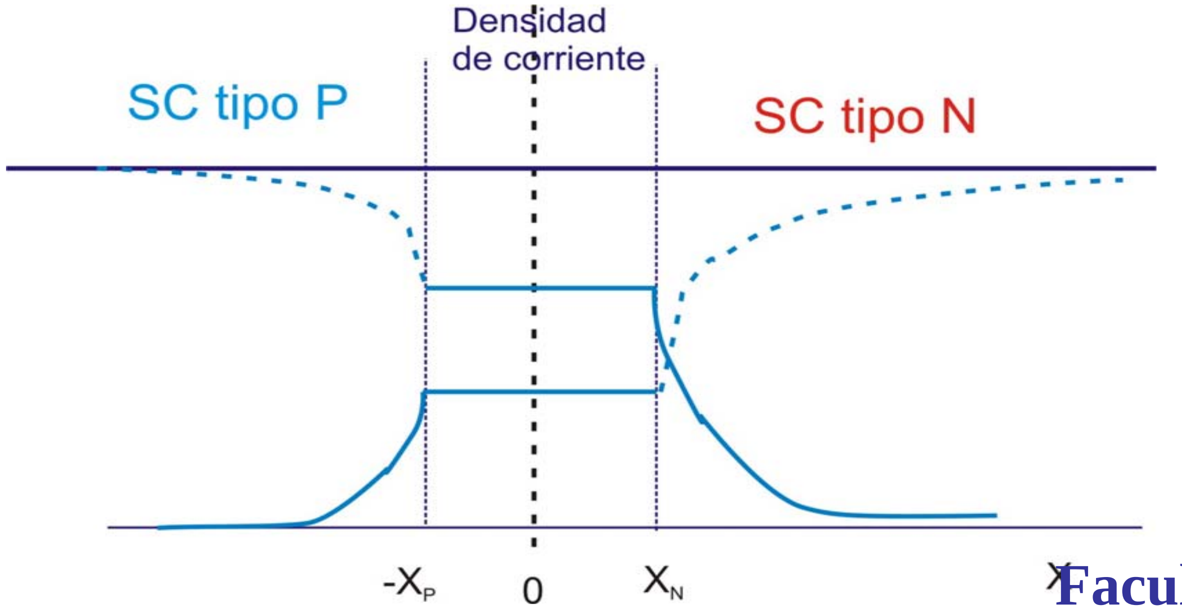
DIODO de JUNTURA P-N

Dr. Andrés Ozols



Facultad de Ingeniería

UBA

2007

LA RELACIÓN CORRIENTE – TENSIÓN IDEAL

Hipótesis del modelo

1. La **juntura es abrupta.** El SC es neutro fuera de la zona de vaciamiento de carga.
2. La **aproximación de estadística de Maxwell Boltzmann** se aplica a los portadores de carga.
3. La aproximación de **baja inyección de carga** es aplicable.
4. La corriente total es constante a través de la juntura.
5. Las **corrientes** individuales de electrones y huecos **son continuas** a través de la juntura.
6. Las **corrientes individuales** de electrones y huecos **son constantes** a través de la zona de vaciamiento.

CONDICIONES de CONTORNO

El potencial de contacto a través de la juntura

$$\Delta\phi_0 \cong \frac{kT}{e}\ln\left(\frac{N_d N_a}{n_i^2}\right)$$

$$\frac{N_d N_a}{n_i^2} \cong e^{\frac{e\Delta\phi_0}{kT}}$$

Para ionización completa de las impurezas

$$n_{N0} \cong N_d$$

$$n_{P0} \cong \frac{n_i^2}{N_a}$$

$$\frac{n_{N0}}{n_{P0}} \cong e^{\frac{e\Delta\phi_0}{kT}}$$

$$n_{P0} \cong n_{N0}e^{-\frac{e\Delta\phi_0}{kT}}$$

CONDICIONES de CONTORNO

La **aplicación de una polarización positiva** (directa) a la zona P respecto a la N

la reducción de la barrera de potencial $e(\Delta\phi_0 - V)$

la concentración de portadores minoriarios (del lado P) crece en:

$$n_P \cong n_{N0} e^{-\frac{e(\Delta\phi_0 - V)}{kT}} = n_{N0} e^{-\frac{e\Delta\phi_0}{kT}} e^{\frac{eV}{kT}}$$

Donde la concentración del portador mayoritario (lado N) casi no cambia.

