

# TEORIA UTIL PARA ELECTRICISTAS

## TEMA 1. TEORIA BASICA

---

### **Materiales conductores.**

En general existen dos tipos: de primera y de segunda clase. Los primeros son los que al ser recorridos por la corriente eléctrica no sufren cambios químicos en su constitución. Pertenecen a esta clase todos los metales y el carbón. Los segundos si se ven modificados en su composición química, los llamados conductores electrolíticos (utilizados para fabricación de pilas, para purificación de metales, galvanizados, etc.)

En electricidad se utilizan como conductores los metales más idóneos por razones de sus propiedades físicas y costes de mercado. El cobre es el más utilizado, pero también el aluminio y el acero para transporte de energía, y la plata, oro y platino en circuitos de alta calidad.

En esta tabla aparecen algunos datos de interés para próximos cálculos que realizaremos. Los valores pueden variar según fabricantes.

material	resistividad 20°C	coeficiente temperatura	peso
aluminio	0,028	0,0037	2,5
cobre	0,0172	0,0039	8,89
hierro	0,12	0,0047	7,92
plata	0,016	0,0037	10,5

---

### **Conductor de cobre.**

Estamos en un laboratorio a 20°C, tomamos un conductor de cobre de 1 metro de longitud y 1 mm<sup>2</sup> de sección y medimos su resistencia, obtenemos **0,0172** ohmios. Este valor es la **resistividad** del cobre. Siendo R resistencia, l longitud, S sección, ρ resistividad.

1. ¿Cuál es la resistividad de un conductor sabiendo que su resistencia es de 2 ohmios en un tramo de 100 metros de longitud y 10 mm<sup>2</sup> de sección?

$$\rho = \frac{R \times S}{l} = 2 \times 10 : 100 = \mathbf{0,2 \Omega \cdot mm^2/m \text{ (ohmios por milímetro cuadrado por cada metro)}}$$

2. ¿Cuál es la resistencia de un conductor de cobre de 100 m de longitud y 10 mm<sup>2</sup> de sección?

$$R = \frac{\rho \times l}{S} = \mathbf{0,0172 \times 100 : 10 = 0,172 \Omega}$$

3. ¿Cuál es la longitud de un conductor de cobre de resistencia 120 Ω y 0,0196 mm<sup>2</sup> de sección?

$$l = \frac{R \times S}{\rho} = \mathbf{120 \times 0,0196 : 0,0172 = 136,74 \text{ m}}$$

4. ¿Qué sección daremos a un conductor de cobre de 100 m. de longitud para conseguir una resistencia máxima de 0,10 Ω?

$$S = \frac{\rho \times l}{R} = \mathbf{0,0172 \times 100 : 0,1 = 17,2 \text{ mm}^2}$$

---

### **Efecto de la temperatura.**

La resistencia aumenta con la temperatura de forma proporcional. Veámoslo con un ejemplo:

Siendo R la resistencia, α el coeficiente de temperatura para el cobre, t la temperatura mayor.

1. ¿Qué resistencia tendrá un conductor de cobre a una temperatura ambiente de 50°C, si a 20°C tiene una resistencia de 0,5 Ω?

$$\mathbf{R_{20} = 0,5 \Omega}$$

$$\mathbf{R_{50} = R_{20} \times [1 + \alpha \times (t - 20)] = 0,5 \times [1 + 0,0039 \times (50 - 20)] = 0,5 \times 1,117 = 1,617 \Omega}$$

2. ¿Qué resistencia tendrá un conductor de cobre a una temperatura ambiente de 80°C, si a 20°C tiene una resistencia de 0,5 Ω?

$$\mathbf{R_{80} = R_{20} \times [1 + \alpha \times (t - 20)] = 0,5 \times [1 + 0,0039 \times (80 - 20)] = 0,5 \times 1,234 = 1,734 \Omega}$$

En los conductores electrolíticos es al contrario, se trabaja a temperaturas altas para mejorar la conductividad.

