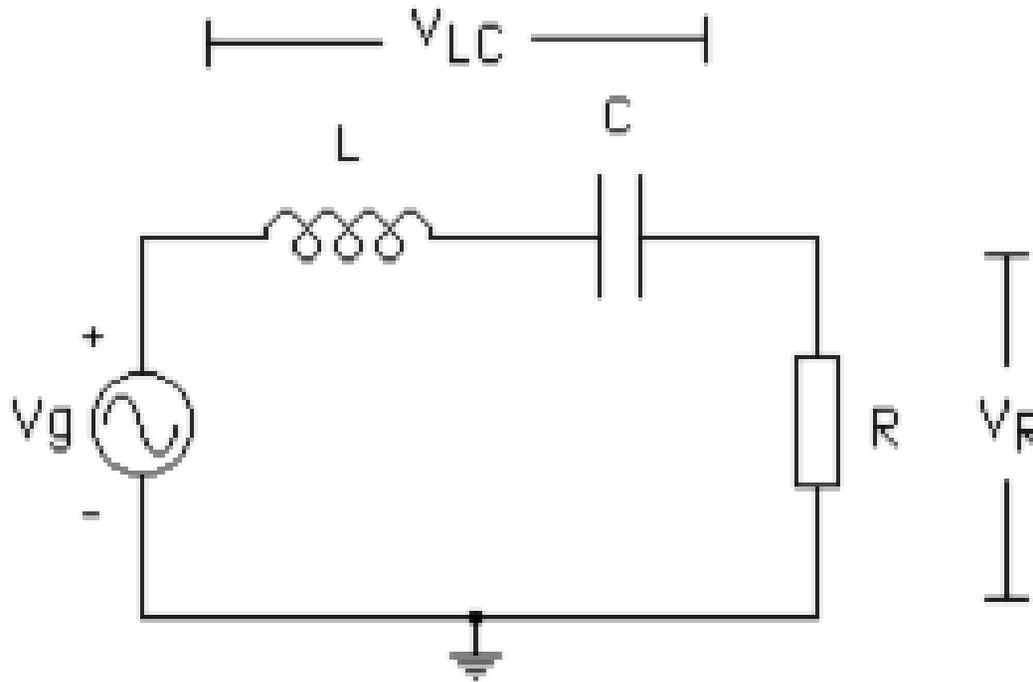


**EC1282 LABORATORIO DE CIRCUITOS  
PRELABORATORIO N° 5**

**PRÁCTICA N° 6  
MEDICIONES EN AC CON EL OSCILOSCOPIO  
CIRCUITO RLC SERIE**



**$R = 1 \text{ K}\Omega$   $C = 100 \text{ nF}$   $L = 100 \text{ mH}$**

## **CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 6**

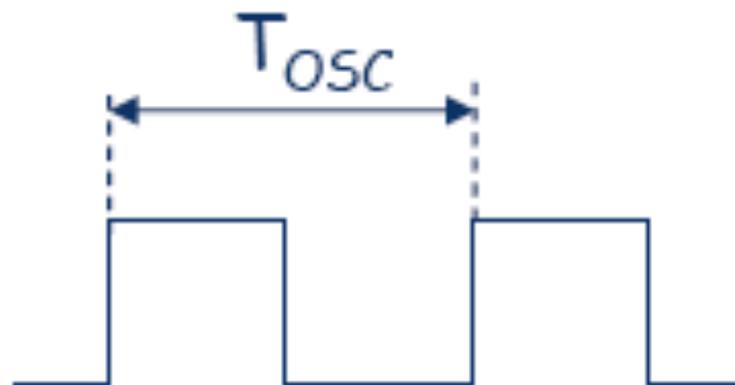
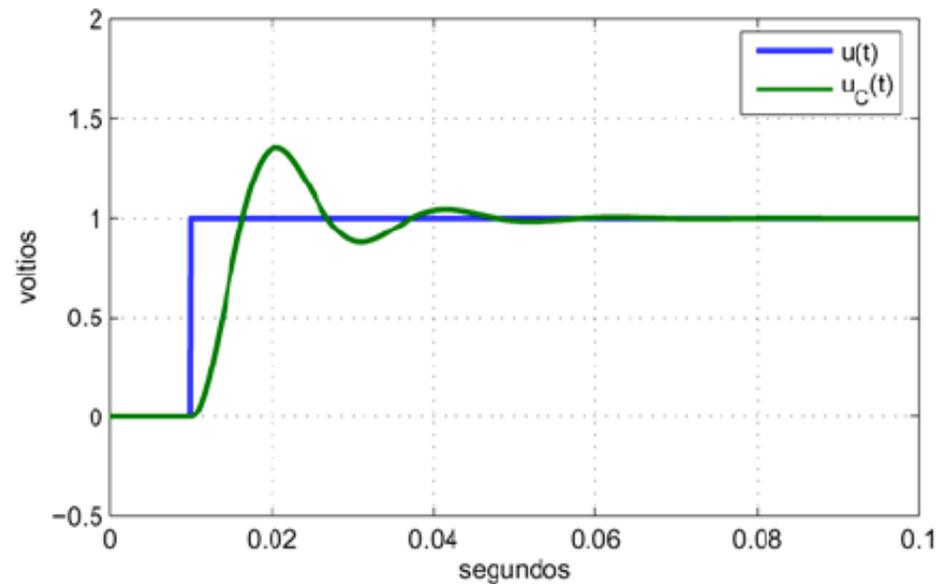
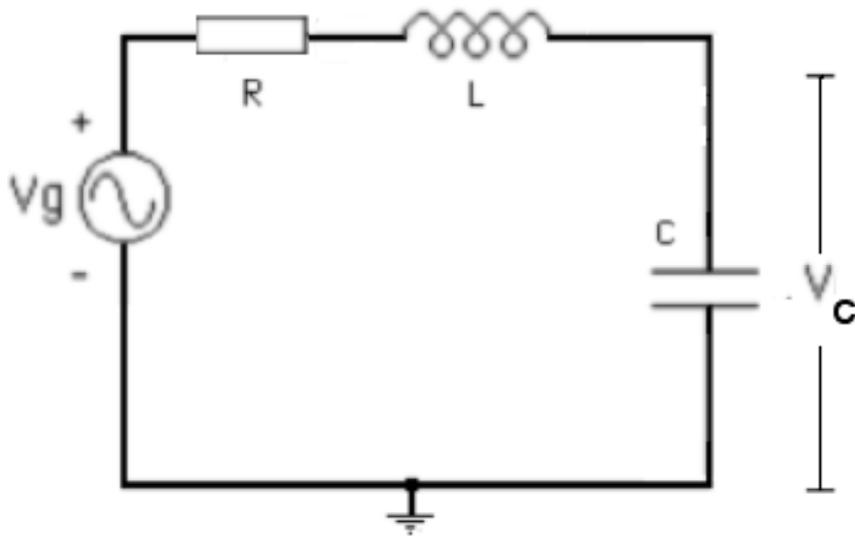
- \* REPASO DE LOS CONCEPTOS DE LA SEMANA ANTERIOR**
- \* CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE FILTROS**
- \* FILTROS PASIVOS DE PRIMER ORDEN**
- \* EL CIRCUITO RLC SERIE COMO FILTRO PASIVO**
- \* FILTRO RLC PASA-BANDA**
- \* FILTRO RLC ELIMINA-BANDA**
- \* FILTRO RLC PASA-BAJO**
- \* FILTRO RLC PASA-ALTO**
- \* COMENTARIOS SOBRE LA PRÁCTICA N° 6**
- \* CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 6**

## **CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 6**

- \* REPASO DE LOS CONCEPTOS DE LA SEMANA ANTERIOR**
- \* CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE FILTROS**
- \* FILTROS PASIVOS DE PRIMER ORDEN**
- \* EL CIRCUITO RLC SERIE COMO FILTRO PASIVO**
- \* FILTRO RLC PASA-BANDA**
- \* FILTRO RLC ELIMINA-BANDA**
- \* FILTRO RLC PASA-BAJO**
- \* FILTRO RLC PASA-ALTO**
- \* COMENTARIOS SOBRE LA PRÁCTICA N° 6**
- \* CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 6**

# RESPUESTA TRANSITORIA DEL CIRCUITO RLC SERIE

Aplicación de una onda cuadrada para observar la respuesta al escalón del voltaje sobre el condensador



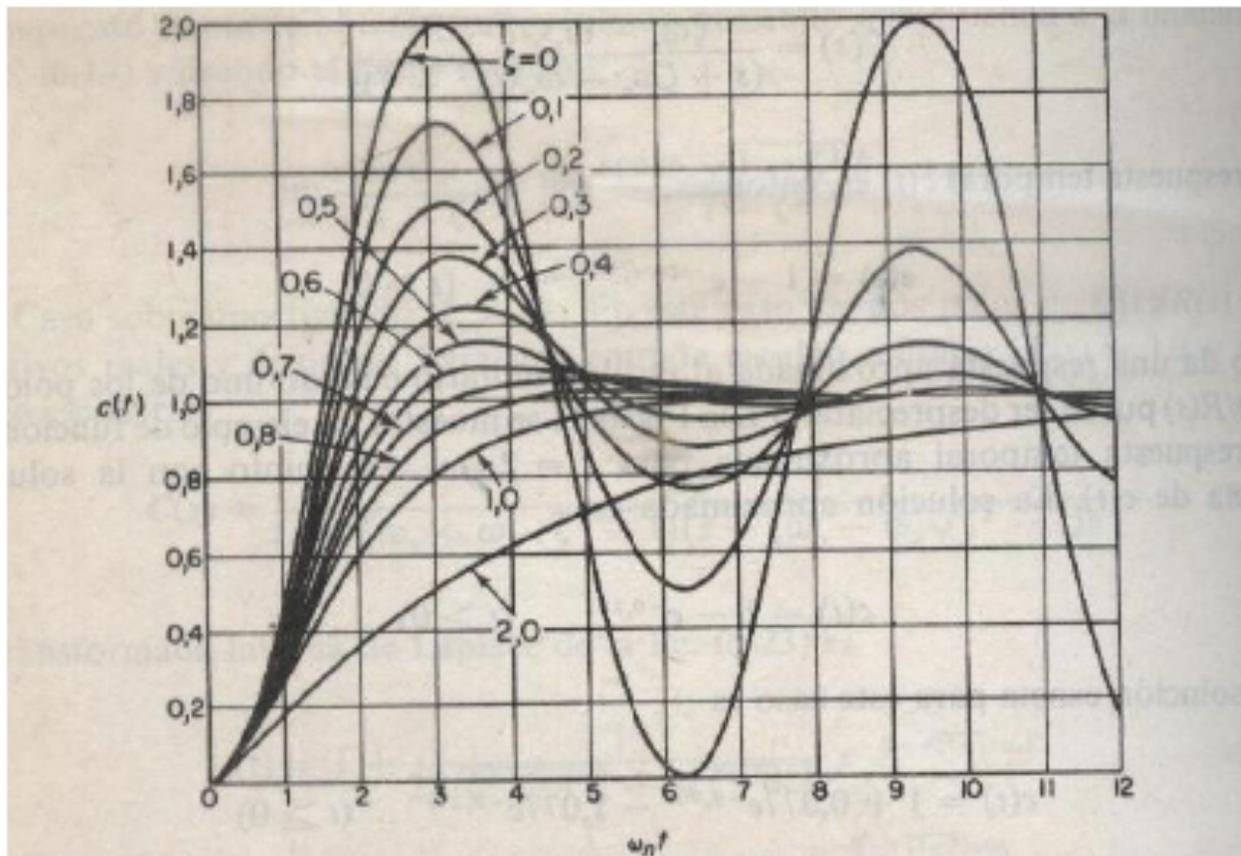
# TIPOS DE RESPUESTA DEL CIRCUITO RLC AL ESCALÓN

**Sobreamortiguado**

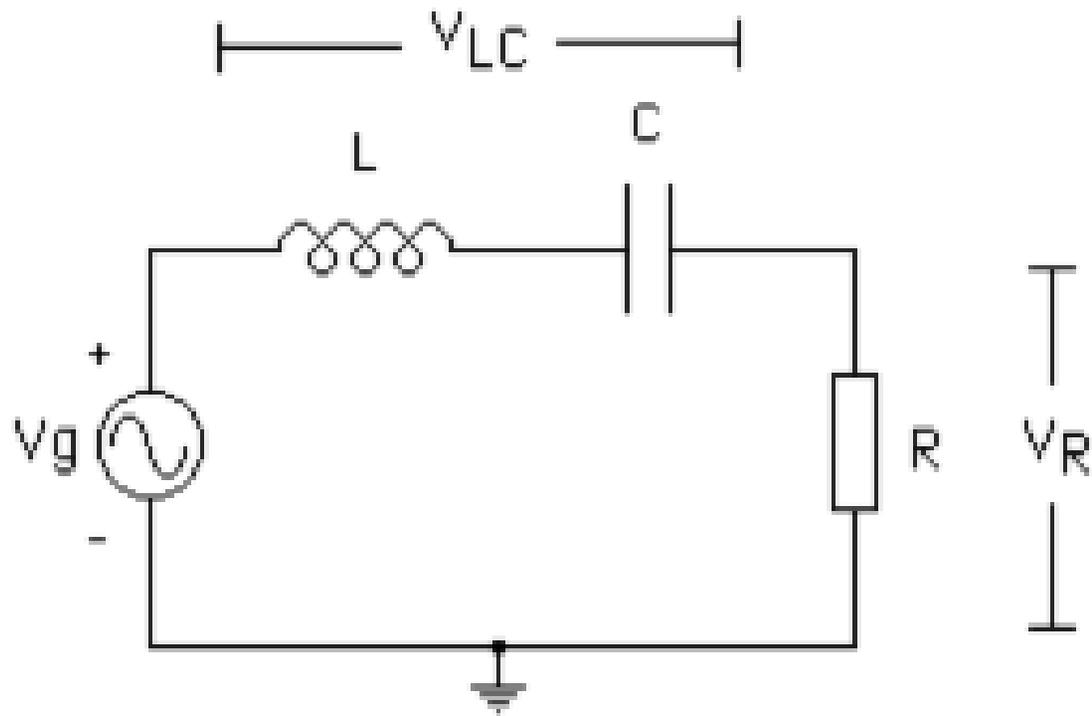
**Críticamente amortiguado**

**Subamortiguado**

**Oscilatorio**



# RESPUESTA EN REGIMEN SINUSOIDAL PERMANENTE DEL CIRCUITO RLC SERIE



## FRECUENCIA DE RESONANCIA

En un circuito con elementos inductivos y capacitivos, se llama frecuencia de resonancia la frecuencia para la cual los valores de las impedancias capacitivas se anulan con los valores de las impedancias inductivas, por lo que la impedancia total del circuito es puramente resistiva.

