

Sesión 4

Corriente Alterna

Usando el simulador Tinkercad

- I. Medida de impedancias elementales R, L,
- II. Impedancia de un circuito RC en serie
- II. Diagrama fasorial

Laboratorio de circuitos

Departamento de Física Aplicada I

Universidad de Sevilla

I. Medida de impedancias elementales R, L, C

Ley de Ohm en corriente alterna

$$\tilde{V} = \tilde{Z}\tilde{I}$$

Impedancia:

$$\tilde{Z} = \frac{\tilde{V}}{\tilde{I}}$$

Impedancia de un circuito RLC en serie

$$\tilde{Z} = R + j\left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)$$

Impedancia de una resistencia

$$\tilde{Z} = R$$

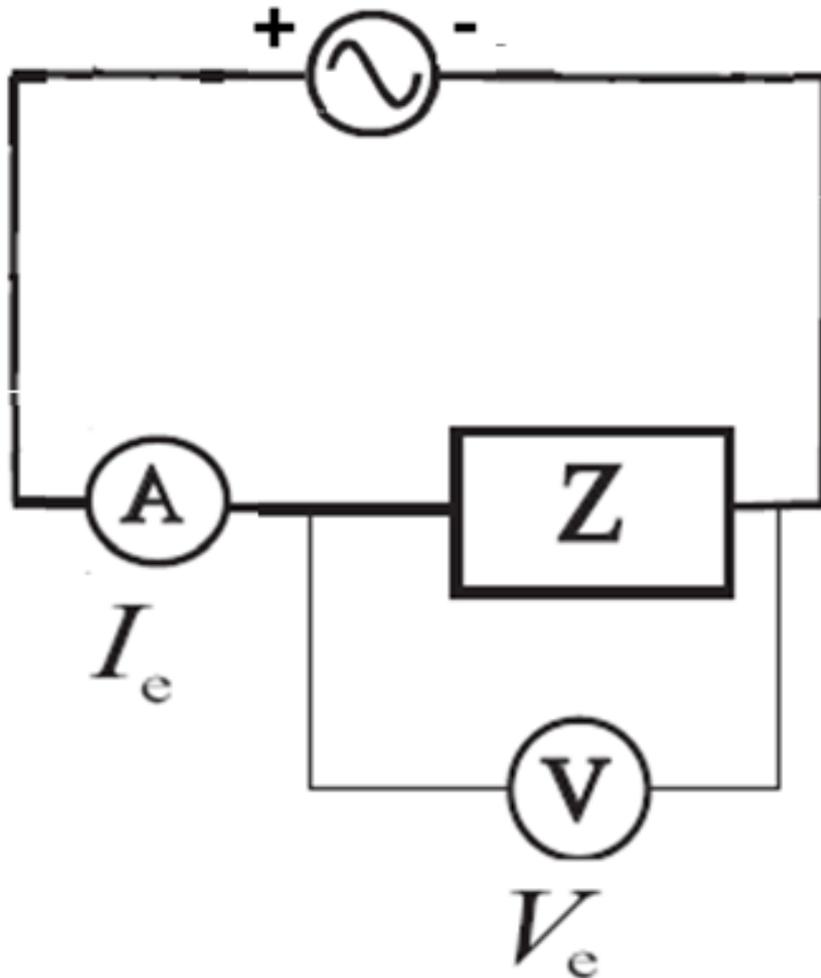
Impedancia de un condensador

$$\tilde{Z} = -\frac{1}{j\omega C}$$

Impedancia de una bobina

$$\tilde{Z} = j\omega L$$

I. ESTUDIO DE IMPEDANCIAS ELEMENTALES



$$I(t) = I_0 \cos(\omega t)$$

$$V(t) = I_0 \cos(\omega t + \varphi_Z)$$

Impedancia: \tilde{Z}
Complejo o vector de

módulo:

$$|\tilde{Z}| = \frac{V_0}{I_0}$$

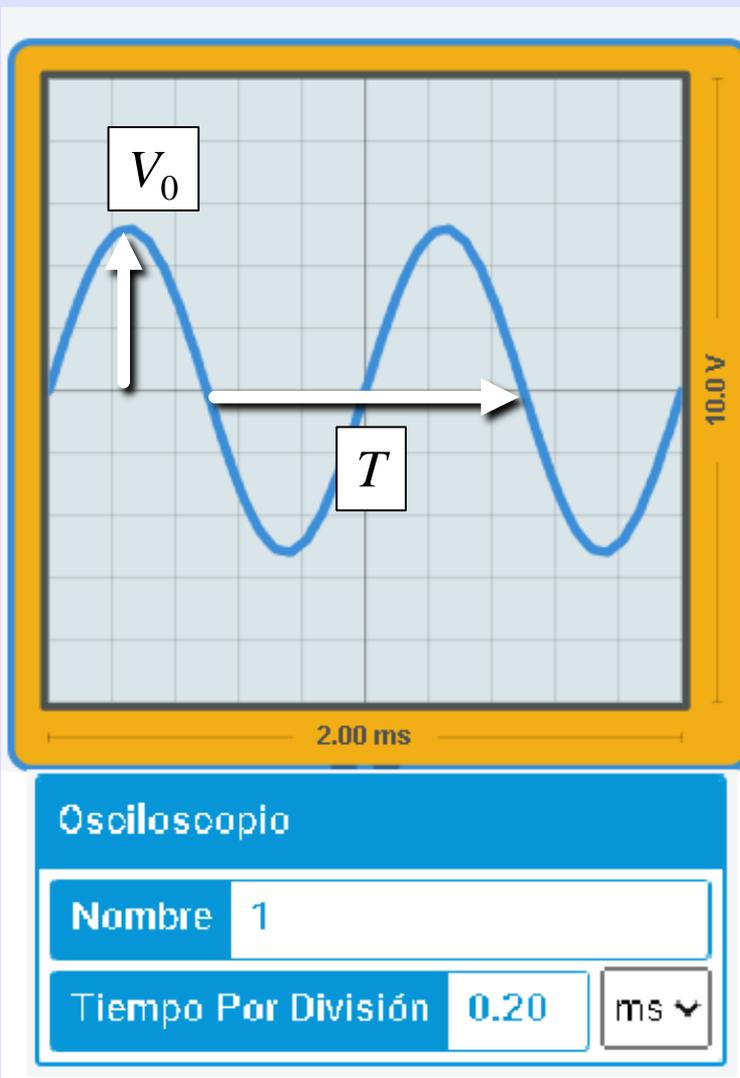
- Ángulo con el eje horizontal φ_Z
- Medimos V_0 e I_0 con los osciloscopios.
- Calculamos el módulo de la impedancia:

El osciloscopio de Tinkercad

- Monocanal: no permite visualizar desfases
- Ajusta automáticamente la escala de voltaje o vertical
- Hay que ajustar el valor del Tiempo por División horizontal
- No muestra las subdivisiones de la División



Medida con el osciloscopio de Tinkercad: $\text{Div}=\text{Pantalla}/10$ y estimamos la incertidumbre en $\text{Div}/5=0.2*\text{Div}$



Medida de la amplitud V_0

- Pantalla: 10.0 V y 10 Divisiones
- Escala vertical: 10.0 V/10 Div= 1.00V/Div
- Medida $V_0=2.6 \text{ Div}*1.00 \text{ V/Div}=2.6 \text{ V}$
- Incertidumbre: $0.2 \text{ Div}*1.00 \text{ V/Div}=0.2 \text{ V}$

