

## **Termistores NTC**

- *Introducción*
- *Característica  $R(T)$*
- *Acoplamiento térmico – eléctrico*
- *Curvas  $I$ - $V$  en estática*
- *Recta de carga y puntos de trabajo*
- *Respuesta temporal*
- *Aplicaciones*
- *Dispositivos comerciales*

## ***Introducción***

***NTC:*** resistores no lineales cuya resistencia ***disminuye*** fuertemente con la temperatura. El coeficiente de temperatura es ***negativo y elevado***.

$$\mathbf{a} = \frac{1}{R} \frac{dR}{dT} \quad \text{de -2 a -6 \% / } ^\circ\text{C a Temperatura ambiente.}$$

### ***Resistor lineal (efecto parásito)***

$$\mathbf{a} \approx -200 \text{ ppm / } ^\circ\text{C} \quad \Rightarrow \quad R(25^\circ\text{C}) = 10 \text{ K} \quad R(50^\circ\text{C}) = 9,95 \text{ K}$$

### ***Resistor no lineal NTC (efecto intencionado)***

$$\mathbf{a} \approx -4 \text{ \% / } ^\circ\text{C} \quad \Rightarrow \quad R(25^\circ\text{C}) = 10 \text{ K} \quad R(50^\circ\text{C}) = 3,9 \text{ K}$$

## ***Característica $R(T)$***

### ***Materiales apropiados***

Óxidos metálicos con características semiconductoras intrínsecas

### ***Resistividad del material***

$$r = 1 / q m n_i = A T^{-n} \exp (B / T) \quad ( \text{disminuye al aumentar } T )$$

### ***Resistencia del componente***

$$R ( T ) = R_0 \exp ( B / T ) \quad ( R_0 \text{ incluye la geometría del componente})$$

