

# **EC1282 LABORATORIO DE CIRCUITOS PRELABORATORIO N° 2**

## **REPASO CONCEPTOS TEÓRICOS BÁSICOS PRELAB 1**

- \*CONCEPTOS SOBRE MEDICIONES**
- \*CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN**
- \*ERRORES DE MEDICIÓN**
- \*TEORÍA DE ERRORES**
- \*COMPONENTES Y SUS PARÁMETROS**
- \*ESPECIFICACIONES DE LAS RESISTENCIAS**
- \*PROGRAMAS SIMULADORES DE CIRCUITOS: SPICE**
- \*DATOS PARA LA PRÁCTICA N° 2**
- \*CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 2**
- \*BIBLIOGRAFÍA**

# CONCEPTOS TEÓRICOS BÁSICOS

## **\*CONCEPTOS SOBRE MEDICIONES**

**\*CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN**

**\*ERRORES DE MEDICIÓN**

**\*TEORÍA DE ERRORES**

**\*COMPONENTES Y SUS PARÁMETROS**

**\*ESPECIFICACIONES DE LAS RESISTENCIAS**

**\*PROGRAMAS SIMULADORES DE CIRCUITOS: SPICE**

**\*DATOS PARA LA PRÁCTICA N° 2**

**\*CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 2**

**\*BIBLIOGRAFÍA**

# CONCEPTOS SOBRE MEDICIONES

## TIPOS DE MEDICIÓN

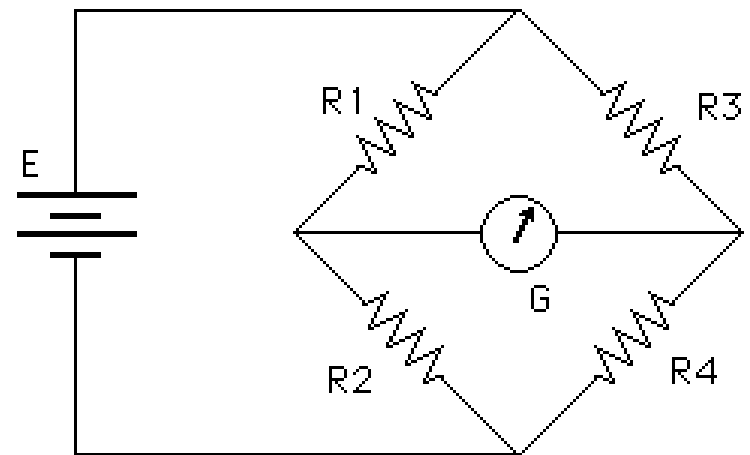
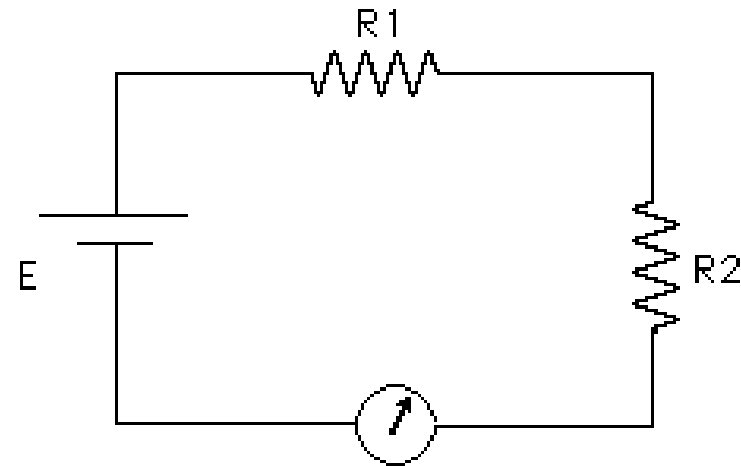
Directas

Indirectas

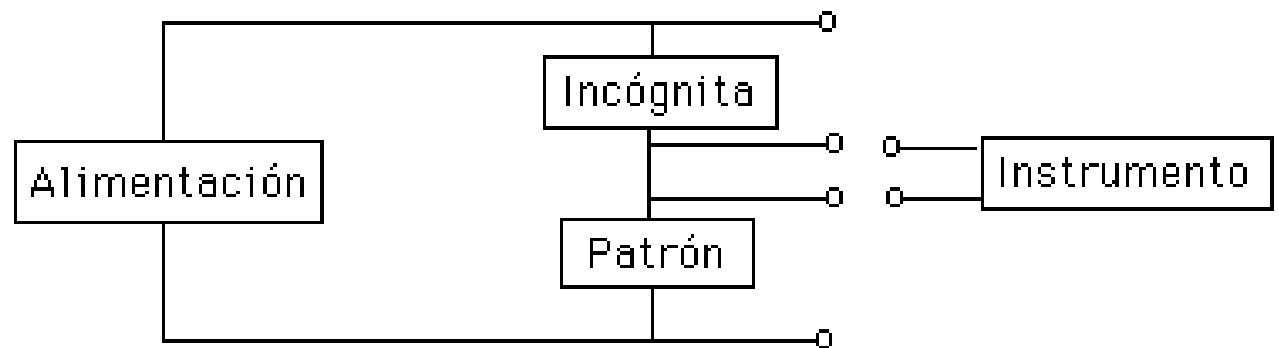
## MÉTODOS DE MEDICIÓN

Deflexión

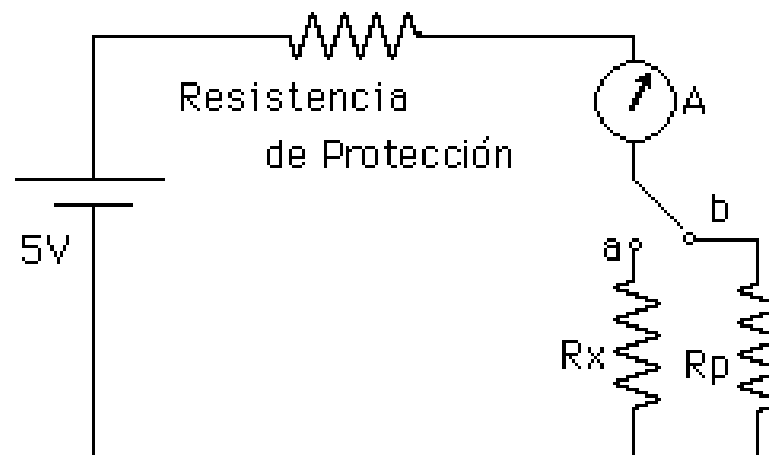
Detección de cero



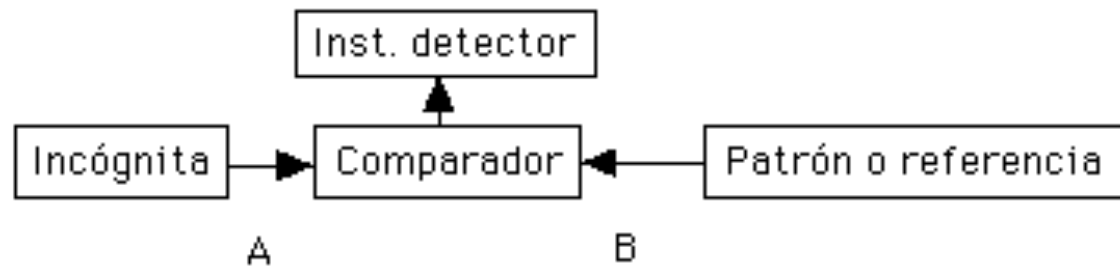
## Comparación



## Sustitución



## Diferencial



# CONCEPTOS TEÓRICOS BÁSICOS

**\*CONCEPTOS SOBRE MEDICIONES**

**\*CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN**

**\*ERRORES DE MEDICIÓN**

**\*TEORÍA DE ERRORES**

**\*COMPONENTES Y SUS PARÁMETROS**

**\*ESPECIFICACIONES DE LAS RESISTENCIAS**

**\*PROGRAMAS SIMULADORES DE CIRCUITOS: SPICE**

**\*DATOS PARA LA PRÁCTICA N° 2**

**\*CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 2**

**\*BIBLIOGRAFÍA**

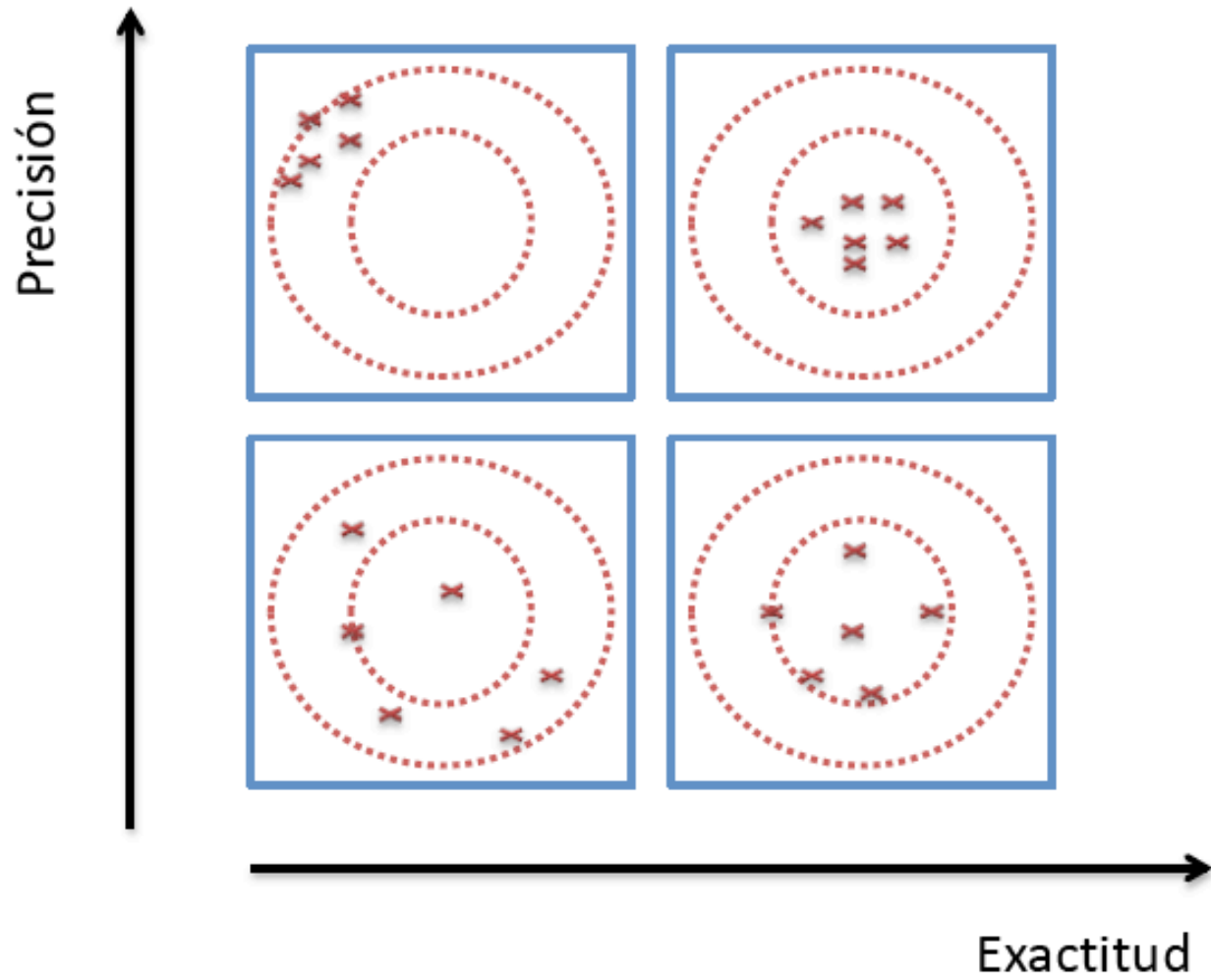
# CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN



**¿Estos relojes son precisos o exactos?**  
(ref. Prof. Julio Walter)

**Exactitud:** El parámetro medido es muy exacto cuando su incertidumbre (o error con respecto al verdadero valor) es muy pequeña. Depende de la calidad de calibración del instrumento respecto a patrones de medida.

**Precisión:** El parámetro está muy bien definido. Depende de las cifras significativas disponibles y de la resolución del instrumento.



(ref. Prof. Julio Walter)

**Error (E):** Es la incertidumbre en una medición. Si **V** es el valor verdadero (raramente conocido) y **M** el valor obtenido mediante la medición se cumple  $E = M - V$ .

**Corrección (C):** Se define como el valor verdadero menos el medido, por lo tanto  $C = V - M$ .

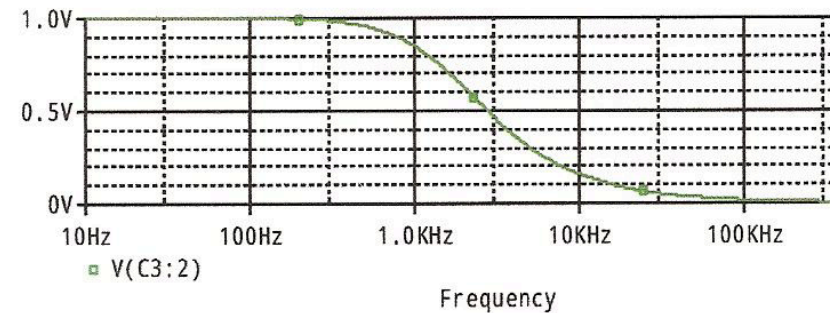
**Resolución (R):** Menor incremento en la escala del instrumento que puede detectarse con certidumbre.

**Sensibilidad (S):** Es la relación entre la respuesta del instrumento ( $N^{\circ}$  divisiones recorridas) y la magnitud de la cantidad medida. (Es el inverso de la resolución)

**Gama y escala:** La gama es la diferencia entre la mayor y la menor indicación que puede medir el instrumento, y puede estar dividida en varias escalas o constar de una sola.



**Ancho de Banda del instrumento:**  
Característica de medición del instrumento en función de la frecuencia de operación. (Frecuencia en escala logarítmica, esto es, décadas)



**Linealidad:** Un instrumento de aguja es lineal cuando para un determinado incremento del parámetro bajo medición, el desplazamiento del indicador es siempre el mismo independientemente de la posición de éste en la escala (parte inferior o parte superior de la escala).

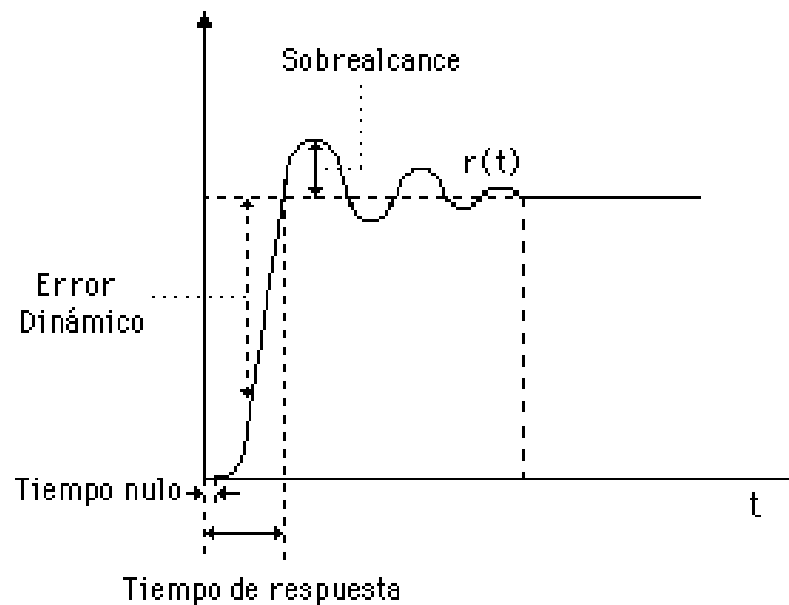
**Respuesta dinámica:**

Error dinámico

Tiempo de respuesta

Tiempo nulo

Sobrealcance



# CONCEPTOS TEÓRICOS BÁSICOS

**\*CONCEPTOS SOBRE MEDICIONES**

**\*CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN**

**\*ERRORES DE MEDICIÓN**

**\*TEORÍA DE ERRORES**

**\*COMPONENTES Y SUS PARÁMETROS**

**\*ESPECIFICACIONES DE LAS RESISTENCIAS**

**\*PROGRAMAS SIMULADORES DE CIRCUITOS: SPICE**

**\*DATOS PARA LA PRÁCTICA N° 2**

**\*CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 2**

**\*BIBLIOGRAFÍA**

# ERRORES DE MEDICIÓN

**GRANDES** (Estadísticos o por grandes fallas): Se producen al azar. Es conveniente medir varias veces y sacar promedios, además de estar muy atentos al proceso de medición.

