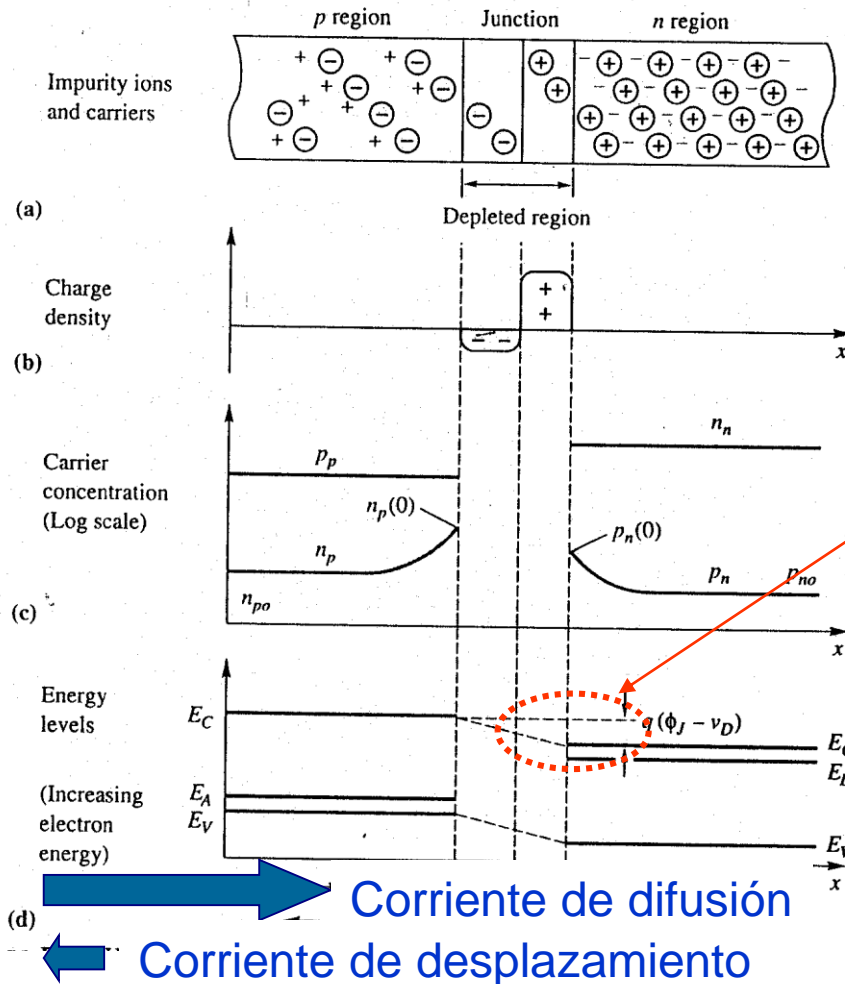
Región N: Los electrones cercanos a la juntura se difunden desde la región con alta concentración de electrones (región N) a la región con baja concentración de electrones (region P).

$$\longrightarrow J_n = qD_n \frac{dn}{dx} \quad \text{Electrones}$$

Región P: Los huecos se difunden hacia la región N.

$$\longrightarrow J_p = -qD_p \frac{dp}{dx} \quad \text{Huecos}$$

# Juntura PN – polarización directa



Al ser polarizada directamente la juntura PN, el potencial de juntura disminuye.

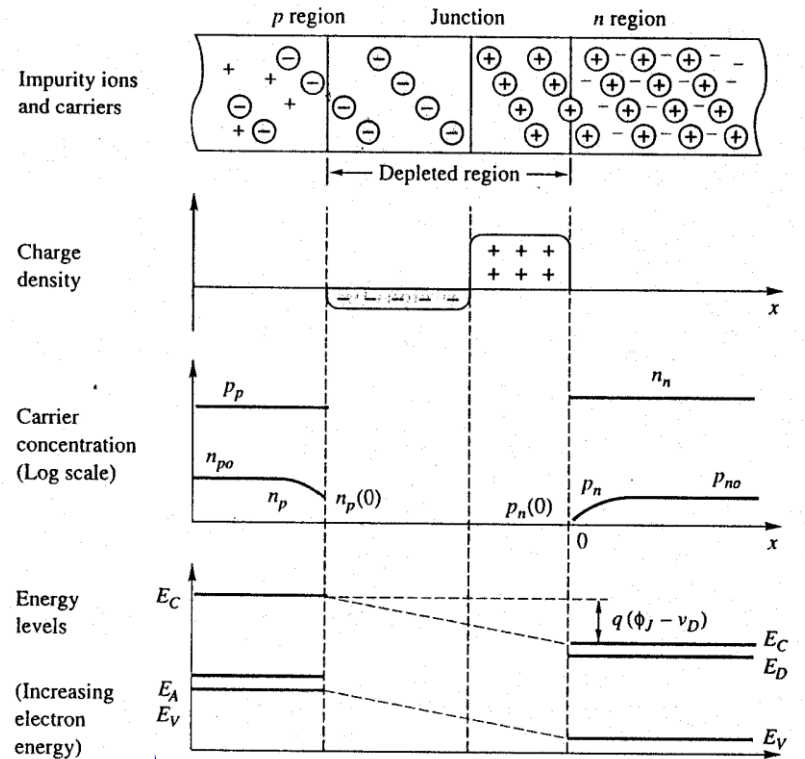


Los electrones se difunden hacia la región P y los huecos hacia la región N



La corriente de difusión es la dominante

# Juntura PN – polarización inversa



Corriente de difusión

← Corriente de desplazamiento

La barrera de potencial aumenta.

El campo electrico se intensifica.

La capa de depleción se ensancha.

La corriente de difusión se hace cercana a cero