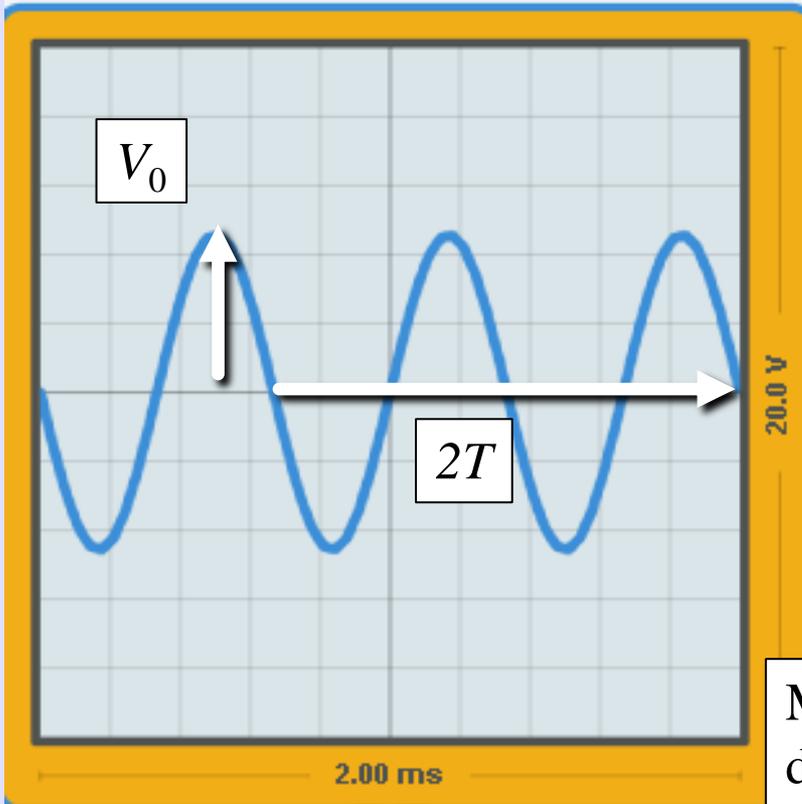
$$V_0=2.6 \pm 0.2 \text{ V}$$

Medida de un tiempo, por ejemplo el periodo:

- Pantalla: 2.00 ms y 10 Divisiones
- Escala horizontal: 2.00 ms/10 Div= 0.2 ms/Div
- Medida $T=5 \text{ Div}*0.2 \text{ ms/Div}$
- Incertidumbre: $0.2 \text{ Div}*0.2 \text{ ms/Div}=0.04 \text{ ms}$

$$T=1.00 \pm 0.04 \text{ ms}$$

Medida con el osciloscopio de Tinkercad: $\text{Div}=\text{Pantalla}/10$ y estimamos la incertidumbre en $\text{Div}/5=0.2*\text{Div}$



Osciloscopio

Nombre 1

Tiempo Por División 0.20 ms

Medida de la amplitud V_0

- Pantalla: 20.0 V y 10 Divisiones
- Escala vertical: 20.0 V/10 Div= 2.00V/Div
- Medida $V_0=2.3 \text{ Div}*2.00 \text{ V/Div}=4.6 \text{ V}$
- Incertidumbre $0.2 \text{ Div}*2.00 \text{ V/Div}=0.4 \text{ V}$

$$V_0=4.6 \pm 0.4 \text{ V}$$

Medida de un tiempo, por ejemplo el periodo doble:

- Pantalla: 2.00 ms y 10 Divisiones
- Escala horizontal: 2.00 ms/10 Div= 0.2 ms/Div
- Medida de $2T= 6.7 \text{ Div}*0.20 \text{ ms/Div}=13.4 \text{ ms}$
- Incertidumbre $0.2 \text{ Div}*2.00 \text{ ms/Div}=0.4 \text{ ms}$

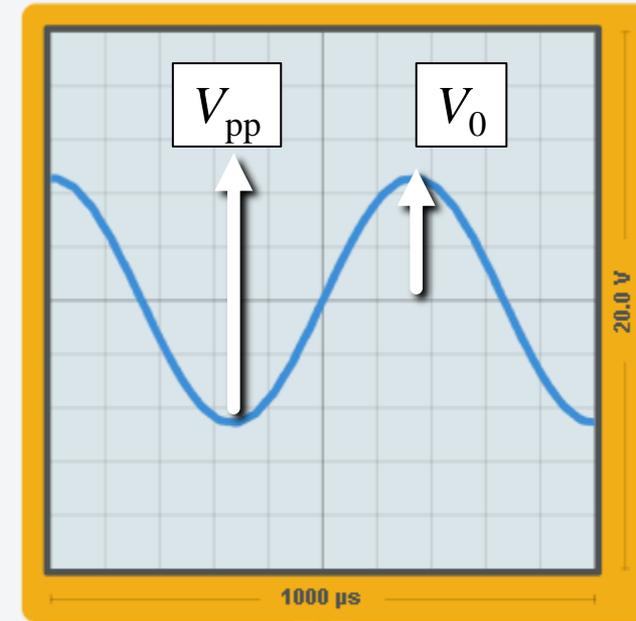
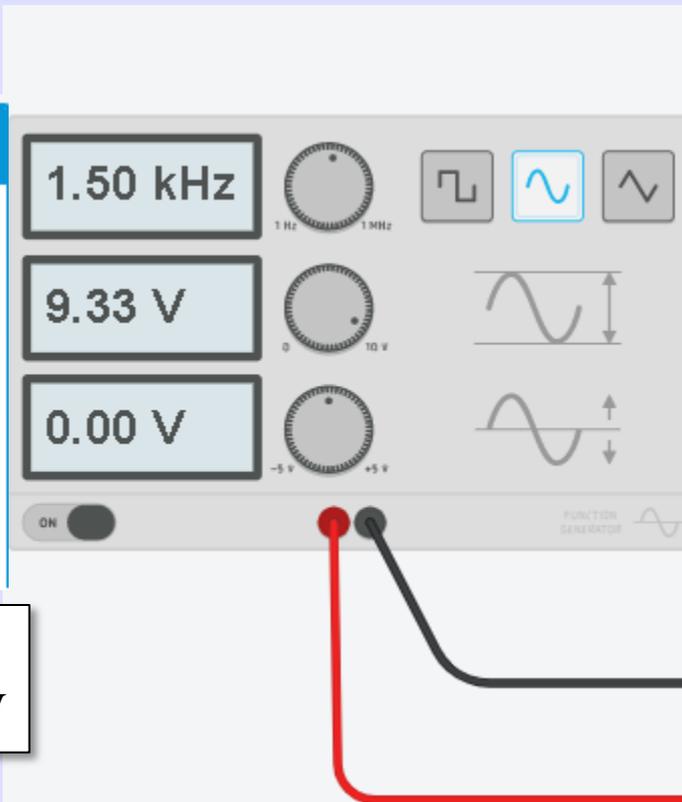
$$2T=13.4 \pm 0.4 \text{ ms} \rightarrow T=6.7 \pm 0.2 \text{ ms}$$

El generador de funciones de Tinkercad

Generador de función

Nombre	1	
Frecuencia	1500	_unidadhercio
Amplitud	9.33	_unidadvoltaje
Desfase De CC	0	_unidadvoltaje
Función	Seno	

