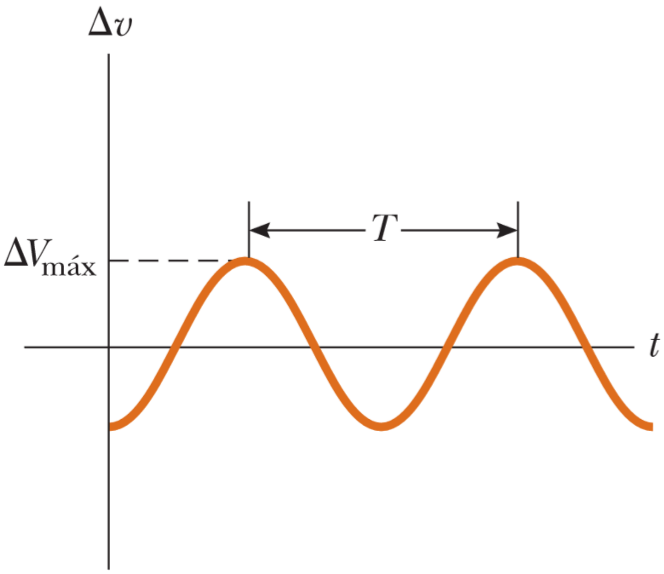
CIRCUITOS CA (CORRIENTE ALTERNA)

Un circuito de CA está conformado por elementos de circuito y una fuente de energía que proporciona un voltaje alterno, variando en el tiempo en forma senoidal como sigue:

$$\Delta v = \Delta V_{\text{máx}} \operatorname{sen} \omega t$$

VOLTAJE ALTERNO (SENOIDAL)

$$\Delta v = \Delta V_{\text{máx}} \operatorname{sen} \omega t$$

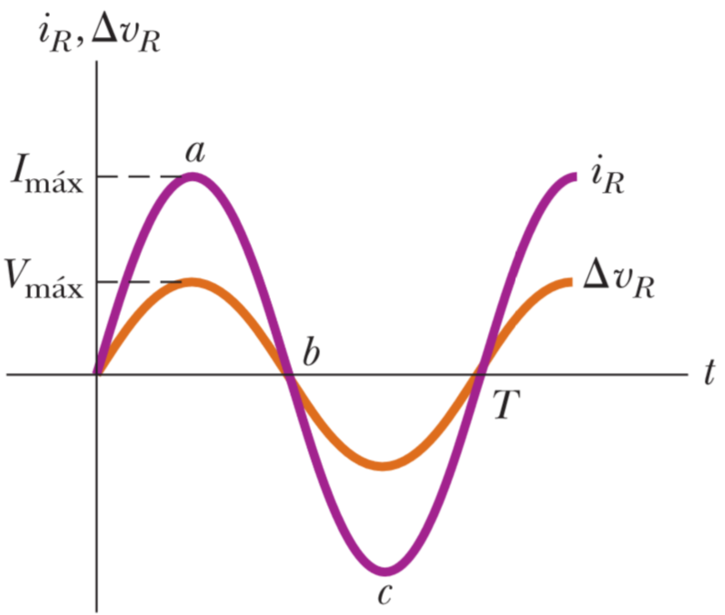


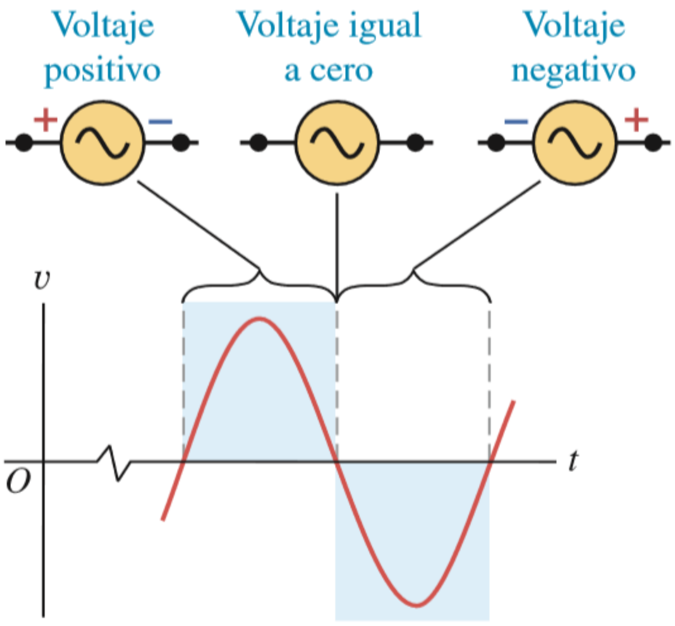
$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

