



**ELECTRONICA
DIGITAL**

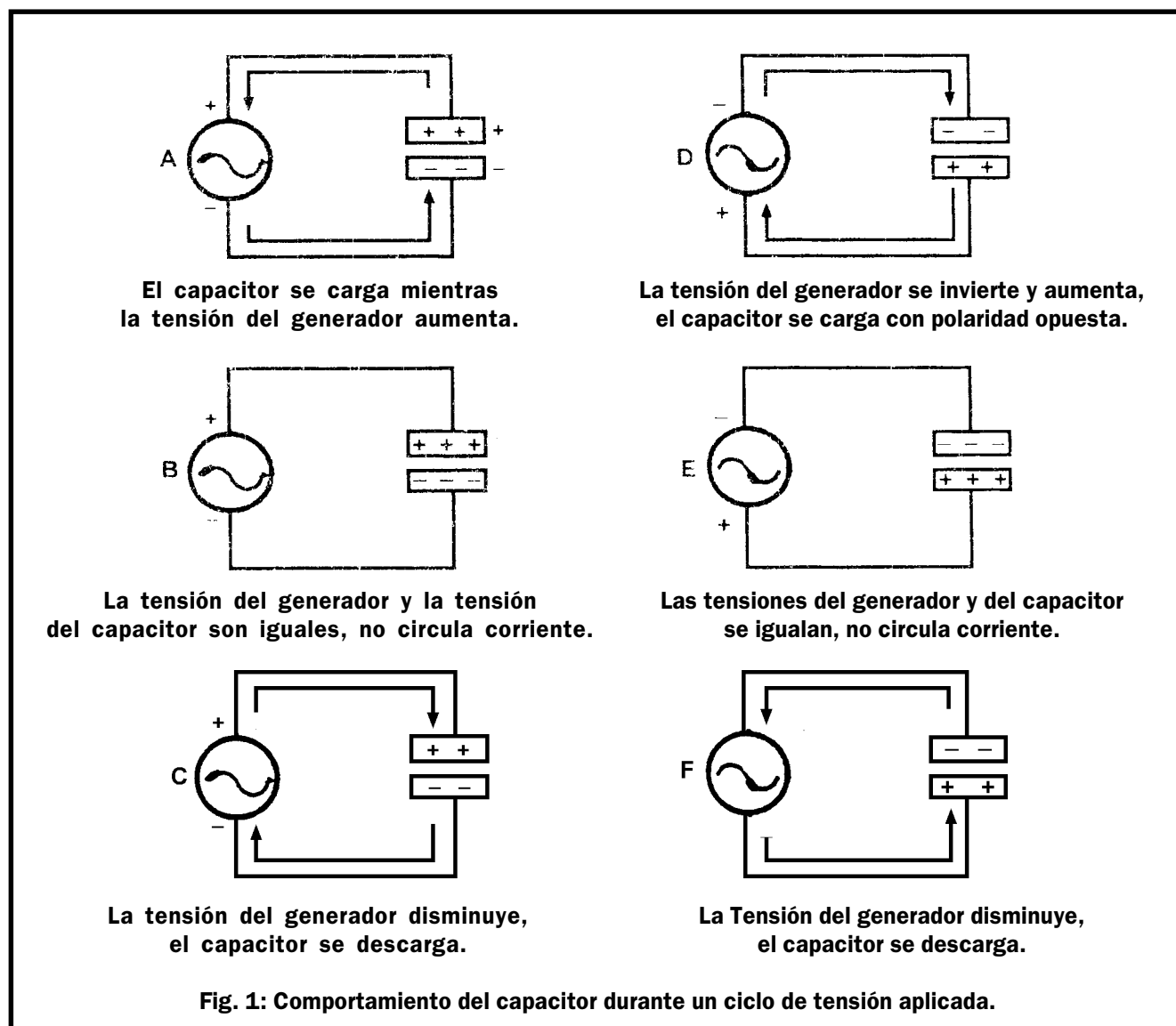
EL CAPACITOR EN CORRIENTE ALTERNA

En los circuitos electrónicos una de las funciones más comunes de los capacitores es la de transferir señales entre distintas etapas. Entendiendo como señal a toda variación eléctrica que contiene información (palabra, música, etc.) estudiaremos el comportamiento de los capacitores cuando están sometidos a tensiones alternas, ya que éstas componen buena parte de las señales utilizadas en nuestra especialidad.

En la figura 1 se muestra una secuencia del compor-

tamiento de un capacitor ante un ciclo de señal aplicada, para su interpretación bastará tener presente que en corriente alterna un capacitor se carga cuando la tensión del generador es mayor que la ddp existente entre las armaduras. El capacitor se descargará cuando la tensión del generador es inferior a la que presentan las armaduras.

Se observará además que el símbolo de alterna representado en el generador, lleva marcado en trazo grueso la magnitud de tensión que dicho generador entrega en los instantes considerados; las armaduras contienen en forma simplificada las cargas correspondientes.



Situación A

La tensión del generador crece con la polaridad indicada.

Circula corriente, desde el borne negativo ingresando cargas (-) a la armadura inferior.

Simultáneamente la armadura superior cede electrones al generador por lo que presenta polaridad positiva.

Situación B

La tensión del generador llega al valor máximo, la carga de las armaduras también es máxima. En ese brevísimo instante se considera que no circula corriente y el capacitor se encuentra cargado.

Situación C

La polaridad del generador no cambia, pero su tensión decrece.

Por ese motivo el capacitor, que estaba cargado, comienza a entregar corriente al generador, es decir, se descarga.

Observar que la corriente de descarga tiene sentido opuesto a la de carga.

Situación D

Transcurrido el primer semiciclo, la tensión del generador se invierte y comienza a crecer. Esto significa que el capacitor ya se ha descargado (cuando la tensión del generador pasó por el valor cero) y se cumple una nueva carga con polaridad opuesta al semiciclo anterior.

Situación E

La diferencia de potencial que presentan las armaduras del capacitor iguala a la tensión del generador. En ese instante no circula corriente y se considera al capacitor cargado.

Situación F

La tensión del generador disminuye sin cambiar de polaridad. El capacitor, cargado al máximo, se descarga sobre el generador.

Conclusiones:

1) Por el dieléctrico no ha circulado corriente, a pesar de ello existe un desplazamiento electrónico desde los bornes del generador hasta las armaduras, durante el proceso de carga y descarga. Por ese motivo se acostumbra decir que los capacitores permiten el paso de la corriente alterna.

2) Durante un ciclo de tensión aplicada el capacitor se ha cargado dos veces y se descargó otras dos.

REACTANCIA CAPACITIVA (XC)

Analizaremos la reactancia capacitiva en dos etapas, en la primera de ellas se estudiará el comportamiento de un capacitor ante dos frecuencias de distinto valor.

En la figura 2 se suponen dos generadores que entregan 50 y 5000 ciclos respectivamente. Si dichos generadores acumulan en cada carga la misma cantidad de electrones en una armadura (o los quitan de la otra), es evidente que en cada carga (o descarga) del capacitor se moviliza la misma cantidad de corriente.

Es fácil deducir que en el circuito sometido a 5000 c/s circula mayor corriente ya que se producen más cargas y descargas del capacitor en el tiempo de un segundo.

Conclusión: a mayor frecuencia circula más corriente, por lo tanto la oposición será menor.

En la figura 3 un mismo generador alimenta a dos capacitores de distinto valor. Es evidente que ambos capacitores se cargan y descargan igual cantidad de veces por segundo, ya que la frecuencia de trabajo es la misma. Pero el capacitor mayor «moviliza» más corriente en cada carga y descarga, de manera que en ese circuito la intensidad de corriente es más elevada.

Conclusión: a mayor capacidad circula más corriente por lo tanto la oposición será menor.

Definición: La reactancia capacitiva (XC) es la oposición que ofrece un capacitor a la circulación de corriente alterna.

FÓRMULA DE REACTANCIA CAPACITIVA

Tratándose de una oposición la reactancia capacitiva se considera en Ohm, se la calcula mediante una fórmula que responde a los conceptos recién explicados, es decir, si la capacidad y/o la frecuencia aumentan, el capacitor ofrece menor oposición a la circulación de corriente. Se trata de una simple división, ella es;

$$\text{Reactancia capacitiva} = \frac{1}{2\pi \times \text{frecuencia} \times \text{capacidad}} = \text{ohm}$$

$$X_c = \frac{1}{6,28 \times F \times C} = \text{ohm}$$

Puede observarse que el número 1 está dividido por el producto 6,28 (constante) x F x C. Si la frecuencia y la capacidad son grandes, el número 1 queda dividido por un factor elevado, el resultado será una reactancia reducida.

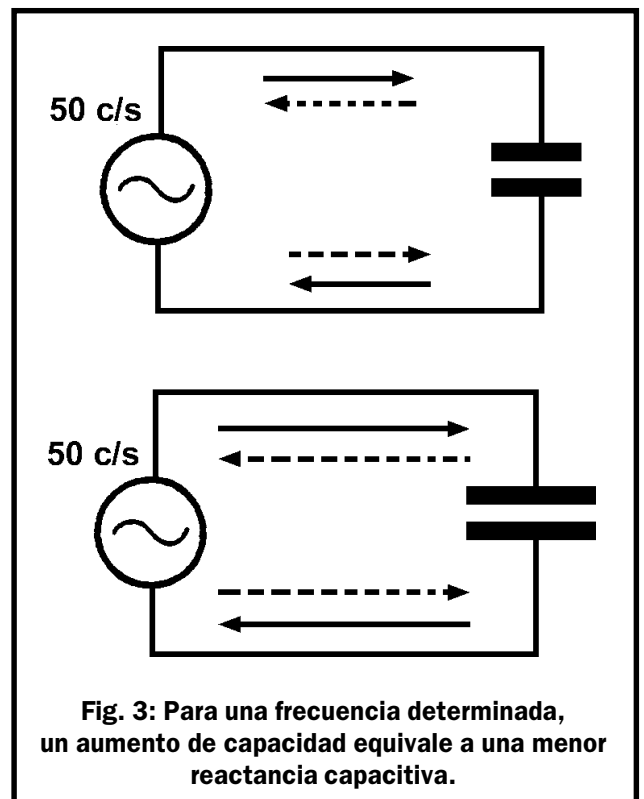
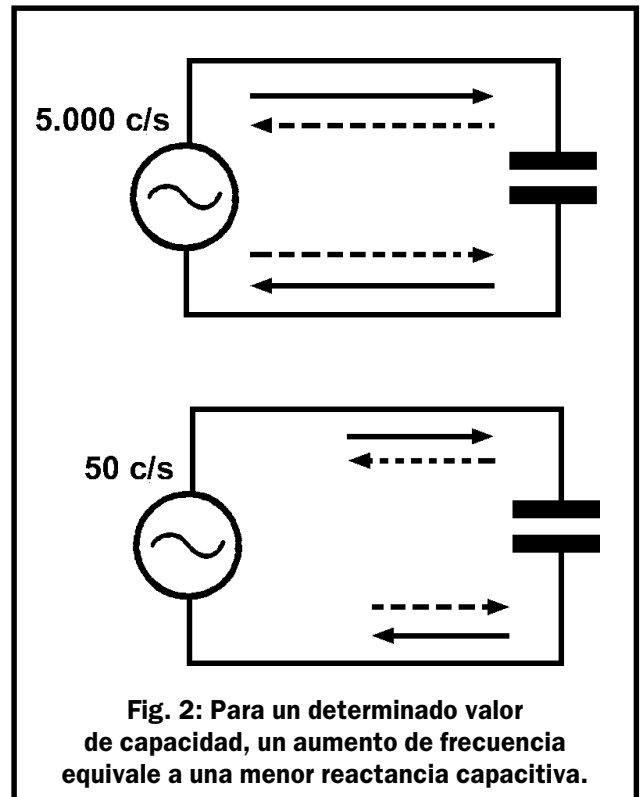
Los capacitores en la práctica

Los capacitores llevan su valor indicado en μF o pF ya sea con números o mediante el código de colores. Algunas unidades traen datos complementarios. Uno de ellos suele ser la tensión de prueba indicada con las letras TV (Test Voltage), el valor numérico correspondiente indica que el fabricante los ha sometido a ese voltaje durante un minuto sin que se perfora el dieléctrico.