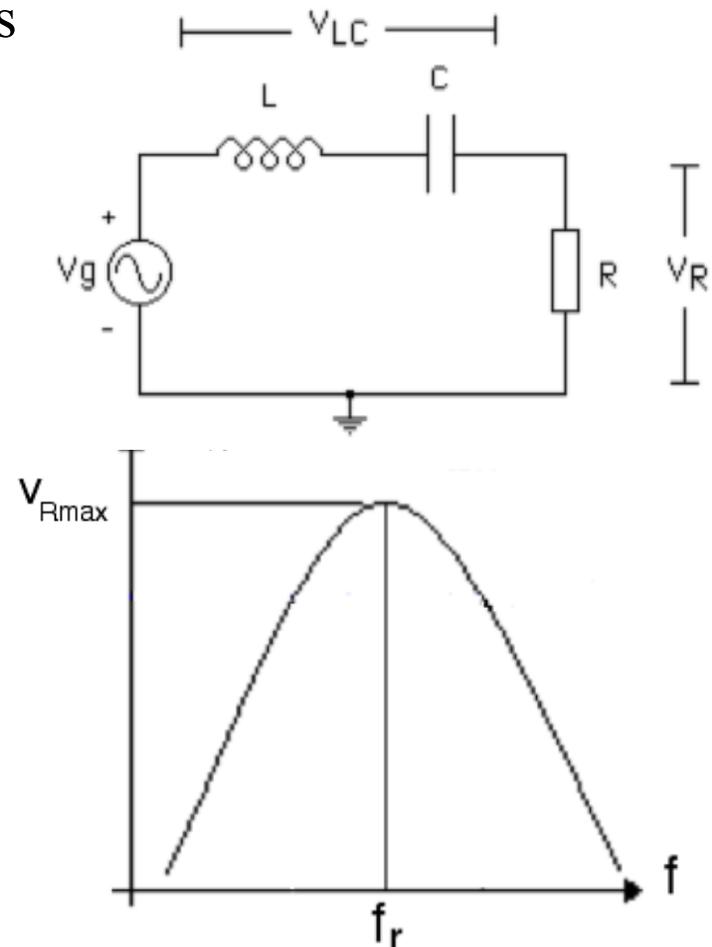
Para el circuito RLC serie, el voltaje  $V_R$  es máximo cuando

$$X_C = \frac{1}{j\omega C} = X_L = j\omega L$$

Esto ocurre para la frecuencia

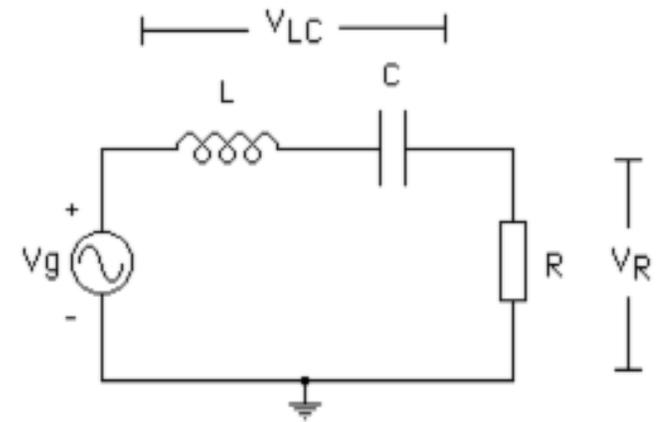
$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Donde  $\omega_r = 2\pi f_r$



## FRECUENCIAS DE CORTE Y ANCHO DE BANDA

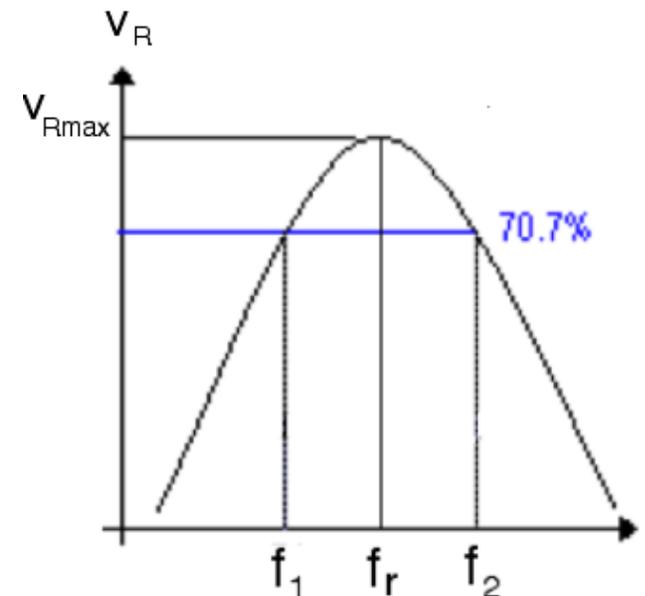
Las **frecuencias de corte** son aquéllas para las cuales la magnitud de la parte reactiva del circuito es igual a la magnitud de la parte resistiva. El voltaje sobre la resistencia a las **frecuencias de corte superior** ( $f_2$ ) e **inferior** ( $f_1$ ) tiene una amplitud igual al 70,7% del valor máximo.



$$\left| \frac{V_R}{V_g} \right| = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left( \omega_1 L - \frac{1}{\omega_1 C} \right)^2}} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (R)^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,707$$

Se denomina **ancho de banda** al rango de frecuencias comprendido entre la frecuencia de corte superior  $f_2$  y la frecuencia de corte inferior  $f_1$ . Este parámetro se identifica con las letras BW por su nombre en inglés (Bandwith).

$$BW = f_2 - f_1$$



## FACTOR DE CALIDAD

Se llama **Factor de Calidad (Q)** a un parámetro adimensional que caracteriza la relación entre la frecuencia de resonancia y el ancho de banda de un circuito. Su relación matemática es:

$$Q = \frac{\omega_r}{\omega_2 - \omega_1}$$

Esta es la expresión que vamos a utilizar para determinar en forma experimental el factor de calidad del circuito bajo estudio.

En función de los parámetros del circuito, puede expresarse como:

$$Q = \frac{\omega_r L}{R}$$

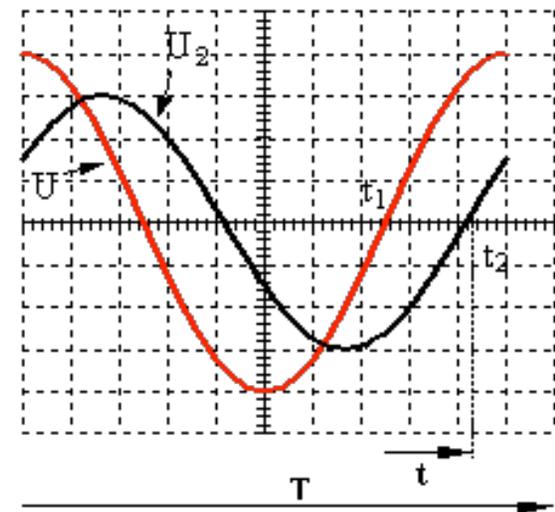
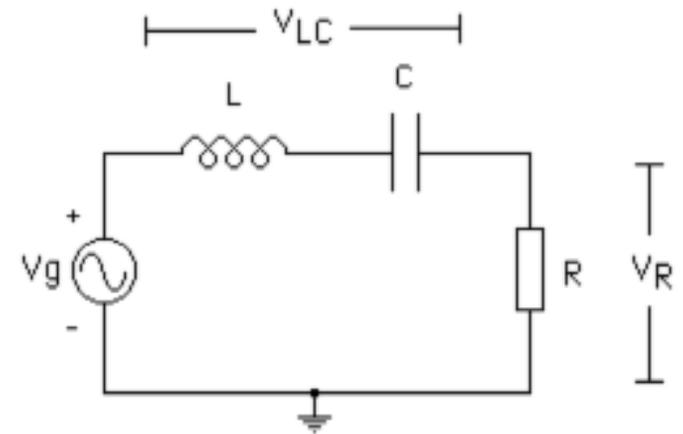
Esta es la expresión que vamos a utilizar para calcular en forma teórica el factor de calidad del circuito bajo estudio.

## MEDICIÓN DE LA FRECUENCIA DE RESONANCIA

\* Alimentamos el circuito RLC con una señal sinusoidal producida por el generador de funciones, de amplitud conocida y para comenzar, de frecuencia baja (cientos de Hz).

\*Colocamos una punta de prueba sobre el generador ( $V_g$ ) y otra sobre la resistencia ( $V_R$ ), y observamos ambas señales en la pantalla.

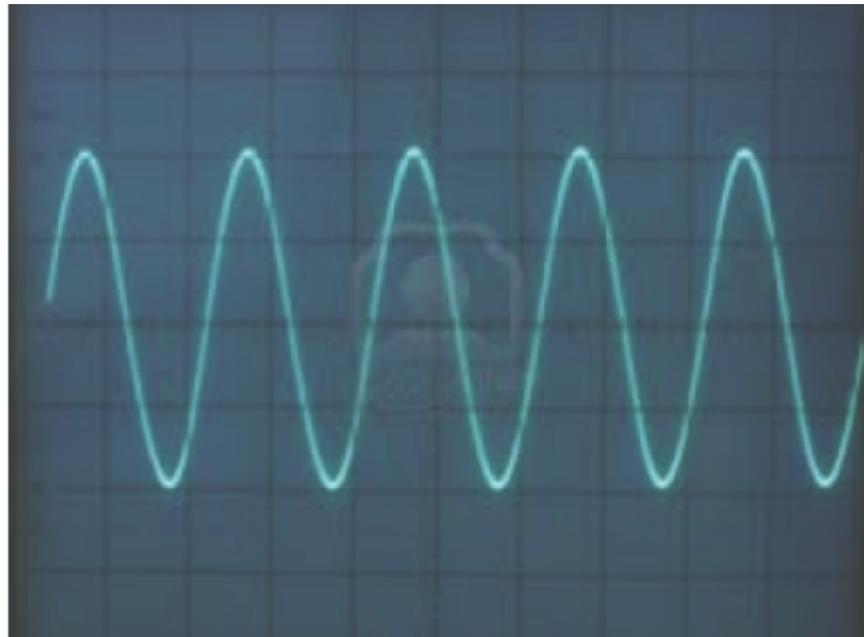
\*Inicialmente veremos que  $V_R$  tiene menor magnitud que  $V_g$  y está desfasada con respecto a la señal de entrada. Al variar la frecuencia, observamos que la magnitud y la fase de  $V_R$  se modifican.



## MEDICIÓN DE LA FRECUENCIA DE RESONANCIA (CONT.)

\*Cuando ambas señales sean prácticamente de la misma magnitud y estén en fase, la frecuencia aplicada al circuito será la frecuencia de resonancia.

\*Dejamos en pantalla solo la señal del generador de funciones y medimos su frecuencia con el osciloscopio, utilizando la calibración del eje horizontal, para registrarla como la frecuencia de resonancia,  $f_r$ .



## MEDICIÓN DE LAS FRECUENCIAS DE CORTE, EL ANCHO DE BANDA Y EL FACTOR DE CALIDAD.

\*En el circuito RLC, colocamos una punta de prueba del osciloscopio sobre la resistencia y observamos la señal en la pantalla.

\*Aplicamos al circuito la frecuencia de resonancia.

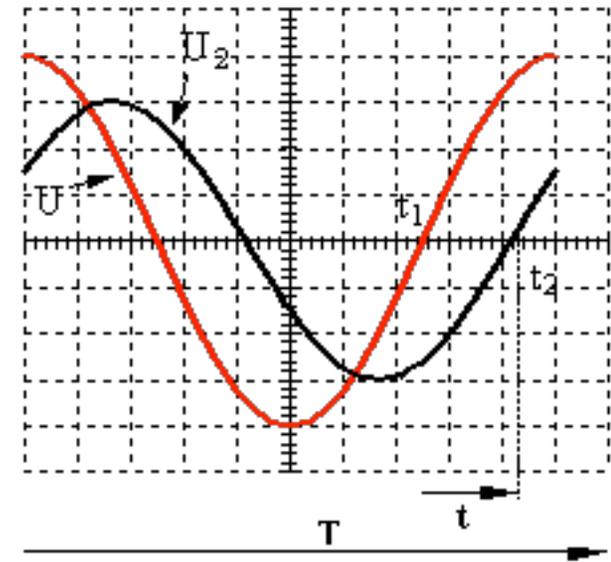
\*Medimos cuidadosamente con el osciloscopio la magnitud de la señal sobre la resistencia,  $V_R$ . Este es el valor pico de la señal de voltaje  $V_{Rp}$ .

\*Calculamos el valor de voltaje  $0,707 V_{Rp}$ . Esta es la amplitud que van a tener los voltajes correspondientes a las frecuencias de corte,  $f_1$  y  $f_2$ .



## MEDICIÓN DE LAS FRECUENCIAS DE CORTE, EL ANCHO DE BANDA Y EL FACTOR DE CALIDAD (CONT.)

\*A partir de la frecuencia de resonancia, disminuimos la frecuencia del generador hasta que la magnitud del voltaje sobre la resistencia sea  $0,707 V_{Rp}$ . La frecuencia a la que está operando el circuito en ese momento es la frecuencia de corte inferior,  $f_1$ . La medimos con el osciloscopio, utilizando la calibración del eje horizontal.



\*Nuevamente a partir de la frecuencia de resonancia, aumentamos la frecuencia del generador hasta que la magnitud del voltaje sobre la resistencia sea  $0,707 V_{Rp}$ . La frecuencia a la que está operando el circuito en ese momento es la frecuencia de corte superior,  $f_2$ . La medimos como antes.

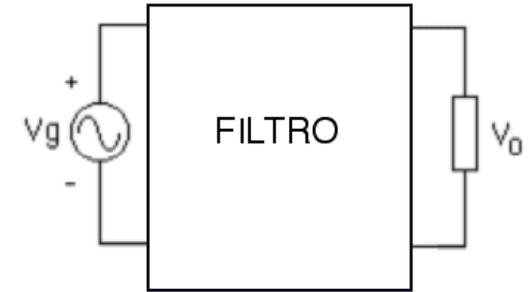
\*Ancho de banda:  $BW = f_2 - f_1$ ;      \*Factor de calidad:  $Q = f_r / BW$

## **CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 6**

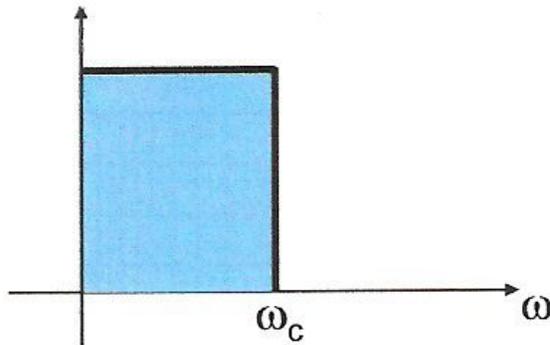
- \* REPASO DE LOS CONCEPTOS DE LA SEMANA ANTERIOR**
- \* CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE FILTROS**
- \* FILTROS PASIVOS DE PRIMER ORDEN**
- \* EL CIRCUITO RLC SERIE COMO FILTRO PASIVO**
- \* FILTRO RLC PASA-BANDA**
- \* FILTRO RLC ELIMINA-BANDA**
- \* FILTRO RLC PASA-BAJO**
- \* FILTRO RLC PASA-ALTO**
- \* COMENTARIOS SOBRE LA PRÁCTICA N° 6**
- \* CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 6**

## CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE FILTROS

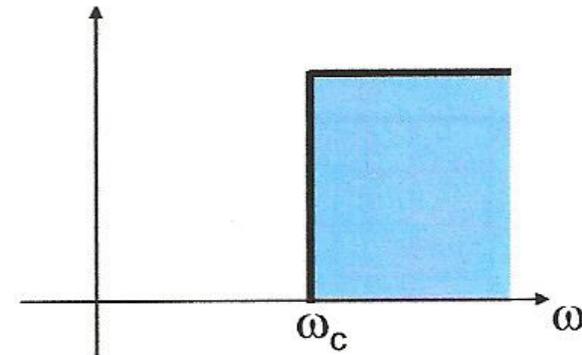
Se llama filtro a un circuito que permite que solo una parte de las señales de entrada puedan pasar a la salida, dependiendo de su frecuencia. Los filtros ideales tienen las siguientes características:



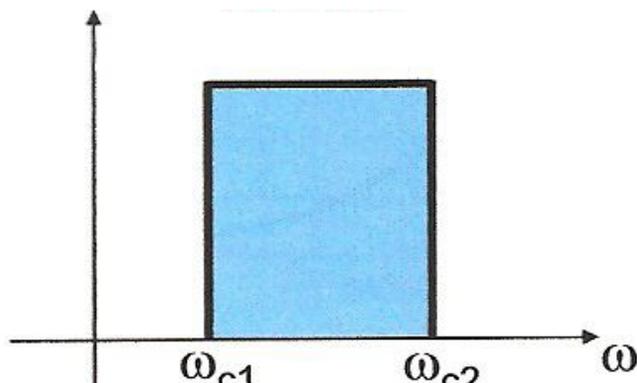
Pasa bajo



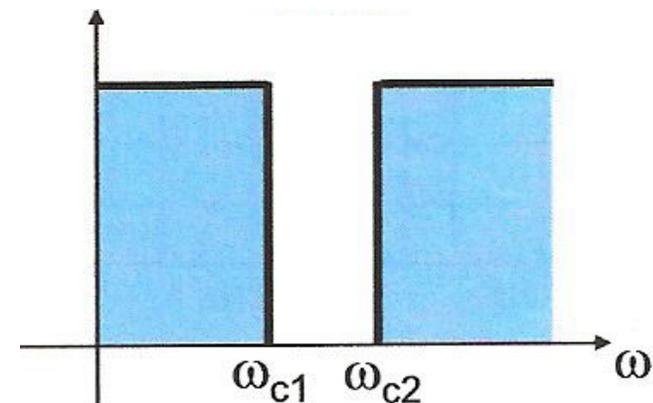
Pasa alto



Pasa banda



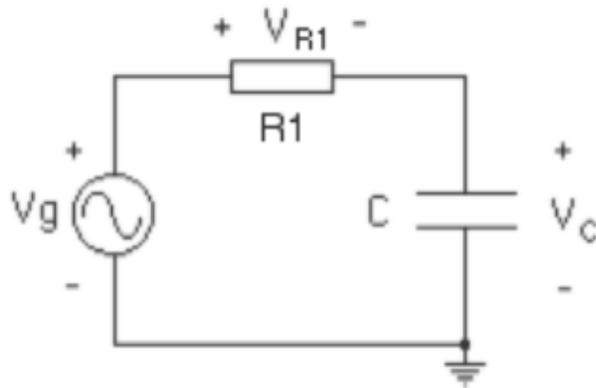
Elimina banda



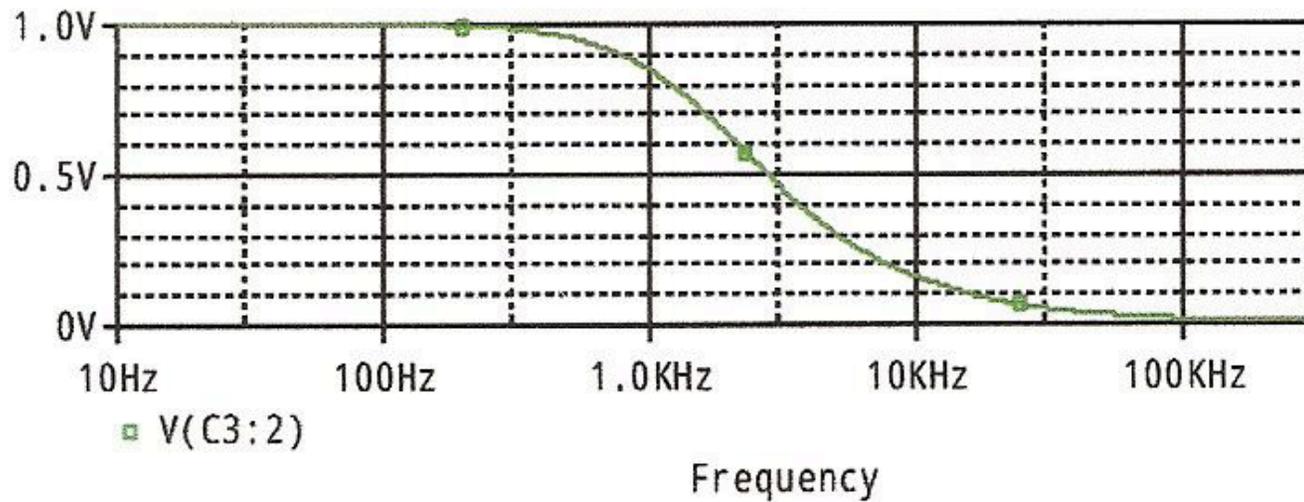
## **CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 6**

- \* REPASO DE LOS CONCEPTOS DE LA SEMANA ANTERIOR**
- \* CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE FILTROS**
- \* FILTROS PASIVOS DE PRIMER ORDEN**
- \* EL CIRCUITO RLC SERIE COMO FILTRO PASIVO**
- \* FILTRO RLC PASA-BANDA**
- \* FILTRO RLC ELIMINA-BANDA**
- \* FILTRO RLC PASA-BAJO**
- \* FILTRO RLC PASA-ALTO**
- \* COMENTARIOS SOBRE LA PRÁCTICA N° 6**
- \* CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 6**

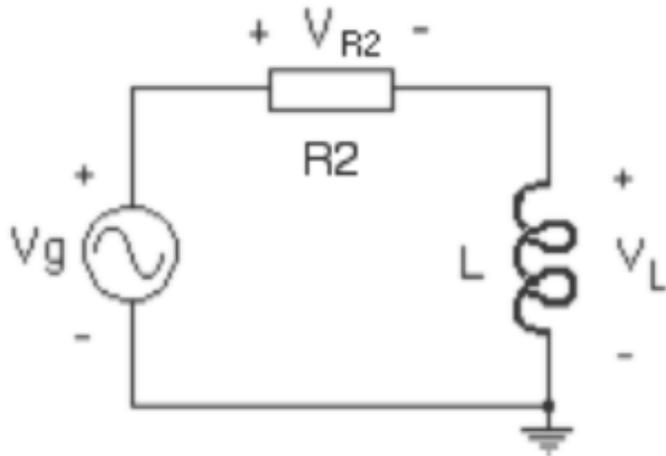
# FILTROS PASIVOS DE PRIMER ORDEN: RC PASA BAJO



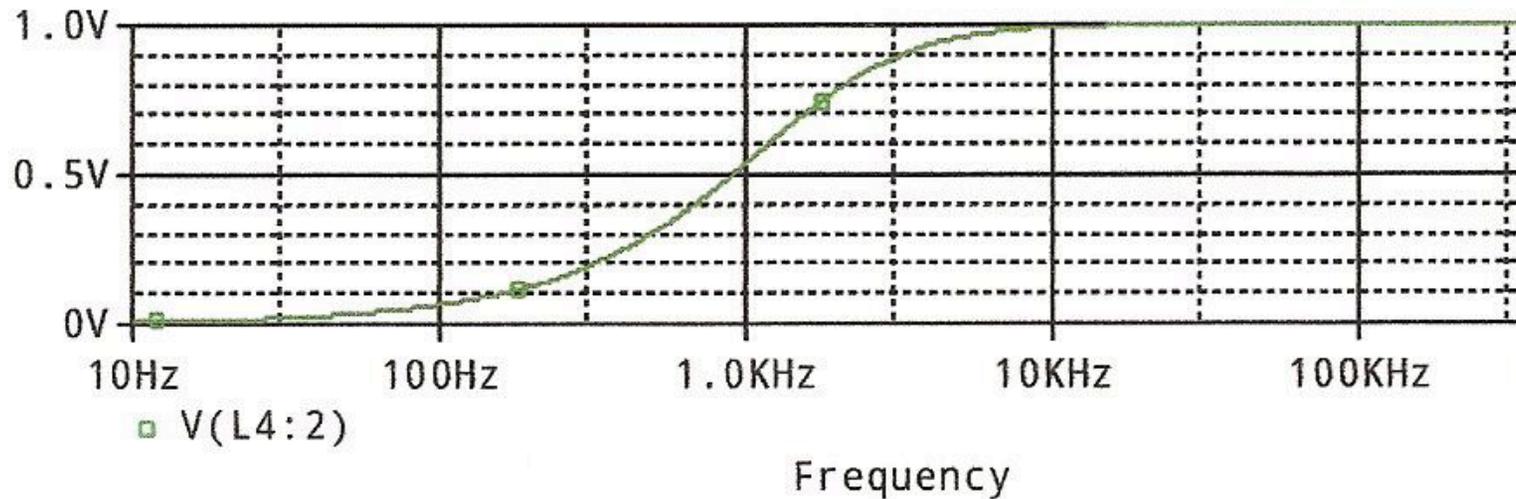
$$\left| \frac{V_C}{V_g} \right| = \frac{1}{\omega C \sqrt{R^2 + \left( \frac{1}{\omega_1 C} \right)^2}}$$



# FILTROS PASIVOS DE PRIMER ORDEN: RL PASA ALTO



$$\left| \frac{V_L}{V_g} \right| = \frac{\omega L}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$$



## **CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 6**

- \* REPASO DE LOS CONCEPTOS DE LA SEMANA ANTERIOR**
- \* CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE FILTROS**
- \* FILTROS PASIVOS DE PRIMER ORDEN**
- \* EL CIRCUITO RLC SERIE COMO FILTRO PASIVO**
- \* FILTRO RLC PASA-BANDA**
- \* FILTRO RLC ELIMINA-BANDA**
- \* FILTRO RLC PASA-BAJO**
- \* FILTRO RLC PASA-ALTO**
- \* COMENTARIOS SOBRE LA PRÁCTICA N° 6**
- \* CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 6**

## EL CIRCUITO RLC SERIE COMO FILTRO PASIVO

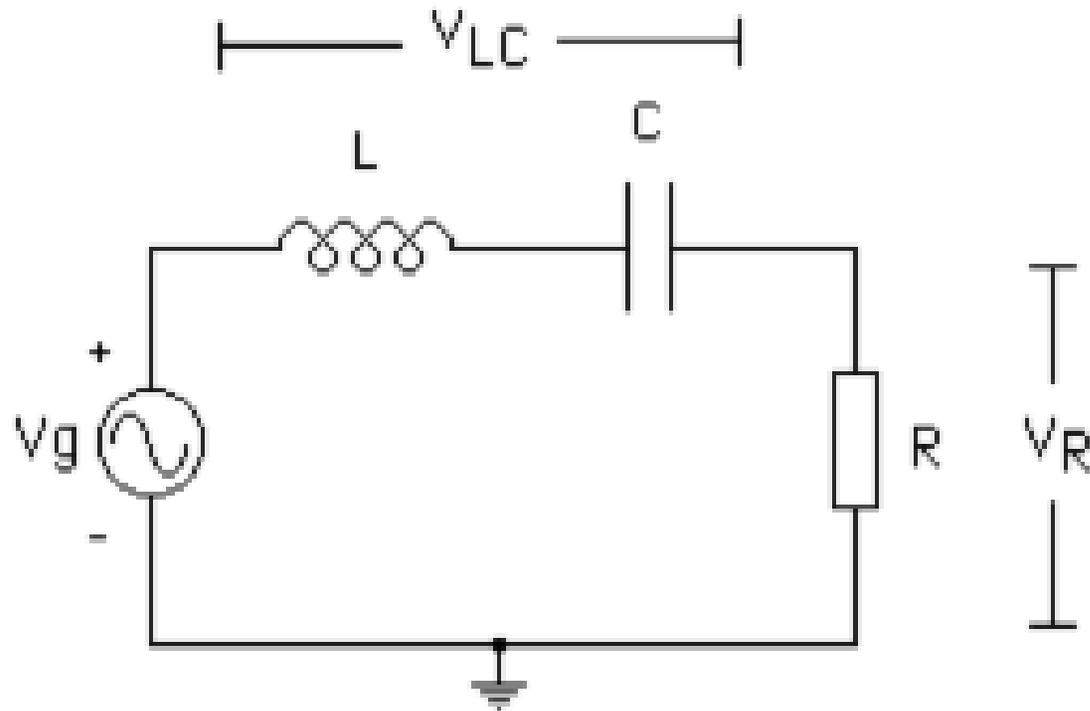
En este circuito se van a realizar diferentes medidas de entrada y salida, para observar sus características como filtro pasivo:

**Pasa-banda**

**Elimina-banda**

**Pasa-bajo**

**Pasa-alto**

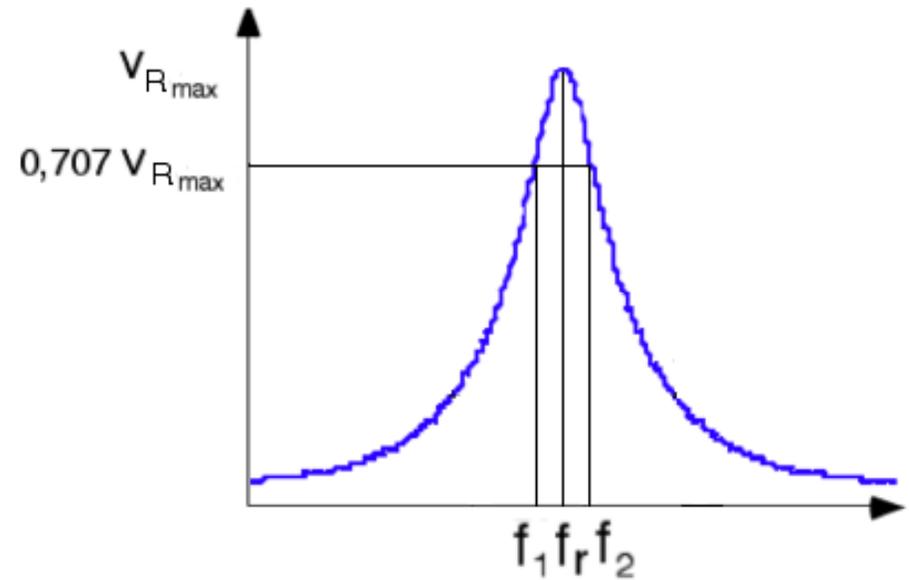
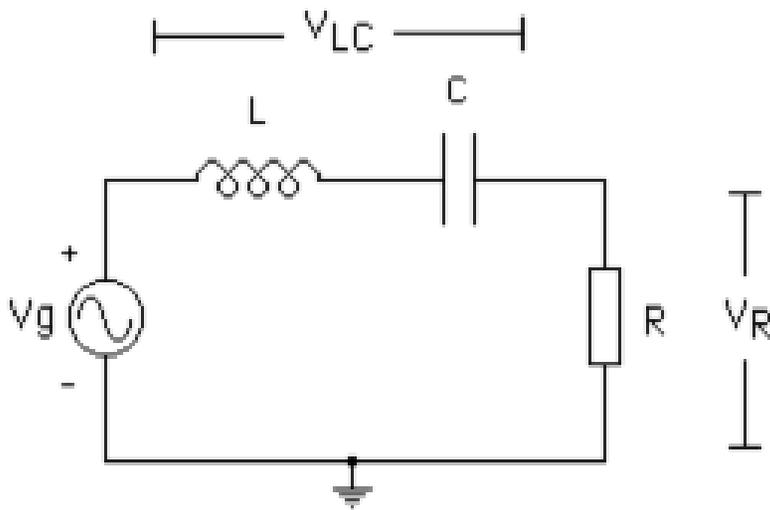


## CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 6

- \* REPASO DE LOS CONCEPTOS DE LA SEMANA ANTERIOR
- \* CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE FILTROS
- \* FILTROS PASIVOS DE PRIMER ORDEN
- \* EL CIRCUITO RLC SERIE COMO FILTRO PASIVO
- \* **FILTRO RLC PASA-BANDA**
- \* FILTRO RLC ELIMINA-BANDA
- \* FILTRO RLC PASA-BAJO
- \* FILTRO RLC PASA-ALTO
- \* COMENTARIOS SOBRE LA PRÁCTICA N° 6
- \* CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 6

## FILTRO RLC PASA-BANDA

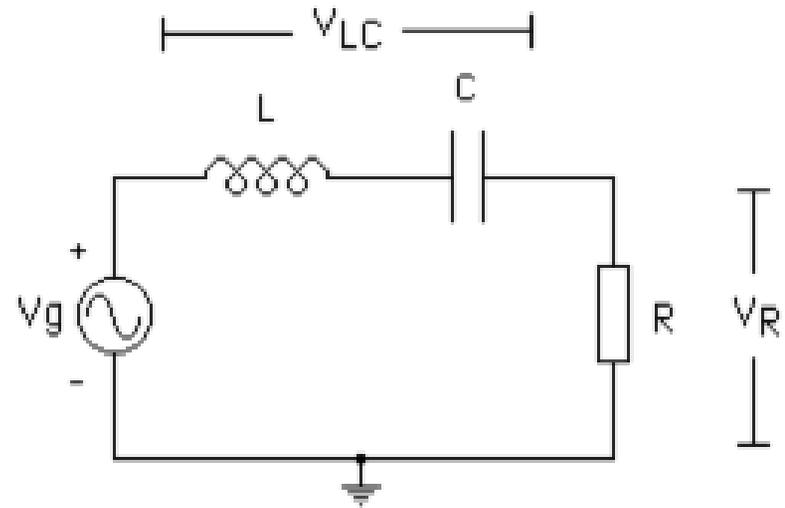
El filtro pasa-banda permite que se obtengan en la salida las frecuencias comprendidas en la banda entre  $f_1$  y  $f_2$ , mientras que atenúa las señales de frecuencias más bajas que  $f_1$  o más altas que  $f_2$ .



## ECUACIONES DEL FILTRO RLC PASA-BANDA

Determinamos el módulo de la función  $V_R/V_g$  haciendo uso de las impedancias de los componentes en régimen sinusoidal permanente.

$$\left| \frac{V_R}{V_g} \right| = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}}$$



En resonancia:

$$\left| \frac{V_R}{V_g} \right| = 1$$

Para  $\omega = 0$

$$\left| \frac{V_R}{V_g} \right| = 0$$

Para  $\omega = \infty$

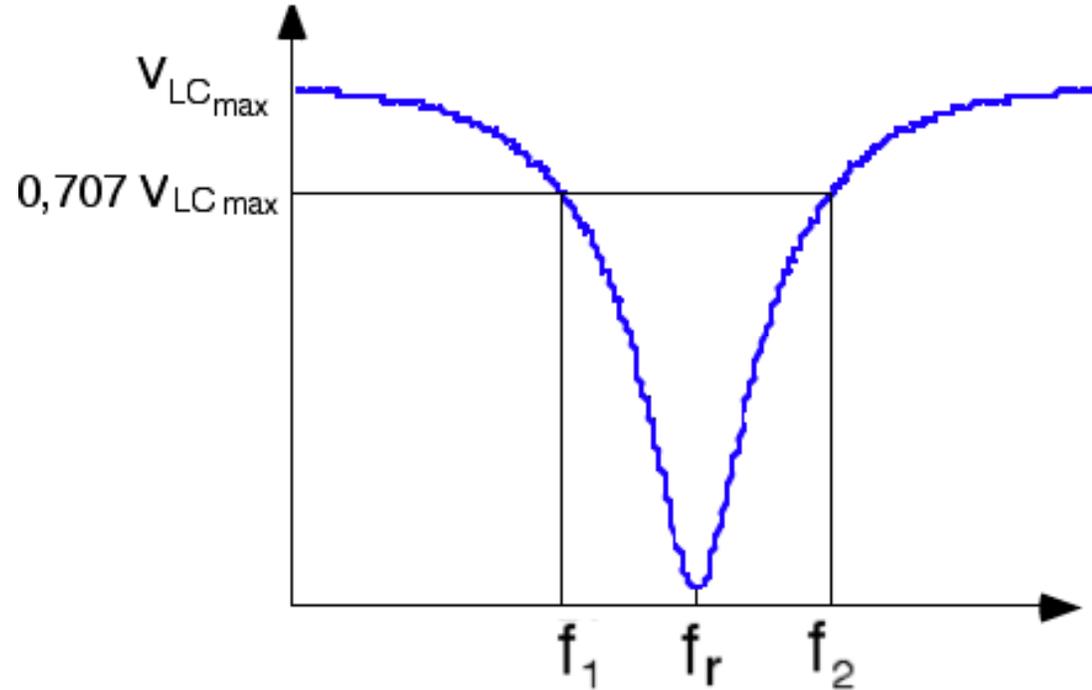
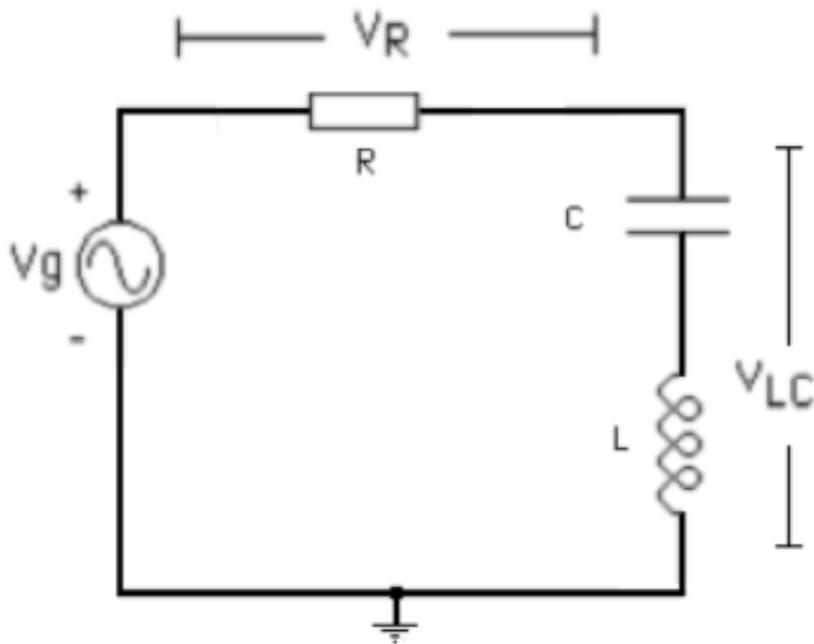
$$\left| \frac{V_R}{V_g} \right| = 0$$

## CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 6

- \* REPASO DE LOS CONCEPTOS DE LA SEMANA ANTERIOR
- \* CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE FILTROS
- \* FILTROS PASIVOS DE PRIMER ORDEN
- \* EL CIRCUITO RLC SERIE COMO FILTRO PASIVO
- \* FILTRO RLC PASA-BANDA
- \* **FILTRO RLC ELIMINA-BANDA**
- \* FILTRO RLC PASA-BAJO
- \* FILTRO RLC PASA-ALTO
- \* COMENTARIOS SOBRE LA PRÁCTICA N° 6
- \* CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 6

## FILTRO RLC ELIMINA-BANDA

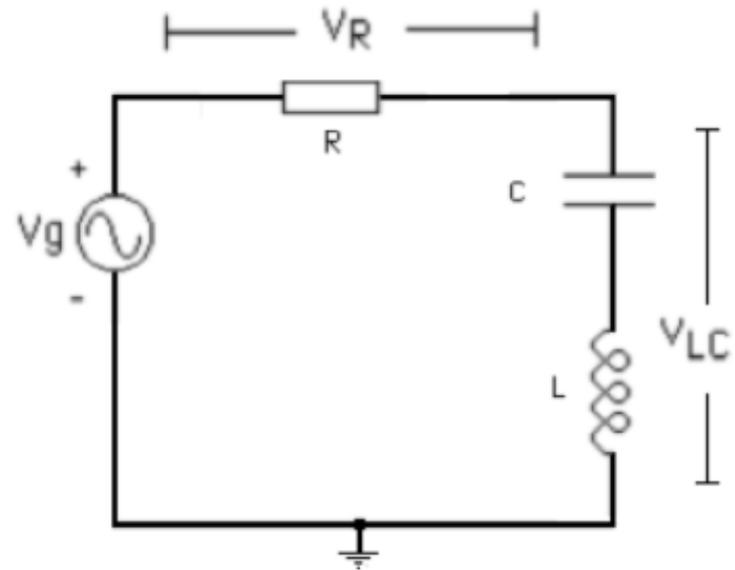
El filtro elimina-banda atenúa en la salida las frecuencias comprendidas en la banda entre  $f_1$  y  $f_2$ , mientras que permite que se obtengan en la salida las señales de frecuencias más bajas que  $f_1$  o más altas que  $f_2$ .



## ECUACIONES DEL FILTRO RLC ELIMINA-BANDA

Determinamos el módulo de la función  $V_{LC}/V_g$  haciendo uso de las impedancias de los componentes en régimen sinusoidal permanente.

$$\left| \frac{V_{LC}}{V_g} \right| = \frac{\left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)}{\sqrt{R^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}}$$



En resonancia:

$$\left| \frac{V_{LC}}{V_g} \right| = 0$$

Para  $\omega = 0$

$$\left| \frac{V_{LC}}{V_g} \right| = 1$$

Para  $\omega = \infty$

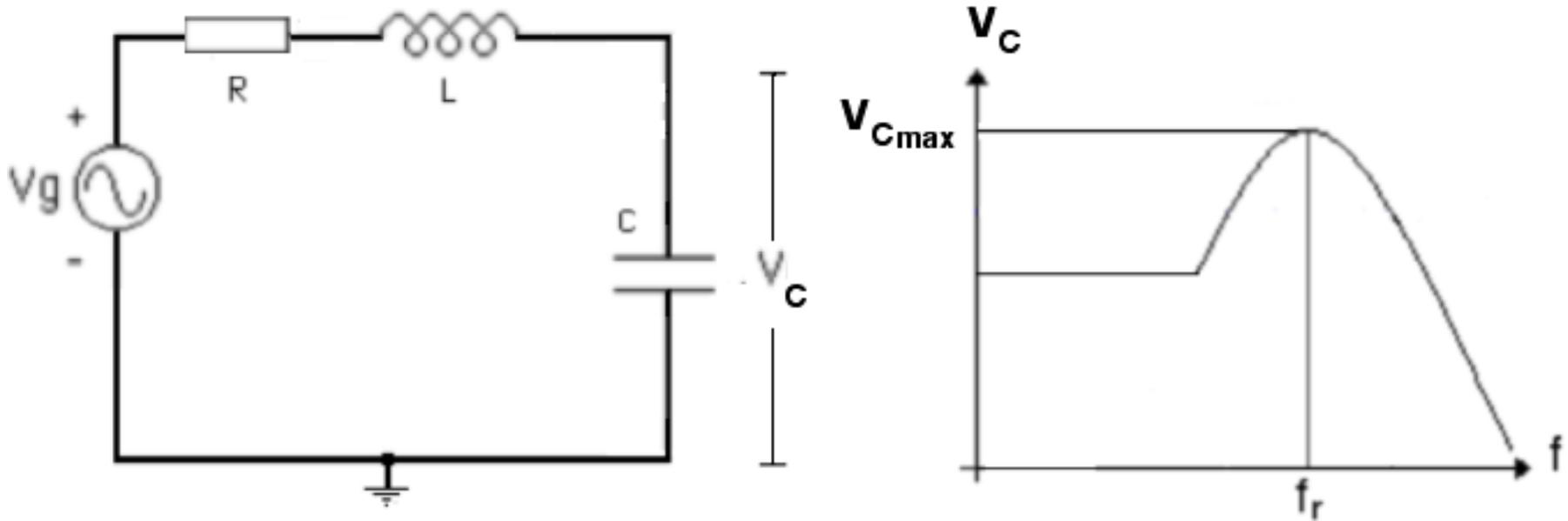
$$\left| \frac{V_{LC}}{V_g} \right| = 1$$

## CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 6

- \* REPASO DE LOS CONCEPTOS DE LA SEMANA ANTERIOR
- \* CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE FILTROS
- \* FILTROS PASIVOS DE PRIMER ORDEN
- \* EL CIRCUITO RLC SERIE COMO FILTRO PASIVO
- \* FILTRO RLC PASA-BANDA
- \* FILTRO RLC ELIMINA-BANDA
- \* **FILTRO RLC PASA-BAJO**
- \* FILTRO RLC PASA-ALTO
- \* COMENTARIOS SOBRE LA PRÁCTICA N° 6
- \* CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 6

## FILTRO RLC PASA-BAJO

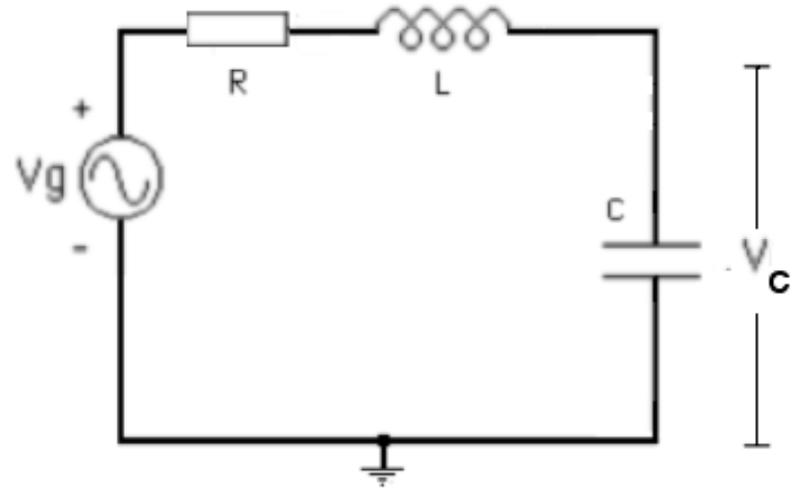
El filtro pasa-bajo permite que se obtengan en la salida las señales de frecuencias más bajas que  $f_r$  (la frecuencia de corte para este filtro) y atenúa en la salida las frecuencias superiores a  $f_r$ .



