



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

| **uma.es**

eAM'
ESCUOLA ARQUITECTURA MÁLAGA

GRADO EN ARQUITECTURA

INSTALACIONES III

ELECTROTECNIA

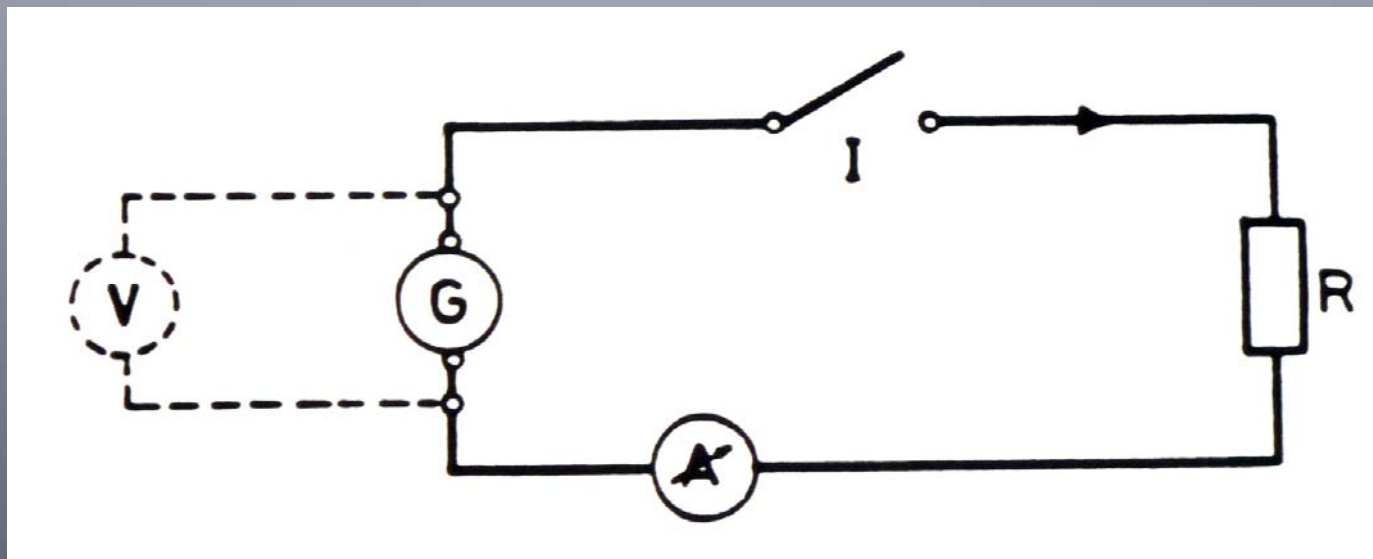
BLOQUE 1

CONCEPTOS BÁSICOS DE ELECTRICIDAD

Intensidad / Tensión / Potencia

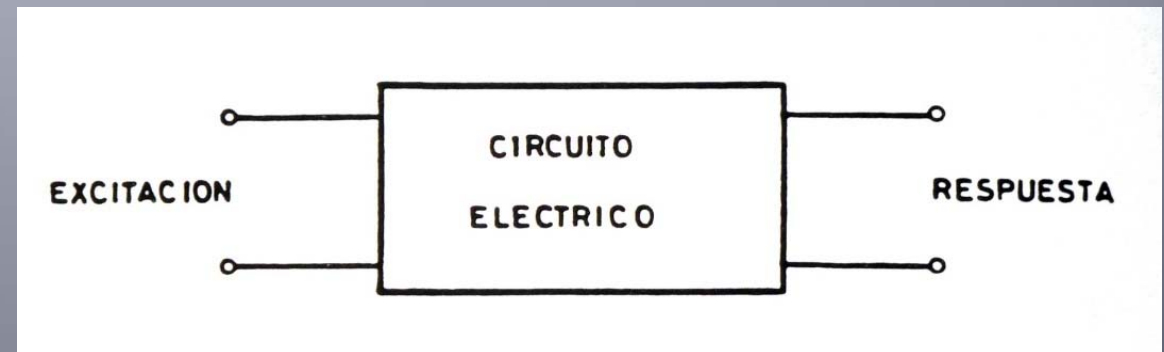
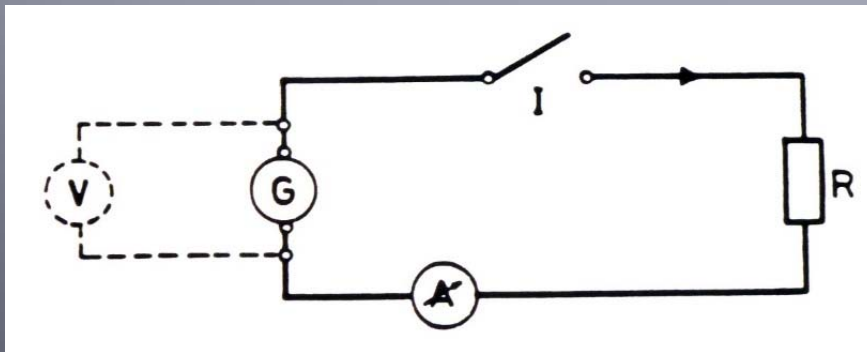
Definiciones

Circuito eléctrico $\equiv$ Conjunto de elementos donde existe la posibilidad de que se origine una corriente eléctrica



Definiciones

Circuito eléctrico $\equiv$ Conjunto de elementos donde existe la posibilidad de que se origine una corriente eléctrica



Para ello se ponen en contacto dos cuerpos con cargas distintas o bien se establece una diferencia de potencial

Conceptos fundamentales

Intensidad de corriente

Tensión

Conceptos fundamentales

Tensión

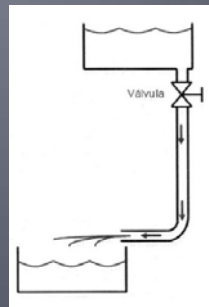
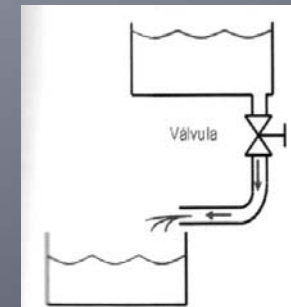


Diferencia de potencial (diferencia de carga) entre dos puntos

$$V_{AB} = V_A - V_B$$

$$[1 V = 1 J/C]$$

Trabajo necesario para llevar una carga positiva de un punto a otro



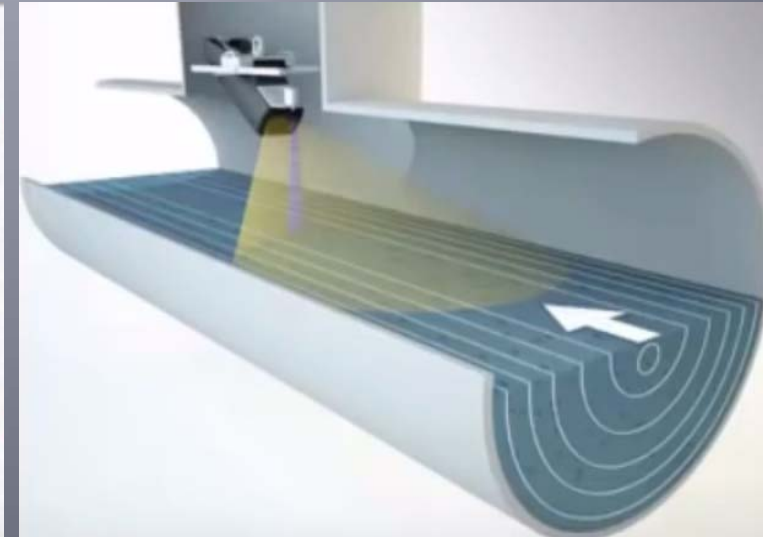
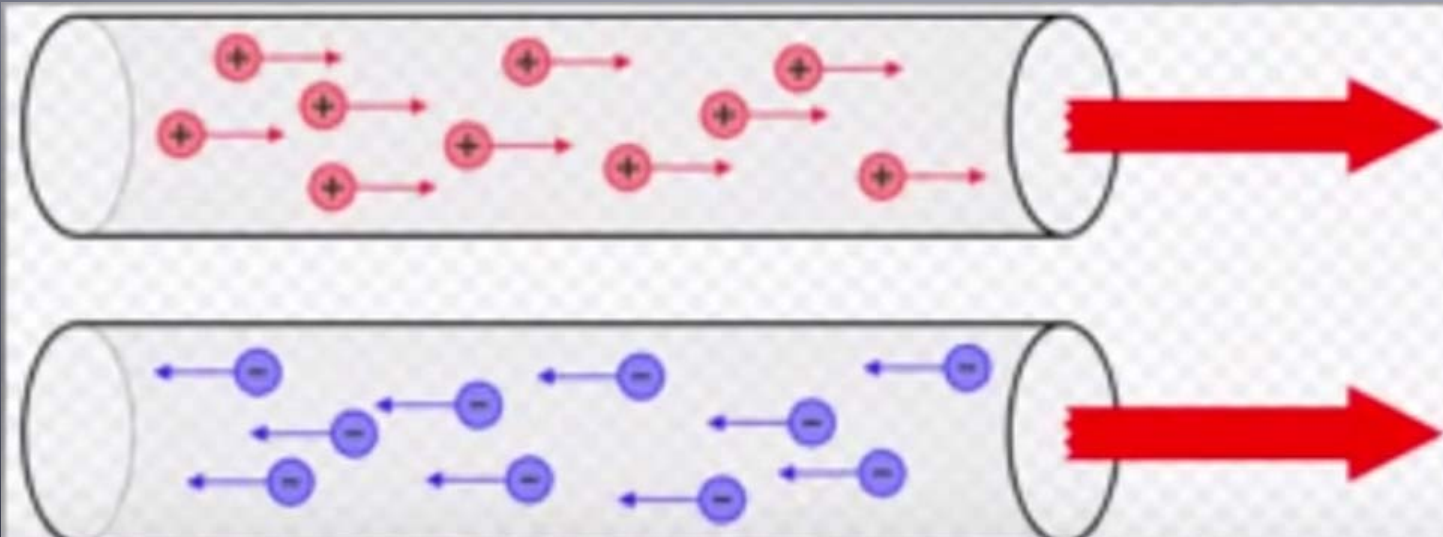
Conceptos fundamentales

Intensidad de corriente

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

$$[1 A = 1 C/s]$$

Cantidad de carga eléctrica positiva que atraviesa la unidad de superficie (un circuito) en la unidad de tiempo



Conceptos fundamentales

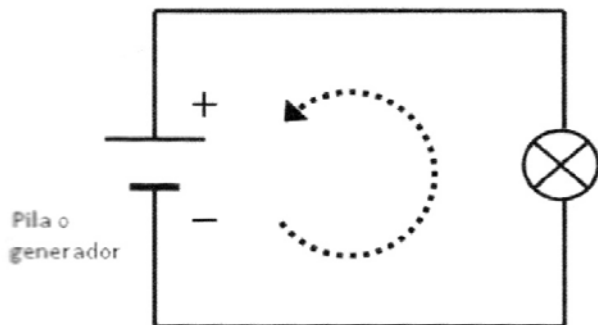
Intensidad de corriente

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

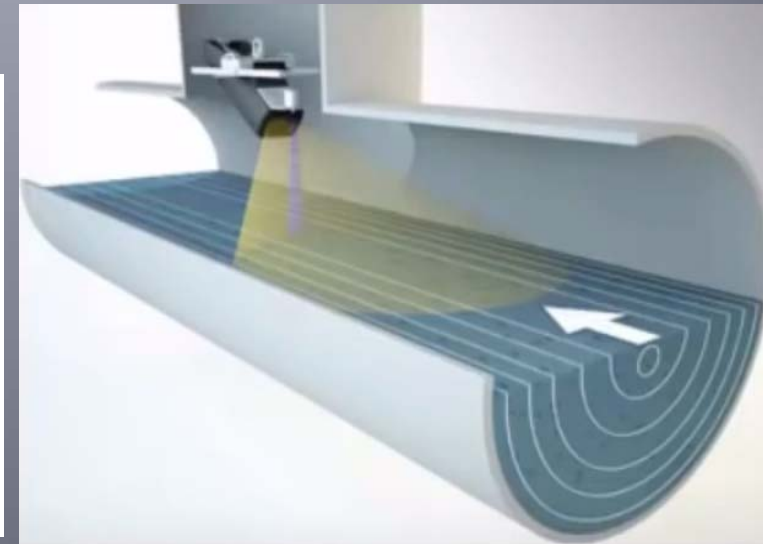
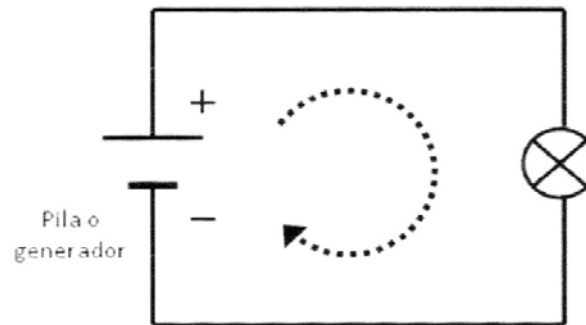
$$[1 A = 1 C/s]$$

Cantidad de carga eléctrica positiva que atraviesa la unidad de superficie (un circuito) en la unidad de tiempo

SENTIDO REAL



SENTIDO CONVENCIONAL

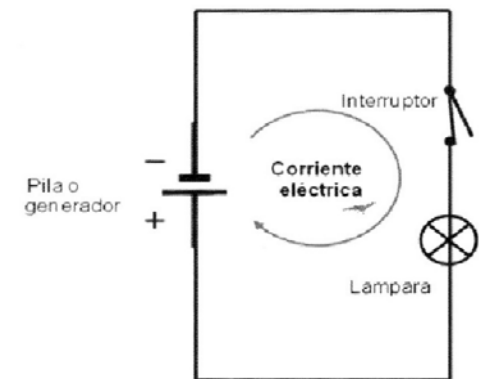
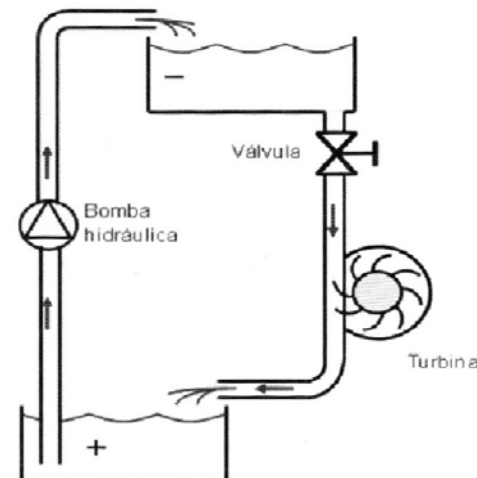
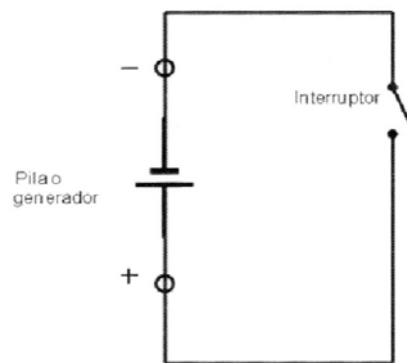
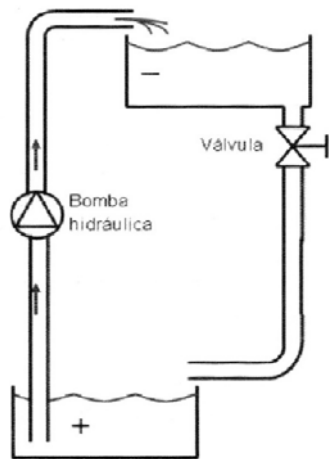