Otro dato complementario es la tensión de trabajo, señalada con las letra TW (Work Voltaje) indica el límite de tensión que en trabajo normal soporta el capacitor sin peligro de avería.

Estos datos, generalmente vienen acompañados por la sigla CC o DC para señalar que responden a valores de **tensión continua**, por lo tanto, en caso de conectarse los capacitores a tensiones alternas se tendrán en cuenta el valor de pico (máximo), para lo cual basta con multiplicar el valor eficaz por 1,41.

Constructivamente los capacitores poseen distintos materiales que guardan relación con el valor de capacitancia; para valores comprendido entre unos pocos



picofaradios hasta unos 5000 pf se usan generalmente los capacitores de “mica” o de “cerámica”, así llamados por el dieléctrico que utilizan. También existen las unidades tubulares de “poliester”, formadas por dos láminas conductoras aisladas con poliester; estos capacitores son de buena calidad aunque admiten una tensión de trabajo menor (para iguales dimensiones) que los de mica o cerámica.

Los valores comprendidos entre $.005 \mu\text{F}$ y $.5 \mu\text{F}$ son generalmente tubulares usan dieléctrico de papel impregnado con aceite, poliester, papel mylar, etc.

Entre aproximadamente $1 \mu\text{F}$ y varios miles de mF se utilizan los capacitores llamados electrolíticos, que tienen una gran capacidad en relación a sus dimensiones, su dieléctrico está formado por una fina capa de óxido de aluminio que puede dañarse si se invierte la polaridad correspondiente.

IMPEDANCIA (Z)

La impedancia es la oposición que ofrece a la corriente alterna un circuito formado por resistencia y reactancia inductiva, capacitiva o ambas. Su estudio revisa gran importancia ya que todos los circuitos que trabajan con señales presentan una cierta impedancia.

Para la correcta interpretación del tema, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- En un circuito capacitivo, la tensión en las armaduras del capacitor aparece con **retardo** respecto a la corriente que lo carga. Se dice que en dichos circuitos la tensión **atrás** 90° respecto a la intensidad. Este atraso o **defasaje** indica además que el capacitor no consume potencia, ya que la energía solicitada al generador para la carga la devuelve al mismo durante la descarga.

- En un circuito inductivo, la intensidad sufre un **re-tardo** respecto a la tensión aplicada. Se dice que en dichos circuitos la

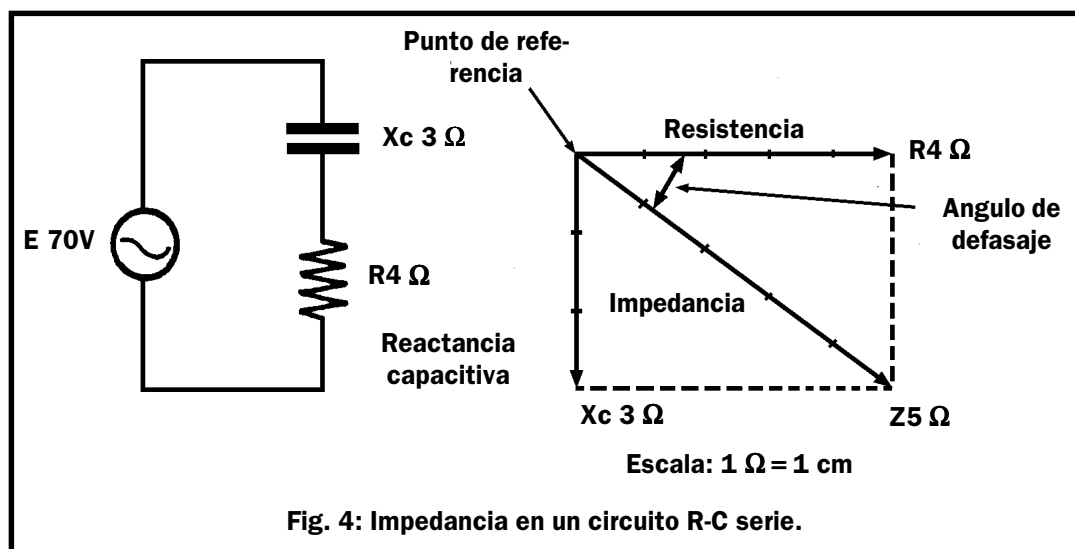
corriente **atrás** 90° respecto a la tensión. Este atraso o **defasaje** señala que la bobina **no consume potencia**, ya que la energía tomada al generador para la creación del campo magnético, es devuelta a dicho generador en forma de corriente cuando el campo decrece.

- En un circuito resistivo la corriente sufre un efecto de limitación, pero no atrasa ni adelanta respecto a la tensión. Se dice que en estos circuitos la intensidad y la tensión se encuentran en **fase**. Cabe agregar que los circuitos resistivos consumen potencia, por lo tanto un resistor no devuelve energía alguna al generador, ya que la disipa en forma de calor.

CIRCUITO R-C SERIE

En el análisis de los circuitos que presentan impedancia es muy utilizado un procedimiento llamado **representación vectorial**, que si bien no explica las propiedades eléctricas, conduce a resultados correctos.

A continuación se analiza el circuito de la figura 4. Un generador de CA funciona a una frecuencia para el cual el capacitor ofrece 3 ohm de reactancia capacitiva; para los valores indicados en la figura el cálculo de la corriente circulante es aparentemente simple.



Bastaría con dividir la tensión por la oposición que ofrece el circuito; dado que dichas oposiciones se encuentran conectadas en serie se las suma, resultando por Ley de Ohm

$$\text{Intensidad} = \frac{70}{4 + 3} = \frac{70}{7} = 10 \text{ ampere}$$

Sin embargo la práctica demuestra que la corriente circulante es apreciablemente mayor que la calculada, el error cometido consistió en sumar la reactancia y la resistencia, olvidando que:

1) La resistencia **no defasa** intensidad y tensión; además consume potencia.

2) El capacitor **adelanta** la intensidad respecto a la tensión 90° y no consume potencia.

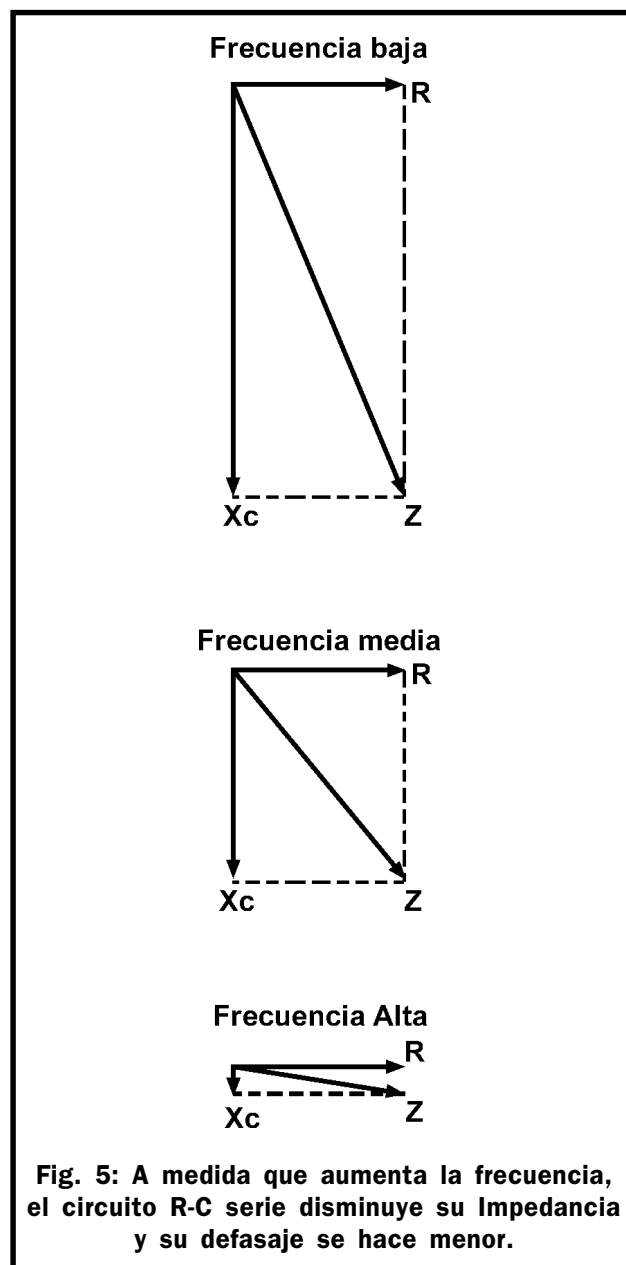
En resumen, no es correcto sumar las oposiciones de elementos que presentan propiedades eléctricas completamente diferentes.

La oposición que ofrece el circuito a la corriente alterna puede determinarse mediante una **representación vectorial** tal como la que acompaña al circuito de la figura 4. Tomando un punto como origen se dibujan dos segmentos que representan los valores de la resistencia y la reactancia capacitiva de acuerdo a una escala previamente elegida, en nuestro caso cada centímetro representa un Ohm.

Dichos segmentos o **vectores** se indican como flechas para señalar el sentido del fenómeno que representan, por ejemplo, el vector R está ubicado horizontalmente en este caso, tomándose como referencia, ya que en una resistencia la intensidad y tensión se encuentran en fase.

Con el fin de lograr resultados matemáticos correctos (que escapen a la finalidad del curso), se supone que los vectores “giran” en sentido contrario a las agujas del reloj, por ese motivo el vector que representa a XC se lo representa 90° atrasado respecto a R, ya que el capacitor **atrás** 90° la tensión respecto a la intensidad.

