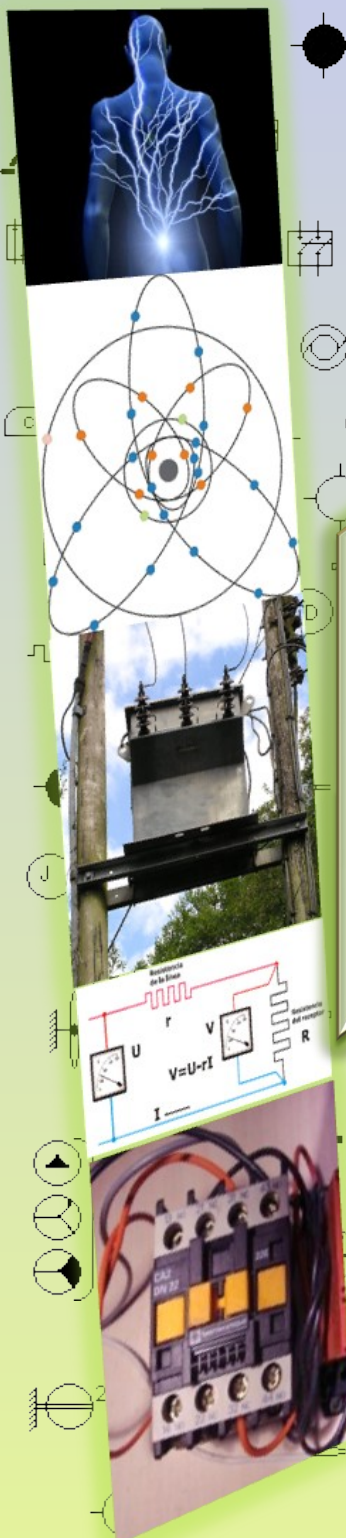


# CURSO

# Principios Básicos de electrotecnia

Instructor:  
**Ing. CARLOS TINEO**

Curso diseñado por **Ing. Carlos Tineo**



# CONTENIDO

	Pág.
Introducción .....	3
Objetivo general y contenido del curso .....	5
<b>Unidad 1</b>	
<b>FUNDAMENTOS SOBRE LA ELECTRICIDAD .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 ORÍGENES Y NATURALEZA ELÉCTRICA DE LA MATERIA .....</b>	<b>6</b>
1.1.1. Antecedentes históricos .....	6
1.1.2. Conceptos sobre moléculas, átomos y electrones .....	7
1.1.3. Carga eléctrica y ley de Coulomb. ....	10
<b>1.2 PARÁMETROS ELÉCTRICOS .....</b>	<b>12</b>
1.2.1. La Corriente Eléctrica .....	12
1.2.2. Conductores y aislantes .....	14
1.2.3. Fuerza Electromotriz .....	15
1.2.4. Intensidad Eléctrica .....	16
1.2.5. Tensión Eléctrica .....	18
1.2.6. Resistencia Eléctrica .....	19
1.2.7. Potencia Eléctrica .....	20
<b>1.3 CIRCUITO ELÉCTRICO Y LA LEY DE OHM .....</b>	<b>22</b>
1.3.1. Circuito Eléctrico .....	22
1.3.2. Sentido de la corriente .....	23
1.3.3. Ley de Ohm .....	24
<b>1.4 TIPOS DE CORRIENTE .....</b>	<b>25</b>
1.4.1. La Corriente Continua .....	25
1.4.2. Corriente Alterna .....	26
<b>Unidad 2</b>	
<b>SISTEMAS DE POTENCIA ELÉCTRICA .....</b>	<b>32</b>
<b>2.1 GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN .....</b>	<b>33</b>
2.1.1. Producción de energía eléctrica .....	33
2.1.2. Transmisión .....	38
2.1.3. Distribución .....	40
<b>2.2 COMPONENTES TÍPICOS .....</b>	<b>41</b>
2.2.1. Componentes de operación .....	41
2.2.2. Componentes de protección .....	48
<b>2.3 NIVELES DE TENSIÓN .....</b>	<b>56</b>
<b>2.4 EL DIAGRAMA UNIFILAR .....</b>	<b>58</b>
<b>2.5 INSTRUMENTOS USADOS .....</b>	<b>60</b>
2.5.1. Instrumentos analógicos y digitales .....	60
2.5.2. Instrumentos de medida .....	63
2.5.3. Instrumentos de Prueba .....	70
<b>Anexo N° 1: Resumen de la descripción de los números ANSI/IEEE para relés .....</b>	<b>78</b>



## INTRODUCCIÓN

La electricidad, sin dudas es la forma de energía más utilizada por el hombre, gran parte de las comodidades y confort actuales requieren de este tipo de energía, gracias a ella, podemos hacer que funcionen los electrodomésticos, las maquinarias, el alumbrado, las herramientas, los ordenadores, etc.