Conceptos fundamentales

Intensidad de corriente

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

$$[1 A = 1 C/s]$$



Conceptos fundamentales

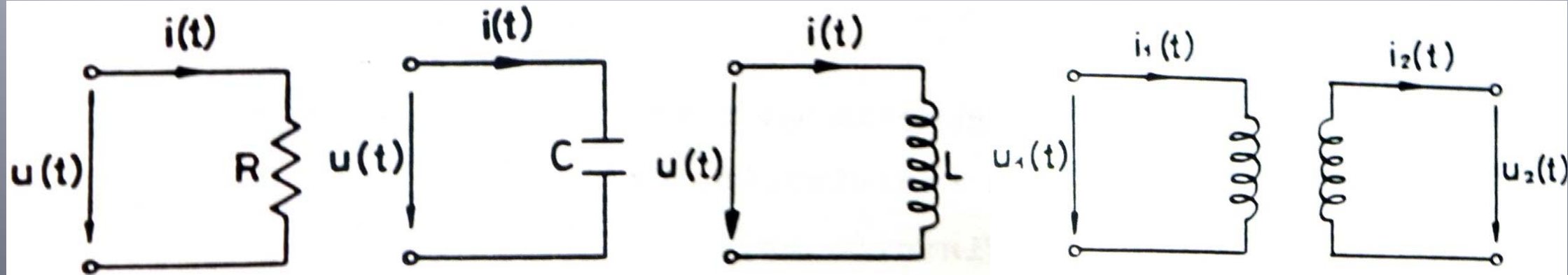
Potencia eléctrica



Tiempo en que el movimiento de los electrones tarda en realizar un trabajo

Energía que es capaz de generar el movimiento de los electrones en la unidad de tiempo

$$P = \frac{E}{t} = U \cdot I \quad [1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}]$$



Resistencia

Condensador

Bobina

Transformador

$$U(t) = R \cdot i(t)$$

$$[R \equiv 1 \Omega = 1 V/A]$$

$$G = 1/R$$

$$i(t) = C \cdot \frac{dU}{dt}$$

$$[C \equiv 1 F]$$

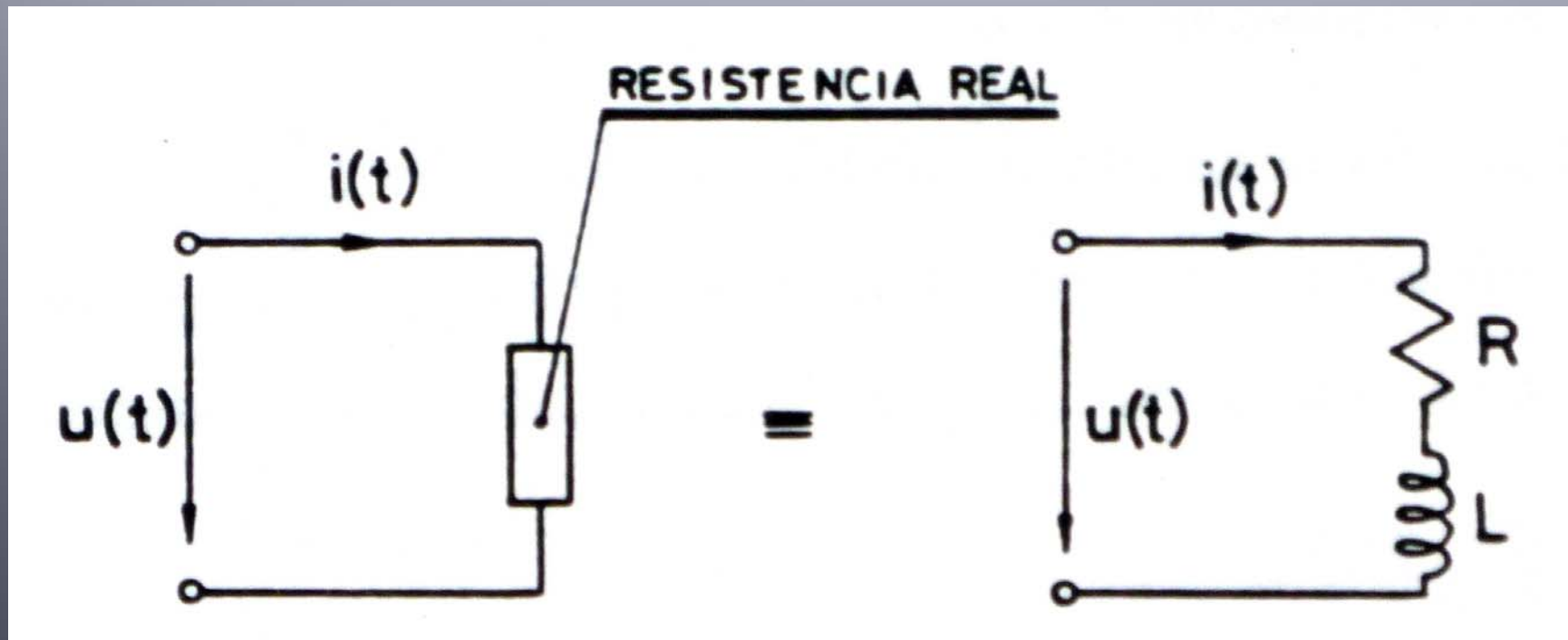
$$U(t) = L \cdot \frac{di}{dt}$$

$$[L \equiv 1 H]$$

$$U_1(t) = a \cdot U_2(t)$$

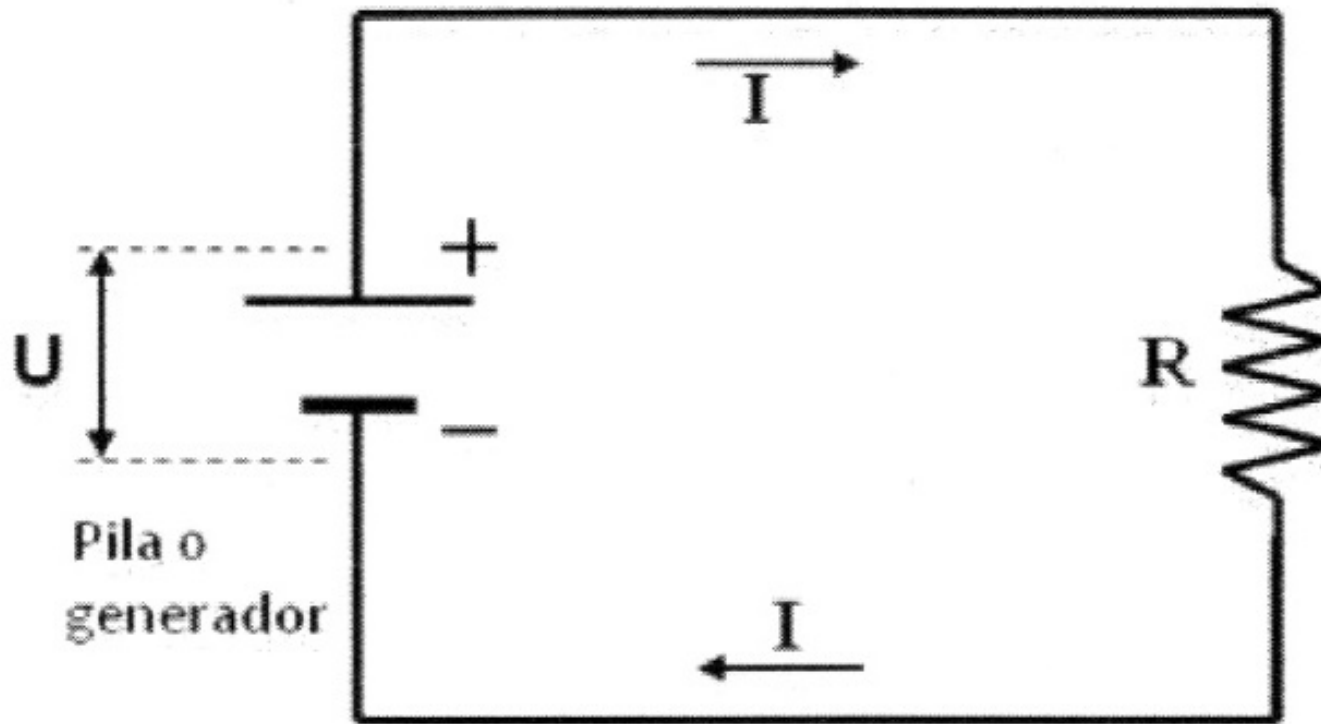
$$i_1(t) = \frac{1}{a} \cdot i_2(t)$$

Cualquier circuito real se puede conformar como una combinación equivalente de elementos ideales



Resistencia real como combinación de resistencia y bobina ideales

Ley de Ohm

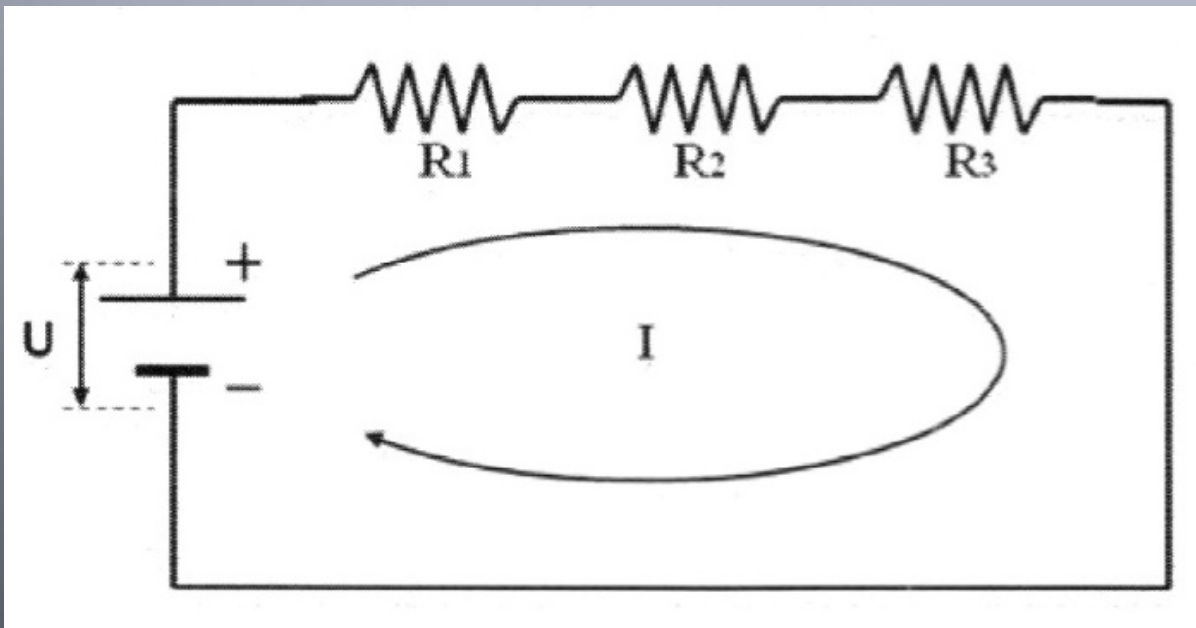


$$I = \frac{U}{R}$$

$$U \uparrow \uparrow \uparrow \rightarrow I \uparrow \uparrow \uparrow$$

$$R \uparrow \uparrow \uparrow \rightarrow I \downarrow \downarrow \downarrow$$

$$R \uparrow \uparrow \uparrow \rightarrow U \downarrow \downarrow \downarrow$$

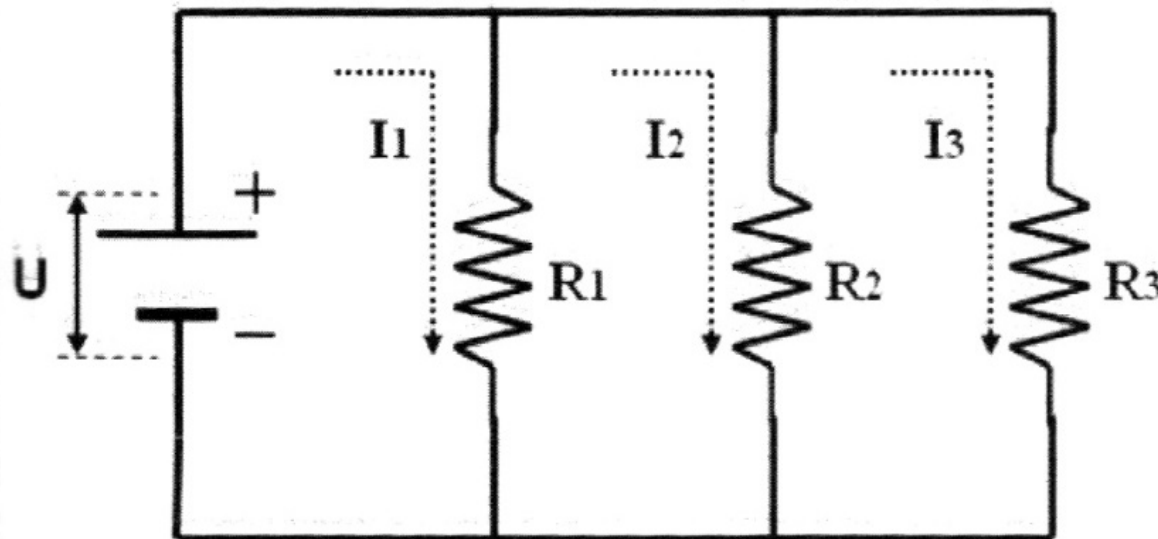


En serie

$$I = \frac{U}{R}$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

$$I = \frac{U}{R_T}$$



En paralelo

$$I = \frac{U}{R}$$

$$i_T = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n$$

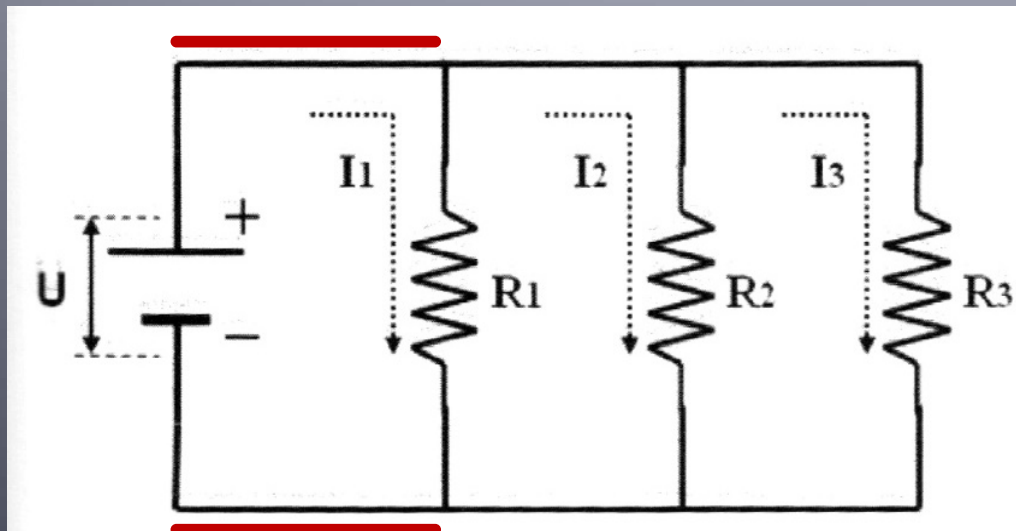
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