Donde: **f** es la frecuencia de la fuente y **T** el periodo.

En Estados Unidos, las plantas para la generación de energía eléctrica usan una frecuencia de 60 Hz, que corresponde a una frecuencia angular de 377 rad/s.

ES IMPORTANTE ANALIZA QUE A DIFERENCIA DE LOS CIRCUITOS DC, EN AC LOS PARAMETROS ELECTRICOS (CORRIENTE Y VOLTAJE) VARIAN DE POSITIVOS A NEGATIVOS RESPECTO AL TIEMPO





VOLTAJE Y CORRIENTE RMS

- Valores cuadráticos medios (rms).

Es la forma más útil de describir una cantidad que puede ser positiva o negativa es el valor cuadrático medio (rms, por las siglas de ***root mean square***).

$$V_{rms} = \frac{V}{\sqrt{2}} \quad \text{(valor cuadrático medio de un voltaje sinusoidal)}$$

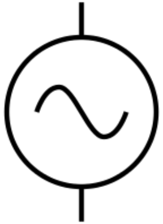
$$I_{rms} = \frac{I}{\sqrt{2}} \quad \text{(valor cuadrático medio de una corriente sinusoidal)}$$

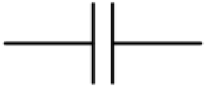
IMPORTANCIA DE VALORES RMS

- Cuando mide un voltaje alterno de 120 V de una toma de corriente eléctrica, se trata de un voltaje rms de 120 V. Un cálculo con la ecuación anterior muestra que ese voltaje alterno tiene un valor máximo de 170 V.

- Los amperímetros y los voltímetros de CA están diseñados para leer valores rms. Además, con valores rms, muchas de las ecuaciones tienen la misma forma que las de corriente directa