Selecciona el potencial pico-pico $V_{pp}=2V_0=9.33\text{ V}$



Osciloscopio: Escala 2.00 V/Div

$$V_{pp} = 4.6 \text{ Div} * 2.00 \text{ V/Div} \rightarrow V_{pp} = 9.2 \text{ V}$$

$$V_0 = 2.3 \text{ Div} * 2.00 \text{ V/Div} \rightarrow V_0 = 4.6 \text{ V}$$

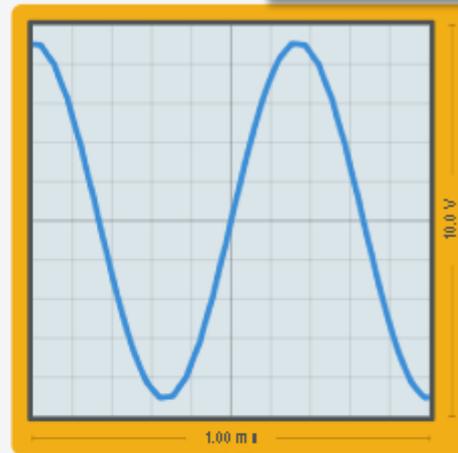
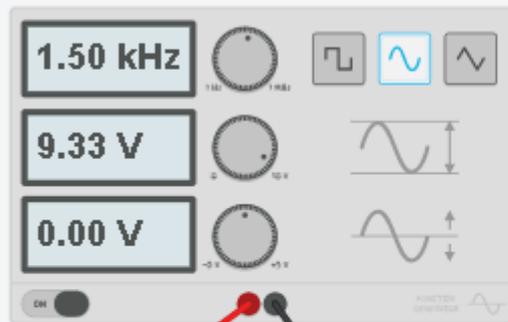
$$V_0 = V_{pp}/2 \text{ es más preciso}$$

Medida de intensidades con Tinkercad

Los osciloscopios solo miden V_0

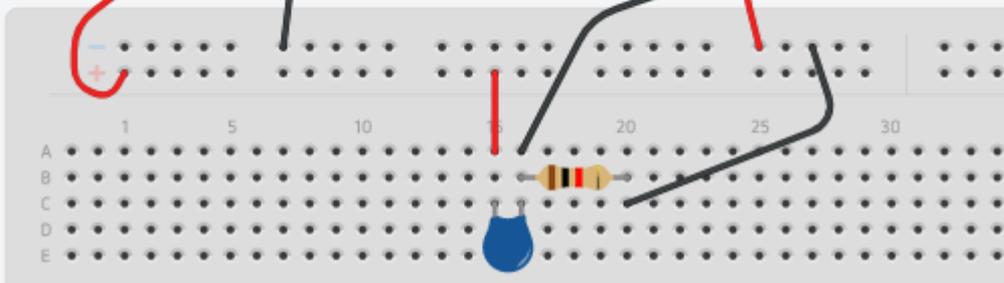
I_0 lo podemos obtener si hay una resistencia R conocida en serie con la intensidad que queremos medir y usando que $I_0 = V_{R0}/R$

Si $R=1\text{ k}\Omega$, como un $1\text{ V}/1\text{ k}\Omega=1\text{ mA}$
La diferencia de potencial V_0 en una resistencia de $1\text{ k}\Omega$ es su intensidad I_0 en mA



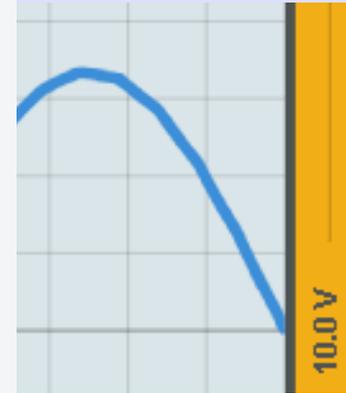
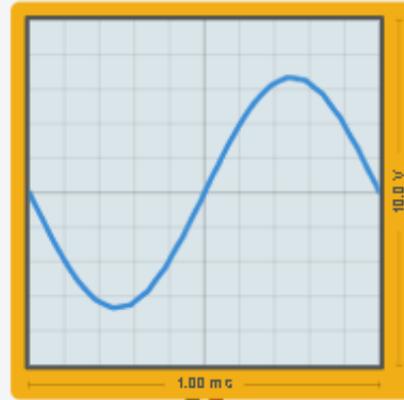
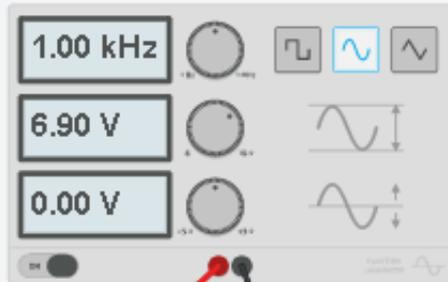
Pantalla 10.0 V
Escala 1.0 V/Div
 $V_{R0}=4.5\text{ Div} * 1.0\text{ V/Div} \rightarrow$
 $V_{R0}=4.5\text{ V}$

$$I_0=4.5\text{ mA}$$



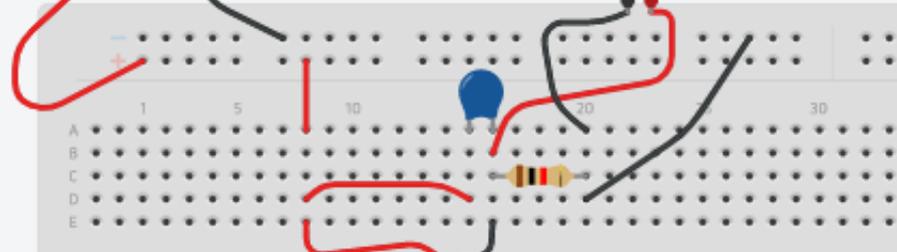
Medida de $|Z|$ de un condensador $C=1.05 \mu\text{F}$ con $f=1000 \text{ Hz}$

En el generador seleccionamos $f=1.00 \text{ kHz}$ y algún V_{pp} (6.90 en el ejemplo)
En los osciloscopios seleccionamos 0.1 ms/Div

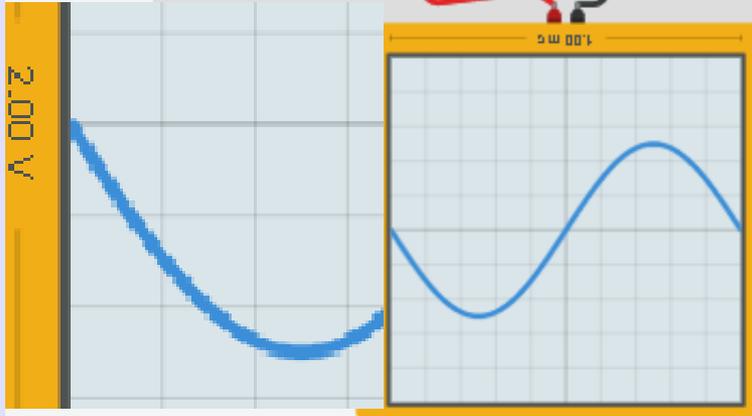


Pantalla 10.0 V
Escala 1.0 V/Div
 $VR0=3.3 \text{ Div} \cdot 1 \text{ V/Div}$
 $VR0=3.3 \text{ V}$