---

TEORIA UTIL PARA ELECTRICISTAS  
TEMA 1. TEORIA BASICA

**Peso del conductor.**

Siendo P el peso en Kg., l la longitud, S la sección,  $\delta$  el peso específico

1. ¿Qué peso tiene un conductor de cobre de 100m de longitud y 17,2 mm<sup>2</sup> de sección?

$$P = \frac{l \times s \times \delta}{1000} = 100 \times 17,2 \times 8,89 : 1000 = 15,29 \text{ Kg}$$

2. ¿Qué peso tiene un conductor de aluminio de 100m de longitud y 17,2 mm<sup>2</sup> de sección?

$$P = \frac{l \times s \times \delta}{1000} = 100 \times 17,2 \times 2,5 : 1000 = 4,3 \text{ Kg}$$

**La ley de Ohm.**

Este científico alemán en el siglo XIX demostró con sus experimentos que hay una relación entre las magnitudes eléctricas principales: tensión, potencia, intensidad y resistencia. Conociendo sólo dos de ellas podemos averiguar las demás. En la tabla podemos ver todas las versiones de las fórmulas.

		"INCOGNITA"			
		P	V	I	R
"MAGNITUDES CONOCIDAS"	PV			$P : V$	$V^2 : P$
	PI		$P : I$		$P : I^2$
	PR		$\sqrt{P \times R}$	$\sqrt{\frac{P}{R}}$	
	VI	$V \times I$			$V : I$
	VR	$V^2 : R$		$V : R$	
	IR	$R \times I^2$	$R \times I$		

Siendo:  
*P potencia,*  
*V tensión,*  
*I intensidad,*  
*R resistencia*

**Resistencias en serie**

- Cuando se agrupan dos o más resistencias su valor total se suma.  $R = R_1 + R_2 + R_3$
- La intensidad que circula por cada una de ellas es la misma.  $I = I_1 = I_2 = I_3$
- Las tensiones que recibe cada una es proporcional al valor de su resistencia, a mayor resistencia, mayor tensión.  $V_1 = R_1 \times I$ ;  $V_2 = R_2 \times I$ ;  $V_3 = R_3 \times I$

**Resistencias en paralelo.**

- Cuando se agrupan dos o más resistencias su valor total disminuye.  $R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$
- Cuando son solo dos resistencias la fórmula se simplifica a  $R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$
- La intensidad que circula por cada una de ellas es proporcional al valor de su resistencia, a mayor resistencia, mayor intensidad.  $I_1 = V : R_1$ ;  $I_2 = V : R_2$ ;  $I_3 = V : R_3$
- Las tensiones que recibe cada una son iguales  $V = V_1 = V_2 = V_3$

**Condensadores en serie.**

# TEORIA UTIL PARA ELECTRICISTAS

## TEMA 1. TEORIA BASICA

- Cuando se agrupan dos o más condensadores su valor total disminuye.  $C = \frac{1}{\frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3}}$
- Cuando todos son de capacidades iguales la fórmula se simplifica a  $C = \frac{C1}{n}$  siendo n el nº de condensadores.

### Condensadores en paralelo.

- Cuando se agrupan dos o más condensadores su valor total se suma.  $C = C_1 + C_2 + C_3$

### Leyes de Kirchhoff.

De este científico alemán del siglo XIX vamos a quedarnos con la primera de sus leyes, que dice: “la suma de las intensidades que llegan a un nudo es igual a la suma de las que salen”.

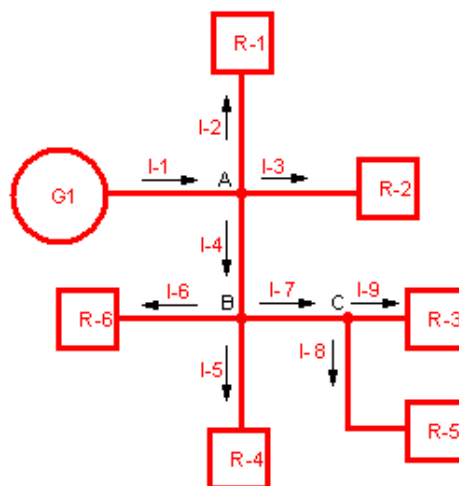
Es muy útil para el estudio y calculo de los circuitos.

En la figura vemos un esquema unificar de 1 generador que suministra energía a 6 receptores. Y se cumple que:

**Nudo A:**  $I-1 = I-2 + I-3 + I-4$

**Nudo B:**  $I-4 = I-5 + I-6 + I-7$

**Nudo C:**  $I-7 = I-8 + I-9$



### Ejercicio 1.

En este circuito conocemos algunos datos, porque vienen en las etiquetas de los aparatos. Queremos saber:

1. ¿Qué resistencia tiene la lámpara?