Acoplamiento de resistencias

Concepto de sobretensión

Si vamos conectando receptores en paralelo, a medida que lo hacemos se irá incrementando la intensidad máxima que soporta el circuito



En paralelo

$$I = \frac{U}{R}$$

$$i_T = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n$$

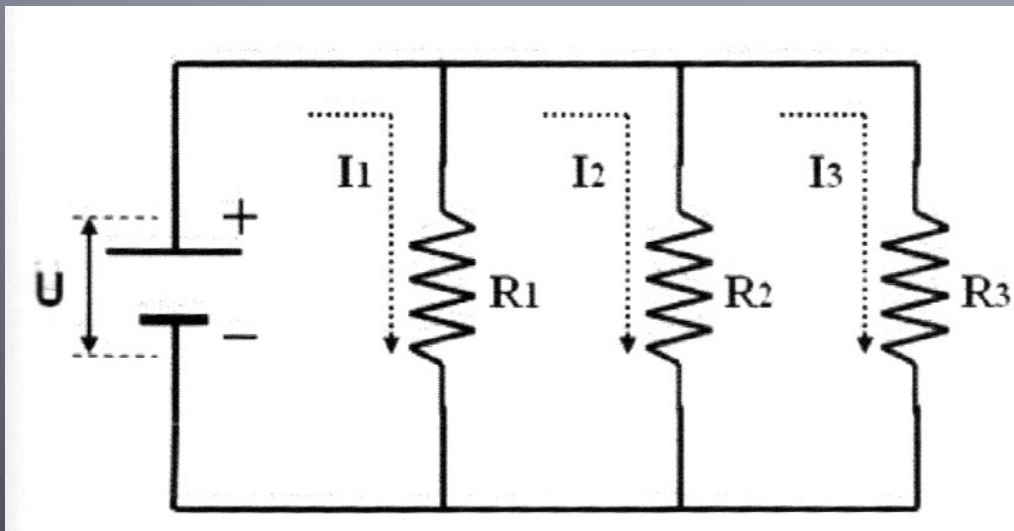
$$\text{Si } i_T \rightarrow \infty$$

Sobrepasamos la $i_{\max}$ de la instalación

Acoplamiento de resistencias

Concepto de cortocircuito

Si dos cables se unen accidentalmente, se genera un nuevo “receptor” que introduce en el circuito una nueva resistencia de valor muy pequeño



En paralelo

$$I = \frac{U}{R}$$

$$R \downarrow \downarrow \downarrow \rightarrow I \uparrow \uparrow \uparrow$$

$$i_T = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Energía eléctrica

Sirve para definir el consumo de un receptor

$$Potencia = \frac{Trabajo}{Tiempo} = \frac{Energía}{Tiempo}$$

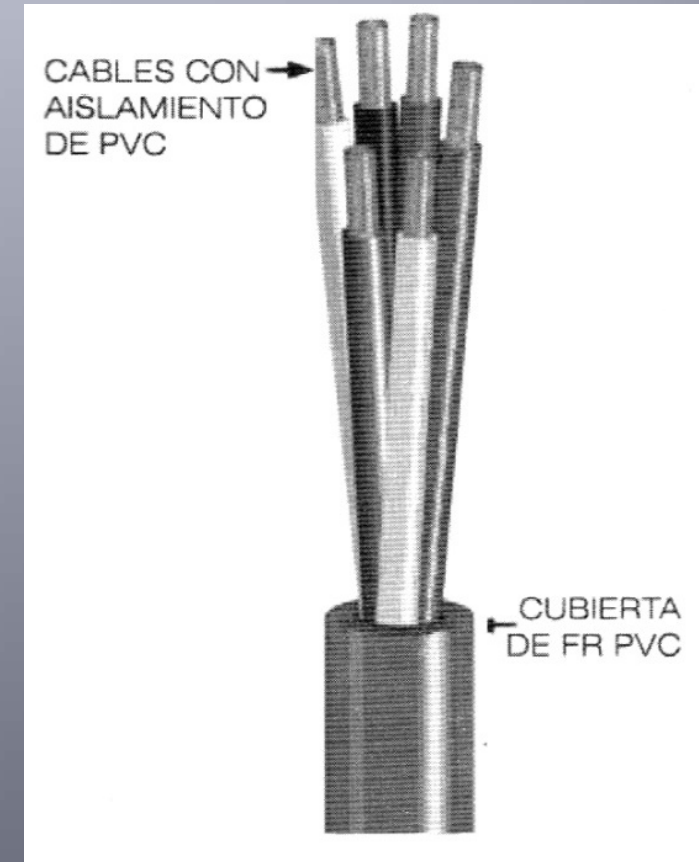
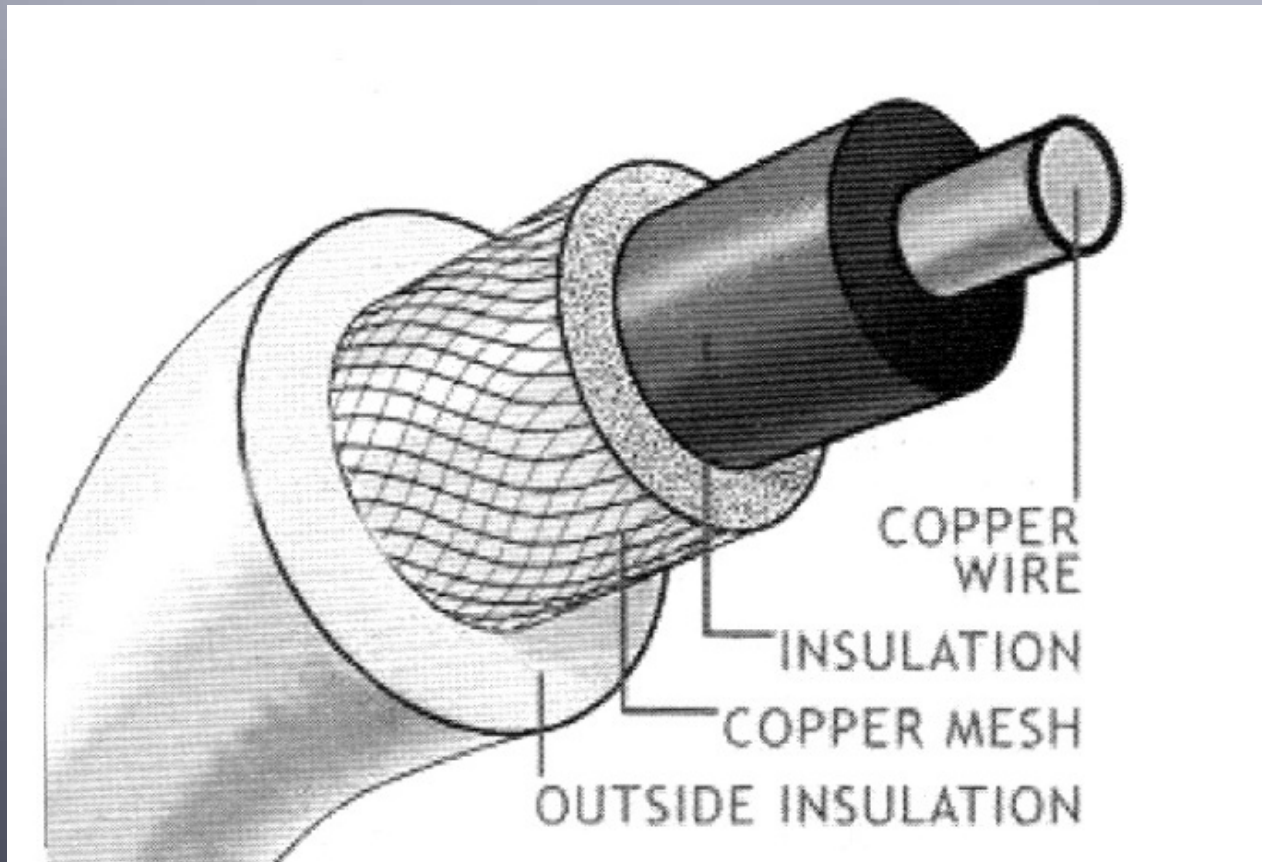
$$Energía = Potencia \cdot Tiempo \rightarrow E = P \cdot t$$

Energía activa

Energía reactiva

Energía aparente

Tipos de cables



Tipos de cables

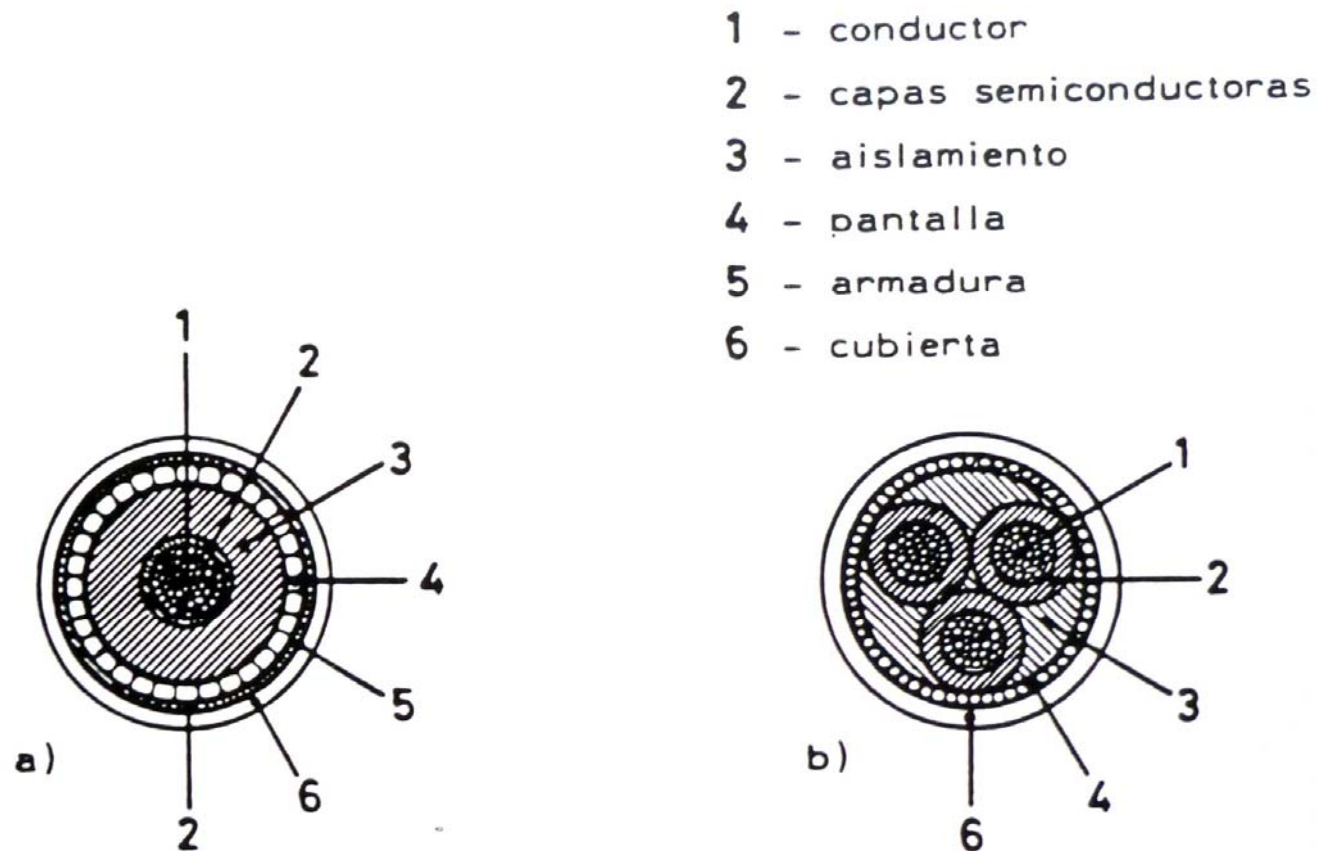


Fig. 56 -Cables aislados-

Tipos de cables

Un cable (conductor) implica una resistencia al paso de la corriente

¿Qué factores influyen en el valor de la resistencia de un conductor?

- 1) Longitud → Si $L \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \rightarrow R \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow$
- 2) Sección → Si $S \downarrow \downarrow \downarrow \downarrow \rightarrow R \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow$
- 3) Material → Si $\rho \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \rightarrow R \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow$



$$R = \frac{L}{S} \cdot \rho$$

Cuando circula corriente por un conductor se produce necesariamente una caída de tensión ya que según la ley de Ohm si $R \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \rightarrow U \downarrow \downarrow \downarrow \downarrow$

Tipos de cables $\equiv$ Resistividad (ρ)

Material	Símbolo	ρ ($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)
Plata	Ag	0,0163
Cobre	Cu	0,017
Aluminio	Al	0,028
Cinc	Zn	0,061
Latón	Cu-Ni	0,07
Estaño	Sn	0,12
Hierro	Fe	0,13
Plomo	Pb	0,204

*Coefficientes de resistividad para algunos de los materiales más comúnmente empleados (a 20°C de temperatura)
(González Lezcano, 2011)*

Tipos de cables $\equiv$ Resistividad (ρ)

La temperatura tiene influencia sobre la resistividad del conductor

$$\rho_{\theta} = \rho_{20} \cdot [1 + \alpha \cdot (\theta - 20)]$$

Material	$\rho_{20} (\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m})$	$\rho_{70} (\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m})$	$\rho_{90} (\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m})$	$\alpha (^{\circ}\text{C}^{-1})$
Cobre	0,018	0,021	0,023	0,00392
Aluminio	0,029	0,033	0,036	0,00403
Almelec (Al-Mg-Si)	0,032	0,038	0,041	0,00360

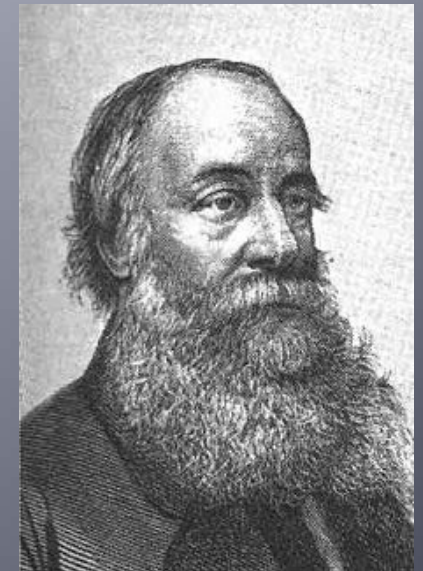
Valores de resistividad y del coeficiente de temperatura de los conductores más empleados (González Lezcano, 2011)

Efecto Joule

Cualquier resistencia se calienta al ser atravesado por la corriente eléctrica

La energía de 1 julio equivale a 0,24 calorías

$$Q = 0,24 \cdot E$$



James Prescott Joule (Wikipedia, 2017)

Efecto Joule

¿Calor producido por una resistencia R en un tiempo t cuando es recorrida por una corriente eléctrica i ?