### ***Fórmula utilizada por los fabricantes***

$$R ( T ) = R_{25} \exp ( B / T - B / T_{25} )$$

## Característica $R(T)$

### Expresión

$$R(T_{NTC}) = R_{25} \exp\left(\frac{B}{T_{NTC}} - \frac{B}{T_{25}}\right)$$

### Parámetro $B$

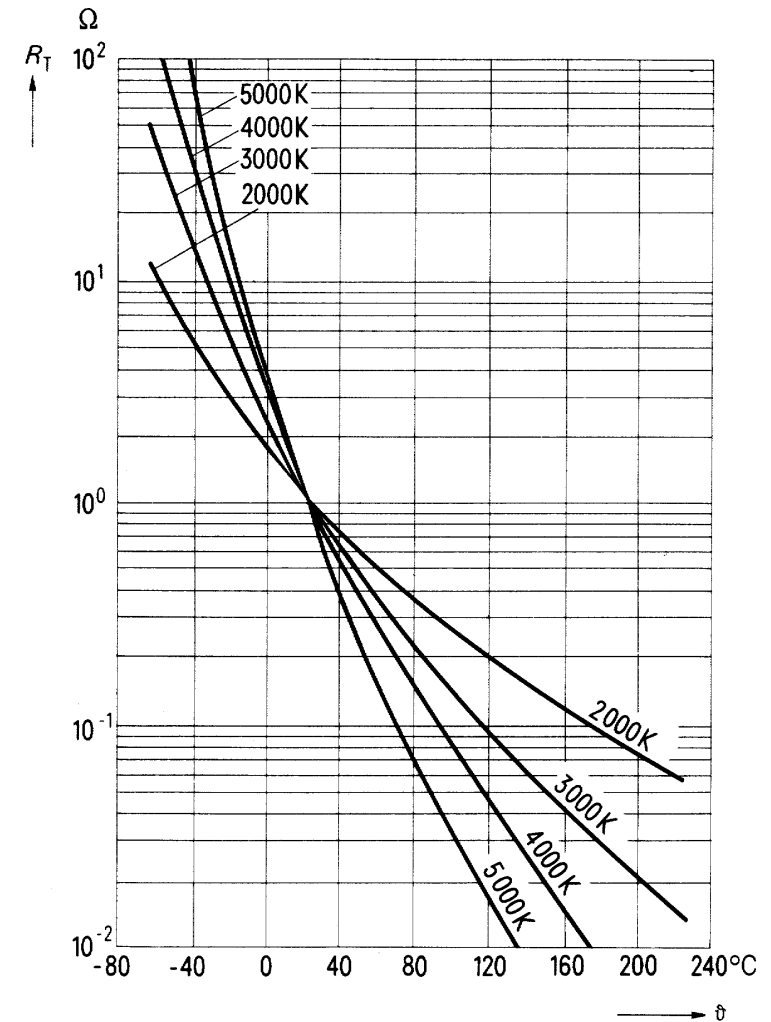
$$2000 \text{ K} < B < 5500 \text{ K}$$

### Parámetro $T_{25}$

$$T_{25} = 298 \text{ K} (25 + 273 \text{ K})$$

### Parámetro $R_{25}$

$$R_{25} = R(T_{NTC} = T_{25})$$



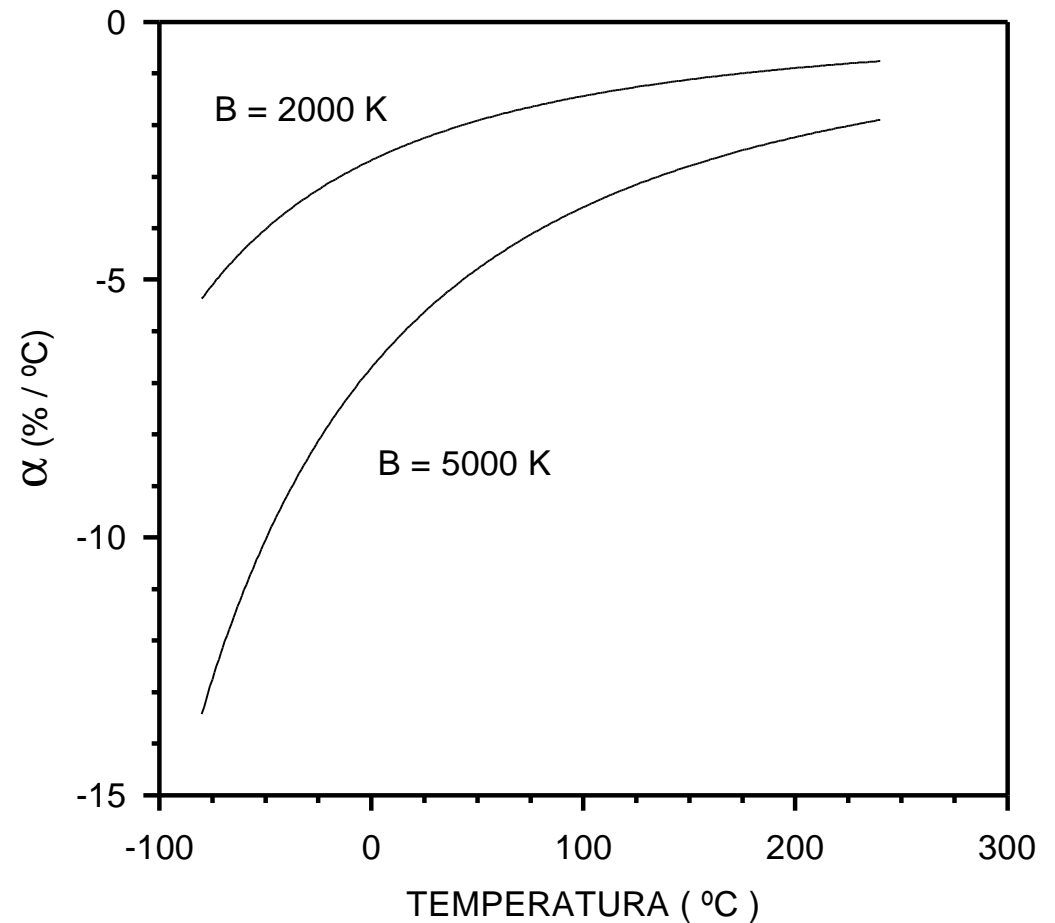
## Característica $R(T)$

*Coeficiente de temperatura*

$$\mathbf{a} = \frac{1}{R} \frac{dR}{dT} = -\frac{B}{T^2}$$

$$T = 300 \text{ K}$$

$$-2 \% / \text{K} > \mathbf{a} > -6 \% / \text{K}$$



## Característica $R(T)$

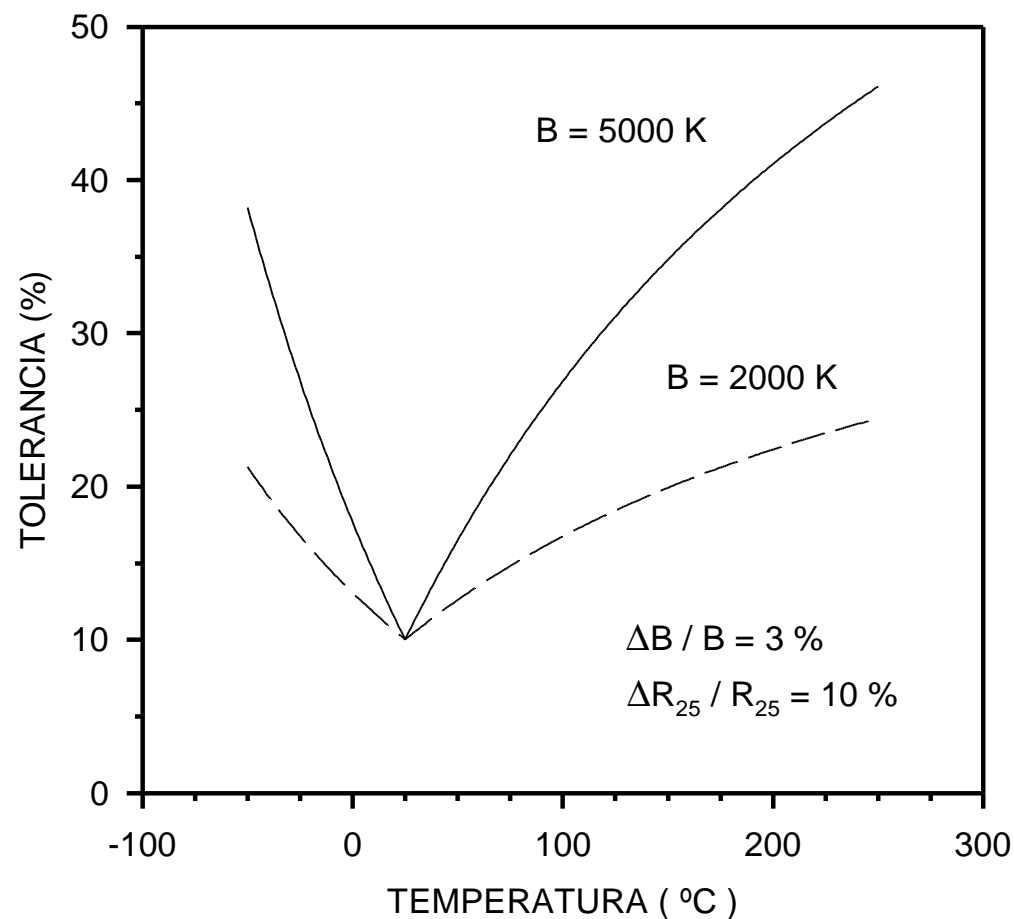
### Tolerancia

Influencia:  $R_{25}$  y  $B$

$$\Delta R = \frac{\partial R}{\partial R_{25}} \Delta R_{25} + \frac{\partial R}{\partial B} \Delta B$$

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta R_{25}}{R_{25}} + \left| B \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{25}} \right) \right| \frac{\Delta B}{B}$$

Dependiente de la temperatura



## ***Acoplamiento Térmico - Eléctrico***

***Comportamiento térmico (estado estacionario)***

$$P_D = \frac{1}{R_T} (T_{NTC} - T_A) \Rightarrow T_{NTC} = T_A + P_D R_T$$

***Comportamiento Eléctrico***

$$\frac{V}{I} = R = R_{25} \exp\left(\frac{B}{T_{NTC}} - \frac{B}{T_{25}}\right)$$

***Acoplamiento Térmico - Eléctrico***

$$\frac{V}{I} = R_{25} \exp\left(\frac{B}{V \cdot I \cdot R_T + T_A} - \frac{B}{T_{25}}\right)$$

## ***Acoplamiento Térmico - Eléctrico***

### ***Curvas I-V en estado estacionario térmico***

$$\frac{V}{I} = R_{25} \exp \left( \frac{B}{V \cdot I \cdot R_T + T_A} - \frac{B}{T_{25}} \right)$$

### ***Zona I : Potencia disipada - -***

$$\begin{array}{ll} T_{NTC} \approx T_A & \Rightarrow R(T_{NTC}) = \text{cte.} = R(T_A) \\ R \neq R(V, I) & \Rightarrow \text{Característica lineal} \end{array}$$

### ***Zona II : Potencia disipada - -***

$$\begin{array}{ll} T_{NTC} \gg T_A & \Rightarrow R \text{ disminuye fuertemente} \\ R = R(V, I) & \Rightarrow \text{Característica no lineal} \end{array}$$



## Acoplamiento Térmico - Eléctrico

*Curvas I-V  
Representación lineal*

*Resistencia Constante*

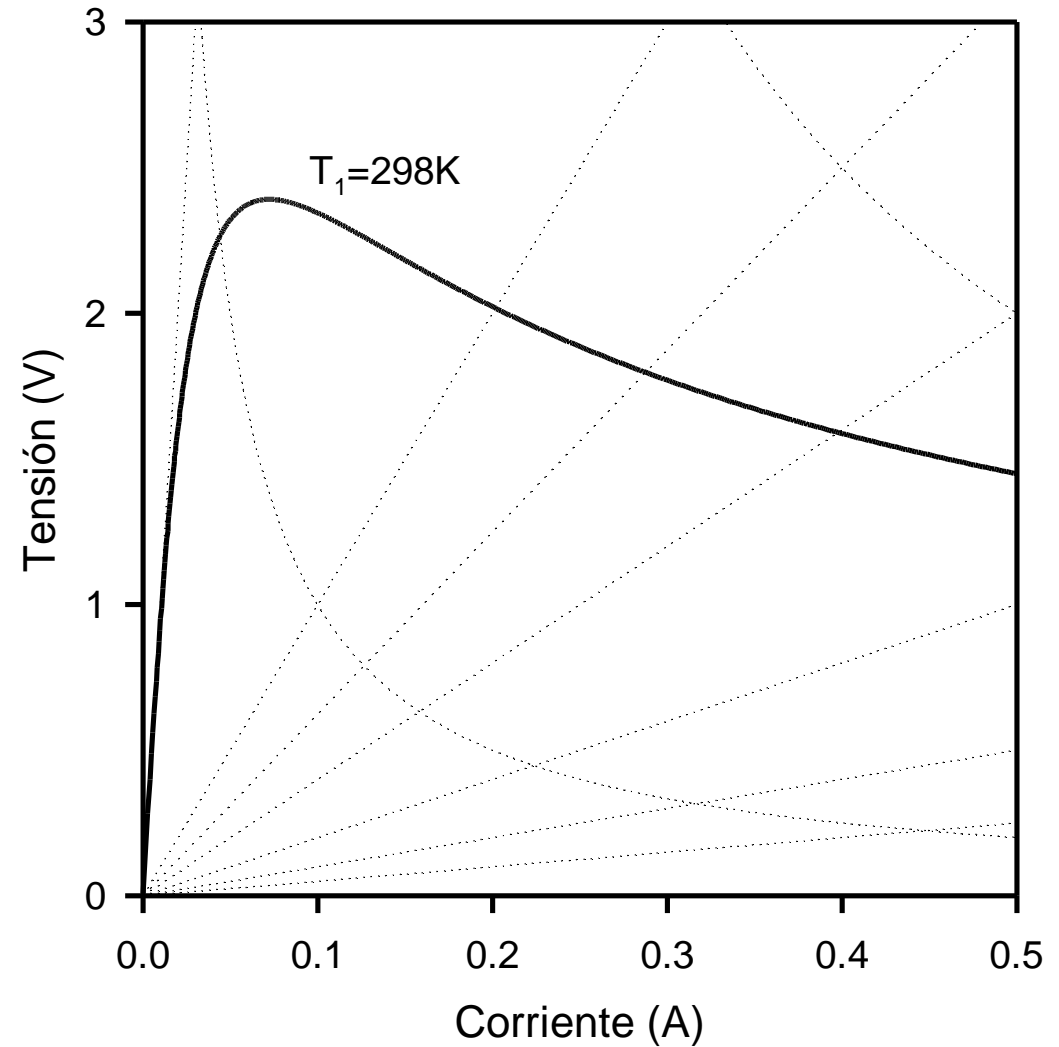
$$R = V / I$$

( Líneas rectas )