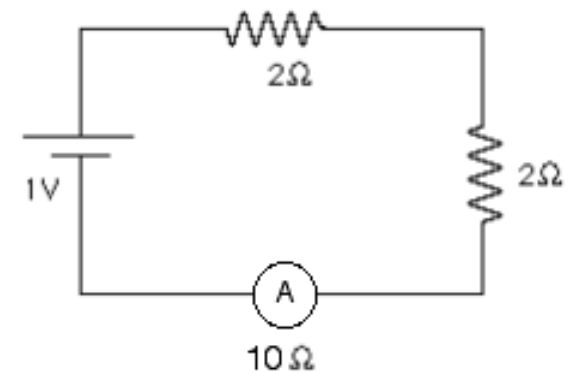
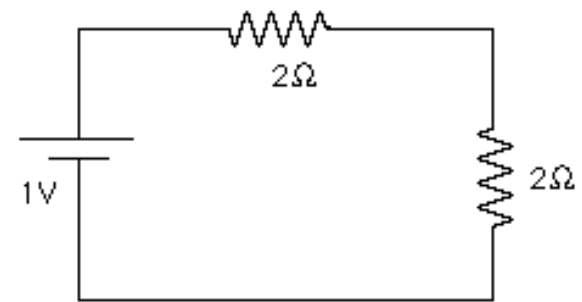
## SISTEMÁTICOS:

**Del instrumento:** Mala calibración

**Del método:** Mala selección de instrumentos

**Ambientales:** Temperatura  
Humedad  
Campos electromagnéticos

**De observación:** Paralaje



# CONCEPTOS TEÓRICOS BÁSICOS

**\*CONCEPTOS SOBRE MEDICIONES**

**\*CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN**

**\*ERRORES DE MEDICIÓN**

**\*TEORÍA DE ERRORES**

**\*COMPONENTES Y SUS PARÁMETROS**

**\*ESPECIFICACIONES DE LAS RESISTENCIAS**

**\*PROGRAMAS SIMULADORES DE CIRCUITOS: SPICE**

**\*DATOS PARA LA PRÁCTICA N° 2**

**\*CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 2**

**\*BIBLIOGRAFÍA**

# TEORÍA DE ERRORES

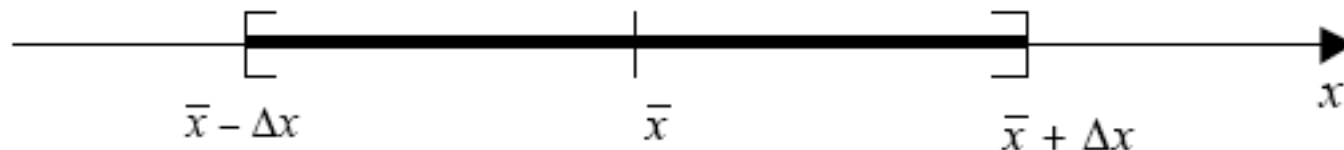
## FORMA DE REGISTRAR Y PROCESAR LOS ERRORES

(ref. Prof. Julio Walter)

\*Una magnitud física es un atributo de un cuerpo, un fenómeno o una sustancia, que puede determinarse cuantitativamente, es decir, es un atributo susceptible de ser medido.

\*Para establecer el valor de un mesurando tenemos que usar instrumentos de medición y un método de medición. Asimismo es necesario definir unidades de medición.

\*En ciencia e ingeniería, el error está asociado al concepto de *incertidumbre* en la determinación del resultado de una medición. Con una medición asociamos un intervalo con la mejor medida de una variable  $x$ .



# CLASIFICACIÓN DE ERRORES SEGÚN SU ORIGEN

Al momento de medir, los errores pueden clasificarse según su origen en:

## 1.-Errores introducidos por el instrumento:

**Error de apreciación  $\sigma_{ap}$ :** Relacionado con la resolución

**Error de exactitud  $\sigma_{exac}$ :** Relacionado con la calibración del instrumento

## 2.-Error de interacción $\sigma_{int}$ :

Interacción del método con el objeto a medir

## 3.-Error por falta de definición del objeto a medir $\sigma_{est}$

**El error nominal de una medición  $\sigma_{nom}$**  se define mediante la ecuación:

$$\sigma_{nom} = \sqrt{(\sigma_{ap}^2 + \sigma_{exac}^2 + \sigma_{int}^2 + \sigma_{def}^2)}$$

# CLASIFICACIÓN DE ERRORES SEGÚN SU CARÁCTER

Los errores pueden clasificarse según su carácter en:

**1.-Errores sistemáticos:** Imperfecciones de los métodos de medición

**2.-Errores estadísticos  $\sigma_{est}$ :** Se producen al azar

**3.-Errores ilegítimos grandes:** No se pueden manejar matemáticamente.

**El error final combinado de Z,  $\Delta Z$  está dado por la ecuación:**

$$\Delta Z = \sqrt{(\sigma_{est}^2 + \sigma_{nom}^2)} = \sqrt{(\sigma_{est}^2 + \sigma_{ap}^2 + \sigma_{exac}^2 + \sigma_{int}^2 + \sigma_{def}^2)}$$

## MODOS DE EXPRESIÓN DE LOS ERRORES

**Error Absoluto:** Es el valor de la incertidumbre combinada. Tiene las mismas dimensiones que la magnitud medida y es conveniente expresarlo con las mismas unidades de ésta. Si  $Z$  es la magnitud en estudio,  $\langle Z \rangle$  es el mejor valor obtenido y  $\Delta Z$  su incertidumbre absoluta. El resultado se expresa adecuadamente como:

$$Z = \langle Z \rangle \pm \Delta Z$$

**Error Relativo:** Es el cociente entre el error absoluto y el mejor valor de la magnitud.  $e_Z = \Delta Z / \langle Z \rangle$  Puede expresarse en forma porcentual.

**Error Porcentual:** Es la incertidumbre relativa multiplicada por 100.



## CIFRAS SIGNIFICATIVAS

Es el número de dígitos contenidos en el resultado de la medición que están a la izquierda del primer dígito afectado por el error, incluyendo este dígito.

El primer dígito, o sea el que está más a la izquierda, es el más significativo y el último el menos significativo.

Bien expresado:  $Z = 20.2 \pm 0.1$

Mal expresado:  $Z = 20.235 \pm 0.1$

# PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

## (MEDICIONES CON GRANDES CANTIDADES DE MUESTRAS)

Valor Medio:

$$\bar{x} = \langle x \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_i$$

Función de distribución:

$$f_j = \frac{n_j}{\sum_j n_j}$$

Varianza:

$$\sigma_x^2 = \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 f_i$$

Desviación Estándar:

$$\sigma_x = \sqrt{\sigma_x^2}$$

# EJEMPLO TOMADO DE LA GUÍA DEL LABORATORIO DE FÍSICA I

## ERRORES EN LA MEDIDA Y SU PROPAGACIÓN

### POR LOS PROFESORES ESTRELLA DE LAREDO Y ALFREDO BELLO

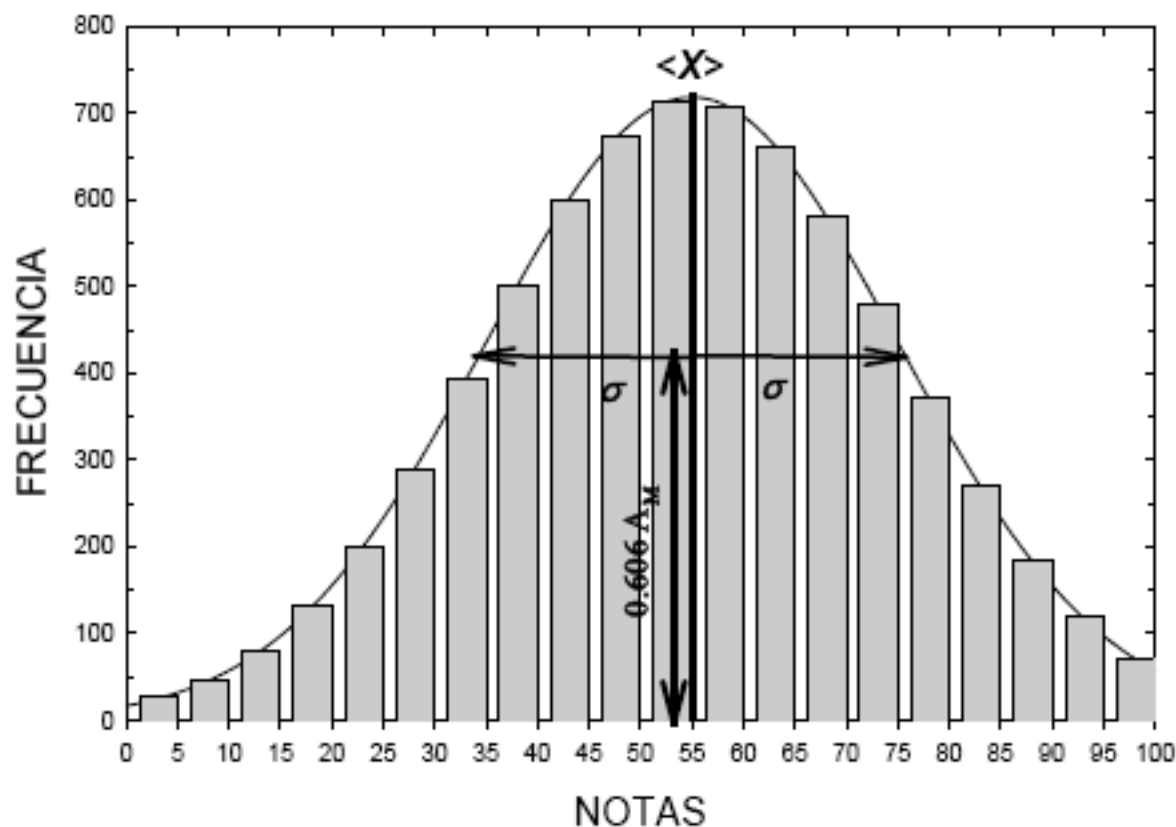


Fig. 4. Notas de I Examen de admisión a la USB, 7200 estudiantes presentaron. Se indica el valor promedio  $\langle X \rangle = 55$ , la desviación estándar,  $\sigma = 20$  y el ancho al 60.6% de la altura máxima..

# **ERROR DE UNA MAGNITUD QUE SE MIDE UNA VEZ**

**Mejor valor: Valor medido  $Z$**

**Error: Error nominal  $\Delta Z = \sigma_{\text{nom}}$**

## ERROR DE UNA MAGNITUD QUE SE MIDE N VECES

Se relizan N mediciones:  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_N$

Mejor estimador de la magnitud  $x$  : Valor promedio

$$\langle x \rangle = \frac{\sum_{j=1}^N x_j}{N}$$

Desviación de cada medición respecto al valor promedio es:

$$\Delta x_j = x_j - \langle x \rangle$$

para  $j = 1, 2, 3, \dots, N$

## ERROR DE UNA MAGNITUD QUE SE MIDE N VECES (CONTINUACIÓN)

El error cuadrático medio o desviación estandar  $S_x$  se define como:

$$S_x^2 = \frac{\sum_{j=1}^N (x_j - \langle x \rangle)^2}{N - 1}$$

Se puede probar que el error estandar del promedio (relacionado con el error estadístico) es:

$$\sigma_{est} = \frac{S_x}{\sqrt{N}}$$

Y el error total de la medición es, como se indicó antes:

$$\Delta Z = \sqrt{(\sigma_{est}^2 + \sigma_{nom}^2)}$$

## PROPAGACIÓN DE ERRORES

**SE APLICA A MEDIDAS INDIRECTAS:** Magnitudes que se calculan a partir de los valores encontrados en las medidas de otras magnitudes.

Conocemos  $x \pm \delta x$  ,  $y \pm \delta y$ ,...

Calculamos  $z = f(x; y; \dots)$

Cual es el error de  $z$ ?

## TEORÍA DE PROPAGACIÓN DE ERRORES

Conjunto de reglas que permiten asignar un error a  $z$ , conocidas las incertidumbres de  $x$  e  $y$ ,...

Permiten asignar un error al resultado final.

Indican la importancia relativa de las diferentes medidas directas.

## PROPAGACIÓN DE ERRORES EN SUMAS Y DIFERENCIAS

Datos iniciales:  $x \pm \delta x$ ,  $y \pm \delta y$

Su suma:  $q_s = x + y$

Su diferencia:  $q_d = x - y$

¿Cuál es la incertidumbre de  $q_s$  y  $q_d$ ?

El error absoluto de la suma y de la diferencia de dos o más magnitudes es la suma de los errores absolutos de dichas magnitudes:

$$q = x \pm y$$

$$\delta q = \delta x + \delta y$$



## PROPAGACIÓN DE ERRORES PARA CUALQUIER TIPO DE FUNCIÓN: LA SERIE DE TAYLOR

Cuando tenemos funciones más complejas podemos expandir en serie de Taylor para hallar el error.

La serie de Taylor es una función matemática que se define de la siguiente forma:

Sea  $f(x)$  una función real o compleja, infinitamente diferenciable en el entorno de un punto  $x_0$ . La representación en serie de dicha función se puede escribir como:

$$f(x) \approx f(x_0) + \frac{f'(x_0)}{1!} (x - x_0) + \frac{f''(x_0)}{2!} (x - x_0)^2 + \dots + \frac{f^{(n)}(x_0)}{n!} (x - x_0)^n$$

## APLICACIÓN DE LA SERIE DE TAYLOR A LA PROPAGACIÓN DE ERRORES

Sea:  $x \pm \delta x$  ,  $y \pm \delta y$

$$F(x \pm \delta x , y \pm \delta y) \approx F(x, y) + F_x(x,y) \delta x + F_y(x,y) \delta y$$

$$\Delta F = F(x \pm \delta x , y \pm \delta y) - F(x, y)$$

$$\Delta F = \left| \frac{\partial F}{\partial x} \right| \partial x + \left| \frac{\partial F}{\partial y} \right| \partial y$$

## PRIMER EJEMPLO DE LA PROPAGACIÓN DE ERRORES CÁLCULO DE DOS RESISTENCIAS EN PARALELO

Se quiere determinar el valor de dos resistencias en paralelo a partir de los valores medidos para cada una de ellas. Los resultados de las mediciones realizadas con un ohmetro son:

$$R_1 = \langle R_1 \rangle \pm \Delta R_1 \quad \text{y} \quad R_2 = \langle R_2 \rangle \pm \Delta R_2$$

La fórmula para calcular el valor de la resistencia en paralelo es:

$$\langle R_p \rangle = \frac{\langle R_1 \rangle \langle R_2 \rangle}{\langle R_1 \rangle + \langle R_2 \rangle}$$

Y la expresión para calcular el error causado por la propagación es:

$$\Delta R_p = \frac{\partial \langle R_p \rangle}{\partial \langle R_1 \rangle} \Delta R_1 + \frac{\partial \langle R_p \rangle}{\partial \langle R_2 \rangle} \Delta R_2$$

Al derivar se obtiene:

$$\Delta R_p = \frac{\langle R_2 \rangle^2}{(\langle R_1 \rangle + \langle R_2 \rangle)^2} \Delta R_1 + \frac{\langle R_1 \rangle^2}{(\langle R_1 \rangle + \langle R_2 \rangle)^2} \Delta R_2$$

## SEGUNDO EJEMPLO DE LA PROPAGACIÓN DE ERRORES MEDICIÓN INDIRECTA DE UNA RESISTENCIA

Se quiere determinar el valor de una resistencia en forma indirecta midiendo el voltaje sobre sus terminales y la corriente que circula por ella. Los resultados de las mediciones con el voltímetro y el amperímetro son:

$$V_{\text{volt}} = \langle V_{\text{volt}} \rangle \pm \Delta V_{\text{volt}} \quad \text{y} \quad I_{\text{amp}} = \langle I_{\text{amp}} \rangle \pm \Delta I_{\text{amp}}$$

La fórmula para calcular el valor de la resistencia es:  $\langle Rx \rangle = \frac{\langle V_{\text{Volt}} \rangle}{\langle I_{\text{amp}} \rangle}$

Y la expresión para calcular el error causado por la propagación es:

$$\Delta Rx = \frac{\partial \langle Rx \rangle}{\partial \langle V_{\text{Volt}} \rangle} \Delta V_{\text{Volt}} + \frac{\partial \langle Rx \rangle}{\partial \langle I_{\text{amp}} \rangle} \Delta I_{\text{amp}}$$

Al derivar se obtiene:  $\Delta Rx = \frac{\Delta V_{\text{Volt}}}{\langle I_{\text{amp}} \rangle} + \frac{\langle V_{\text{Volt}} \rangle}{\langle I_{\text{amp}} \rangle^2} \Delta I_{\text{amp}}$

# CONCEPTOS TEÓRICOS BÁSICOS

**\*CONCEPTOS SOBRE MEDICIONES**

**\*CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN**

**\*ERRORES DE MEDICIÓN**

**\*TEORÍA DE ERRORES**

**\*COMPONENTES Y SUS PARÁMETROS**

**\*ESPECIFICACIONES DE LAS RESISTENCIAS**

**\*PROGRAMAS SIMULADORES DE CIRCUITOS: SPICE**

**\*DATOS PARA LA PRÁCTICA N° 2**

**\*CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 2**

**\*BIBLIOGRAFÍA**

# COMPONENTES Y SUS PARÁMETROS

## Definición

Elementos físicos con los cuales se monta un circuito.

