

# DIODOS

ING. RAUL ROJAS REATEGUI

# Semiconductores

Son materiales que poseen un nivel de conductividad sobre algún punto entre los extremos de un aislante y un conductor.

COBRE:  $\rho = 10^{-6}\Omega\text{-cm}$

MICA:  $\rho = 10^{12}\Omega\text{-cm}$

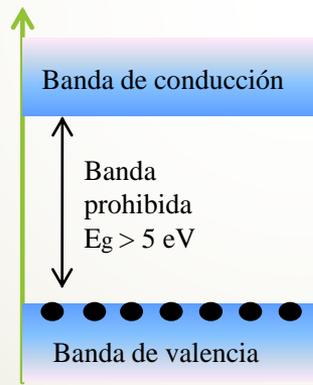
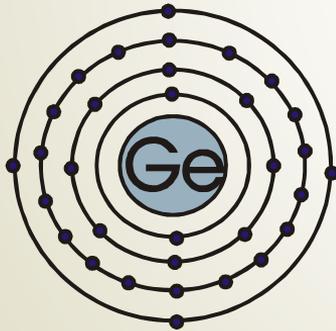
SILICIO:  $\rho = 50 \times 10^3\Omega\text{-cm}$

GERMANIO:  $\rho = 50 \Omega\text{-cm}$

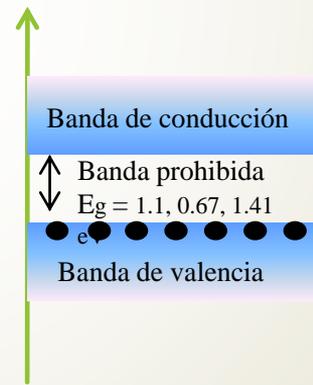
- ❖ Alto nivel de pureza
- ❖ Existen en grandes cantidades en la naturaleza.
- ❖ Cambia sus características de conductores a aislante por medio de procesos de dopado o aplicación de luz o calor.

- ❖ **MATERIALES SEMICONDUCTORES (GERMANIO Y SILICIO)**
- ❖ Estructura atómica: Red cristalina
- ❖ Electrones de valencia: 4

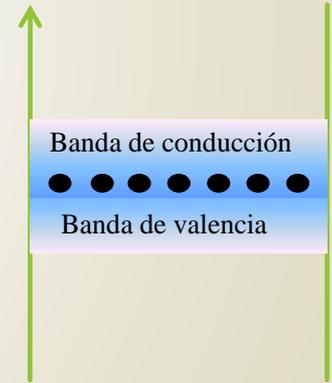
**NIVELES DE ENERGÍA** : Mientras más distante se encuentre el electrón del núcleo mayor es el estado de energía, y cualquier electrón que haya dejado su átomo, tiene un estado de energía mayor que cualquier electrón en la estructura atómica.



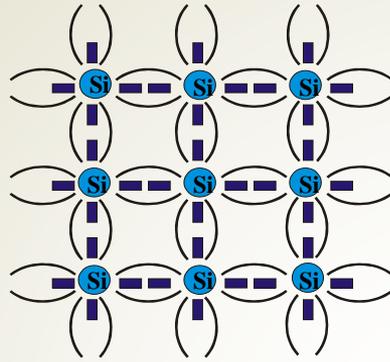
Aislante



Semiconductor

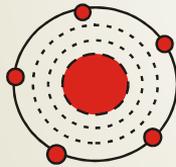


Conductor

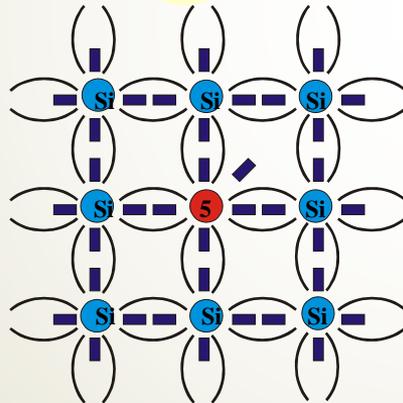


Material Intrinseco

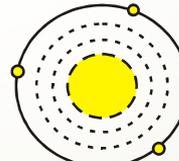
Materiales extrinsecos



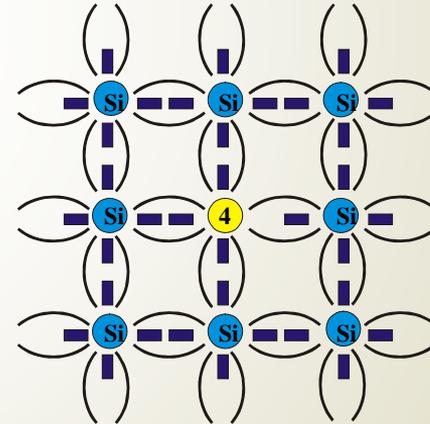
Antimoni  
o  
Arsénico  
Fósforo



**TIPO n**



Boro  
Galio  
Indio



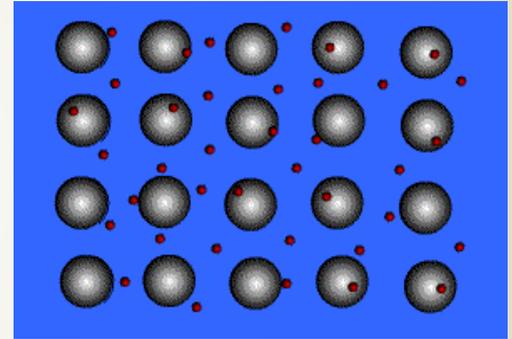
**TIPO p**

# Enlace metálico

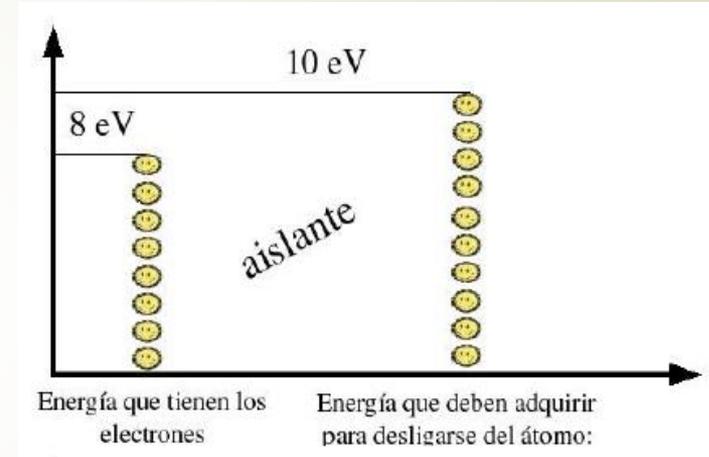
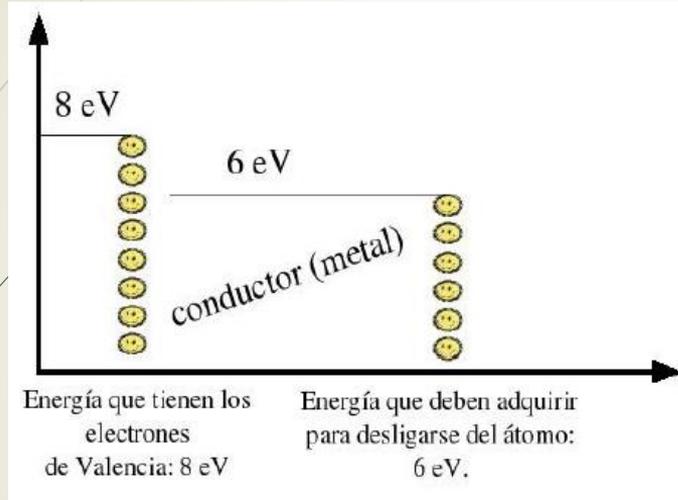
Átomos con muchos electrones, pero en su última capa (capa de valencia) posee muy pocos.

Electrones muy lejos del núcleo muy poco atraídos por los protones.

Facilidad de los electrones para “escapar” e irse a otro átomo.

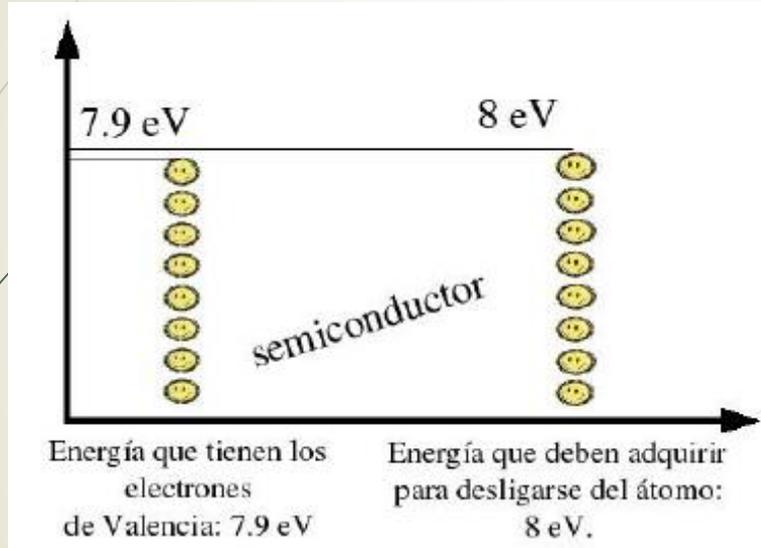


# Aislante – Conductor



En un metal conductor los electrones de valencia tienen más energía de la que necesitan para desligarse del átomo, mientras que en los materiales aislantes ocurre lo contrario.

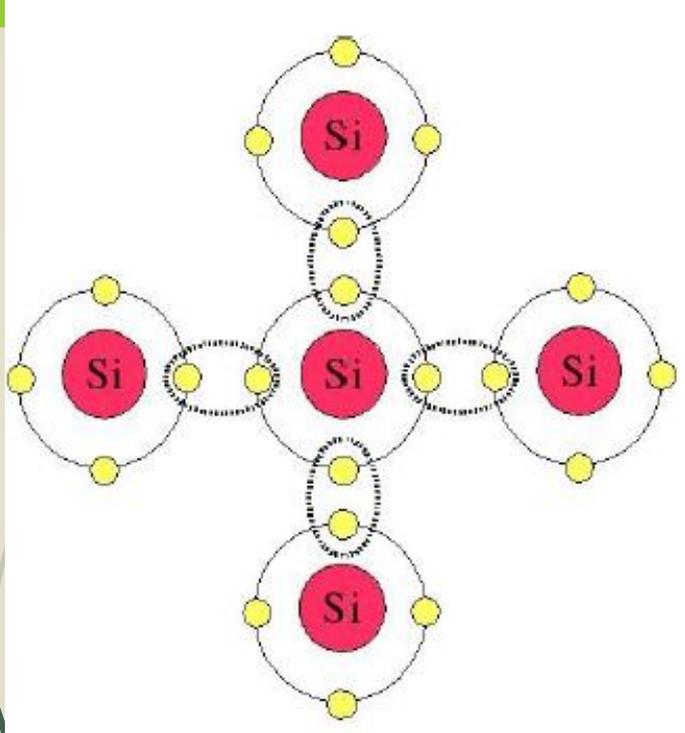
# Semiconductor



Los electrones tienen una energía de valencia muy parecida a la energía de conducción.

