

# Tema 4. El transistor bipolar (o de unión / BJT)

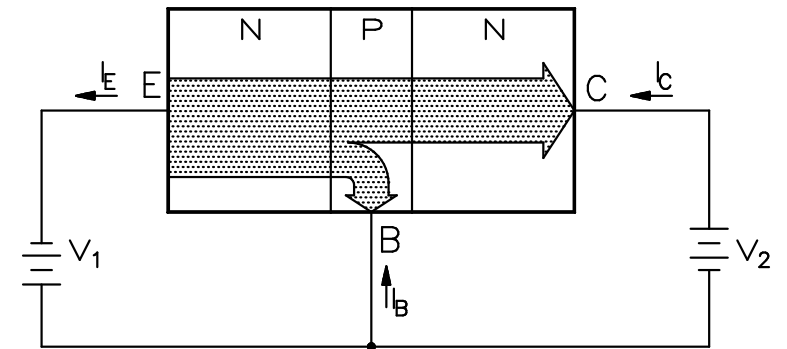
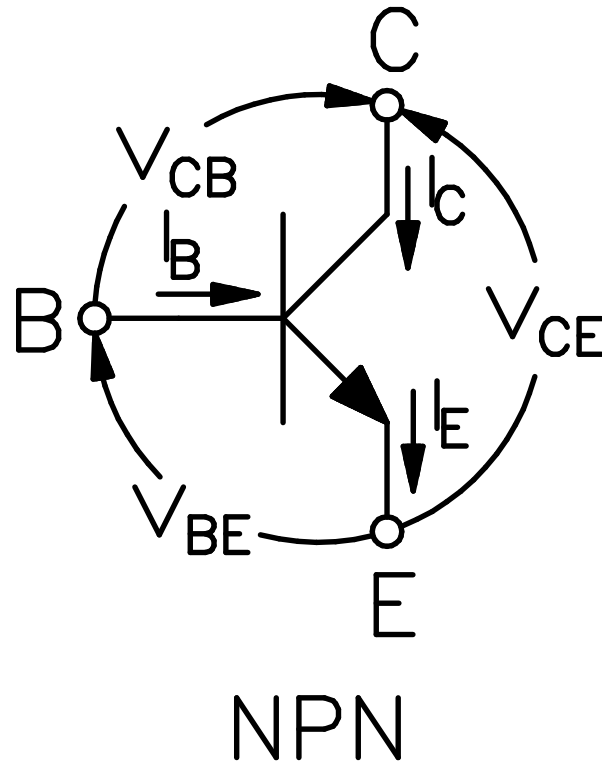
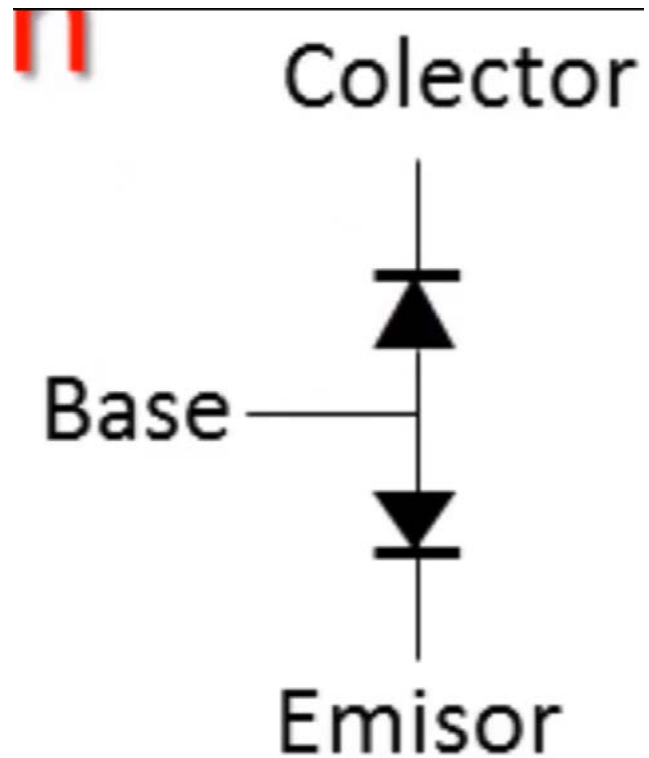
Bipolar Junction Transistor