*Potencia Constante*

$$P = V \cdot I$$

( Hipérbolas )



## Acoplamiento Térmico - Eléctrico

### *Curvas I-V Representación logarítmica*

*Resistencia Constante*

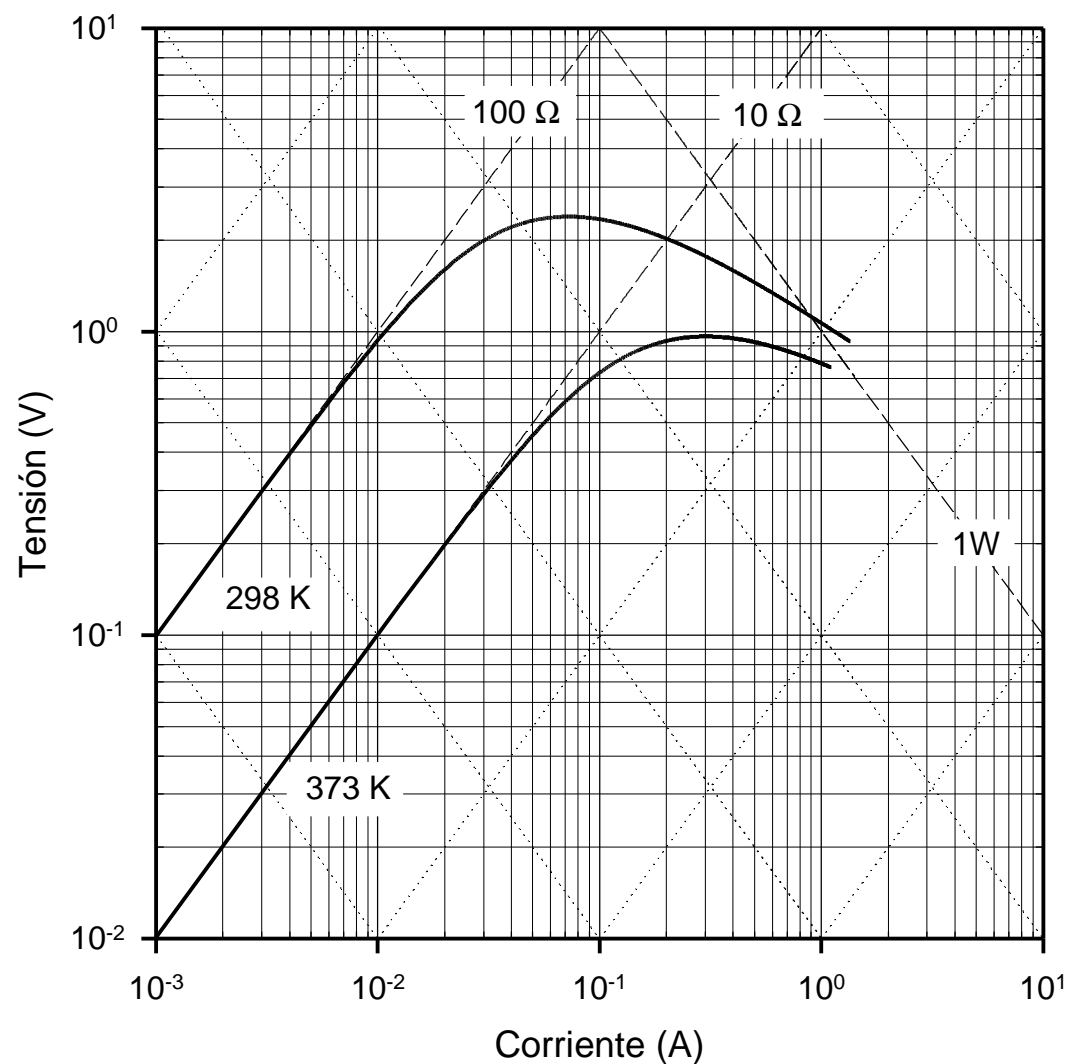
$$\log V = \log R + \log I$$

( Rectas de pendiente +1 )

*Potencia Constante*

$$\log V = \log P - \log I$$

( Rectas de pendiente -1 )



## ***Uso de las Curvas I-V***

### ***Parámetros de interés del resistor NTC***

- Parámetros de la ley  $R(T)$ :  $R_{25}$  y  $B$
- Resistencia Térmica:  $R_T$
- Temperatura máxima de operación:  $T_{MAX}$
- Potencia máxima aplicable:  $P_{MAX}$

**Toda la información puede obtenerse a partir de dos curvas I-V correspondientes a dos temperaturas ambiente distintas**