Así que si los electrones pueden ganar algo de energía que venga del exterior, pueden sobrepasar la energía de conducción y marcharse del átomo.

# Silicio

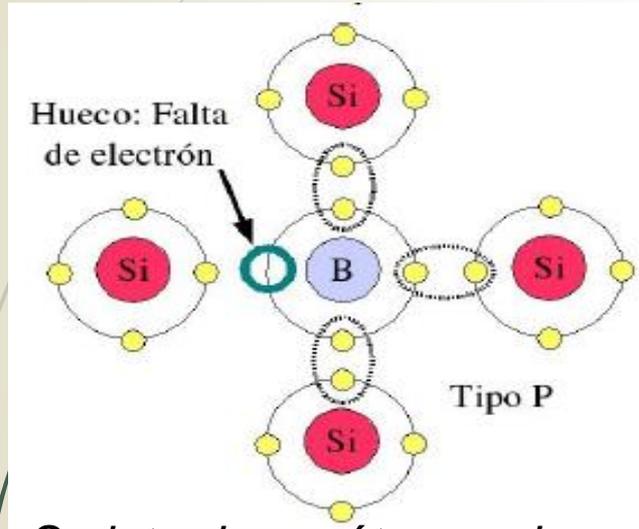


Si uno de los electrones, por efecto de la temperatura u otras causas, abandona su lugar otro de otro lugar puede saltar al hueco i producir el movimiento en cadena de electrones.

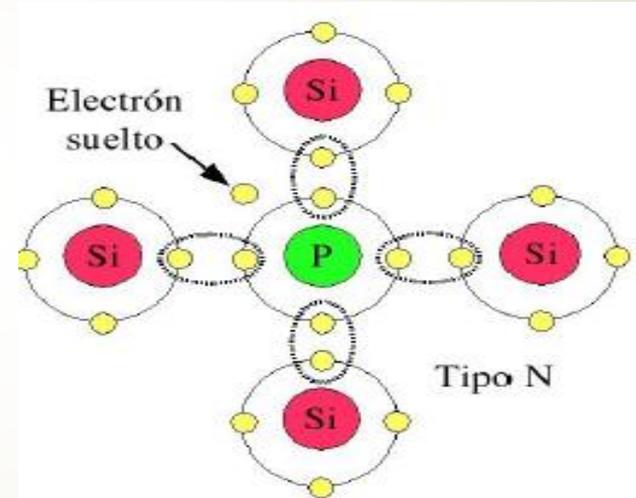
Un material semiconductor hecho sólo de un solo tipo de átomo, se denomina ***intrínseco***

# Semiconductor extrínseco

Se provoca un exceso de electrones o un exceso de huecos introduciendo nuevos átomos de otros elementos (*dopaje*).



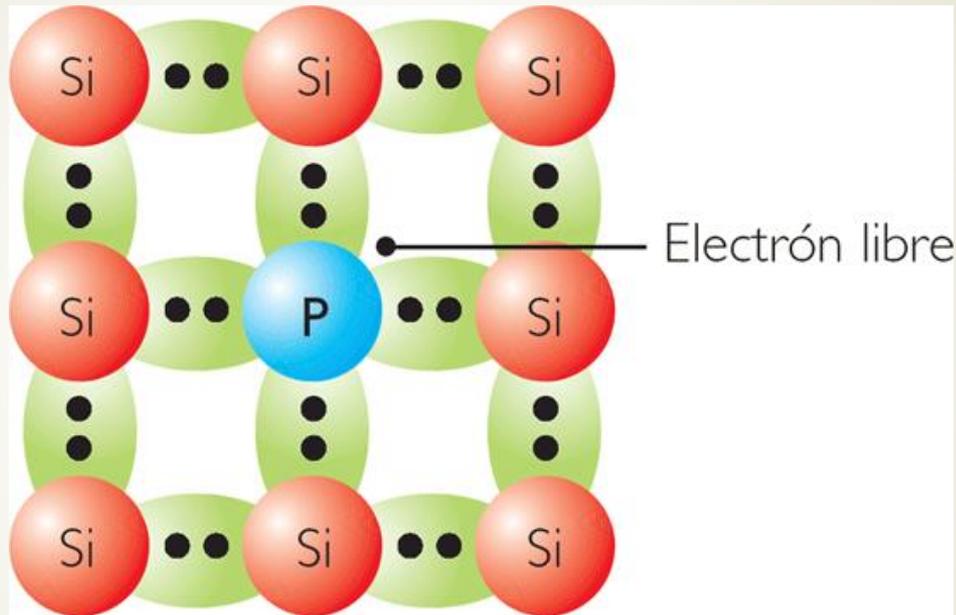
Se introducen átomos de Boro ( B ), Galio ( Ga ) o Indio ( In ).



En ellos introduzco átomos de Fósforo ( P ), Arsénico ( As ) o Antimonio ( Sb ).

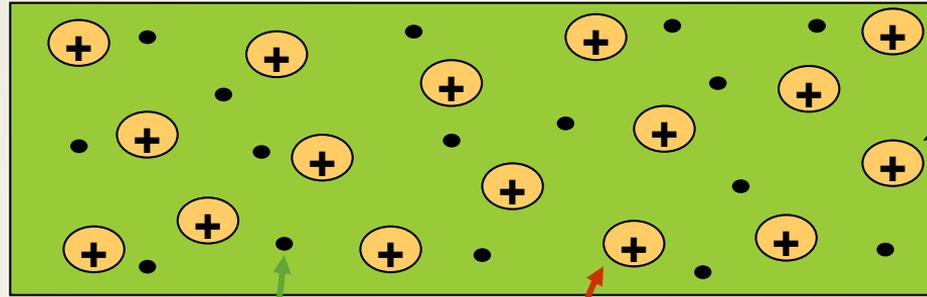


a. **Semiconductor Tipo N:** En este caso se contamina el material con átomos de valencia 5, como son Fósforo (P), Arsénico (As) o Antimonio (Sb). Al introducirlos, fuerza al quinto electrón de este átomo a vagar por el material semiconductor, pues no encuentra un lugar estable en el que situarse. Al conjunto de estos electrones se les llama electrones mayoritarios.



# Introducción a la física de estado sólido: semiconductores

Semiconductor extrínseco: **TIPO N**



Impurezas grupo V

300°K

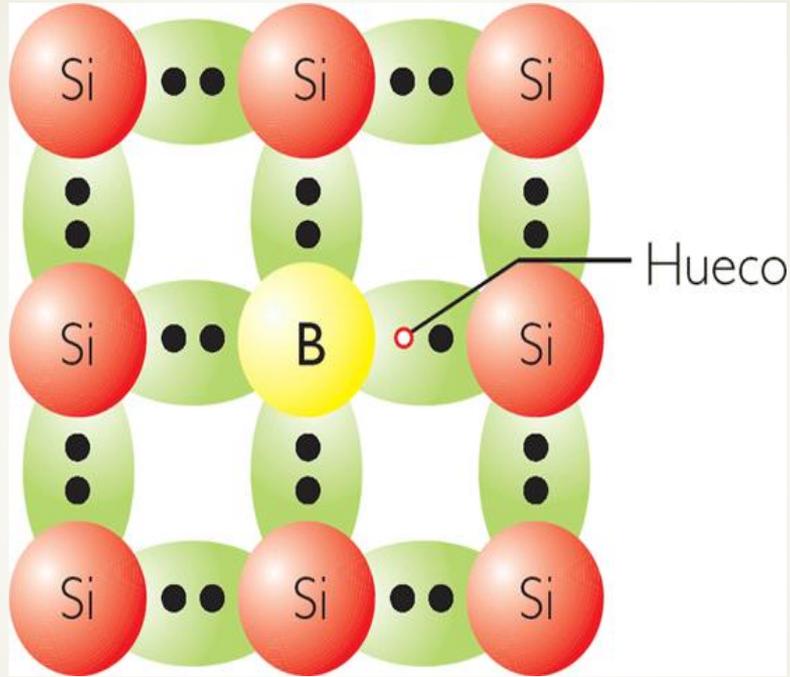
Electrones libres

Átomos de impurezas ionizados

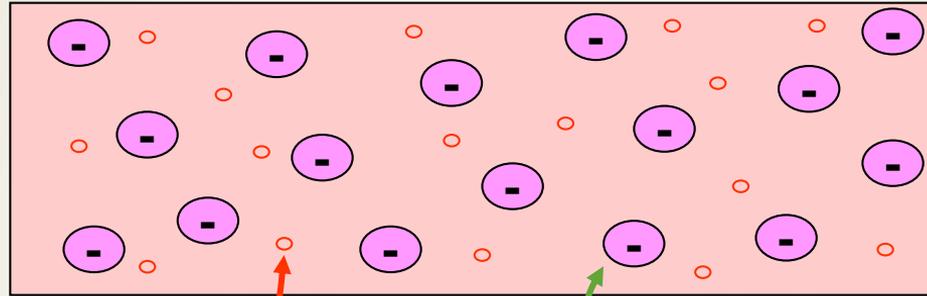
**Los portadores de carga en un semiconductor tipo N son electrones libres**



**b. Semiconductor Tipo P:** En este caso se contamina el material semiconductor con átomos de valencia 3, como son Boro (B), Galio (Ga) o indio (In). Si se introduce este átomo en el material, queda un hueco donde debería ir un electrón. Este hueco se mueve fácilmente por la estructura como si fuese un portador de carga positiva. En este caso, los huecos son portadores mayoritarios.