Pero, ¿qué es la electricidad?, ¿cómo se produce?, ¿cómo se transporta?, ¿de qué manera se controla?, ¿qué parámetros la definen? A lo largo de este curso, se darán las respuestas adecuadas a estas y otras interrogantes relacionadas con los orígenes de la electricidad, la naturaleza eléctrica de toda la materia, los sistemas de generación, transporte y distribución, además de una breve revisión de los componentes esenciales de esos sistemas y de los instrumentos de medición y pruebas usados en trabajos de electricidad.

A pesar de que contiene muchos datos que te serán de inmediata utilidad, no debes perder de vista que es un curso de iniciación que, además de proporcionarte conocimientos útiles, pretende despertar tu curiosidad e

## PRINCIPIOS BÁSICOS DE ELECTROTECNIA

### OBJETIVO GENERAL DEL CURSO:

El participante, después de finalizado el curso, estará en capacidad de emplear los principios básicos de la electrotecnia y los dispositivos de operación, medidas y pruebas más utilizados en este campo, sin omitir ninguno de los elementos tratados.

### Contenido del curso

#### Unidad 1 FUNDAMENTOS SOBRE LA ELECTRICIDAD

**Tema:**  
1.1 ORIGENES Y  
NATURALEZA  
ELÉCTRICA DE  
LA MATERIA

**Puntos clave:**  
1.1.1. Antecedentes históricos.  
1.1.2. Conceptos sobre moléculas, átomos y electrones.  
1.1.3. Carga eléctrica y ley de Coulomb.

**Tema:**  
1.2 PARÁMETROS  
ELÉCTRICOS

**Puntos clave:**  
1.2.1. La Corriente Eléctrica  
1.2.2. Conductores y aislantes.  
1.2.3. Fuerza Electromotriz.  
1.2.4. Intensidad Eléctrica.  
1.2.5. Tensión Eléctrica.  
1.2.6. Resistencia Eléctrica.  
1.2.7. Potencia Eléctrica.

**Tema:**  
1.3 CIRCUITO  
ELÉCTRICO Y LA  
LEY DE OHM

**Puntos clave:**  
1.3.1. Circuito Eléctrico.  
1.3.2. Sentido de la corriente.  
1.3.3. Ley de Ohm.

**Tema:**  
1.4 TIPOS DE  
CORRIENTE

**Puntos clave:**  
1.4.1. La Corriente Continua.  
1.4.2. Corriente Alterna.

#### Unidad 2 SISTEMAS DE POTENCIA ELÉCTRICA

**Tema:**  
2.1 GENERACIÓN,  
TRANSMISIÓN Y  
DISTRIBUCIÓN

**Puntos clave:**  
2.1.1. Producción de energía eléctrica.  
2.1.2. Transmisión.  
2.1.3. Distribución.

**Tema:**  
2.2 COMPONENTES  
TÍPICOS

**Puntos clave:**  
2.2.1. Componentes de operación.  
2.2.2. Componentes de protección.

**Tema:**  
2.3 NIVELES DE  
TENSIÓN

**Tema:**  
2.4 EL DIAGRAMA  
UNIFILAR

**Puntos clave:**  
2.5.1. Instrumentos analógicos y digitales.  
2.5.2. Instrumentos de medida.  
2.5.3. Instrumentos de Prueba.

**Tema:**  
2.5 INSTRUMENTOS  
USADOS

**DURACIÓN:** ocho (08) horas

**DIRIGIDO A:** Electricistas Industriales Iniciales, Instrumentistas Industriales Iniciales, Técnicos Instrumentistas, trabajadores en general con conocimientos básicos de electricidad.

Curso diseñado por : Ing.  
Carlos Tineo

## FUNDAMENTOS SOBRE LA ELECTRICIDAD

### OBJETIVO PARTICULAR:

Después de estudiar los temas de la unidad 1 el participante estará en capacidad de emplear los conceptos básicos de la electrotecnia tratados en la misma, correctamente.

### Contenido de la unidad

**Tema:**

**1.1 ORÍGENES Y NATURALEZA ELÉCTRICA DE LA MATERIA**



**Puntos clave:**

- 1.1.1. Antecedentes históricos.
- 1.1.2. Conceptos sobre moléculas, átomos y electrones.
- 1.1.3. Carga eléctrica y ley de Coulomb.