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{12 \times 12}{24} = 6 \Omega \text{ (ohmios)}$$

2. ¿Qué intensidad circula?

$$I = \frac{P}{V} = \frac{24}{12} = 2 \text{ A. (amperios)}$$

**Energía** es la potencia que se consume en un tiempo determinado.

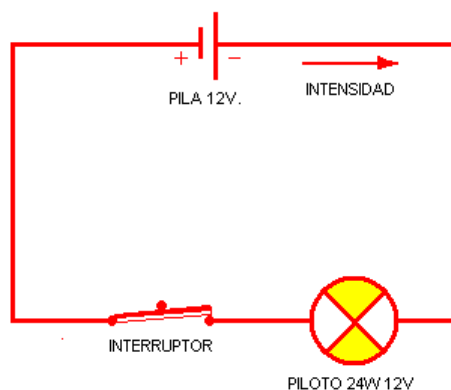
3. Si este circuito está funcionando 10 horas diarias y 30 días al mes. ¿Qué energía gasta en un mes?

$$E = P \times h = 24 \times 10 \times 30 = 7200 \text{ w/h (vatios por hora)}$$

$$= 7,2 \text{ Kw/h (kilovatios por hora).}$$

4. ¿Cuánto importe tendrá la factura si pagamos el Kw/h a 0.5 euros?

$$7,2 \times 0,5 = 3,6 \text{ euros}$$



### Ejercicio 2.

Hemos añadido una lámpara al circuito anterior. Queremos saber:

1. ¿Qué resistencia total tiene el circuito?

$$R = R1 + R2 = 6 + 6 = 12 \Omega$$

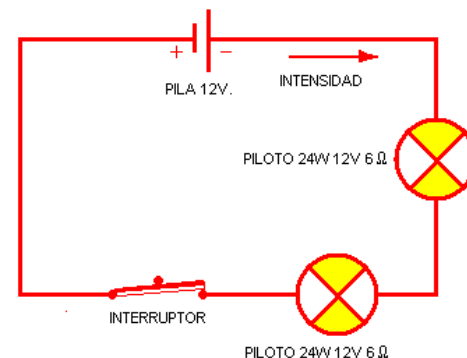
2. ¿Qué intensidad circula ahora?

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12}{12} = 1 \text{ A.}$$

3. ¿Qué potencia total tenemos?

$$P = V \times I = 12 \times 1 = 12 \text{ w. (vatios)}$$

4. ¿Qué tensión hay en cada lámpara?



## TEORIA UTIL PARA ELECTRICISTAS

### TEMA 1. TEORIA BASICA

$$V = R \times I = 6 \times 1 = 6 \text{ v. (voltios)}$$

#### Ejercicio 3.

Hemos cambiado la potencia de una lámpara del circuito anterior. Queremos saber:

1. ¿Qué resistencia tiene la nueva lámpara?

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{12 \times 12}{12} = 12 \Omega$$

2. ¿Qué resistencia total tiene el circuito?

$$R = R_1 + R_2 = 12 + 6 = 18 \Omega$$

3. ¿Qué intensidad circula ahora?

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12}{18} = 0,666 \text{ A.}$$

4. ¿Qué potencia total tenemos?

$$P = V \times I = 12 \times 0,666 = 8 \text{ w. (vatios)}$$

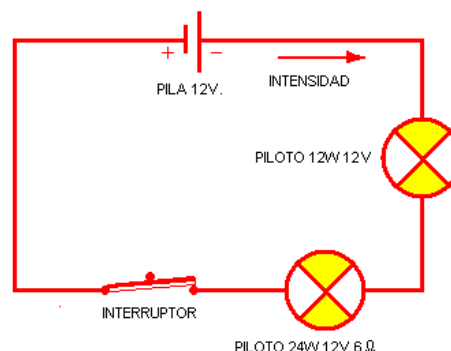
5. ¿Qué tensión llega a cada lámpara?

$$V_1 = R_1 \times I = 12 \times 0,666 = 8 \text{ v. (voltios)}$$

$$V_2 = R_2 \times I = 6 \times 0,666 = 4 \text{ v. (voltios)}$$

Conclusiones:

- La lámpara de mayor potencia tiene menor resistencia.
- Estando en serie, la lámpara de mayor potencia recibe menor tensión.