## Semiconductor extrínseco: TIPO P



Huecos libres

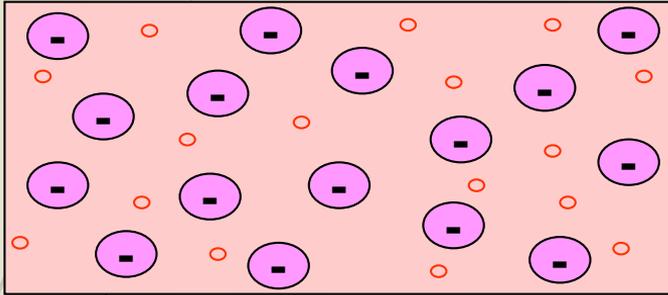
Átomos de impurezas ionizados

300°K

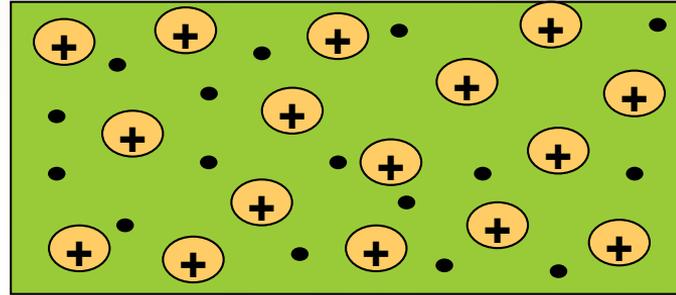
**Los portadores de carga en un semiconductor tipo P son huecos.  
*Actúan como portadores de carga positiva.***

## La unión P-N

La unión P-N en equilibrio



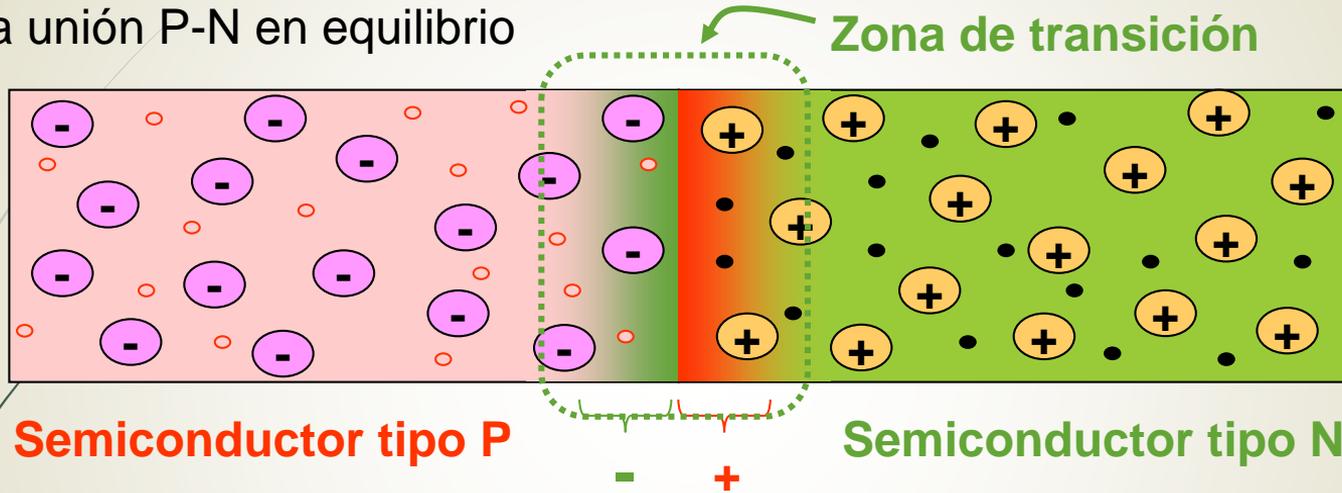
**Semiconductor tipo P**



**Semiconductor tipo N**

# La unión P-N

La unión P-N en equilibrio



Al unir un semiconductor tipo P con uno de tipo N aparece una zona de carga espacial denominada 'zona de transición'. Que actúa como una barrera para el paso de los portadores mayoritarios de cada zona.

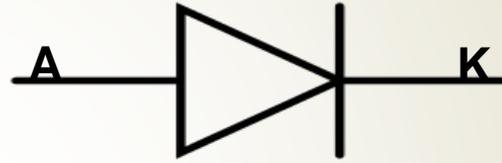
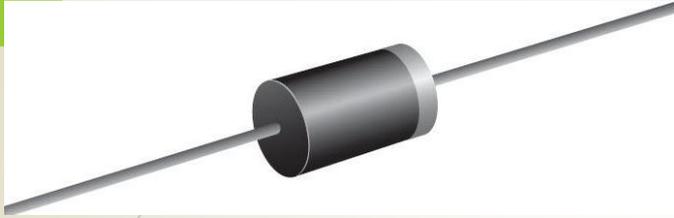


El Arseniuro de Galio (GaAs), es semiconductor inicialmente diseñado para el uso militar y aeroespacial, hoy en día está siendo utilizado en productos comerciales. Posee una movilidad de los electrones mayor que en el silicio o el germanio, y la de los huecos es similar a los del silicio.

Para añadirle impurezas tipo p se utilizan materiales como el zinc, el cadmio o el cobre. Para añadir impurezas tipo n se utilizan materiales donadores como el azufre, el selenio, el telurio, etc.

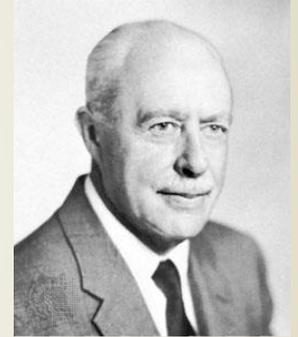
# DIODO

- ❖ Los diodos pn son uniones de dos materiales semiconductores extrínsecos tipos p y n, por lo que también reciben la denominación de unión pn.
- ❖ Al extremo p, se le denomina ánodo, representándose por la letra A, mientras que la zona n, el cátodo, se representa por la letra C (o K).



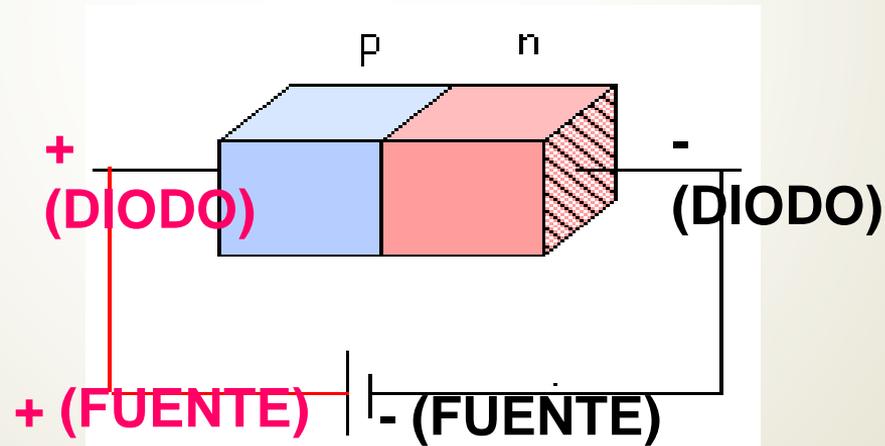


En 1947 William Shockley, investigador de los Laboratorios Bell, Walter Brattain y John Barden, desarrollaron el primer dispositivo semiconductor de germanio (Ge), al que denominaron “transistor” y que se convertiría en la base del desarrollo de la electrónica moderna.



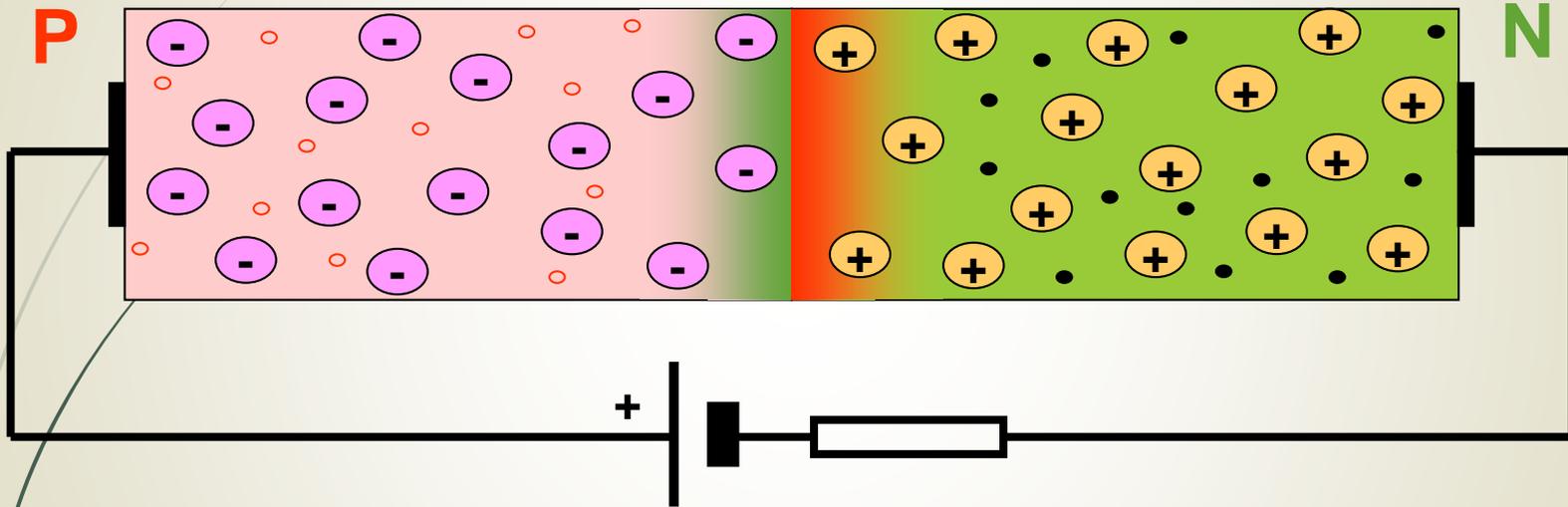
## 3.- POLARIZACION DEL DIODO

**3.1.- POLARIZACION DIRECTA:** Se produce Cuando hacemos coincidir la polaridad del diodo con la de la fuente de voltaje.