Presentan diferentes características eléctricas: Resistencia, capacitancia, inductancia, etc., que constituyen los **parámetros** del componente. No hay componentes ideales.

## Parámetros

**Concentrados y distribuidos**

**Activos y pasivos**

**Variables e invariables en el tiempo**

**Lineales y no lineales** Cumplen con superposición y homogeneidad.

# CONCEPTOS TEÓRICOS BÁSICOS

**\*CONCEPTOS SOBRE MEDICIONES**

**\*CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN**

**\*ERRORES DE MEDICIÓN**

**\*TEORÍA DE ERRORES**

**\*COMPONENTES Y SUS PARÁMETROS**

**\*ESPECIFICACIONES DE LAS RESISTENCIAS**

**\*PROGRAMAS SIMULADORES DE CIRCUITOS: SPICE**

**\*DATOS PARA LA PRÁCTICA N° 2**

**\*CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 2**

**\*BIBLIOGRAFÍA**

# ESPECIFICACIONES DE LAS RESISTENCIAS

**Definición:** Transforman energía eléctrica en térmica.

Son componentes pasivos, de parámetros concentrados, considerados como invariables en el tiempo y lineales.

## Especificaciones fundamentales

Valor nominal (código de colores)

Tolerancia

Potencia



## **Otras especificaciones importantes**

Temperatura de operación

Coeficiente de temperatura

Frecuencia de operación: Capacitancias e inductancias parásitas

Vida de almacenamiento

Aislamiento ante la humedad

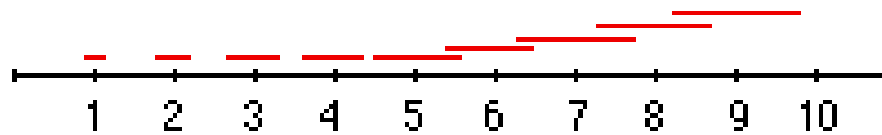
## **Tipos**

Carbón de capa delgada o gruesa

Metálicas

## VALORES PREFERIDOS

Distribución lineal con incremento de una unidad (no conveniente)



Los valores nominales se asignan siguiendo una progresión geométrica basada en las siguientes relaciones:

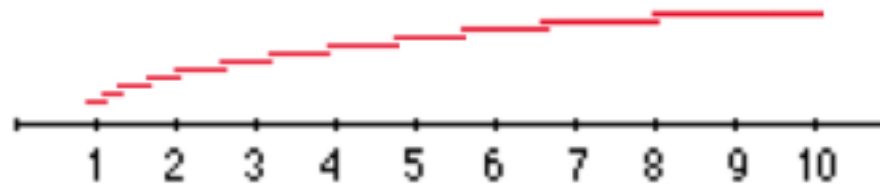
$${}^6\sqrt{10} = 1,46 \text{ para } \pm 20\% \text{ de tolerancia}$$

$${}^{12}\sqrt{10} = 1,21 \text{ para } \pm 10\% \text{ de tolerancia}$$

$${}^{24}\sqrt{10} = 1,10 \text{ para } \pm 5\% \text{ de tolerancia}$$

# TABLA DE VALORES PARA RESISTENCIAS DE 5% DE TOLERANCIA

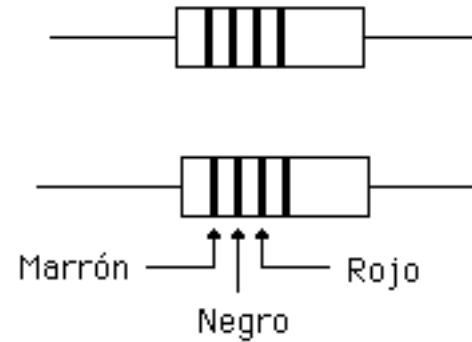
Distribución valores nominales siguiendo una progresión geométrica



10	18	33	56
11	20	36	62
12	22	39	68
13	24	43	75
15	27	47	82
16	30	51	91

<b>Valor nominal</b>	
Plateado	-2
Dorado	-1
Negro	0
Marrón	1
Rojo	2
Naranja	3
Amarillo	4
Verde	5
Azul	6
Violeta	7
Gris	8
Blanco	9

## CÓDIGO DE COLORES RESISTENCIAS DE CUATRO BANDAS



<b>Tolerancia</b>	
Dorado	5%
Plateado	10%
Sin banda	20%

# CONCEPTOS TEÓRICOS BÁSICOS

**\*CONCEPTOS SOBRE MEDICIONES**

**\*CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN**

**\*ERRORES DE MEDICIÓN**

**\*TEORÍA DE ERRORES**

**\*COMPONENTES Y SUS PARÁMETROS**

**\*ESPECIFICACIONES DE LAS RESISTENCIAS**

**\*PROGRAMAS SIMULADORES DE CIRCUITOS: SPICE**

**\*DATOS PARA LA PRÁCTICA N° 2**

**\*CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 2**

**\*BIBLIOGRAFÍA**

## ¿QUÉ ES SPICE?

Es un programa para simular circuitos que incluyen tanto componentes básicos como circuitos electrónicos integrados, desarrollado como una tesis doctoral en la Universidad de Berkeley en 1973.

La codificación inicial se realizó en Fortran.

Los datos e instrucciones se introducían en el sistema mediante una lista organizada, denominada "Netlist".

El cálculo de las variables del circuito se realizaba aplicando el método de nodos.

Por ser el resultado de un desarrollo académico, el programa SPICE básico es un programa de libre distribución.

## ¿CÓMO EVOLUCIONÓ SPICE?

A lo largo de los años se fué mejorando la forma de realizar los cálculos, en 1989 se codifica en C, se desarrolla una interfaz gráfica y se continúan agregando numerosas funciones.

Posteriormente las compañías que desarrollan software tomaron el núcleo inicial del programa, y elaboraron alrededor del mismo interfaces de entrada y salida que simplifican enormemente el uso del programa, pero que convierten el producto final en un software comercial, que debe comprarse: ISPICE, HSPICE, PSPICE...

En el laboratorio tenemos PSPICE Evaluation 9.1.

En la actualidad AIMSPICE sigue siendo de libre distribución, pero la entrada de datos es a través de "Netlist"

**El nombre SPICE es un acrónimo:**

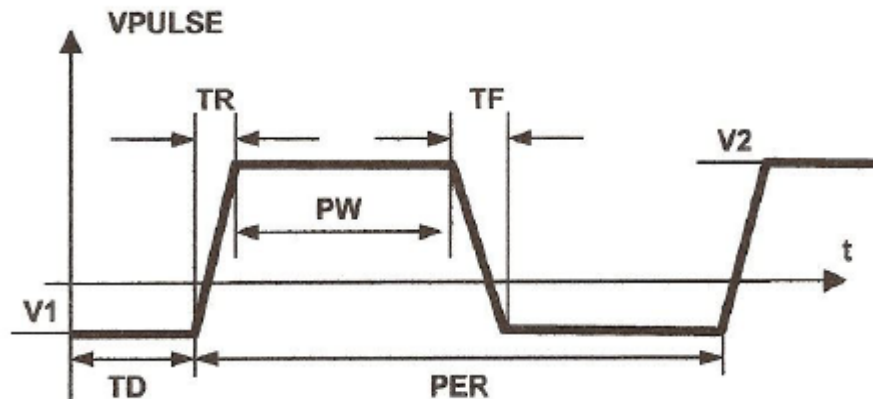
**Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis**

## **PASOS A SEGUIR PARA SIMULAR UN CIRCUITO EN SPICE**

- \* Abrir el programa y seleccionar Schematics. Aparece una página donde se va a dibujar el circuito.
- \* Seleccionar los componentes que se desean y colocarlos en la página.
- \* Ubicar los componentes en la posición deseada.
- \* Definir los parámetros de los componentes en las correspondientes cajas de diálogo (valor de las resistencias, voltaje de las fuentes, etc.)
- \* Conectar los componentes para determinar el circuito. No deben quedar componentes sin conexión y debe identificarse un punto como tierra GND.
- \* Seleccionar las variables que se quieren como resultados (voltaje en una resistencia, corriente por una rama, etc.)
- \* Seleccionar el tipo de análisis que se quiere realizar. Nosotros vamos a utilizar Bias Point detail, Transient y AC Sweep. Cuando se abre la ventana hay que seleccionar los parámetros de la simulación correspondiente.
- \* Guardar el archivo con un nombre que lo identifique.
- \* Correr la simulación. Los resultados aparecen en una gráfica.



## EJEMPLO: LA FUENTE VPULSE EN SPICE



Descripción del generador VPULSE en *PSpice*

V1 = Voltaje inferior (0V)

V2 = Voltaje superior (10V)

PER = Período (unas 16 veces la constante de tiempo esperada)

PW = Ancho del pulso (unas 8 veces la constante de tiempo esperada)

TD = Tiempo de retardo (0 s)

TR y TF = Tiempos de subida y bajada (se puede colocar 1ns en cada parámetro para que la forma de onda no sea totalmente vertical, lo cual puede crear problemas de conmutación)

# CONCEPTOS TEÓRICOS BÁSICOS

**\*CONCEPTOS SOBRE MEDICIONES**

**\*CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN**

**\*ERRORES DE MEDICIÓN**

**\*TEORÍA DE ERRORES**

**\*COMPONENTES Y SUS PARÁMETROS**

**\*ESPECIFICACIONES DE LAS RESISTENCIAS**

**\*PROGRAMAS SIMULADORES DE CIRCUITOS: SPICE**

**\*DATOS PARA LA PRÁCTICA N° 2**

**\*CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 2**

**\*BIBLIOGRAFÍA**

## DATOS PARA LA PRÁCTICA N° 2

Circuito 2.2.a:  $V_p = 5 \text{ V}$ ;  $f = 1 \text{ KHz}$ ;  $R = 1 \text{ K}\Omega$ ,  $C = 100 \text{ nF}$

Circuito 2.2.b:  $V_p = 5 \text{ V}$ ;  $f = 1 \text{ KHz}$ ;  $R = 1 \text{ K}\Omega$ ,  $L = 100 \text{ mH}$

Circuito 2.3:  $V_p = 1 \text{ V}$ ;  $R = 1 \text{ K}\Omega$ ,  $C = 100 \text{ nF}$ ;  $L = 100 \text{ mH}$

Circuito 2.4:  $R_1 = 1 \text{ K}\Omega$ ;  $R_2 = 10 \text{ K}\Omega$ ;  $R_3 = 910 \Omega$ ; Fuentes  $15\text{V}$  y  $-15\text{V}$ .

Circuito 2.5:  $R_1 = 1 \text{ K}\Omega$ ;  $R_2 = 10 \text{ K}\Omega$ ;  $R_3 = 910 \Omega$ ;  $C = 10 \text{ nF}$ ,  $15\text{V}$  y  $-15\text{V}$ .

Circuito 2.6:  $R_1 = 1 \text{ K}\Omega$ ;  $R_2 = 10 \text{ K}\Omega$ ;  $R_3 = 910 \Omega$ ;  $C = 100 \text{ nF}$ ,  $15\text{V}$  y  $-15\text{V}$ .

Rango de frecuencias para los análisis AC Sweep:  $10 \text{ Hz}$  a  $1 \text{ MHz}$ .

# **CONCEPTOS TEÓRICOS BÁSICOS**

**\*CONCEPTOS SOBRE MEDICIONES**

**\*CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN**

**\*ERRORES DE MEDICIÓN**

**\*TEORÍA DE ERRORES**

**\*COMPONENTES Y SUS PARÁMETROS**

**\*ESPECIFICACIONES DE LAS RESISTENCIAS**

**\*PROGRAMAS SIMULADORES DE CIRCUITOS: SPICE**

**\*DATOS PARA LA PRÁCTICA N° 2**

**\*CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 2**

**\*BIBLIOGRAFÍA**

## **CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 2**

Familiarización con el programa SPICE y ejecución de la simulación de los primeros circuitos	20 minutos
Simulación de los circuitos RC y RL	30 minutos
Simulación de las configuraciones con el circuito RLC	60 minutos
Simulaciones con el amplificador operacional	60 minutos

# **CONCEPTOS TEÓRICOS BÁSICOS**

**\*CONCEPTOS SOBRE MEDICIONES**

**\*CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN**

**\*ERRORES DE MEDICIÓN**

**\*TEORÍA DE ERRORES**

**\*COMPONENTES Y SUS PARÁMETROS**

**\*ESPECIFICACIONES DE LAS RESISTENCIAS**

**\*PROGRAMAS SIMULADORES DE CIRCUITOS: SPICE**

**\*DATOS PARA LA PRÁCTICA N° 2**

**\*CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 2**

**\*BIBLIOGRAFÍA**

## BIBLIOGRAFÍA

"Laboratorios de Circuitos Electrónicos, Guía Teórica" versión electrónica  
María Isabel Giménez de Guzmán Universidad Simón Bolívar  
<http://www.labc.usb.ve/index.php/pagina-de-asignaturas/79>

"Física re-Creativa" S. Gil Universidad Nacional de San Martín y  
Universidad de Buenos Aires - Buenos Aires - Argentina  
<http://www.fisicarecreativa.com/>

"Laboratorio de Física I FS2181 Errores en la medida y su propagación".  
Estrella de Laredo y Alfredo Bello. Universidad Simón Bolívar  
<http://www.labd.usb.ve/lista-descargas>

"Guía rápida de PSPICE versión 9.1". Universidad Pontificia de Comillas.  
<http://dea.unsj.edu.ar/sredes/ManualSpice.pdf>

## **PRELABORATORIO N° 2**

### **CONCEPTOS TEÓRICOS BÁSICOS**

- \*INSTRUMENTO BÁSICO: GALVANÓMETRO DE D'ARSONVAL**
- \*AMPERÍMETROS, VOLTÍMETROS Y OHMETROS**
- \*MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA INTERNA DEL AMPERÍMETRO POR EL MÉTODO DE SUSTITUCIÓN**
- \*DETERMINACIÓN DE LA LINEALIDAD DEL AMPERÍMETRO**
- \*CARACTERÍSTICA  $\Omega/V$  DEL VOLTÍMETRO**
- \*PUENTE DE WHEATSTONE**
- \*MEDICIÓN DE RESISTENCIAS POR MÉTODOS INDIRECTOS**
- \*CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 3**
- \*INTRODUCCIÓN AL OSCILOSCOPIO**