Es decir la **concentración total de electrones del lado P**

$$n_P \cong n_{P0} e^{\frac{eV}{kT}}$$

CONDICIONES de CONTORNO

La **aplicación de una polarización positiva** → **Juntura juera del equilibrio**

La mayor parte de los electrones de la zona N son inyectados a la **P,**

subiendo la concentración de minoritatios es este lado

Produce un exceso de minoritarios es este lado

Es sometido a procesos de difusión y recombinación

La situación es análoga para los portadores minoritarios del lado N, es decir

$$p_N \cong p_{N0} e^{\frac{eV}{kT}}$$

DISTRIBUCIÓN DE PORTADORES MINORITARIOS

El cálculo de los excesos de los portadores se hace a partir de la ecuación ambipolar.

LADO N: exceso de huecos

$$D_p \frac{\partial^2 (\delta p_N)}{\partial x^2} + \mu_p E \frac{\partial (\delta p_N)}{\partial x} + g' - \frac{\delta p_N}{\tau_{po}} = \frac{\partial (\delta p_N)}{\partial t}$$

Situación estacionaria de campo aplicado E y generación de excesos nulos

$$D_n \frac{\partial^2 (\delta p_N)}{\partial x^2} - \frac{\delta p_N}{\tau_n} = 0 \qquad X > X_N$$

$$\frac{\partial^2 (\delta p_N)}{\partial x^2} - \frac{\delta p_N}{L_p^2} = 0 \qquad X > X_N$$

Longitud de difusión $\quad L_p^2 = \sqrt{D_p \tau_{p0}}$

DISTRIBUCIÓN DE PORTADORES MINORITARIOS

LADO P: exceso de electrones

$$\frac{\partial^2 (\delta n_P)}{\partial x^2} - \frac{\delta n_P}{L_n^2} = 0$$

X <- X_P

Longitud de difusión $L_n^2 = \sqrt{D_n \tau_{n0}}$

LADO N: exceso de huecos

$$\frac{\partial^2 (\delta p_N)}{\partial x^2} - \frac{\delta p_N}{L_p^2} = 0$$

X > X_N

Longitud de difusión $L_p^2 = \sqrt{D_p \tau_{p0}}$

Condiciones de contorno

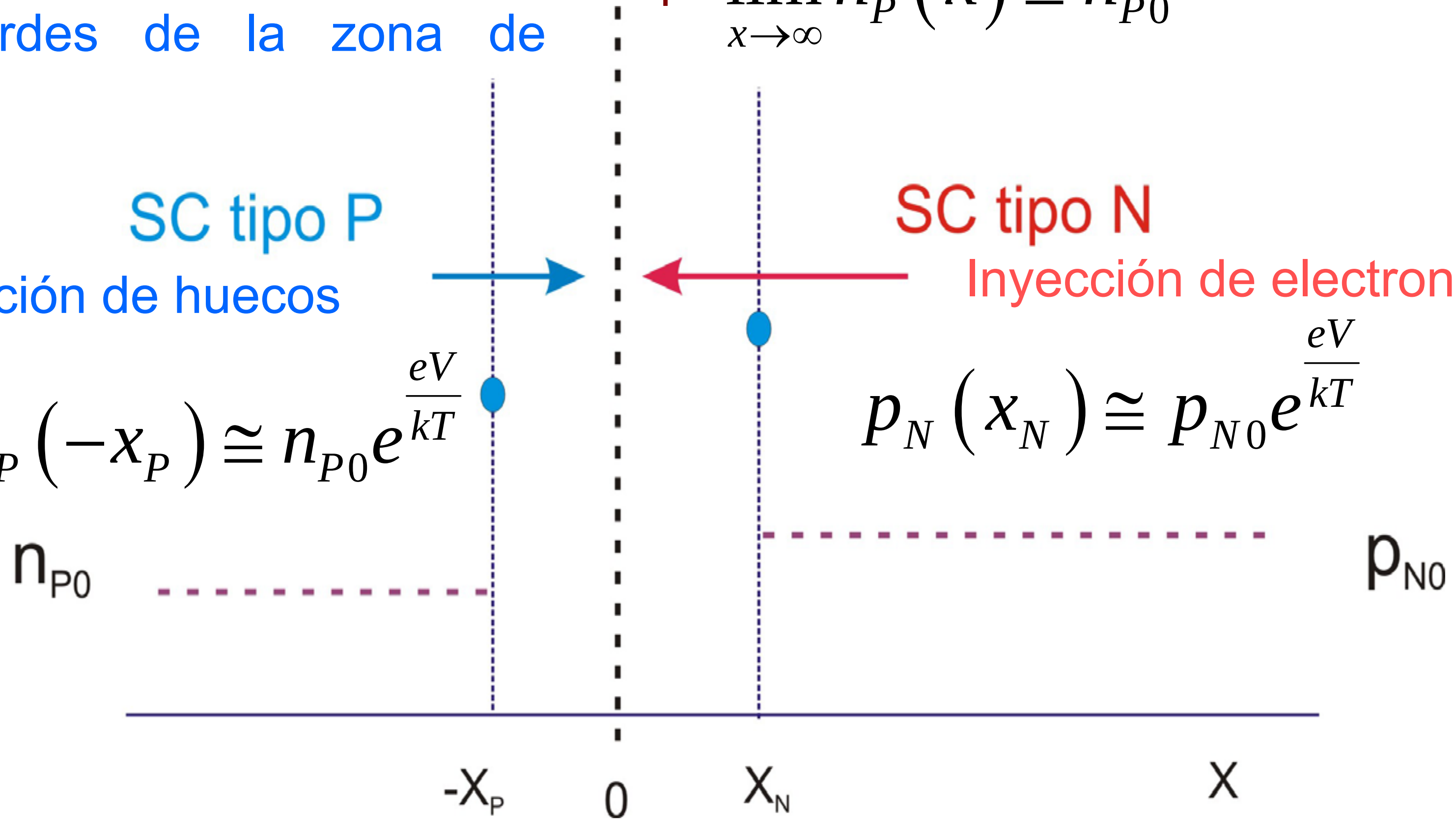
Las condiciones de contorno sobre los portadores minoritarios fueron obtenidas antes