## La unión P-N

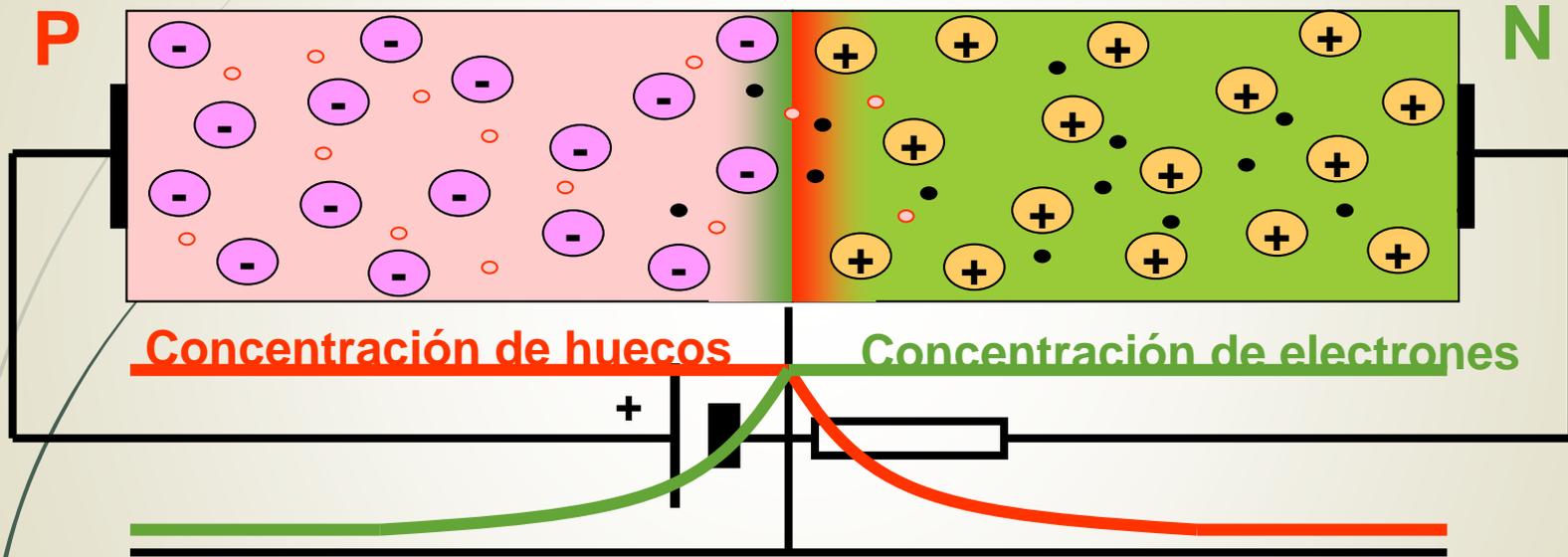
La unión P-N polarizada en directa



**La zona de transición se hace más pequeña. La corriente comienza a circular a partir de un cierto umbral de tensión directa.**

## La unión P-N

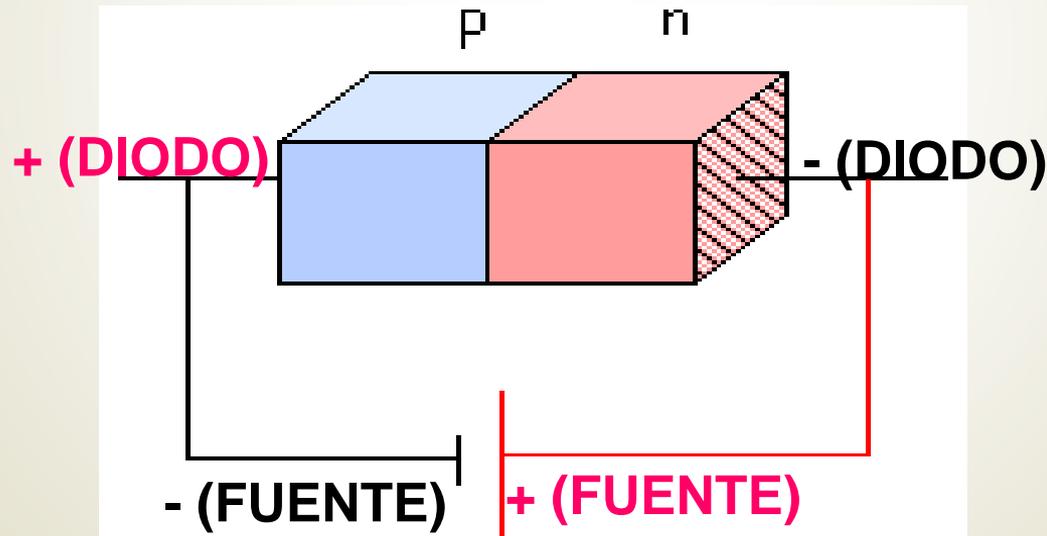
La unión P-N polarizada en directa



La recombinación electrón-hueco hace que la concentración de electrones en la zona P disminuya al alejarse de la unión.

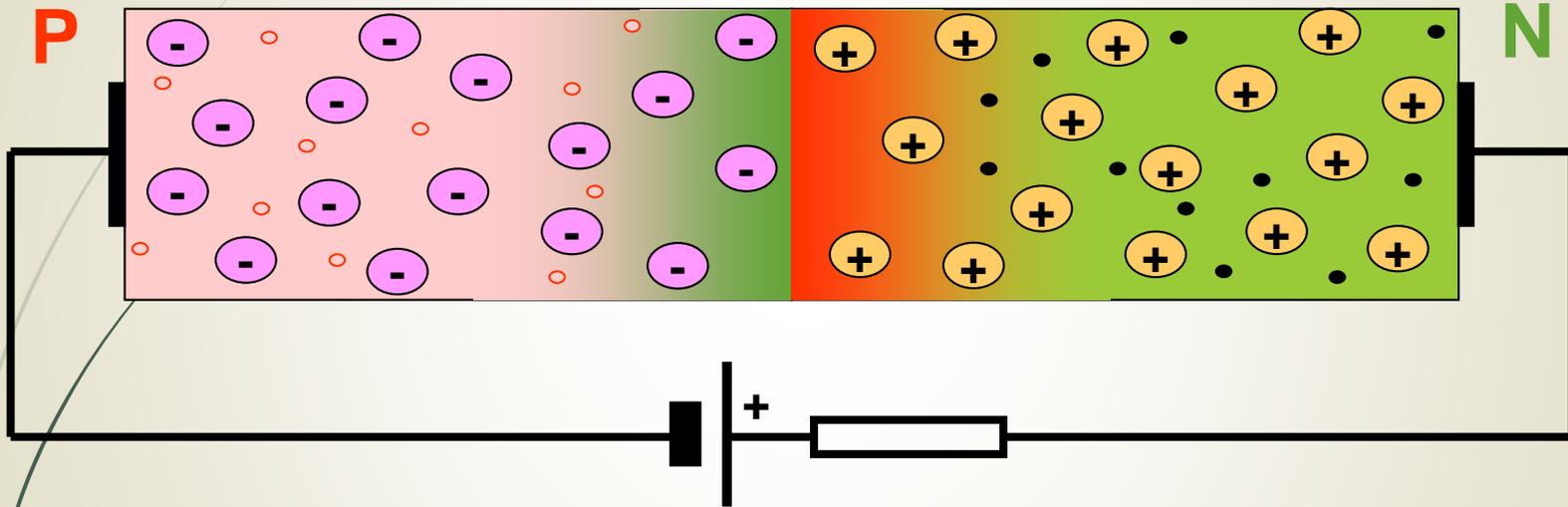
## 3.2.- POLARIZACION INVERSA

Se produce cuando hacemos la polaridad del diodo con la de la fuente de voltaje, se encuentra conectadas con la polaridad opuesta.



## La unión P-N

La unión P-N polarizada inversamente

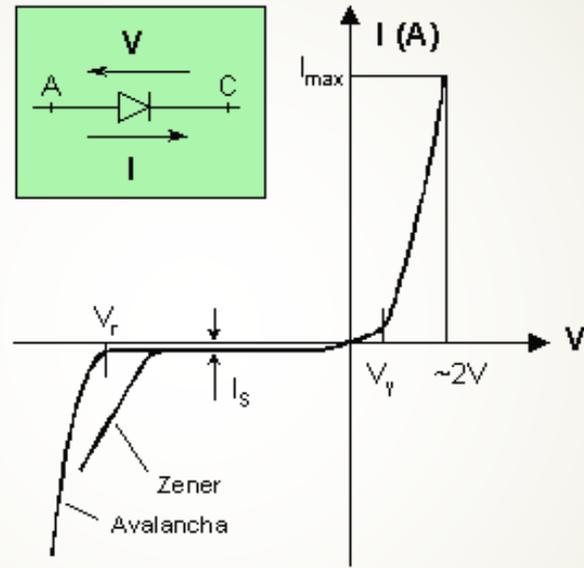
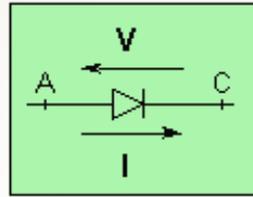


**La zona de transición se hace más grande. Con polarización inversa no hay circulación de corriente.**

# CARACTERÍSTICA DEL DIODO

a. **Tensión umbral, de codo o de partida ( $V_f$ ):** También llamada barrera de potencial de polarización directa coincide en valor con la tensión de la zona de carga espacial del diodo no polarizado.

Al polarizar directamente el diodo, se incrementa la corriente alrededor del 1% de la nominal. Sin embargo, cuando la tensión externa supera la tensión umbral, la barrera de potencial desaparece, de forma que para pequeños incrementos de tensión se producen grandes variaciones de la intensidad.





**b. Corriente máxima ( $I_{\max}$ ):** Es la intensidad de corriente máxima que puede conducir el diodo sin fundirse por el efecto Joule. Dado que es función de la cantidad de calor que puede disipar el diodo, depende sobre todo del diseño del mismo.

**c. Corriente inversa de saturación ( $I_s$ ):** Es la pequeña corriente que se establece al polarizar inversamente el diodo por la formación de pares electrón-hueco debido a la temperatura, admitiéndose que se duplica por cada incremento de  $10^\circ$  en la temperatura.

- 
- e. **Corriente superficial de fugas:** Es la pequeña corriente que circula por la superficie del diodo (ver polarización inversa), esta corriente es función de la tensión aplicada al diodo, con lo que al aumentar la tensión, aumenta la corriente superficial de fugas.
  
  - f. **Tensión de ruptura ( $V_r$ ):** Es la tensión inversa máxima que el diodo puede soportar antes de darse el efecto avalancha.

**g. Modelo matemático:** El modelo matemático más empleado es el de Shockley (en honor a William Bradford Shockley) que permite aproximar el comportamiento del diodo en la mayoría de las aplicaciones. La ecuación que liga la intensidad de corriente y la diferencia de potencial es:

$$I = I_S \left( e^{\frac{qV_D}{nkT}} - 1 \right)$$

- ✓  $I$  es la intensidad de la corriente que atraviesa el diodo y  $V_D$  la diferencia de tensión entre sus extremos.
- ✓  $I_S$  es la corriente de saturación
- ✓  $q$  es la carga del electrón
- ✓  $T$  es la temperatura absoluta de la unión
- ✓  $k$  es la constante de Boltzmann
- ✓  $n$  es el coeficiente de emisión, dependiente del proceso de fabricación del diodo y que suele adoptar valores entre 1 (para el germanio) y del orden de 2 (para el silicio).
- ✓ El término  $V_T = kT/q = T/11600$  es la tensión debida a la temperatura, del orden de 26 mV a temperatura ambiente (300 K ó 27 °C).