**Tema:**

**1.2 PARÁMETROS ELÉCTRICOS**



**Puntos clave:**

- 1.2.1. La Corriente Eléctrica.
- 1.2.2. Conductores y aislantes.
- 1.2.3. Fuerza Electromotriz.
- 1.2.4. Intensidad Eléctrica.
- 1.2.5. Tensión Eléctrica.
- 1.2.6. Resistencia Eléctrica.
- 1.2.7. Potencia Eléctrica.

**Tema:**

**1.3 CIRCUITO ELÉCTRICO Y LA LEY DE OHM**



**Puntos clave:**

- 1.3.1. Circuito Eléctrico.
- 1.3.2. Sentido de la corriente.
- 1.3.3. Ley de Ohm.

**Tema:**

**1.4 TIPOS DE CORRIENTE**



**Puntos clave:**

- 1.4.1. La Corriente Continua.
- 1.4.2. Corriente Alterna.



## ORÍGENES Y NATURALEZA ELÉCTRICA DE LA MATERIA

### Objetivo Específico 1.1:

El participante, después de discutido el Tema N° 1.1. “*Orígenes y Naturaleza Eléctrica de la Materia*”, estará en capacidad de interpretar la naturaleza eléctrica de la misma, identificando sus componentes elementales, correctamente.

### Puntos clave:

1.1.1. Antecedentes históricos.

1.1.2. Conceptos sobre moléculas, átomos y electrones.

1.1.3. Carga eléctrica y ley de Coulomb.

### 1.1. Orígenes y naturaleza eléctrica de la materia.

#### 1.1.1. Antecedentes históricos.

#### Objetivo terminal:

***El participante al terminar la discusión del Punto Clave N° 1.1.1, estará en capacidad de citar los antecedentes históricos presentados correctamente.***

#### ***¿Para qué ha servido la electricidad?***

La electricidad es la forma de energía más utilizada, debido a que puede transmitirse a gran distancia, se puede almacenar, y sobre todo, se puede transformar en otras energías y viceversa. Todo esto ha influido en la mejora de nuestra calidad de vida con avances tecnológicos como son: iluminación

de viviendas, la TV., ordenadores, telefonía móvil, relojes, automóviles, industrias, y multitud de factores de nuestra vida que se pueden apreciar simplemente comparándolo con el modo de vida de hace 100 años.

Vamos a recordar un poco de historia de la electricidad, desde sus comienzos, hasta nuestros días.

#### ***Raíz del nombre:***

Electricidad >Latín: electricus (ámbar); griego: elektor (sol radiante); Magnético > Magnesia: región donde se halló por primera vez la piedra imán o magnetita.

#### ***Siglo VI a.c.***

Tales de Mileto descubrió que un tipo de resina, el ámbar, atraía objetos ligeros, plumas, hilos etc., al principio se confundió con la atracción magnética.

#### ***Siglo XVI.***

William Gilbert observó dos tipos de atracciones distintas: La producida por un

# ORÍGENES Y NATURALEZA ELÉCTRICA DE LA MATERIA

imán (magnética) y la producida por el ámbar (eléctrica).

### Siglo XVII

Stephen Gray observa la transferencia de atracción y repulsión eléctrica entre un cuerpo y otro, existencia en sí misma de la electricidad.

### Siglo XVII

Charles Du Fay verifica la existencia de dos tipos de electricidad: vítrea y resinosa.

### Siglo XVIII.

El francés Coulomb enunció la ley de la fuerza de atracción electrostática.

Benjamín Franklin estudió el paso de electricidad de unos cuerpos a otros. Establece dos tipos de electricidad positiva y negativa.

Oersted, Biot, Savart y Ampere, aportaron los primeros fundamentos del electromagnetismo.

### Siglo XIX.

Faraday estudia la electrolisis y la transformación de energía eléctrica en energía mecánica y viceversa.

Volta inventa la pila eléctrica.

Edison consigue las primeras bombillas de incandescencia.

Tesla, Ohm, Joule y Maxwell aportan más descubrimientos y nuevos conocimientos para el campo de la electricidad.

### Siglo XX.

Un sin fin de nuevos investigadores: Einstein, Bohr, Thompson, grandes físicos, siguieron aportando conocimientos sobre la electricidad y sus aplicaciones.