$$Q = 0,24 \cdot E$$

$$E = P \cdot t$$

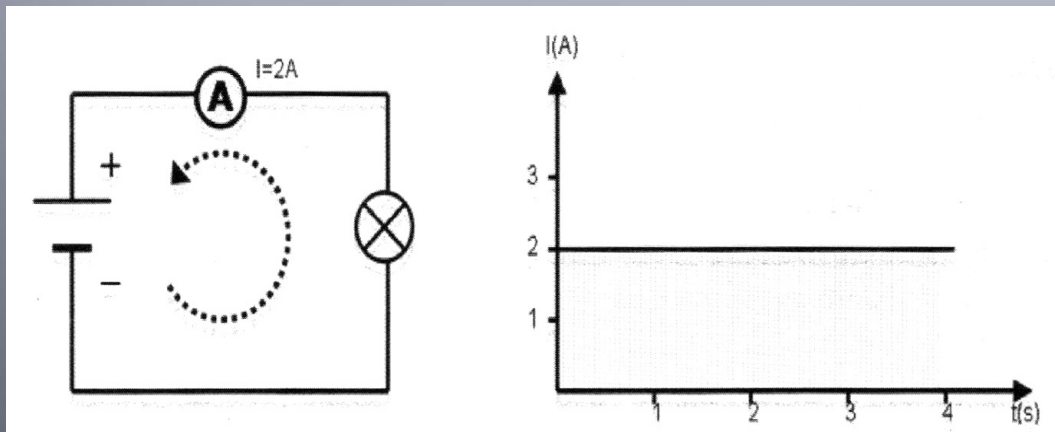
$$P = U \cdot i$$

$$R = \frac{U}{i}$$

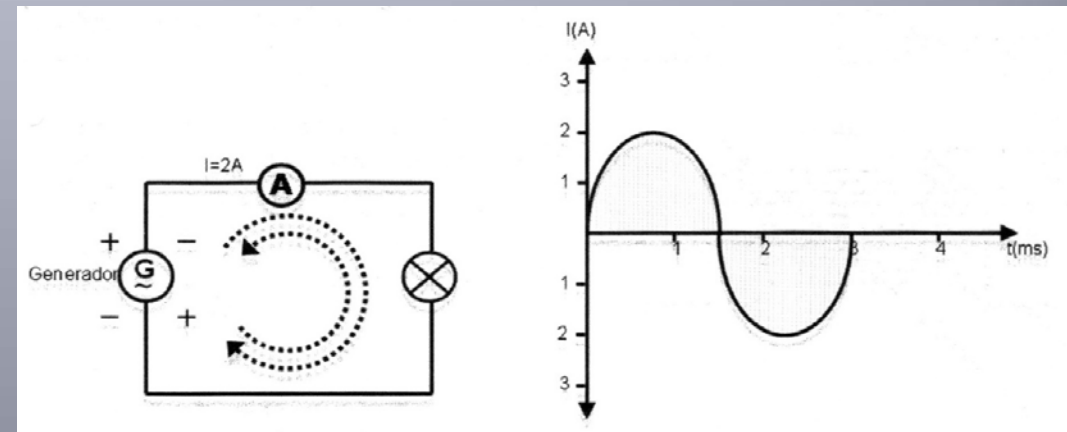
$$P = R \cdot i^2$$

$$Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 \cdot t$$

Tipos de corriente eléctrica



Corriente continua

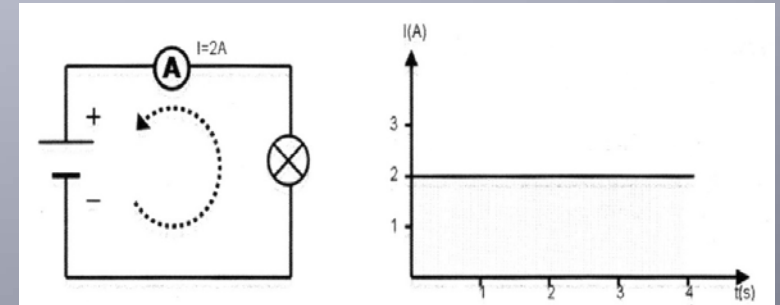


Corriente alterna

Tipos de corriente eléctrica

- *Adecuada para la carga de acumuladores*
- *Efectos químicos: apta para electrólisis*
- *Efectos caloríficos iguales a la alterna*
- *Apta para efectos electromagnéticos*
- *Se transporta muy mal a distancia*
- *Transformación muy cara*
- *Receptores caros*
- *Muy buena regulación de velocidad en motores (ej.: ascensores)*

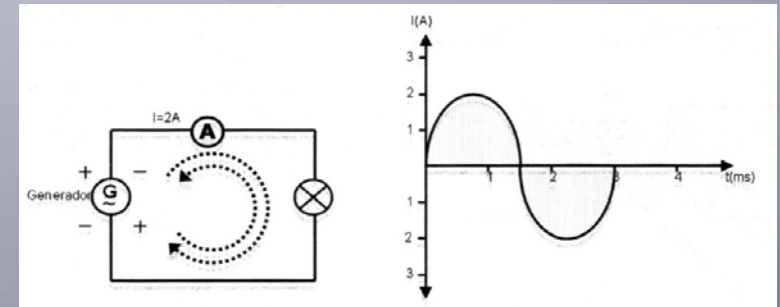
Corriente continua



Tipos de corriente eléctrica

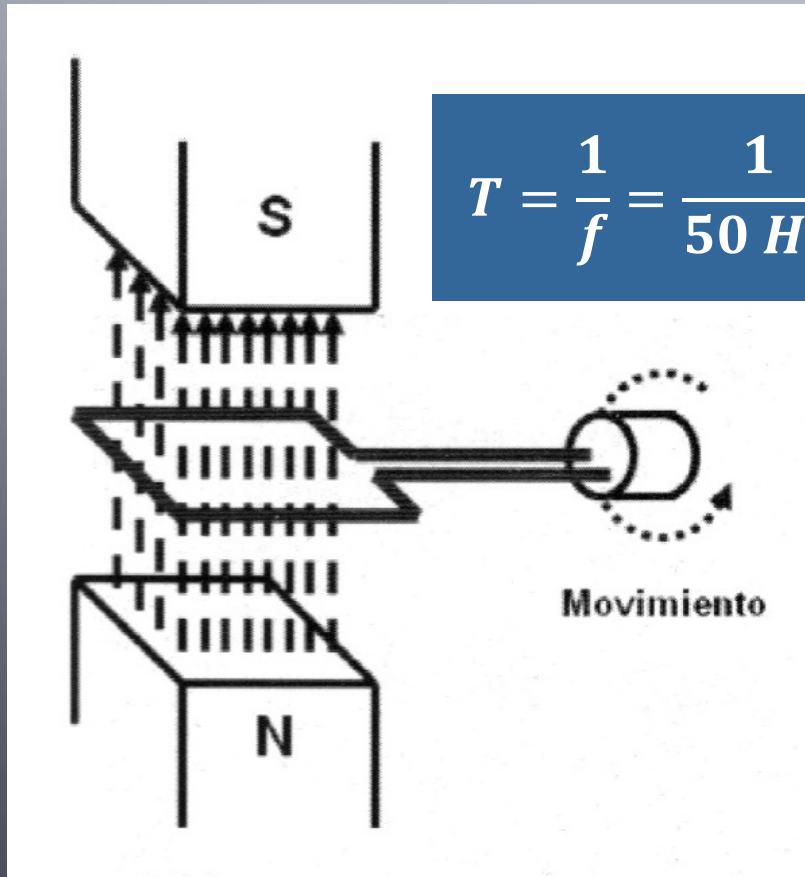
- *No sirve para cargar acumuladores*
- *No sirve para electrólisis*
- *Efectos térmicos iguales a la continua*
- *Se transporta muy bien a distancia*
- *Se transforma fácilmente*
- *Funciona mal para efectos magnéticos, aunque se utiliza mucho en procesos industriales*
- *Receptores baratos y de escaso mantenimiento*
- *De producción más sencilla y barata que la continua*

Corriente alterna

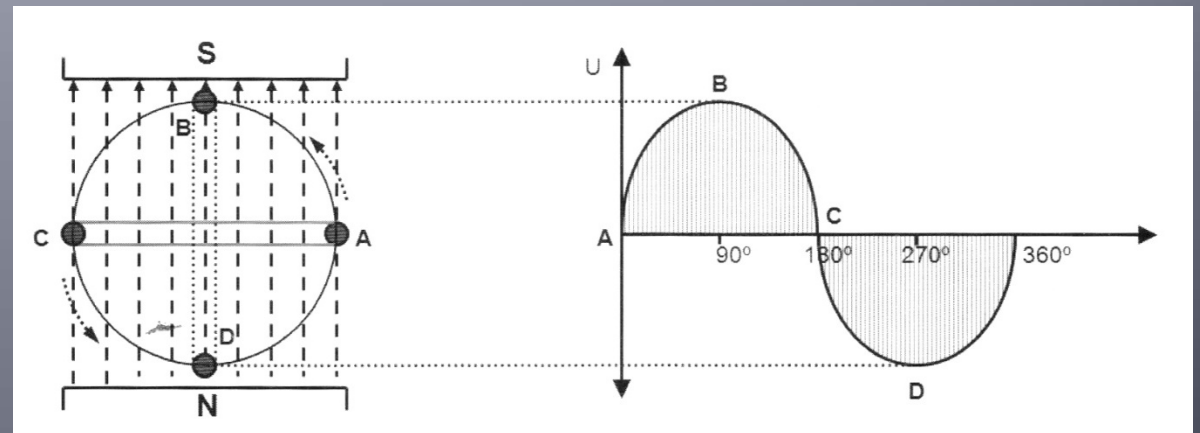
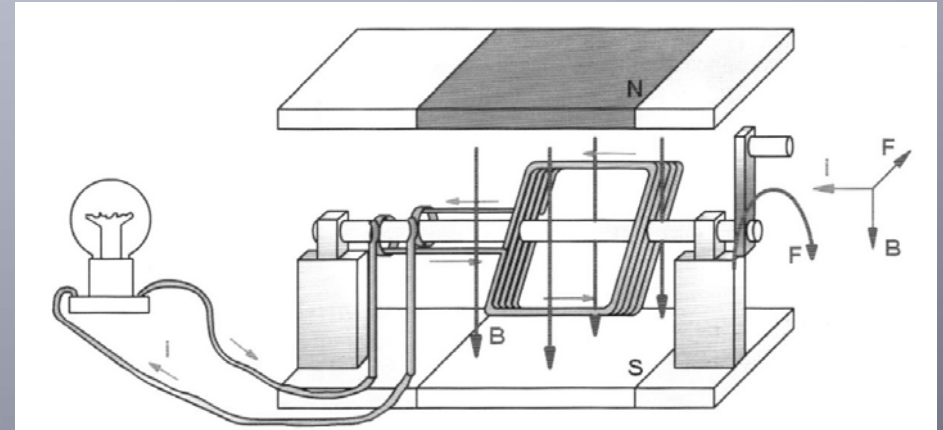


Producción de corriente alterna

Corriente alterna



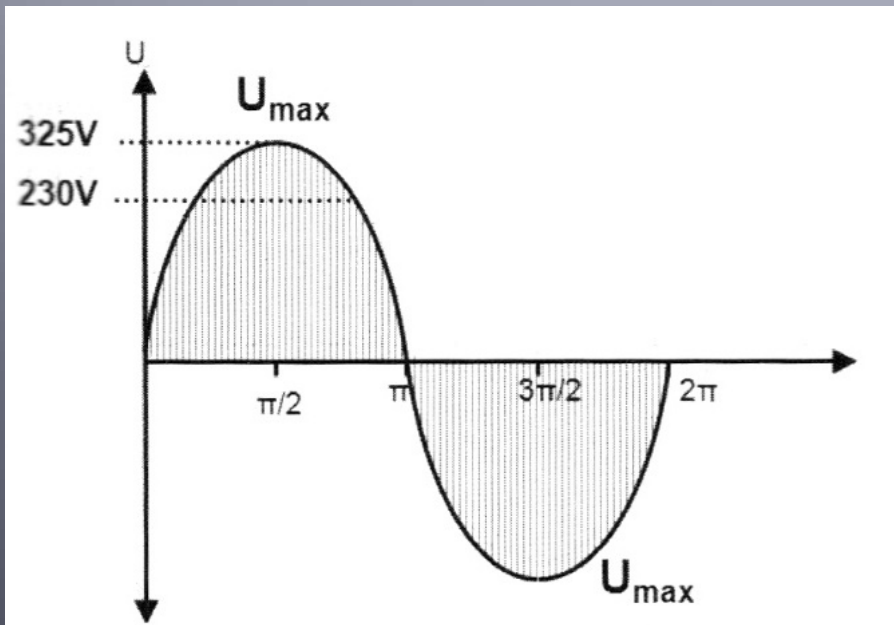
$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50 \text{ Hz}} = 0,02 \text{ s}$$



Tensión en corriente alterna

Corriente alterna

Los valores de tensión oscilan en cada ciclo entre 0 y U_{max}



Voltaje de la red monofásica en España (González Lezcano, 2011)



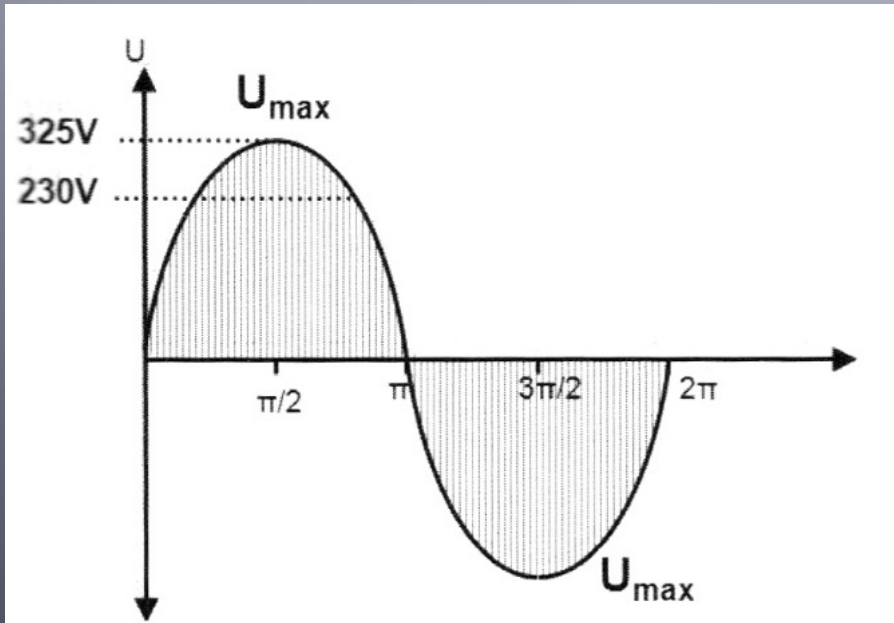
Se define una tensión media

$$U_{ef} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$$

Tensión en corriente alterna

Corriente alterna

Los valores de tensión oscilan en cada ciclo entre 0 y $U_{\max}$



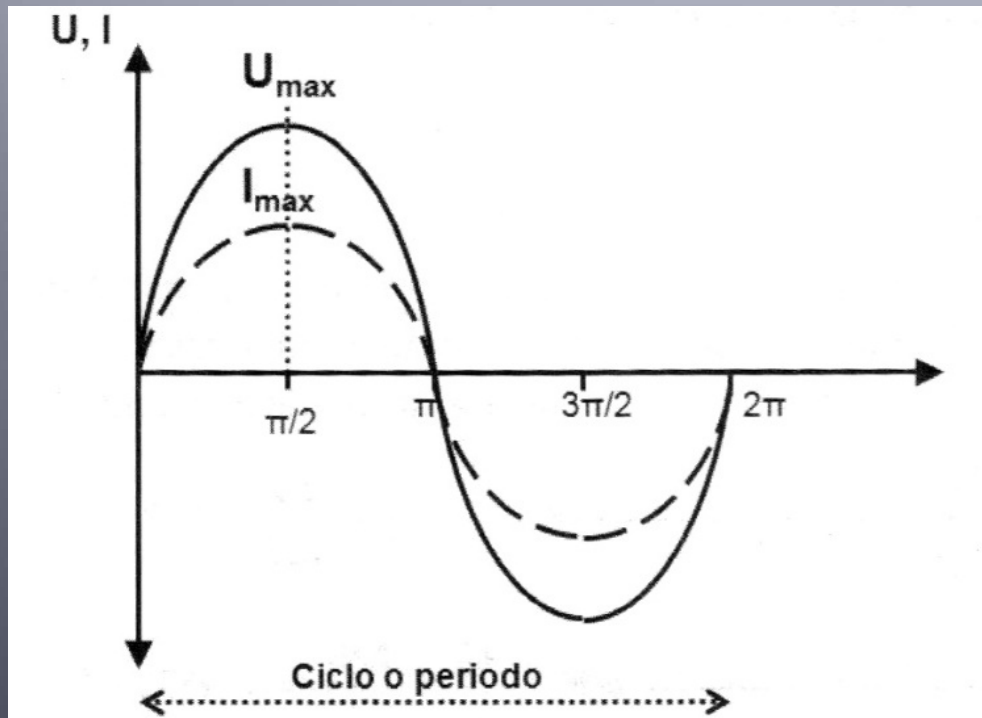
Voltaje de la red monofásica en España (González Lezcano, 2011)