# TIPOS DE DIODOS

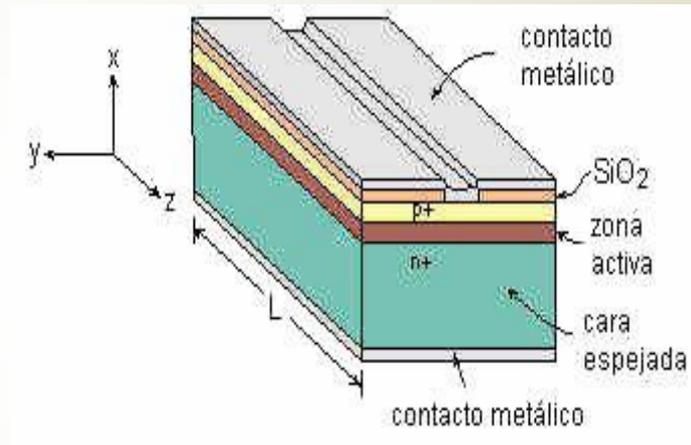
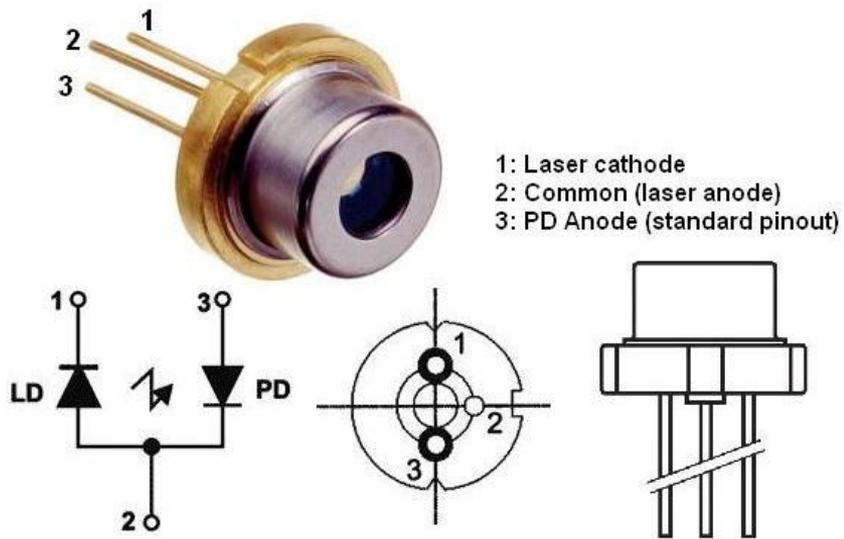
## DIODOS LASER

El diodo láser es un dispositivo semiconductor similar a los diodos LED pero que bajo las condiciones adecuadas emite luz láser. A veces se los denomina diodos láser de inyección, o por sus siglas inglesas LD o ILD.



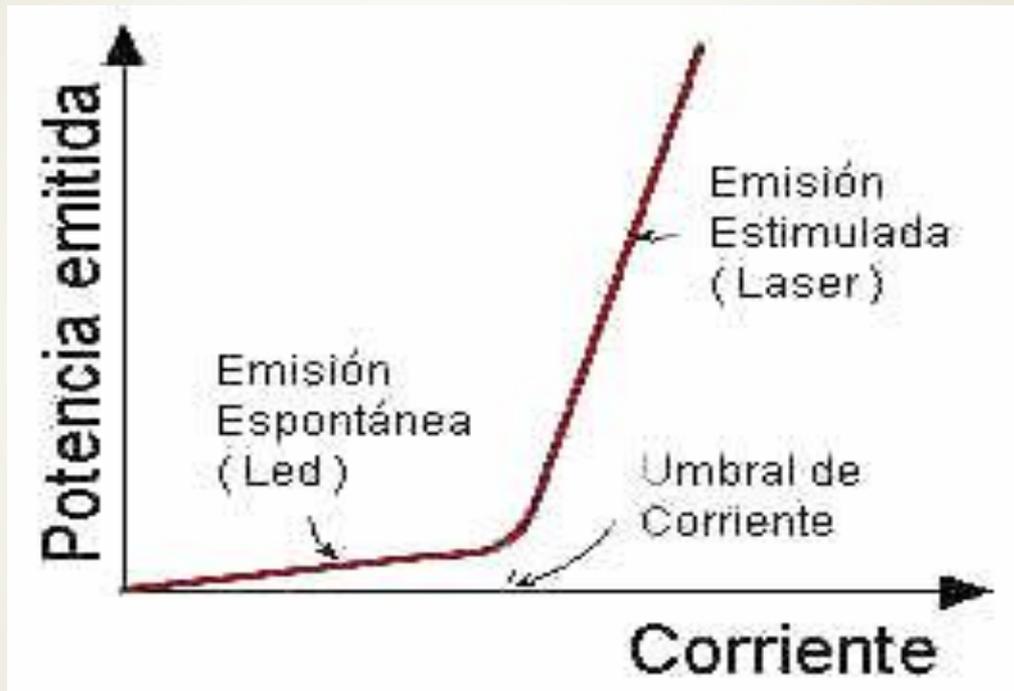
**Construcción del diodo Laser:** Las capas de los semiconductores están dispuestas de modo que se crea una región activa en la unión p-n, y en la que aparecen fotones como consecuencia del proceso de recombinación.

Una capa metálica superpuesta a las caras superior e inferior permite aplicar un voltaje externo al láser. Las caras del semiconductor cristalino están cortadas de forma que se comportan como espejos de la cavidad óptica resonante.



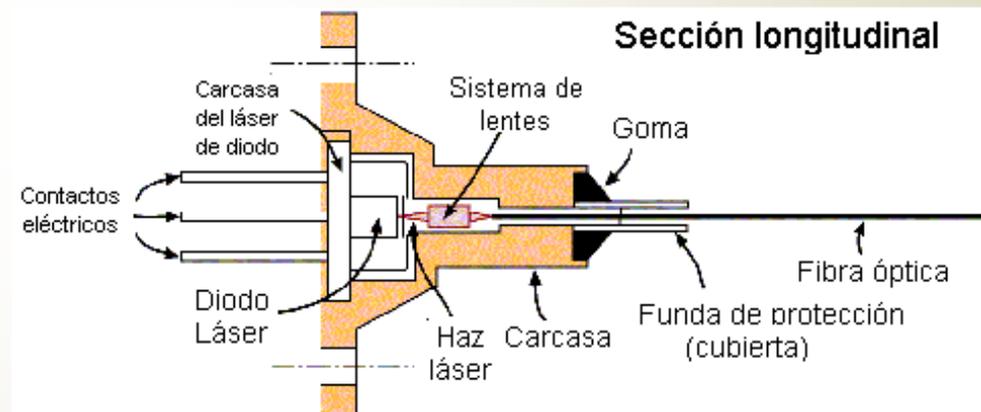
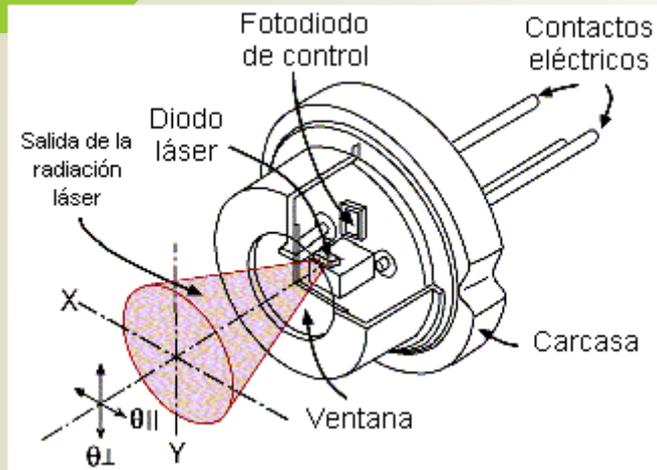
**Curva característica:** Si la condición requerida para la acción láser de inversión de población no existe, los fotones serán emitidos por emisión espontánea. Los fotones serán emitidos aleatoriamente en todas las direcciones, siendo ésta la base de los LED - diodo emisor de luz.

La inversión de población sólo se consigue con un bombeo externo. Aumentando la intensidad de la corriente aplicada a la unión p-n, se alcanza el umbral de corriente necesario para conseguir la inversión de población



**Estructura:** Hoy en día una estructura habitual es una tira estrecha de la capa activa (Stripe Geometry - Geometría en tiras), confinada por todos los lados (tanto por los lados como por arriba y abajo) con otro material.

Esta familia de láseres se denomina Index Guided Lasers - Láseres orientados al índice. Se requieren monturas especiales para los láseres de diodo, debido a su tamaño miniaturizado, para poder ser operativos y cómodos.

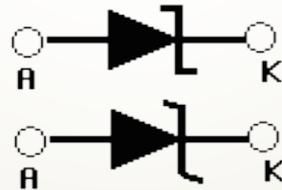
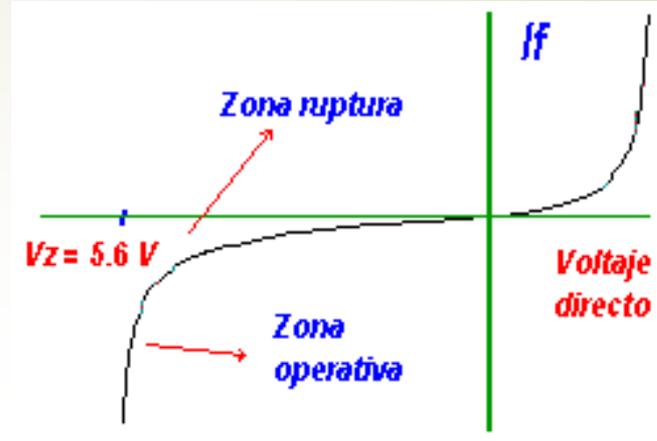
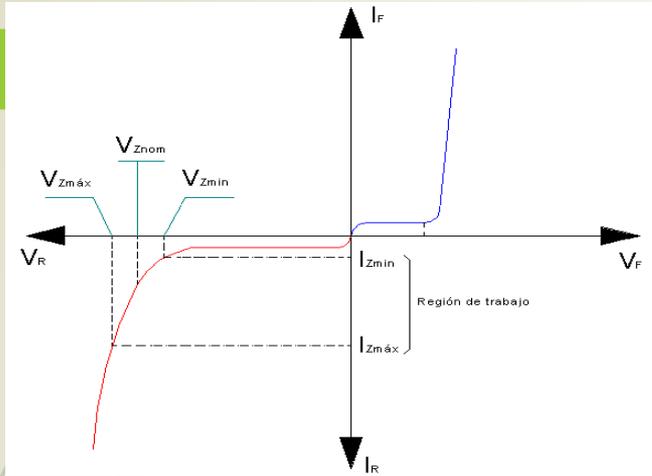


## DIODO ZENER:

También llamado diodo de avalancha, es un diodo de silicio que se ha construido para que funcione en las zonas de rupturas. Se emplean para producir entre sus extremos una tensión constante e independiente de la corriente que las atraviesa según sus especificaciones. Para conseguir esto se aprovecha la propiedad que tiene la unión PN cuando se polariza inversamente al llegar a la tensión de ruptura (tensión de Zener), pues la intensidad inversa del diodo sufre un aumento brusco.