$I0=3.3 \text{ mA}$



Pantalla 2.0 V
Escala 0.2 V/Div
 $V0=2.5 \text{ Div} \cdot 0.2 \text{ V/Div}$
 $V0=0.50 \text{ V}$



$$|Z_{\text{exp}}| = V0/I0 = \\ 0.50 \text{ V} / 3.3 \text{ mA} \Rightarrow$$

$$|Z_{\text{exp}}| = 150 \Omega$$

Ejemplo de obtención de $|Z|$ experimental

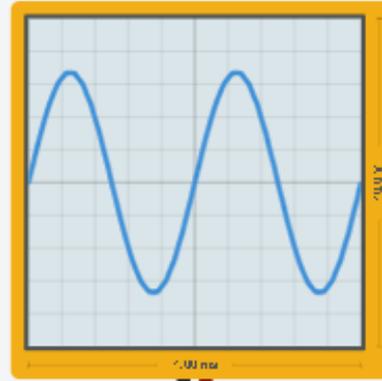
$$|\tilde{Z}| = \frac{V_0}{I_0} = \frac{0.50 \text{ V}}{3.3 \text{ mA}} \left(\frac{10^3 \text{ mA}}{1 \text{ A}} \right) = 151.15 \Omega$$

Redondeamos a las dos cifras significativas de V_0 e I_0 o a las cifras de la medida que tiene menos

$$|\tilde{Z}| = 150 \Omega$$

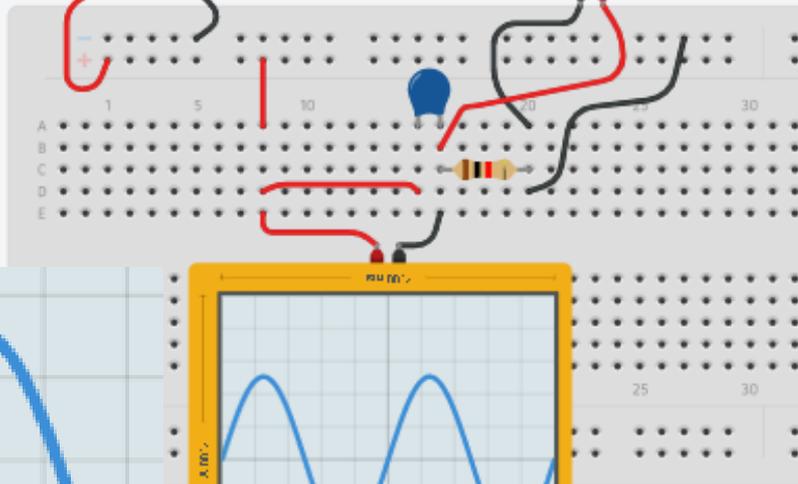
Medida de $|Z|$ de un condensador $C=1.05 \mu\text{F}$ con $f=2000 \text{ Hz}$

En el generador seleccionamos $f=2000 \text{ Hz}$ y el mismo V_{pp}
En los osciloscopios mantenemos 0.1 ms/Div



Pantalla 10.0 V
Escala 1.0 V/Div
 $V_{R0}=3.3 \text{ Div} * 1 \text{ V/Div}$
 $V_{R0}=3.3 \text{ V}$

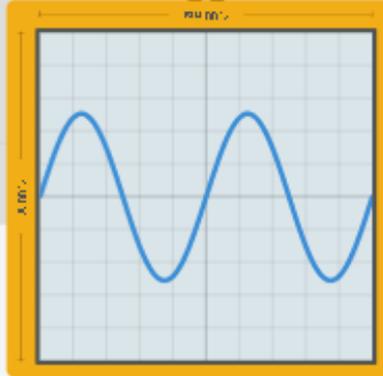
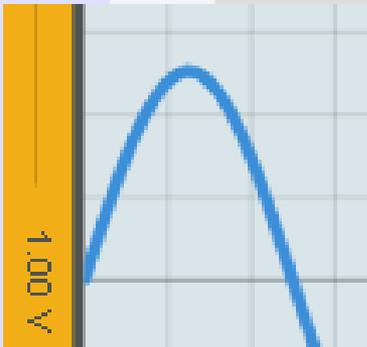
$I_0=3.3 \text{ mA}$



Pantalla 1.0 V
Escala 0.1 V/Div
 $V_0=2.5 \text{ Div} * 0.1 \text{ V/Div}$
 $V_0=0.25 \text{ V}$

$$|Z_{\text{exp}}| = V_0 / I_0 = 0.25 \text{ V} / 3.3 \text{ mA} \Rightarrow$$

$$|Z_{\text{exp}}| = 76 \Omega$$



Calcule las impedancias teóricas del condensador para las dos frecuencias:

CONDENSADOR $C=1.05 \mu\text{F}$

$$f=1000 \text{ Hz}$$

$$\omega = 2\pi f = 2000 \pi \text{ rad/s}$$

$$|\tilde{Z}_{teo}| = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2000\pi \text{ rad/s} \times 1.05 \times 10^{-6} \text{ F}} \Rightarrow |\tilde{Z}_{teo}| = 152. \Omega$$