Lejos de la zona de vaciamiento

$$\lim_{x\to\infty} p_N(x) \cong p_{N0}$$

$$\lim_{x\to\infty} n_P(x) \cong n_{P0}$$

En los bordes de la zona de vaciamiento



$$n_P(-x_P) \cong n_{P0} e^{\frac{eV}{kT}}$$

$$p_N(x_N) \cong p_{N0} e^{\frac{eV}{kT}}$$

DISTRIBUCIÓN DE PORTADORES MINORITARIOS

Las soluciones de las ecuaciones ambipolares en cada región serán:

$$\delta p_N(x) \cong p_{N0}(x) - p_{N0} = Ae^{x/L_P} + Be^{-x/L_P} \qquad X \geq X_N$$

$$\delta n_P(x) \cong n_{P0}(x) - n_{P0} = Ce^{x/L_n} + De^{-x/L_n} \qquad X \leq -X_P$$

Aplicando las condiciones de contorno A y D deben anularse y

$$\delta p_N(x_N) \cong p_{N0}e^{eV/kT} - p_{N0} = Be^{-x_N/L_P}$$

$$\delta n_P(-x_P) \cong n_{P0}e^{eV/kT} - n_{P0} = De^{x_P/L_n}$$

$$\Rightarrow$$

$$B = p_{N0}e^{x_N/L_P}\left(e^{eV/kT} - 1\right)$$

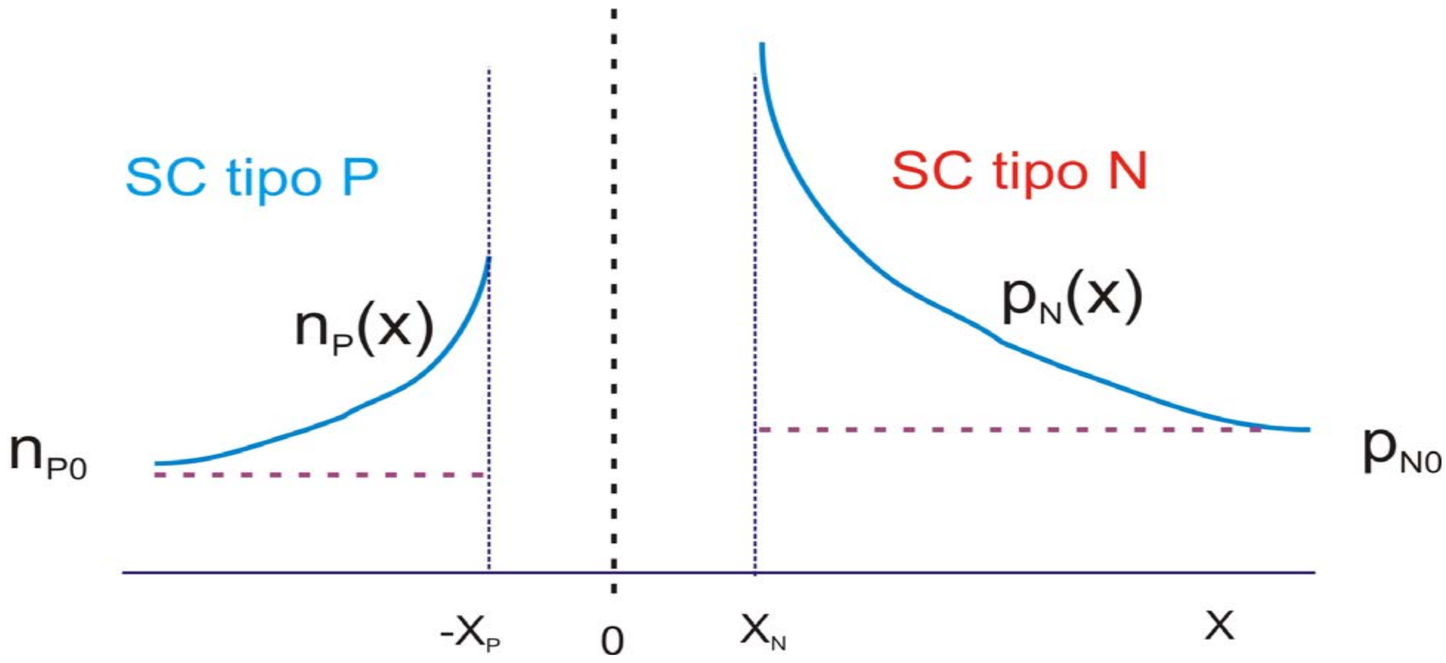
$$D = n_{P0}e^{-x_n/L_n}\left(e^{eV/kT} - 1\right)$$

DISTRIBUCIÓN DE PORTADORES MINORITARIOS

Las concentraciones de los excesos resultan que decaen con la distancia a la juntura