## 1.1.2. conceptos sobre moléculas, átomos y electrones.

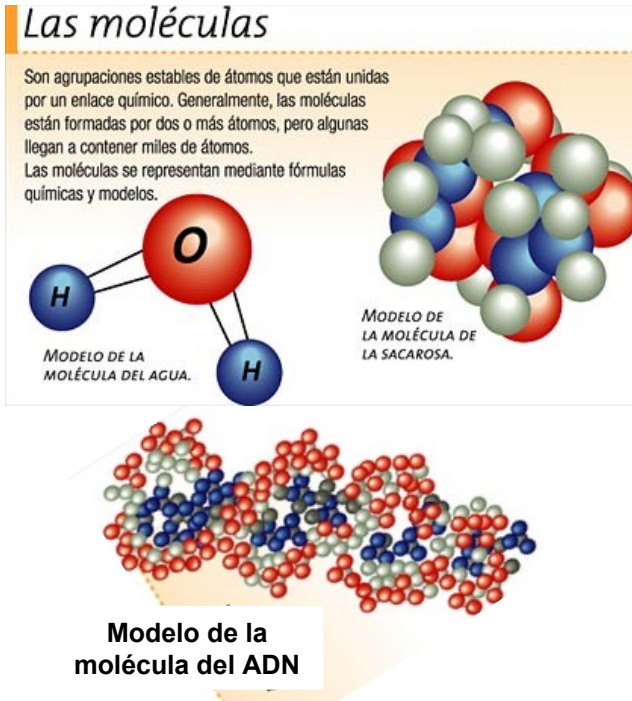
### Objetivo terminal:

***El participante al terminar la discusión del Punto Clave N° 1.1.2, estará en capacidad de identificar los componentes elementales de la materia sin omitir ninguno.***

Al tomar un “trocito” de metal y dividirlo miles y miles de veces, se llega o obtiene una “molécula” de este pedacito de metal, que sigue conservando las mismas propiedades físicas del “trocito” original. La molécula, se define como una agrupación de átomos, considerada como lo más

# ORÍGENES Y NATURALEZA ELÉCTRICA DE LA MATERIA

simple de un cuerpo. En la Fig. N° 1, se presentan diversos modelos de moléculas.



**Fig. N° 1 Modelos de Moléculas**

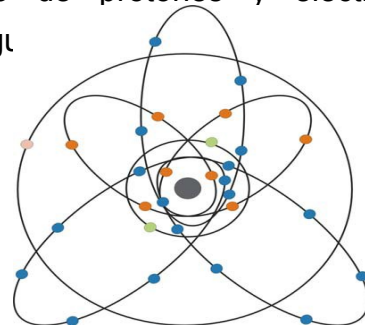
Se define el átomo como la parte más pequeña de un elemento químico que puede entrar en combinación.

El átomo es como “Un sistema solar”, en cuyo centro estaría el Núcleo Atómico (el Sol) y orbitando a su alrededor los electrones (los planetas). El Núcleo Atómico está formado por Protones (de

carga positiva) y electrones (de carga Negativa, y de masa 1.136 veces menor). Los Neutrones, que comparten núcleo con los Protones, poseen la misma masa que estos, pero sin carga eléctrica.

Cuando el número de protones y electrones son iguales, se dice que el átomo tiene carga eléctrica nula. Si el número de protones, supera al de electrones el átomo tiene carga positiva, y por el contrario, si el número de protones es inferior al de electrones, el átomo está cargado negativamente. En la figura N° 2 está representado un átomo de cobre en estado neutro.

Por otro lado, un átomo con carga positiva o negativa, es susceptible de intercambiar electrones con otros átomos de su alrededor, con el fin de conseguir la estabilidad eléctrica, es decir, se iguala el número de protones y electrones, para conseguir



**Fig. N° 2 Átomo de Cobre**



## ORÍGENES Y NATURALEZA ELÉCTRICA DE LA MATERIA

Un átomo puede tener diferente número de electrones, protones y neutrones, aunque generalmente el número de electrones será igual al de protones, para garantizar la neutralidad de carga del átomo.

Se conoce con el nombre de elemento a toda porción de materia formada por átomos iguales. Así, el elemento Hidrogeno, el más simple de los existentes en la Naturaleza, está formado por átomos iguales, constituidos por un sólo protón en el núcleo y un sólo electrón girando alrededor. Conforme aumenta el número de protones (y de forma acorde el número de electrones y neutrones) vamos obteniendo los diferentes elementos conocidos, cada vez más complejos. La Fig. N° 3, es un modelo de un átomo de hidrógeno.