## CONCEPTOS TEÓRICOS BÁSICOS

**\*INSTRUMENTO BÁSICO: GALVANÓMETRO DE D'ARSONVAL**

**\*AMPERÍMETROS, VOLTÍMETROS Y OHMETROS**

**\*MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA INTERNA DEL AMPERÍMETRO POR EL MÉTODO DE SUSTITUCIÓN**

**\*DETERMINACIÓN DE LA LINEALIDAD DEL AMPERÍMETRO**

**\*CARACTERÍSTICA  $\Omega/V$  DEL VOLTÍMETRO**

**\*PUENTE DE WHEATSTONE**

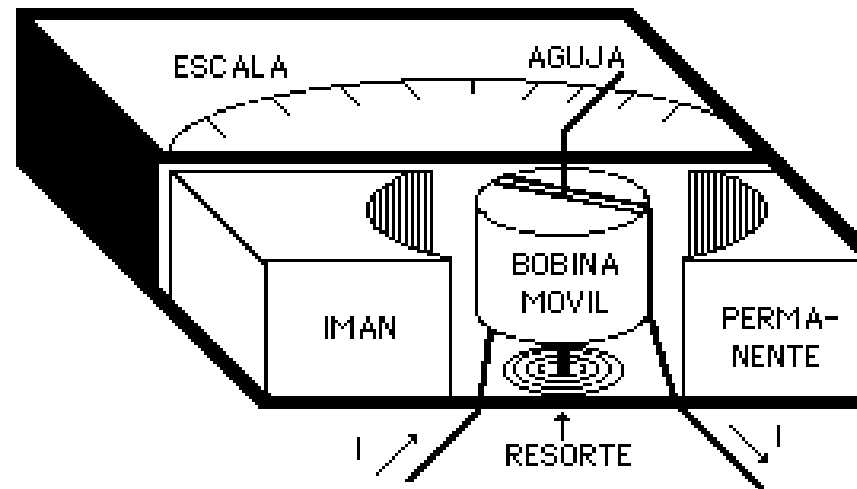
**\*MEDICIÓN DE RESISTENCIAS POR MÉTODOS INDIRECTOS**

**\*CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 3**

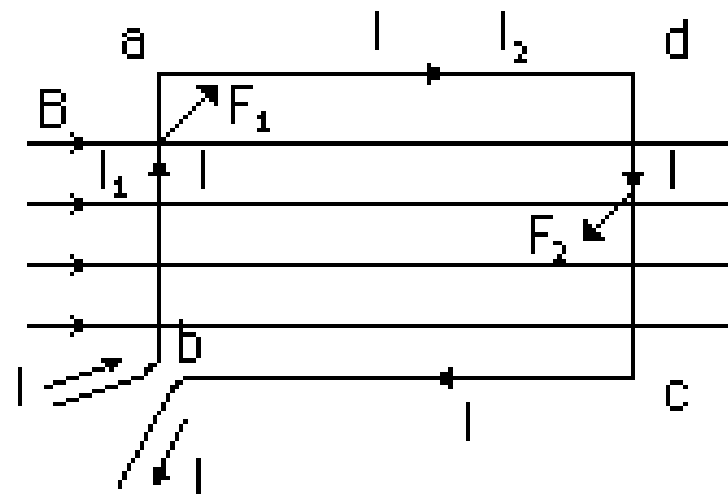
**\*INTRODUCCIÓN AL OSCILOSCOPIO**

# EL GALVANÓMETRO DE D'ARSONVAL

## Estructura



## Funcionamiento



## CONCEPTOS TEÓRICOS BÁSICOS

**\*INSTRUMENTO BÁSICO: GALVANÓMETRO DE D'ARSONVAL**

**\*AMPERÍMETROS, VOLTÍMETROS Y OHMETROS**

**\*MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA INTERNA DEL AMPERÍMETRO POR EL MÉTODO DE SUSTITUCIÓN**

**\*DETERMINACIÓN DE LA LINEALIDAD DEL AMPERÍMETRO**

**\*CARACTERÍSTICA  $\Omega/V$  DEL VOLTÍMETRO**

**\*PUENTE DE WHEATSTONE**

**\*MEDICIÓN DE RESISTENCIAS POR MÉTODOS INDIRECTOS**

**\*CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 3**

**\*INTRODUCCIÓN AL OSCILOSCOPIO**

## DISEÑO DE UN AMPERÍMETRO

**Instrumento capaz de medir una corriente máxima  $I$  basado en un galvanómetro de D'Arsonval con  $I_m$  y  $R_i$**

Cuando la corriente de entrada  $I$  sea la máxima deseada, la corriente por el galvanómetro será  $I_m$ .

Se usa el principio del divisor de corriente:

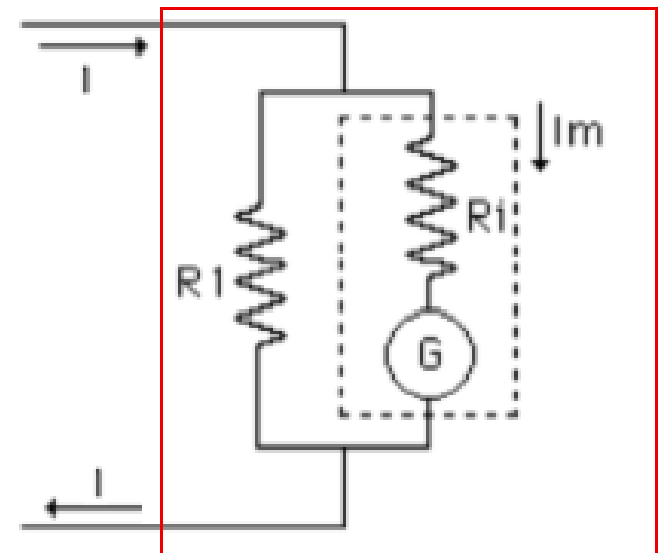
$$I_m = \frac{R_1}{R_1 + R_i} I$$

por lo tanto:

$$R_1 = \frac{R_i}{I - I_m} I_m$$

Por ejemplo: Con un galvanómetro cuyas características son  $I_m = 100\mu\text{A}$  y  $R_i = 10\text{K}\Omega$  se quiere diseñar un amperímetro con  $I = 10\text{mA}$

Al aplicar la expresión del divisor de corriente se obtiene  $R_1 = 10,1\Omega$

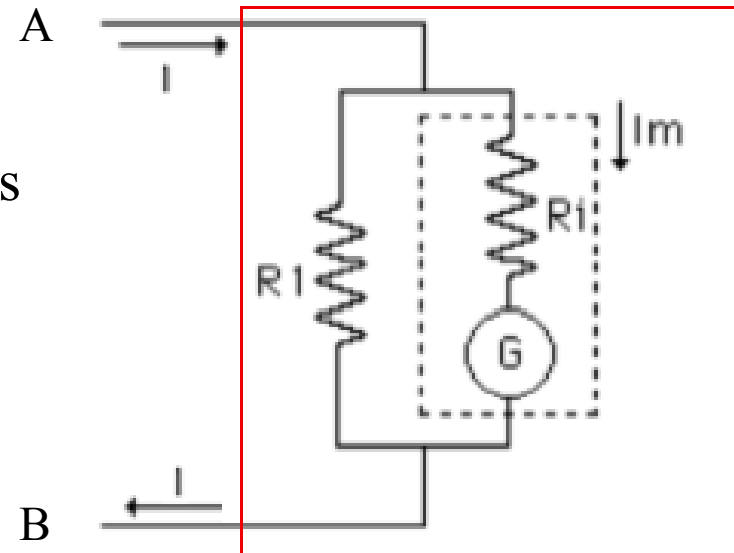


## RESISTENCIA INTERNA DE UN AMPERÍMETRO

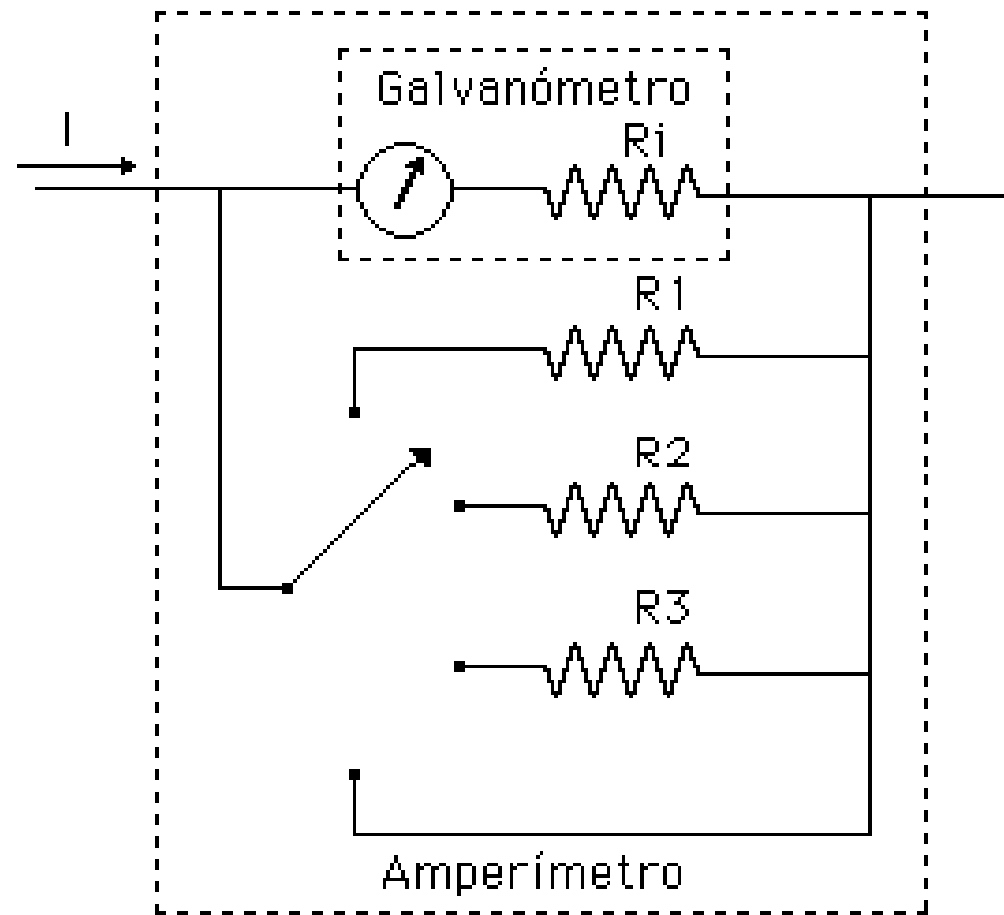
La resistencia interna del amperímetro, correspondiente a la resistencia que se puede medir entre los puntos A y B, está dada por el paralelo de la resistencia interna del galvanómetro  $R_i$  con la resistencia calculada para diseñar la escala correspondiente,  $R_1$ .

Para el ejemplo presentado, la resistencia interna del amperímetro de 10 mA entre los terminales A y B, esta dada por:

$$R_{\text{amp}} = R_1 \parallel R_i = 10,1\Omega \parallel 10\text{K}\Omega = 10,09\Omega$$



# AMPERÍMETRO DE VARIAS ESCALAS



## DISEÑO DE UN VOLTÍMETRO

**Instrumento capaz de medir un voltaje máximo  $V$  basado en un galvanómetro con  $I_m$  y  $R_i$**

Cuando el voltaje de entrada sea el máximo deseado,  $E$ , la aguja debe deflejar toda la escala, por lo que la corriente por el galvanómetro será  $I_m$  y el voltaje entre los extremos del galvanómetro será  $I_m \times R_i = V_m$ .

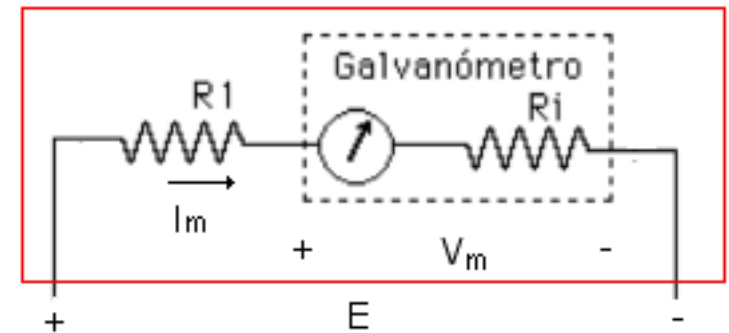
Se usa el principio del divisor de voltaje:

El valor de  $R_1$  debe ser tal que:

$$V_m = R_i I_m = \frac{R_i}{R_1 + R_i} E$$

$$R_1 = \frac{E - R_i I_m}{I_m}$$

Por ejemplo: Con un galvanómetro cuyas características son  $I_m = 100\mu\text{A}$  y  $R_i = 10\text{K}\Omega$  se quiere diseñar un voltímetro con  $E = 10\text{V}$ . La resistencia a colocar en serie con el galvanómetro es  $R_1 = 90\text{K}\Omega$ .



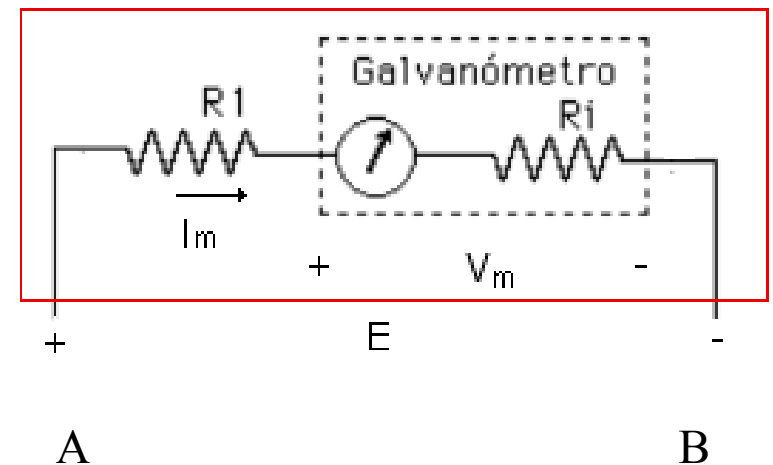
## RESISTENCIA INTERNA DE UN VOLTÍMETRO

La resistencia interna del voltímetro, correspondiente a la resistencia que se puede medir entre los puntos A y B, está dada por la resistencia interna del galvanómetro  $R_i$  en serie con la resistencia calculada para diseñar la escala correspondiente,  $R_1$ .

Para el ejemplo presentado, la resistencia interna del voltímetro de 10 V entre los terminales A y B, esta dada por:

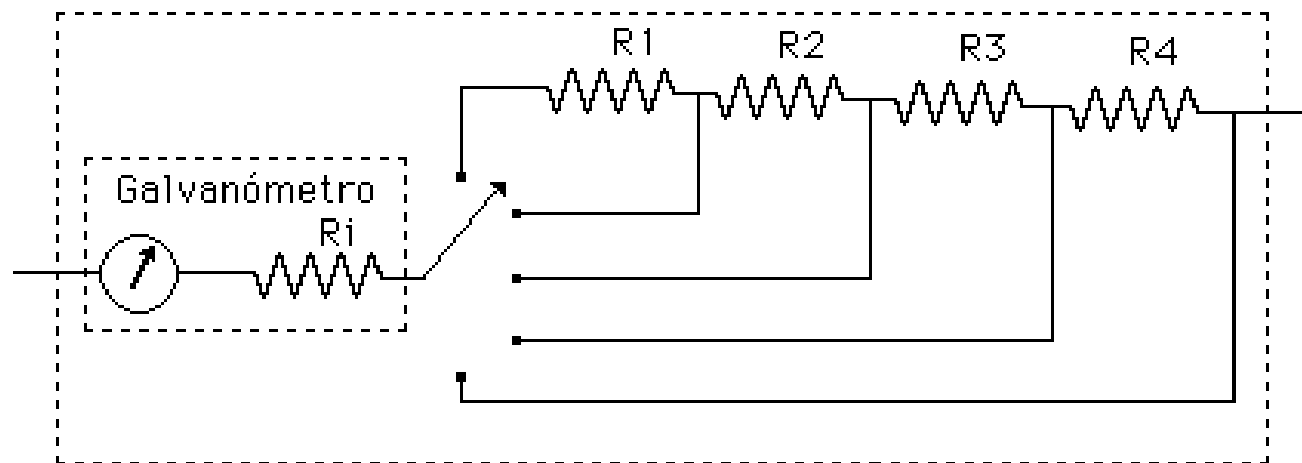
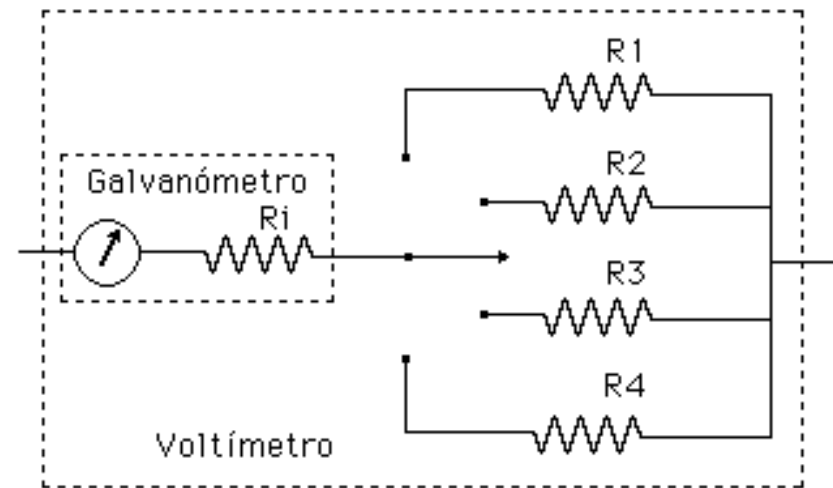
$$R_{vol} = R_1 + R_i = 90K\Omega + 10K\Omega = 100K\Omega$$

Como puede observarse  $E = I_m (R_1 + R_i)$ .