$$\delta p_N(x) \cong p_{N0}(x) - p_{N0} = p_{N0}\left(e^{eV/kT} - 1\right) e^{(x_N - x)/L_P} \qquad X \geq X_N$$

$$\delta n_P(x) \cong n_{P0}(x) - n_{P0} = n_{P0}\left(e^{eV/kT} - 1\right) e^{(x_P + x)/L_n} \qquad X \leq -X_P$$



CORRIENTE de LA JUNTURA IDEAL

La corriente de difusión de los portadores minoritarios en $x = x_N$

$$J_p(x_N) = -eD_p \left.\frac{dp_N(x)}{dx}\right|_{x=x_N}$$

Si el SC tiene dopaje uniforme

$$J_p(x_N) = -eD_p \left.\frac{d\delta p_N(x)}{dx}\right|_{x=x_N} = -eD_p p_{N0}\left(e^{eV/kT}-1\right)\left.\frac{d\left(e^{(x_N-x)/L_P}\right)}{dx}\right|_{x=x_N}$$

$$J_p(x_N) = \frac{eD_p p_{N0}}{L_P}\left(e^{eV/kT}-1\right)$$

CORRIENTE de LA JUNTURA IDEAL

La corriente de difusión de los portadores minoritarios en $x = -x_P$

$$J_n(-x_P) = -eD_n \left.\frac{dn_P(x)}{dx}\right|_{x=-x_P}$$

$$J_n(-x_P) = -eD_p \left.\frac{d\delta n_P(x)}{dx}\right|_{x=-x_P} = -eD_n n_{P0}\left(e^{eV/kT}-1\right)\left.\frac{d\left(e^{(x_P+x)/L_n}\right)}{dx}\right|_{x=-x_P}$$