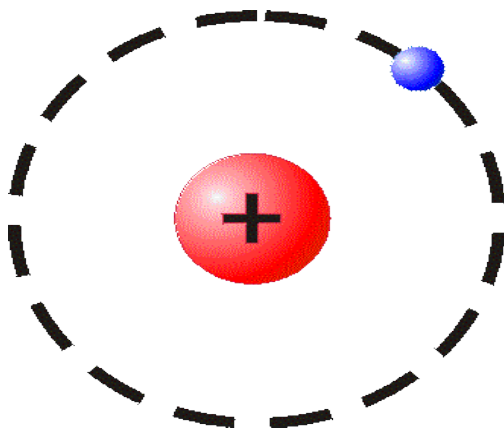


Fig. N° 3 Modelo del átomo de Hidrógeno

Al estudiar las propiedades de los diferentes elementos, los científicos se dieron cuenta de que estas se repetían dependiendo del número de electrones, especialmente del número de electrones de valencia (los de la última capa, la más externa). Con esta base, clasificaron los elementos en una tabla, denominada **tabla periódica de los elementos**, llamada así porque de forma periódica se repetían las propiedades de los elementos, clasificados en columnas, la Fig. N° 4 muestra la Tabla Periódica de los Elementos:

**Tabla periódica**

Grupos principales												Grupos principales						
1A	2A											3A	4A	5A	6A	7A	8A	
1	2											13	14	15	16	17	18	
H	He											B	C	N	O	F	Ne	
3	4											5	6	7	8	9	10	
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
11	12											13	14	15	16	17	18	
Na	Mg	3B	4B	5B	6B	7B	8B				1B	2B	Al	Si	P	S	Cl	Ar
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112							
Li	Ra	Ac																
Serie de los lantánidos		58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71			
		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Td	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu			
Serie de los actinidos		90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103			
		Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr			

Fig. N° 4 Tabla periódica de los Elementos

## ORÍGENES Y NATURALEZA ELÉCTRICA DE LA MATERIA

Los átomos se unen entre si para formar materia más compleja, en unidades denominadas moléculas. Un ejemplo de molécula es la del agua, formada por dos átomos de hidrogeno y uno de oxigeno, ver Fig. N° 1.

Con esta base, definimos un material como una agregación de moléculas (o de átomos) tal que define una porción de materia con propiedades determinadas y específicas. Materiales son el acero, la madera, el granito, etc.

La teoría atómica moderna explica el por qué de los fenómenos de electrización y hace de la carga eléctrica una propiedad fundamental de la materia en todas sus formas. Un átomo de cualquier sustancia está constituido, en esencia, por una región central o *núcleo* y una envoltura externa formada por *electrones*, ver Fig. N° 2 y Fig. N° 3.

### 1.1.3 Carga eléctrica. ley de Coulomb.

#### Objetivo terminal:

*El participante al terminar la discusión del Punto Clave N° 1.1.3 estará en capacidad de describir como se cargan los átomos y enunciar la ley de Coulomb correctamente.*

#### **Cargas eléctricas**

Colocados una sustancia falta de electrones frente a otra, también falta de electrones, se observa que ambas se alejan rápidamente. Por otro lado, si se enfrentan dos sustancias sobrantes de electrones, también ocurriría lo mismo. Es decir: **dos cargas del mismo signo se repelen entre sí** (Fig. N° 5). Un protón enfrentado a un electrón se atrae rápidamente (Fig. N° 6, en la página siguiente), conclusión: **Cargas del mismo signo se repelen, y cargas de distintos signos se atraen.**

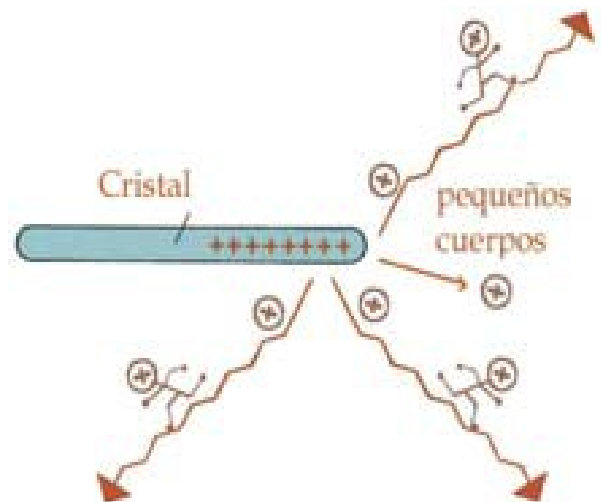
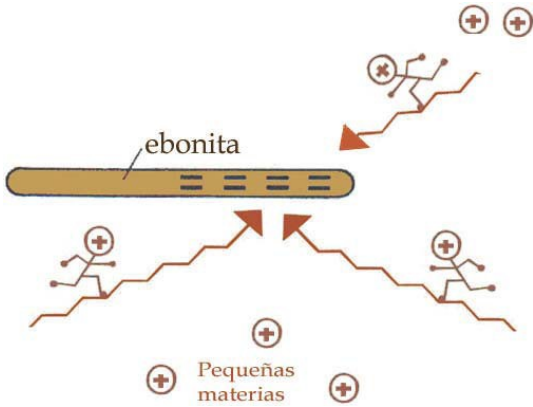