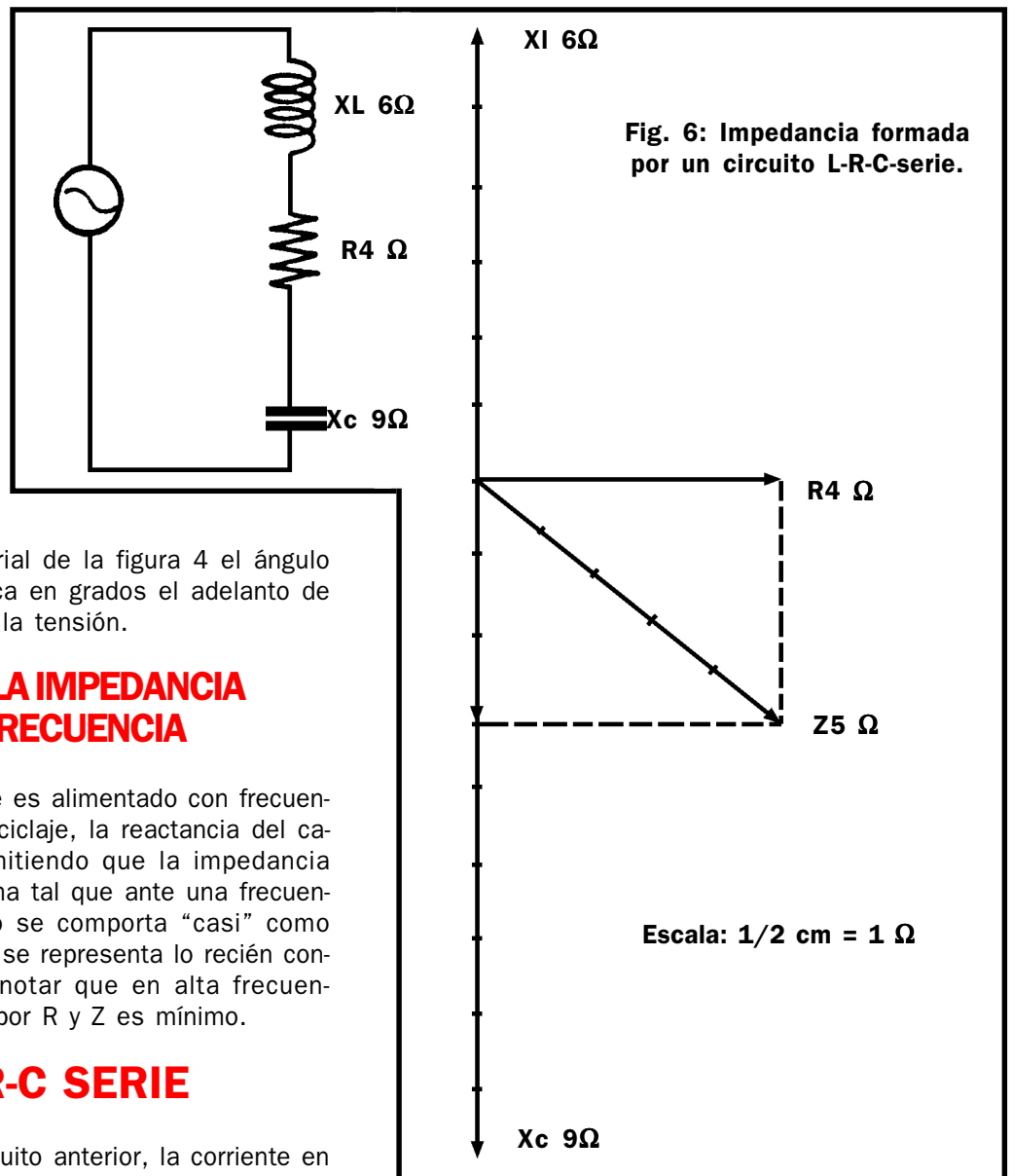
A continuación, tal como se observa en la figura 4, se transporta cada vector sobre la flecha del restante (ver líneas cortadas), la diagonal trazada desde el punto de referencia representa la **Impedancia** del circuito y su valor queda determinado con la misma escala que se utilizó para representar los vectores R y XC.



Obsérvese que la impedancia (Z) del circuito es menor que la oposición calculada anteriormente; la Ley de Ohm permite calcular la corriente circulante:

$$I = \frac{E}{Z} = \frac{70}{5} = 14 \text{ Ampere}$$

que resulta ser mucho mayor que el primer resultado obtenido.



En el diagrama vectorial de la figura 4 el ángulo formado por R y Z indica en grados el adelanto de la corriente respecto a la tensión.

VALORACIÓN DE LA IMPEDANCIA RESPECTO A LA FRECUENCIA

Si un circuito R-C serie es alimentado con frecuencias que aumentan su ciclaje, la reactancia del capacitor disminuye permitiendo que la impedancia se haga menor, de forma tal que ante una frecuencia muy alta el circuito se comporta "casi" como resistivo. En la figura 5 se representa lo recién considerado, debiéndose notar que en alta frecuencia, el ángulo formado por R y Z es mínimo.

CIRCUITO L-R-C SERIE

Al igual que en el circuito anterior, la corriente en al serie X_L -R- X_C que muestra la figura 6, es la misma en cualquier sector que se considere. Se supone que la frecuencia del generador determina en la bobina una X_L de 6 ohm y en el capacitor una X_C de 9 ohm, el valor de R es 4 ohm.

Al hacer la representación vectorial del circuito debe recordarse que en el capacitor la tensión atrasa 90° respecto a la corriente, mientras que en la bobina se produce el efecto contrario, es decir, la tensión adelanta 90° con respecto a la corriente.

Por ese motivo, respetando en este caso la escala $1/2 \text{ cm} = 1 \text{ ohm}$, las reactancias quedan en oposición, se dice que defasan 180° entre sí. Ya que

las reactancias, por estar en oposición tienden a neutralizar sus efectos, predominará la que resulte de restar la mayor de la de menor valor.

En el circuito de la figura 6, la reactancia capacitiva vale 9 ohm y la reactancia inductiva 6 ohm, evidentemente predomina X_C por la diferencia, es decir $9 - 6 = 3 \Omega$.

Con este método, reducimos el planteo a un sistema ya empleado, dado que el circuito se comportará como si lo formaran una X_C de 3 ohm y una resistencia de 4 ohm.

Para esos valores, el análisis de la figura 5 determina una Impedancia de 5 ohm.

En resumen: la solución vectorial de un circuito $X_L R X_C$ se obtiene restando la reactancia menor de la reactancia mayor. La reactancia resultante y la resistencia determinarán la impedancia correspondiente.

CIRCUITO RESONANTE SERIE

Los circuitos resonantes son de ilimitada aplicación en la electrónica, especialmente en lo que se refiere a la generación de corrientes alternas de muy alta frecuencia, transmisión y recepción de señales de radio y televisión, eliminación de frecuencias indeseables, etc.

Analizaremos a continuación los circuitos resonantes serie a los que se considera un caso especial de impedancia recién tratado.

En la figura 7 se representa un circuito serie formado por una capacidad, una inductancia y una resistencia, que bien puede indicar la resistividad del alambre de la bobina o un resistor propiamente dicho.

No se consideran valores de reactancias y resistencias para evitar complicaciones en la interpretación del funcionamiento del circuito, pero sabemos que si el generador entrega una frecuencia muy baja, aunque la X_L es pequeña, la reactancia capacitiva será elevada, de lo que resulta una alta impedancia y en consecuencia una corriente débil.

Se supone que esa es la situación representada vectorialmente debajo de la marca 850, indicada en el eje horizontal (frecuencia en kilociclos seg.). Si la frecuencia del generador pasa de 855 Kc/s, la bobina, ante un aumento de frecuencia *aumenta* su X_L , pero simultáneamente el capacitor reduce su X_C , de manera que la diferencia entre reactancias se hace menor, la impedancia disminuye y la corriente aumenta.

De continuar en aumento la frecuencia del generador, se llega a la condición representada debajo de la marca 870; en esa situación se dice que el circuito se encuentra en *resonancia*, ya que las dos reactancias igualan su valor, pero estar defasadas 180° se neutralizan, estando limitada la corriente únicamente por la resistencia.

Se observará que los aumentos de frecuencia que se producen a partir de la condición de reso-

nancia, determinan una disminución de la corriente, esto se debe a que la reactancia inductiva, se hace progresivamente mayor que la X_C , razón por la cual la impedancia aumenta nuevamente.

En resumen: En un circuito LRC serie se cumple la condición de resonancia cuando a una determinada frecuencia las reactancias se neutralizan, siendo máxima la corriente ya que es limitada únicamente por la resistencia.

En el gráfico de la figura 7 se representaron tres valores de intensidad correspondientes a 865, 870 y 875 kilociclos por segundo.

En el caso de representar gran número de valores de corriente producidas por frecuencias comprendidas en el eje horizontal, se obtiene un gráfico similar al de la figura 8 (a).

Este gráfico no es utilizado en la práctica porque agrupa excesivos detalles en un espacio reducido, por ello los distintos valores de corriente correspondientes a las frecuencias entregadas por el generador, se indican mediante la llamada "curva de resonancia", tal como se observa en la figura 8 (b).

ANCHO DE BANDA (BW)

Los valores de las frecuencias indicados en el gráfico de la figura 7 no se eligieron arbitrariamente, en efecto, se busca demostrar una de las propiedades más importantes de los circuitos resonantes. Es el caso de una emisora radial a la que se le asigna una frecuencia de transmisión, para nuestro ejemplo 870 Kc/s.

Por medio de un proceso llamado modulación (se explicará oportunamente), la información que se desea transmitir, voz, música, etc, permite la formación de nuevas frecuencias que "acompañan" a los 870 Kc/s. formando el conjunto lo que se denomina *ancho de banda*.

Se ha convenido en definir al ancho de banda como a la cantidad de frecuencia cuyas amplitudes superan el 70% de la intensidad o tensión que se alcanza a la frecuencia de resonancia.

En la figura 7, gráficamente se indica el ancho de banda de un circuito resonante serie, cuyos valores responden a la frecuencia de transmisión de una emisora cuya frecuencia central o portadora es de 870 Kc/s, obsérvese que las frecuencias comprendidas entre 875 y 865 Kc/s alcanzan a superar el 70% de amplitud de la frecuencia de resonancia (f_0), por