$$J_n(-x_P) = \frac{eD_n n_{P0}}{L_n}\left(e^{eV/kT}-1\right)$$

CORRIENTE de LA JUNTURA IDEAL

La corriente de difusión total en la juntura es

$$J_p(x_N) = \frac{eD_p p_{N0}}{L_P}\left(e^{eV/kT} - 1\right)$$

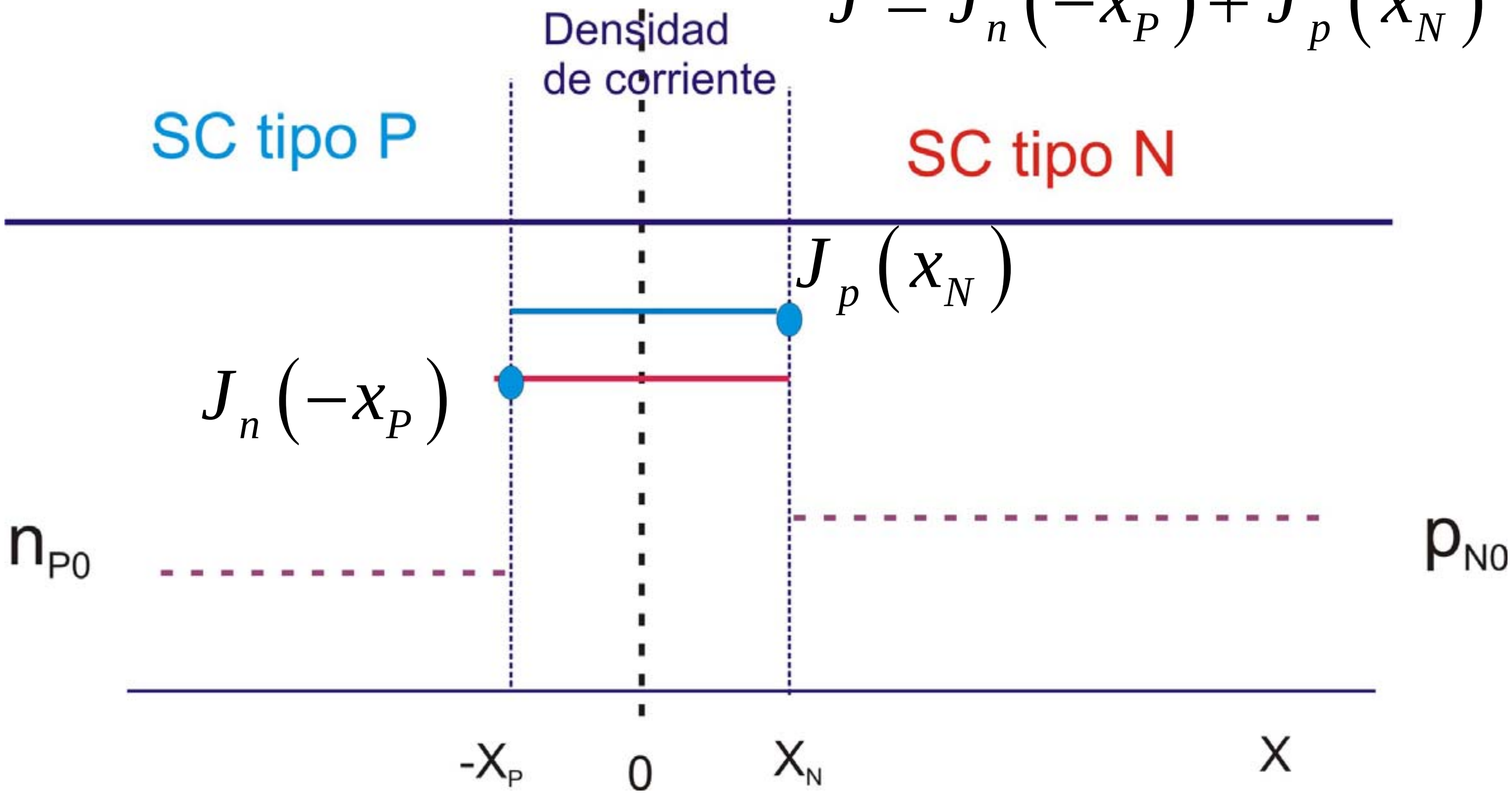
$$J_n(-x_P) = \frac{eD_n n_{P0}}{L_n}\left(e^{eV/kT} - 1\right)$$

$$J = J_n(-x_P) + J_p(x_N)$$

$$J = \frac{eD_n n_{P0}}{L_n}\left(e^{eV/kT} - 1\right) + \frac{eD_p p_{N0}}{L_P}\left(e^{eV/kT} - 1\right)$$