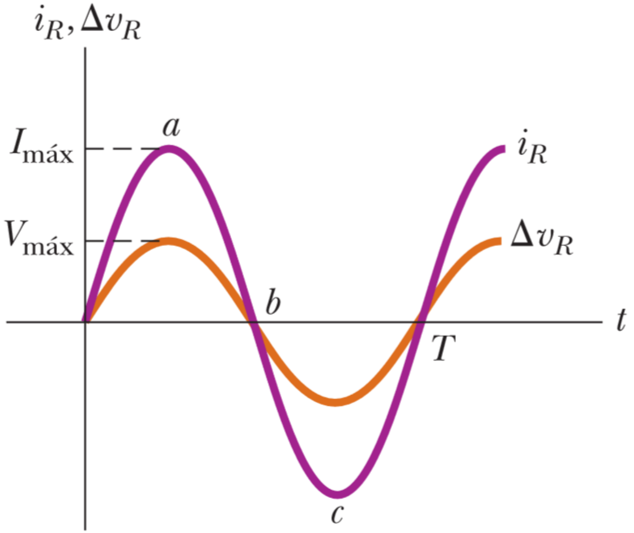
CIRCUITOS CA

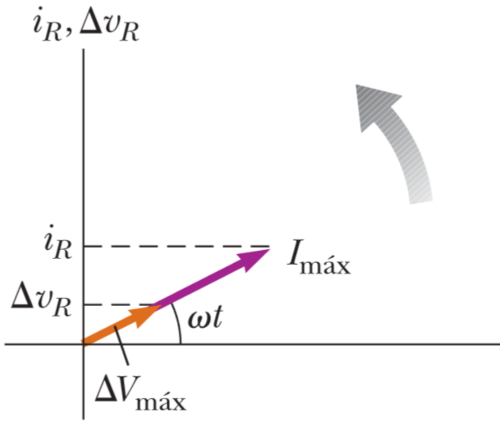


- RESISTIVO 
- INDUCTIVO 
- CAPACITIVO 

FASORES

Son vectores cuya longitud es proporcional al valor máximo de la variable que representan y que giran en sentido contrario a las manecillas del reloj con una rapidez angular igual a la frecuencia angular asociada con la variable.





CIRCUITO RESISTIVO

- Analizando el circuito tenemos:

$$\Delta v - i_R R = 0$$

- Al analizar los valores en circuito CA se obtiene:

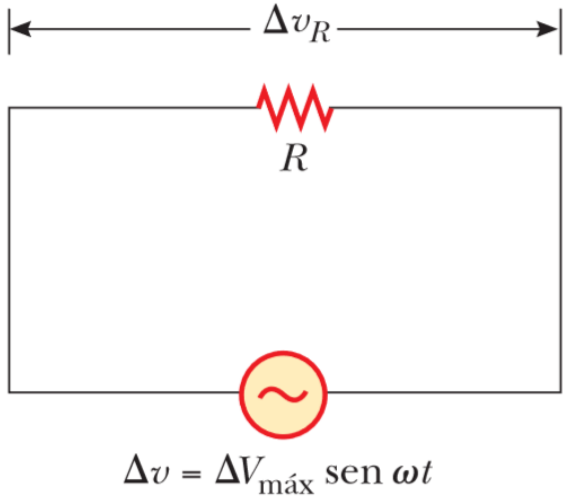
$$i_R = \frac{\Delta v}{R} = \frac{\Delta V_{\text{máx}}}{R} \operatorname{sen} \omega t = I_{\text{máx}} \operatorname{sen} \omega t$$

- La magnitud de la corriente máxima es:

$$I_{\text{máx}} = \frac{\Delta V_{\text{máx}}}{R}$$

- El voltaje instantáneo en el resistor viene dado por:

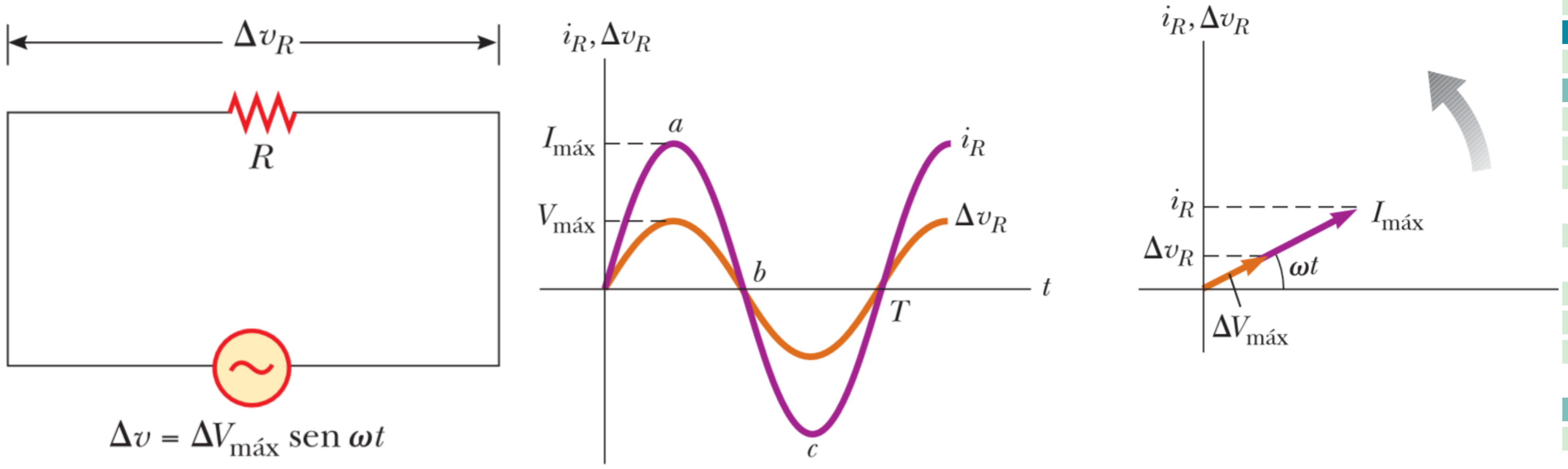
$$\Delta v_R = i_R R = I_{\text{máx}} R \operatorname{sen} \omega t$$