## ECUACIONES DEL FILTRO RLC PASA-BAJO

Determinamos el módulo de la función  $V_C/V_g$  haciendo uso de las impedancias de los componentes en régimen sinusoidal permanente.

$$\left| \frac{V_C}{V_g} \right| = \frac{\frac{1}{\omega C}}{\sqrt{R^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}}$$



En resonancia:

$$\left| \frac{V_C}{V_g} \right| = \frac{1}{\omega RC} = \frac{\sqrt{L/C}}{R}$$

Para  $\omega = 0$

$$\left| \frac{V_C}{V_g} \right| = 1$$

Para  $\omega = \infty$

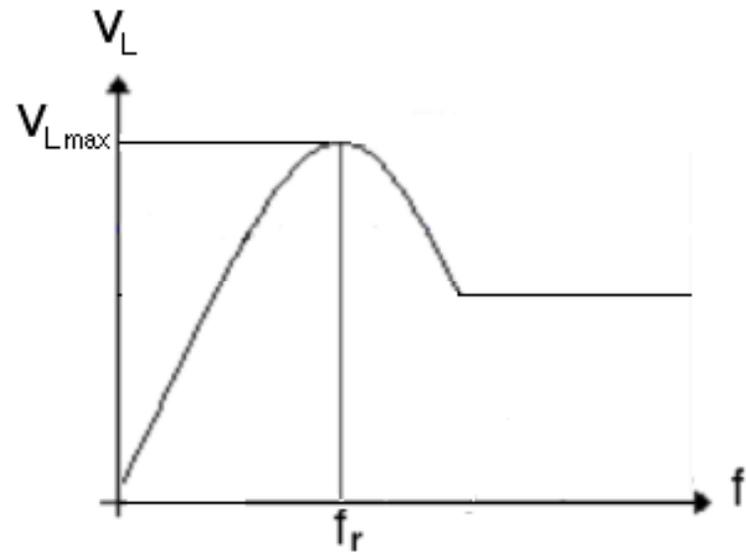
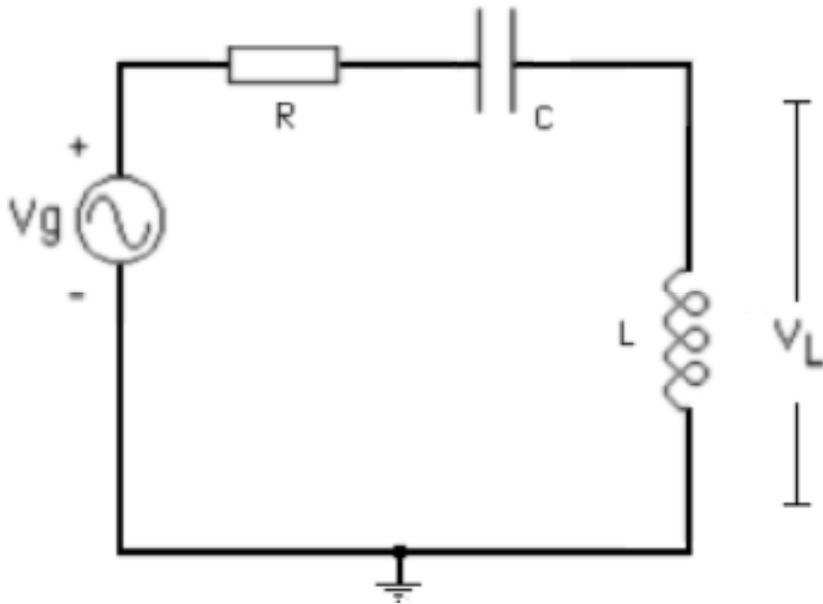
$$\left| \frac{V_C}{V_g} \right| = 0$$

## CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 6

- \* REPASO DE LOS CONCEPTOS DE LA SEMANA ANTERIOR
- \* CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE FILTROS
- \* FILTROS PASIVOS DE PRIMER ORDEN
- \* EL CIRCUITO RLC SERIE COMO FILTRO PASIVO
- \* FILTRO RLC PASA-BANDA
- \* FILTRO RLC ELIMINA-BANDA
- \* FILTRO RLC PASA-BAJO
- \* **FILTRO RLC PASA-ALTO**
- \* COMENTARIOS SOBRE LA PRÁCTICA N° 6
- \* CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 6

## FILTRO RLC PASA-ALTO

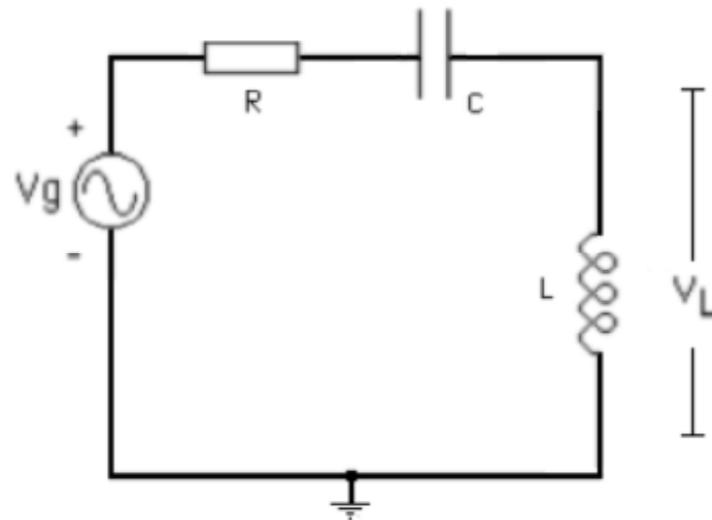
El filtro pasa-alto permite que se obtengan en la salida las señales de frecuencias más altas que  $f_r$  (la frecuencia de corte para este filtro) y atenúa en la salida las frecuencias inferiores a  $f_r$ .



## ECUACIONES DEL FILTRO RLC PASA-ALTO

Determinamos el módulo de la función  $V_L/V_g$  haciendo uso de las impedancias de los componentes en régimen sinusoidal permanente.

$$\left| \frac{V_L}{V_g} \right| = \frac{\omega L}{\sqrt{R^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}}$$



En resonancia:

$$\left| \frac{V_L}{V_g} \right| = \frac{\omega L}{R} = \frac{\sqrt{L/C}}{R}$$

Para  $\omega = 0$

$$\left| \frac{V_L}{V_g} \right| = 0$$

Para  $\omega = \infty$

$$\left| \frac{V_L}{V_g} \right| = 1$$

## **CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 6**

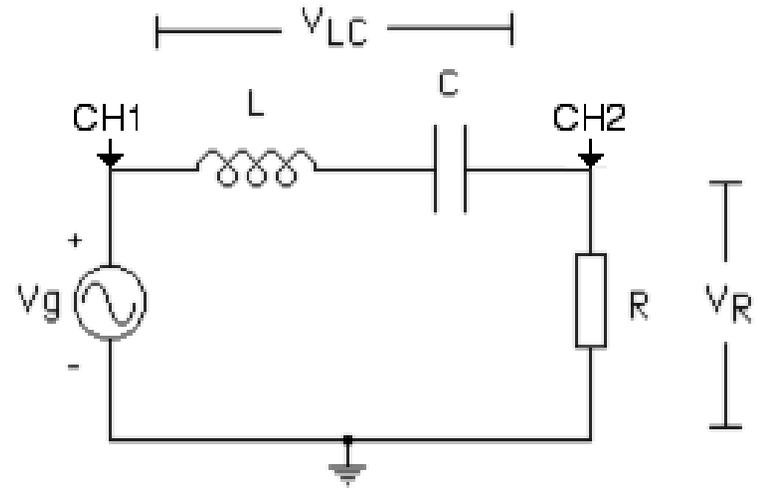
- \* REPASO DE LOS CONCEPTOS DE LA SEMANA ANTERIOR**
- \* CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE FILTROS**
- \* FILTROS PASIVOS DE PRIMER ORDEN**
- \* EL CIRCUITO RLC SERIE COMO FILTRO PASIVO**
- \* FILTRO RLC PASA-BANDA**
- \* FILTRO RLC ELIMINA-BANDA**
- \* FILTRO RLC PASA-BAJO**
- \* FILTRO RLC PASA-ALTO**
- \* COMENTARIOS SOBRE LA PRÁCTICA N° 6**
- \* CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 6**

## COMENTARIOS SOBRE LA PRÁCTICA N° 6

\* La primera experiencia consiste en realizar observaciones de la respuesta transitoria del voltaje sobre el condensador cuando se aplica un escalón de voltaje al circuito RLC serie y comparar las señales del osciloscopio con las obtenidas mediante las simulaciones de SPICE. Registren cuidadosamente las señales del osciloscopio para luego poder colocarlas apropiadamente en el informe y realizar las comparaciones correspondientes.

\* Para el análisis correspondiente al régimen sinusoidal permanente, comiencen midiendo cuidadosamente la frecuencia de resonancia, la frecuencia de corte inferior y la frecuencia de corte superior.

\* Las mediciones sobre el circuito en la configuración **pasa-banda**, y simultáneamente la configuración **elimina-banda** es la parte más laboriosa, ya que para cada frecuencia deben medir **magnitud del voltaje  $V_R$**  y la **fase entre  $V_g$  y  $V_R$**  (utilizando la base de tiempo horizontal), además de hacer la **medición diferencial** del voltaje sobre el condensador y el inductor  $V_{LC}$  a fin de obtener los datos correspondientes a la magnitud del voltaje en la salida del filtro elimina-banda.



\* En la tabla coloquen la frecuencia de resonancia ( $f_r$ ) en la posición central, incluyan una frecuencia entre  $f_r$  y  $f_1$ , otra entre  $f_r$  y  $f_2$ , y agreguen 3 frecuencias menores que  $f_1$  (mínima 100 Hz) y 3 mayores que  $f_2$  (máxima 100 o 200 kHz).

**COMPONENTES:  $R = 1 \text{ k}\Omega$ ;  $C = 100 \text{ nF}$ ;  $L = 100 \text{ mH}$**

## **CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 6**

- \* REPASO DE LOS CONCEPTOS DE LA SEMANA ANTERIOR**
- \* CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE FILTROS**
- \* FILTROS PASIVOS DE PRIMER ORDEN**
- \* EL CIRCUITO RLC SERIE COMO FILTRO PASIVO**
- \* FILTRO RLC PASA-BANDA**
- \* FILTRO RLC ELIMINA-BANDA**
- \* FILTRO RLC PASA-BAJO**
- \* FILTRO RLC PASA-ALTO**
- \* COMENTARIOS SOBRE LA PRÁCTICA N° 6**
- \* CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 6**

## **CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 6**

Observación de la respuesta transitoria del voltaje sobre el condensador cuando se aplica un escalón de voltaje a un circuito RLC serie	40 minutos
Medición de la frecuencia de resonancia, frecuencias de corte, ancho de banda y factor Q del circuito RLC	40 minutos
Obtención de los datos para graficar la respuesta en frecuencia de los filtros pasa-banda y elimina-banda	60 minutos
Obtención de los datos para graficar la respuesta en frecuencia de los filtros pasa-bajo y pasa-alto	40 minutos

# PRÁCTICA N° 7

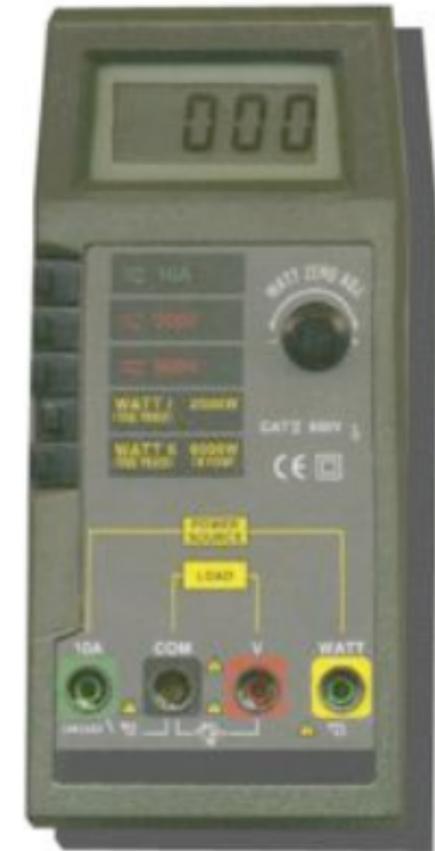
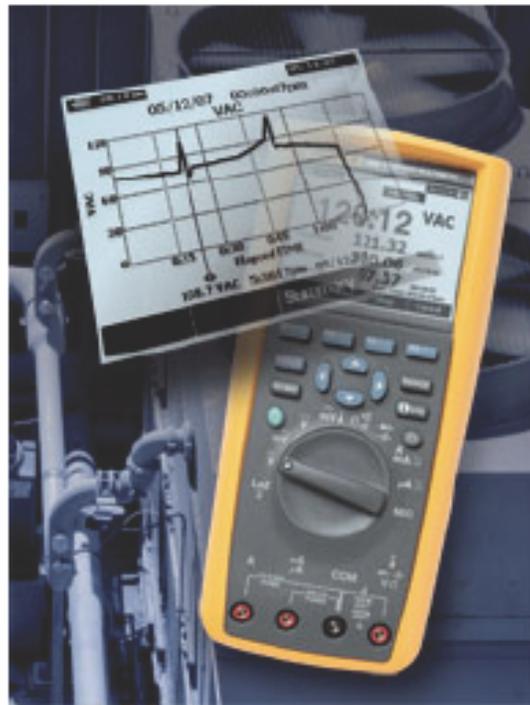
## MEDICIONES EN CORRIENTE ALTERNA (AC)

**MULTÍMETRO DC y AC**



**VATÍMETRO DIGITAL**

**MEDIDOR DE VERDADERO VALOR RMS**



## **CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 7**

- \* CONCEPTO SOBRE EL VALOR EFICAZ**
- \* VALOR EFICAZ DE SEÑALES PERIÓDICAS**
- \* AMPERÍMETROS Y VOLTÍMETROS AC DE BOBINA MÓVIL**
- \* OTROS INSTRUMENTOS PARA MEDIR LA CORRIENTE:  
AMPERÍMETRO DE HIERRO MOVIL**
- \* MULTÍMETROS DIGITALES DE MAYOR CALIDAD**
- \* MEDICIÓN DE CORRIENTE SIN ABRIR EL CIRCUITO: PINZA  
AMPERIMÉTRICA, EFECTO HALL, PINZA MULTIMÉTRICA**
- \* MEDIDOR DE VERDADERO VALOR RMS**
- \* CIRCUITOS DE LA PRÁCTICA N° 7**
- \* EXPERIMENTO DEMOSTRATIVO DE LA PRÁCTICA N° 7**
- \* CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 7**

## **CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 7**

### **\* CONCEPTO SOBRE EL VALOR EFICAZ**

**\* VALOR EFICAZ DE SEÑALES PERIÓDICAS**

**\* AMPERÍMETROS Y VOLTÍMETROS AC DE BOBINA MÓVIL**

**\* OTROS INSTRUMENTOS PARA MEDIR LA CORRIENTE:  
AMPERÍMETRO DE HIERRO MOVIL**

**\* MULTÍMETROS DIGITALES DE MAYOR CALIDAD**

**\* MEDICIÓN DE CORRIENTE SIN ABRIR EL CIRCUITO: PINZA  
AMPERIMÉTRICA, EFECTO HALL, PINZA MULTIMÉTRICA**

**\* MEDIDOR DE VERDADERO VALOR RMS**

**\* CIRCUITOS DE LA PRÁCTICA N° 7**

**\* EXPERIMENTO DEMOSTRATIVO DE LA PRÁCTICA N° 7**

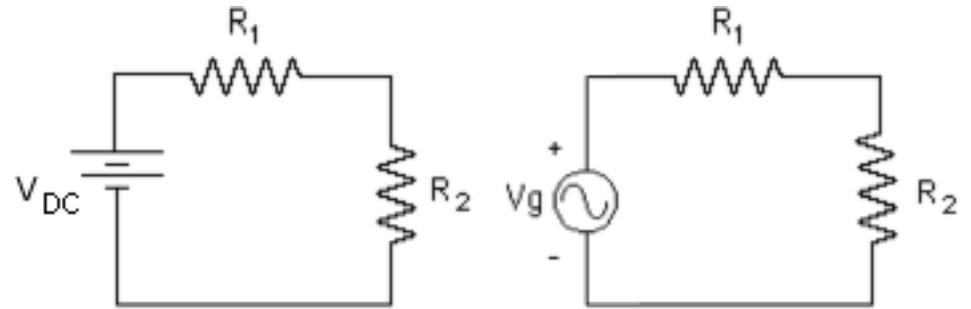
**\* CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 7**