## Uso de las Curvas I-V

### Obtención de $R_{25}$

1) Seleccionar la curva de

$$T_A = T_{25} = 298 \text{ K}$$

2) Zona de baja disipación

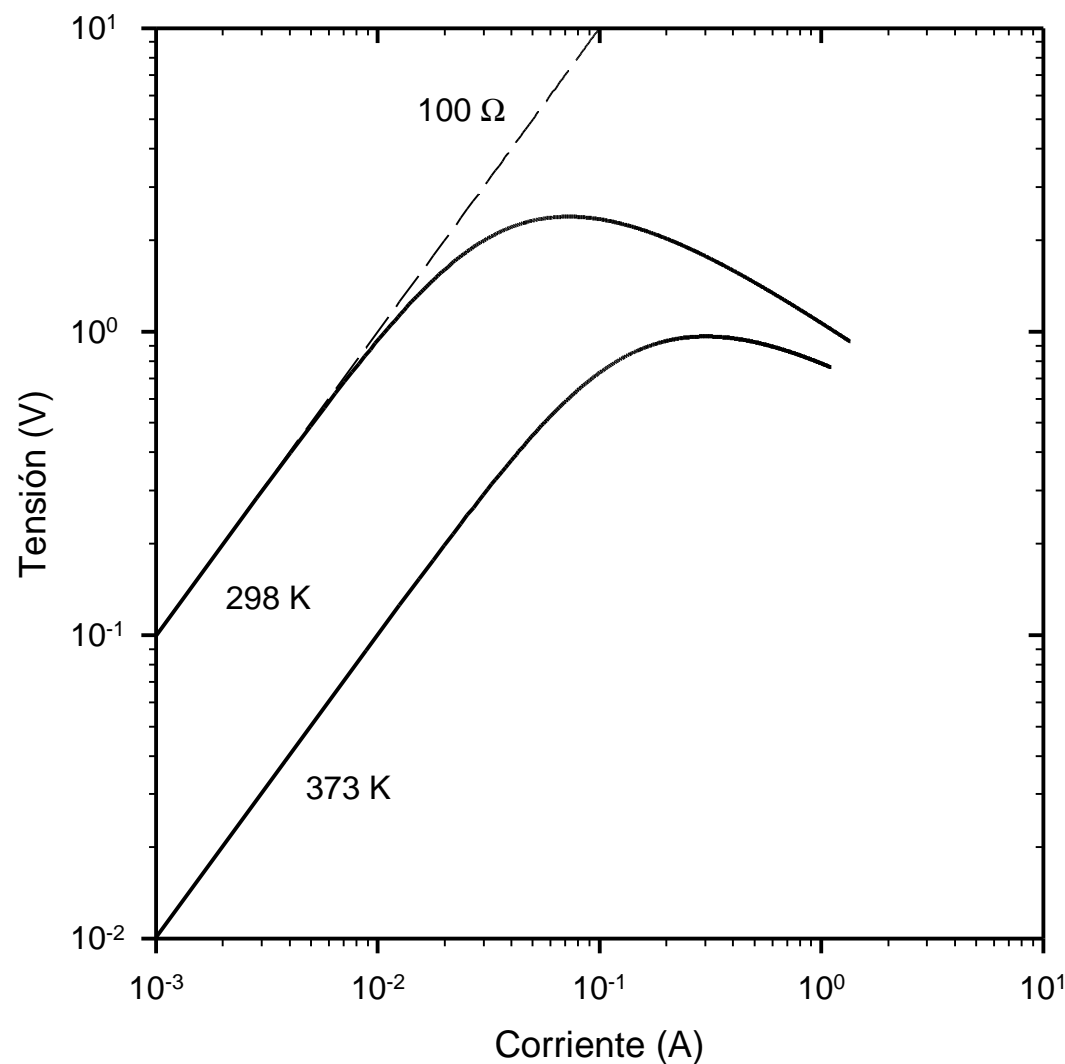
$$T_{NTC} \gg T_A$$

$$V = 0.1 \text{ V}$$

$$I = 0.001 \text{ A}$$

3) Resultado

$$R(T_{25}) = V / I = 100 \Omega$$



## Uso de las Curvas I-V

### Obtención de $B$

#### 1) Zona de alta disipación

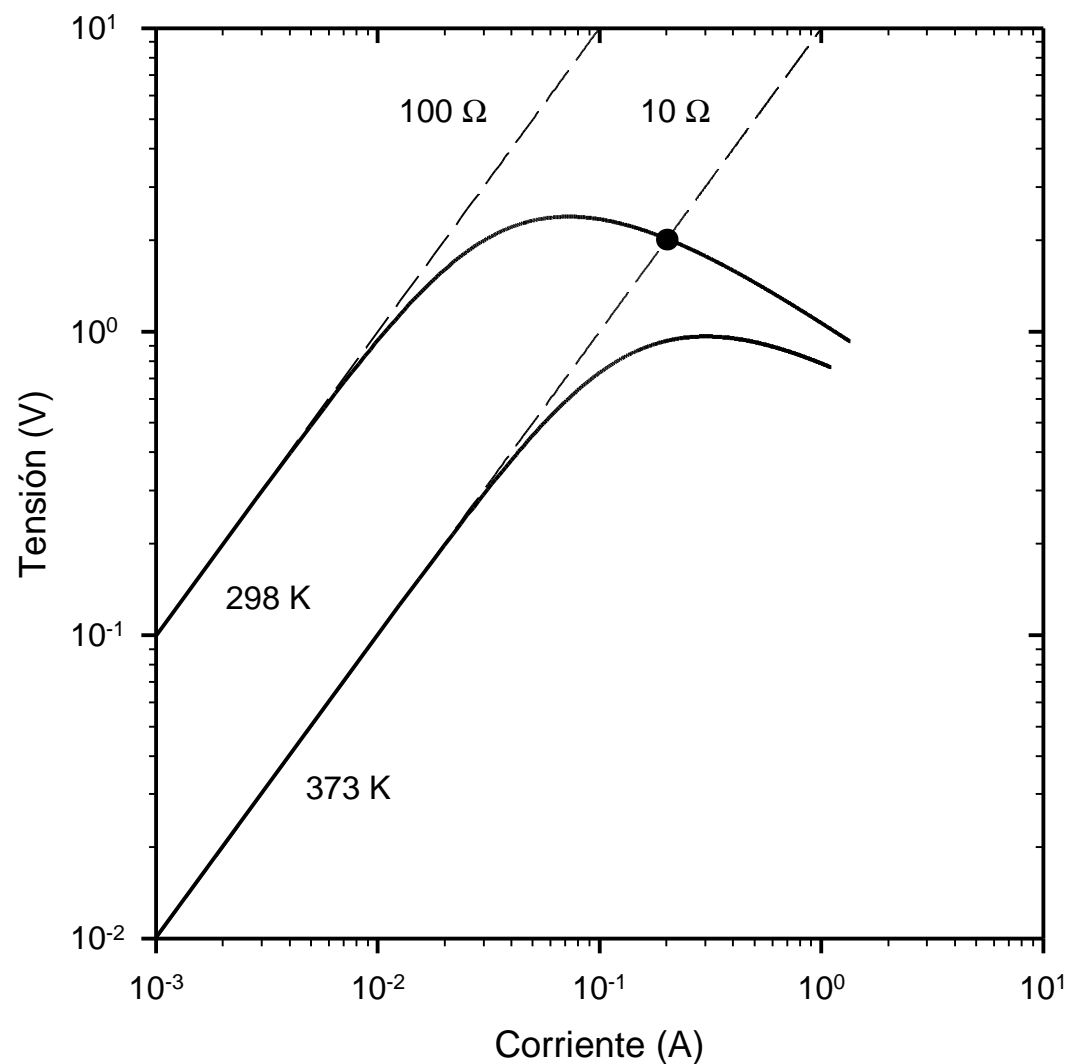
$$T_A = 298 \text{ K} = T_{25}$$

$$T_{NTC} = 373 \text{ K}$$

$$R(373 \text{ K}) = 10 \Omega$$

#### 3) Expresión $R(T)$

$$B = \frac{\ln \left\{ \frac{R(T_{NTC})}{R_{25}} \right\}}{\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{25}}} = 3410 \text{ K}$$