# Tema 4. El transistor bipolar (BJT).

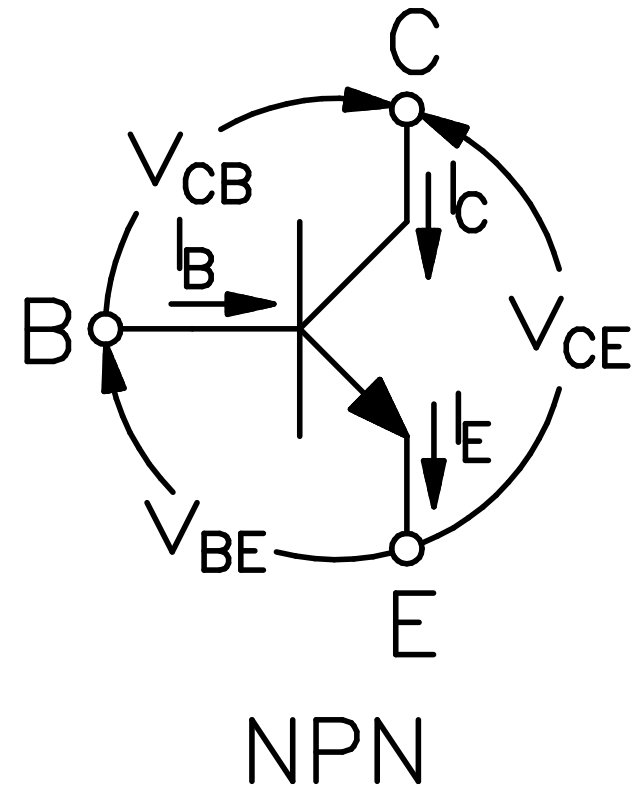
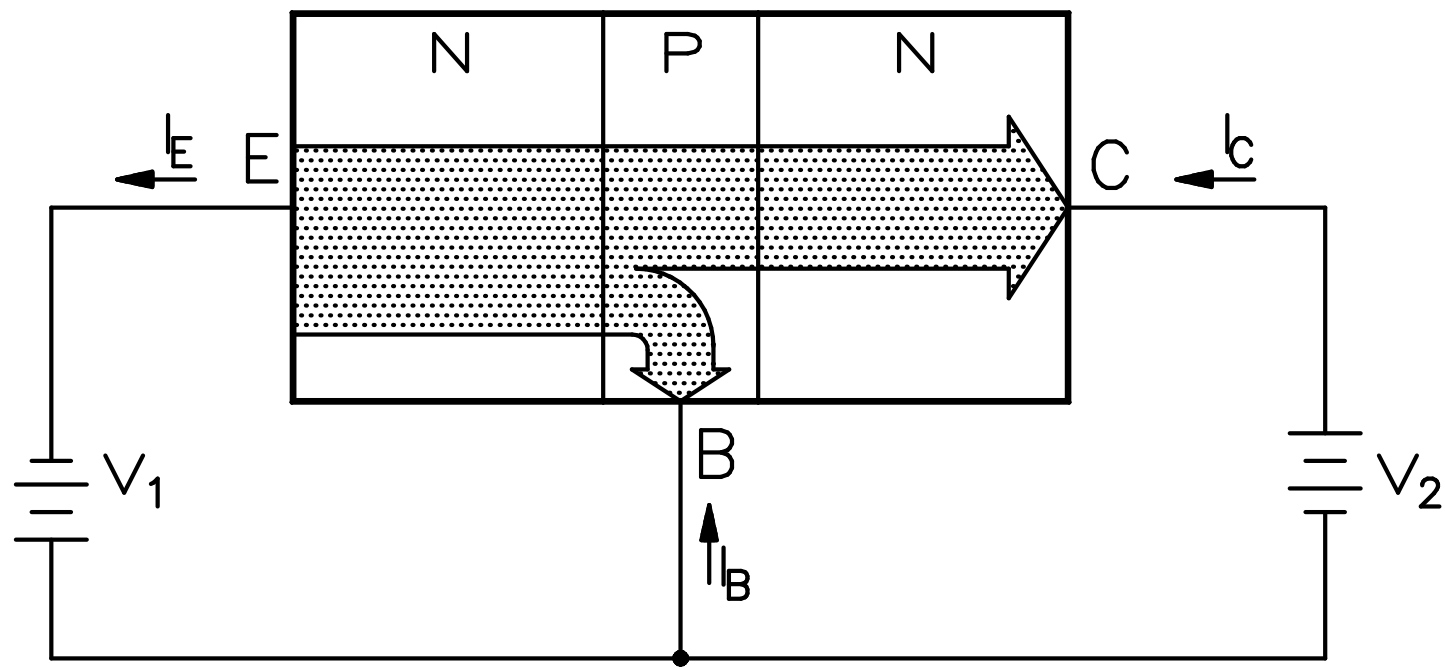
## Introducción general.

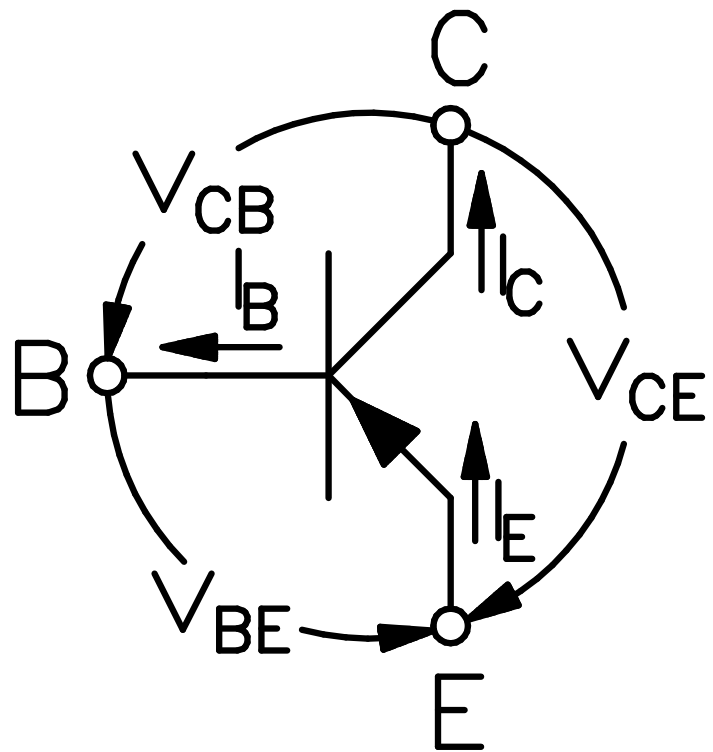
- Un transistor es un dispositivo semiconductor de tres terminales cuya resistencia interna puede ser variada dependiendo de la señal aplicada a uno de los citados terminales. Esta propiedad permite que se pueda gobernar la corriente del circuito en el que esta inserto. Su nombre viene del inglés TRANSfer-reSISTOR.