## CONCEPTO SOBRE EL VALOR EFICAZ RAIZ MEDIA CUADRÁTICA ROOT MEAN SQUARE (RMS)

El valor eficaz o rms (por sus siglas en inglés) de una señal periódica es el valor equivalente al de una señal DC que produce la misma potencia media (o la misma disipación de calor) sobre una resistencia.

$$V_g = V_p \text{ sen } \omega t$$

Si  $R_1$  y  $R_2$  disipan la misma potencia en ambos circuitos, entonces



$$V_{DC} = \text{Valor rms de la señal } V_g$$

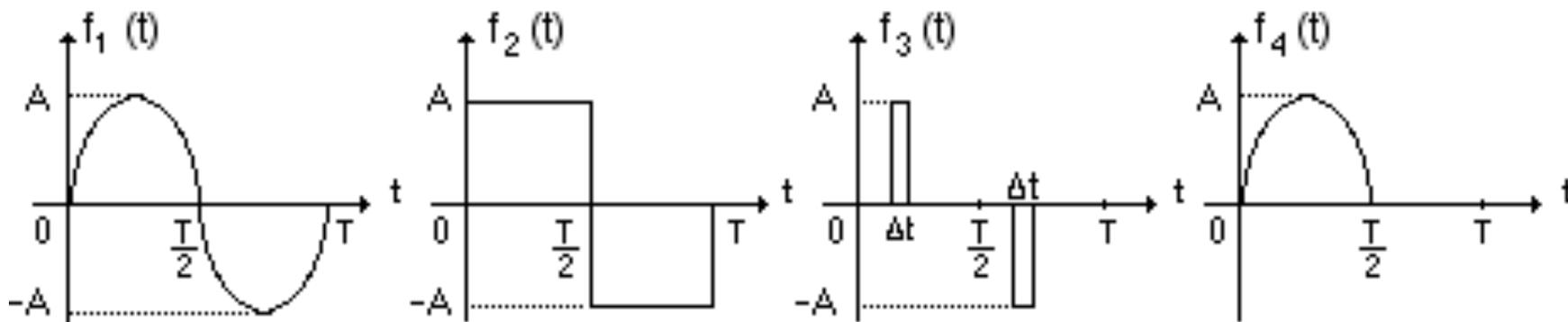
La expresión matemática para determinar el valor eficaz de una señal periódica es:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt}$$

## CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 7

- \* CONCEPTO SOBRE EL VALOR EFICAZ
- \* **VALOR EFICAZ DE SEÑALES PERIÓDICAS**
- \* AMPERÍMETROS Y VOLTÍMETROS AC DE BOBINA MÓVIL
- \* OTROS INSTRUMENTOS PARA MEDIR LA CORRIENTE:  
AMPERÍMETRO DE HIERRO MOVIL
- \* MULTÍMETROS DIGITALES DE MAYOR CALIDAD
- \* MEDICIÓN DE CORRIENTE SIN ABRIR EL CIRCUITO: PINZA  
AMPERIMÉTRICA, EFECTO HALL, PINZA MULTIMÉTRICA
- \* MEDIDOR DE VERDADERO VALOR RMS
- \* CIRCUITOS DE LA PRÁCTICA N° 7
- \* EXPERIMENTO DEMOSTRATIVO DE LA PRÁCTICA N° 7
- \* CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 7

## VALOR EFICAZ DE SEÑALES PERIÓDICAS



$$V_{rms_1} = \frac{A}{\sqrt{2}}$$

$$V_{rms_2} = A$$

$$V_{rms_3} = A \sqrt{\frac{2\Delta t}{T}}$$

$$V_{rms_4} = \frac{A}{2}$$

Para una señal triangular:  $V_{rms_5} = \frac{A}{\sqrt{3}}$

Por lo tanto la relación  $V_{rms_1} = \frac{A}{\sqrt{2}}$  es válida para señales sinusoidales.

## **CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 7**

- \* CONCEPTO SOBRE EL VALOR EFICAZ**
- \* VALOR EFICAZ DE SEÑALES PERIÓDICAS**
- \* AMPERÍMETROS Y VOLTÍMETROS AC DE BOBINA MÓVIL**
- \* OTROS INSTRUMENTOS PARA MEDIR LA CORRIENTE:  
AMPERÍMETRO DE HIERRO MOVIL**
- \* MULTÍMETROS DIGITALES DE MAYOR CALIDAD**
- \* MEDICIÓN DE CORRIENTE SIN ABRIR EL CIRCUITO: PINZA  
AMPERIMÉTRICA, EFECTO HALL, PINZA MULTIMÉTRICA**
- \* MEDIDOR DE VERDADERO VALOR RMS**
- \* CIRCUITOS DE LA PRÁCTICA N° 7**
- \* EXPERIMENTO DEMOSTRATIVO DE LA PRÁCTICA N° 7**
- \* CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 7**

# AMPERÍMETROS Y VOLTÍMETROS AC DE BOBINA MÓVIL

Están basados en el Galvanómetro de D'Arsonval, que es un instrumento que mide corrientes DC, por lo que es necesario convertir la señal AC en DC (rectificar la señal) antes de aplicarla al instrumento.

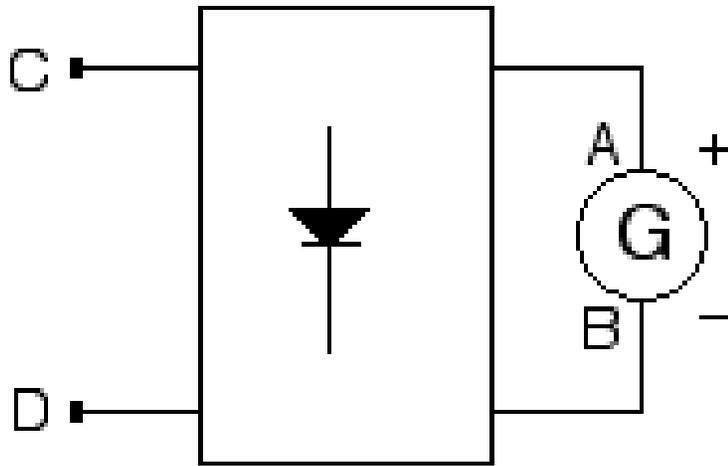
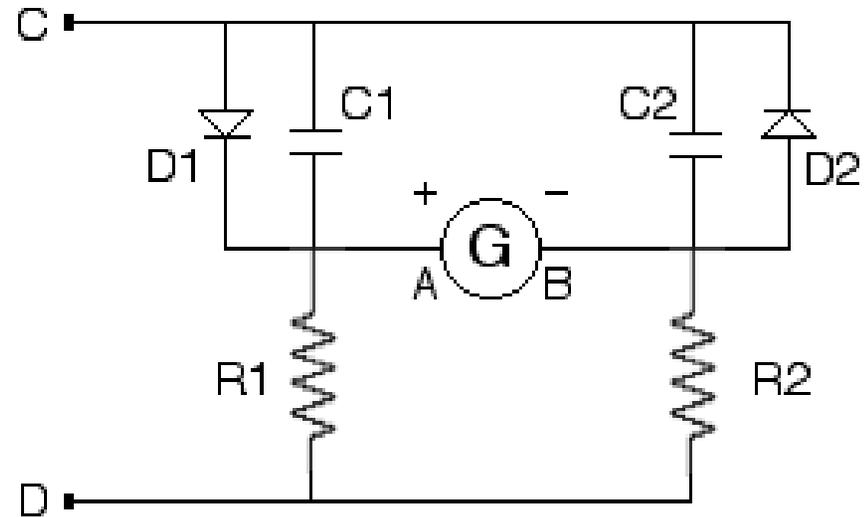


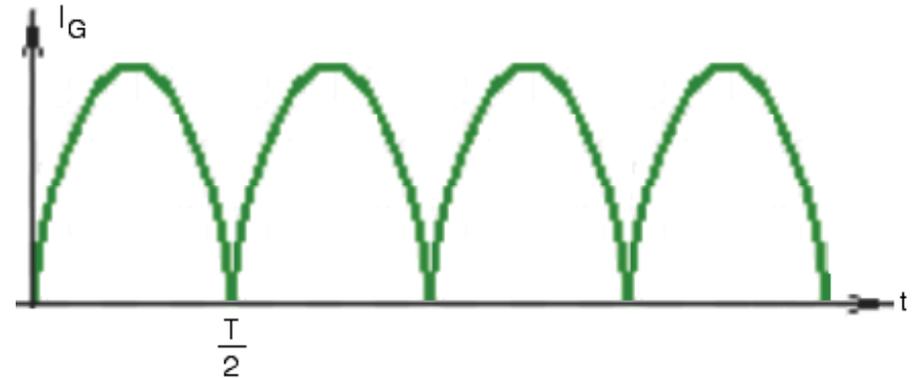
Diagrama general



Circuito de los instrumentos YEW  
Configuración puente

## ANÁLISIS DEL CIRCUITO DE LOS INSTRUMENTOS YEW

\*Debido a la configuración, la corriente por el Galvanómetro va variando a medida que el condensador correspondiente incrementa su voltaje, siguiendo una función de **la integral de la corriente de entrada**.



\*Por el Galvanómetro la corriente circula siempre en la dirección de A a B.

\*El período para este fenómeno es un semiciclo, esto es,  $T/2$ .

\*Debido a la inercia, la aguja del Galvanómetro no puede seguir en forma instantánea las variaciones de la corriente que circula por el instrumento, por lo que presenta un valor promedio de la corriente en un período  $T/2$ , o ángulo  $\pi$ .

## LECTURA DEL GALVANÓMETRO

$$I_{prom} = \frac{1}{T/2} \int_0^{T/2} A \sin \omega t dt$$

**\*Con este circuito de rectificación, el Galvanómetro presenta el valor promedio de un semiciclo de la señal periódica.**

**\*Esto es cierto para cualquier tipo de onda periódica (sinusoidal, triangular, etc.)**

**\*El promedio de un semiciclo de una sinusoidal es:**

$$I_{prom} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} A \sin \theta d\theta = \frac{2A}{\pi}$$

**\*Recordemos que el valor eficaz de una señal sinusoidal es:  $I_{rms} = \frac{A}{\sqrt{2}}$**

## CALIBRACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS AC USO DEL FACTOR DE FORMA

\*El Factor de Forma FF de una señal periódica se define como:  $FF = \frac{I_{rms}}{I_{prom}}$

\*Para una señal sinusoidal:  $I_{prom} = \frac{2A}{\pi}$        $I_{rms} = \frac{A}{\sqrt{2}}$

\*Para una señal sinusoidal el FF es:  $FF = \frac{A/\sqrt{2}}{2A/\pi} = 1,11$

$$I_{rms} = 1,11 I_{prom}$$

\*Conclusión: El **valor rms de una señal sinusoidal** puede medirse con un Galvanómetro al que se le conecta un circuito rectificador, y se **calibra la escala** mediante el factor de forma  $FF = 1,11$ .

## ¿QUÉ PASA SI SE APLICAN SEÑALES PERIÓDICAS DIFERENTES A UNA SINUSOIDAL?

\*El circuito va a determinar el valor promedio de la señal, el cual va a ser multiplicado por el factor 1,11 con el que está calibrada la escala, independientemente de la forma de onda introducida.

**Señal cuadrada:**  $FF = \frac{A}{A} = 1 \rightarrow V_{rms} = V_{prom}$

Como el instrumento multiplica por 1,11 la lectura será un 11% superior al verdadero valor rms de la señal cuadrada.

**Señal triangular:**  $FF = \frac{A/\sqrt{3}}{A/2} = \frac{2}{\sqrt{3}} = 1,155$

Como el instrumento multiplica por 1,11 la lectura será un 3,89% inferior al verdadero valor rms de la señal cuadrada.

## **CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 7**

- \* CONCEPTO SOBRE EL VALOR EFICAZ**
- \* VALOR EFICAZ DE SEÑALES PERIÓDICAS**
- \* AMPERÍMETROS Y VOLTÍMETROS AC DE BOBINA MÓVIL**
- \* OTROS INSTRUMENTOS PARA MEDIR LA CORRIENTE:  
AMPERÍMETRO DE HIERRO MOVIL**
- \* MULTÍMETROS DIGITALES DE MAYOR CALIDAD**
- \* MEDICIÓN DE CORRIENTE SIN ABRIR EL CIRCUITO: PINZA  
AMPERIMÉTRICA, EFECTO HALL, PINZA MULTIMÉTRICA**
- \* MEDIDOR DE VERDADERO VALOR RMS**
- \* CIRCUITOS DE LA PRÁCTICA N° 7**
- \* EXPERIMENTO DEMOSTRATIVO DE LA PRÁCTICA N° 7**
- \* CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 7**

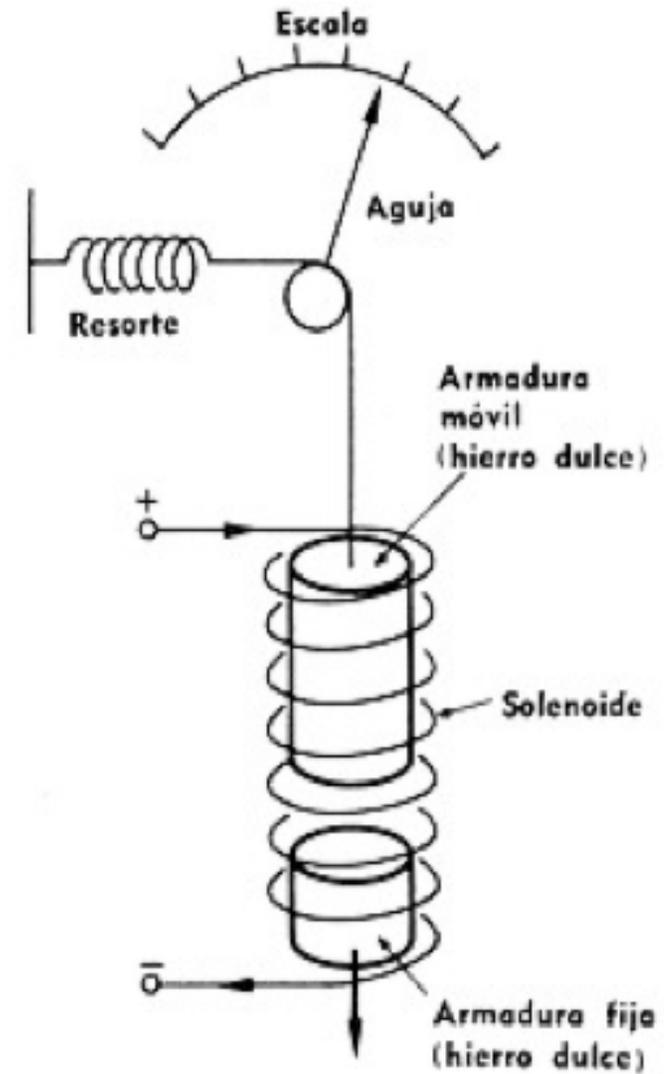
## OTROS INSTRUMENTOS PARA MEDIR LA CORRIENTE: AMPERÍMETRO DE HIERRO MOVIL

\***Bobina fija**, en cuyo interior va alojada y soldada una **lámina curvada** de hierro dulce.