#### Ejercicio 4.

Hemos colocado dos lámparas iguales en paralelo. Queremos saber:

1. ¿Qué resistencia total tiene el circuito?

$$R = \frac{(R_1 \times R_2)}{(R_1 + R_2)} = \frac{36}{12} = 3 \Omega$$

2. ¿Qué intensidad circula ahora?

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12}{3} = 4 \text{ A.}$$

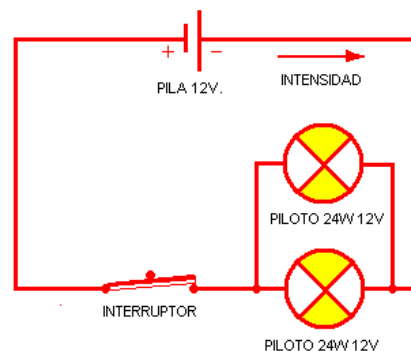
3. ¿Qué intensidad circula por cada lámpara?

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{12}{6} = 2 \text{ A.}$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{12}{6} = 2 \text{ A.}$$

4. ¿Qué potencia total tenemos?

$$P = V \times I = 12 \times 4 = 48 \text{ w. (vatios)}$$



#### Ejercicio 5.

Con los datos que disponemos en el esquema calcular:

1. ¿Qué intensidades circulan por cada tramo?.

Comenzaremos por los tramos finales, ya que conocemos 2 magnitudes:

$$I-2 = \frac{P_{R1}}{V} = \frac{10}{100} = 0.1 \text{ A}$$

$$I-3 = I-2 = 0.1 \text{ A}$$

$$I-6 = I-2 = 0.1 \text{ A}$$

$$I-9 = \frac{P_{R3}}{V} = \frac{20}{100} = 0.2 \text{ A}$$

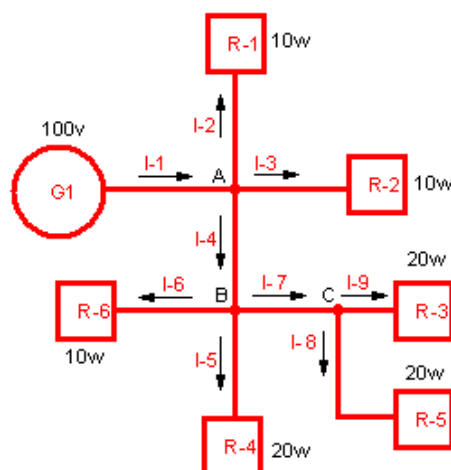
$$I-8 = I-9 = 0.2 \text{ A}$$

$$I-5 = I-9 = 0.2 \text{ A}$$

$$I-7 = I-9 = 0.4 \text{ A}$$

$$I-4 = I-5 + I-6 + I-7 = 0.2 + 0.1 + 0.4 = 0.7 \text{ A}$$

$$I-1 = I-2 + I-3 + I-4 = 0.1 + 0.1 + 0.7 = 0.9 \text{ A}$$



#### Corriente continua c.c. Inducción electromagnética.

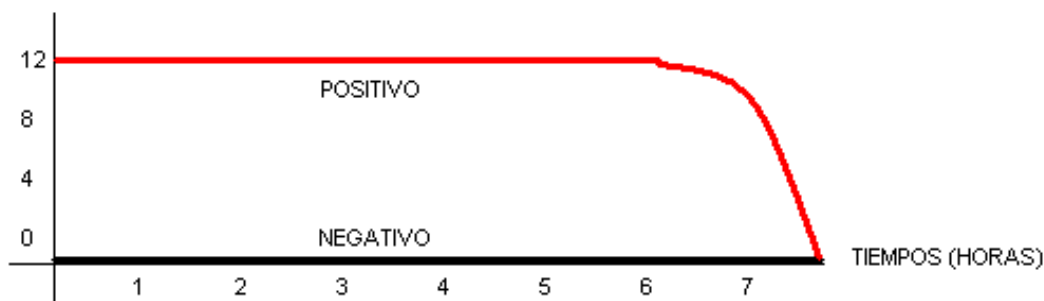
La c.c. es generada químicamente por pilas y baterías, mecánicamente por dinamos, electrónicamente por diodos. También por los sistemas fotovoltaicos.