# El BJT. Introducción general.

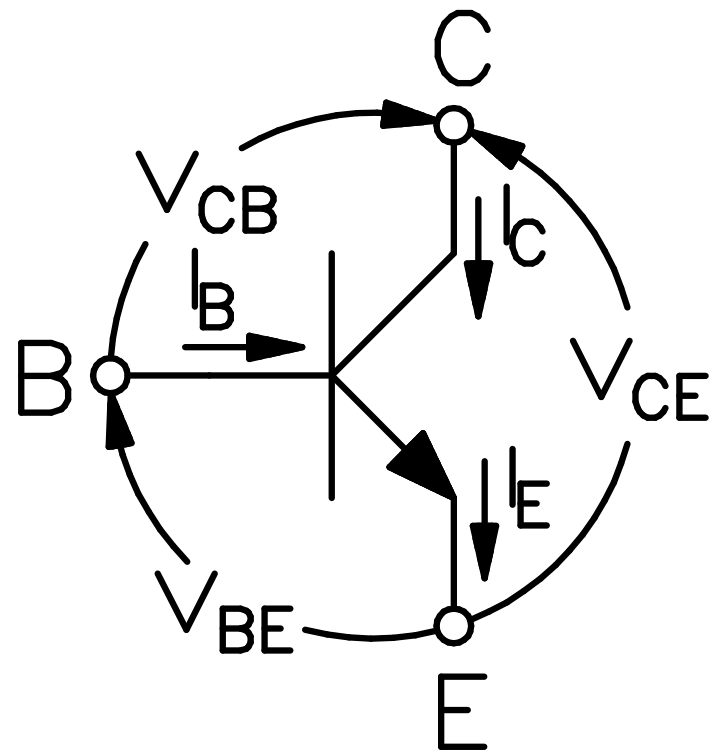


# El BJT. Introducción general.



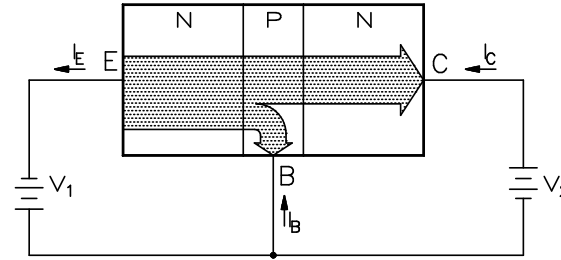


PNP

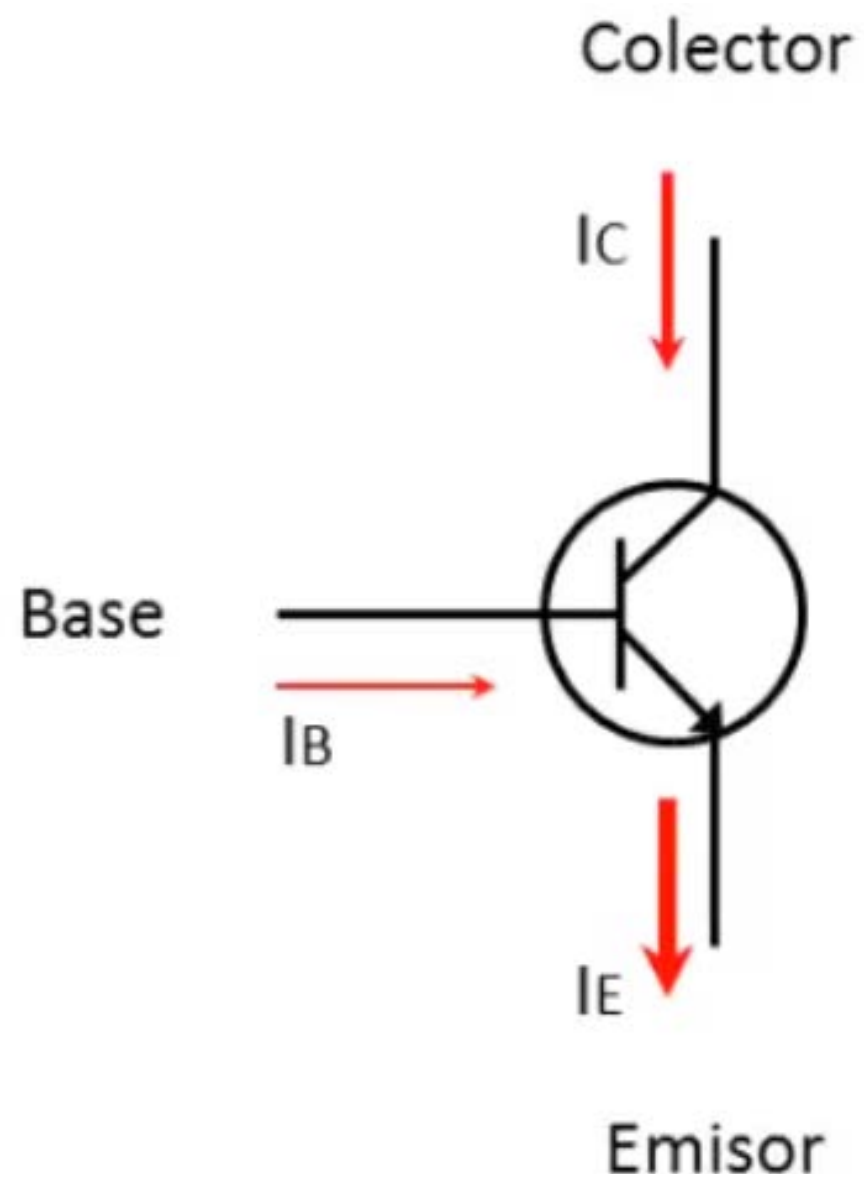
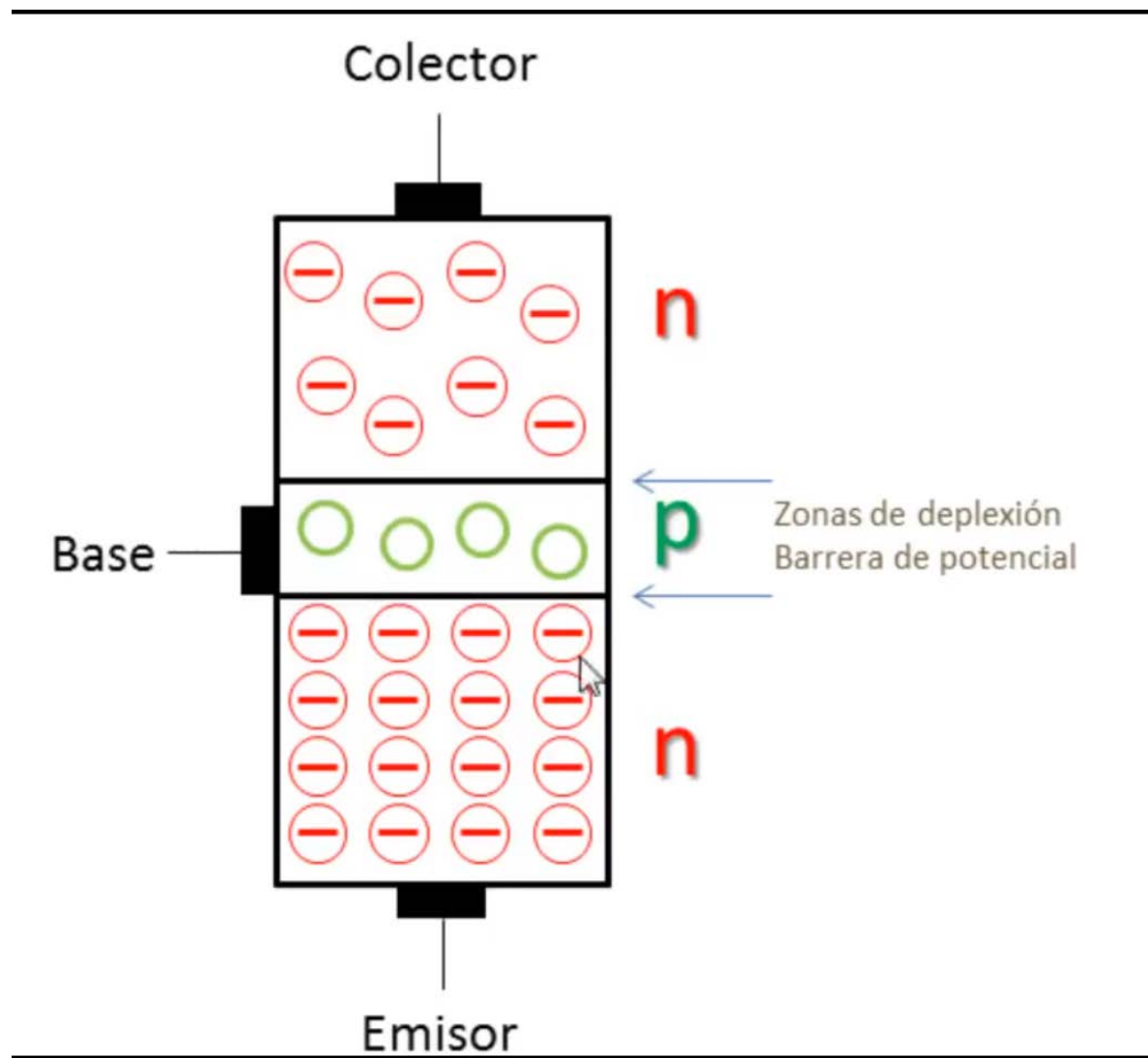


NPN

# El efecto transistor



- Si la polarización de la unión de base-emisor es directa circulará una corriente no nula originada principalmente por electrones del emisor, al ser ésta la capa más dopada y la base la menos dopada. Gran número de estos electrones tras llegar a la base podrán alcanzar la unión de colector, al ser la base una capa delgada, estos electrones serán "aspirados" por el campo existente en la unión colector-base.
- Este efecto, consistente en el paso de un elevado número de portadores a través de una unión  $N$ - $P$  polarizada inversamente, recibe el nombre de efecto transistor.