CORRIENTE de LA JUNTURA IDEAL

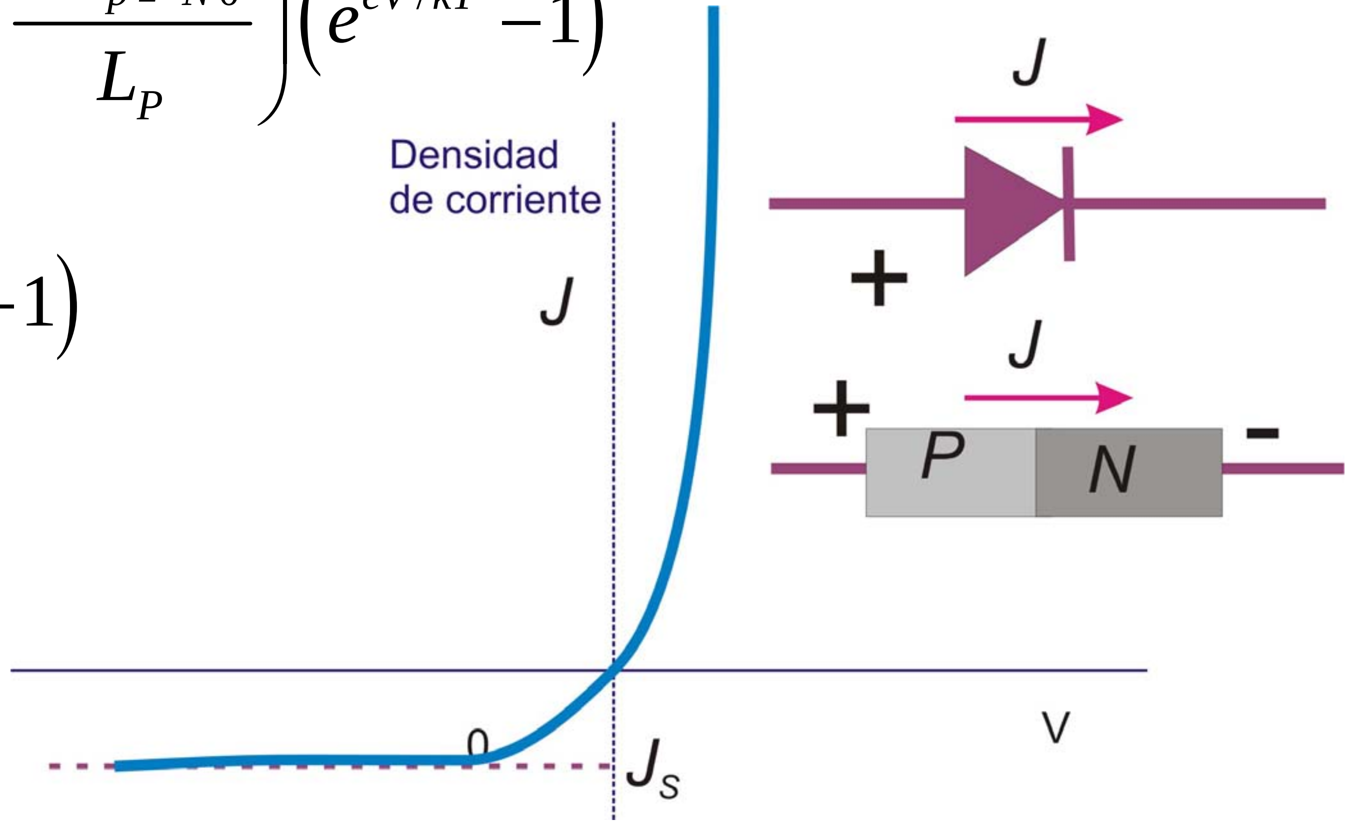
$$J = J_n\left(-x_P\right) + J_p\left(x_N\right)$$



CORRIENTE de LA JUNTURA IDEAL

$$J = \left(\frac{eD_n n_{P0}}{L_n} + \frac{eD_p p_{N0}}{L_P} \right) \left(e^{eV/kT} - 1 \right)$$

$$J = J_0 \left(e^{eV/kT} - 1 \right)$$



$$J_0 = \frac{eD_n n_{P0}}{L_n} + \frac{eD_p p_{N0}}{L_P}$$

CORRIENTE de LA JUNTURA IDEAL

$$J = J_n(-x_P) + J_p(x_N)$$