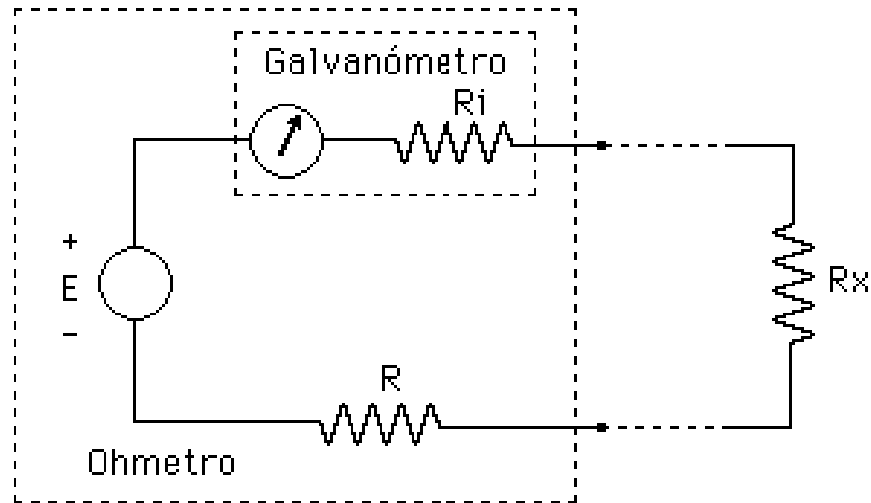




# VOLTÍMETRO DE VARIAS ESCALAS



## DISEÑO DE UN ÓHMETRO



Cuando  $R_1 = 0$  (un corto) se cumple:

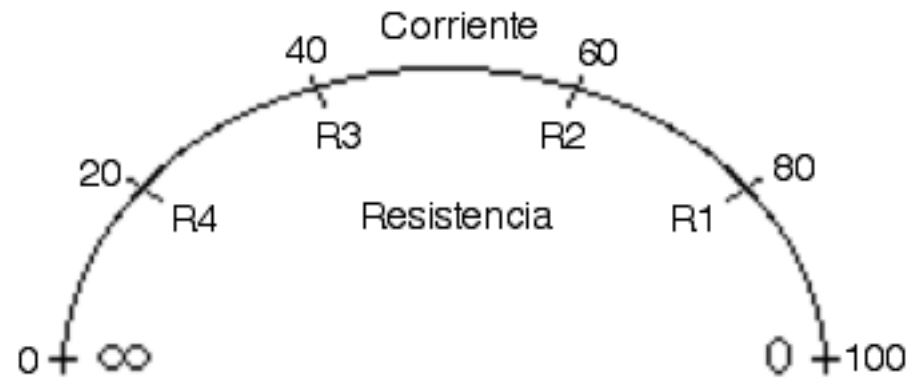
$$E = (R_i + R)I_m$$

de donde

$$R = \frac{E}{I_m} - R_i$$

**Nota:** Es conveniente utilizar una resistencia menor que la calculada y un potenciómetro en serie para ajustar el valor de  $0 \Omega$  en  $I_m$ .

# CALIBRACIÓN DE LA ESCALA DEL ÓHMETRO



$$E = (R_i + R + R_x)I_{gx}$$

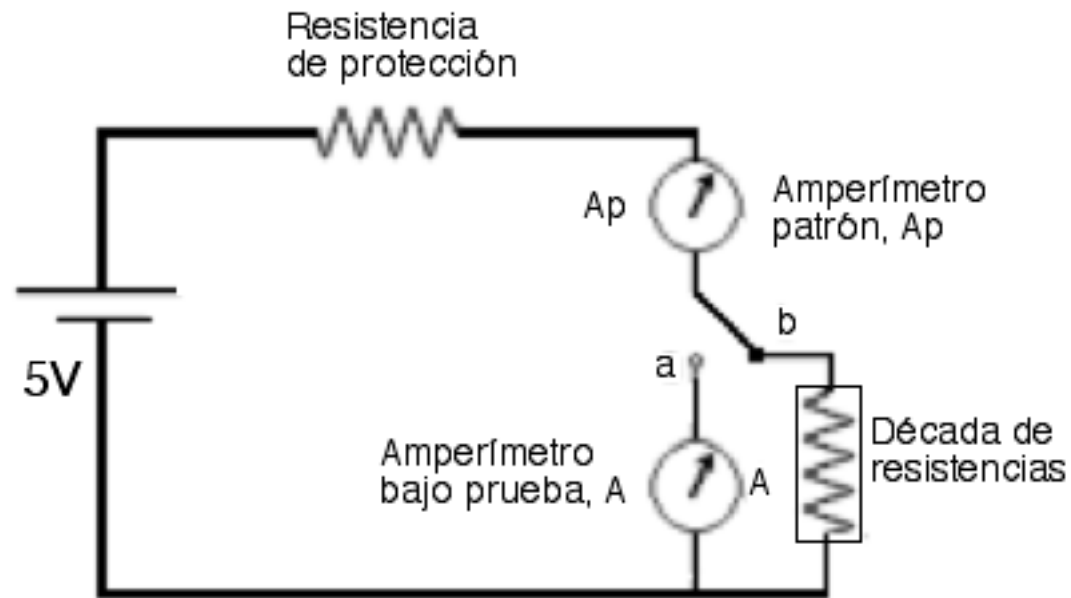
$$I_{gx} = \frac{E}{(R_i + R + R_x)}$$

$$R_x = \frac{E}{I_{gx}} - R - R_i$$

## CONCEPTOS TEÓRICOS BÁSICOS

- \*INSTRUMENTO BÁSICO: GALVANÓMETRO DE D'ARSONVAL**
- \*AMPERÍMETROS, VOLTÍMETROS Y OHMETROS**
- \*MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA INTERNA DEL AMPERÍMETRO POR EL MÉTODO DE SUSTITUCIÓN**
- \*DETERMINACIÓN DE LA LINEALIDAD DEL AMPERÍMETRO**
- \*CARACTERÍSTICA  $\Omega/V$  DEL VOLTÍMETRO**
- \*PUENTE DE WHEATSTONE**
- \*MEDICIÓN DE RESISTENCIAS POR MÉTODOS INDIRECTOS**
- \*CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 3**
- \*INTRODUCCIÓN AL OSCILOSCOPIO**

# MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA INTERNA DEL AMPERÍMETRO POR EL MÉTODO DE SUSTITUCIÓN



## Resistencias internas de los amperímetros y voltímetros

Model	Maximum scale value		Approximate internal resistance, consumed power
<b>2051</b>	<b>01</b>	30/100/300/1000/3000 $\mu\text{A DC}$	5/6.8/2.8/0.9/0.3 $\text{k}\Omega$
	<b>02</b>	0.3/1/3/10/30 $\text{mA DC}$	970/390/140/43/14 $\Omega$
	<b>03</b>	10/30/100/300/1000 $\text{mA DC}$	4/1.4/0.4/0.14/0.04 $\Omega$
	<b>04</b>	0.3/1/3/10/30 $\text{A DC}$	0.14/0.04/0.014/0.004/0.001 $\Omega$
	<b>05</b>	0.3/1/3/10/30 $\text{V DC}$	$100\mu\text{A (10k}\Omega/\text{V)}$
	<b>06</b>	3/10/30/100/300 $\text{V DC}$	
	<b>11</b>	$\pm 0.15/0.5/1.5/5/15$ $\text{mA DC}$	970/390/140/43/14 $\Omega$
	<b>12</b>	$\pm 0.3/1/3/10/30$ $\text{mA DC}$	1170/400/135/40/14 $\Omega$
	<b>13</b>	$\pm 5/15/50/150/500$ $\text{mA DC}$	4/1.4/0.4/0.14/0.04 $\Omega$
	<b>14</b>	$\pm 10/30/100/300/1000$ $\text{mA DC}$	4/1.5/0.4/0.15/0.04 $\Omega$
	<b>15</b>	$\pm 0.15/0.5/1.5/5/15$ $\text{A DC}$	0.14/0.04/0.014/0.004/0.001 $\Omega$
	<b>16</b>	$\pm 0.3/1/3/10/30$ $\text{A DC}$	0.15/0.14/0.11/0.004/0.001 $\Omega$
	<b>17</b>	$\pm 0.15/0.5/1.5/5/15$ $\text{V DC}$	$100\mu\text{A (20k}\Omega/\text{V)}$
	<b>18</b>	$\pm 0.3/1/3/10/30$ $\text{V DC}$	$100\mu\text{A (10k}\Omega/\text{V)}$
	<b>19</b>	$\pm 1.5/5/15/50/150$ $\text{V DC}$	$100\mu\text{A (20k}\Omega/\text{V)}$
	<b>20</b>	$\pm 3/10/30/100/300$ $\text{V DC}$	$100\mu\text{A (10k}\Omega/\text{V)}$
	<b>01</b>	0.5/1/2.5 $\text{mA AC}$	

## CONCEPTOS TEÓRICOS BÁSICOS

- \*INSTRUMENTO BÁSICO: GALVANÓMETRO DE D'ARSONVAL
- \*AMPERÍMETROS, VOLTÍMETROS Y OHMETROS
- \*MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA INTERNA DEL AMPERÍMETRO POR EL MÉTODO DE SUSTITUCIÓN
- \***DETERMINACIÓN DE LA LINEALIDAD DEL AMPERÍMETRO**
- \*CARACTERÍSTICA  $\Omega/V$  DEL VOLTÍMETRO
- \*PUENTE DE WHEATSTONE
- \*MEDICIÓN DE RESISTENCIAS POR MÉTODOS INDIRECTOS
- \*CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 3
- \*INTRODUCCIÓN AL OSCILOSCOPIO

## DETERMINACIÓN DE LA LINEALIDAD DEL AMPERÍMETRO

Se toman dos medidas en la parte baja de la escala, tanto en el Amperímetro, A, como en el Amperímetro patrón, Ap, separadas un número dado de divisiones  $N_{\text{div}}$ ,  $I_1$ ,  $I_{1P}$ ,  $I_2$ ,  $I_{2P}$  y se calcula:

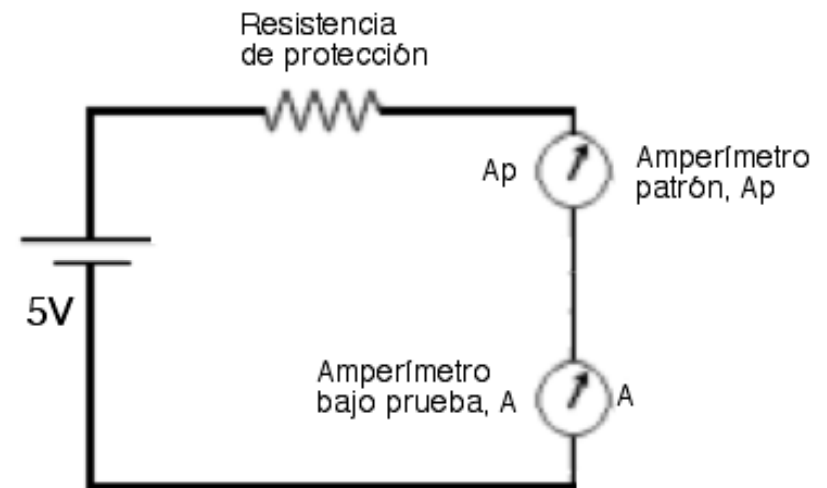
$$D_a = (I_{2P} - I_{1P}) / N_{\text{div}}.$$

Se toman dos medidas en la parte alta de la escala, tanto en el Amperímetro como en el Amperímetro patrón, separadas por el mismo número de divisiones,  $N_{\text{div}}$ ,  $I_3$ ,  $I_{3P}$ ,  $I_4$ ,  $I_{4P}$  y se calcula:

$$D_b = (I_{4P} - I_{3P}) / N_{\text{div}}.$$

Se determina la linealidad en términos porcentuales aplicando la relación:

$$L_{\text{in}} = [(D_a - D_b) / D_b] \times 100\%.$$





## CONCEPTOS TEÓRICOS BÁSICOS

- \*INSTRUMENTO BÁSICO: GALVANÓMETRO DE D'ARSONVAL**
- \*AMPERÍMETROS, VOLTÍMETROS Y OHMETROS**
- \*MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA INTERNA DEL AMPERÍMETRO POR EL MÉTODO DE SUSTITUCIÓN**
- \*DETERMINACIÓN DE LA LINEALIDAD DEL AMPERÍMETRO**
- \*CARACTERÍSTICA  $\Omega/V$  DEL VOLTÍMETRO**
- \*PUENTE DE WHEATSTONE**
- \*MEDICIÓN DE RESISTENCIAS POR MÉTODOS INDIRECTOS**
- \*CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 3**
- \*INTRODUCCIÓN AL OSCILOSCOPIO**

## CARACTERÍSTICA $\Omega/V$ DEL VOLTÍMETRO

$$E = (R_i + R_1) I_m$$

$$1/I_m = (R_i + R_1)/E = Y(\Omega/V)$$

$Y(\Omega/V)$ : Característica ohmios/voltio

Resistencia interna total:  $R_{vol}$

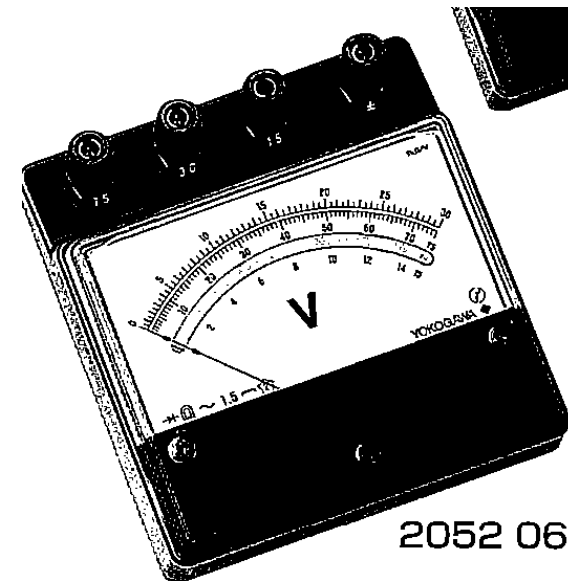
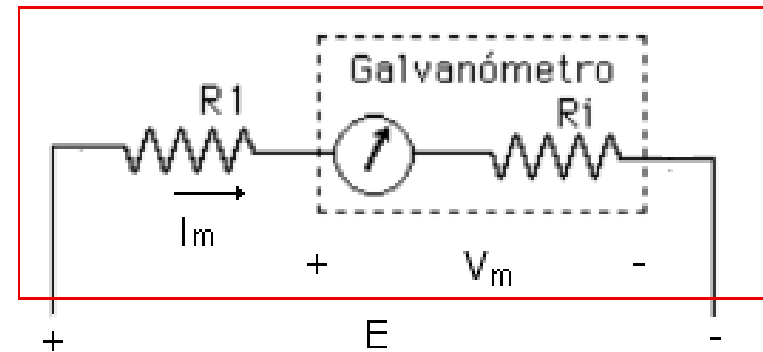
$$R_{vol} = (R_i + R_1) = Y(\Omega/V) \times E$$

Ejemplo:

Escala  $E = 15 \text{ V}$

Característica:  $1 \text{ K}\Omega/V$

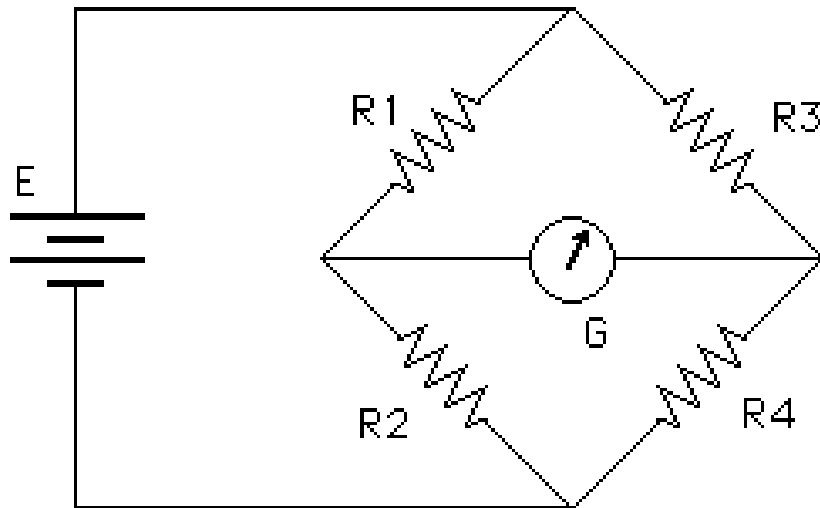
Resistencia interna total:  $15 \text{ K}\Omega$