Análisis de tensiones y corrientes (según modelo de Ebers-Moll).

$$I_E = I_B + I_C \longrightarrow \alpha = -\frac{I_C}{I_E} \Rightarrow I_C = -\alpha I_E$$

$$\longrightarrow I_B = (1 - \alpha) \cdot I_E$$

El signo negativo de  $\alpha$  se debe al diferente sentido de las corrientes (pero ojo, en la ecuación de sumatorio de corrientes ya se está considerando el signo opuesto de  $I_E$  –corriente saliente) y su valor suele estar entre  $0.95$  y  $0.99$



# Análisis de tensiones y corrientes (según modelo de Ebers-Moll).

Puesto que los valores típicos de  $\alpha$  son muy próximos a la unidad,  $I_B$  resulta muy pequeño comparado con  $I_E$  siendo  $I_C$  e  $I_E$  prácticamente iguales.

$$I_C = \frac{\alpha}{1 - \alpha} I_B = \beta I_B$$

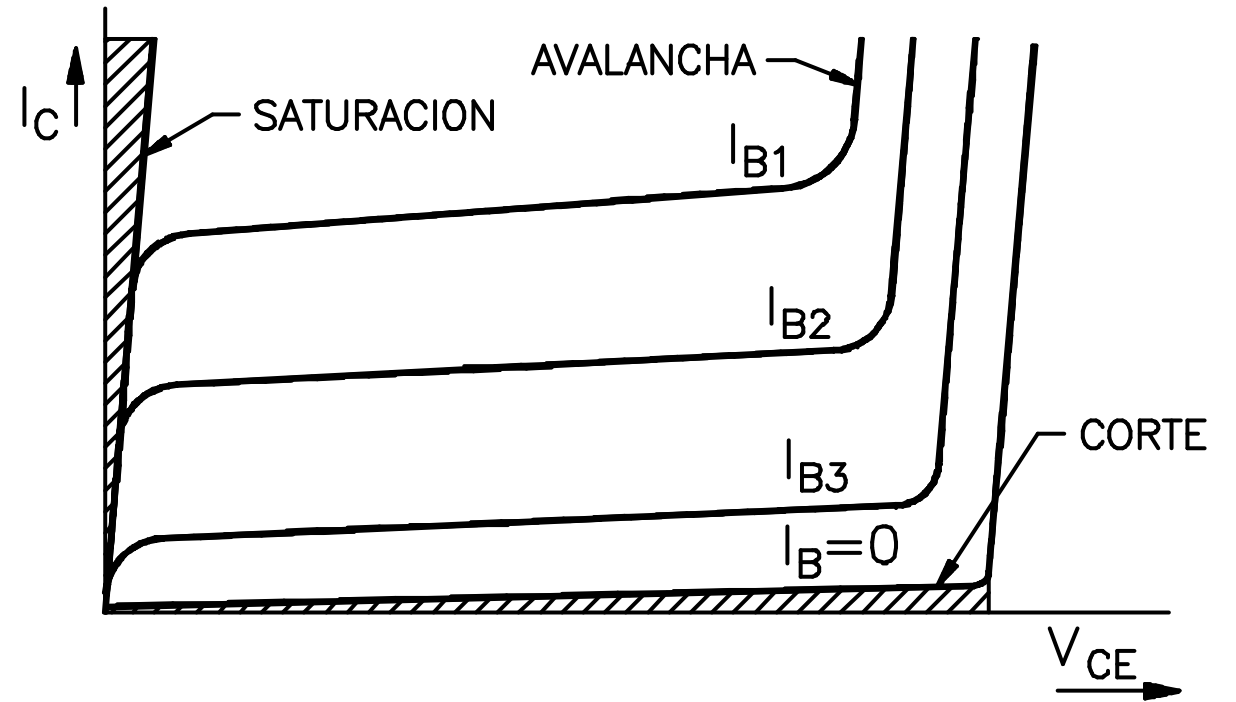
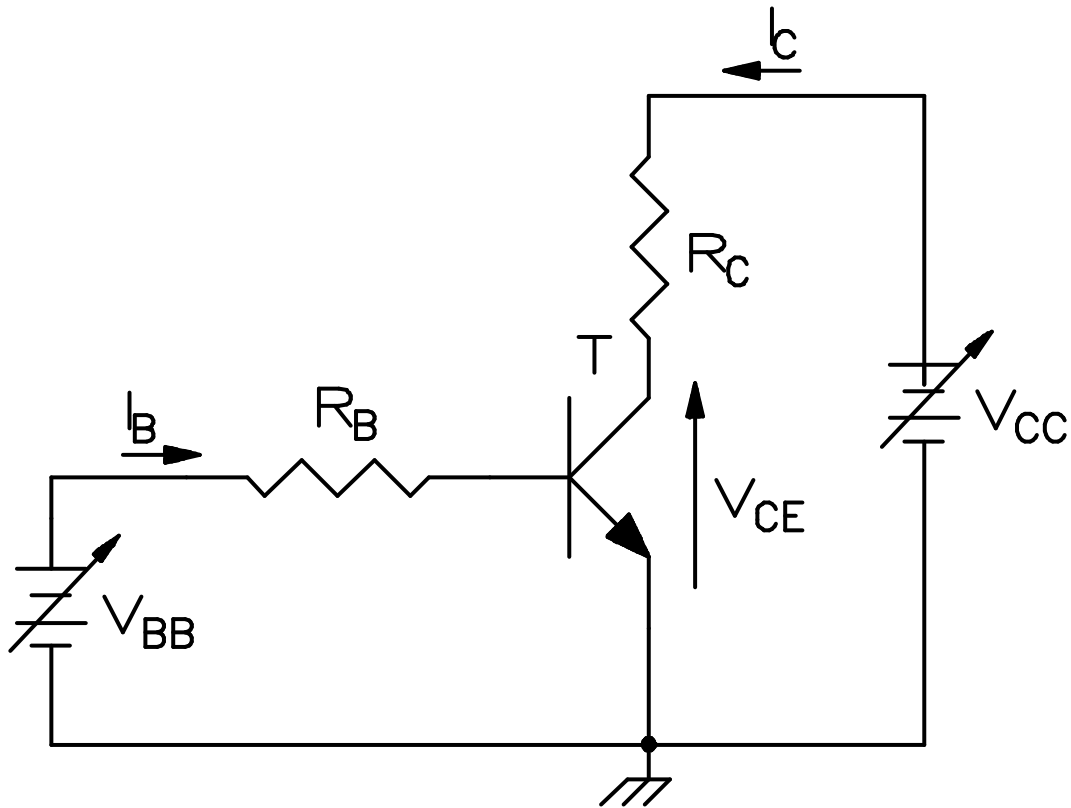
$$I_E = \frac{-I_B}{1 - \alpha} = -(\beta + 1) I_B$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}; \alpha = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