Fig. N° 5. Cargas de igual signo se repelen

## ORÍGENES Y NATURALEZA ELÉCTRICA DE LA MATERIA



**Fig. N° 6. Cargas de distinto signo se atraen**

Tanto el electrón como el protón, tienen una propiedad especial desconocida, y que es intrínseca a la materia, a la que se denomina “Carga eléctrica” y que por su actuación, explicada anteriormente, la carga del Protón (+) es distinta del Electrón (-). Dada esta “propiedad especial e intrínseca de la materia” en cuanto al comportamiento, se llama de diferente manera:

**Protón:** Tiene una Carga Eléctrica Positiva.

**Electrón:** Posee una Carga Eléctrica Negativa.

En el Núcleo Atómico, al haber más de una Carga Positiva, estas se repelerían. Esto no ocurre debido a la fuerza de carácter Nuclear (partículas subatómicas

[neutrinos]) que anulan el carácter repulsivo de las cargas positivas.

### Ley de Coulomb

La Ley de Coulomb viene a decir que la fuerza (F) ejercida entre dos cargas eléctricas,  $q_1$  y  $q_2$ , es directamente proporcional a su producto e inversamente proporcional a su distancia de separación. Matemáticamente se expresa por:

$$F = K q_1 \times q_2 / d^2$$

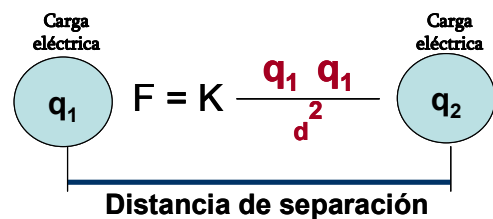
siendo:

K: constante de proporcionalidad.

$q_1$  y  $q_2$ : cargas eléctricas, Coulombios (C).

d: distancia de separación, metros (m).

Como se comprende, es similar a la fuerza de gravitación universal de Newton. A mayor distancia de separación, menos influencia existe entre las cargas y menor es la fuerza (de atracción o repulsión). Asimismo, a mayor cantidad de cargas, mayor será la fuerza que se ejercerá (Fig. N° 7).



**Fig. N° 7 Representación de la Ley de Coulomb**

## PARÁMETROS ELÉCTRICOS

### Objetivo Específico 1.2:

El participante, después de discutido el Tema N° 1.2. "**Parámetros Eléctricos**", estará en capacidad de interpretar los Parámetros Eléctricos, correctamente o sin cometer errores.

#### Puntos clave:

- 1.2.1. La Corriente Eléctrica.
- 1.2.2. Conductores y aislantes.
- 1.2.3. Fuerza Electromotriz.
- 1.2.4. Intensidad Eléctrica.
- 1.2.5. Tensión Eléctrica.
- 1.2.6. Resistencia Eléctrica.
- 1.2.7. Potencia Eléctrica.

## 1.2. Parámetros eléctricos.

### 1.2.1 La corriente eléctrica.

#### Objetivo terminal:

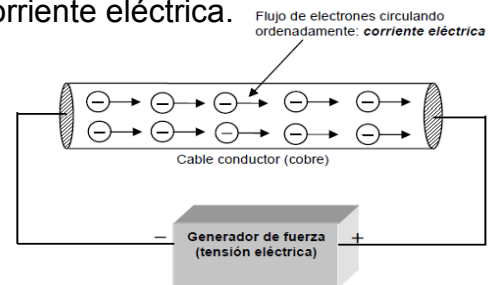
***El participante al terminar la discusión del Punto Clave N° 1.2.1., estará en capacidad de describir como se produce la corriente eléctrica, correctamente.***

Si de alguna manera se hace "mover" la electricidad a lo largo de un medio apropiado, se producen fenómenos extraños, cuyo estudio ha dado lugar a conclusiones o leyes, que razonan los resultados de los experimentos.