Se define una tensión media

En España: $f = 50\text{Hz} \rightarrow U_{\max} = 325\text{ V}$

$$U_{ef} = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}} = \frac{325}{\sqrt{2}} = 229,81\text{ V}$$

Los valores de intensidad oscilan en cada ciclo entre 0 y $i_{\max}$

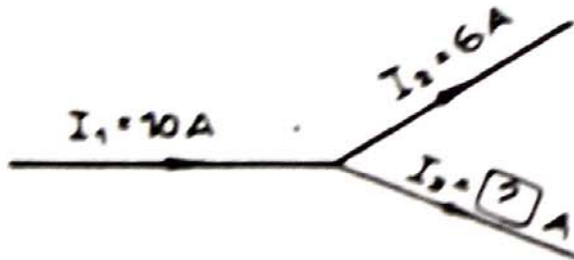


Comparativa entre tensión e intensidad en corriente alterna (González Lezcano, 2011)

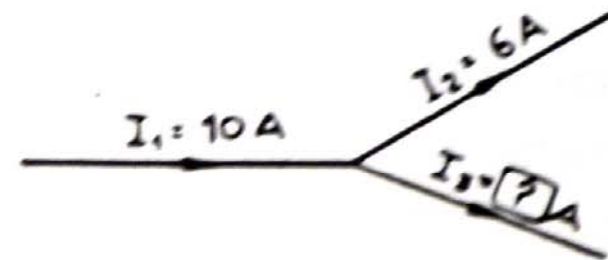
$$I_{ef} = \frac{U_{ef}}{R}$$

$$I_{ef} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

Comparación C.C. / C.A.



a) Corriente continua



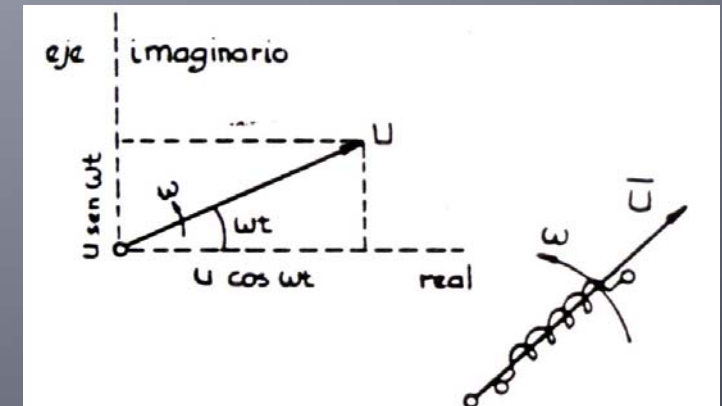
b) Alterna

$$\sum I_k = 0$$

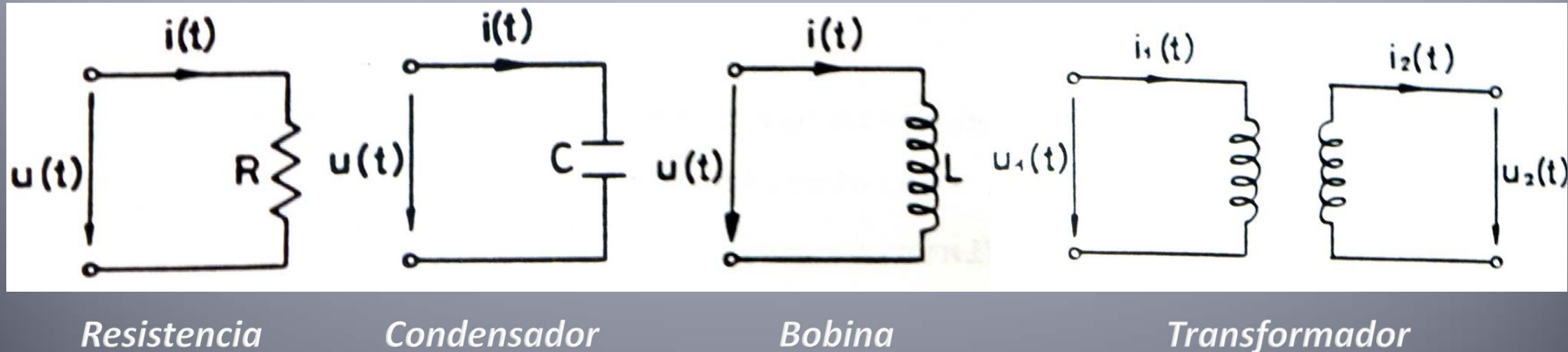


$$I_3 = 10 - 6 = 4 \text{ A}$$

(1ª ley de Kirchhoff)



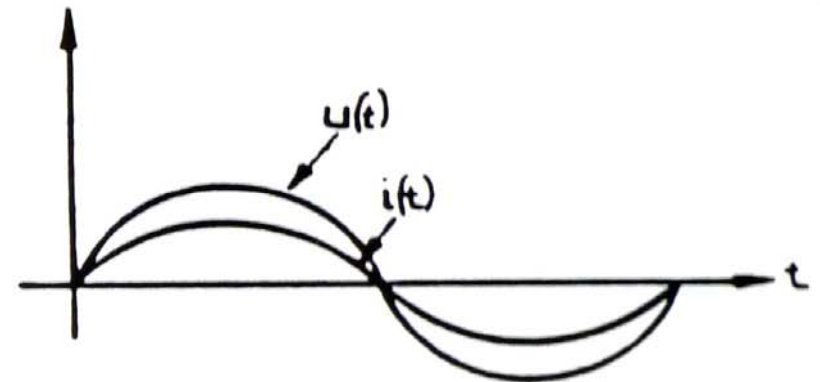
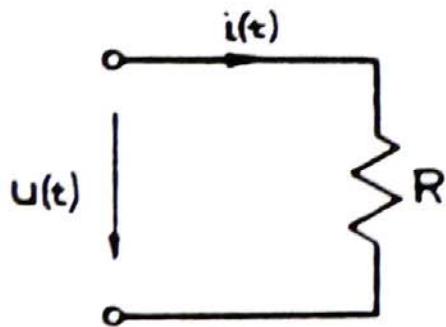
Componentes ideales de un circuito



¿Qué efecto tienen los componentes de un circuito sobre la corriente alterna?

Componentes ideales de un circuito

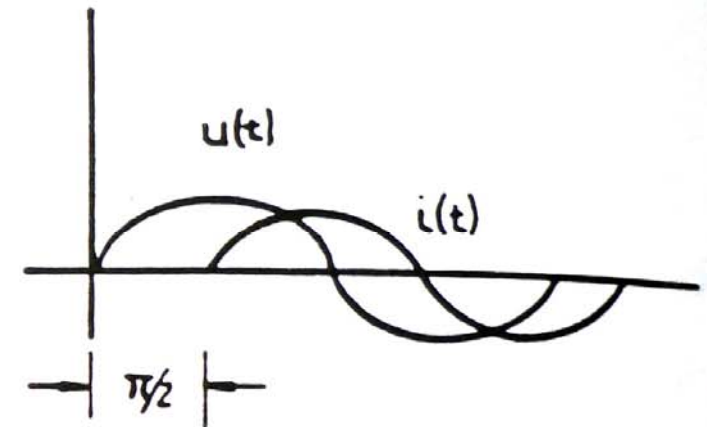
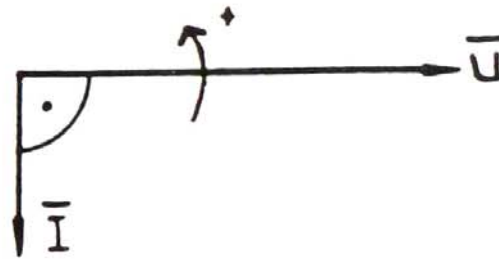
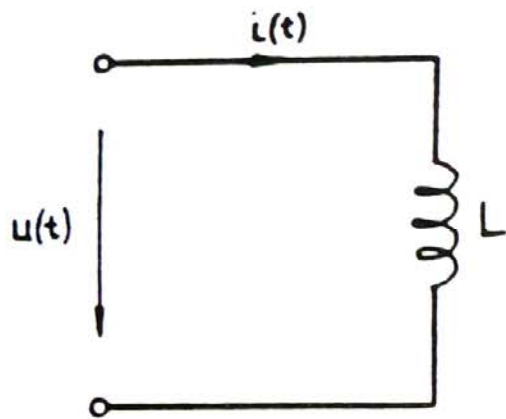
Resistencia



En una resistencia la tensión y la intensidad están en fase

Componentes ideales de un circuito

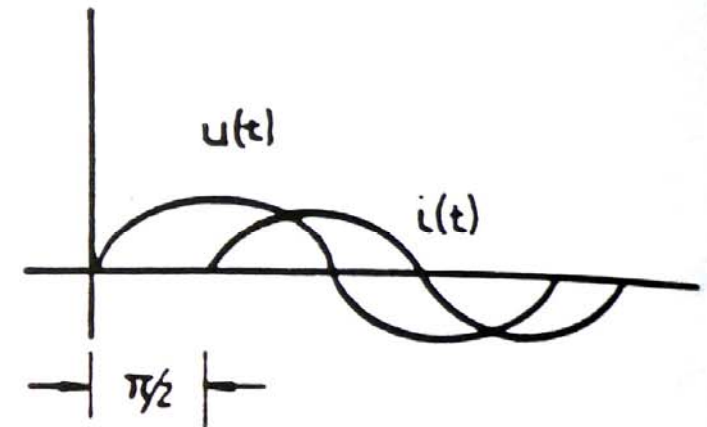
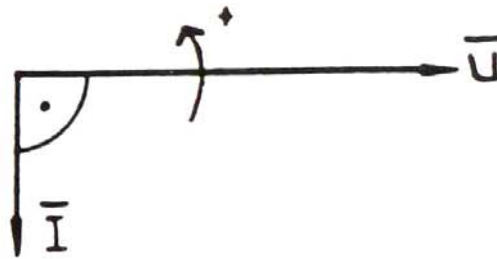
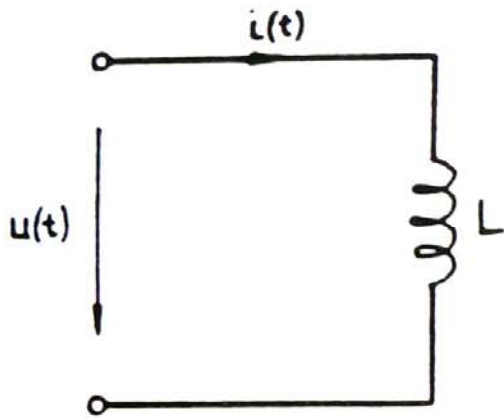
Bobina



En una bobina se produce un retraso de la intensidad con respecto a la tensión de $\pi/2$

Componentes ideales de un circuito

Bobina



Reactancia inductiva

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

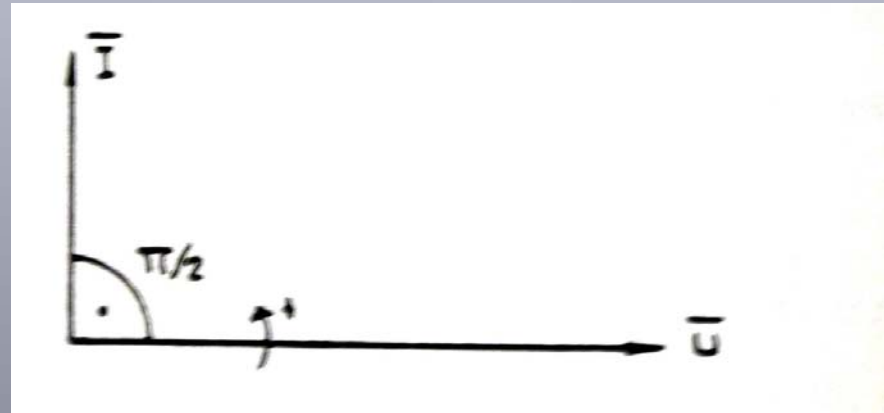
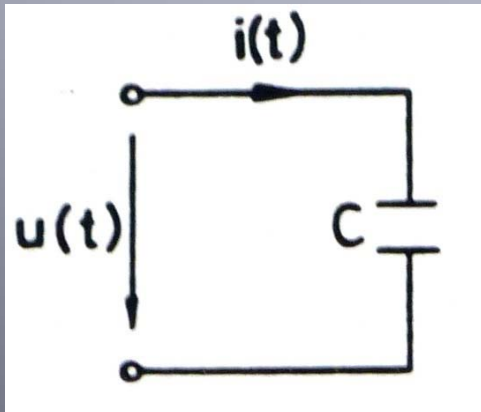
Intensidad eficaz