## Uso de las Curvas I-V

### Obtención de $R_T$

#### 1) Zona de alta disipación

$$T_A = 298 \text{ K}$$

$$T_{NTC} = 373 \text{ K}$$

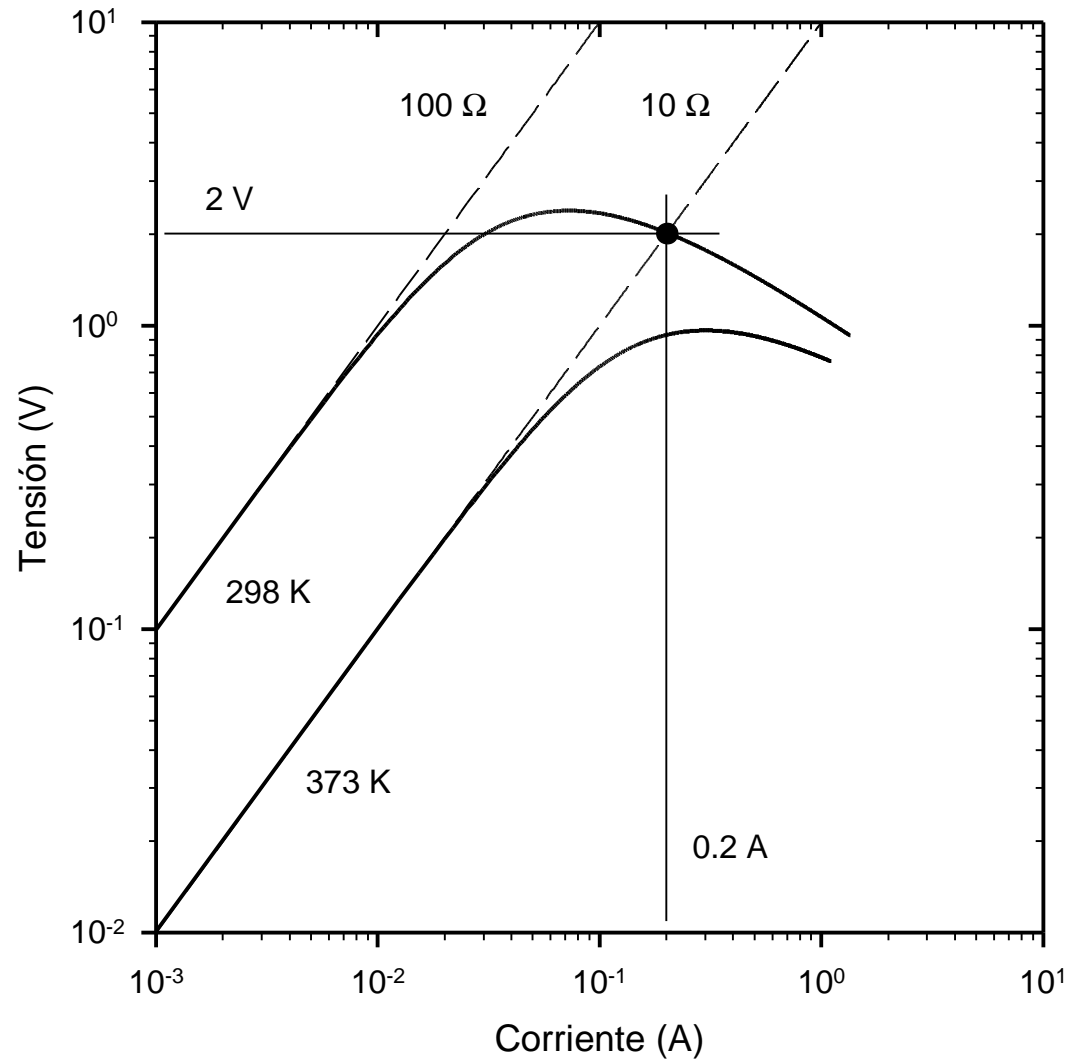
$$P_D = V I = 0.4 \text{ W}$$

#### 2) Expresión $T_{NTC}$

$$T_{NTC} = T_A + R_T P_D$$

$$R_T = (T_{NTC} - T_A) / P_D$$

$$R_T \approx 190 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$$