## CONCEPTOS TEÓRICOS BÁSICOS

- \*INSTRUMENTO BÁSICO: GALVANÓMETRO DE D'ARSONVAL
- \*AMPERÍMETROS, VOLTÍMETROS Y OHMETROS
- \*MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA INTERNA DEL AMPERÍMETRO POR EL MÉTODO DE SUSTITUCIÓN
- \*DETERMINACIÓN DE LA LINEALIDAD DEL AMPERÍMETRO
- \*CARACTERÍSTICA  $\Omega/V$  DEL VOLTÍMETRO
- \*PUENTE DE WHEATSTONE
- \*MEDICIÓN DE RESISTENCIAS POR MÉTODOS INDIRECTOS
- \*CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 3
- \*INTRODUCCIÓN AL OSCILOSCOPIO

## PUENTE DE WHEATSTONE



Sensor: Amperímetro o voltímetro con cero central

## Ecuaciones del Puente de Wheatstone

$$V_a = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E$$

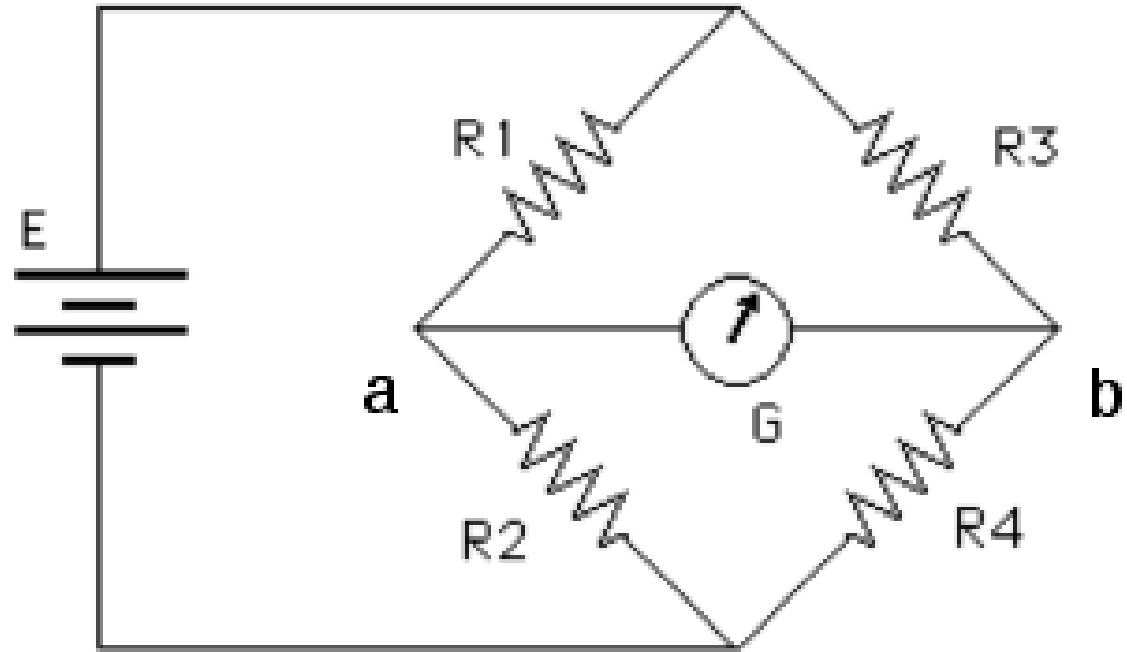
$$V_b = \frac{R_4}{R_3 + R_4} E$$

$$V_a = V_b$$

$$R_1 R_4 = R_2 R_3$$

$$R_2 = \frac{R_1}{R_3} R_4 = KR_4$$

$$R_x = KR_{\text{var}}$$



## **Factores de los que depende la exactitud del Puente de Wheatstone**

- 1.- Exactitud y precisión de las resistencias fijas y de la resistencia variable.
- 2.- Valores de las resistencias y la fuente del instrumento. Cuanto mayores sean las corrientes, más fácil será detectarlas.
- 3.-Exactitud y precisión del instrumento sensor
- 4.- Sensibilidad del instrumento sensor

## Sensibilidad del Puente de Wheatstone

Número de divisiones que defleca el instrumento sensor cuando se produce una variación determinada ( $1\Omega$ ) en la resistencia variable o en la resistencia incógnita.

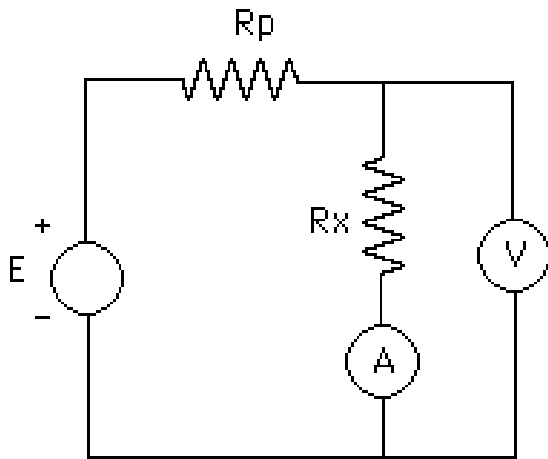
$$S = \frac{N^{\circ} \text{ divisiones}}{\Delta R_x}$$

## CONCEPTOS TEÓRICOS BÁSICOS

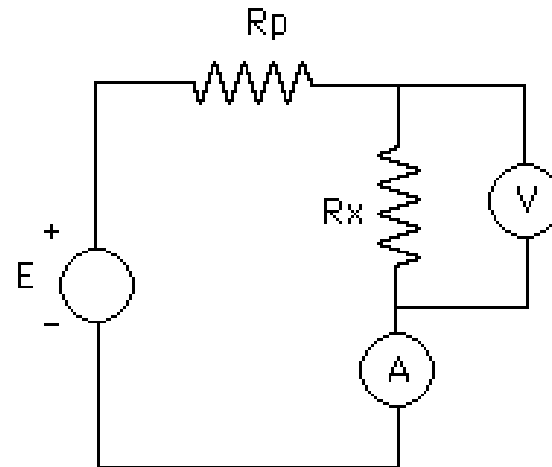
- \*INSTRUMENTO BÁSICO: GALVANÓMETRO DE D'ARSONVAL**
- \*AMPERÍMETROS, VOLTÍMETROS Y OHMETROS**
- \*MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA INTERNA DEL AMPERÍMETRO POR EL MÉTODO DE SUSTITUCIÓN**
- \*DETERMINACIÓN DE LA LINEALIDAD DEL AMPERÍMETRO**
- \*CARACTERÍSTICA  $\Omega/V$  DEL VOLTÍMETRO**
- \*PUENTE DE WHEATSTONE**
- \*MEDICIÓN DE RESISTENCIAS POR MÉTODOS INDIRECTOS**
- \*CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 3**
- \*INTRODUCCIÓN AL OSCILOSCOPIO**



# MEDICIÓN DE RESISTENCIAS POR MÉTODOS INDIRECTOS



Método 1



Método 2

$$\text{Método 1: } I_A = I_{R_x}; \quad V_V = V_{R_x} + V_A; \quad R_x = \frac{V_V}{I_A} = \frac{V_{R_x} + V_A}{I_{R_x}} = \frac{V_{R_x}}{I_{R_x}} + R_{\text{int } A}$$

$$\text{Método 2: } V_{R_x} = V_V; \quad I_A = I_{R_x} + I_V; \quad \frac{1}{R_x} = \frac{I_A}{V_V} = \frac{I_{R_x} + I_V}{V_{R_x}} = \frac{I_{R_x}}{V_{R_x}} + \frac{1}{R_{\text{int } V}}$$

## **Conclusiones sobre los métodos indirectos para medición de resistencias**

- \* En ambos métodos se introduce un error sistemático debido al método utilizado.
- \* En el Método 1, este error sistemático será menor cuanto menor sea la resistencia interna del amperímetro comparada con la resistencia bajo medición. Por lo tanto es útil para medir resistencias grandes.
- \* En el Método 2, este error sistemático será menor cuanto mayor sea la resistencia interna del voltímetro comparada con la resistencia bajo medición. Por lo tanto es útil para medir resistencias pequeñas.

**En el laboratorio se van a medir dos resistencias incógnita (una de centenares de  $\Omega$  y otra de centenares de  $k\Omega$ ) por varios métodos: Puente de Wheatstone (valor que se tomará como patrón), Ohmetros analógicos y digitales, y los dos métodos indirectos con voltímetros y amperímetros, para comparar resultados y establecer conclusiones.**

## CONCEPTOS TEÓRICOS BÁSICOS

- \*INSTRUMENTO BÁSICO: GALVANÓMETRO DE D'ARSONVAL**
- \*AMPERÍMETROS, VOLTÍMETROS Y OHMETROS**
- \*MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA INTERNA DEL AMPERÍMETRO POR EL MÉTODO DE SUSTITUCIÓN**
- \*DETERMINACIÓN DE LA LINEALIDAD DEL AMPERÍMETRO**
- \*CARACTERÍSTICA  $\Omega/V$  DEL VOLTÍMETRO**
- \*PUENTE DE WHEATSTONE**
- \*MEDICIÓN DE RESISTENCIAS POR MÉTODOS INDIRECTOS**
- \*CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 3**
- \*INTRODUCCIÓN AL OSCILOSCOPIO**

## **CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 3**

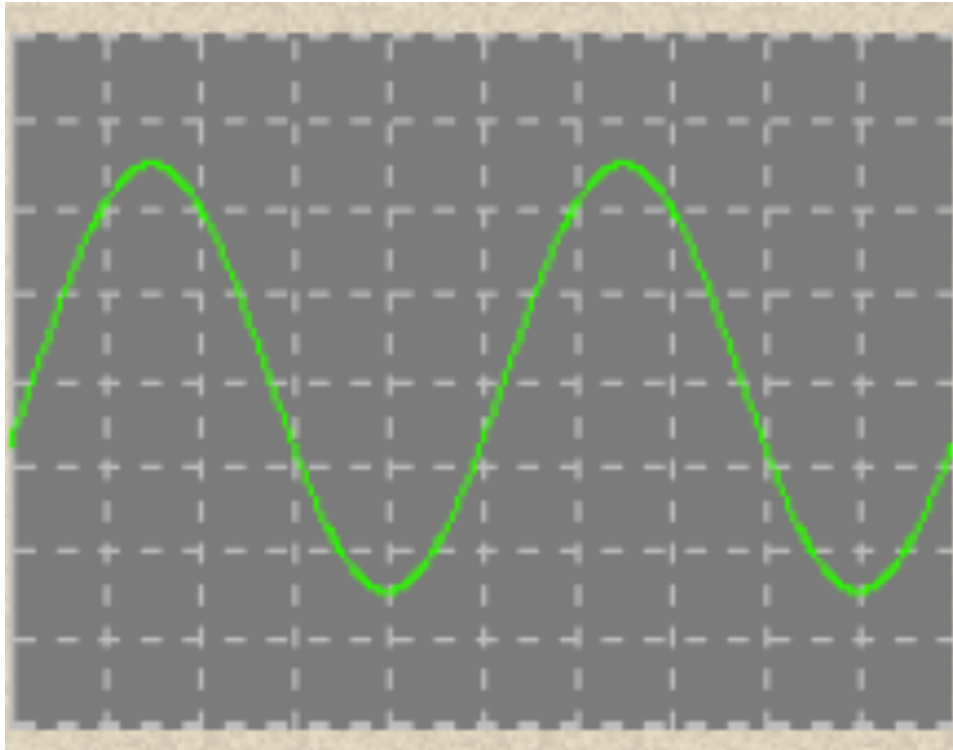
Estudio del Amperímetro DC, medición de la resistencia interna y la linealidad	60 minutos
Estudio del Voltímetro DC	15 minutos
Estudio de los multímetros analógico y digital	15 minutos
Estudio del Puente de Wheatstone, medición de las dos resistencias incógnita	45 minutos
Mediciones indirectas de las dos resistencias	45 minutos

## CONCEPTOS TEÓRICOS BÁSICOS

- \*INSTRUMENTO BÁSICO: GALVANÓMETRO DE D'ARSONVAL**
- \*AMPERÍMETROS, VOLTÍMETROS Y OHMETROS**
- \*MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA INTERNA DEL AMPERÍMETRO POR EL MÉTODO DE SUSTITUCIÓN**
- \*DETERMINACIÓN DE LA LINEALIDAD DEL AMPERÍMETRO**
- \*CARACTERÍSTICA  $\Omega/V$  DEL VOLTÍMETRO**
- \*PUENTE DE WHEATSTONE**
- \*MEDICIÓN DE RESISTENCIAS POR MÉTODOS INDIRECTOS**
- \*CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 3**
- \*INTRODUCCIÓN AL OSCILOSCOPIO**