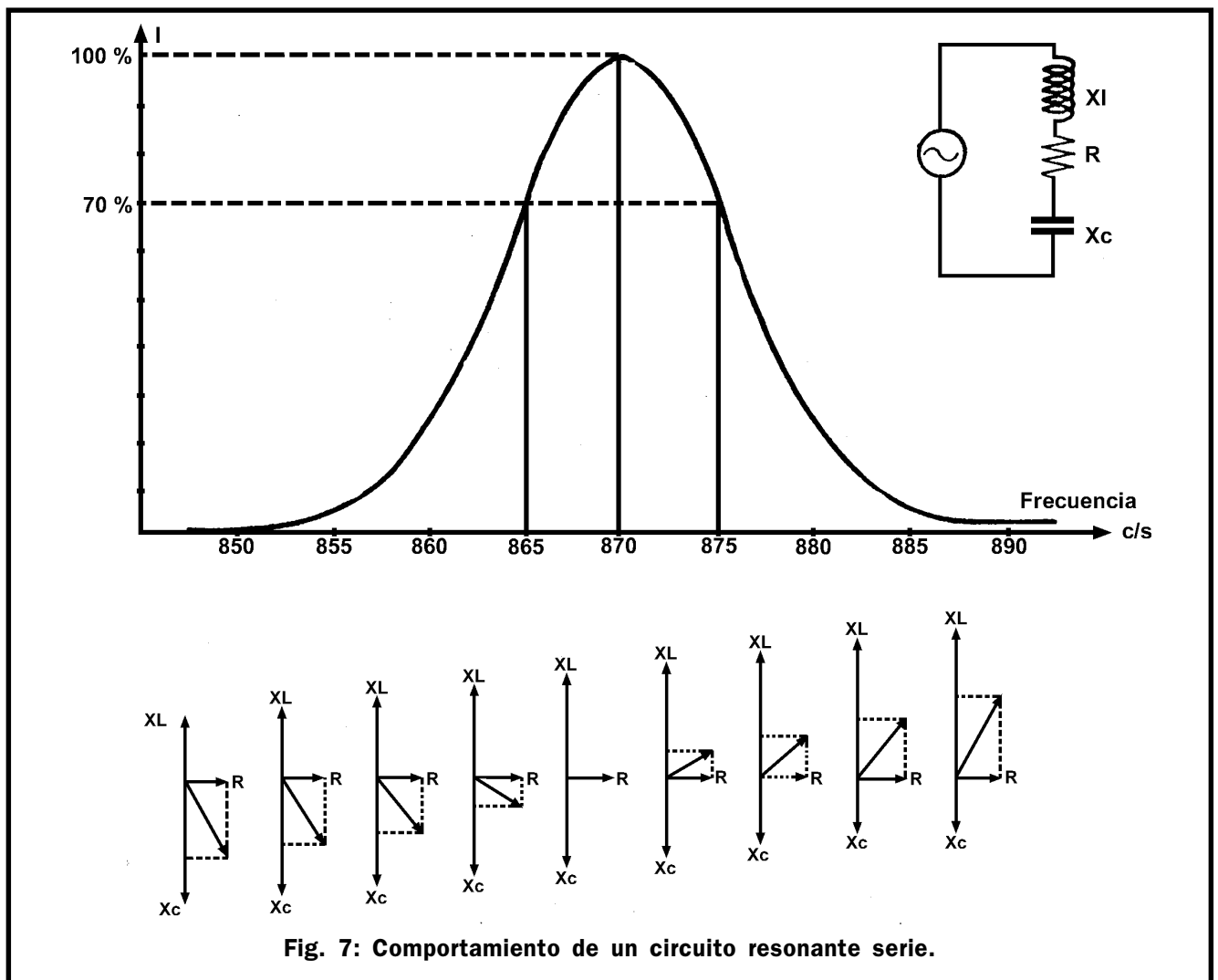


Fig. 7: Comportamiento de un circuito resonante serie.

lo tanto el ancho de banda resulta ser

$$\begin{aligned} \text{Ancho de banda} \\ (Bw) &= 875 - 865 \\ &= 10 \text{ Kc/s} \end{aligned}$$

Observando la curva de resonancia notamos que para frecuencias muy alejadas de la de resonancia la intensidad de corriente es despreciable, por lo tanto los circuitos resonantes son *selectivos* ya que responden con máxima intensidad

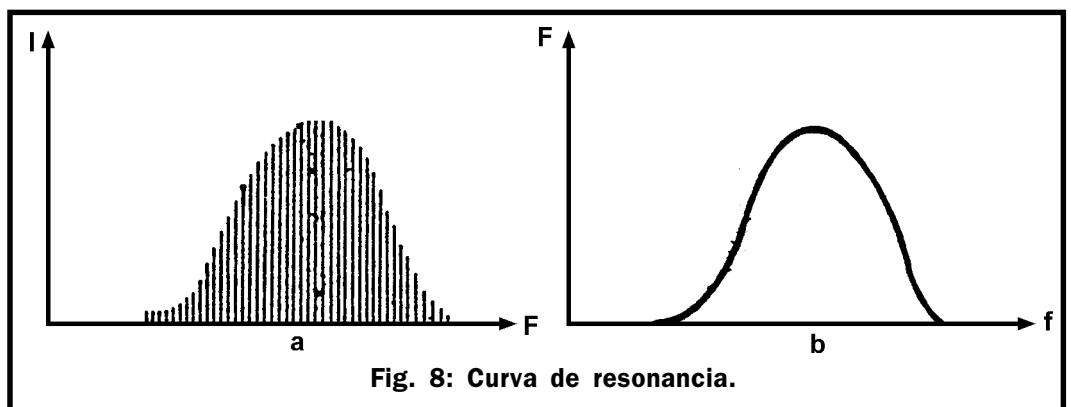


Fig. 8: Curva de resonancia.

a cierta gama de frecuencias, presentando por el contrario una gran impedancia para otras frecuencias que se le apliquen.

FACTOR DE MÉRITO (Q)

La *selectividad* recién comentada depende en buena parte de la resistencia del circuito. La mayor parte de las pérdidas en los circuitos resonantes se deben a la resistencia de la bobina ya que los capacitores, por su construcción casi no las presentan.

El circuito de la figura 9 se encuentra en resonancia ya que las dos reactancias igualan su valor, suponiendo que la tensión de cresta del generador es 20 volt, la corriente resulta ser en ese instante

$$I = \frac{E}{R} = \frac{20}{10} = 2 \text{ ampere}$$

Aplicando la Ley de Ohm, se deduce que en el momento considerado, la energía almacenada en la bobina es máxima y entre sus extremos se desarrolla una tensión $EL = XL \times I = 500 \times 2 = 1000 \text{ volt}$.

Simultáneamente, una corriente de 2 A. indica que en la resistencia se desarrolla

$$Er = R \times I = 10 \times 2 = 20 \text{ volt}$$

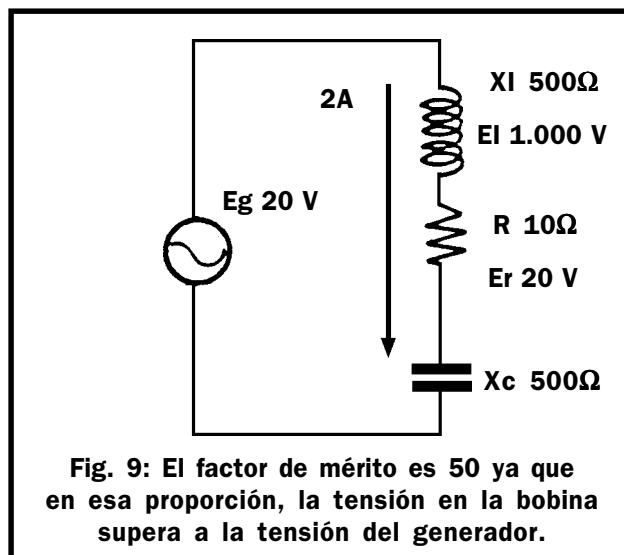
Conocidos estos valores, se interpreta al factor de mérito (Q) como a la cantidad de veces que la tensión en la bobina supera a la tensión del generador.

Para el ejemplo de la figura 9, el factor de mérito resulta ser:

$$Q = \frac{EL}{Eg} = \frac{1000}{20} = 50$$

Vale recordar que a los fines prácticos también se considera al factor de mérito como a la relación XL/R obteniéndose por supuesto el mismo resultado, ya que

$$Q = \frac{XL}{R} = \frac{500}{10} = 50$$



RELACIÓN ENTRE EL FACTOR DE MÉRITO Y EL ANCHO DE BANDA

Existe una relación muy importante entre el factor de mérito y el ancho de banda, en efecto, para idénticos valores de L y C, un circuito de baja resistencia (alto Q), a frecuencias muy alejadas de la de resonancia, tiene una corriente casi igual que ese mismo circuito con alta resistencia.

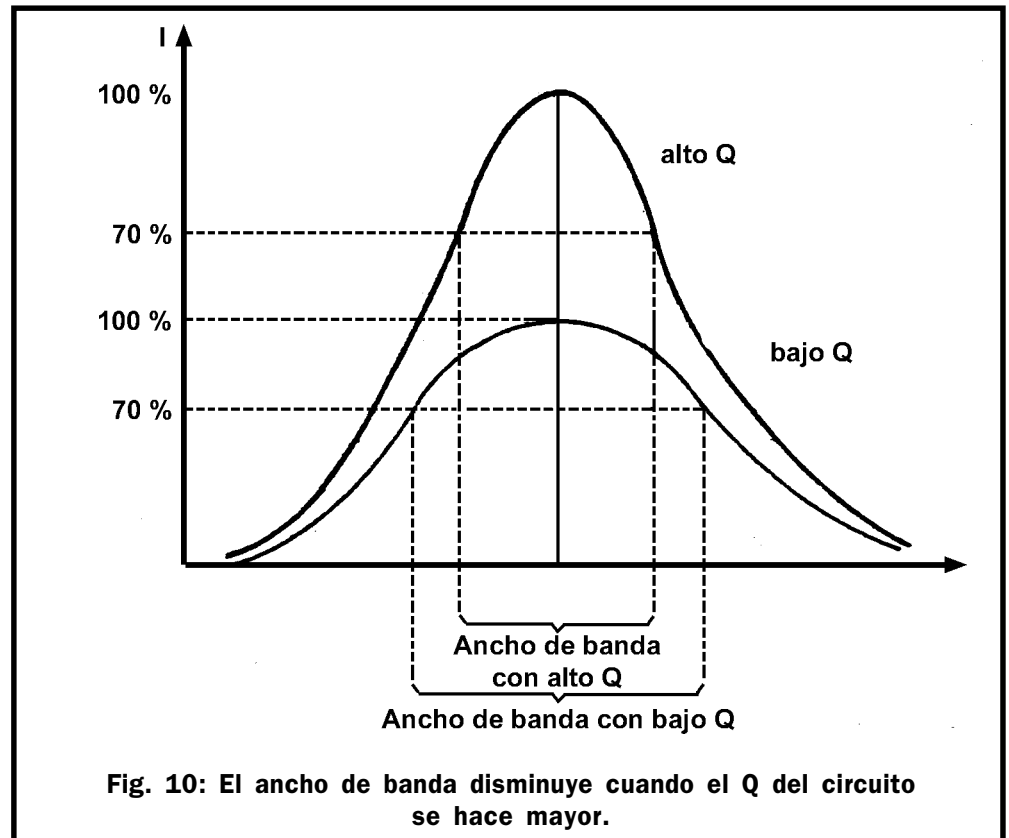
Esta situación, que puede apreciarse en la figura 10, se debe a que fuera de resonancia predominará enormemente una de las reactancias haciendo que comparativamente la resistencia influya poco.

Pero al acercarnos a la frecuencia de resonancia, si el circuito es de baja R, la corriente crece rápidamente resultando una curva "afilada" y un ancho de banda estrecho.

En iguales circunstancias, si el circuito es de alta R, la corriente no crecerá rápidamente quedando más aplanada la parte superior de la curva, el ancho de banda es mayor, pero a costa de una disminución de la selectividad.

En resumen:

- 1) Si la resistencia es baja el factor de mérito aumenta, el circuito se hace más selectivo, la intensidad a la frecuencia de resonancia es mayor y el ancho de banda se reduce.
- 2) Si la resistencia es alta el factor de mérito disminuye el circuito pierde selectividad, la intensidad a la frecuencia de resonancia es menor y el ancho de banda aumenta.