El conocimiento de estas leyes es de gran importancia para la aplicación de la electricidad, al bienestar de la humanidad.

Para simplificar el estudio, se acordó que de las dos clases de electricidad existentes, en una sola es en la que se origina la circulación de **los electrones**; como lo haría un líquido o un gas por una tubería.

En la Fig. N° 8, podemos ver un modelo de representación del concepto de corriente eléctrica.



**Fig. N° 8 Representación del concepto de corriente eléctrica**

#### **Símil hidráulico:**

Suponiendo una instalación como la de la Fig. N° 9, destinada a transportar el agua desde el punto A (Pozo) hasta otro punto, R (noría), entre los que existe una distancia cualquiera.

## PARÁMETROS ELÉCTRICOS

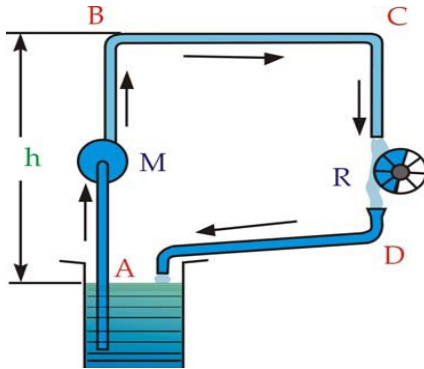


Fig. N° 9 Modelo Hidráulico para explicar el flujo eléctrico.

En esta instalación, así dispuesta, se puede observar:

En primer lugar una máquina M, eleva el agua del nivel A al B, creando una diferencia de nivel  $h$ , que hará al agua recorrer la tubería en el sentido que indican las flechas. Al llegar a C cae bruscamente de C a D, pasando por la noria R; que se pone en movimiento, y puede desarrollar una energía útil. El agua que sale de R vuelve, siguiendo una pendiente suave al punto de origen A. Si el agua no volviese al punto inicial, el depósito se agotaría, y el movimiento del agua cesaría. Por tanto, mientras que exista una diferencia de nivel  $h$ , el motor R permanecerá en movimiento, cesando cuando deje de existir este desnivel.

Las magnitudes que caracterizan esta instalación son:

- Diferencia de nivel, medido en metros
- Cantidad de agua transportada, expresado en litros.
- Gasto de agua transportada en un segundo, evaluado en litros por segundo.

### Instalación eléctrica

Un resultado similar se produce en un circuito eléctrico (Fig. N° 10), la similitud entre este circuito y la instalación hidráulica se basa en los siguientes elementos:

-**El Generador**, cuya misión es crear una diferencia de nivel eléctrico, que recibe el nombre de diferencia de potencial o tensión. (Se expresa respectivamente por las letras en minúscula **d.d.p.**, o la mayúscula **V.**)

-**El Receptor**, esto es, la máquina que recibirá la energía transportada y que es capaz de desarrollar un trabajo.

-La unión entre el generador y el receptor se hace por medio de **conductores** semejantes a los conductos del agua, por donde pasará la *corriente eléctrica*, que transportará una *cantidad de electricidad* en la unidad de tiempo, que es el *segundo*.



## PARÁMETROS ELÉCTRICOS

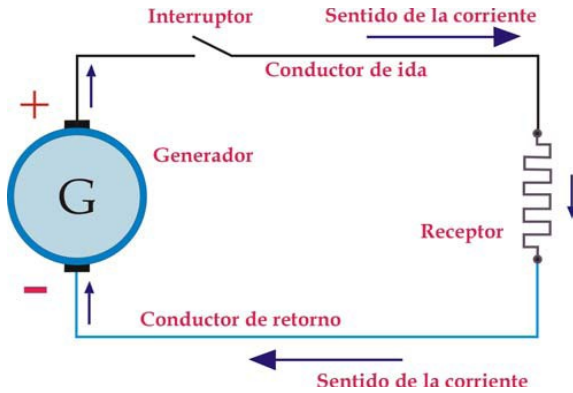


Fig. N° 10 Circuito eléctrico

La energía eléctrica así puesta en movimiento quedará evaluada por la medición de las siguientes magnitudes:

- Diferencia de potencial o tensión, medido en Voltios.
- Cantidad de electricidad, evaluado en Coulombios.
- Cantidad de electricidad transportada por segundo, expresada en Amperios.