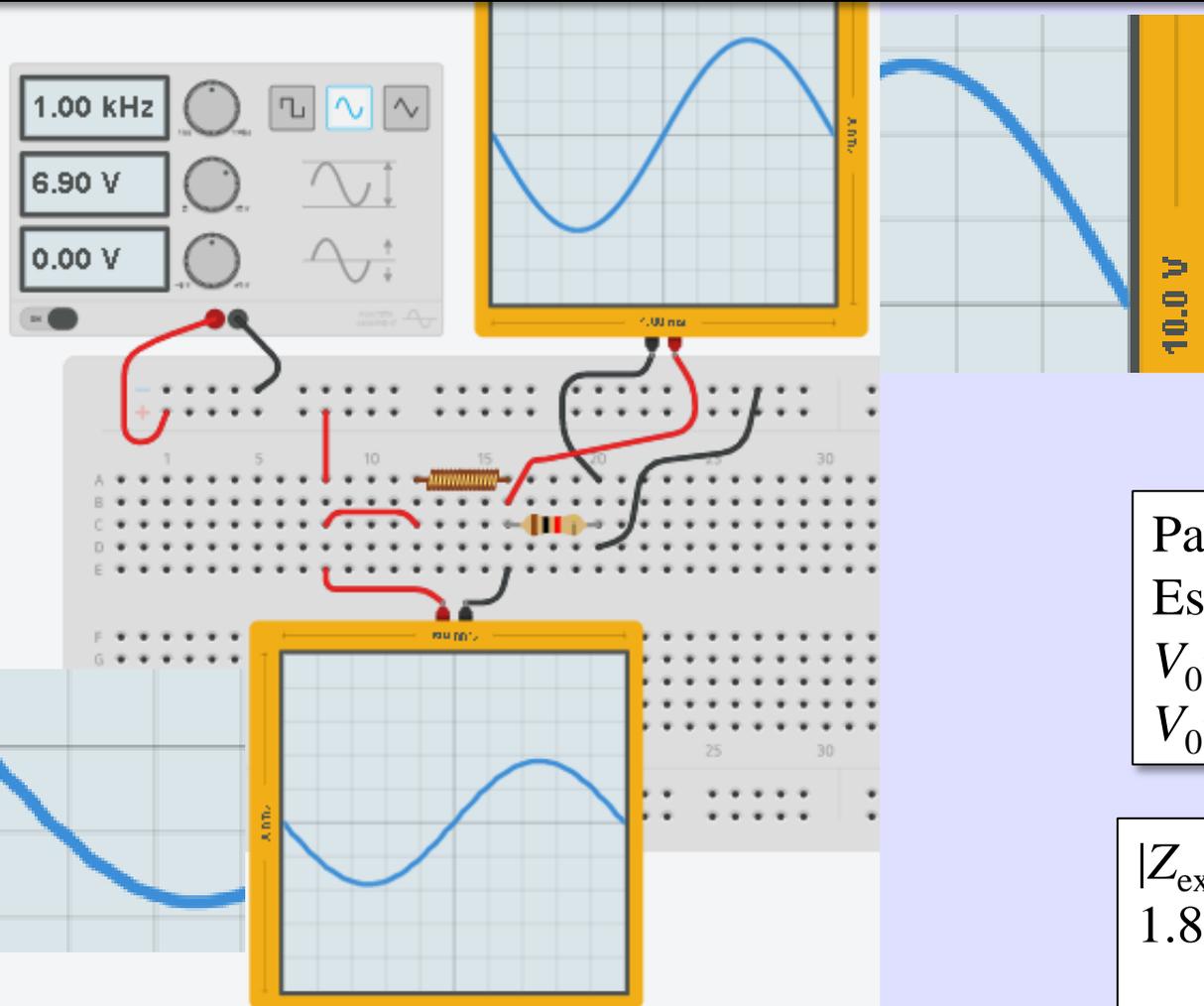
$$f=2000 \text{ Hz}$$

$$\omega = 2\pi f = 4000 \pi \text{ rad/s}$$

$$|\tilde{Z}_{teo}| = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{4000\pi \text{ rad/s} \times 1.00 \times 10^{-6} \text{ F}} \Rightarrow |\tilde{Z}_{teo}| = 75.8 \Omega$$

Anote los resultados en el sitio correspondiente de la hoja de trabajo

Cambie el condensador por una bobina de autoinducción $L=103$ mH.
Seleccione $f=1000$ Hz en el generador y el mismo V_{pp}
Mantenga V_{pp} en el generador y 0.10 ms/Div en los osciloscopios.



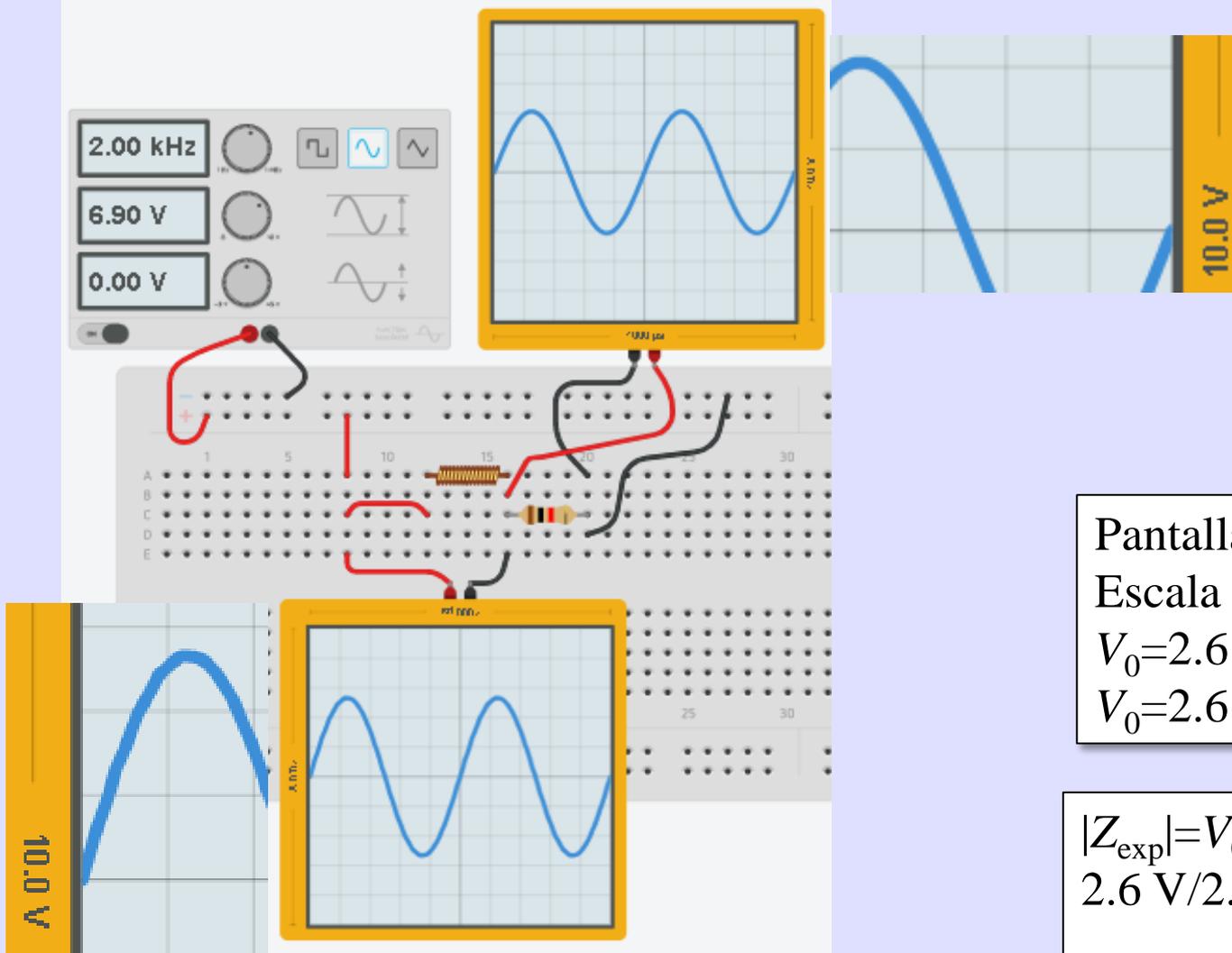
Pantalla 10.0 V
Escala 1.0 V/Div
 $V_{R0}=2.8 \text{ Div} * 1 \text{ V/Div}$
 $V_{R0}=2.8 \text{ V}$
 $I_0=2.8 \text{ mA}$

Pantalla 1.0 V
Escala 0.1 V/Div
 $V_0=1.8 \text{ Div} * 1 \text{ V/Div}$
 $V_0=1.8 \text{ V}$

$$|Z_{\text{expl}}|=V_0/I_0=$$
$$1.8 \text{ V}/2.8\text{mA} \Rightarrow$$

$$|Z_{\text{expl}}|=640 \Omega$$

Medida de $|Z|$ con una bobina $L=103$ mH a $f=2000$ Hz.
Mantenga V_{pp} en el generador y cambie la frecuencia.