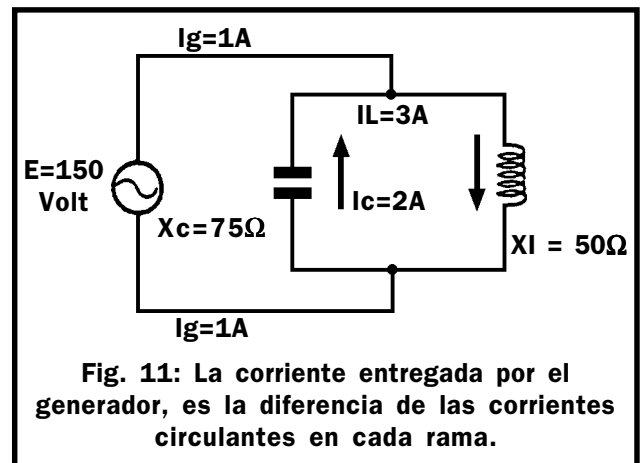


IMPEDANCIA EN LOS CIRCUITOS PARALELOS

Se analizará el comportamiento de circuitos paralelos compuestos por R, X_L y X_C . Es fundamental tener presente que los valores dados en los ejemplos tienen únicamente carácter ilustrativo, lo más importante es la interpretación eléctrica de los circuitos. En el caso de la figura 11, un generador de alterna funciona a una frecuencia tal, que el capacitor presenta una X_C de 75 ohm y la bobina una X_L de 50 ohm. Ya que en paralelo la tensión aplicada es la misma en todas las ramas, por medio de la Ley de Ohm será fácil calcular la *intensidad de corriente* en cada una de ellas.

$$I_{\text{bobina}} = \frac{E}{X_L} = \frac{150}{50} = 3 \text{ ampere}$$

$$I_{\text{bobina}} = \frac{E}{X_C} = \frac{150}{75} = 2 \text{ ampere}$$



Se recordará que con respecto a la tensión la bobina *atrasa* la corriente 90° mientras que el capacitor la *adelanta* en igual magnitud, por ello se deduce que las corrientes recién calculadas defasan entre sí 180° , es decir, están en oposición y tienden a *neutralizarse*. Por ese motivo la corriente que entrega el generador será la diferencia entre las corrientes de las reacciones.

En nuestro ejemplo:

$$I_{\text{generador}} = I_L - I_C = 3 - 2 = 1 \text{ ampere}$$

Sin insistir en los resultados numéricos vale tener presente lo siguiente: Por defasar 180° las corrientes en la bobina y en capacitor y por tratarse de elementos que no consumen potencia, existe un intercambio de energía entre los mismos, debiendo el generador aportar una corriente equivalente a la diferencia de las corrientes circulantes en cada rama.

Conocida la tensión del circuito y la corriente que entrega el generador, la *impedancia para el generador* se obtiene por Ley de Ohm:

$$Z = \frac{E}{I} = \frac{150}{1} = 150 \text{ ohm}$$

RESONANCIA EN LOS CIRCUITOS PARALELOS

La resonancia en los circuitos paralelos es un caso especial de impedancia, para tratarlo con sentido práctico se tomará en cuenta la resistencia del alambre de la bobina. El caso se ilustra en la figura 12 donde se supone un generador capaz de entregar distintas frecuencias del circuito. Si consideramos que la resistencia de la bobina es de bajo valor, poca será la energía que disipa en forma de calor, siendo también pequeña la corriente que el generador debe proveer para compensar dicha pérdida. Teniendo en cuenta

esta situación se analiza el comportamiento del circuito para distintas frecuencias del generador.

Caso 1. A una frecuencia muy baja la reactancia inductiva es pequeña, permitiendo la circulación de una corriente comparativamente elevada. Simultáneamente la reactancia capacitiva es grande y la corriente en dicha rama será pequeña. Dadas estas condiciones el generador entregará al circuito una corriente apreciable (la diferencia entre la elevada corriente que admite la bobina y la pequeñas corriente del capacitor).

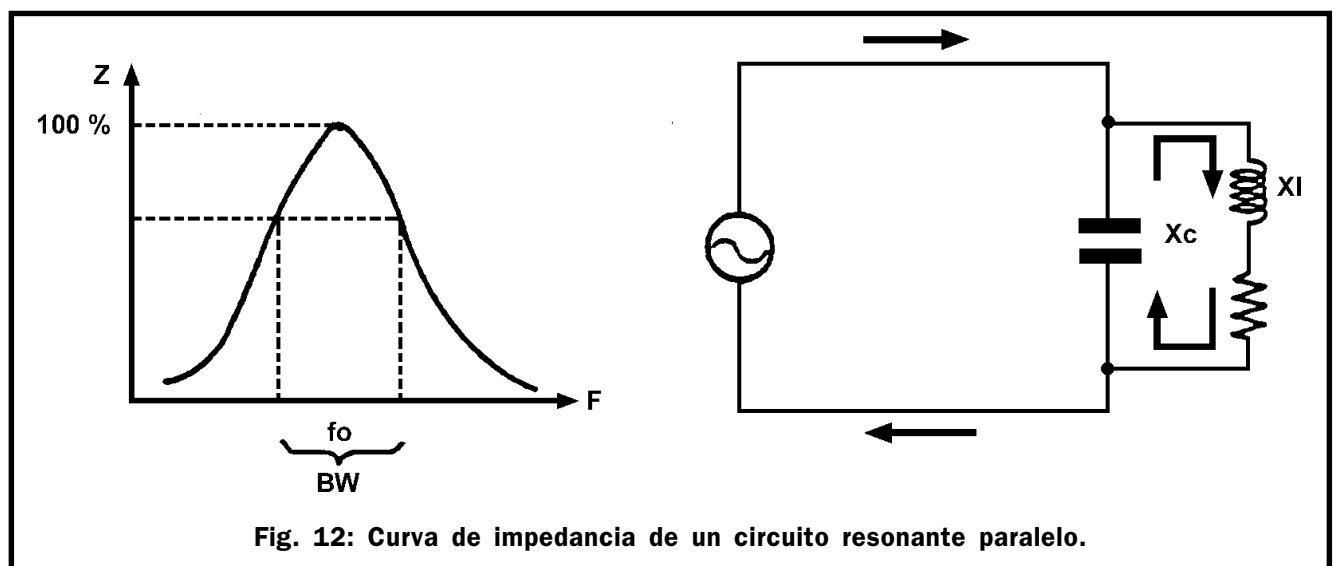
Caso 2. A una frecuencia muy elevada la reactancia inductiva es grande y admite una corriente pequeña. Simultáneamente la reactancia capacitiva es baja, lo que supone una corriente elevada.

El generador entregará al circuito una corriente apreciable que resulta de la diferencia entre la elevada intensidad que admite el capacitor y la pequeña corriente de la bobina.

Conclusión: ya sea para frecuencias altas o bajas el generador “ve” al conjunto paralelo L-R-C como una baja impedancia, dado que en ambos casos está obligado a entregarle una elevada corriente.

Caso 3: El circuito en resonancia.

A medida que aumente la frecuencia del generador la reactancia inductiva crece, al mismo tiempo disminuye la reactancia capacitiva. A una determinada frecuencia las dos reactancias igualan su valor y sus corrientes serán iguales y defasadas 180° entre sí.



Esto representa un intercambio total de energía entre el capacitor y la bobina razón por la cual el generador debe, proveer únicamente corriente para compensar las pérdidas de la resistencia. Si la corriente que entrega el generador es poca, para él, la impedancia que presenta el circuito es muy elevada.

Factor de mérito y ancho de banda en los circuitos resonantes paralelos

En el gráfico que acompaña al circuito de la figura 12, se representan los distintos valores de impedancia que ofrece el generador el circuito LR-C paralelo. Puede observarse que la curva correspondiente tiene gran similitud con la curva de corriente de un circuito serie.

Puede observarse que a la frecuencia de resonancia la Impedancia toma el máximo valor, esto supone que el generador entrega mínima corriente. Además el ancho de banda comprende a la cantidad de fre-

cuencias que alcanzan al 70% de la impedancia que presenta el circuito a la frecuencia de resonancia.

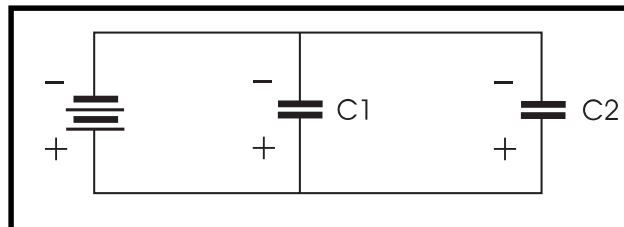
El factor de mérito responde al mismo concepto que en resonancia serie, es decir, representa la relación entre la energía que intercambian entre sí la bobina y el capacitor y la que disipa la resistencia óhmica. Por ejemplo, en el circuito de la figura 12 la bobina y el capacitor intercambian una corriente elevada en comparación con la que entrega el generador para compensar el consumo de la resistencia, es decir:

$$\text{factor de mérito} = \frac{\text{corriente entre L y C}}{\text{corriente del generador}}$$

Al igual que en la resonancia serie, en los circuitos resonantes paralelos el ancho de banda aumenta cuando disminuye el Q, lo que representa una menor selectividad.

CAPACITORES EN PARALELO

Cuando se conectan capacitores en paralelo, la carga total del conjunto corresponderá a la suma de las cargas parciales, el valor de la capacidad total corresponderá a la suma de las capacidades parciales. Es importante destacar que la tensión máxima que puede soportar el conjunto debe ser igual a la tensión del capacitor de menor aislación.

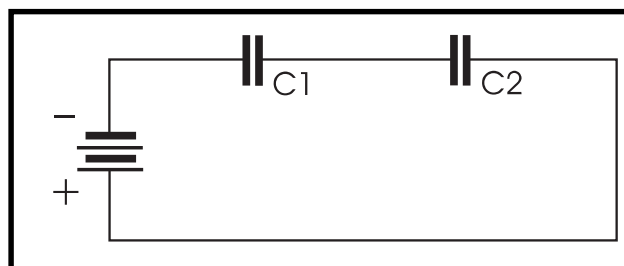


$$CT = C1 + C2 + \dots$$

CAPACITORES EN SERIE

Cuando se conectan capacitores en serie, todos adquieren la misma carga, la tensión total corresponde a la suma de las tensiones parciales.