**Curva característica:** El efecto zener se basa en la aplicación de tensiones inversas que originan, debido a la característica constitución de los mismos, fuertes campos eléctricos que causan la rotura de los enlaces entre los átomos dejando así electrones libres capaces de establecer la conducción. Su característica es tal que una vez alcanzado el valor de su tensión versa nominal y superando la corriente a su través un determinado valor mínimo, la tensión en pines del diodo se mantiene constante e independiente de la corriente que circula por él.



**Tensiones de polarización inversa, conocida como tensión Zener.-** Es la tensión que el Zener va a mantener constante.

**Corriente mínima de funcionamiento.-** Si la corriente a través del zener es menor, no hay seguridad en que el Zener mantenga constante la tensión en sus pines.

**Potencia máxima de disipación.-** Como la tensión es constante, lo único que puede variar la corriente que lo atraviesa entre el margen de valores comprendidos entre el valor mínimo de funcionamiento y el correspondiente a la potencia de Zener máxima que puede disipar. Esto nos da la potencia máxima de disipación.



## **LED (Light Emitting Diode- Diodo Emisor de Luz)**

Es un dispositivo semiconductor que emite radiación visible, infrarroja o ultravioleta cuando se hace pasar un flujo de corriente eléctrica a través de este en sentido directo.

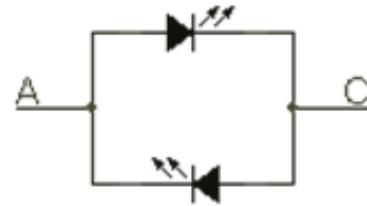
## Clasificación según la cantidad de colores emitidos

- ❖ **LED monocolor:** Posee un diodo que puede ser de color rojo, naranja, amarillo, verde o azul.
- ❖ **LED bicolor:** Están formados por dos diodos conectados en paralelo e inverso. Se suele utilizar en la detección de polaridad.
- ❖ **LED tricolor:** Formado por dos diodos LED (verde y rojo) montado con el cátodo común. El terminal más corto es el ánodo rojo, el del centro, es el cátodo común y el tercero es el ánodo verde.

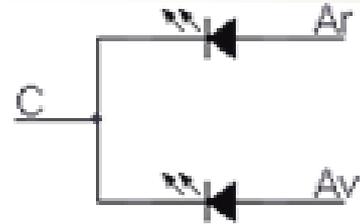
**Símbolo electrónico**



**Símbolo electrónico**



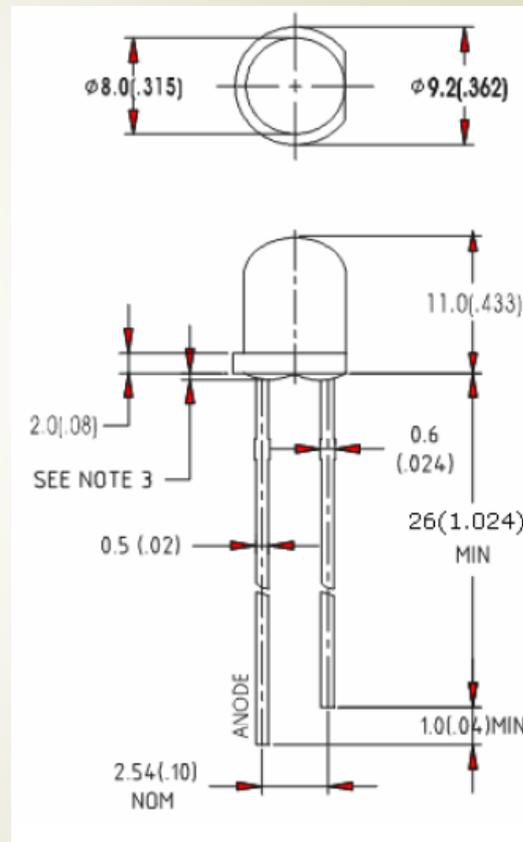
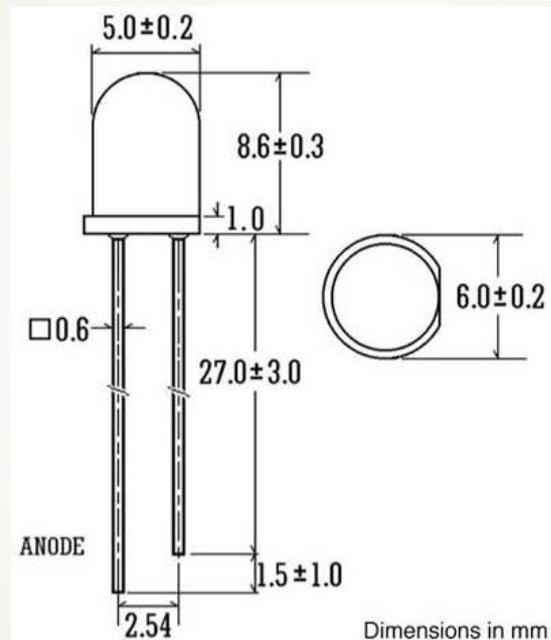
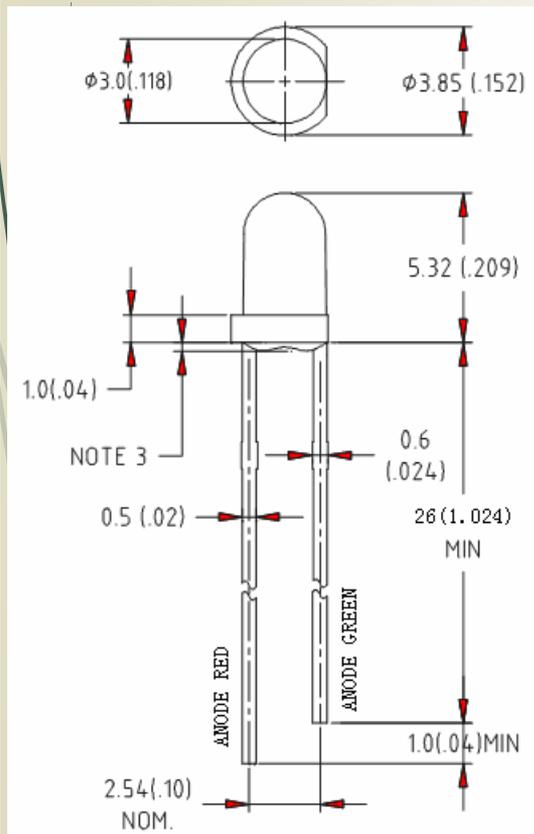
**Símbolo electrónico**

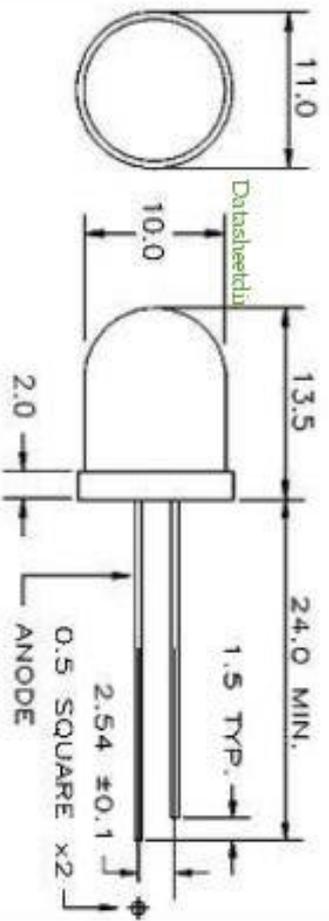




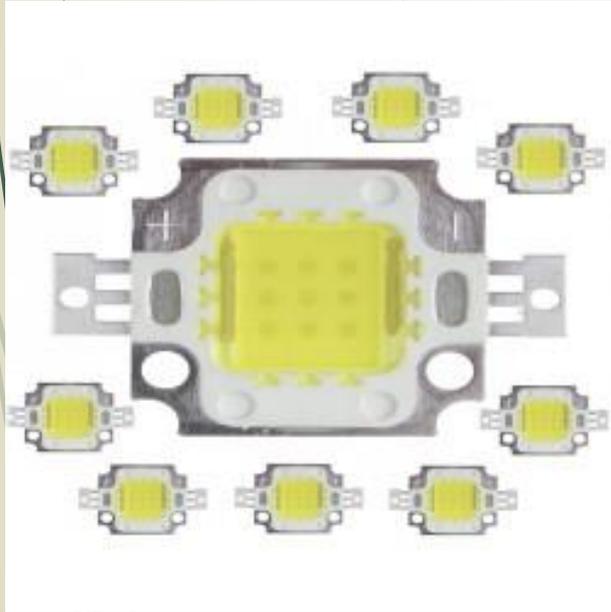
Color	Tensión en directo
Rojo	1,7v
Naranja	2,0v
Amarillo	2,5v
Verde	2,5v
Azul	4,0v

# Clasificación el diámetro del encapsulado





# Clasificación según su potencia



**High-power**



**Mid-power**



**Chip-on-board**



**Chip-scale**



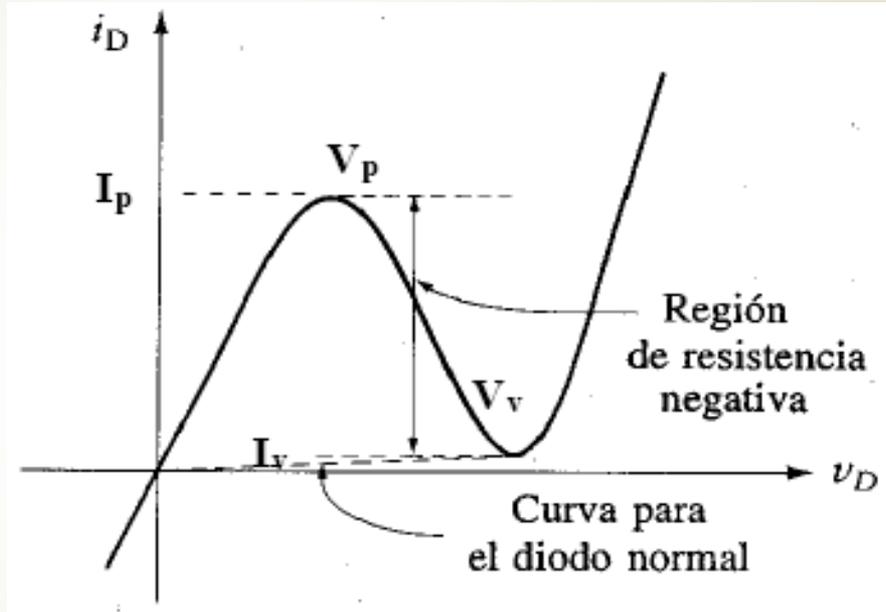


## **DIODO TÚNEL O ESAKI**

En 1958, el físico japonés Esaki, descubrió que los diodos semiconductores obtenidos con un grado de contaminación del material básico mucho más elevado que lo habitual exhiben una característica tensión-corriente muy particular.