Pantalla 10.0 V
Escala 1.0 V/Div
 $V_{R0}=2.0 \text{ Div} * 1 \text{ V/Div}$
 $V_{R0}=2.0 \text{ V}$

$$I_0=2.0 \text{ mA}$$

Pantalla 10.0 V
Escala 1.0 V/Div
 $V_0=2.6 \text{ Div} * 1 \text{ V/Div}$
 $V_0=2.6 \text{ V}$

$$|Z_{\text{expl}}|=V_0/I_0=$$
$$2.6 \text{ V}/2.0 \text{ mA} \Rightarrow$$

$$|Z_{\text{expl}}|=1300 \Omega$$

Calcule las impedancias teóricas de la bobina para las dos frecuencias:

BOBINA: $L=103. \text{ mH}$

$$f=1000 \text{ Hz}$$

$$\omega = 2\pi f = 2000\pi \text{ rad/s}$$

$$|\tilde{Z}_{teo}| = \omega L = 2000\pi \text{ rad/s} \times 103 \times 10^{-3} \Rightarrow |\tilde{Z}_{teo}| = 647. \Omega$$

$$f=2000 \text{ Hz}$$

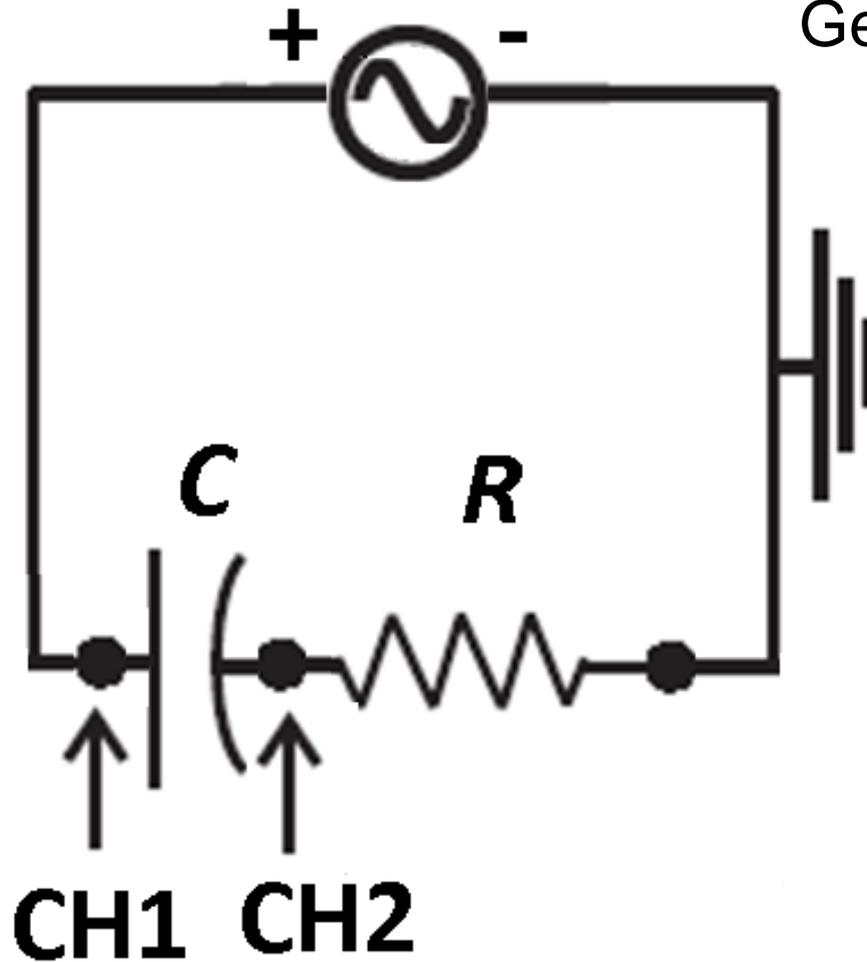
$$\omega = 2\pi f = 4000\pi \text{ rad/s}$$

$$|\tilde{Z}_{teo}| = \omega L = 4000\pi \text{ rad/s} \times 103 \times 10^{-3} \Rightarrow |\tilde{Z}_{teo}| = 1290 \Omega$$

Anote los resultados en el sitio correspondiente de la hoja de trabajo

Complete la hoja de trabajo calculando R, C y L a partir de las impedancias experimentales

II. Estudio de un circuito RC en serie usando los osciloscopios.



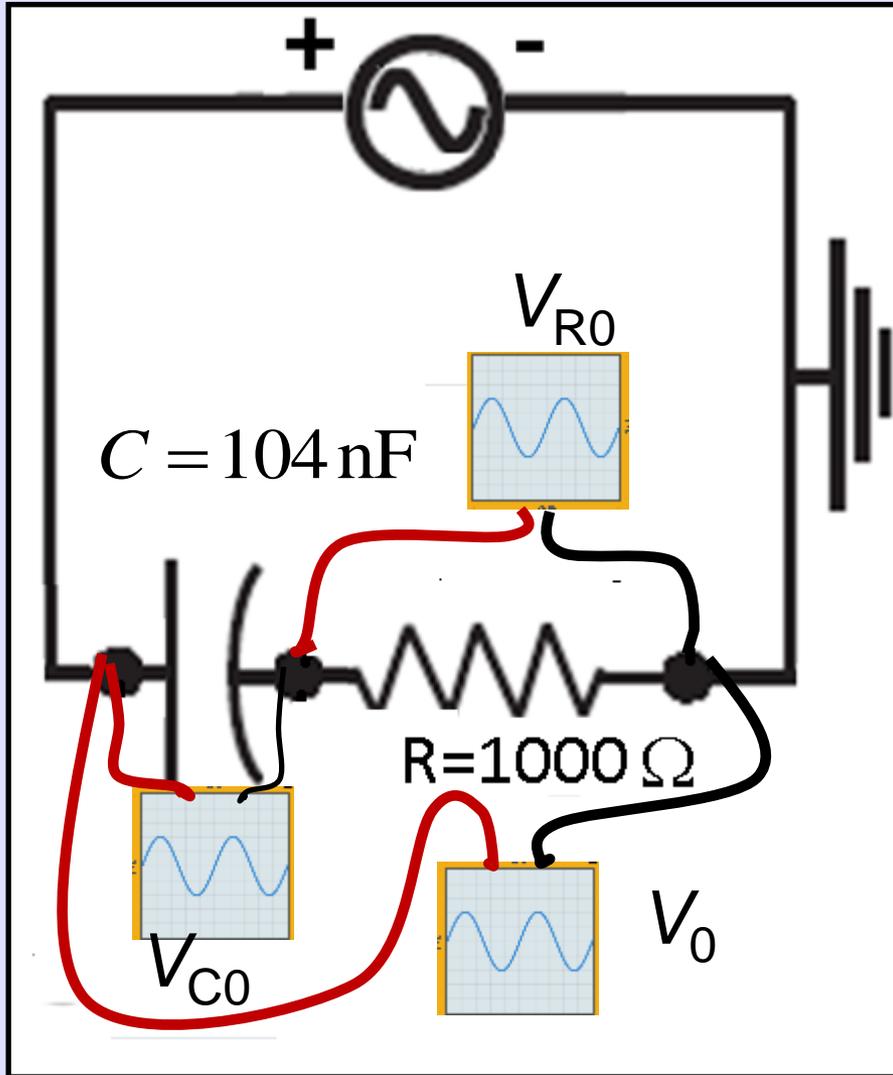
Generador con $V_{pp} = 9.60 \text{ V}$

$$R = 1000 \Omega$$

$$C = 104 \text{ nF}$$

$$f = 1000 \text{ Hz}$$

II. Conecte los osciloscopios simultáneamente o de forma sucesiva.



Medimos las amplitudes de las diferencias de potencial en los extremos de la resistencia, el condensador y del conjunto:

$$V_{R0} = 2.6 \text{ V}$$

$$V_{C0} = 3.9 \text{ V}$$

$$V_0 = 4.6 \text{ V}$$

Obtenemos

$$I_0 = V_{R0}/R \quad (\text{V} \rightarrow \text{mA}): I_0 = 2.6 \text{ mA}$$

II. Funciones armónicas y fasores

$$V_{R0}=2.6 \text{ V} ; V_{C0}=3.9 \text{ V}; V_0 =4.6 \text{ V}; I_0=2.6 \text{ mA}$$