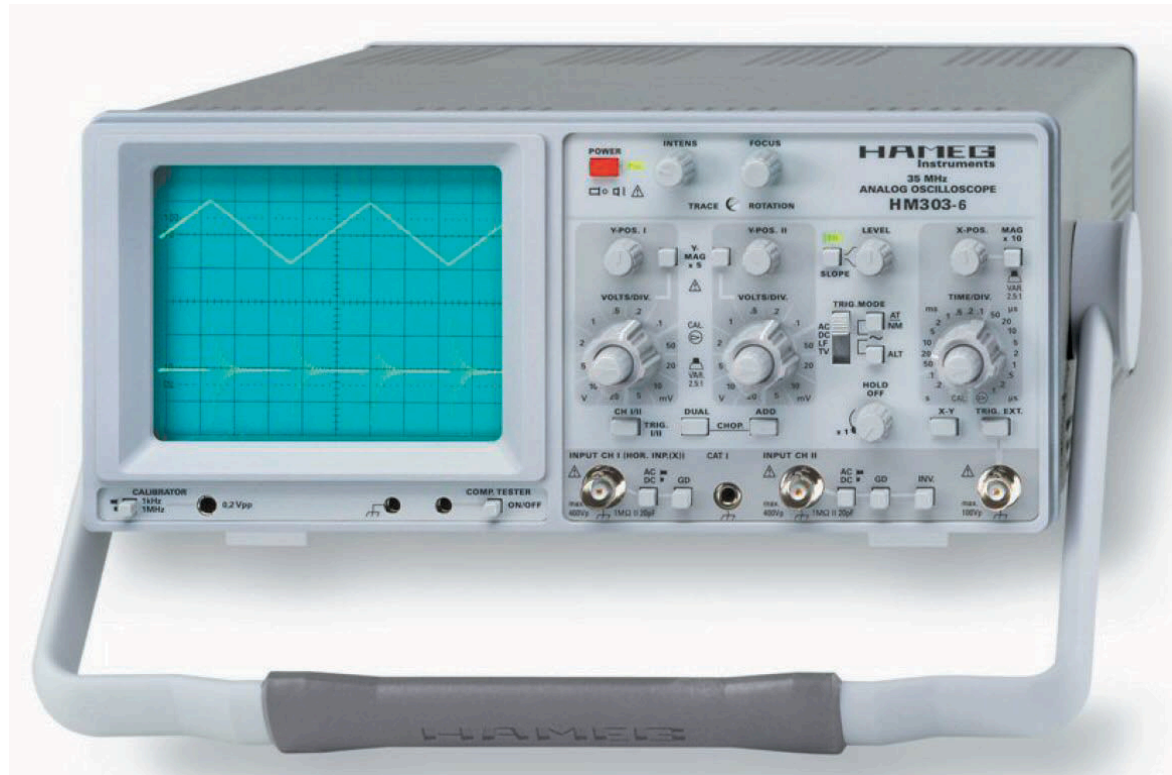
# **PRÁCTICA N° 4**

## **EL OSCILOSCOPIO**



**Señal sinusoidal en la pantalla de un osciloscopio**

# OSCILOSCOPIO ANALÓGICO



# **OSCILOSCOPIO ANALÓGICO**

**\*TUBO DE RAYOS CATÓDICOS**

**\*DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN OSCILOSCOPIO ANALÓGICO**

**\*PRESENTACIÓN DE LAS FIGURAS EN LA PANTALLA DE UN OSCILOSCOPIO ANALÓGICO**

**\*AMPLIFICADOR VERTICAL**

**\*AMPLIFICADOR HORIZONTAL - BASE DE TIEMPO**

**\*CIRCUITO DE DISPARO**



# **OSCILOSCOPIO ANALÓGICO**

**\*TUBO DE RAYOS CATÓDICOS**

**\*DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN OSCILOSCOPIO ANALÓGICO**

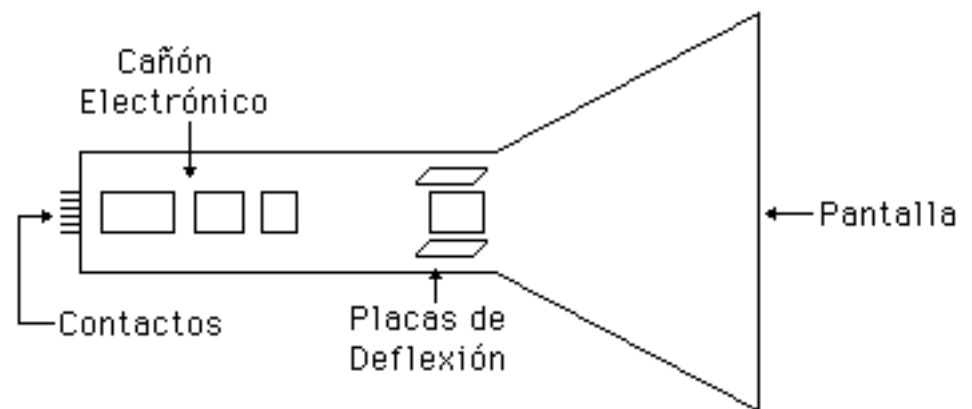
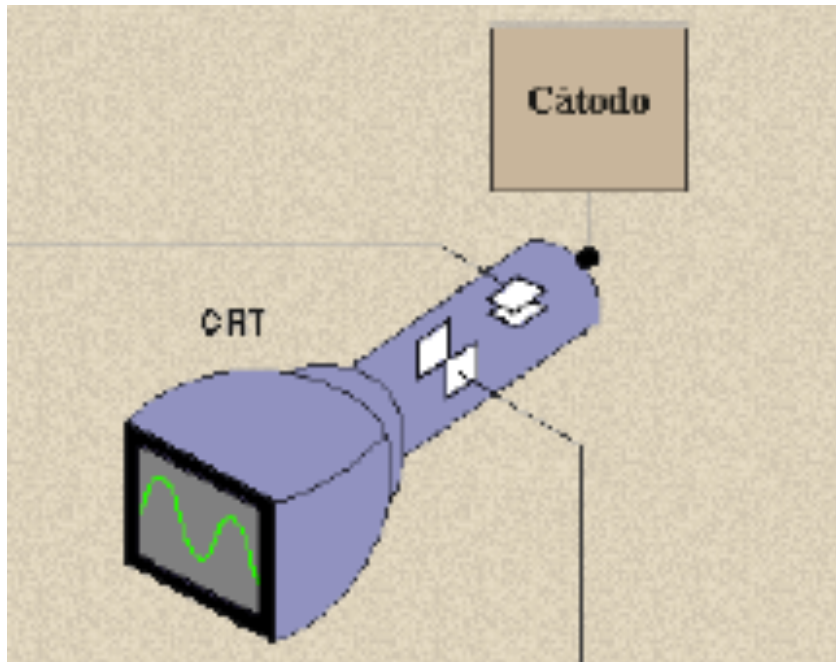
**\*PRESENTACIÓN DE LAS FIGURAS EN LA PANTALLA DE UN OSCILOSCOPIO ANALÓGICO**

**\*AMPLIFICADOR VERTICAL**

**\*AMPLIFICADOR HORIZONTAL - BASE DE TIEMPO**

**\*CIRCUITO DE DISPARO**

# TUBO DE RAYOS CATÓDICOS



# **OSCILOSCOPIO ANALÓGICO**

**\*TUBO DE RAYOS CATÓDICOS**

**\*DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN OSCILOSCOPIO ANALÓGICO**

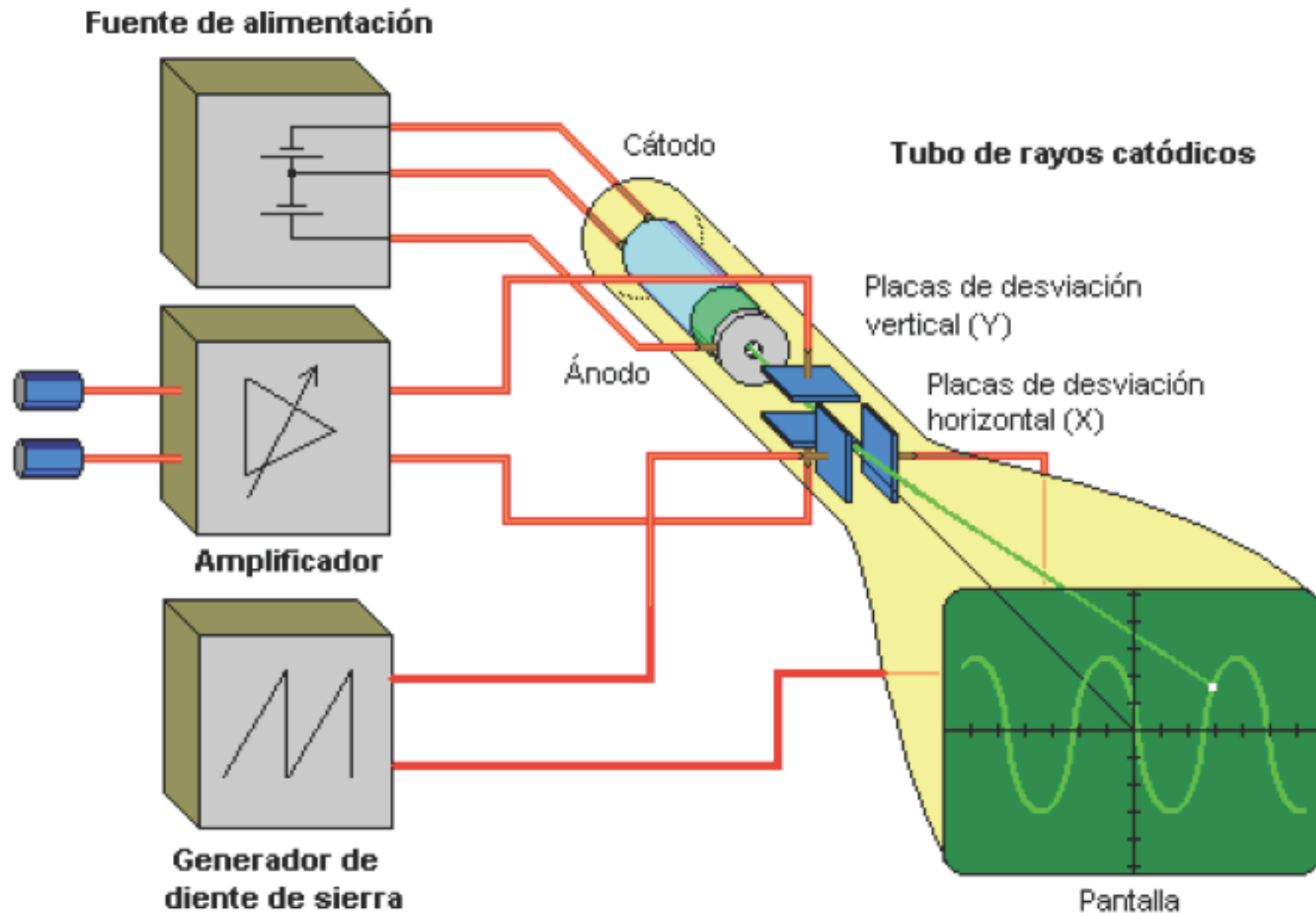
**\*PRESENTACIÓN DE LAS FIGURAS EN LA PANTALLA DE UN OSCILOSCOPIO ANALÓGICO**

**\*AMPLIFICADOR VERTICAL**

**\*AMPLIFICADOR HORIZONTAL - BASE DE TIEMPO**

**\*CIRCUITO DE DISPARO**

# DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN OSCILOSCOPIO ANALÓGICO



# DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN OSCILOSCOPIO ANALÓGICO

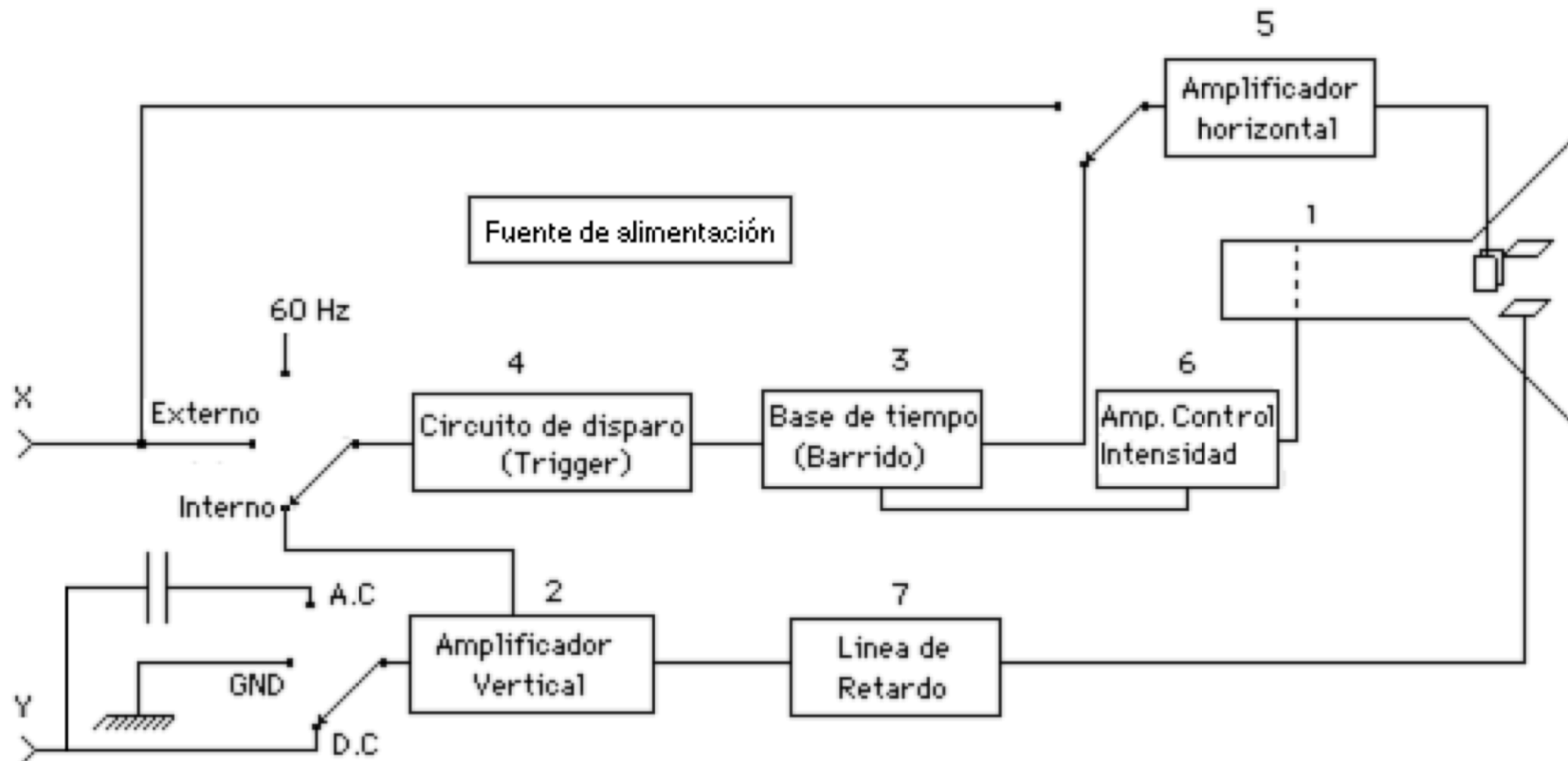


Figura 1 : DIAGRAMA EN BLOQUES DEL OSCILOSCOPIO

# **OSCILOSCOPIO ANALÓGICO**

**\*TUBO DE RAYOS CATÓDICOS**

**\*DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN OSCILOSCOPIO ANALÓGICO**

**\*PRESENTACIÓN DE LAS FIGURAS EN LA PANTALLA DE UN OSCILOSCOPIO ANALÓGICO**

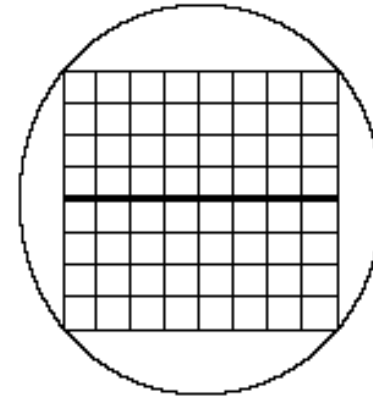
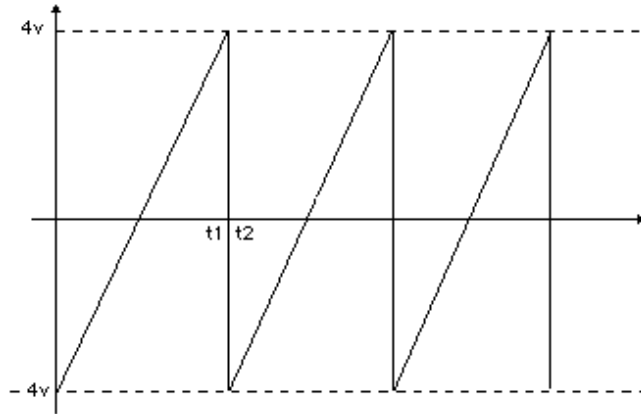
**\*AMPLIFICADOR VERTICAL**

**\*AMPLIFICADOR HORIZONTAL - BASE DE TIEMPO**

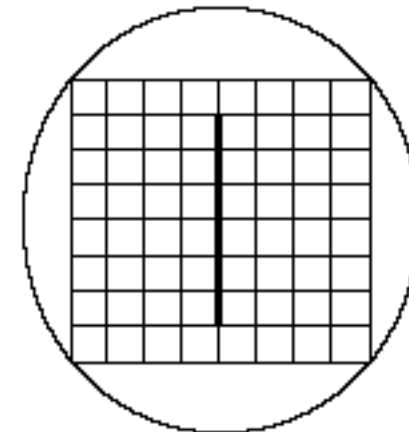
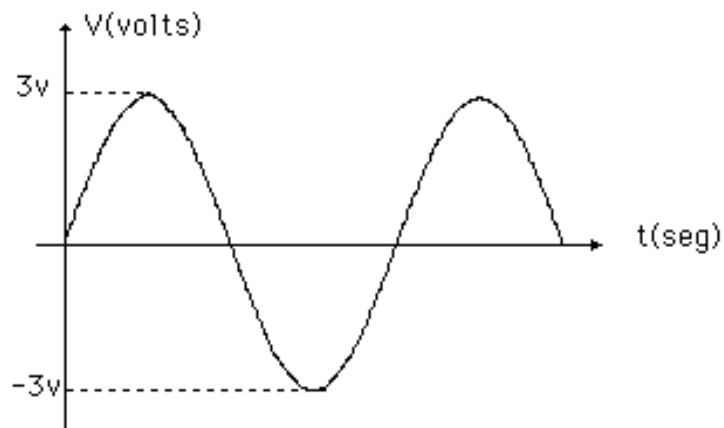
**\*CIRCUITO DE DISPARO**