CIRCUITO RESISTIVO

- Para un voltaje senoidal aplicado, la corriente en un resistor siempre está en fase con el voltaje en las terminales del resistor.

Los resistores se comportan esencialmente en la misma forma en circuitos de CD y de CA.



CIRCUITO INDUCTIVO

- Analizando el circuito tenemos:

$$\Delta v = L\frac{di_L}{dt} = \Delta V_{\text{máx}} \operatorname{sen} \omega t$$

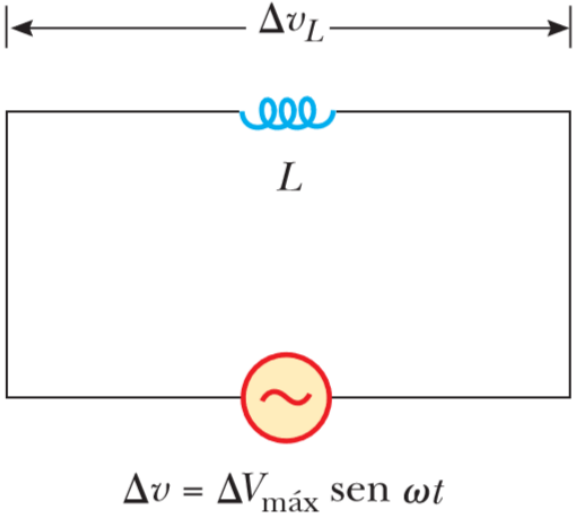
- La corriente queda definida por:

$$di_L = \frac{\Delta V_{\text{máx}}}{L} \operatorname{sen} \omega t \, dt$$

$$i_L = \frac{\Delta V_{\text{máx}}}{L} \int \operatorname{sen} \omega t \, dt = -\frac{\Delta V_{\text{máx}}}{\omega L} \cos \omega t$$

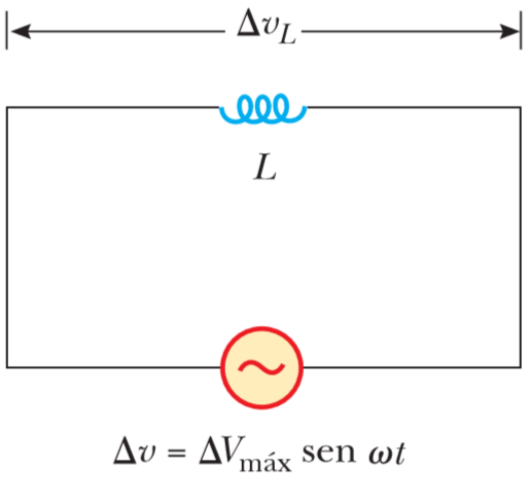
- Aplicando identidades trigonométricas:

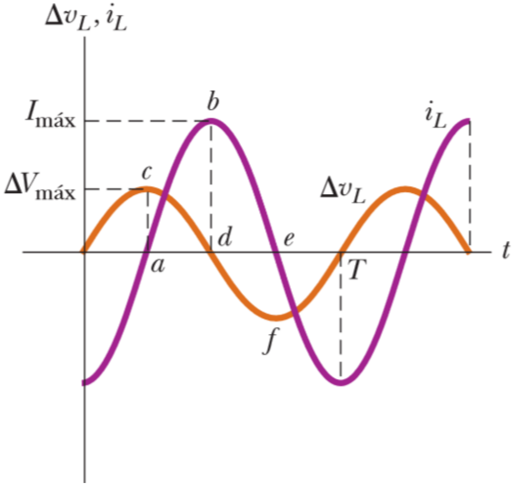
$$i_L = \frac{\Delta V_{\text{máx}}}{\omega L} \operatorname{sen}\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

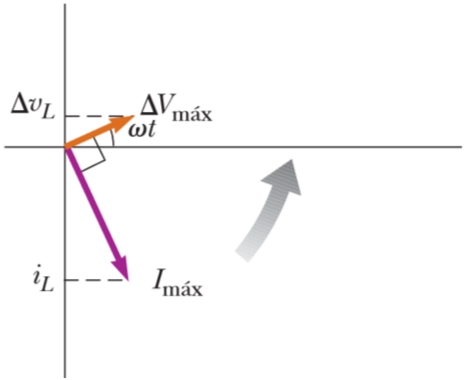


CIRCUITO INDUCTIVO

- Para un voltaje aplicado senoidal, la corriente en un inductor siempre se atrasa 90º respecto al voltaje en las terminales del inductor (un cuarto de ciclo en tiempo).







REACTANCIA INDUCTIVA

- Del análisis anterior se obtiene:

$$I_{\text{máx}} = \frac{\Delta V_{\text{máx}}}{\omega L} \longrightarrow \boxed{X_L \equiv \omega L} \qquad \boxed{I_{\text{máx}} = \frac{\Delta V_{\text{máx}}}{X_L}}$$

- X_L se conoce como reactancia inductiva, y tiene el mismo efecto que una resistencia en CD. Sus unidades son: Ohms (Ω)

CIRCUITO CAPACITIVO

- Analizando el circuito tenemos:

$$\Delta v - \frac{q}{C} = 0$$

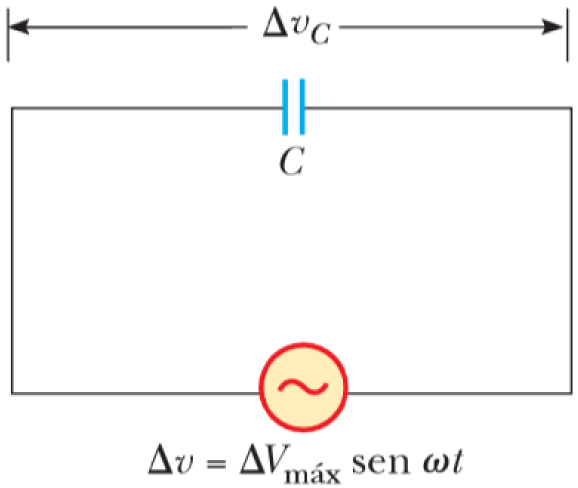
$$q = C\,\Delta V_{\text{máx}}\,\text{sen}\;\omega t$$

- La corriente queda definida por:

$$i_C = \frac{dq}{dt} = \omega C\,\Delta V_{\text{máx}}\cos\,\omega t$$

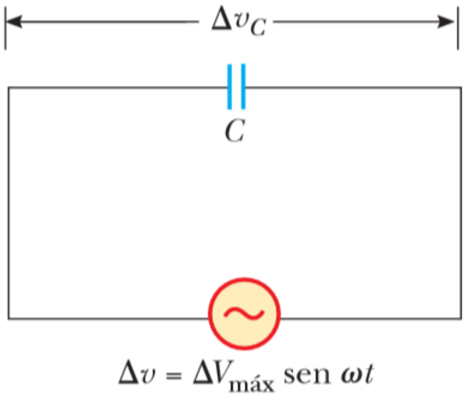
- Aplicando identidades trigonométricas:

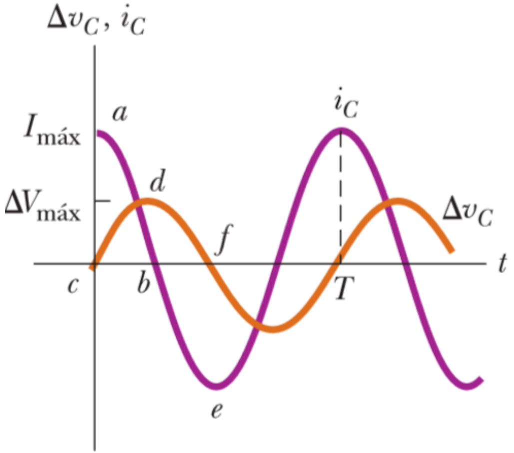
$$i_C = \omega C\,\Delta V_{\text{máx}}\,\text{sen}\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

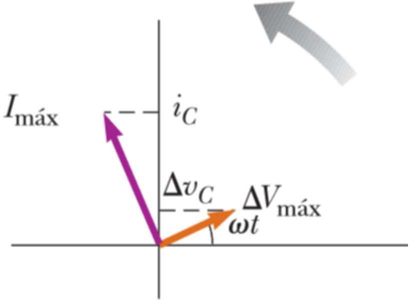


CIRCUITO CAPACITIVO

- Para un voltaje aplicado senoidal, la corriente siempre se adelanta 90º respecto al voltaje en las terminales del inductor (un cuarto de ciclo en tiempo).







REACTANCIA CAPACITIVA

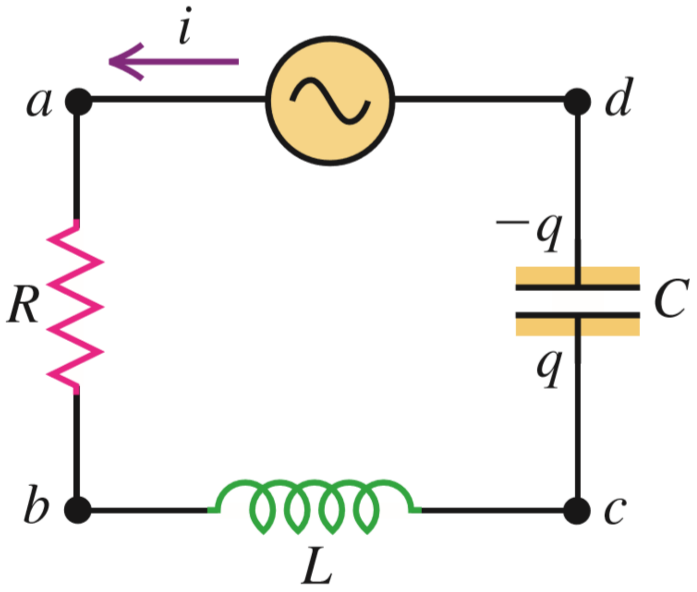
- Del análisis anterior se obtiene:

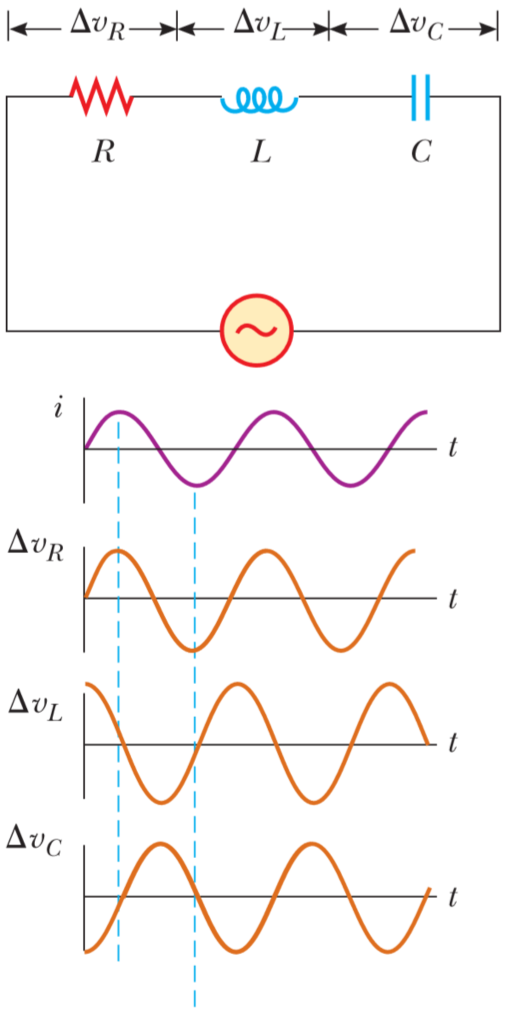
$$I_{\text{máx}} = \omega C \, \Delta V_{\text{máx}} = \frac{\Delta V_{\text{máx}}}{(1/\omega C)} \longrightarrow \boxed{X_C \equiv \frac{1}{\omega C}} \quad \boxed{I_{\text{máx}} = \frac{\Delta V_{\text{máx}}}{X_C}}$$

- X_C se conoce como reactancia capacitiva, y tiene el mismo efecto que una resistencia en CD. Sus unidades son: Ohms (Ω)

CIRCUITOS CA

Circuito RLC en serie





CIRCUITO RLC

- El voltaje de la fuente CA viene dado por:

$$\Delta v = \Delta V_{\text{máx}} \text{ sen } \omega t$$

- Entonces, la corriente del circuito es:

$$i = I_{\text{máx}} \text{ sen}(\omega t - \phi)$$

- Donde: ϕ es el ángulo de fase.

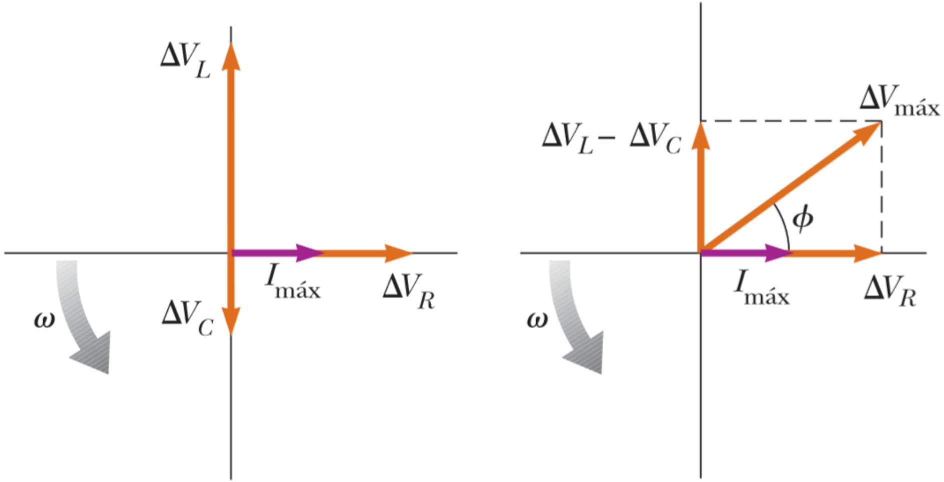
$$\Delta v_R = I_{\text{máx}} R \text{ sen } \omega t = \Delta V_R \text{ sen } \omega t$$

$$\Delta v_L = I_{\text{máx}} X_L \text{ sen}\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = \Delta V_L \cos \omega t$$

$$\Delta v_C = I_{\text{máx}} X_C \text{ sen}\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = -\Delta V_C \cos \omega t$$

¿Cómo obtener el ángulo de fase?