Funciones armónicas:

$$I(t)= I_0 \cos(2000\pi \text{ rad/s } t)= 2.6 \cos(2000\pi \text{ rad/s } t) \text{ mA}$$

$$V_R (t)= V_{R0} \cos(2000\pi \text{ rad/s } t)=2.6 \cos(2000\pi \text{ rad/s } t) \text{ V}$$

$$V_C (t)= V_{C0} \cos(2000\pi \text{ rad/s } t-\pi/2)=3.9 \cos(2000\pi \text{ rad/s } t-\pi/2) \text{ V}$$

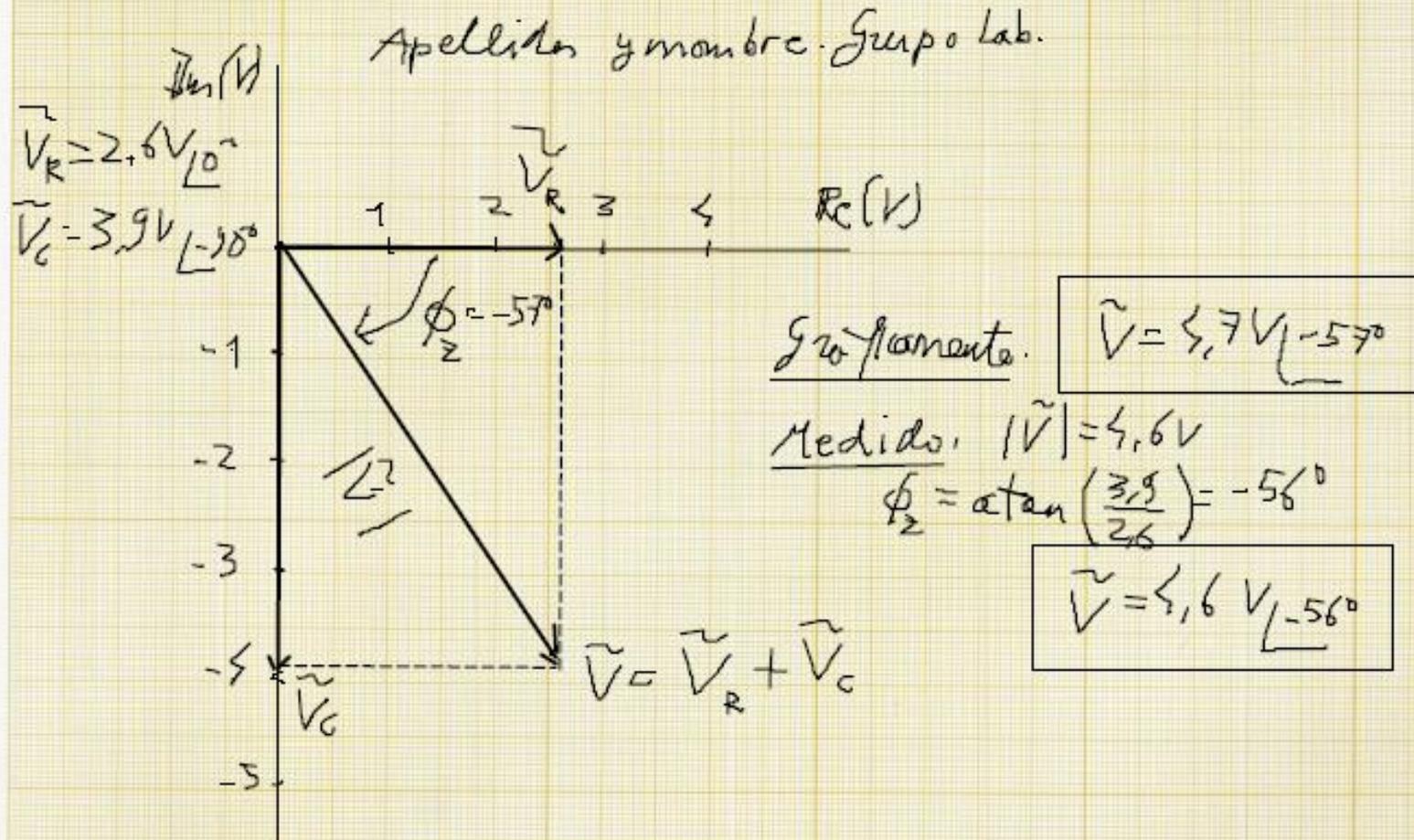
$$V(t)= V_0 \cos(2000\pi \text{ rad/s } t+\Phi_Z)= 4.6 \cos(2000\pi \text{ rad/s } t+\Phi_Z) \text{ V}$$

Fasores:

$$\tilde{I} = 2.6 \text{ mA } \underline{0^\circ} ; \tilde{V}_R = 2.6 \text{ V } \underline{0^\circ} ; \tilde{V}_C = 3.9 \text{ V } \underline{-90^\circ} ; \tilde{V} = 4.6 \text{ V } \underline{\Phi_Z}$$

II. Diagrama fasorial y obtención de Φ_Z

Fasores: $\tilde{V}_R = 2.6 \text{ V } \angle 0^\circ$; $\tilde{V}_C = 3.9 \text{ V } \angle -90^\circ$; $\tilde{V} = 4.6 \text{ V } \angle \Phi_Z$



Sustituya en la hoja de trabajo, calcule la impedancia.

II.B Impedancia de un circuito RC serie

Valor del módulo de la impedancia de la asociación

$$|Z| = V_0 / I_0 = 4.6 \text{ V} / 2.6 \text{ mA} = 1.8 \text{ k}\Omega$$

Calcular el valor experimental de Z

$$Z_{\text{exp}} = |Z| \cos \phi_z + j |Z| \text{sen } \phi_z = 1.8 \cos(57^\circ) + j |Z| \text{sen}(57^\circ) \text{ k}\Omega$$

