

## 9 CAMPO MAGNÉTICO

1.

### CAMPO ELÉCTRICO $E$

- Creado por cargas eléctricas
- $E = F_e / q = qE$
- Línea de campo de  $E$  son tangentes a  $F$ .
- Las líneas de campo empieza en positivo y termina en negativo o al  $\infty$ .
- $E$  es proporcional al densidad de las líneas de campo.

### CAMPO MAGNÉTICO $B$ (vectorial)

- Creado por cargas eléctricas en movimiento.
- $B = F_m / q (V \times B)$
- Línea de campo  $B$  son perpendiculares al  $F$ .

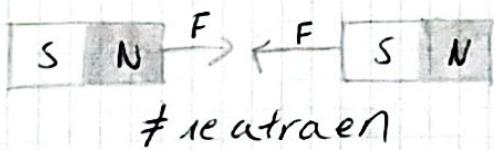


de N  $\rightarrow$  S

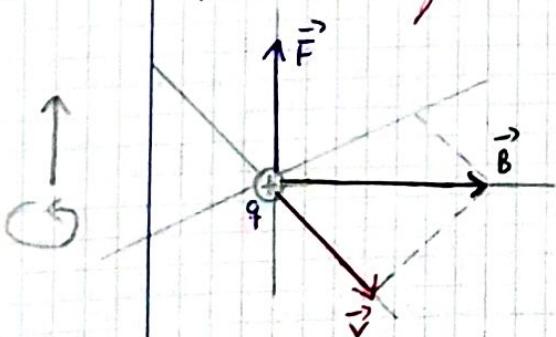
- $B$  es proporcional a la densidad de líneas.

$$T = \frac{B}{\mu_0} = \frac{N \cdot A}{m^2} = \frac{N}{m^2} = \frac{Wb}{m^2}$$

- Los magnéticos son hechos a partir de materiales cuya orientación de e- (cargas en movimiento) se encuentran en un campo magnético creado por ellos de manera constructiva. Fe, Co y Ni.



### 2. Fuerza magnética en una carga puntual.



$$\vec{F}_{mag} = q \vec{v} \times \vec{B}$$

- $F_{mag} \uparrow$  si  $q, \vec{v}$  y  $\vec{B} \uparrow$ .
- La dirección depende del signo de la carga  $q$ .
- $F_{mag} \perp B$  y  $V$ .

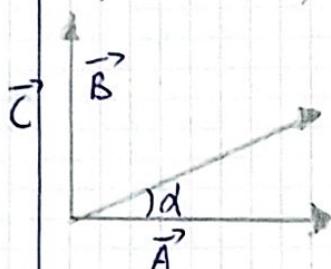
-  $F_{mag}$  es máx. cuando la carga se mueve  $\perp$  a las líneas de campo. y vale 0 si la carga se mueve // líneas de campo.

$$|\vec{F}| = qvB \sin \theta$$

$$F_{mag} = 0 \text{ si } \begin{cases} \vec{v} = 0 \\ \vec{B} = 0 \\ \vec{v} \parallel \vec{B} \end{cases}$$

- $B$  no ejerce ninguna  $F$  sobre las cargas en reposo.
- $F_{mag}$  es  $\perp$  a  $V$   $\rightarrow$  no cambios en magnitud  $v$ .  
 $\vec{F} \perp \vec{V}, \vec{F} \parallel \vec{a} \Rightarrow \vec{a} \perp V$ .
- Si  $F_m \perp$  a la trayectoria  $\Rightarrow$  no hay trabajo sobre la partícula  
 $\Delta K = 0$ .

Propiedades generales de vectores: producto cruzado de vectores.



- $\vec{C} = \vec{A} \times \vec{B} \rightarrow$  resultado vectorial.
- Su magnitud es dada por  $|\vec{A} \times \vec{B}| = AB \sin \alpha$ .
- Su dirección es:  $\vec{A} \cdot \vec{B} \left\{ \begin{array}{l} \perp \vec{A} \\ \perp \vec{B} \end{array} \right\}$

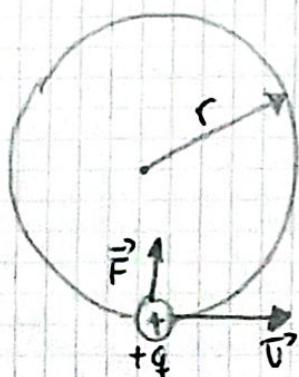
- Orientación diciente por la regla de la mano derecha.
- Resultado matemático.