El factor  $\beta$  expresa la relación entre la corriente de mando  $I_B$  y la corriente gobernada  $I_C$ .

Se le conoce también como parámetro  $h_{FE}$ .

# Curva característica en emisor común.



# Polarización del BJT

- Un transistor se puede encontrar en tres estados de funcionamiento dependientes de las propiedades eléctricas existentes en el circuito principal de colector-emisor, es decir, de los valores que tomen  $I_C$  y  $V_{CE}$ . Dichos estados se denominan de *saturación*, *corte* y *activa*.
- *Existe un cuarto estado, denominado 'activa inversa' pero que no se emplea de manera práctica.*

# Polarización del BJT

*Corte:* De forma practica se podría considerar que el transistor está en *corte* o bloqueado cuando la corriente de base es cero o negativa, y en el circuito colector-emisor circulará una pequeña corriente. De un modo riguroso el *corte* del transistor se define por las condiciones:  $I_E = 0, I_B \leq 0, V_{BE} \leq 0V$  y  $V_{CE} \cong V_{CC}$ .

# Polarización del BJT

*Activo:* es el estado en el que se produce el efecto transistor, estando la unión de base polarizada directamente y la de colector inversamente. A pequeños aumentos de  $I_B$  se producen grandes aumentos de  $I_C$  independientemente de la tensión aplicada al circuito colector-emisor.

Las tensiones y corrientes toman los siguientes valores:  $I_C = h_{FE} \cdot I_B$   
 $V_{BE} = 0.7V$  y  $V_{CC} > V_{CE} > 0.2V$ ; (siendo  $h_{FE} = \beta$ )

# Polarización del BJT

*Saturación:* el comportamiento de un transistor saturado es equivalente a un interruptor cerrado. Para llegar a esta situación en un transistor *npn* las uniones de emisor y colector deben quedar polarizadas directamente.