El valor de capacidad total se obtiene de la misma forma que si fueran resistencias en paralelo, por lo tanto la capacidad total resultará menor que la menor de las capacidades del circuito. La tensión máxima que puede soportar el conjunto corresponde a la suma de las tensiones de aislación de cada capacitor.



$$CT = \frac{C1 \times C2}{C1 + C2}$$

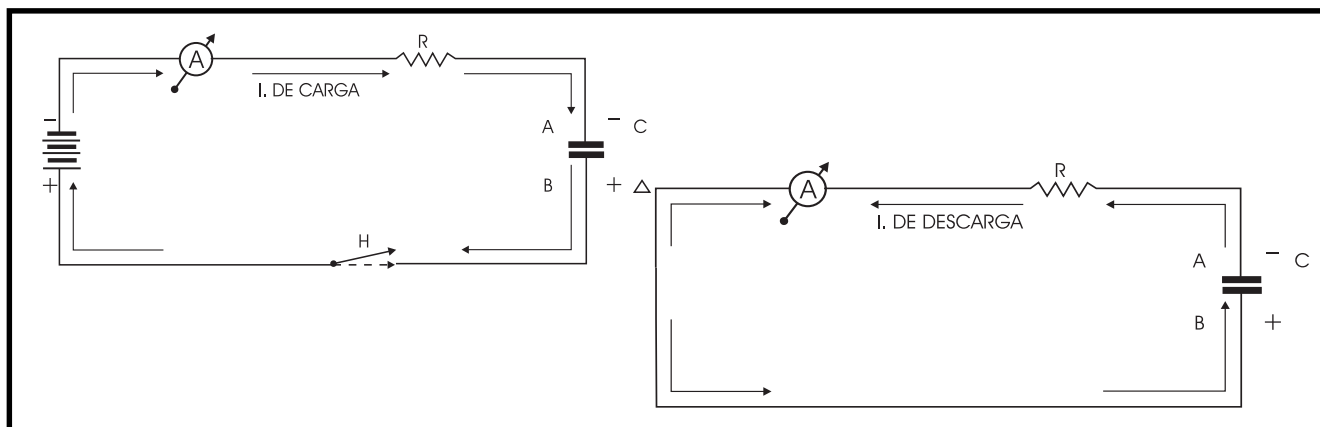
COMPORTAMIENTO DEL CAPACITOR EN C.C.

Con el interruptor abierto las placas A y B se encuentran en estado eléctrico neutro, al cerrar el interruptor (H) la placa B cede electrones al polo positivo de la fuente y la placa A toma electrones del polo negativo de la fuente.

Este paso de corriente lo indica el instrumento y se denomina corriente de carga del capacitor.

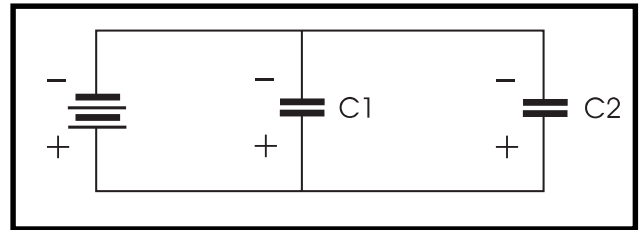
Al comenzar la carga del capacitor la corriente es máxima, por lo tanto la oposición del capacitor en ese momento es mínima, una vez cargado como la corriente es cero la oposición resulta máxima, bloqueando en consecuencia la C.C.

La corriente de carga dura hasta que las placas A y B igualen a la D.D.P. de la fuente.



CAPACITORES EN PARALELO

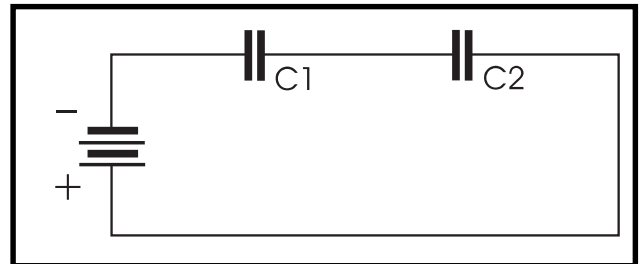
Cuando se conectan capacitores en paralelo, la carga total del conjunto corresponderá a la suma de las cargas parciales, el valor de la capacidad total corresponderá a la suma de las capacidades parciales. Es importante destacar que la tensión máxima que puede soportar el conjunto debe ser igual a la tensión del capacitor de menor aislación.



CAPACITORES EN SERIE

Cuando se conectan capacitores en serie, todos adquieren la misma carga, la tensión total corresponde a la suma de las tensiones parciales.

El valor de capacidad total se obtiene de la misma forma que si fueran resistencias en paralelo, por lo tanto la capacidad total resultará menor que la menor de las capacidades del circuito. La tensión máxima que puede soportar el conjunto corresponde a la suma de las tensiones de aislación de cada capacitor.



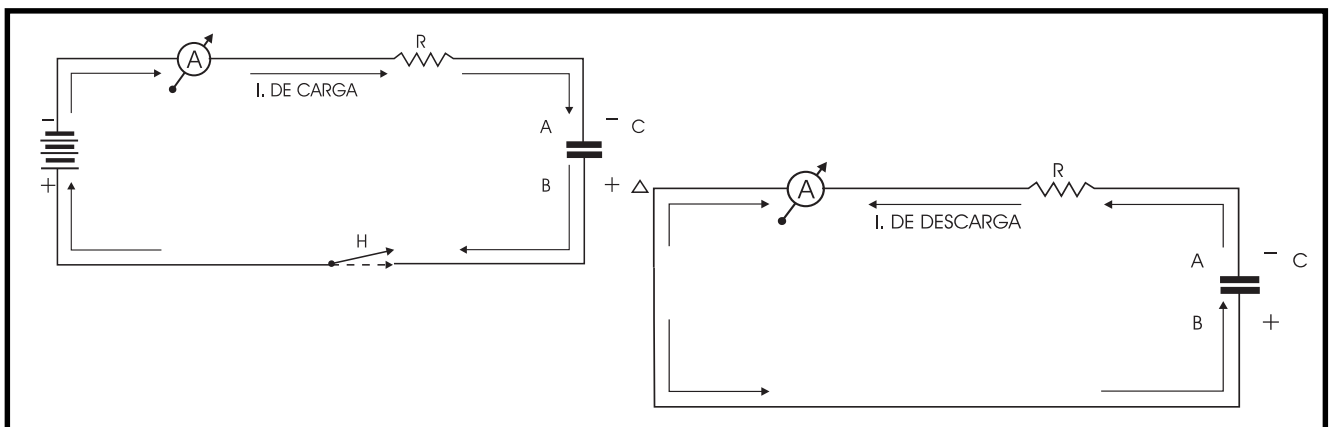
COMPORTAMIENTO DEL CAPACITOR EN C.C.

Con el interruptor abierto las placas A y B se encuentran en estado eléctrico neutro, al cerrar el interruptor (H) la placa B cede electrones al polo positivo de la fuente y la placa A toma electrones del polo negativo de la fuente.

Este paso de corriente lo indica el instrumento y se denomina corriente de carga del capacitor.

Al comenzar la carga del capacitor la corriente es máxima, por lo tanto la oposición del capacitor en ese momento es mínima, una vez cargado como la corriente es cero la oposición resulta máxima, bloqueando en consecuencia la C.C.

La corriente de carga dura hasta que las placas A y B igualen a la D.D.P. de la fuente.



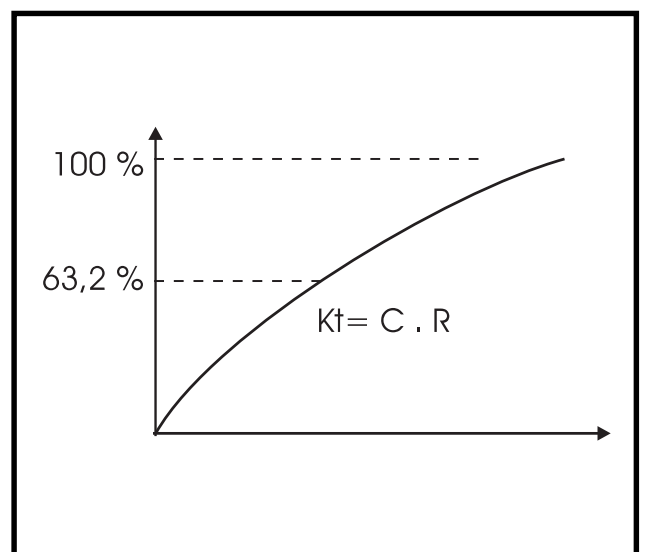
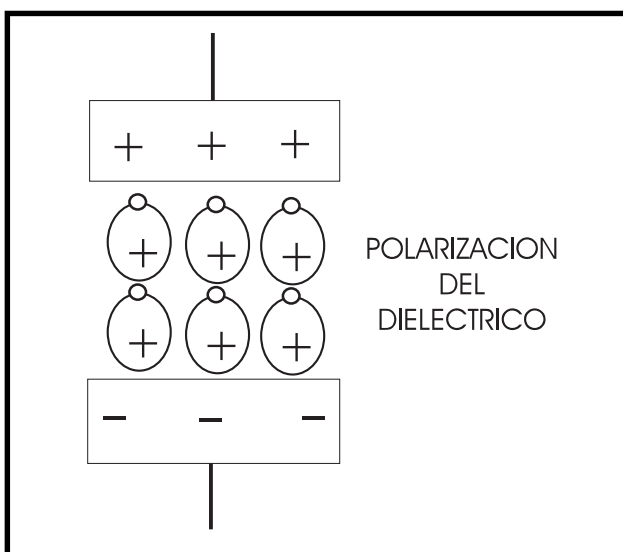
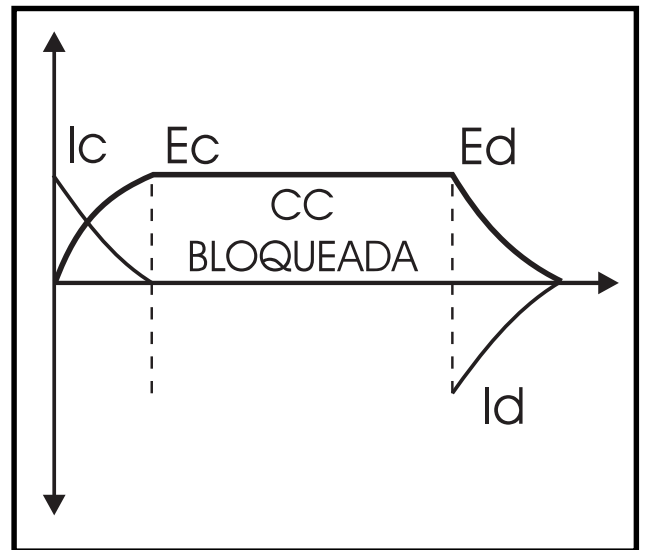
Al poner en cortocircuito los terminales del capacitor cargado, el instrumento indica un nuevo paso de corriente de sentido opuesto a la corriente de carga. Esta corriente denominada de descarga dura el tiempo necesario hasta que las placas A y B vuelvan a su estado eléctrico neutro anterior.

En la descarga, la corriente es máxima al comienzo ya que la D.D.P. entre las placas también es máxima.

Es importante destacar que en ningún momento tanto en la carga como en la descarga, la corriente atraviesa el dieléctrico del capacitor.

CONSTANTE DE TIEMPO

La constante de tiempo (KT) es el tiempo en segundos necesarios para que la tensión entre las armaduras de un capacitor alcance el 63,2 % de la tensión aplicada. La KT para la descarga se calcula de la misma manera que para la carga y representa el tiempo en segundos en que la tensión cae el 63,2 % de la tensión de la carga total.



COMPORTAMIENTO DEL CAPACITOR EN C.A.

Un capacitor conectado a una fuente de C.A. se carga y descarga constantemente, dando como resultado en todo momento una circulación de corriente a través del circuito, es decir la C.A. no es bloqueada por el capacitor.

En la práctica se dice que el capacitor permite el paso de la C.A., en realidad la corriente del circuito se debe a la carga y descarga del capacitor sin atravesar el material dieléctrico.