La corriente aumenta de modo casi proporcional a la tensión aplicada hasta alcanzar un valor máximo, denominado corriente de cresta. A partir de este punto, si se sigue aumentando la tensión aplicada, la corriente comienza a disminuir y lo siga haciendo hasta alcanzar un mínimo, llamado corriente de valle, desde el cual de nuevo aumenta. Este comportamiento físicos se denomina efecto túnel.



## DIODO GUNN

Descubierto por John B. Gunn en 1963. El efecto Gunn es un instrumento eficaz para la generación de oscilaciones en el rango de las microondas en los materiales semiconductores.

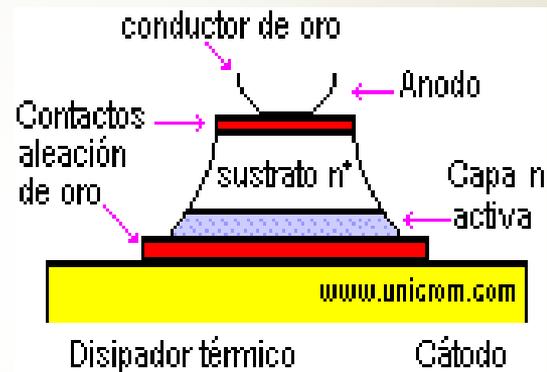
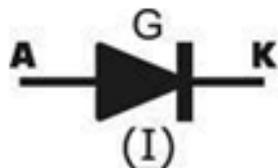
Gunn observó esta característica en el Arseniuro de Galio (GaAs) y el Fósforo de Indio (InP). El efecto Gunn de los semiconductores que no depende de la unión, contactos, voltaje, corriente, no es afectado por campos magnéticos.



Cuando se aplica un pequeño voltaje continuo (3.3 voltios / cm) a través de una plaquita delgada de Arseniuro de Galio (GaAs), ésta presenta características de resistencia negativa. Ahora, si esta plaquita es conectada a un circuito sintonizado (generalmente una cavidad resonante), se producirán oscilaciones y todo el conjunto se puede utilizar como oscilador.

Este efecto Gunn sólo se da en materiales tipo N, las oscilaciones se dan sólo cuando existe un campo eléctrico.

## Símbolo electrónico

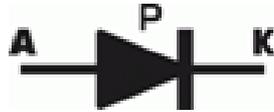


## DIODO PIN

Tiene una sección central sin doparse (una capa intrínseca formando una estructura p-intrínseca-n).

Son usados como: interruptores de alta frecuencia y atenuadores, detectores de radiación ionizante de gran volumen y como foto detectores, en la electrónica de potencia. Además, la estructura del PIN puede encontrarse en dispositivos semiconductores de potencia, tales como IGBTs, MOSFETs de potencia y tiristores.

## Símbolo electrónico



# CÓDIGOS DE MARCA DE DIODOS

Los sistemas de codificación más empleados, al igual que los diodos, son:

- ❖ EUROPEO (PROELECTRON)
- ❖ AMERICANO (JEDEC)
- ❖ JAPONÉS (JIS)

# CÓDIGOS DE MARCA EUROPEO (PROELECTRON)

El sistema europeo queda definido por dos letras mayúsculas seguidas de tres números utilizados componente para equipos de consumo y por tres letras y dos números para aplicaciones profesionales.

**dos letras, [letra], número de serie, [sufijo]**

La primera letra del código indica el tipo de material semiconductor empleado en la fabricación (germanio, silicio,...).



Letra	Material Semiconductor
A	Germanio
B	Silicio
C	Arsenuro de Galio
R	Mezcla de materiales

La segunda indica la construcción y/o principal aplicación.

Letra	Material Semiconductor
A	Diodo de baja señal
B	Diodo Varicap
E	Diodo tunel
Y	Diodo Rectificador
Z	Diodo Zener

La tercera letra indica que el dispositivo está pensado para aplicaciones industriales o profesionales, más que para uso comercial. suele ser una W, X, Y o Z.

La serie del componente es un numero que está comprendido entre 100 y 9999

La letra del sufijo código indica la ganancia del componente (Baja, Media, Alta y no definida).

Letra	Ganancia
A	Baja
B	Media
C	Alta
	No definida

# Códigos de marca americano (JEDEC)

El sistema Americano queda definido por un numero seguida de letra N, la serie del componente y una letra de sufijo.

**numero, [letra], número de serie, [sufijo]**

El numero se obtiene la resta en uno el numero de pines del componente .

$$\text{Numero} = (n-1)$$

- ❖ La letra será la ene (N).
- ❖ La serie del componente es un numero que está comprendido entre 100 y 9999
- ❖ La letra del sufijo código indica la ganancia del componente (Baja, Media, Alta y no definida).

Letra	Ganancia
A	Baja
B	Media
C	Alta
	No definida

# CÓDIGOS DE MARCA JAPONÉS (JIS)

En el sistema japonés el código queda definido por un número (número de pines del componente disminuido en 1), dos letras (indican el área de aplicación y tipo de dispositivo), la serie del componente y sufijo.

**número, [dos letras], número de serie, [sufijo]**

El número se obtiene la resta en uno el número de pines del componente .

$$\text{Numero} = (n-1)$$

Las dos letras indican el área de aplicación y tipo de dispositivo.

Letra	Aplicación
SE	Diodo
SR	Diodo Rectificador
ST	Diodo de avalancha
SV	Diodo Varicap
SZ	Diodo Zener

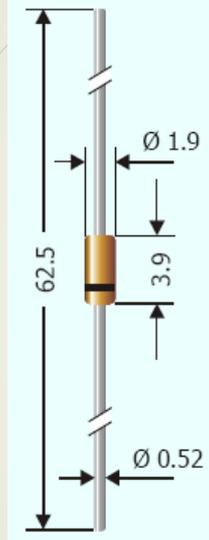
La serie del componente es un número que está comprendido entre 100 y 9999.

La letra del sufijo código indica la ganancia del componente (Baja, Media, Alta y no definida).

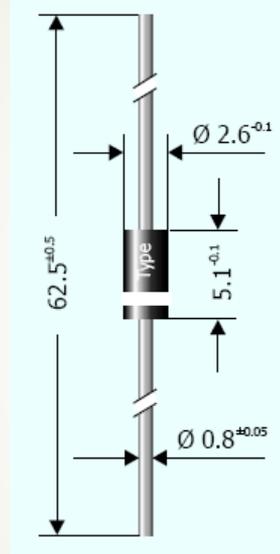


Letra	Ganancia
A	Baja
B	Media
C	Alta
	No definida

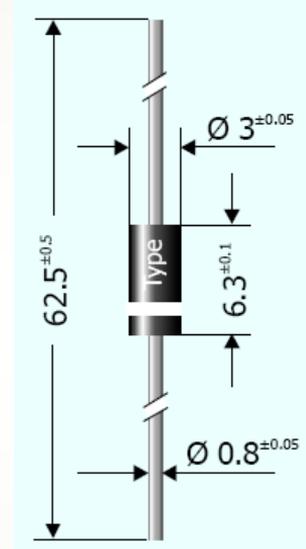
# Encapsulados Axiales



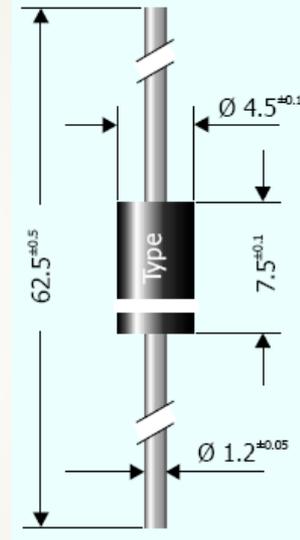
**DO  
35**



**DO  
41**



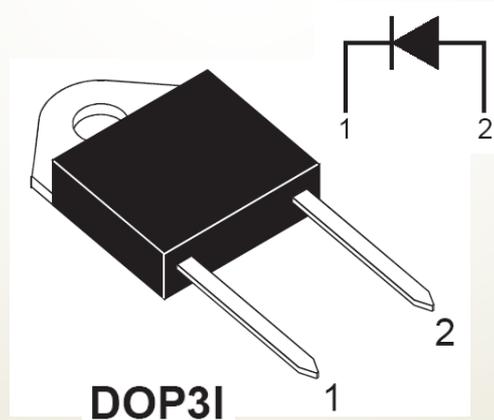
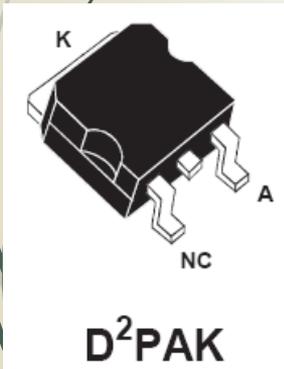
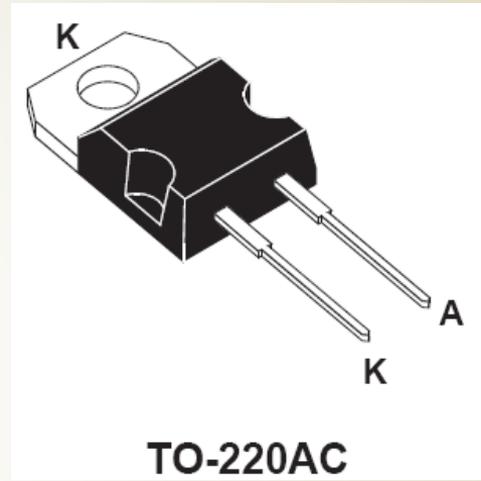
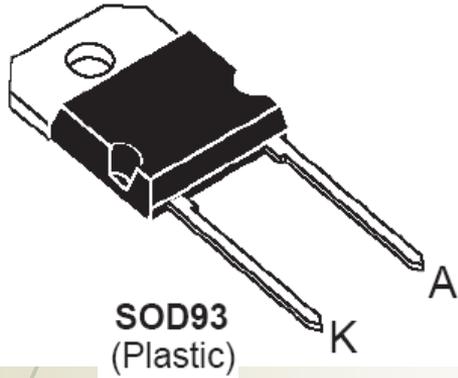
**DO  
15**