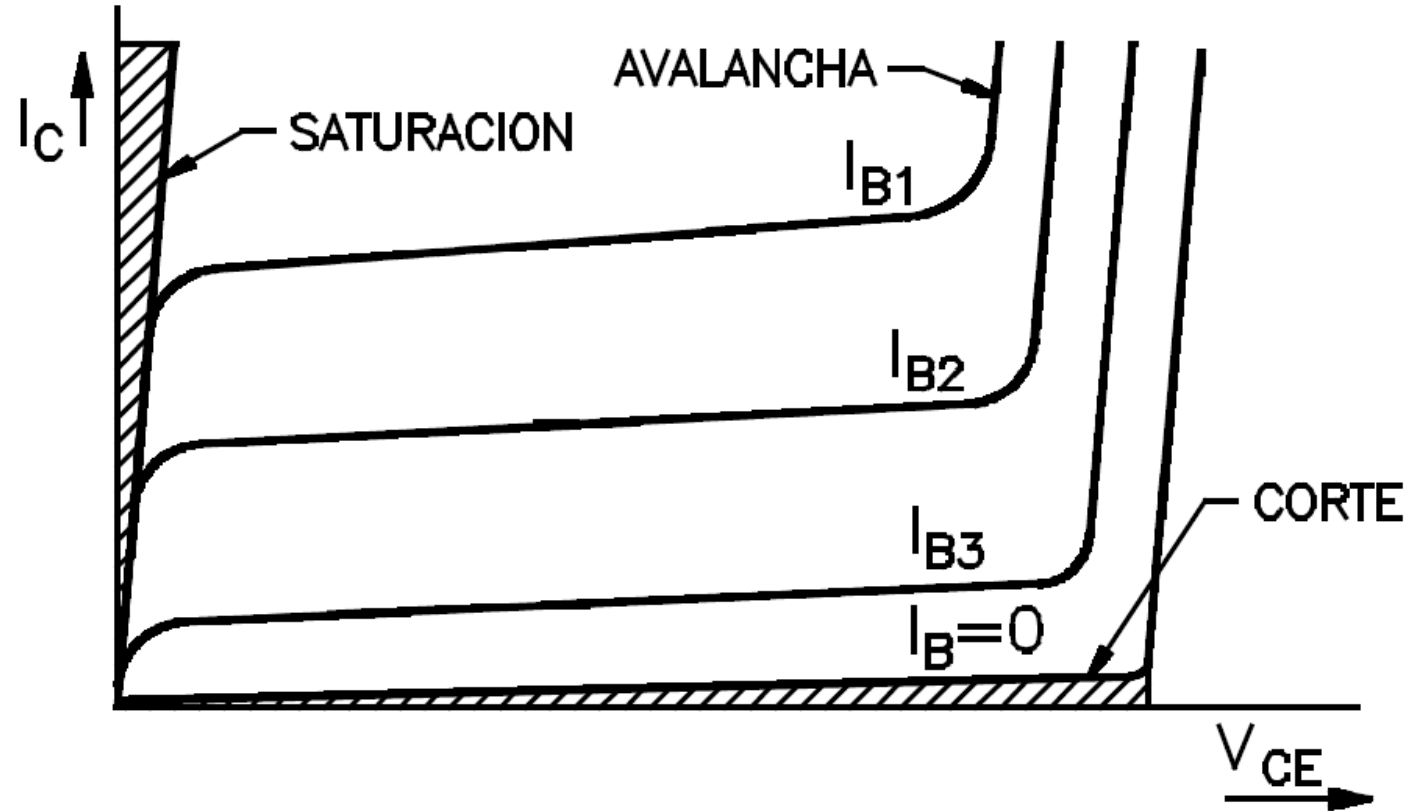
En esta situación el aumento de la corriente  $I_B$  no provoca aumento de  $I_C$ , permaneciendo ésta prácticamente constante y disminuyendo la ganancia  $h_{FE}(\beta)$ .

La corriente de colector sólo se ve limitada por el circuito exterior. Desde un punto de vista general se considera que un transistor está saturado cuando:  $V_{CE}=0.2V$ ,  $V_{BE}=0.8V$  e  $I_C \leq h_{FE} \cdot I_B$ .

# Polarización del BJT

- *En la región de saturación se observa que  $I_C$  crece bruscamente para valores bajos de  $V_{CE}$ , ello es debido a que al aumentar  $V_{BB}$  para que crezca  $I_B$ , la base queda a una tensión superior a la del colector y momentáneamente queda polarizada en directo la unión base-colector (región de saturación).*