## Uso de las Curvas I-V

### Obtención de $R_{MIN}$ y $T_{MAX}$

#### 1) Temperatura máxima

$$T_A = 373 \text{ K (100 °C)}$$

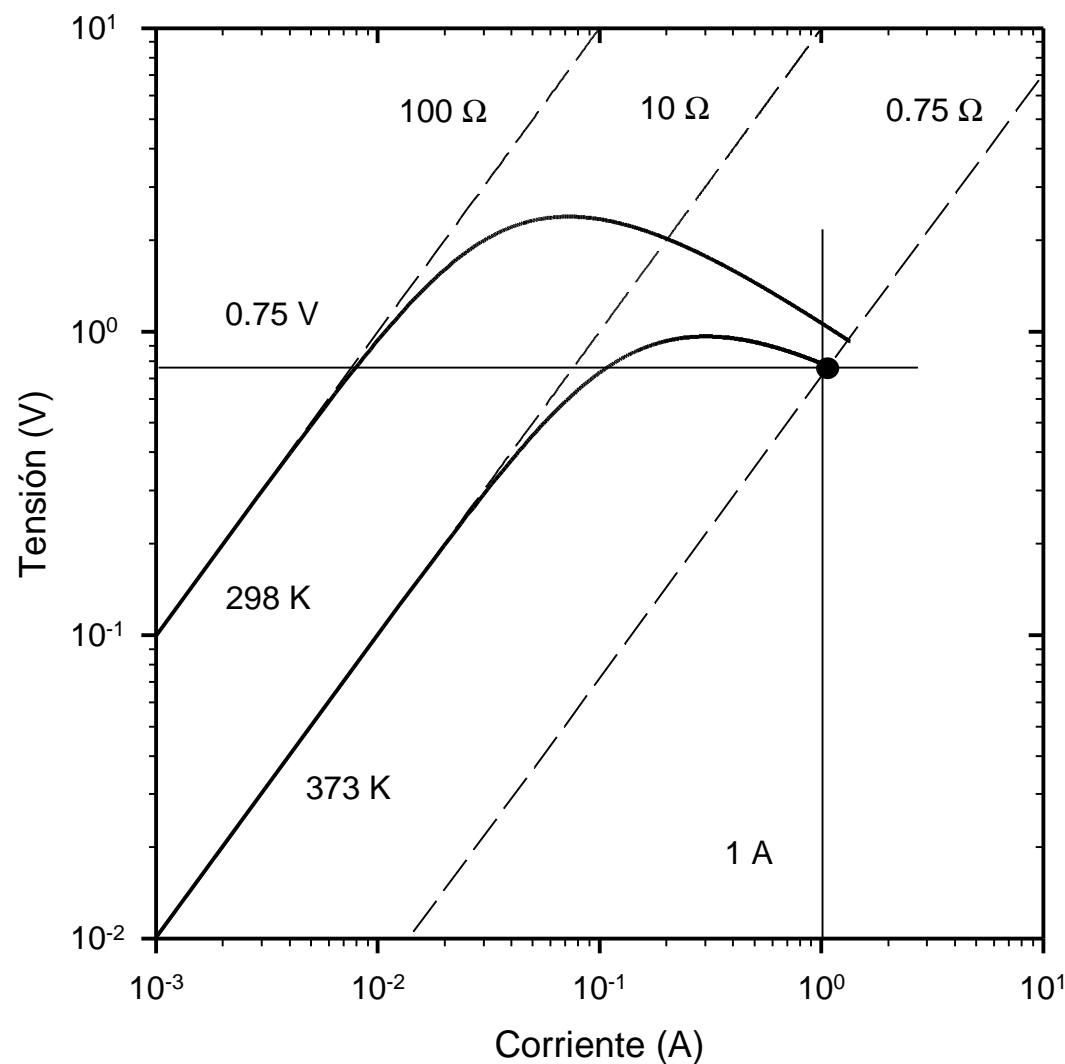
$$R_T \approx 190 \text{ °C / W}$$

$$P = V I = 0.75 \text{ W}$$

$$T_{MAX} = T_A + R_T P = 240 \text{ °C}$$

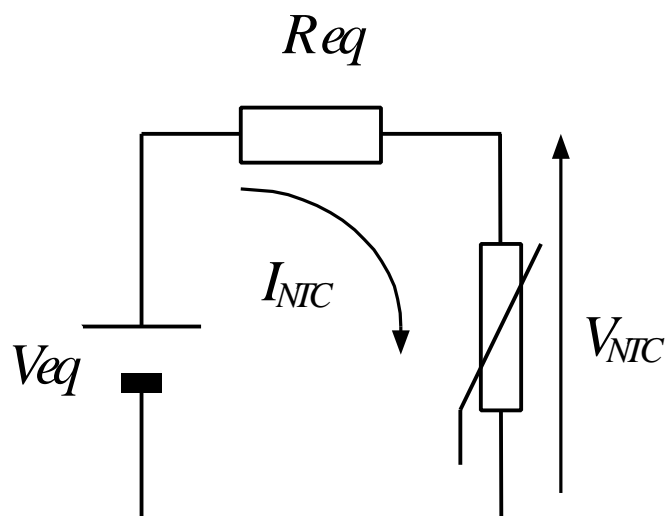
#### 2) Resistencia mínima

$$R_{MIN} = V / I = 0.75 \text{ } \Omega$$