\***Segunda lámina** unida al eje de la aguja indicadora.

\*Al circular corriente, ambas **láminas de hierro** se transforman en **imanes** y se **repelen** mutuamente, obteniéndose una fuerza **proporcional a la intensidad de la corriente**.

\*La magnitud de la fuerza de repulsión y, por consiguiente la **amplitud del movimiento de la aguja**, dependen de la cantidad de corriente que circula por la bobina.



## ESCALAS DE LOS AMPERIMETROS DE HIERRO MOVIL

\*Estos aparatos tienen la ventaja de servir tanto para **corriente continua (CC)** como **alterna (CA)**.

\*Las graduaciones o divisiones de la primera zona de la escala van a estar comprimidas de una forma que resulta ilegible, porque se tiene que vencer la inercia.

\*La primera parte de la escala no suele dibujarse.



## CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 7

- \* **CONCEPTO SOBRE EL VALOR EFICAZ**
- \* **VALOR EFICAZ DE SEÑALES PERIÓDICAS**
- \* **AMPERÍMETROS Y VOLTÍMETROS AC DE BOBINA MÓVIL**
- \* **OTROS INSTRUMENTOS PARA MEDIR LA CORRIENTE:  
AMPERÍMETRO DE HIERRO MOVIL**
- \* **MULTÍMETROS DIGITALES DE MAYOR CALIDAD**
- \* **MEDICIÓN DE CORRIENTE SIN ABRIR EL CIRCUITO: PINZA  
AMPERIMÉTRICA, EFECTO HALL, PINZA MULTIMÉTRICA**
- \* **MEDIDOR DE VERDADERO VALOR RMS**
- \* **CIRCUITOS DE LA PRÁCTICA N° 7**
- \* **EXPERIMENTO DEMOSTRATIVO DE LA PRÁCTICA N° 7**
- \* **CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 7**

# MULTÍMETROS DIGITALES DE MAYOR CALIDAD

\*Los multímetros digitales convierten la señal analógica en una señal digital y posteriormente la procesan para presentar las diferentes mediciones.

\*El multímetro de la gráfica permite medir voltajes DC y AC, corrientes DC y AC, valores de resistencias y continuidad



## CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 7

- \* **CONCEPTO SOBRE EL VALOR EFICAZ**
- \* **VALOR EFICAZ DE SEÑALES PERIÓDICAS**
- \* **AMPERÍMETROS Y VOLTÍMETROS AC DE BOBINA MÓVIL**
- \* **OTROS INSTRUMENTOS PARA MEDIR LA CORRIENTE:  
AMPERÍMETRO DE HIERRO MOVIL**
- \* **MULTÍMETROS DIGITALES DE MAYOR CALIDAD**
- \* **MEDICIÓN DE CORRIENTE SIN ABRIR EL CIRCUITO: PINZA  
AMPERIMÉTRICA, EFECTO HALL, PINZA MULTIMÉTRICA**
- \* **MEDIDOR DE VERDADERO VALOR RMS**
- \* **CIRCUITOS DE LA PRÁCTICA N° 7**
- \* **EXPERIMENTO DEMOSTRATIVO DE LA PRÁCTICA N° 7**
- \* **CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 7**

## **MEDICIÓN DE CORRIENTE SIN ABRIR EL CIRCUITO: PINZA AMPERIMÉTRICA**

\* Se basa en el principio de que la corriente que circula por un conductor crea un campo magnético que a su vez origina una corriente que circulará por la mandíbula y es la que se registrará en el instrumento de medición.

\*Puede conectarse a multímetros digitales o a osciloscopios, dependiendo del terminal disponible.

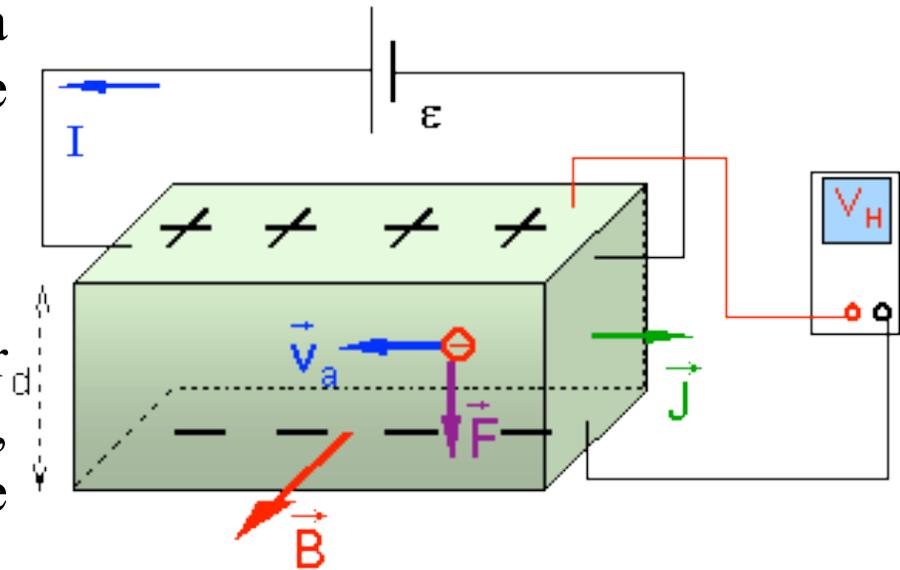


**A621 2000 Amp AC Current Probe/BNC**

## EFECTO HALL

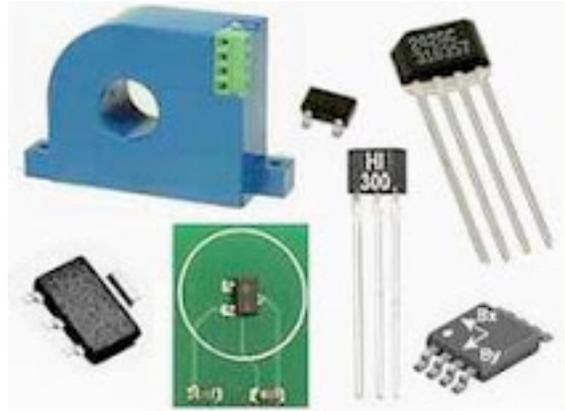
\*Conductor por el que circula una corriente DC (requiere que se genere mediante un circuito activo).

\*Campo magnético perpendicular al movimiento de las cargas, producido por la corriente que se quiere medir.



\*Se produce una separación de cargas que da lugar a un campo eléctrico (**campo Hall**) en el interior del conductor, perpendicular al movimiento de las cargas y al campo magnético aplicado (medición proporcional a la corriente).

# PRESENTACIONES DE MEDIDORES POR EFECTO HALL



**A622 100 Amp AC/DC Current Probe/BNC**

# PINZA MULTIMÉTRICA

\*Todas las versiones miden corriente y tensión en AC, tensión en CD, resistencia, continuidad, frecuencia y prueba de diodos.

\*El modelo 514 está basado en un sensor de Efecto Hall por lo que mide corriente en CA y CD hasta 1000 A.



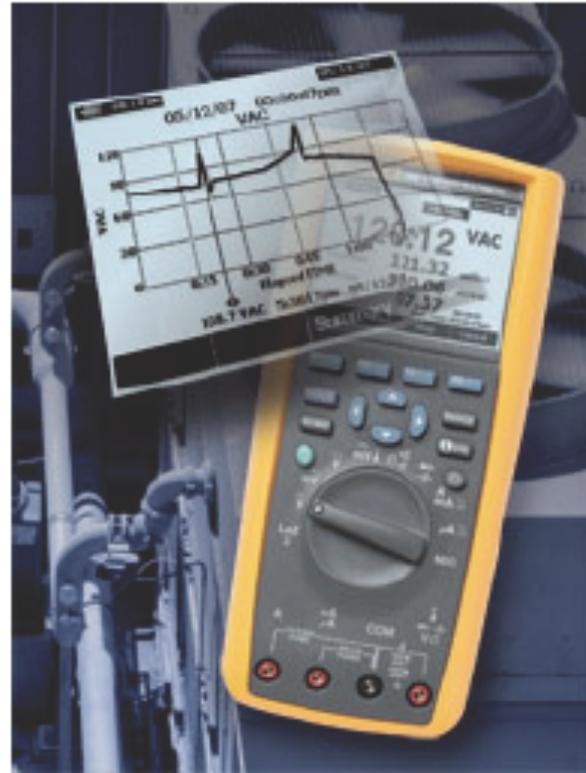
## CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 7

- \* **CONCEPTO SOBRE EL VALOR EFICAZ**
- \* **VALOR EFICAZ DE SEÑALES PERIÓDICAS**
- \* **AMPERÍMETROS Y VOLTÍMETROS AC DE BOBINA MÓVIL**
- \* **OTROS INSTRUMENTOS PARA MEDIR LA CORRIENTE:  
AMPERÍMETRO DE HIERRO MOVIL**
- \* **MULTÍMETROS DIGITALES DE MAYOR CALIDAD**
- \* **MEDICIÓN DE CORRIENTE SIN ABRIR EL CIRCUITO: PINZA  
AMPERIMÉTRICA, EFECTO HALL, PINZA MULTIMÉTRICA**
- \* **MEDIDOR DE VERDADERO VALOR RMS**
- \* **CIRCUITOS DE LA PRÁCTICA N° 7**
- \* **EXPERIMENTO DEMOSTRATIVO DE LA PRÁCTICA N° 7**
- \* **CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 7**

## MEDIDOR DE VERDADERO VALOR RMS

Hay instrumentos diseñados para medir el verdadero valor rms de una señal periódica con cualquier forma de onda, bien sea a través de la potencia o en el caso de los instrumentos digitales, realizando cálculos a partir de las formas de onda adquiridas por el instrumento. Por lo general son instrumentos costosos. Hay que seguir las indicaciones del instrumento para conectarlo correctamente.

FLUKE 289

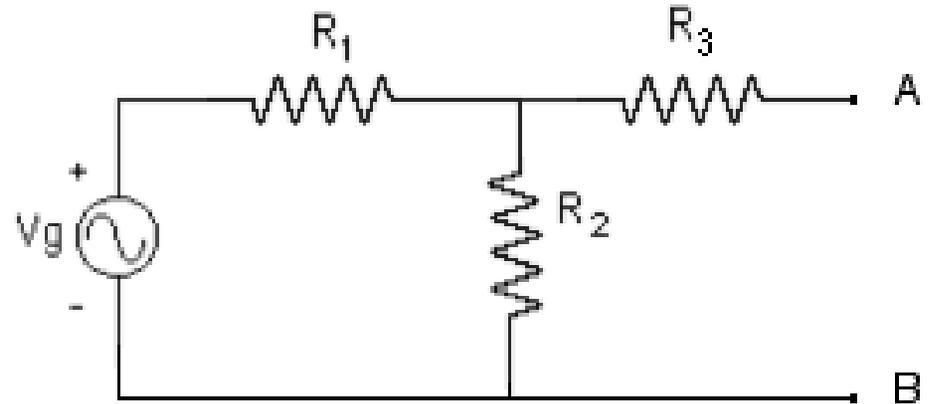


## CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 7

- \* **CONCEPTO SOBRE EL VALOR EFICAZ**
- \* **VALOR EFICAZ DE SEÑALES PERIÓDICAS**
- \* **AMPERÍMETROS Y VOLTÍMETROS AC DE BOBINA MÓVIL**
- \* **OTROS INSTRUMENTOS PARA MEDIR LA CORRIENTE:  
AMPERÍMETRO DE HIERRO MOVIL**
- \* **MULTÍMETROS DIGITALES DE MAYOR CALIDAD**
- \* **MEDICIÓN DE CORRIENTE SIN ABRIR EL CIRCUITO: PINZA  
AMPERIMÉTRICA, EFECTO HALL, PINZA MULTIMÉTRICA**
- \* **MEDIDOR DE VERDADERO VALOR RMS**
- \* **CIRCUITOS DE LA PRÁCTICA N° 7**
- \* **EXPERIMENTO DEMOSTRATIVO DE LA PRÁCTICA N° 7**
- \* **CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 7**

## CIRCUITOS DE LA PRÁCTICA N° 7

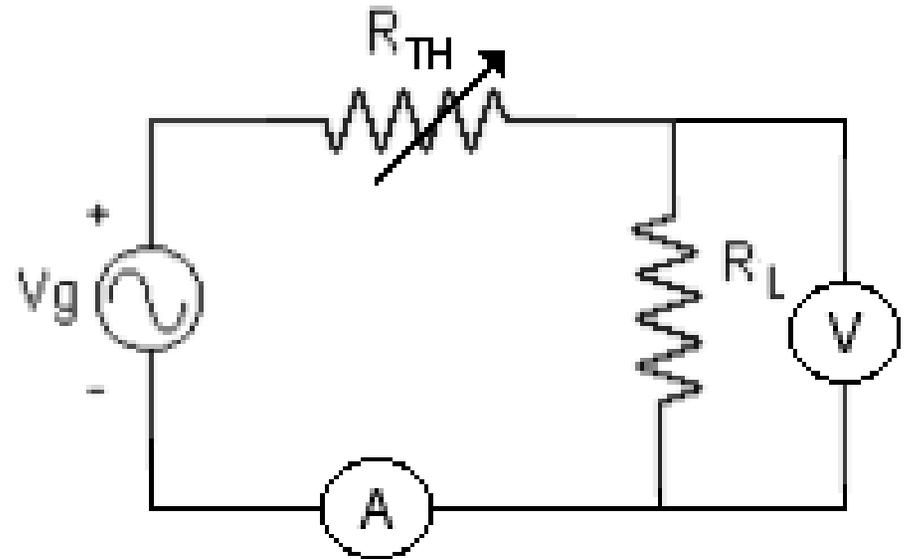
\* Circuito para determinar el equivalente Thevenin y comprobar el Teorema de Máxima Transferencia de Potencia cuando  $R_L$  es variable:



$V_g$  pico = 10 V;  $f = 1$  kHz

$R_1 = 2$  k $\Omega$ ,  $R_2 = 2$  k $\Omega$ ,  $R_3 = 1$  k $\Omega$

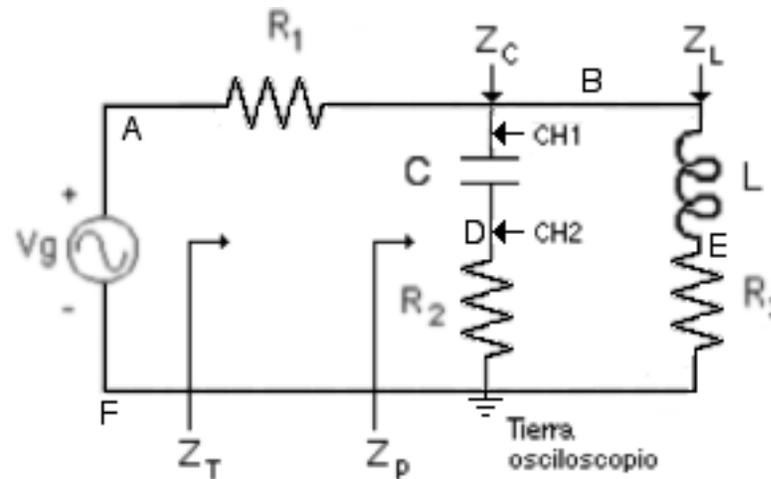
\* Circuito para comprobar el Teorema de Máxima Transferencia de Potencia cuando  $R_{TH}$  es variable:



$V_g$  pico = 6 V;  $f = 1$  kHz;  $R_L = 2$  k $\Omega$

## CIRCUITOS DE LA PRÁCTICA N° 7

Circuito para determinar experimentalmente las impedancias en régimen sinusoidal permanente.



$$V_g \text{ pico} = 10 \text{ V}; \quad f = 1 \text{ kHz}; \quad R_1 = 1 \text{ k}\Omega; \quad R_2 = 1 \text{ k}\Omega; \quad R_3 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$C = 100 \text{ nF}; \quad H = 100 \text{ mH}$$

# COLOCACIÓN DE LAS PUNTAS DE PRUEBA PARA LA MEDICIÓN DE IMPEDANCIAS

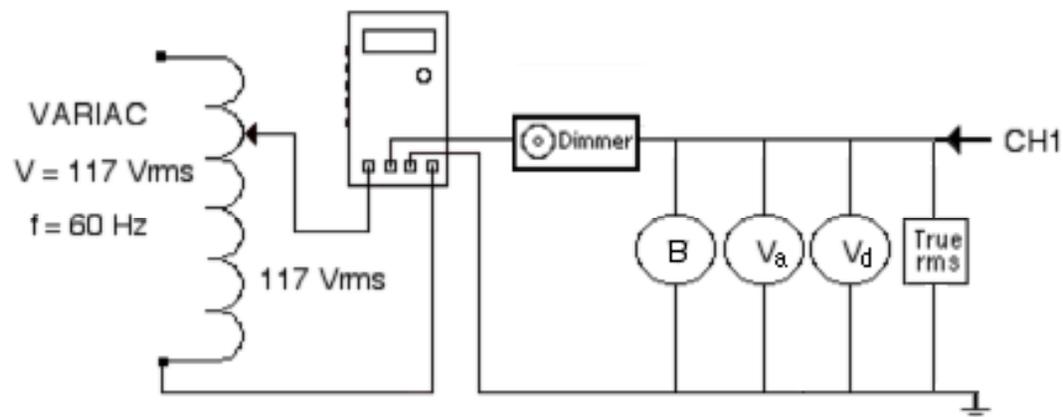
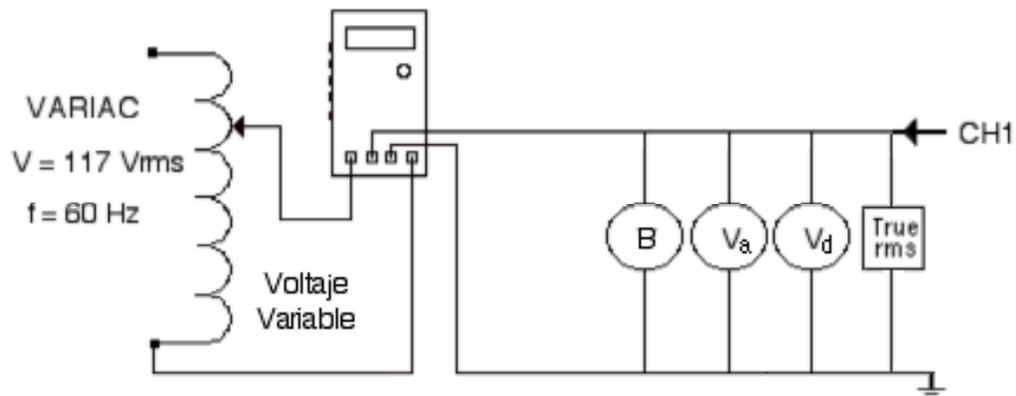
MEDICIÓN DE IMPEDANCIAS				
	Voltaje	Corriente	Desfasaje	Impedancia
$Z_C$				
$Z_L$				
$Z_P$				
$Z_T$				

## CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 7

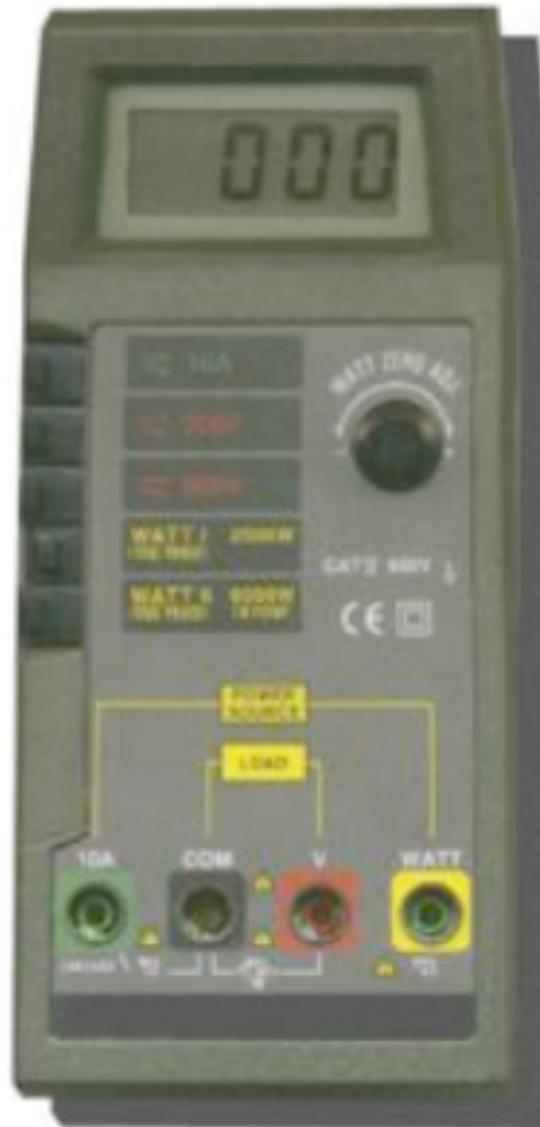
- \* CONCEPTO SOBRE EL VALOR EFICAZ
- \* VALOR EFICAZ DE SEÑALES PERIÓDICAS
- \* AMPERÍMETROS Y VOLTÍMETROS AC DE BOBINA MÓVIL
- \* OTROS INSTRUMENTOS PARA MEDIR LA CORRIENTE:  
AMPERÍMETRO DE HIERRO MOVIL
- \* MULTÍMETROS DIGITALES DE MAYOR CALIDAD
- \* MEDICIÓN DE CORRIENTE SIN ABRIR EL CIRCUITO: PINZA  
AMPERIMÉTRICA, EFECTO HALL, PINZA MULTIMÉTRICA
- \* MEDIDOR DE VERDADERO VALOR RMS
- \* CIRCUITOS DE LA PRÁCTICA N° 7
- \* **EXPERIMENTO DEMOSTRATIVO DE LA PRÁCTICA N° 7**
- \* CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 7

## EXPERIMENTO DEMOSTRATIVO DE LA PRÁCTICA 7

En el laboratorio se van a montar los circuitos mostrados u otros equivalentes para demostrar la diferencia entre las mediciones obtenidas con instrumentos que leen el verdadero valor rms y las obtenidas con otros que no tienen esta capacidad de medición.

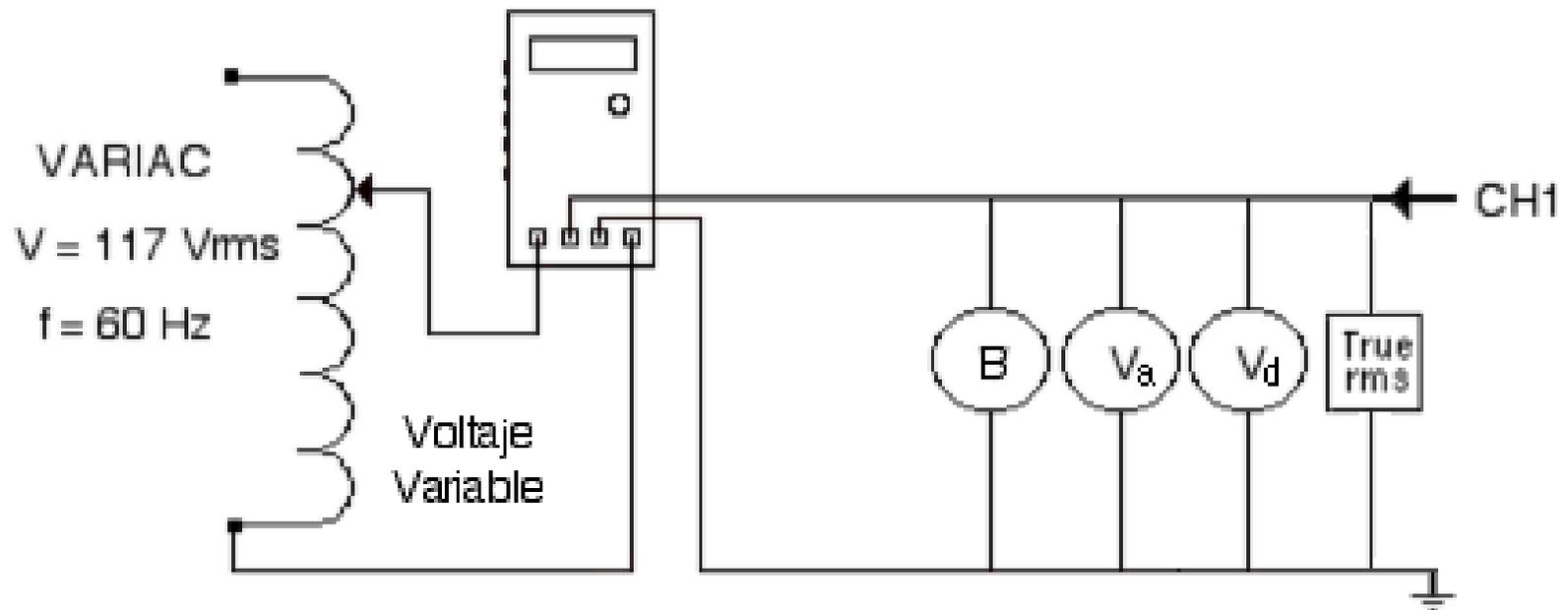


# CONEXIÓN DEL VATÍMETRO DIGITAL



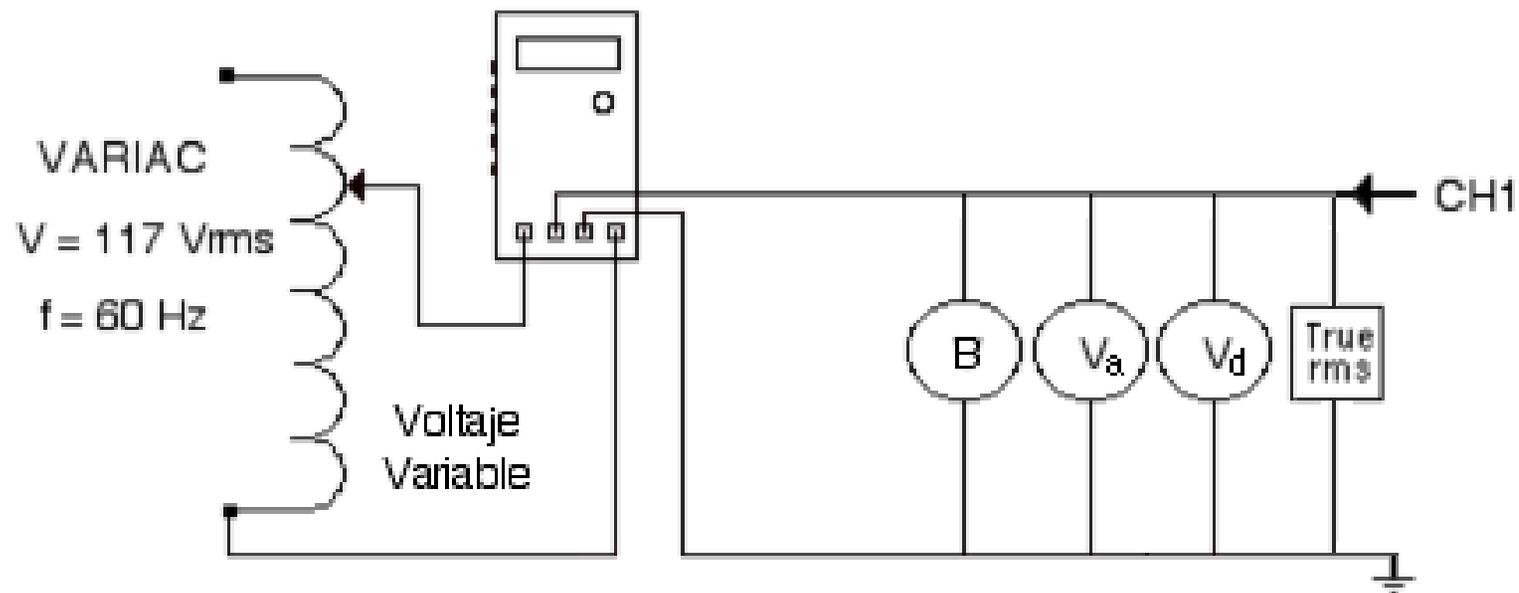
## PRIMER CIRCUITO: CONTROL CON EL VARIAC

En el primer circuito se encuentra el vatímetro digital, el bombillo y luego, en paralelo con éste, el voltímetro analógico, el voltímetro digital, el medidor de verdadero valor rms y el canal 1 del osciloscopio. Se toman las mediciones de todos los instrumentos.



## SEGUNDO CIRCUITO: CONTROL CON EL DIMMER

En el segundo circuito se encuentra el vatímetro digital, el dimmer, el bombillo y luego, en paralelo con éste, el voltímetro analógico, el voltímetro digital, el medidor de verdadero valor rms y el canal 1 del osciloscopio. Se toman las mediciones de todos los instrumentos.



## **CONCEPTOS TEÓRICOS PRÁCTICA N° 7**

- \* CONCEPTO SOBRE EL VALOR EFICAZ**
- \* VALOR EFICAZ DE SEÑALES PERIÓDICAS**
- \* AMPERÍMETROS Y VOLTÍMETROS AC DE BOBINA MÓVIL**
- \* OTROS INSTRUMENTOS PARA MEDIR LA CORRIENTE:  
AMPERÍMETRO DE HIERRO MOVIL**
- \* MULTÍMETROS DIGITALES DE MAYOR CALIDAD**
- \* MEDICIÓN DE CORRIENTE SIN ABRIR EL CIRCUITO: PINZA  
AMPERIMÉTRICA, EFECTO HALL, PINZA MULTIMÉTRICA**
- \* MEDIDOR DE VERDADERO VALOR RMS**
- \* CIRCUITOS DE LA PRÁCTICA N° 7**
- \* EXPERIMENTO DEMOSTRATIVO DE LA PRÁCTICA N° 7**
- \* CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 7**

## **CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 7**

Revisión de los instrumentos AC y medidas básicas con el generador y el voltímetro analógico	30 minutos
Determinación del ancho de banda del voltímetro analógico	20 minutos
Determinación experimental del equivalente Thevenin	20 minutos
Comprobación del Teorema de Máxima Transferencia de Potencia	45 minutos
Determinación experimental de las impedancias de un circuito en régimen sinusoidal permanente	50 minutos
Experimento demostrativo	15 minutos