$$\vec{A} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \vec{u}_x & \vec{u}_y & \vec{u}_z \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix} = (A_y B_z - A_z B_y) \vec{u}_x + (A_z B_x - A_x B_z) \vec{u}_y + (A_x B_y - A_y B_x) \vec{u}_z.$$

- $\vec{A} \times \vec{B} = 0$  si  $\left\{ \begin{array}{l} \vec{A} = 0 \\ \vec{A} \parallel \vec{B} \end{array} \right\}$

### 3. Partículas cargadas con movimiento en campo magnético.

**HCU:** las partículas cargadas se mueven en un círculo cuyo plano es  $\perp B$ .  $\Rightarrow F_{mag} =$  fuerza centrípeta.



$$\left\{ \begin{array}{l} F_{mag} = m\vec{a} \\ |F|_{mag} = q|\vec{v}|B \sin(90^\circ) \end{array} \right\} a_n = \frac{q|\vec{v}|B}{m}$$

$$\text{• Acentrípeta } a_n = |\vec{a}| = \frac{|\vec{v}|^2}{r}$$

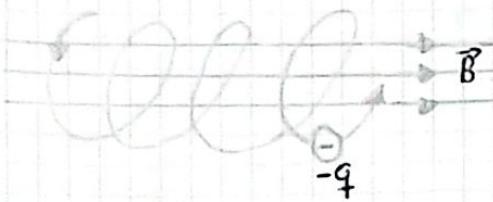
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Radio} = \frac{m|\vec{v}|}{qB} \\ r \text{ es proporcional a } m \text{ y } v. \\ r \text{ es inversamente proporcional a } q \text{ y } B \end{array} \right.$$

$$\text{• T. Período del mov} = \frac{2\pi r}{|\vec{v}|} = \frac{2\pi m}{qB} \quad \text{• Frecuencia angular } \omega = \frac{V}{r} = \frac{qB}{m}$$

B uniforme  
 $E=0$   
 $V \perp B$

radio  
cíclico

B uniforme,  $\epsilon=0$  V no perpendicular a B



-  $V \Rightarrow$  2 componentes =  $\parallel B$  y  $\perp B$ ; el componente paralelo no contribuye a la  $F_{mag}$ .

- Mov. debido a  $V_\perp$  es M.C.U. y mov. debido a  $V_\parallel$  el mov. uniforme lineal.
- El resultado es un helice con eje  $\parallel B$
- Los expresiones de a, R, T... pueden no ser los mismos ya que solo  $V_\perp$  contribuye al mov. circular.

$B_y$  uniforme;  $V, B_y \in \perp$  a cada curva.

• Fuerza de Lorenz  $\vec{F} = \vec{F}_{el} + \vec{F}_{mag} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$

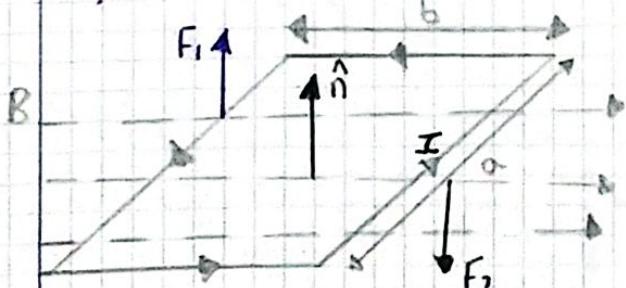
$\vec{F}_{el} \parallel \vec{E}$   $\vec{F}_{mag} \perp \vec{B}$

- El corriente eléctrica se hace por mov. de carga. Si un cable con corriente está en una regiona any lugar hay un B uniforme  $\rightarrow$  habrá una fuerza en el cable.
- La  $F_{mag}$  que actúa en un segmento recto de cable que lleva una corriente I es:

$$\vec{F} = (q\vec{v} \times \vec{B}) N = (q\vec{v} \times \vec{B}) n A l = I l \vec{B}$$

$N = N$  de carga en el segmento.

Toque en un bucle de corriente con B uniforme.



• La F que actúa en cada recta de segmento es:  $\vec{F} = I l \vec{B}$ .

- $F_1$  y  $F_2$  son iguales pero actúan en dirección opuesta "punto de F".
- Fuerza del bucle el  $\vec{F}_{net} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0$ , el bucle rota hasta que  $\epsilon \perp B$ .