## TEORIA UTIL PARA ELECTRICISTAS TEMA 1. TEORIA BASICA

La característica principal es que la intensidad corre el circuito en un sentido único, siempre desde el polo negativo (cátodo) al positivo (ánodo). Los iones negativos están sobrecargados de electrones y buscan a los iones positivos, que tienen falta de ellos.

En la imagen podemos observar la gráfica de las tensiones en un eje cartesiano. En rojo el positivo se mantiene constante sobre los 12 voltios y el negativo en 0 voltios. En el caso de una pila, al irse gastando, el valor iría disminuyendo hasta llegar a cero.

TENSIONES (VOLTIOS)



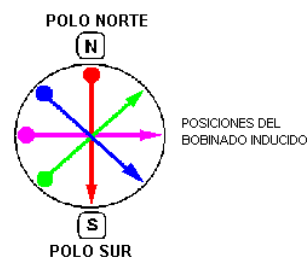
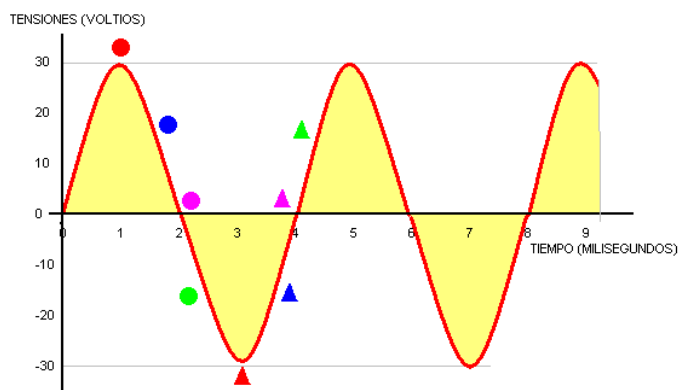
GRAFICA TENSION DE PILA A PLENO CONSUMO

### Corriente alterna c.a.

La c.a. es generada mecánicamente por alternadores. El sentido de la corriente varía constantemente. En la práctica es la que se utiliza para el uso industrial y doméstico por la facilidad relativa de transportarse desde los generadores hasta los consumidores. Y ello es debido a una característica que la diferencia de la c.c.: la posibilidad de transformar la tensión por el fenómeno de la inducción electromagnética.

En el gráfico arriba vemos representada la tensión de una fase generada por un alternador. Abajo está representado el alternador y la posición de una bobina en distintas posiciones de su recorrido circular.

El punto rojo indica el valor máximo positivo, el triángulo rojo el máximo negativo.



**Valor máximo** de tensión en el gráfico es 30 voltios.

**Valor eficaz** de tensión en el gráfico (es la medida que obtenemos cuando medimos con un voltímetro):

$$\frac{\text{Valor Máximo}}{\sqrt{2}} = \frac{30}{\sqrt{2}} = 21,2 \text{ v}$$

**Frecuencia** es el número de vueltas que da el bobinado en un segundo. La unidad es el hertzio. En el gráfico vemos que una vuelta completa son 4 milisegundos, o sea 0,004 segundos.

$$f = \frac{1}{0,004} = 250 \text{ hz}$$

Siendo,

- $f$  frecuencia.
- $p$  par de polos de la maquina.
- $n$  revoluciones por minuto de la maquina.

# TEORIA UTIL PARA ELECTRICISTAS

## TEMA 1. TEORIA BASICA

$$f = \frac{p \times n}{60} = \frac{1 \times 15000}{60} = 250 \text{ hz}$$

**Par de polos** de una máquina son el total de polos positivos y negativos que tiene, en nuestro dibujo hay 1 par. Lo expresaremos como "p"

$$p = \frac{f \times 60}{n} = \frac{250 \times 60}{15000} = 1 \text{ par de polos}$$

**Revoluciones por minuto "rpm"**, es una característica que ofrece el fabricante de la máquina. Lo expresaremos como "n".

$$n = \frac{f \times 60}{p} = \frac{250 \times 60}{1} = 15000 \text{ rpm}$$

### Ejercicio 6.

Siendo un alternador de 4 polos que gira a 1500 rpm.

1. ¿Qué valor tendrá la frecuencia?