$$I_{ef} = \frac{U}{X_L}$$

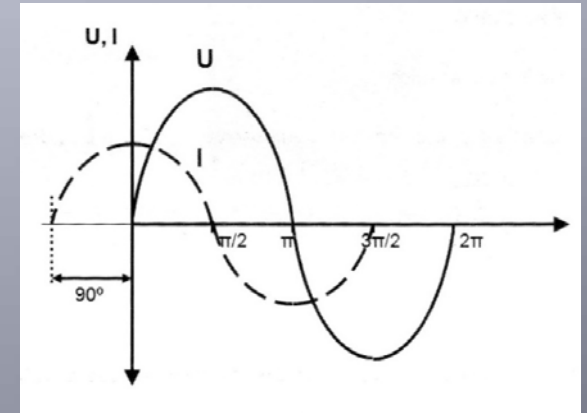
Potencia reactiva

$$Q_L = X_L \cdot I^2 \quad [\text{VAR}]$$

Componentes ideales de un circuito

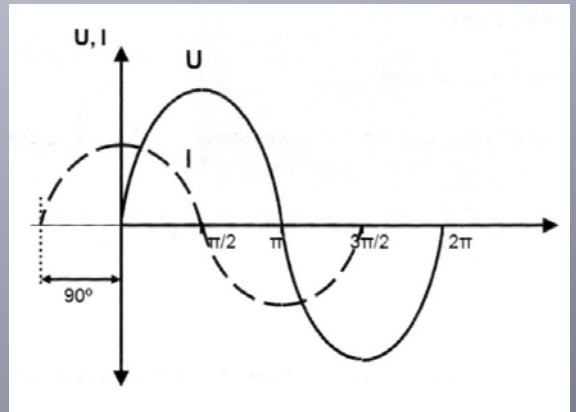
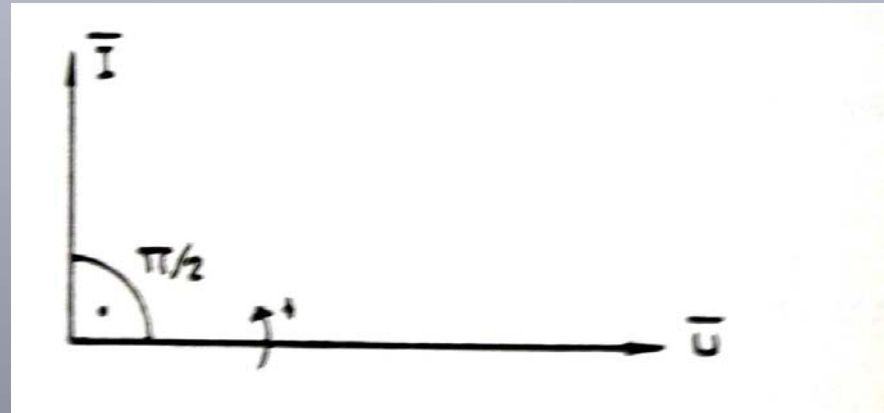
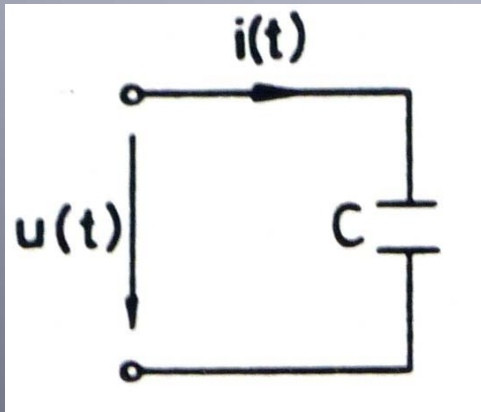


Condensador



En un condensador se produce un adelanto de la intensidad con respecto a la tensión de $\pi/2$

Componentes ideales de un circuito



Condensador

En un condensador se produce un adelanto de la intensidad con respecto a la tensión de $\pi/2$

Reactancia capacitiva

Intensidad eficaz

Potencia reactiva

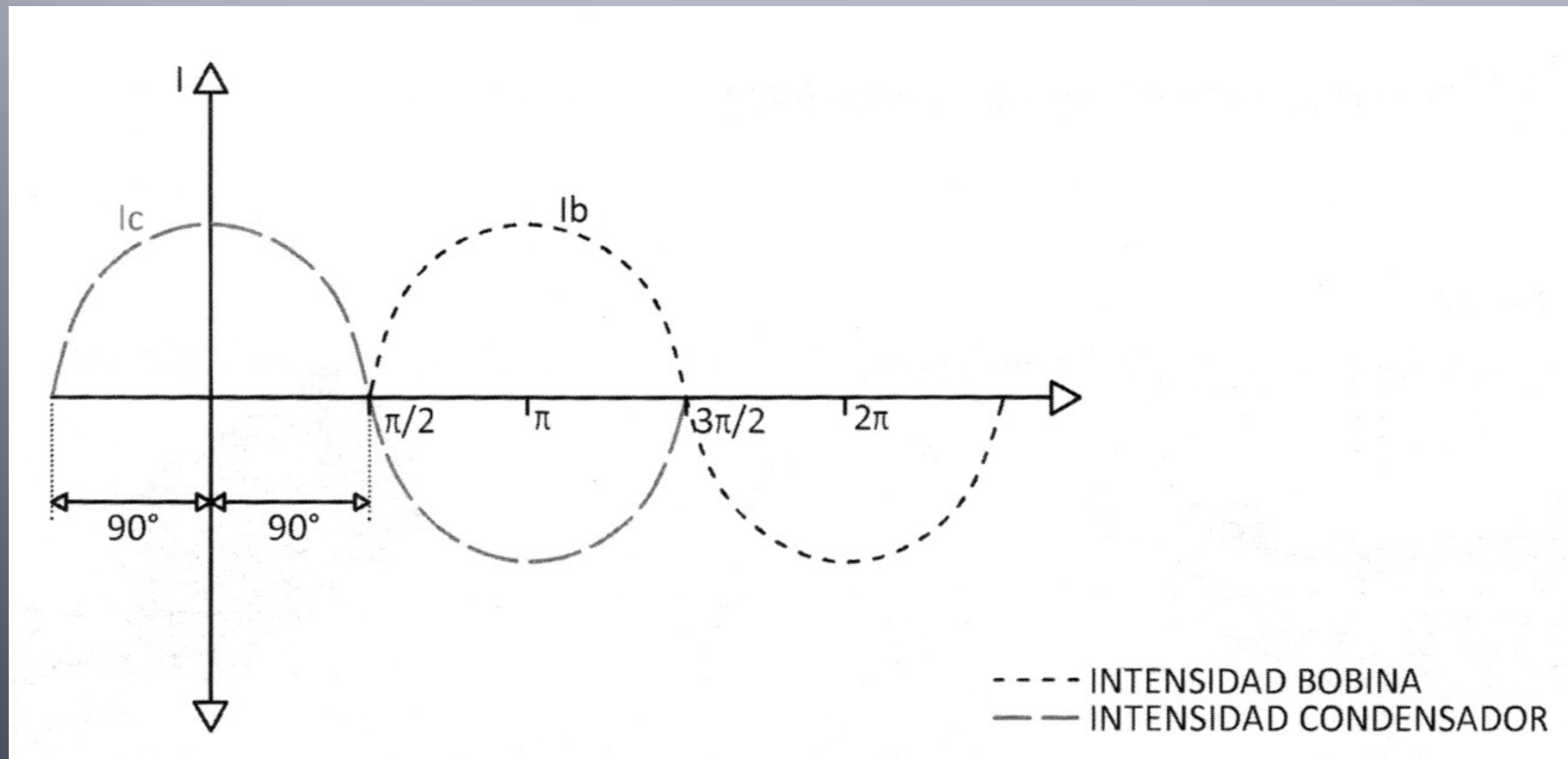
$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

$$I_{ef} = \frac{U}{X_C}$$

$$Q_C = X_C \cdot I^2 \quad [VAR]$$

Componentes ideales de un circuito

Efecto bobina + condensador



Comparación entre intensidades en una bobina y un condensador (González Lezcano, 2011)

Impedancia

Impedancia (Z)

Combinación de todos los efectos limitadores al paso de la corriente

Relación de tensión – intensidad - impedancia

$$\bar{I} = \frac{\bar{U}}{\bar{Z}}$$

¡Valores vectoriales!

Energía eléctrica

Sirve para definir el consumo de un receptor

$$Potencia = \frac{Trabajo}{Tiempo} = \frac{Energía}{Tiempo}$$

$$Energía = Potencia \cdot Tiempo \rightarrow E = P \cdot t$$

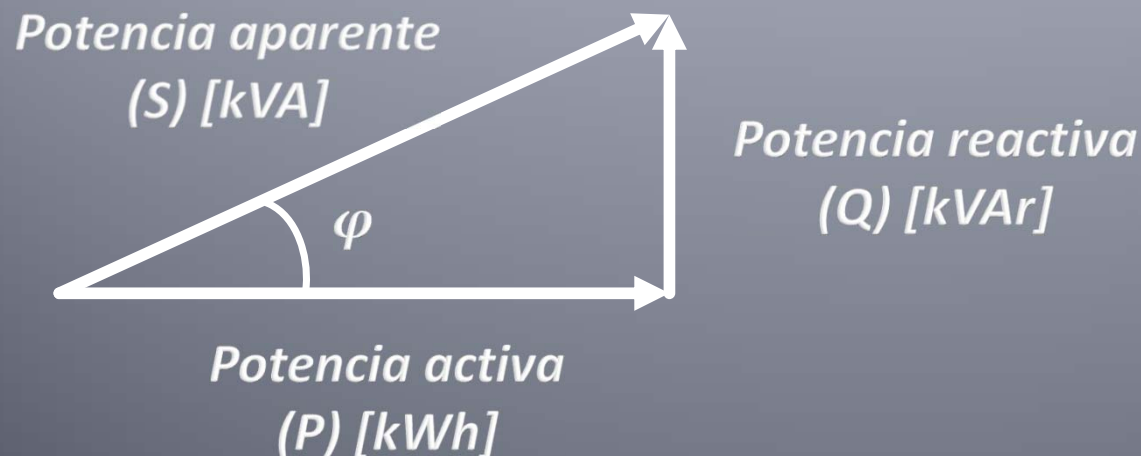
Dado que la energía es función de la potencia, habrá tantos tipos de energía como tipos de potencia haya

Energía eléctrica

Potencia activa

Potencia reactiva

Potencia aparente



Relación de potencias

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Factor de potencia

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

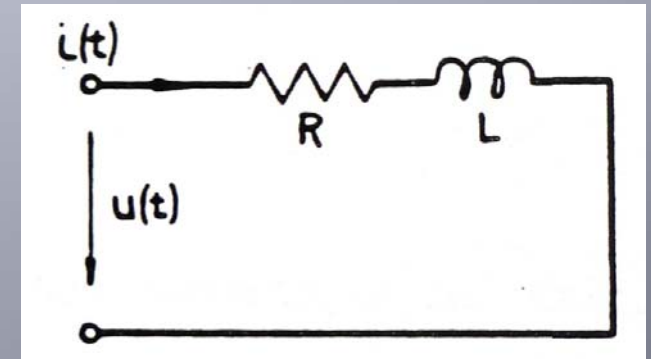
Circuitos en corriente alterna

R - L

$$U_R = R \cdot I$$

$$U_L = X_L \cdot I$$

$$\bar{U} = \bar{U}_R + \bar{U}_L$$



Resistencia: en fase



Bobina: adelanto 90°



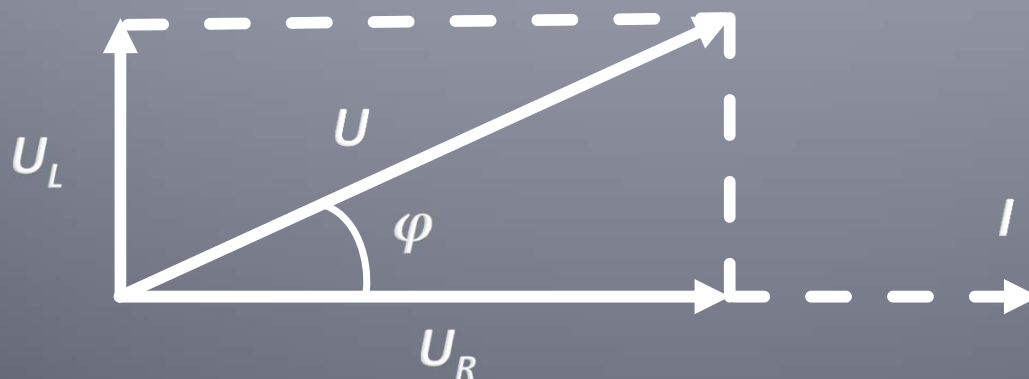
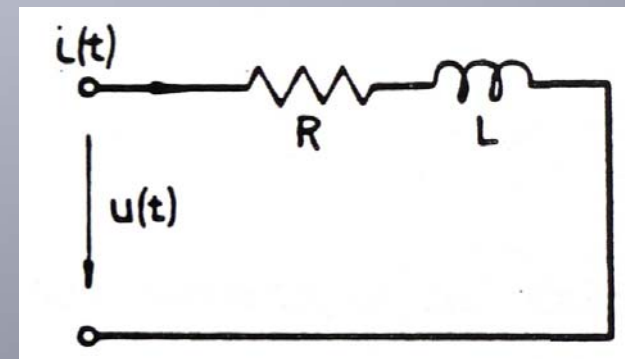
Circuitos en corriente alterna

R - L

$$U_R = R \cdot I$$

$$U_L = X_L \cdot I$$

$$\bar{U} = \bar{U}_R + \bar{U}_L$$



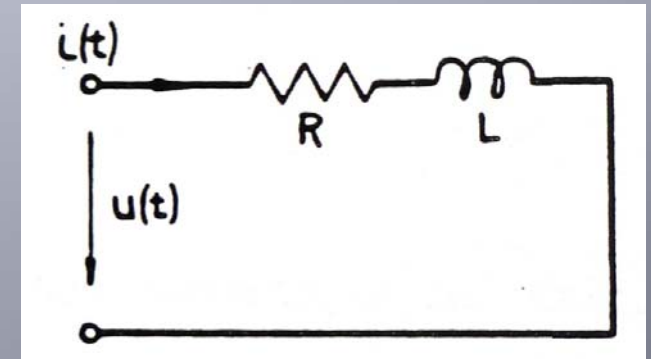
$$U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2}$$

Circuitos en corriente alterna

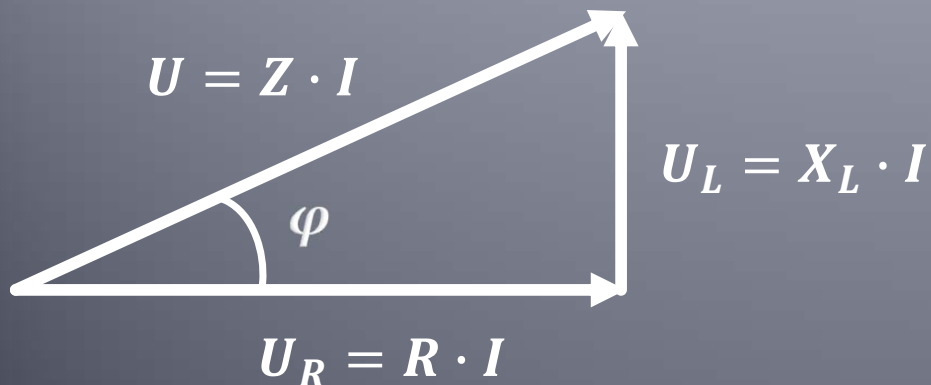
R - L

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

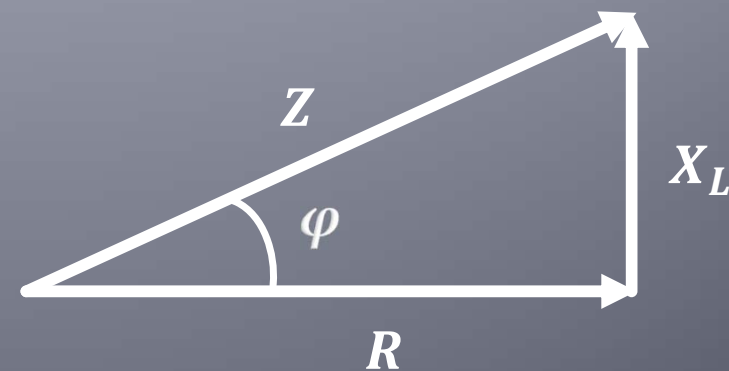
$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L}{R}$$