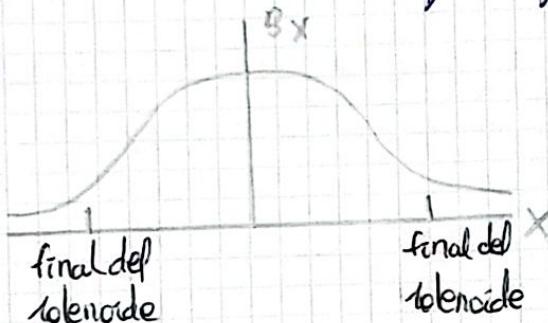
4. Campo magnético creado por corrientes.

$$\vec{B} = \int d\vec{B} = \int_L \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$$

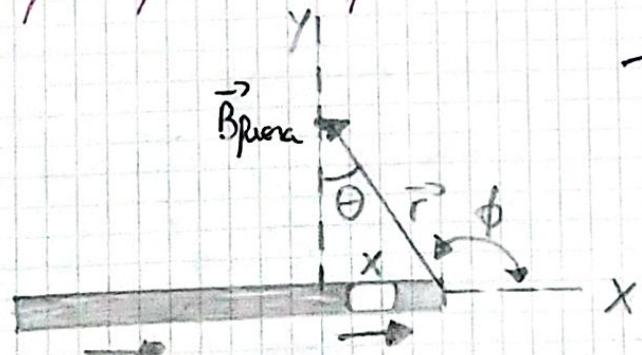
$B$  dentro de un solenoide de longitud  $L$ , en punto de laje

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I n}{2} \left[ \frac{(L/2 - x_0)}{((L/2 - x_0)^2 + R^2)^{1/2}} + \frac{(L/2 + x_0)}{((L/2 + x_0)^2 + R^2)^{1/2}} \right] \hat{z}.$$

• si el solenoide es muy largo  $L \gg R \Rightarrow \vec{B} = \mu_0 n I \hat{z} (\text{T})$



$B$  debido a recta de cable que lleva corriente en eje  $X$  en cualquier punto del plano  $XY$



- cuando el cable es muy largo

$$|\vec{B}| = \frac{\mu_0 I}{2\pi r_0}$$

$$d\vec{l} = I dx \hat{i}$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r_0} \left[ \frac{a}{(a^2 + y_0^2)^{1/2}} + \frac{b}{(b^2 + y_0^2)^{1/2}} \right] \vec{k}$$

Otra manera: Ley de Ampère

## 5 Ley de Ampère:

- Cuando un conductor de corriente tiene una alta simetría, se puede calcular el campo magnético por ley de Ampère.

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\text{atravé de la superficie encerrada por } C}$$

- La linea integral de  $B$  a lo largo de cualquier camino cerrado "C" es proporcional a la corriente que pasa en la superficie encerrada por C.

- Definir C → calcular  $\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l}$ , → calcular  $I_C$  → aplicar ley Ampère → despejar  $|B|$ .

Campo magnético debido a un  $\infty$  corriente ~~Quedado~~ por un cable

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint_C |B| \|d\vec{l}\| \cos 0^\circ = \oint_C |B| \|d\vec{l}\| = |\vec{B}| \oint_C \|d\vec{l}\| = |\vec{B}| 2\pi r$$

$$B 2\pi r = \mu_0 I_C$$

$$I_{\text{atravé de la superficie encerrada por } C} = I_C$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I_C}{2\pi r} \vec{u}_\theta$$

Base rotal bco toroidal

vector unitario → para representar dirección del

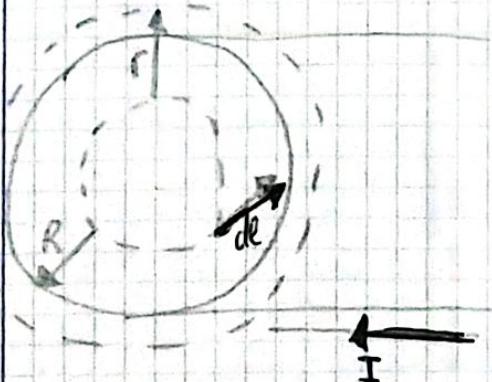
Campo magnético debido a un conductor  $\infty$  de radio  $R$  que lleva una corriente  $I$  uniforme.

•  $B$  de dentro.