# PRESENTACIÓN DE LAS FIGURAS EN LA PANTALLA DE UN OSCILOSCOPIO ANALÓGICO

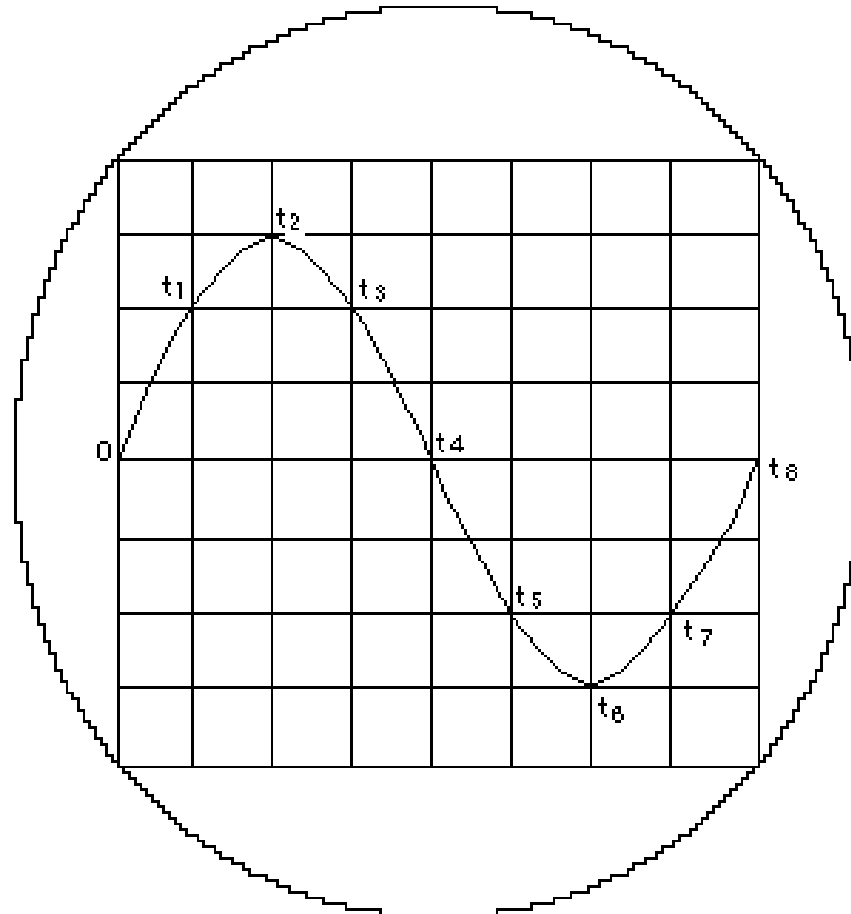
## Aplicación de la diente de sierra a las placas de deflexión horizontal



## Aplicación de una señal sinusoidal a las placas de deflexión vertical



## Señales aplicadas simultáneamente a la placas de deflexión





# **OSCILOSCOPIO ANALÓGICO**

**\*TUBO DE RAYOS CATÓDICOS**

**\*DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN OSCILOSCOPIO ANALÓGICO**

**\*PRESENTACIÓN DE LAS FIGURAS EN LA PANTALLA DE UN OSCILOSCOPIO ANALÓGICO**

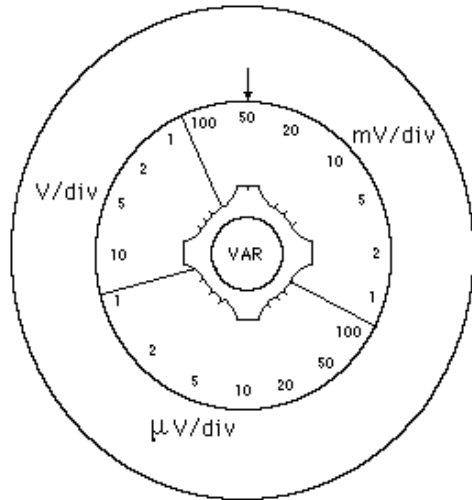
**\*AMPLIFICADOR VERTICAL**

**\*AMPLIFICADOR HORIZONTAL - BASE DE TIEMPO**

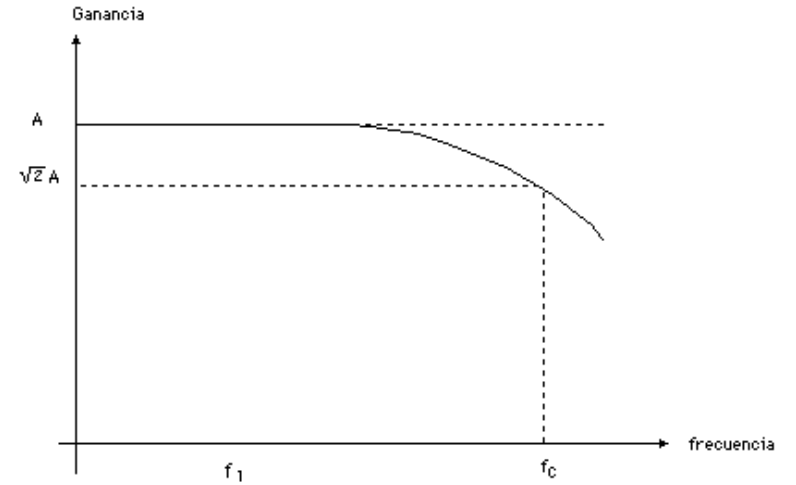
**\*CIRCUITO DE DISPARO**

# AMPLIFICADOR VERTICAL

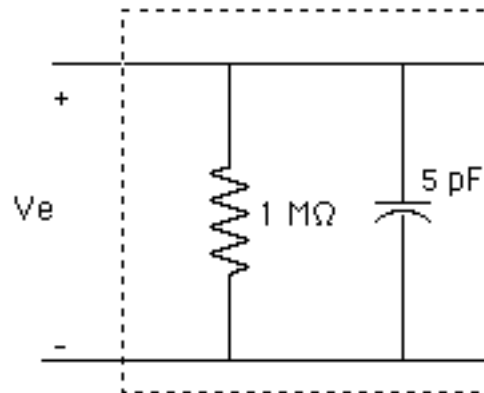
Perilla de calibración



Respuesta en frecuencia



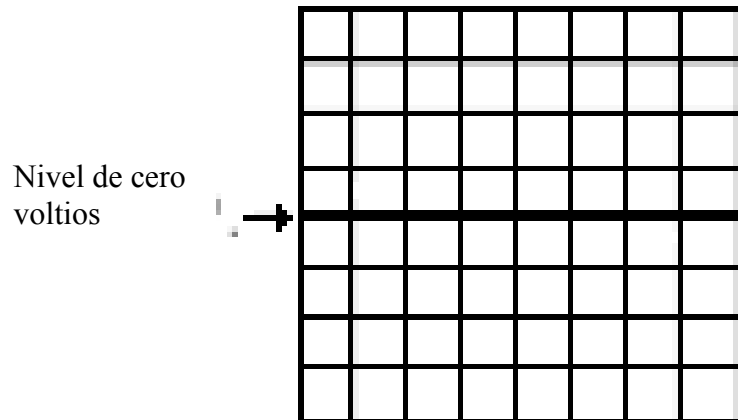
Impedancia de entrada



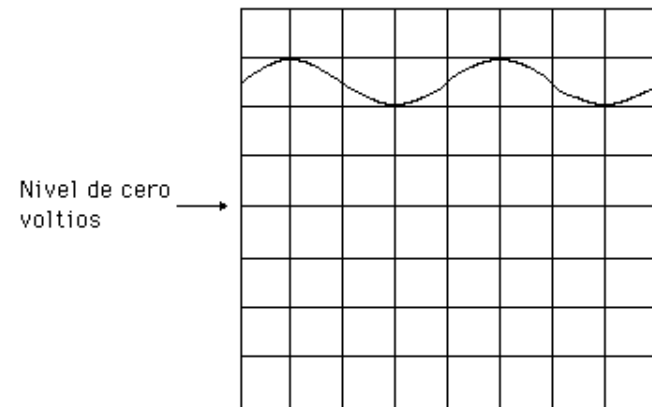
# Amplificador vertical : Acoplamiento de la señal de entrada

$$f(t) = 2,5V + 0,5V(\text{sen } \omega t)$$

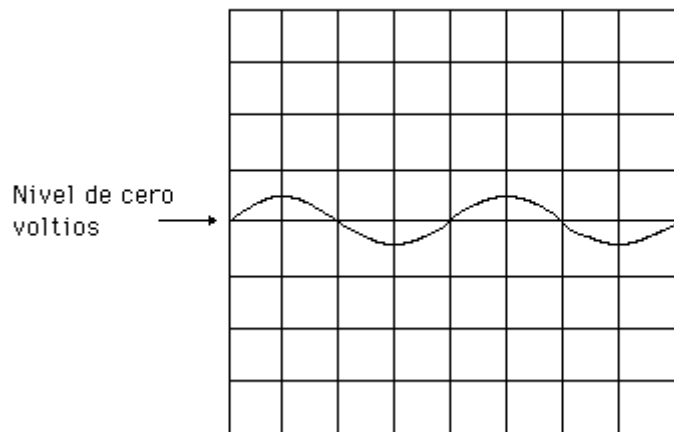
Acoplamiento GND



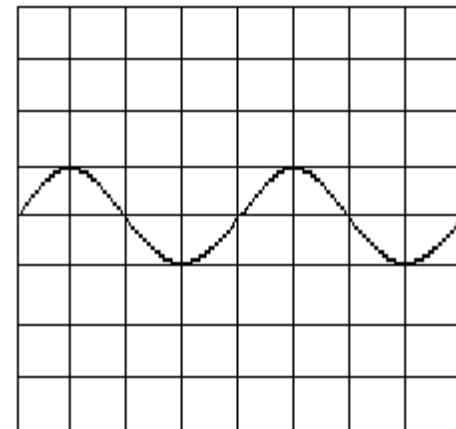
Acoplamiento DC, 1V/div



Acoplamiento AC, 1V/div



Acoplamiento AC, 0.5V/div



# **OSCILOSCOPIO ANALÓGICO**

**\*TUBO DE RAYOS CATÓDICOS**

**\*DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN OSCILOSCOPIO ANALÓGICO**

**\*PRESENTACIÓN DE LAS FIGURAS EN LA PANTALLA DE UN OSCILOSCOPIO ANALÓGICO**

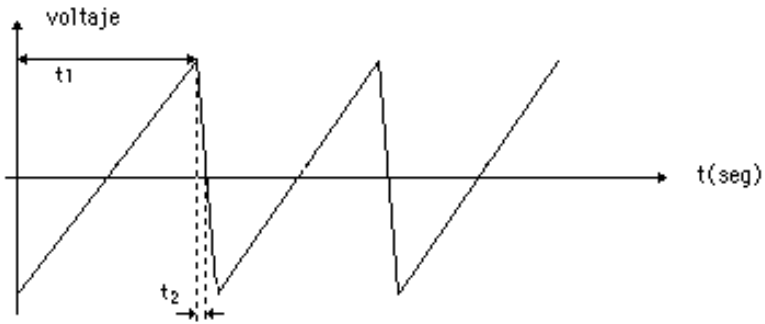
**\*AMPLIFICADOR VERTICAL**

**\*AMPLIFICADOR HORIZONTAL - BASE DE TIEMPO**

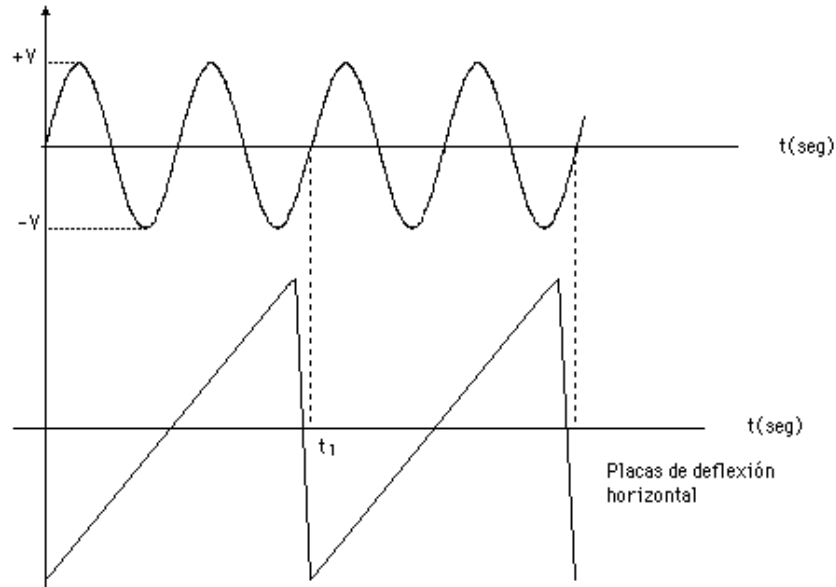
**\*CIRCUITO DE DISPARO**

# AMPLIFICADOR HORIZONTAL - BASE DE TIEMPO

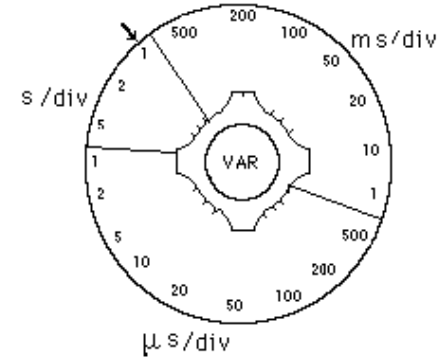
## Diente de sierra



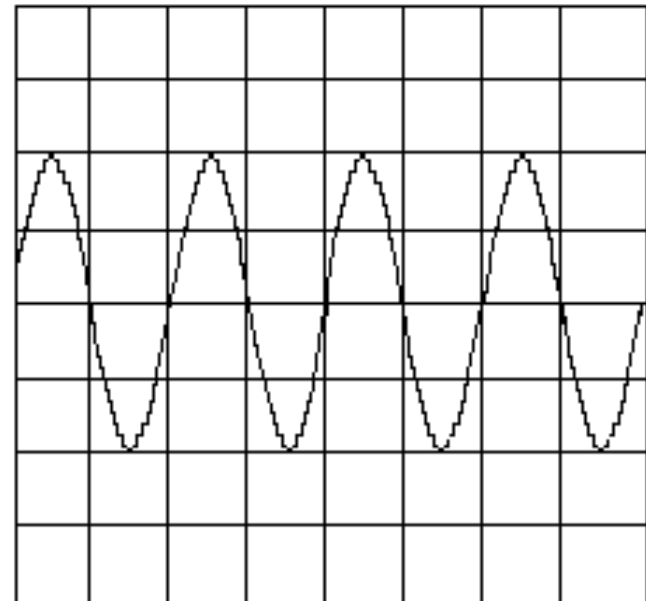
## Formas de onda



## Perilla de calibración



## Pantalla osciloscopio



# **OSCILOSCOPIO ANALÓGICO**

**\*TUBO DE RAYOS CATÓDICOS**

**\*DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN OSCILOSCOPIO ANALÓGICO**

**\*PRESENTACIÓN DE LAS FIGURAS EN LA PANTALLA DE UN OSCILOSCOPIO ANALÓGICO**

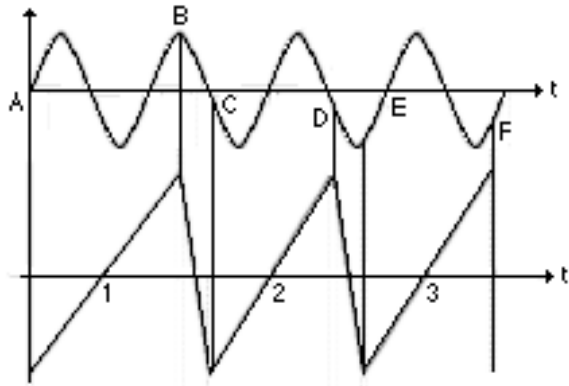
**\*AMPLIFICADOR VERTICAL**

**\*AMPLIFICADOR HORIZONTAL - BASE DE TIEMPO**

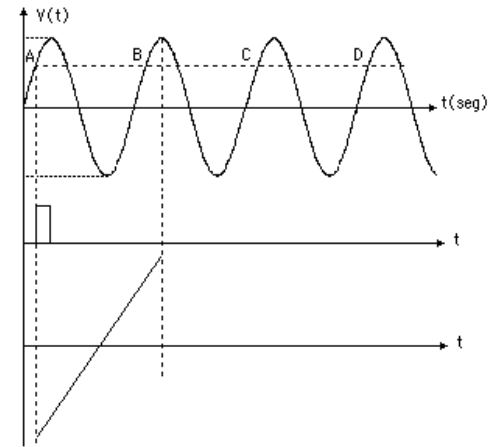
**\*CIRCUITO DE DISPARO**

# CIRCUITO DE DISPARO

Diente de sierra y señal no sincronizadas



Operación del circuito de disparo



Sincronización de la diente de sierra para observar una señal estable