Triángulo de tensiones



Triángulo de impedancias



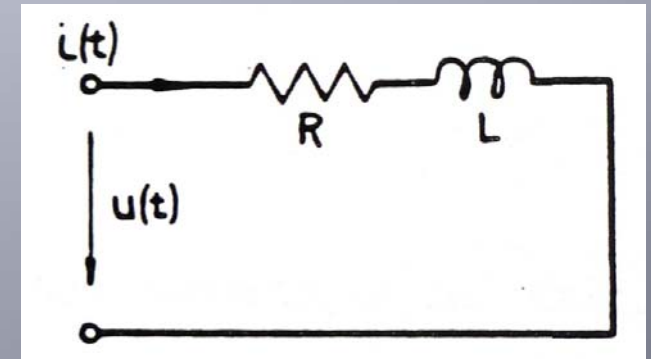
Circuitos en corriente alterna

Relación de potencias

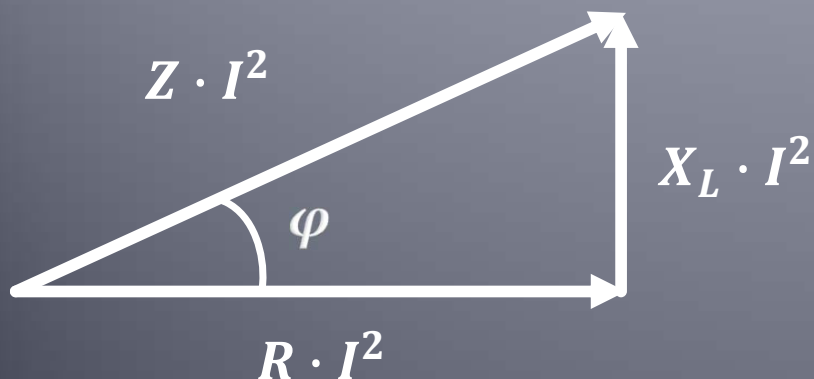
$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$S \equiv$ Potencia aparente (VA)
 $Q \equiv$ Potencia reactiva (VAR)
 $P \equiv$ Potencia activa (W)

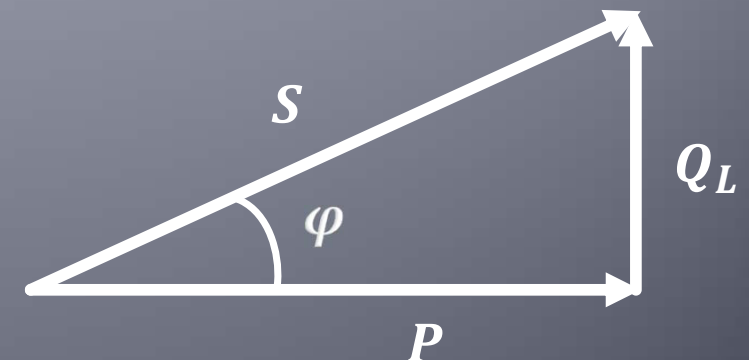
R - L



Triángulo de impedancias $\cdot I^2$



Triángulo de potencias



Circuitos en corriente alterna

Potencia activa (P)

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad [W]$$

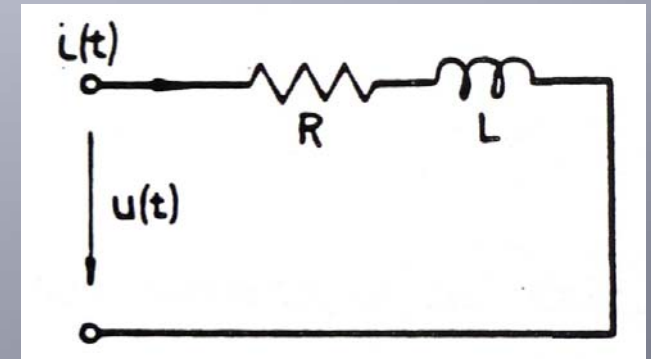
Potencia reactiva (Q)

$$Q = U \cdot I \cdot \sen \varphi \quad [VAR]$$

Potencia aparente (S)

$$S = U \cdot I \quad [VA]$$

R - L



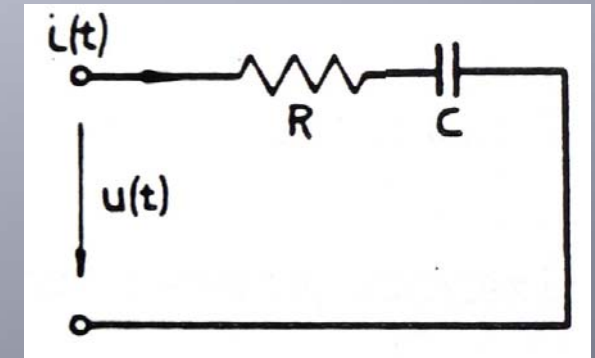
Circuitos en corriente alterna

$$U_R = R \cdot I$$

$$U_C = X_C \cdot I$$

$$\bar{U} = \bar{U}_R + \bar{U}_C$$

R - C



Resistencia: en fase



Condensador: retraso 90°

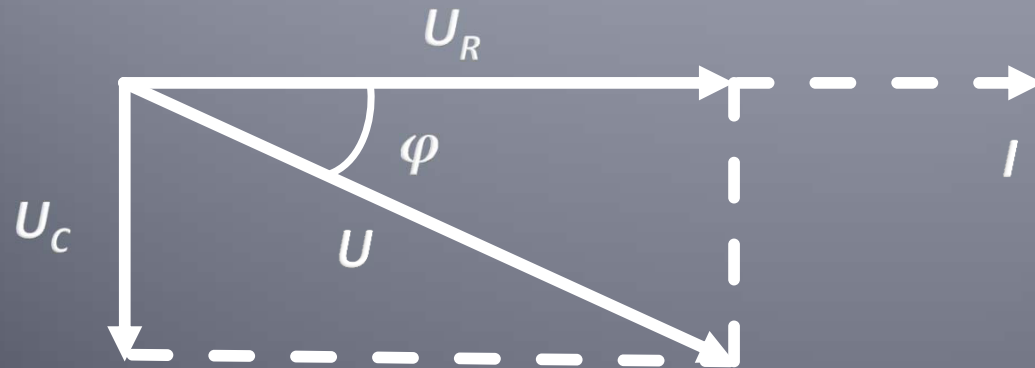


Circuitos en corriente alterna

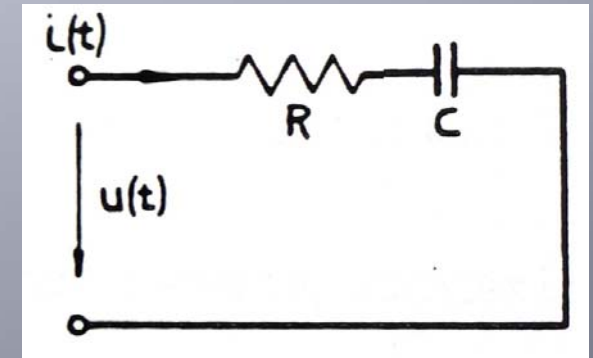
$$U_R = R \cdot I$$

$$U_C = X_C \cdot I$$

$$\bar{U} = \bar{U}_R + \bar{U}_C$$



R - C



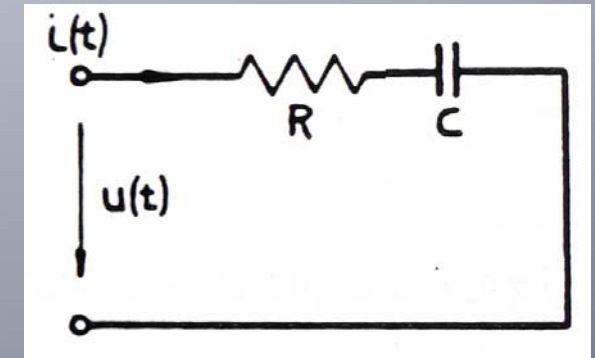
$$U = \sqrt{U_R^2 + U_C^2}$$

Circuitos en corriente alterna

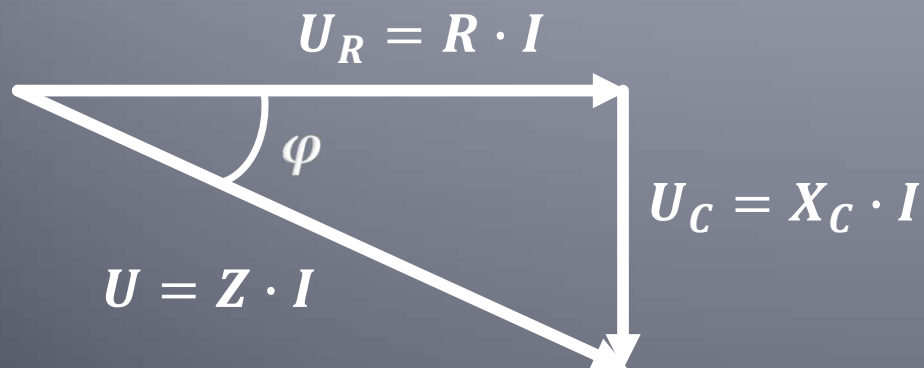
R - C

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

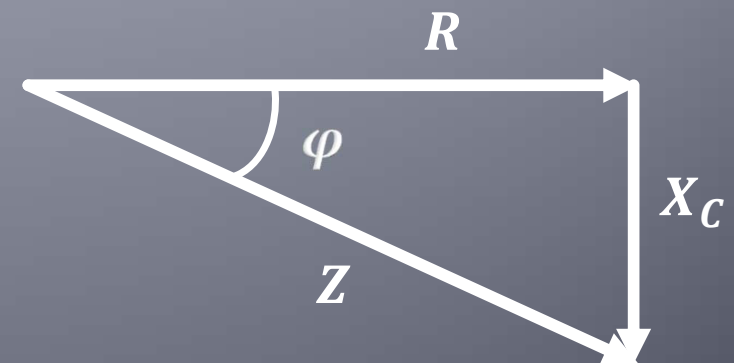
$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_C}{R}$$



Triángulo de tensiones



Triángulo de impedancias



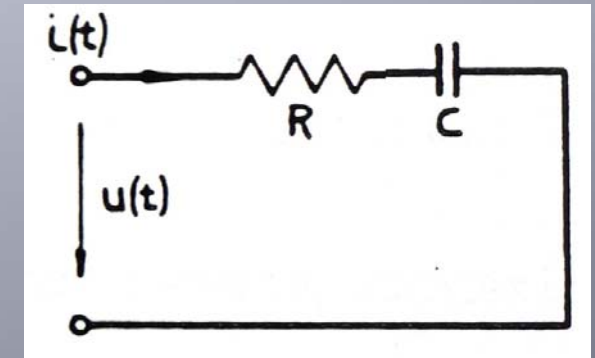
Circuitos en corriente alterna

Relación de potencias

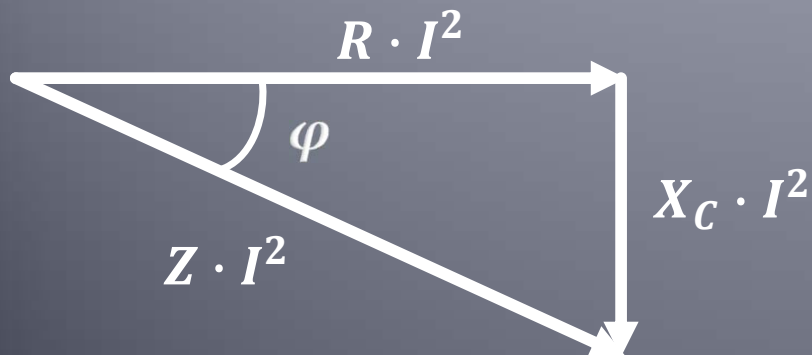
$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$S \equiv$ Potencia aparente (VA)
 $Q \equiv$ Potencia reactiva (VAR)
 $P \equiv$ Potencia activa (W)

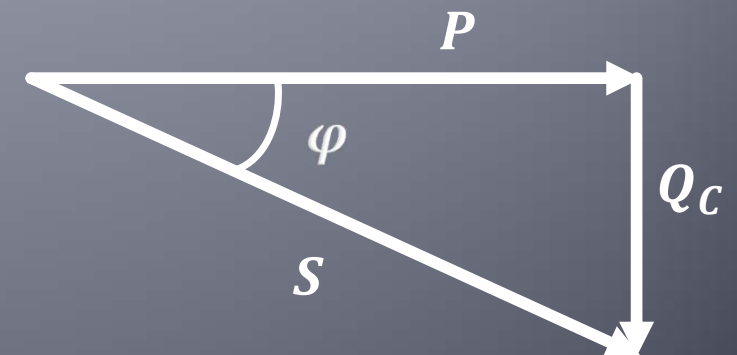
R - C



Triángulo de impedancias $\cdot I^2$



Triángulo de potencias



Circuitos en corriente alterna

Potencia activa (P)

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad [W]$$

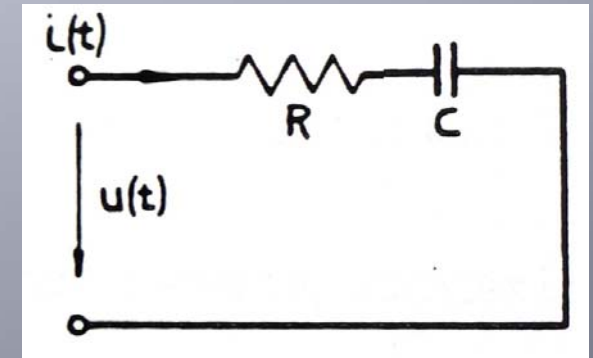
Potencia reactiva (Q)

$$Q = U \cdot I \cdot \sen \varphi \quad [VAR]$$

Potencia aparente (S)