$$Z_{\text{exp}} = 1.0 - j1.5 \text{ k}\Omega$$

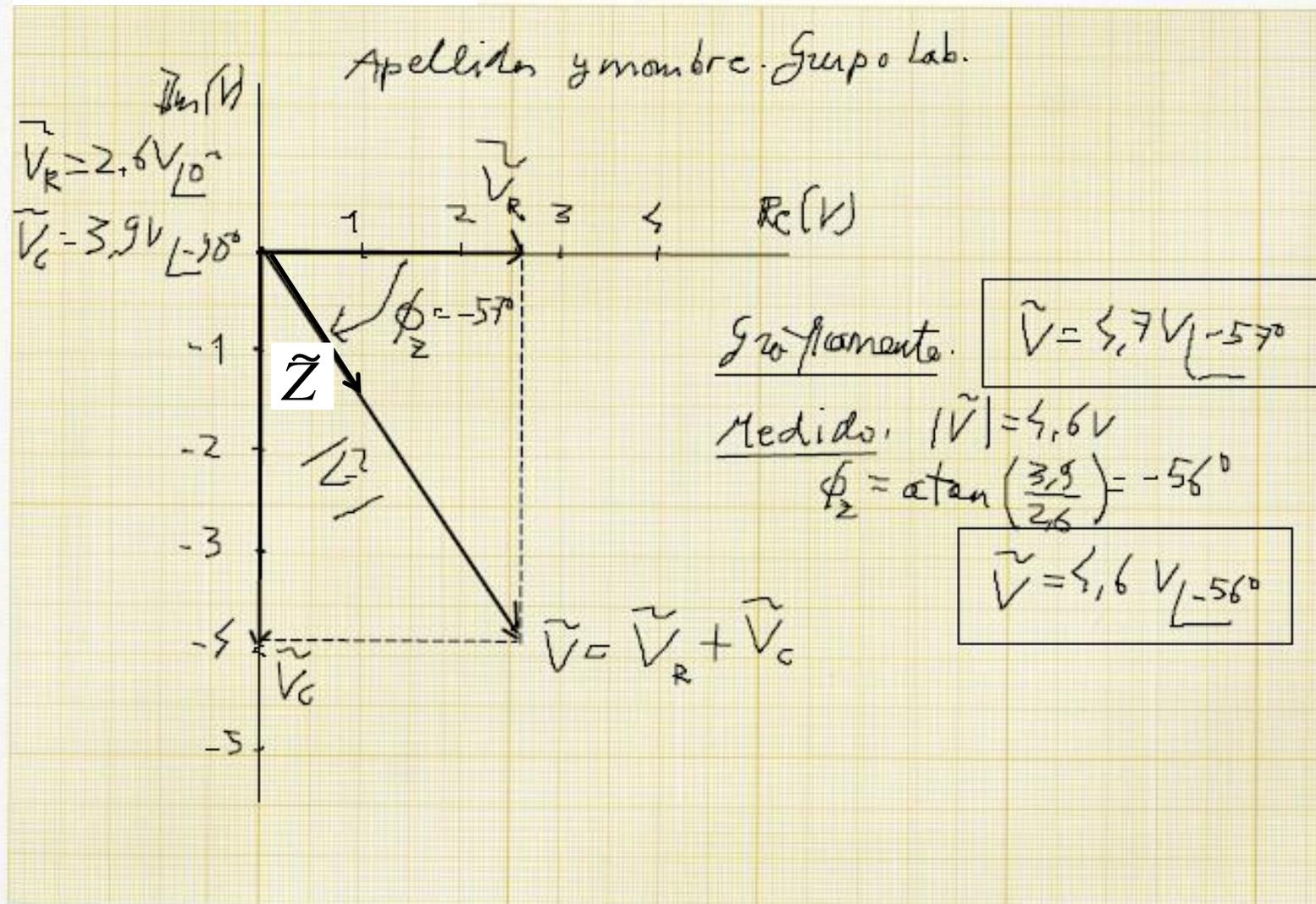
*Calcular el valor teórico de Z

$$\tilde{Z}_{\text{teo}} = 1.00 \text{ k}\Omega - j \frac{1}{2000\pi \text{ rad/s} \times 104 \times 10^{-9} \text{ F}} \left(\frac{1 \text{ k}\Omega}{10^3 \Omega} \right) =$$

$$\tilde{Z}_{\text{teo}} = 1.00 - j1.53 \text{ k}\Omega$$

II. B. Añada la impedancia en $k\Omega$ a la gráfica

$$\tilde{Z} = 1.00 - j1.5 \text{ k}\Omega$$



II. B. Dibuje las funciones $V_R(t)$ y $V(t)$

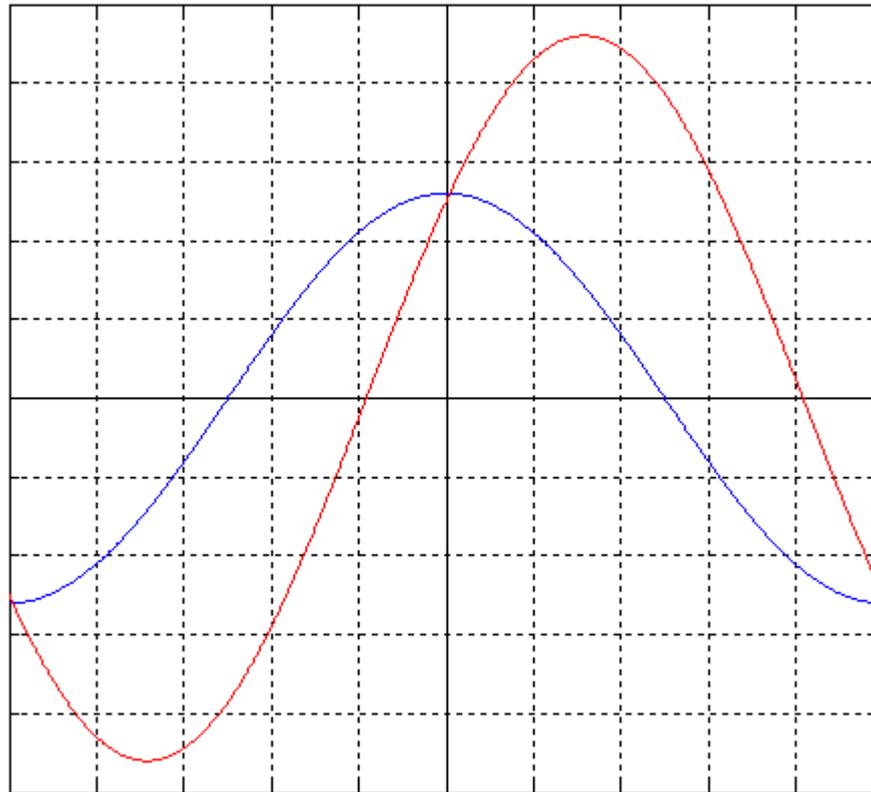
$$V_R(t) = V_{R0} \cos(2000\pi \text{ rad/s } t) = 2.6 \cos(2000\pi \text{ rad/s } t) \text{ V}$$

$$V(t) = V_0 \cos(2000\pi \text{ rad/s } t + \Phi_Z) = 4.6 \cos(2000\pi \text{ rad/s } t - 57^\circ) \text{ V}$$

$T = 1/f = 1 \text{ ms}$. Escala vertical: 1 V/Div, Escala horizontal: 0.1 ms/Div;

$$\Delta t = \Phi_Z (T/360^\circ) = -57^\circ (1 \text{ ms}/360^\circ) = -0.16 \text{ ms}$$

**Pantalla vertical 10V
(Escala 1 V/Div)**



Pantalla horizontal 1ms (Escala 0.1 ms/Div)

II. B. Aproximación en el osciloscopio analógico

<http://www.uco.es/oscivirtual/osciloscopioAnalogico.html>

GENERADOR IZQUIERDO

Frecuencia	1000 Hz
Voltaje	3 V
Dc Offset	0 V
Desfase	90°

GENERADOR DERECHO

Frecuencia	1000 Hz
Voltaje	5 V
Dc Offset	0 V
Desfase	30°

ESCALAS OSCILOSCOPIO

CANAL A	CANAL B
0.0001 seg/div	
2 V/div	2 V/div

Osciloscopio

Trace Rotator

ON OFF

COMP. TEST IN GND Intens Focus