En los gráficos, se observa que en el primer cuarto de ciclo el capacitor se carga, en el segundo cuarto de ciclo el capacitor se descarga, en el tercer cuarto de ciclo vuelve a cargarse en sentido opuesto al anterior y en el último cuarto de ciclo devuelve su carga nuevamente.

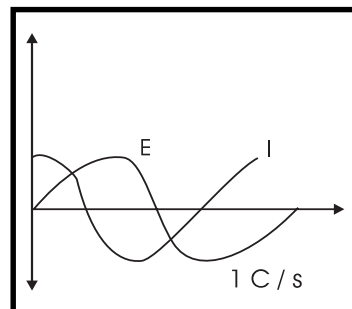
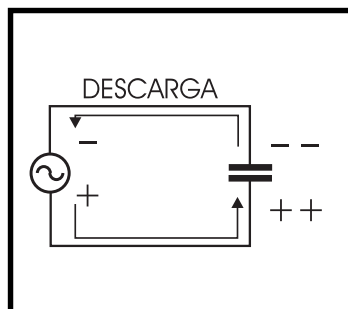
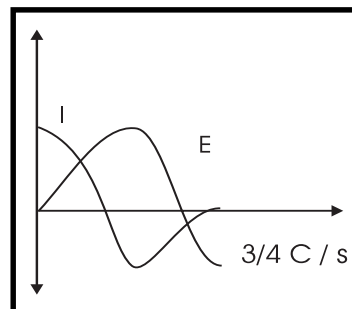
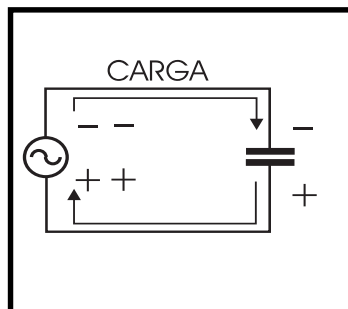
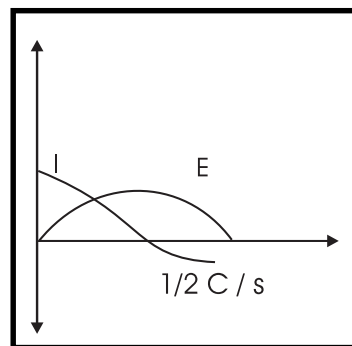
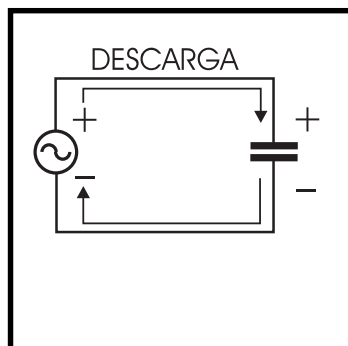
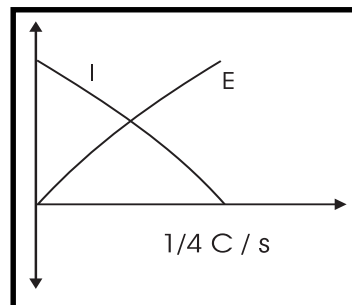
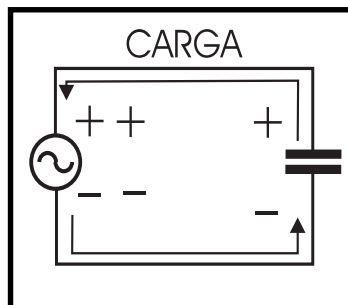
Además, se observa que la corriente queda adelantada 90° con respecto a la tensión.

Reactancia capacitiva

Es la oposición que ofrece un capacitor al paso de la C.A. (medida en Ohm). En C.C. la oposición se considera infinita debido a que el capacitor bloquea a dicha corriente, en C.A. no sucede lo mismo ya que la haber corriente constantemente, en el circuito existe un valor de oposición.

Cuanto mayor es la capacidad del condensador y mayor es la frecuencia de trabajo también será mayor la corriente circulante. Por lo tanto, la reactancia capacitiva (X_C), varía en forma inversamente proporcional al valor de capacidad y de frecuencia.

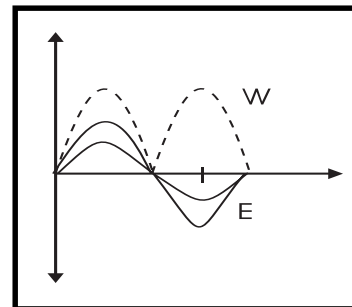
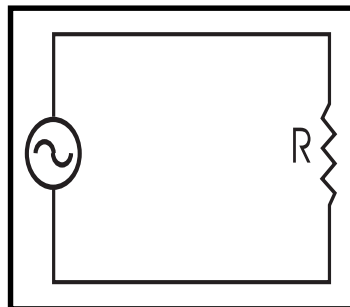
La fórmula para determinar el valor de la X_C es la siguiente:



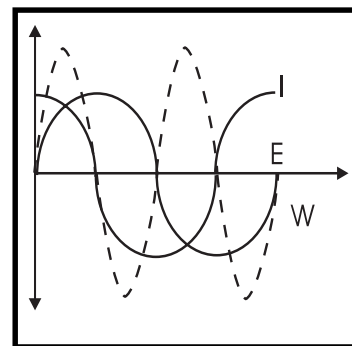
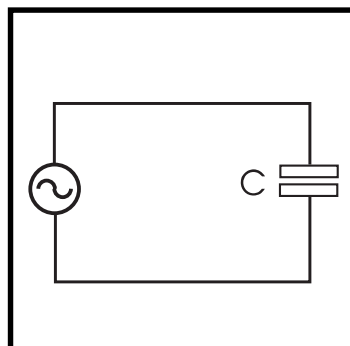
$$X_C = \frac{1}{2 \pi \cdot F \cdot C}$$

POTENCIA EN CIRCUITOS CAPACITIVOS

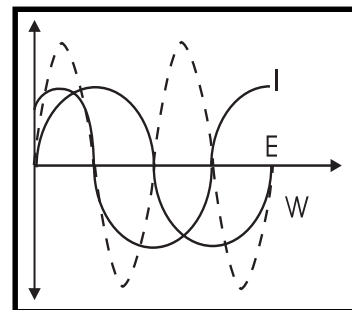
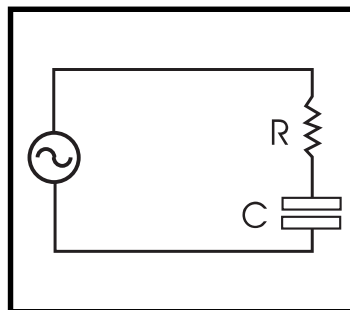
En un circuito de Resistivo la I y la E se encuentran en fase, la potencia resultante es totalmente positiva, es decir, hay consumo de potencia durante el ciclo completo de C.A.



En un circuito de capacidad pura la I adelanta 90° respecto a la E , en consecuencia en el primer cuarto de ciclo el capacitor se carga, la I y E son positivas, la potencia resultante será también positiva, en el segundo cuarto de ciclo el capacitor se descarga, la I es negativa y la E es positiva, dando como resultado potencia negativa, en el tercer cuarto de ciclo el capacitor vuelve a cargarse, aquí nuevamente la potencia es positiva y en el último cuarto de ciclo el capacitor devuelve su carga, la potencia resultante vuelve a ser negativa.



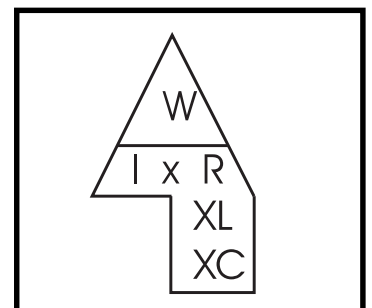
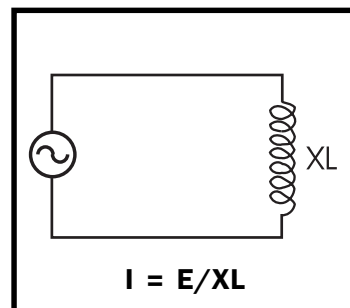
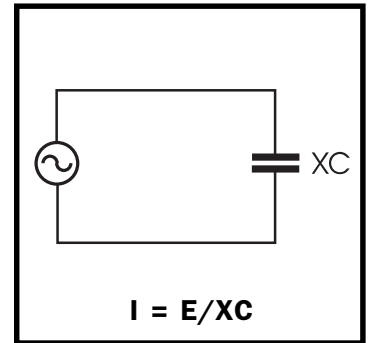
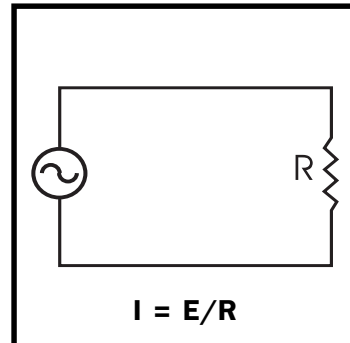
Según se observa, en un circuito ideal de capacidad pura no existe consumo de potencia.



En un circuito R y C el ángulo de desfase dependerá de los valores de R y X_C , en este caso la potencia positiva resulta mayor que la potencia negativa, esto se debe al permanente consumo de la R .

LEY DE OHM PARA CIRCUITOS REACTIVOS

Cuando se tienen circuitos reactivos, es decir L pura o C pura, la ley de Ohm también se aplica a estos circuitos, pero con la variante de reemplazar la R de la fórmula, por el valor de reactancia correspondiente (XL o XC).



IMPEDANCIA

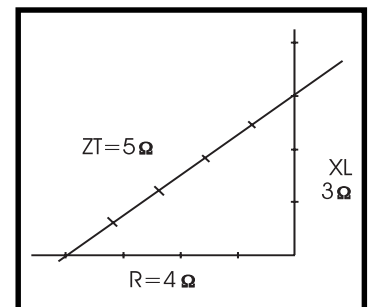
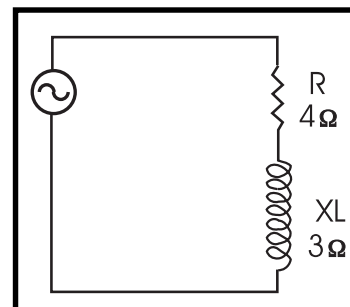
Cuando en un circuito se combinan reactancias o reactancias con resistencia, ya sea en serio o en paralelo, a la oposición total del circuito se la llama impedancia, se simboliza con la letra Z y su unidad de medida es el Ohm.

Impedancia serie

Si se tiene un circuito formado por XL y R, la impedancia total (ZT) del circuito no se la puede hallar sumando aritméticamente las oposiciones parciales. Existe un método gráfico para determinar la Z de los circuitos serie que se basa en la construcción de un triángulo rectángulo.

En el ejemplo dado se observa que sobre la base del triángulo, en una escala determinada se representa el valor de R, en la misma escala sobre el otro cateto se representa el valor de XL, siempre en la misma escala la hipotenusa del triángulo corresponderá al valor de la ZT.