$$S = U \cdot I \quad [VA]$$

R - C



Conceptos básicos de electricidad

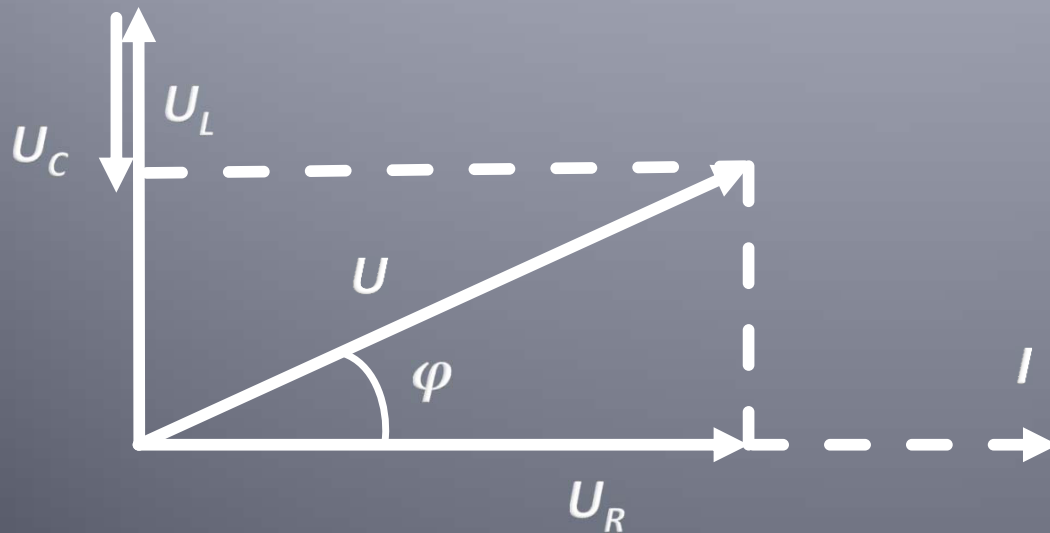
Circuitos en corriente alterna

$$U_R = R \cdot I$$

$$U_L = X_L \cdot I$$

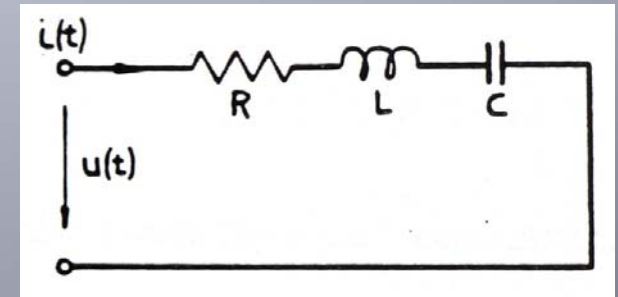
$$U_C = X_C \cdot I$$

$$\bar{U} = \bar{U}_R + \bar{U}_L + \bar{U}_C$$



Circuitos en corriente alterna

R - L - C



~~$$U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2 + U_C^2}$$~~

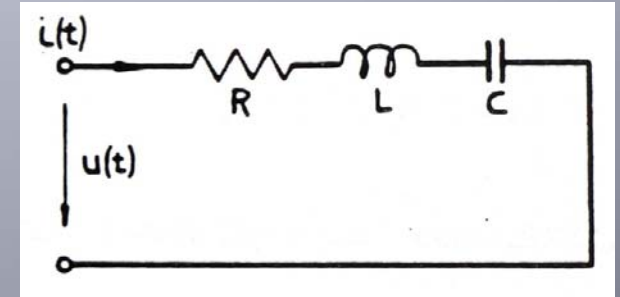
Circuitos en corriente alterna

R - L - C

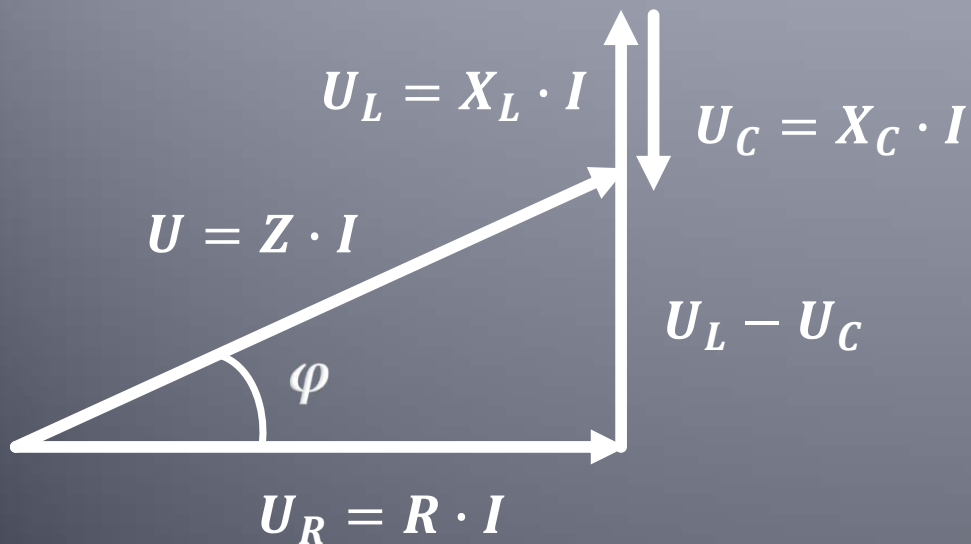
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{(X_L - X_C)}{R}$$

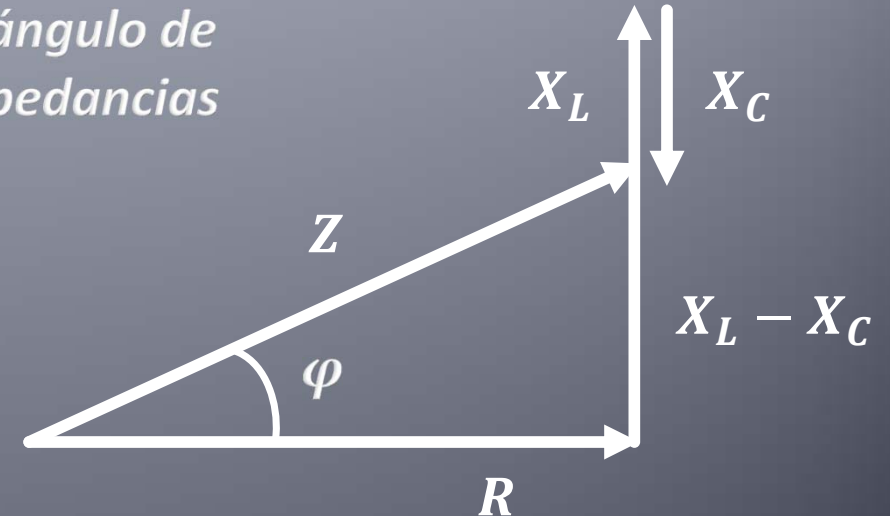
$$I = \frac{U}{Z}$$



Triángulo de tensiones



Triángulo de impedancias



Circuitos en corriente alterna

Relación de potencias

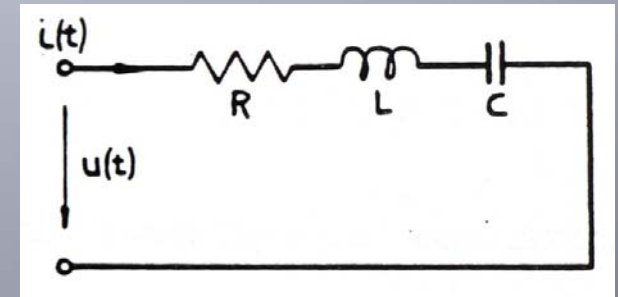
$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$S \equiv$ Potencia aparente (VA)

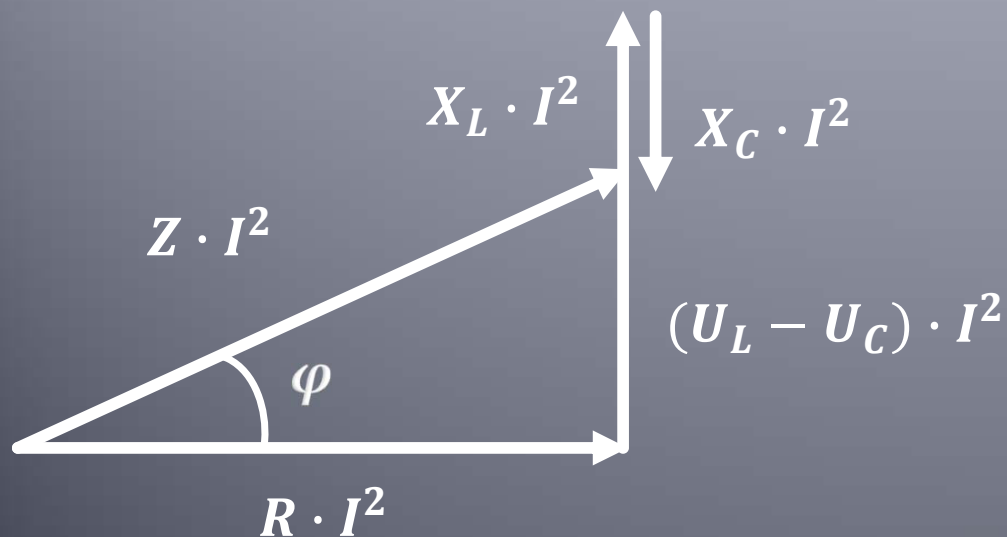
$Q \equiv$ Potencia reactiva (VAR)

$P \equiv$ Potencia activa (W)

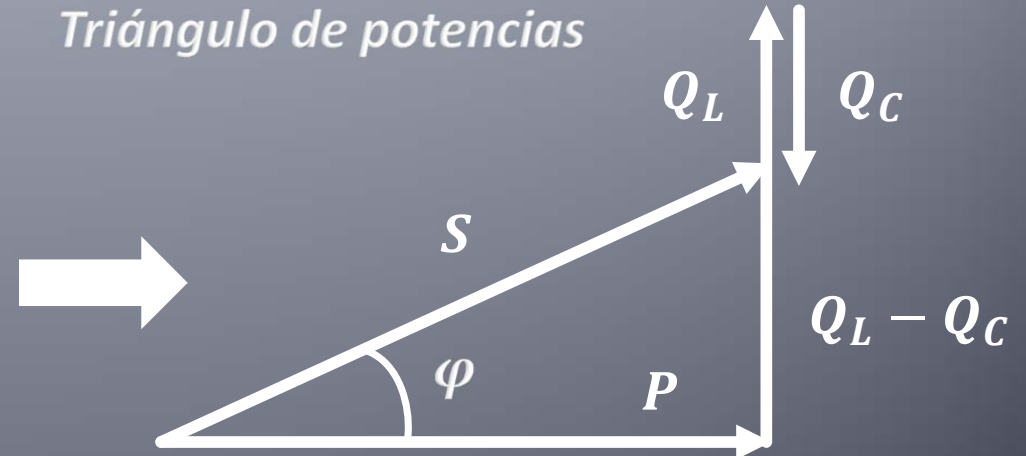
R - L - C



Triángulo de impedancias $\cdot I^2$



Triángulo de potencias



Circuitos en corriente alterna

Potencia activa (P)

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad [W]$$

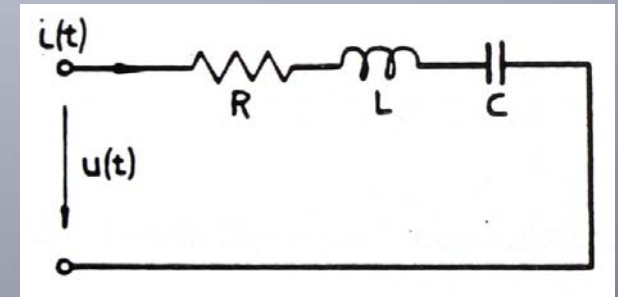
Potencia reactiva (Q)

$$Q = U \cdot I \cdot \sen \varphi \quad [VAR]$$

Potencia aparente (S)

$$S = U \cdot I \quad [VA]$$

R - L - C



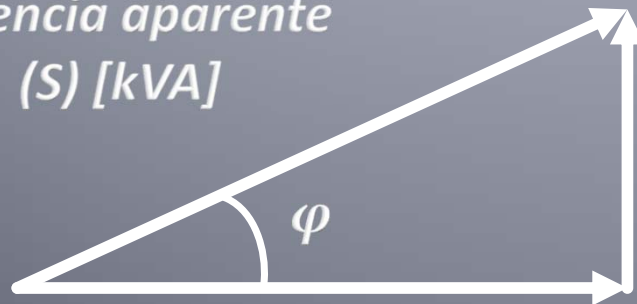
Energía eléctrica

Potencia activa

Potencia reactiva

Potencia aparente

Potencia aparente
(S) [kVA]



Potencia reactiva
(Q) [kVAr]

Potencia activa
(P) [kW]

Relación de potencias

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Factor de potencia

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

Energía eléctrica

Potencia activa

Potencia reactiva

Potencia aparente



Potencia aparente
(S) [kVA]

Potencia reactiva
(Q) [kVAR]

Potencia activa
(P) [kW]

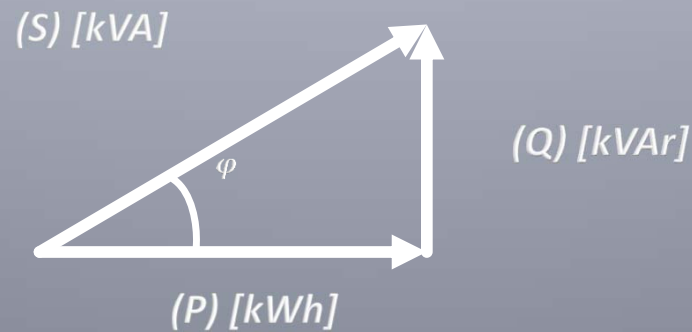
φ

Energía eléctrica

Potencia activa

Potencia reactiva

Potencia aparente



A partir de 15 kW la compañía suministradora nos obligará a instalar un contador de energía reactiva

Para reducir el consumo de potencia reactiva → BATERÍA DE CONDENSADORES

Impacto de la energía reactiva

	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	TOTAL	ANUAL
Energía facturada (€)	2.049,45€	2.188,16€	1.934,40€	2.082,08€	1.914,13€	10.168,22€	24.403,73€
Energía reactiva (€)	236,47€	297,52€	286,17€	310,73€	366,95€	1.497,84€	3.594,82€
Total	2.285,92€	2.485,68€	2.220,57€	2.392,81€	2.281,08€	11.666,06€	27.998,54€
Impacto de la energía reactiva%	10,34%	11,97%	12,89%	12,99%	16,09%	12,84%	12,84%

Impacto de la energía reactiva en los servicios generales de una comunidad de vecinos (instaladores20.com, 2015)

Energía eléctrica

Para reducir el consumo de potencia reactiva → BATERÍA DE CONDENSADORES



Energía eléctrica

Para reducir el consumo de potencia reactiva → BATERÍA DE CONDENSADORES

☒ Con contactores y fusibles

Potencia reactiva (kVar)

- ☒ 6,2 ☐ 10 ☐ 14 ☐ 21 ☐ 26 ☐ 31,25 ☐ 36 ☐ 41
☐ 45 ☐ 50 ☐ 58 ☐ 66 ☐ 72 ☐ 83 ☐ 87 ☐ 99
☐ 112 ☐ 124 ☐ 136 ☐ 149 ☐ 161 ☐ 173 ☐ 186 ☐ 198
☐ 210 ☐ 223 ☐ 235 ☐ 248 ☐ 260 ☐ 273 ☐ 285 ☐ 298
☐ 322 ☐ 347 ☐ 372 ☐ 397 ☐ 413 ☐ 454 ☐ 496 ☐ 537
☐ 579 ☐ 620 ☐ 661 ☐ 744 ☐ 785 ☐ 826 ☐ 868 ☐ 909
☐ 950 ☐ 992 ☐ 1074 ☐ 1157 ☐ 1240 ☐ 1320

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 Materiales					
mt35pci100aa1a1	Ud	Batería automática de condensadores, para 6,2 kVar de potencia reactiva, de 2 escalones con una relación de potencia entre condensadores de 1:2, para alimentación trifásica a 400 V de tensión y 50 Hz de frecuencia, compuesta por armario metálico con grado de protección IP21, de 290x170x464 mm; condensadores regulador de energía reactiva con pantalla de cristal líquido contactores con bloque de preinserción y resistencia de descarga rápida, y fusibles de alto poder de corte.	1,000	814,19	814,19
Subtotal materiales:					814,19
2 Mano de obra					
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	1,000	18,13	18,13
mo102	h	Ayudante electricista.	1,000	16,40	16,40
Subtotal mano de obra:					34,53
3 Costes directos complementarios					
%		Costes directos complementarios	2,000	848,72	16,97
Coste de mantenimiento decenal: 103,88€ en los primeros 10 años.					Costes directos (1+2+3): 865,69