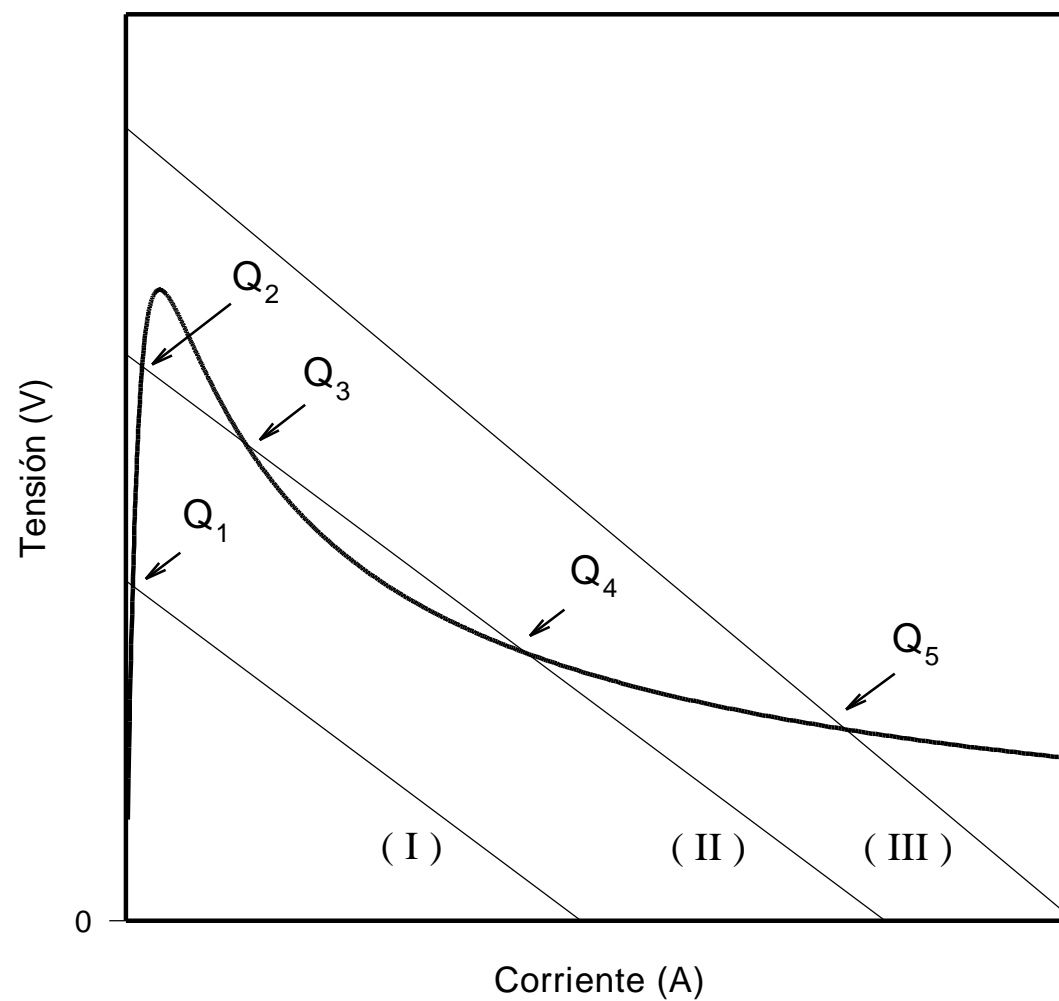


## Recta de carga y puntos de trabajo

### Polarización



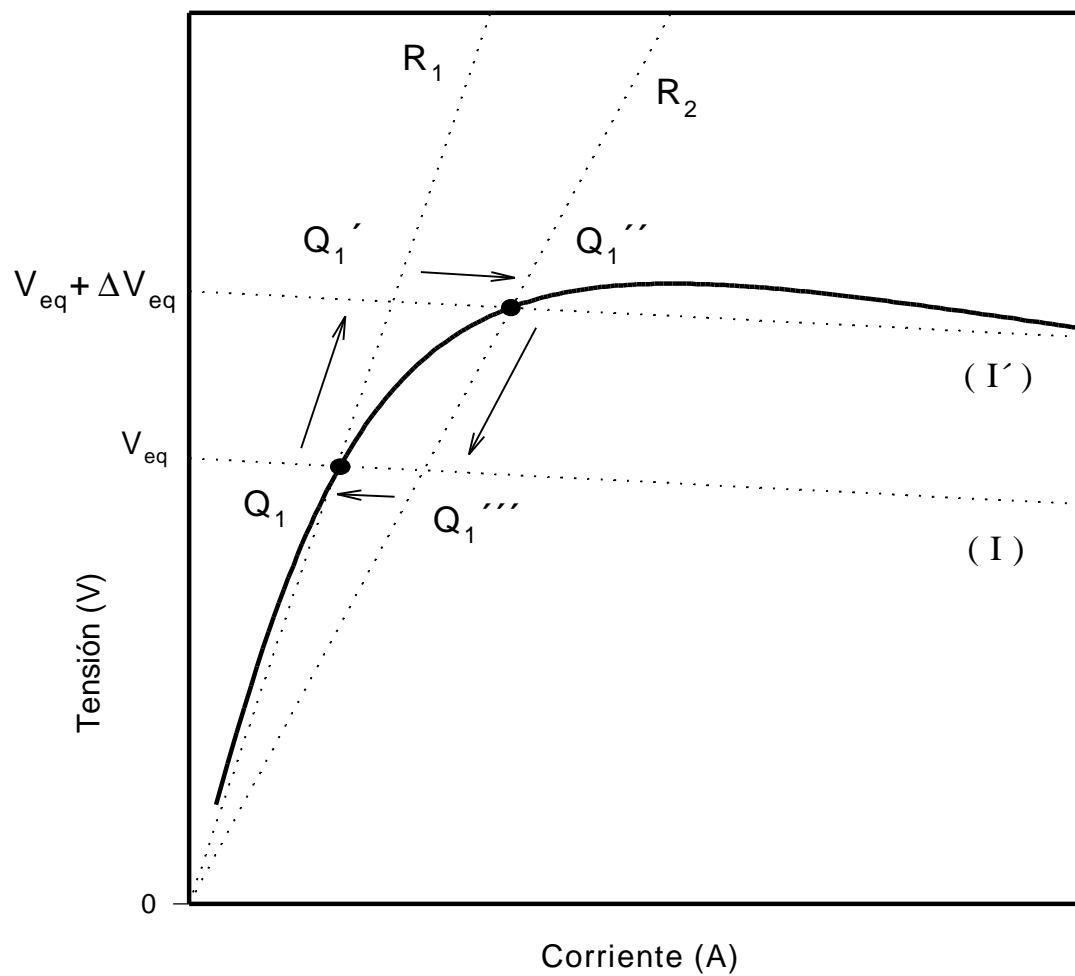
$$V_{NTC} = V_{eq} - I_{NTC} R_{eq}$$



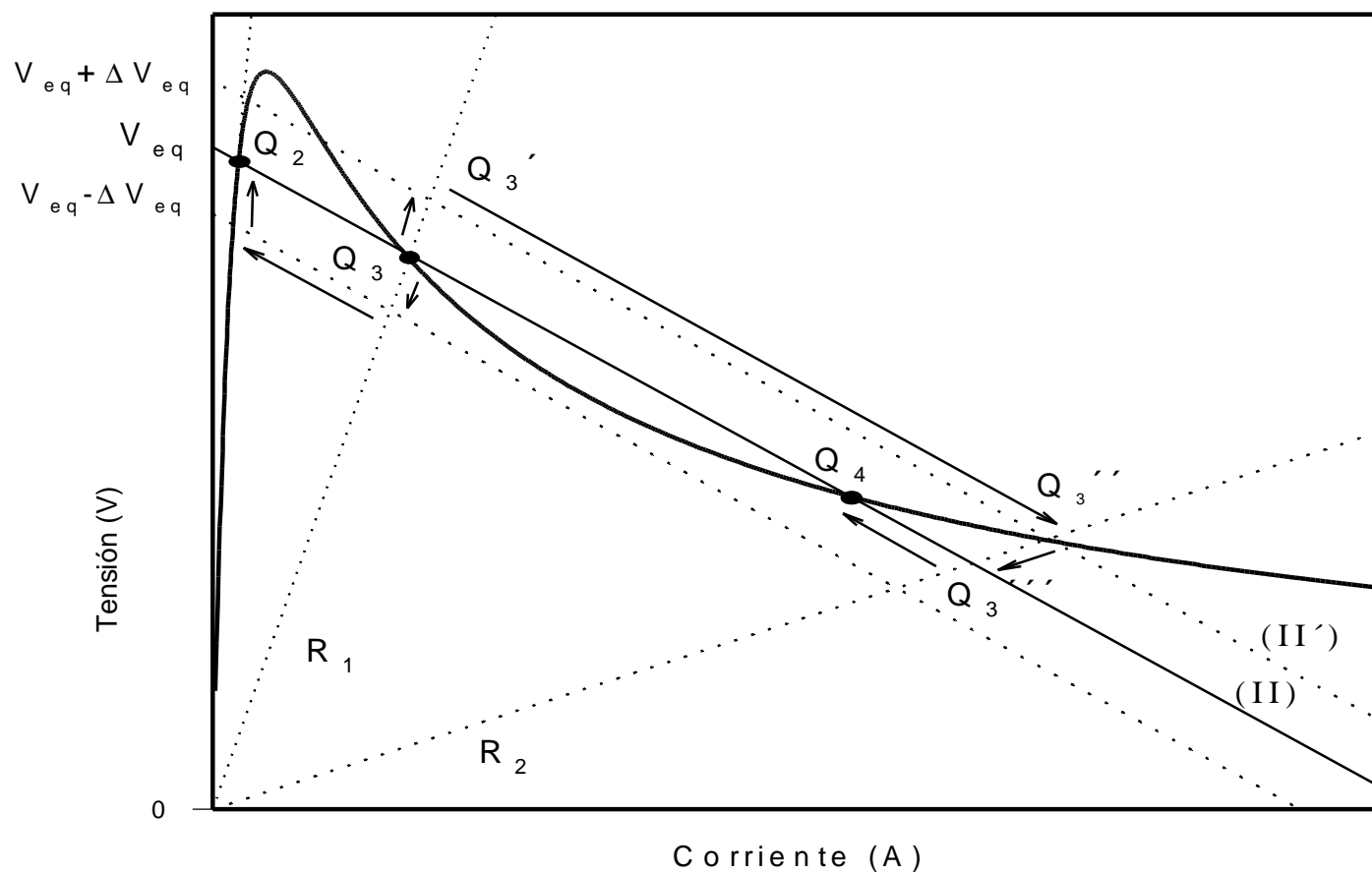


## *Recta de carga y puntos de trabajo*

**$Q_1$  es estable**

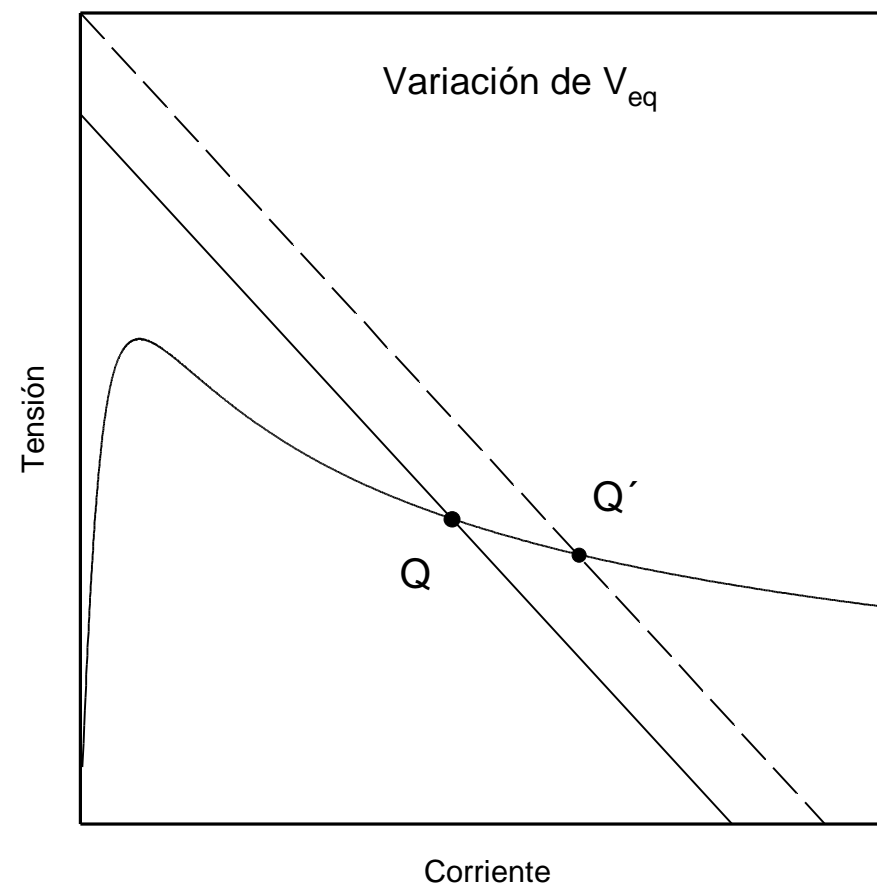
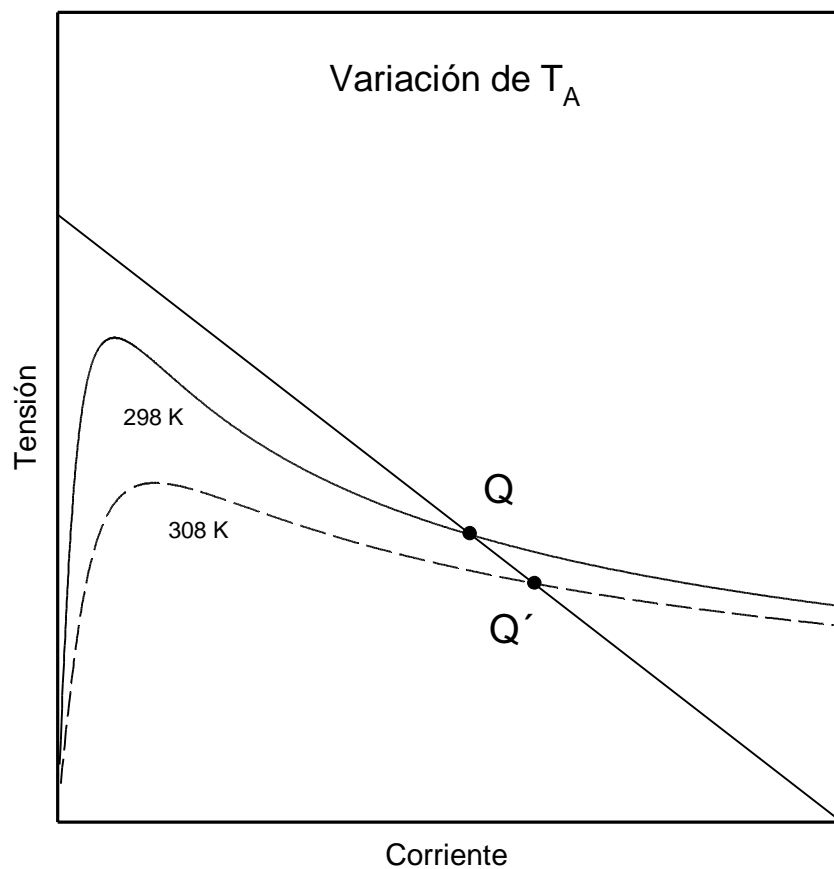