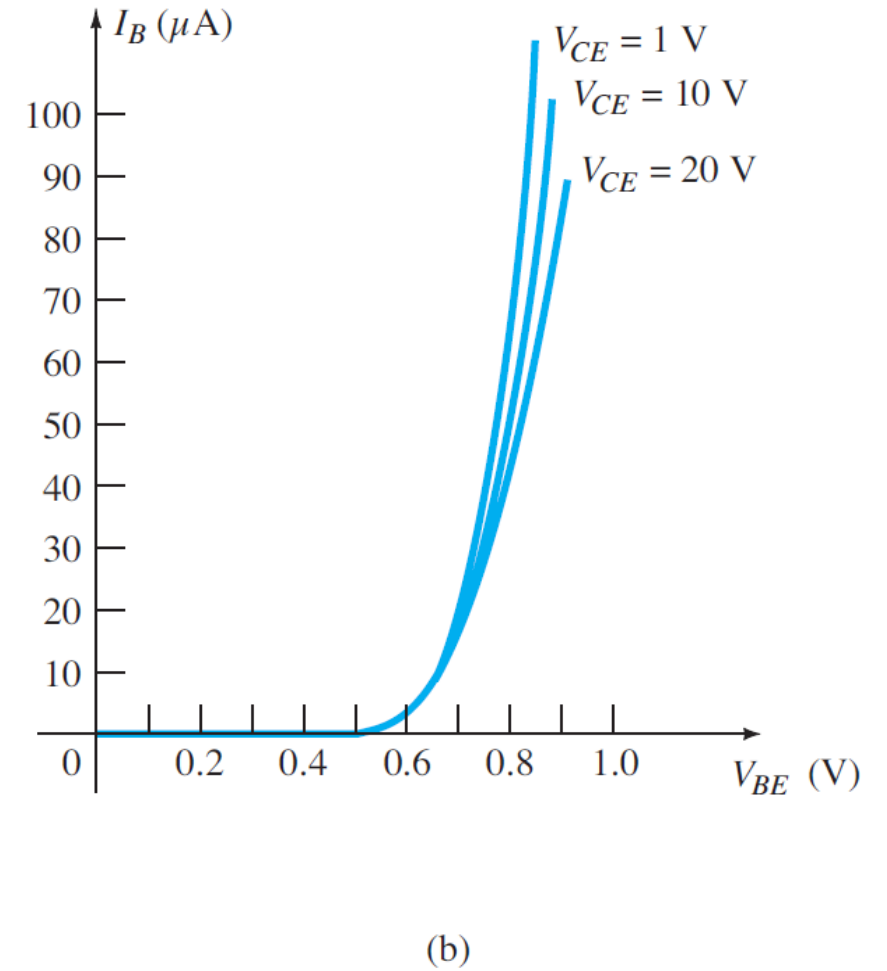
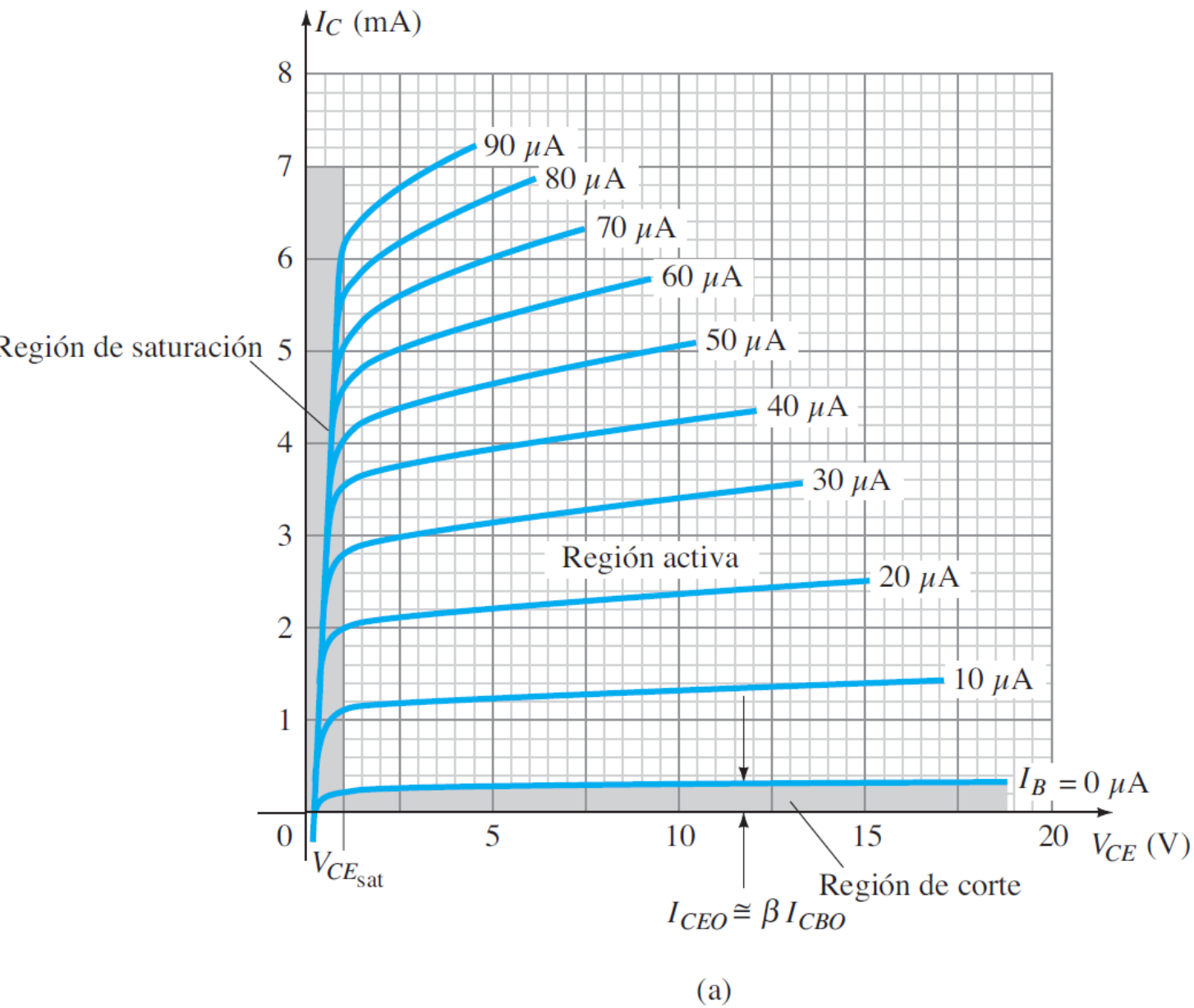
# Curva característica en emisor común.





# Zona de ruptura por avalancha.

- A valores crecientes de  $I_B$  aumentan los valores de  $I_C$  independientemente del valor de  $V_{CE}$ . Se puede apreciar que para valores elevados de  $V_{CE}$  llegamos a la zona de ruptura por avalancha.
- La tensión de ruptura depende de la corriente de base como se puede comprobar.



**FIG. 3.14**

*Características de un transistor de silicio en la configuración en emisor común: (a) características; (b) características de base.*

# Ampliación: Tema 3. Boylestad

- El BJT en Base Común
- El BJT en Colector Común