Siendo

$p = 2$  (ya que 4 polos = 2 pares de polos)

$n = 1500 \text{ rpm}$

Aplicamos la fórmula

$$f = p \times n : 60 = 2 \times 1500 : 60 = 50 \text{ hz}$$

### Receptores de corriente alterna.

Cuando circula la intensidad por un circuito los receptores interactúan con fuerzas propias, produciendo cierto desfase entre la tensión y la intensidad.

Tipos de receptores:

- Resistencia. No produce ningún desfase.
- Inductancia. La autoinducción de la bobina hace retrasar la intensidad con respecto a la tensión.
- Capacidad. La corriente que almacena hace adelantar la intensidad sobre la tensión.
- Combinaciones de los anteriores.

### El coseno de $\varphi$ (fi) o factor de potencia.

El ángulo  $\varphi$  es el formado por el radio de la circunferencia o potencia aparente y el eje horizontal.

Coseno es la relación que existe entre el cateto adyacente al ángulo y la hipotenusa.

En el triángulo del gráfico:

$$\text{Cos } \varphi = \frac{\text{Potencia.Activa}}{\text{Potencia.Apaprente}}$$

Conocido el ángulo:

$$\text{Cos } 90^\circ = 0$$

$$\text{Cos } 0^\circ = 1$$

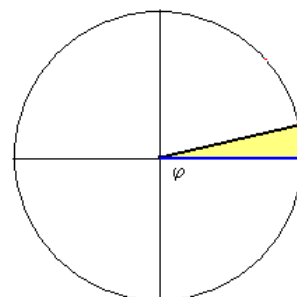
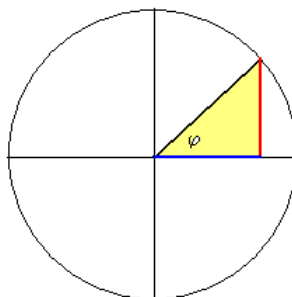
### El seno de $\varphi$

Seno es la relación que existe entre el cateto opuesto al ángulo y la hipotenusa.

En el triángulo del gráfico:

$$\text{Cos } \varphi = \frac{\text{Potencia.Re activa}}{\text{Potencia.Apaprente}}$$

Conocido el ángulo:



TEORIA UTIL PARA ELECTRICISTAS  
TEMA 1. TEORIA BASICA

**Sen 90° = 1**  
**Sen 0° = 0**

---

**Triángulo de Potencias.**

En corriente continua solo hay una potencia, en corriente alterna tenemos que hablar de 3, en función de los receptores.

El triángulo de potencias que podemos ver en el gráfico anterior representa los valores vectoriales. Podemos observar debajo de los triángulos que la potencia aparente –color negro- es el radio de la circunferencia, que es de longitud constante. Que cuanto menor es el ángulo  $\phi$ , menor se hace la potencia reactiva –color rojo-, y mayor se hace la potencia activa –color azul-.

Con el ángulo  $\phi$  en valor cero grados tenemos la potencia activa en su mayor valor, y coincide con el valor de la potencia aparente. Es el caso mas favorable.

Con el ángulo  $\phi$  en valor 90° tenemos la potencia reactiva en su mayor valor, y coincide con el valor de la potencia aparente. Es el caso menos favorable.

---

**Potencia activa. Watios. Kilowatios.**

Es la potencia aprovechada del circuito.

- En monofásica  $P = V \times I \times \text{Cos } \phi$
  - En trifásica  $P = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Cos } \phi$
  - Por el triangulo de potencias  $P = \sqrt{(Pa^2 - Pr^2)}$
- 

**Potencia reactiva. Voltamperios reactivos. Kilovoltamperios reactivos.**

Es la potencia no aprovechada del circuito.

- En monofásica  $Pr = V \times I \times \text{Sen } \phi$
  - En trifásica  $Pr = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Sen } \phi$
  - Por el triangulo de potencias  $Pr = \sqrt{(Pa^2 - P^2)}$
- 

**Potencia aparente. Voltamperios. Kilovoltamperios.**

Es la potencia suministrada al circuito, suma de la activa y la reactiva.