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint_C |B| \|d\vec{l}\| \cos 0^\circ = |\vec{B}| \oint_C \|d\vec{l}\| = |\vec{B}| 2\pi r$$

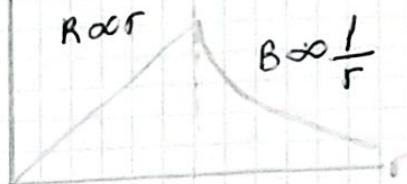
$$I_C = \frac{1}{\pi R^2} \pi r^2 = \frac{1}{R^2} r^2$$

$$B_{\text{dentro}} = \frac{\mu_0 I}{2\pi R^2} r \vec{u}_\theta (\text{T}).$$



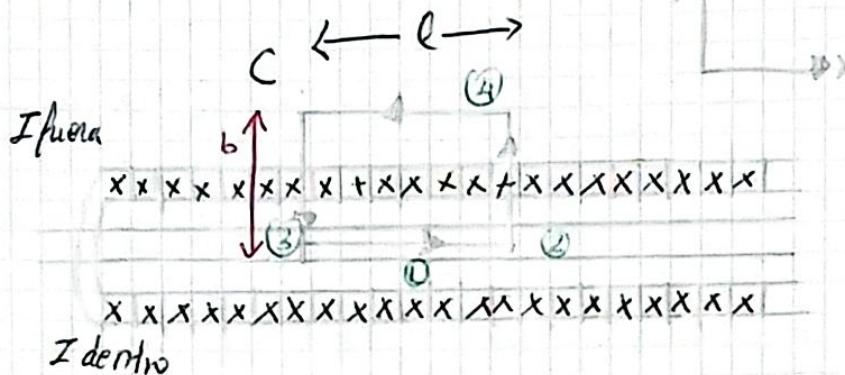
-  $B$  fuera:

$$\vec{B}_{\text{fuerza}} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \vec{u}_0 (r)$$



Campo magnético debido a un corriente de carga que lleva un solenoide.

- $B$  dentro del solenoide es cte y || a su eje.
- $B$  fuera del solenoide = 0.



$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \int_1 \vec{B} \cdot d\vec{l} + \dots + \int_4 \vec{B} \cdot d\vec{l}$$

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = BL \begin{cases} \vec{B} \parallel d\vec{l}, \oint_{C_1} |\vec{B}| |d\vec{l}| = |\vec{B}| |\oint_{C_1} |d\vec{l}|| = |\vec{B}| L \\ \vec{B} \perp d\vec{l}, \oint_{C_{2,3}} \vec{B} \cdot d\vec{l} = 0 \\ \vec{B} = 0, \oint_4 |\vec{B}| |d\vec{l}| = 0. \end{cases}$$

-  $N \rightarrow N$  de espiras que va atravesar la superficie definida por  $C$ .

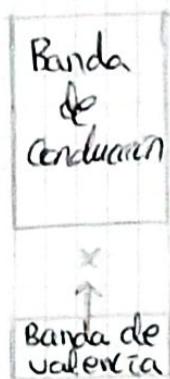
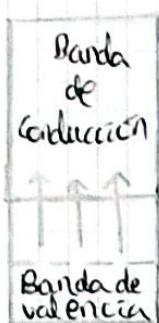
-  $n \rightarrow n$  de espiras por un anillo de longitud.

$$\mu_0 I_C = \mu_0 NI = \mu_0 n L I$$

$$\vec{B}_{\text{dentro}} = \mu_0 n I \vec{z}$$

# 10. SERES CONDUCTORES

## 1. Teoría de bandas.



Banda prohibida

Banda de valencia

Conductor  
 $\Delta E = 0$

Semiconductor  
 $\Delta E$  pequeño

Aislante  
 $\Delta E$  grande

## 2. Semiconductores intrínsecos y extrínsecos.

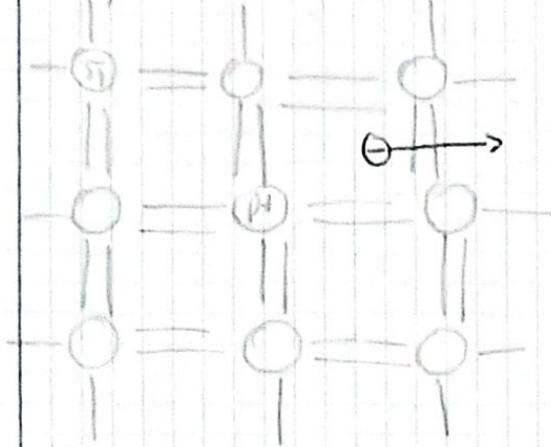
**Intrínsecos:** estado puro "sin impureza". La cantidad de huecos que dejan los  $e^-$  en la banda de valencia al atravesar la banda prohibida será igual a la cantidad de  $e^-$  libres que se encuentran presentes en la banda de conducción.