- Al realizar el análisis pertinente se obtiene:



$$\Delta V_{máx} = I_{máx}\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$Z \equiv \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$I_{máx} = \frac{\Delta V_{máx}}{Z}$$

$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{X_L - X_C}{R}\right)$$

Donde: ***Z*** es la impedancia, tiene el mismo efecto que una resistencia en CD. Sus unidades son: (Ω)

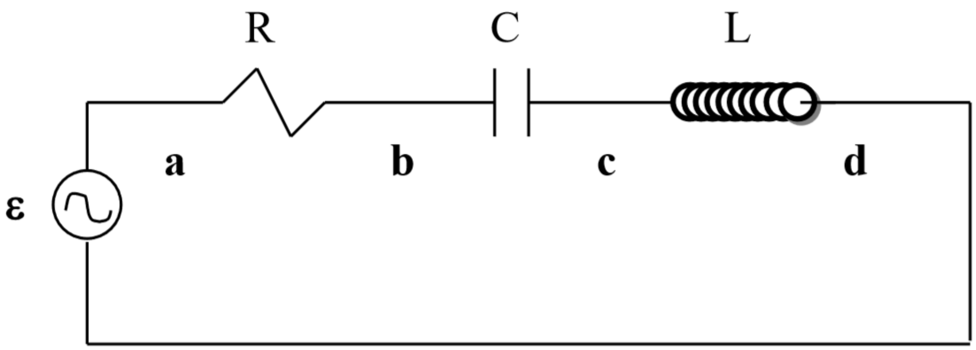
EJEMPLO #1

En el circuito que se muestra en la figura: $R = 15.0\ \Omega$, $C = 4.72\ \mu F$, $L = 25.3\ mH$ y el generador proporciona un voltaje senoidal de 75.0 V (rms) a una frecuencia de 550 Hz

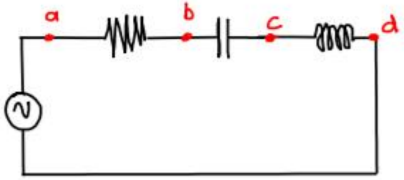
Determine:

(a) Calcule la amplitud de la corriente (rms)

(b) Halle los voltajes rms: Vab, Vbc, Vcd y Vbd.



SOLUCION – EJEMPLO #1



Reactancias.

$X_L = \omega L$

$X_C = 1/\omega C$

$X_L = (2\pi)(550)(25.3\times10^{-3}) = 87.43\ \Omega$

$$X_C = \frac{1}{2\pi(550)(4.72\times10^{-6})} = 61.31\ \Omega .$$

$$I_{rms} = \frac{\mathcal{E}_{rms}}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

$$I_{rms} = \frac{75}{\sqrt{15^2 + (87.43 - 61.31)^2}}$$

$$\boxed{I_{rms} = 2.49\ [A]} .$$

$V_{ab} = I_{rms} R$

$= 2.49\,(15) = \underline{37.35\ \text{Volts}}$.

$V_{bc} = I_{rms} X_C$

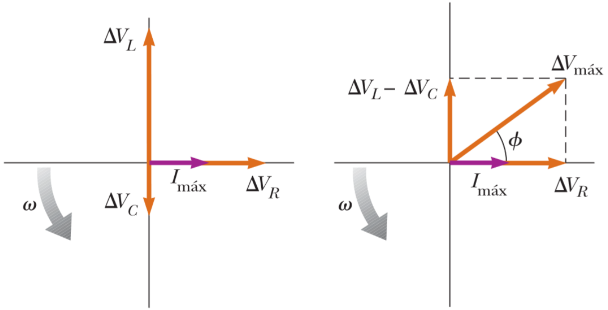
$2.49\,(61.31) = \underline{152.66\ \text{volts}}$.

$V_{cd} = I_{rms} X_L$

$2.49\,(87.43) = \underline{217.70\ \text{Volts}}$

$V_{bd} = V_L - V_C$

$= 217.70 - 152.66 = \underline{65.04\ \text{volts}}$



Nota: observe que los voltajes analizado en CA tienen peculiaridades respecto a CD, ya que al analizar el diagrama fasorial por sus desfases el Vbd no es una suma, sino una resta.