**DO  
201**

# Encapsulados de diodos de uso con disipadores de calor

Cathode connected to case



# Encapsulados de diodos de potencia



DO 5



E 14

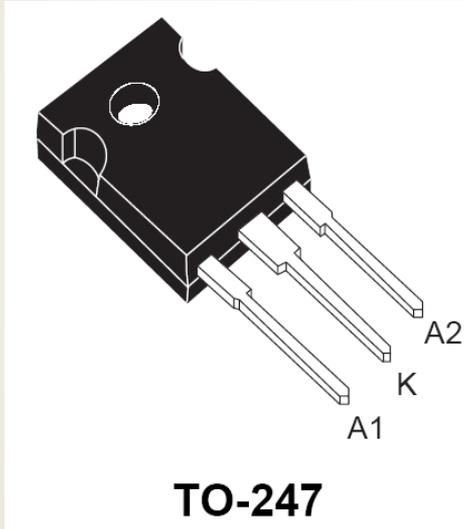


B 44

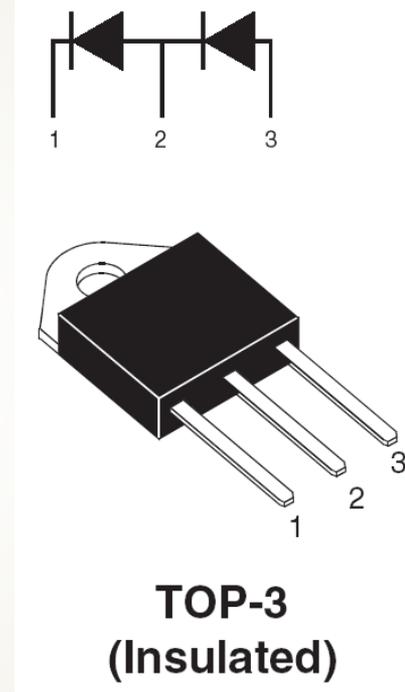


E 35

# Encapsulados para mas de un diodo



**2 diodos en cátodo común**

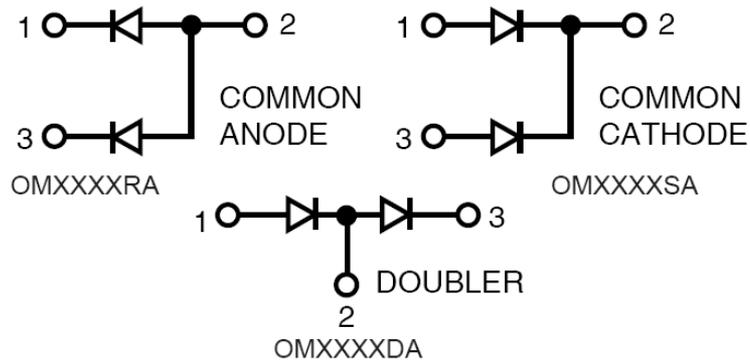
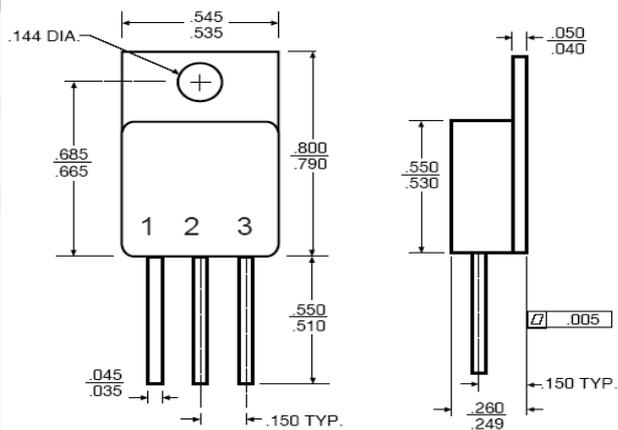


**2 diodos en serie**

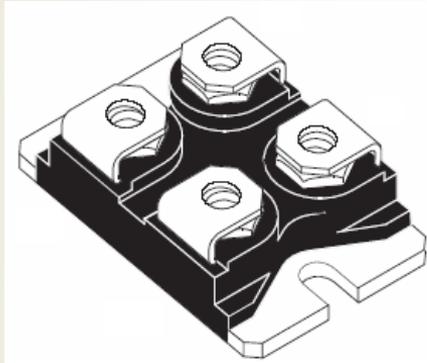
# Encapsulados de diodos con varias conexiones

**IR** International Rectifier

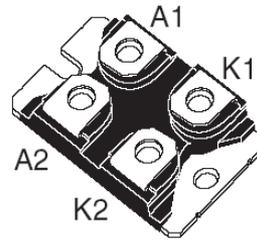
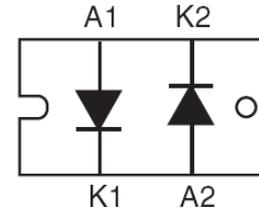
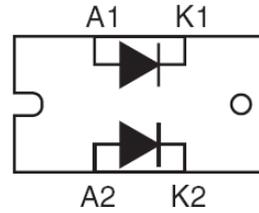
**OM5221SA/RA/DA OM5223SA/RA/DA OM5225SA/RA/DA  
OM5222SA/RA/DA OM5224SA/RA/DA OM5226SA/RA/DA**



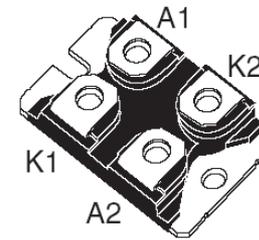
# Encapsulados de diodos



ISOTOP™



ISOTOP  
STTH12010TV1



ISOTOP  
STTH12010TV2

Nombre del dispositivo

# Encapsulados de diodos

- Agrupaciones de 2 diodos. Diversos encapsulados para el mismo dispositivo



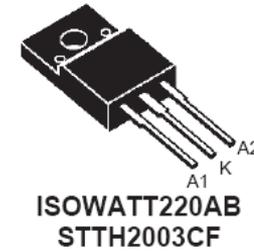
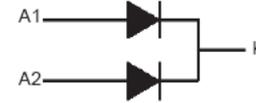
**STTH2003CT/CG/CF/CR**

Nombre del dispositivo

Encapsulados

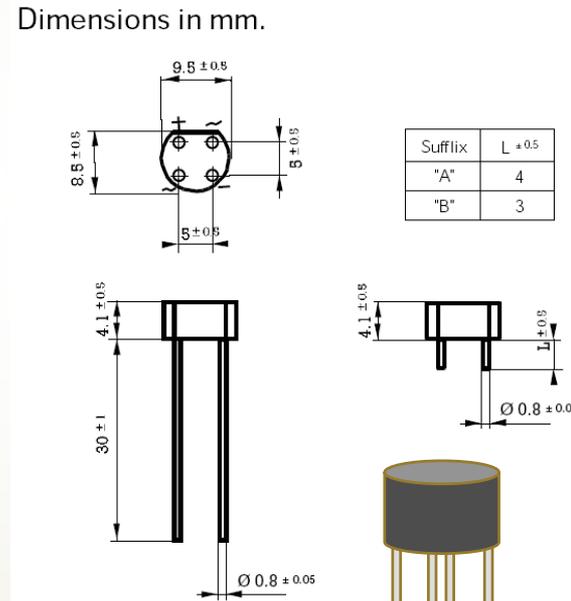
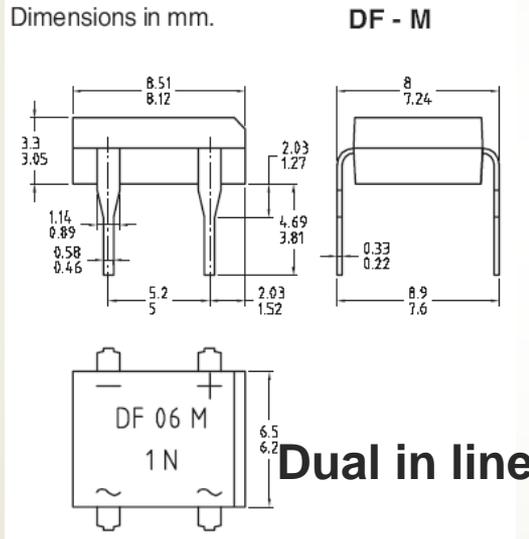
## MAJOR PRODUCT CHARACTERISTICS

$I_{F(AV)}$	2 x 10 A
$V_{RRM}$	300 V
$T_j$ (max)	175 °C
$V_F$ (max)	1 V
$t_{rr}$ (max)	35 ns



# Encapsulados de diodos

- Agrupaciones de 4 diodos (puentes de diodos)

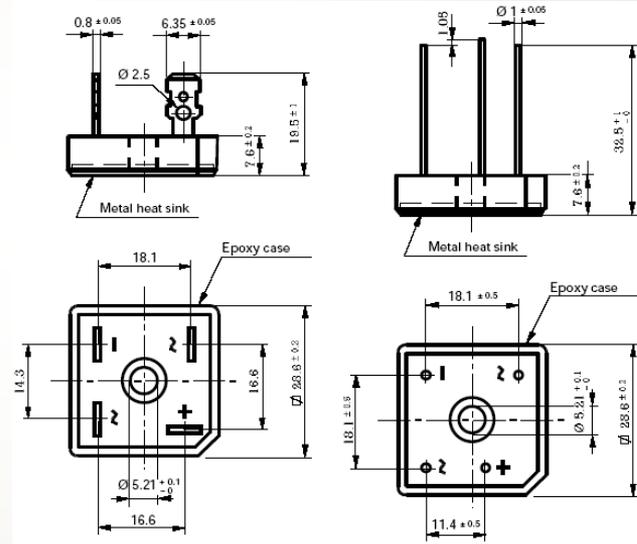
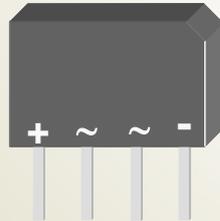
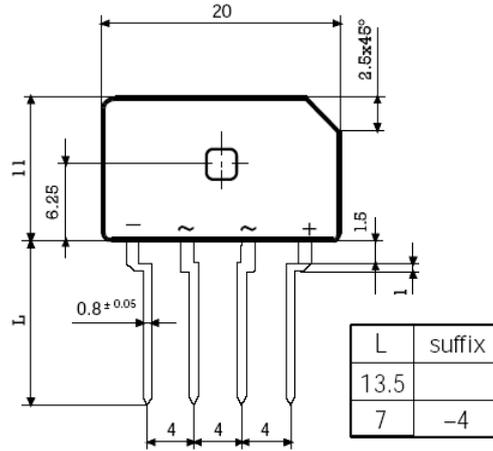


# Encapsulados de diodos

- Agrupaciones de 4 diodos (puentes de diodos)



Dimensions in mm.



# Encapsulados de diodos

- Puentes de diodos. Toda la gama de **FAGOR**