**Extrínsecos:** llevan impurezas "topado". 2 tipos

- Tipo n: topados con elementos pentavalentes (se en la última capa).  $e^- \rightarrow$  huecos y  $\uparrow$  conductividad.
- Tipo p: topados con elementos trivalentes, hay más huecos que  $e^-$ ; los  $e^-$  saltan a los huecos de la banda de valencia a banda de conducción.
- Tipo p-n: los huecos de la zona p pasan por difusión a zona n y los  $e^-$  de zona n pasan a zona p.

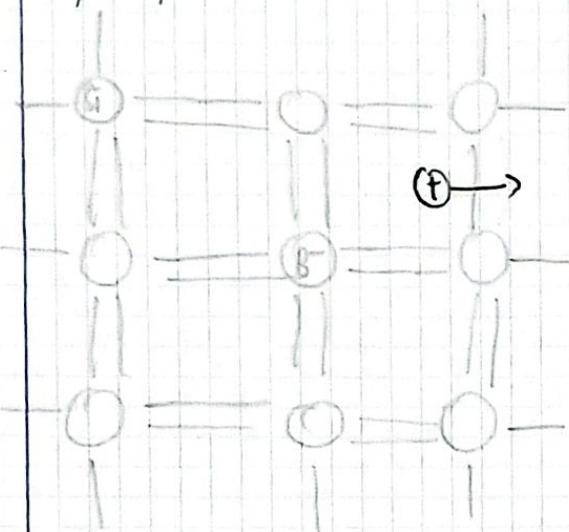
En la zona de la unión, huecos y  $e^-$  se reencuentran quedando una zona de transición con distribución de carga debida a la presencia de iones de impurezas y ausencia de huecos y  $e^-$ .  $\Rightarrow$  se crea un campo eléctrico que produce corrientes de desplazamiento que equilibran a las de difusión. Diferencia de potencial del campo eléctrico es la potencial de contacto  $V_0$ .

tipo N.



- El s<sup>o</sup> e<sup>-</sup> se libra y contribuye a la conductividad.

tipo P



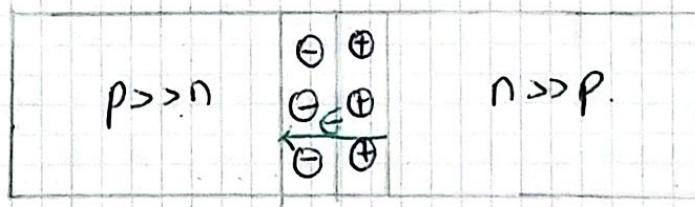
- El h<sup>o</sup> e<sup>-</sup> es cogido de un Si cercano

- El e<sup>-</sup> robado crea huecos libres que aportan conductividad

tipo P-N  
diodo



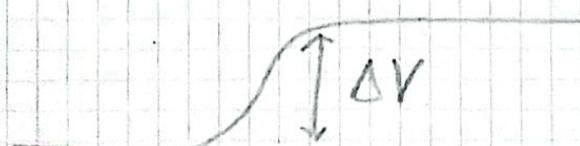
los huecos en exceso se difunden a la región N+.



$\ominus$  iones - parte  
aceptador de  
impurezas

los e<sup>-</sup> en exceso se  
difunden a la región P.

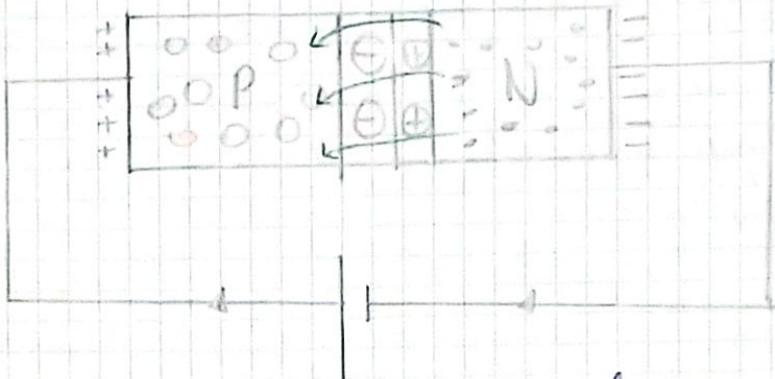
$\oplus$  iones + por  
parte donadora de  
impurezas



Fuera de conectar diodo.