- En monofásica  $Pa = V \times I$
  - En trifásica  $Pa = \sqrt{3} \times V \times I$
  - Por el triangulo de potencias  $Pa = \sqrt{(P^2 + Pr^2)}$
-

## TEORIA UTIL PARA ELECTRICISTAS

### TEMA 1. TEORIA BASICA

#### Análisis de distintos circuitos.-

La realización de circuitos en el laboratorio nos permitirá:

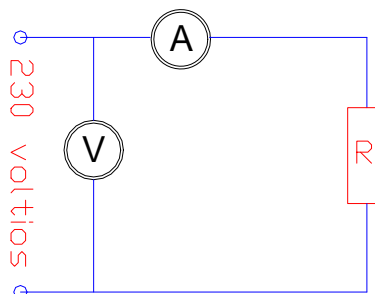
- Verificar el resultado obtenido con los aparatos de medida y el que se obtienen con las fórmulas.
- Hacer simulacros de situaciones reales y analizar distintas variables.
- Aplicación de las fórmulas en distintas situaciones.

Con un amperímetro y un voltímetro obtendremos el valor de varias resistencias.

Formula empleada  $R = \frac{V}{I}$

En rojo los resultados

voltímetro	amperímetro	resistencia
230	0,25	920
230	0,5	460
230	1	230
230	1,5	153
230	2	115



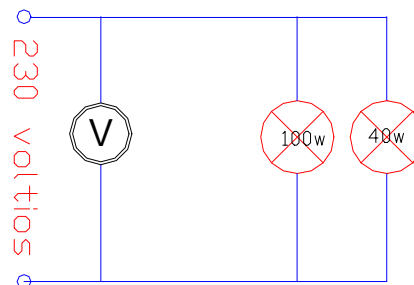
Estudio de 2 lámparas en paralelo

$$I = \frac{P}{V}; R = \frac{V}{I}; R = \frac{R1 \times R2}{R1 + R2}$$

L watos	V voltios	I amperios	R ohmios
40	230	0,17	1322,50
100	230	0,43	529,00

Totales del circuito:

L watos	V voltios	I amperios	R ohmios
140	230	0,60	377,86



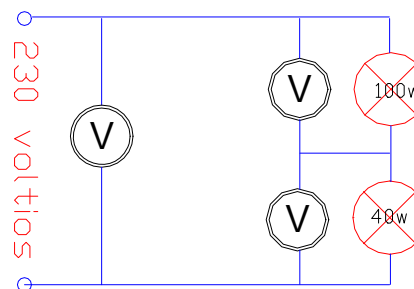
Estudio de 2 lámparas en serie

$$I = \frac{V}{R}; V = V1 + V2; R = R1 + R2$$

L watos	V voltios	I amperios	R ohmios
40	65,5	0,61	1322,50
100	164,5	0,61	529,00

Totales del circuito:

L watos	V voltios	I amperios	R ohmios
140	230	0,61	1851,50





TEORIA UTIL PARA ELECTRICISTAS  
TEMA 1. TEORIA BASICA

Medida de potencia activa y potencia aparente con amperímetro, voltímetro y watímetro.

Variaremos la potencia reactiva de la carga Z.

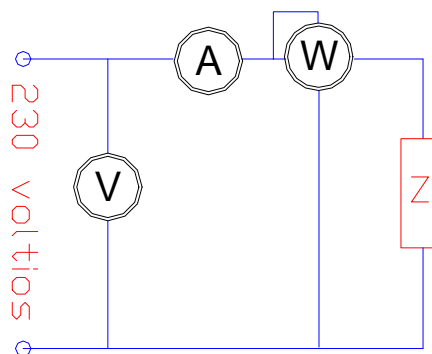
Formulas:

En monofásica  $P = V \times I \times \cos \varphi$ ;

$$\cos \varphi = \frac{P}{V \times I} = \frac{\text{potencia..activa}}{\text{potencia...aparente}};$$

Voltímetro x amperímetro = potencia aparente

Watímetro = potencia activa



voltímetro	amperímetro	watímetro	cos $\varphi$	ángulo $\varphi$	potencia va	potencia var
230	0,435	70,7	0,707	45	100,05	70,7
230	0,435	86,6	0,866	30	100,05	50
230	0,435	94	0,940	20	100,05	34,2
230	0,435	100	1,000	0	100,05	0

El gráfico siguiente muestra distintos triángulos de potencias, comprobamos que:

- A mayor ángulo  $\varphi$  mayor potencia reactiva (lado azul.)
- A menor ángulo  $\varphi$  mayor potencia activa (lado negro)
- El lado verde, potencia aparente, es igual aunque varíe el ángulo  $\varphi$ .
- Este gráfico a escala nos da los mismos resultados que las formulas.