## Recta de carga y puntos de trabajo

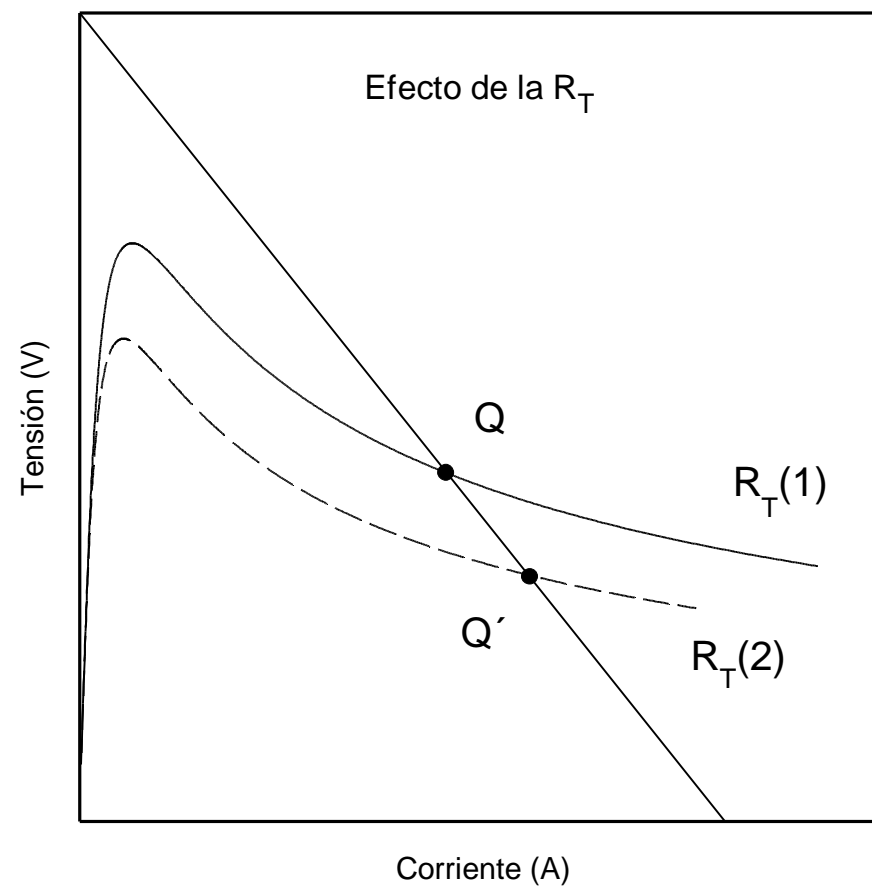
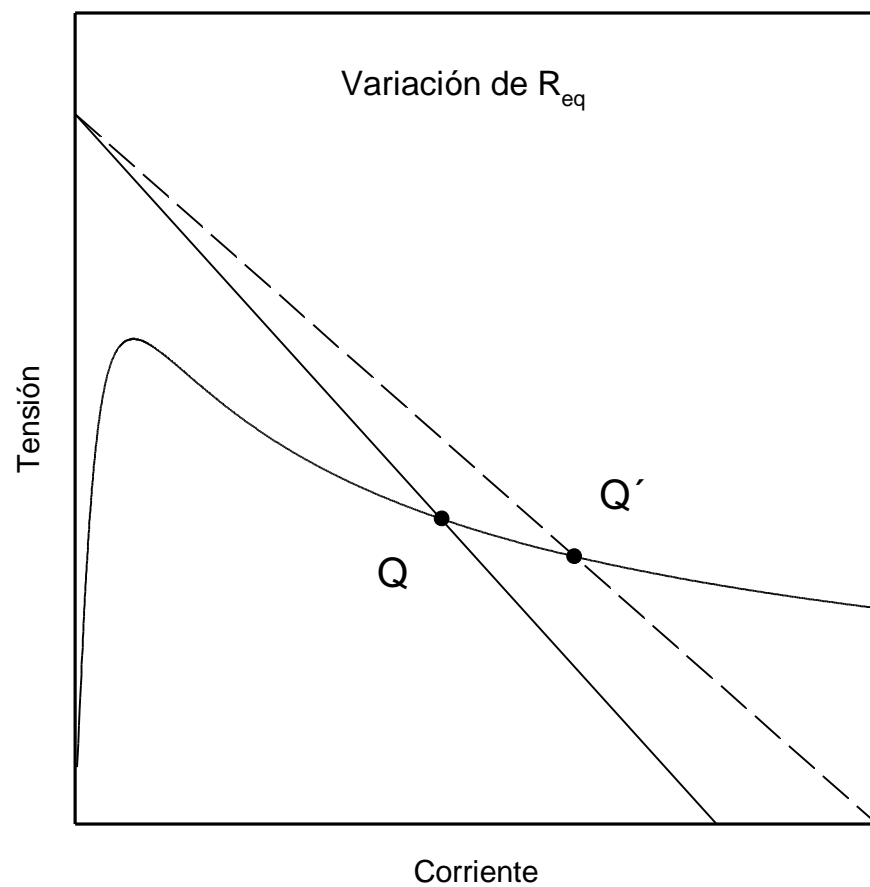


**P  $Q_2$  y  $Q_4$  estables,  $Q_3$  inestable**

## *Recta de carga y puntos de trabajo*



## *Recta de carga y puntos de trabajo*

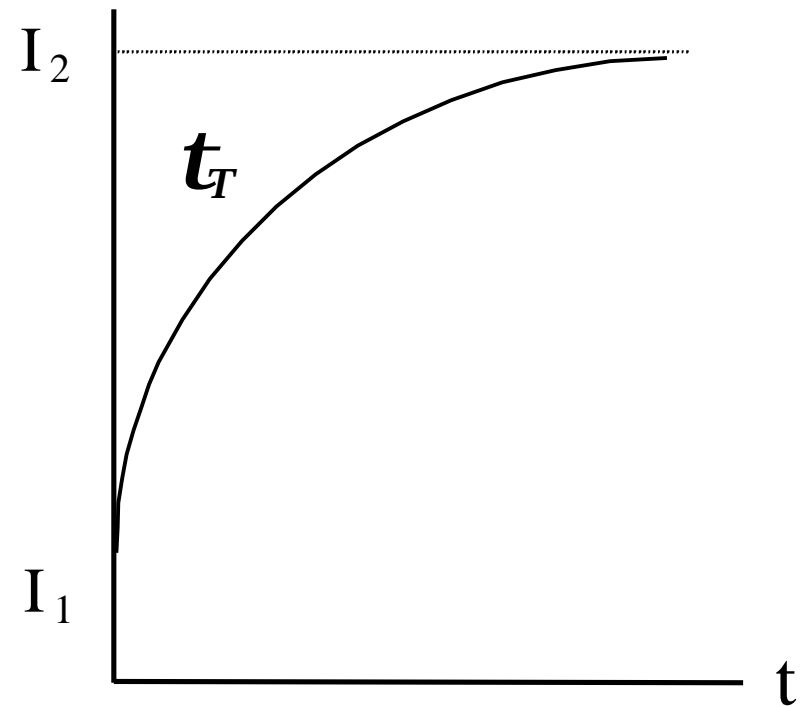
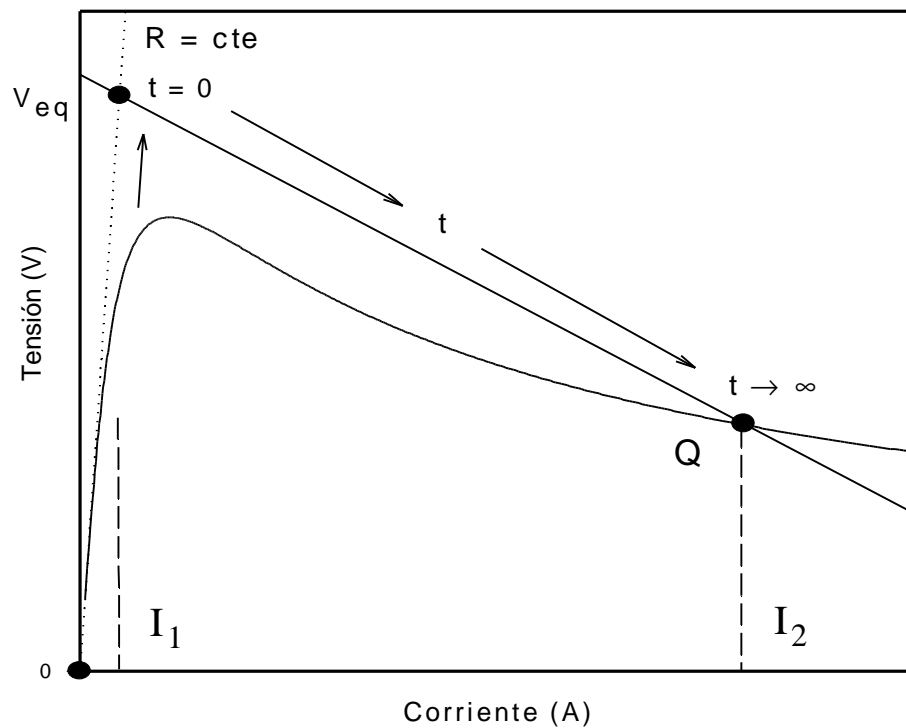


## Respuesta temporal

Régimen no estacionario

$$T_{NTC} + t_T \frac{dT_{NTC}}{dt} = T_A + P_A R_T$$

$t_T = R_T \cdot C_T$  Constante de tiempo térmica



## *Aplicaciones*

### **1. Dependencia de la resistencia con la temperatura: $R = R ( T )$**

- *Medida de la Temperatura.*
- *Cambio de medio (líquido-aire).*
- *Medida de flujos de gases.*

### **2. Inercia térmica de la NTC: $R = R ( T )$ con $T = T ( t )$**

- *Retardo en el accionamiento de relés.*
- *Aumento lento de corriente.*

### **3. Coeficiente de temperatura negativo: $\alpha < 0$**

- *Compensación de coeficientes de temperatura positivos.*
- *Estabilización de voltajes.*