El valor de la ZT también se puede determinar por medio de la fórmula correspondiente:



$$Z = \sqrt{R^2 + XL^2}$$

$$Z = \sqrt{4^2 + 3^2}$$

$$Z = \sqrt{16 + 9}$$

$$ZT = \sqrt{25} = 5 \text{ Ohm}$$

Para determinar la E aplicada conociendo los valores de E parcial no se puede realizar una suma aritmética debido a que son valores que se encuentran fuera de fase. En consecuencia para determinar la E de la fuente se recurre a un diagrama vectorial que se traza de la siguiente manera:

1º) Se toma como origen de fase la I circulante dado que es la misma en cualquier punto del circuito. Por lo tanto se traza un vector representativo de IT.

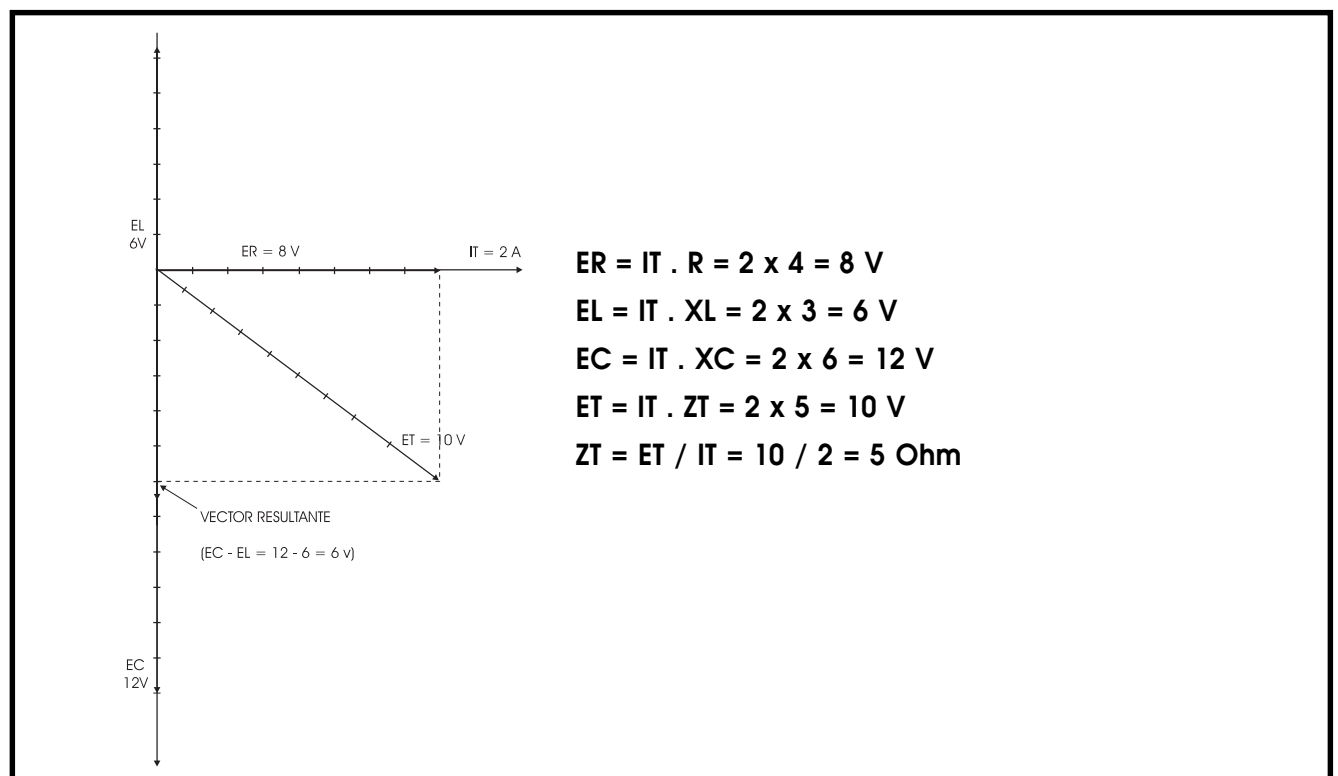
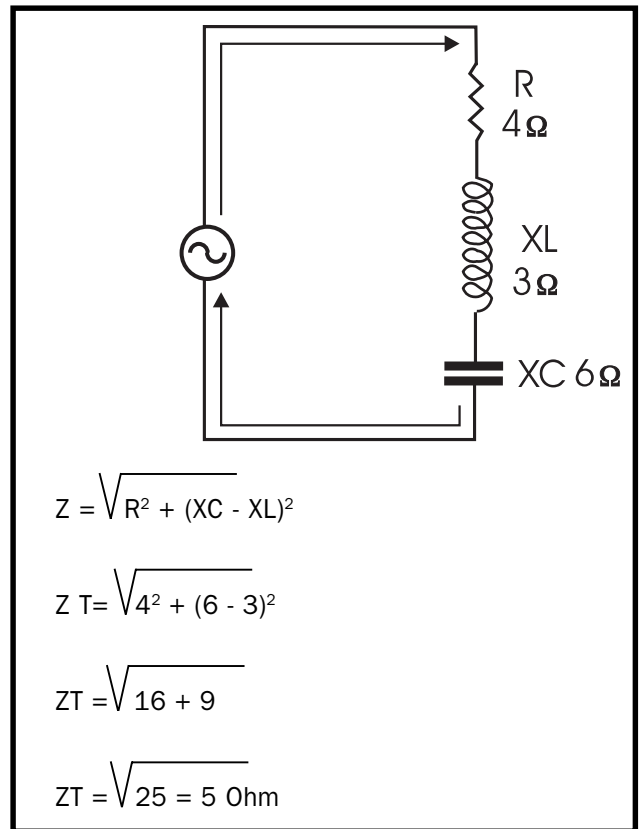
2º) En una escala determinada se representa la caída de E en la R en fase con IT.

3º) En la misma escala se representa la caída de E en L adelantada 90º con respecto a IT.

4º) En la misma escala se representa la caída de E en C atrasada 90º con respecto a IT.

5º) Como EL y EC se encuentran en oposición de fase 180º, se halla el vector resultante.

6º) Entre el vector resultante y el vector ER se traza un paralelograma, el vector diagonal siempre en la misma escala corresponde a la E de la fuente.



FACTOR DE POTENCIA

La potencia del circuito en estudio no resulta totalmente consumida debido a que las reactancias no consumen, por lo tanto se la puede denominar potencia aparente (PA). En los circuitos reactivos, para determinar el valor de la potencia real (PR) es necesario conocer el factor de potencia (FP) que resulta de dividir R/Z . Una vez determinado el factor de potencia se lo multiplica por la potencia aparente y se obtiene la potencia real.

IMPEDANCIA PARALELO

En los circuitos paralelos, la E aplicada es la misma en cualquier punto del circuito, no ocurre lo mismo con la I ya que está se deriva por los distintos consumos. Para determinar el valor de la IT, no se pueden sumar aritméticamente las I parciales debido a que son valores que se encuentran fuera de fase.

En consecuencia para determinar la IT es necesario recurrir a un diagrama vectorial, luego por medio de la Ley de Ohm, se puede determinar la ZT del circuito.

Podemos hallar la IT del circuito paralelo de la siguiente manera:

1º) Determine el valor de las reactancias.

2º) Aplicando la Ley de Ohm, se determina el valor de la I parciales.

3º) Por medio de un diagrama vectorial se obtiene la IT, para ello se procede de igual manera que en los circuitos serie, pero ahora tomando como origen de fase la E aplicada.

4º) Una vez obtenida la IT, aplicando la Ley de Ohm se obtiene la ZT.

5º) El factor de potencia será el cociente de dividir IR/IT. Además, de acuerdo a la combinación paralelo que se presenta, se tendrá una fórmula por medio de la cual también es posible determinar el valor de la ZT.

$$PA = ET \times IT$$

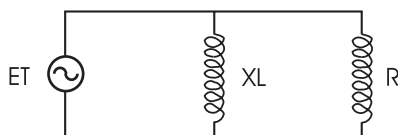
$$PA = 10 \times 2 = 20 \text{ W}$$

$$FP = R/Z$$

$$FP = 4/5 = 0,8$$

$$PR = PA \times FP$$

$$PR = 20 \times 0,8 = 16 \text{ W}$$



$$XL = 2\pi \cdot F \cdot L$$

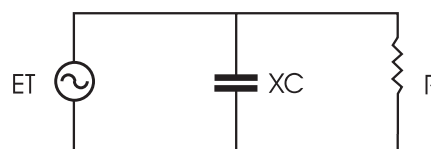
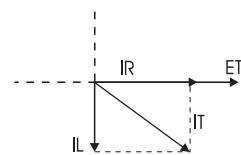
$$IL = ET / XL$$

$$IR = ET / R$$

$$ZT = ET / IT$$

$$IT = ET / ZT$$

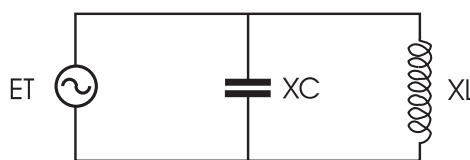
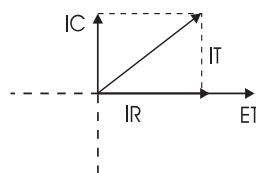
$$ZT = \frac{R \cdot XL}{\sqrt{R^2 + XL^2}}$$



$$XC = \frac{1}{2\pi \cdot F \cdot C}$$

$$ZT = \frac{R \cdot XC}{\sqrt{R^2 + XC^2}}$$

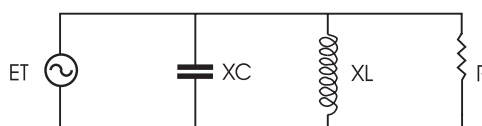
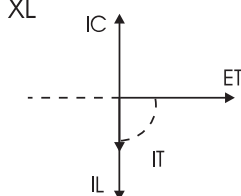
$$IC = ET / XC$$



$$ZT = \frac{XL \cdot XC}{XL - XC}$$

$$IT = IL - IC$$

$$ZT = \frac{XL \cdot XC}{XL - XC}$$

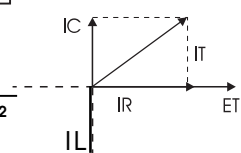


$$ZT = \frac{R \cdot XC \cdot XL}{\sqrt{XC^2 \cdot XL^2 + (R \cdot XC - R \cdot XL)^2}}$$

$$PA = ET \cdot IT$$

$$FP = IR / IT$$

$$PR = PA \cdot FP$$



CODIGO DE COLORES PARA RESISTENCIAS Y CAPACITORES

COLOR DE LA BANDA	1ª CIFRA	2ª CIFRA	FACTOR MULTIPLICAR	TOLERANCIA	AISLACION
negro	–	0	1	–	–
marron	1	1	10	1 %	100 V
rojo	2	2	100	2 %	200 V
naranja	3	3	1000	3 %	300 V
amarillo	4	4	10.000	4 %	400 V
verde	5	5	100.000	0,5 %	500 V
azul	6	6	1.000.000	0,25 %	600 V
violeta	7	7	10.000.000	0,1 %	700 V
gris	8	8	100.000.000		800 V
blanco	9	9	1.000.000.000		900 V
dorado	–	–	0,1	5 %	1000 V
plateado			0,01	10 %	2000 V
sin color				20 %	

Las tolerancias indicadas en recuadro gris, corresponden solamente a resistencias de precisión.