-Drenado para que la corriente fluya en un solo sentido

-Polarización directa del Diodo:



-zona de vacío

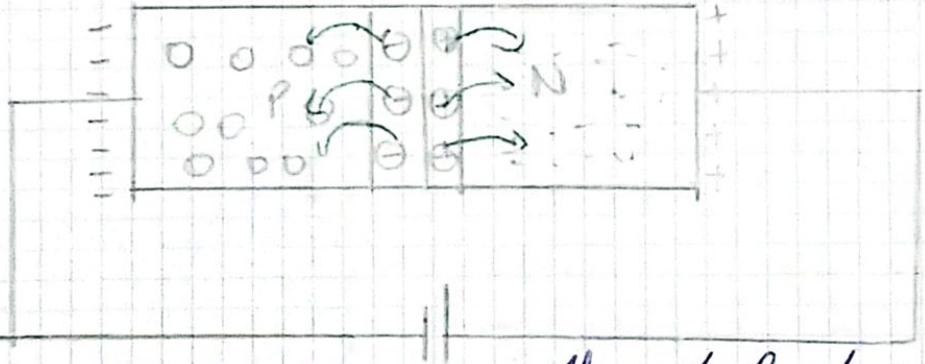
-zona de pion

-zona de carga espacial

-zona de empobrecimiento espacial

...

- se comporta como un conductor de la corriente e- en polarización directa.  $\rightarrow$  pequeña tensión en polarización directa.
- Se disminuye el ancho de la zona de agotamiento (se disminuye la tensión)  $\Rightarrow$  más fácil pasar e- de zona N a P. para llenar a los huecos ; los e- tienen suficiente energía para atravesar zona de agotamiento y pasar a zona P. produciendo corriente eléctrica mientras esté conectado.
- Polarización inversa:



- Al inyectar e- a zona P, llenando los huecos de la zona P, estos e- formarán más iones negativos al llenar los huecos de los enlaces que todavía no se han llenado y la región de agotamiento se aumentará, al aumentando el potencial negativo en esta zona tendremos mayor tensión en la unión por lo que los e- de la zona N lo tienen cada vez más difícil pasar a la zona P,  $\Rightarrow$  unión PN no comporta como un aislante en polarización inversa.

- efecto avalancha: si se rompe el óxido ( $\Delta$  tensión)

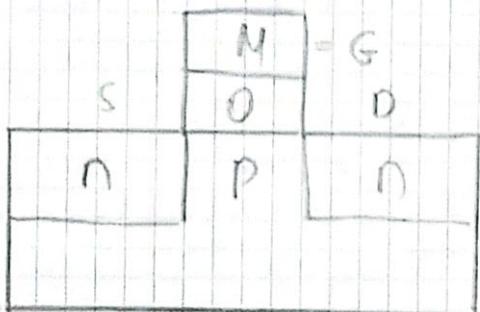
- Si los e- llenen los huecos de zona P y metemos más ( $\Delta$  tensión) estos se quedaran como e- libres en zona P.

- En zona N se mete huecas que los ocuparán las e- libres de esa zona. Al meter más huecos y que se llenen todos con e- libres, los siguientes huecos que metamos quedarán libres esperando e- para los llenados.



### 3. Transistor Mosfet:

- El mosfet conduce corriente entre 2 de sus patañas cuando aplicamos tensión en la otra pataña llanera. Es un interruptor que se activa por tensión.



- Se activa cuando ponemos a una tensión mín en la pataña del transistor G.

- Mosfet es un transistor de efecto de campo por medio de un semiconductor óxido que se usa como dielectrico, se obtiene un campo eléctrico para controlar la conducción y su dielectrico es un metal de óxido.

- Estructura: se constituyen sobre un semiconductor llamado substrato y sobre él se funden emisor y drenaje (electro y entrada), semiconductor contrario al semiconductor usado para el substrato  $pnp$  o  $npn$ .

- En este bloques se coloca una capa de óxido metálico (aislante) entre fuente y sumidero, y por encima de este óxido se coloca una placa de metal conductora
- Óxido + metal = puesta / gate.
- Se ponea pero 3 patilla porque el substrato está unido al gate.. formando una patilla, sumidero y drenaje con las otras patillas.
- Funcionamiento: controla el paso de la corriente entre una entrada "sumidero" y una salida "drenaje" mediante la aplicación de una tensión en el gate. = interruptor controlado por tensión, al aplicar tensión conduce y cuando no hay tensión en la puesta no conduce  
El mov. de carga se produce por existencia de campos eléctricos en el interior del dispositivo.