### 1.2.2. Conductores y aislantes.

#### Objetivo terminal:

*El participante al terminar la discusión del Punto Clave N° 1.2.2., estará en capacidad de describir la naturaleza de los elementos conductores, aislantes y semiconductores.*

Cuando se desarrolla la electricidad en un cuerpo y los efectos sólo se manifiestan en el punto tratado, sin extenderse al resto, se dice que son **malos conductores, aislantes o dieléctricos**. En cambio, si la electricidad desarrollada en el punto se esparce por toda la superficie, se les llaman cuerpos **buenos conductores** de la electricidad o simplemente **conductor**.

Un cuerpo conductor al ser electrizado conserva indefinidamente esta propiedad mientras no sea unido a tierra. Si por medio de sustancias aislantes se evita que esto suceda, se dice que el conductor está **aislado**.

#### **Materiales conductores:**

Son todos aquellos que permiten que una corriente eléctrica circule fácilmente a través de ellos. Entre estos materiales tenemos todos los metales. Los mejores conductores son La Plata, El Oro y el Cobre. Se emplea mucho éste último por ser barato. Todo material conductor posee entre Uno y Tres electrones en su última órbita. A estos electrones se les llama "Electrones Libres" porque el átomo los puede perder o robar fácilmente y así permite la conducción de una corriente.

## PARÁMETROS ELÉCTRICOS

### **Materiales aislantes:**

Tienen desde cinco hasta ocho electrones en su última órbita. Ellos no ceden sus electrones y por lo tanto no permiten paso de corriente. El caucho, la porcelana, el plástico, el vidrio, son materiales aislantes.

### **Materiales semiconductores:**

Tienen Cuatro electrones en su última órbita. Por estar en la mitad del octeto se pueden convertir en aislantes o en conductores, mediante procedimientos de laboratorio llamados DOPING. El Germanio (Ge) y el Silicio (Si) son los semiconductores de mayor uso en electrónica (diodos, transistores, etc.). La Fig. N° 11 se observa una muestra de un conductor –el cobre- y su revestimiento –el aislante-; en la Fig. N° 12 los semiconductores..

### 1.2.3. Fuerza electromotriz.

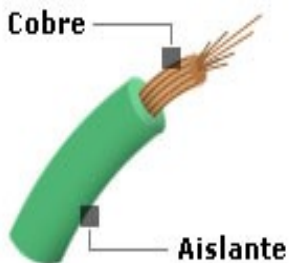
#### Objetivo terminal:

***El participante al terminar la discusión del Punto Clave 1.2.3, estará en capacidad de describir el significado de fuerza electromotriz correctamente.***

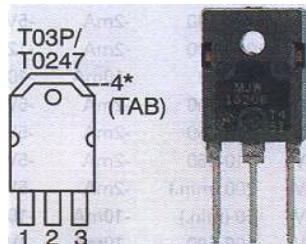
Para que exista una corriente eléctrica se precisa de algo que fuerce a que los electrones circulen ordenadamente; una fuerza de origen eléctrica, denominada fuerza electromotriz (f.e.m.), cuya unidad es el voltio. Aunque esto será explicado más adelante de forma más detallada, adelantamos que esta fuerza externa que da lugar a la aparición de la corriente eléctrica, es la que proporcionan los generadores de electricidad: Pila, batería, alternador, célula solar fotovoltaica, etc.

En los generadores de electricidad, como consecuencia de algún tipo de proceso, se produce en su interior lo que se llama una f.e.m., lo cual se puede definir de la siguiente manera:

•**Fuerza electromotriz (f.e.m.):** es la fuerza que obliga a mover los electrones (dentro del generador), y que tiene por efecto



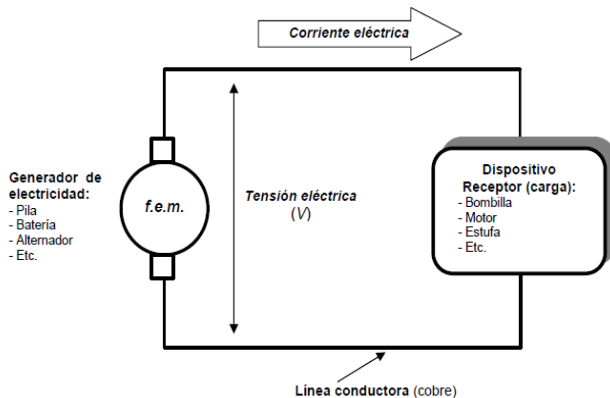
**Fig. N° 11 Un Conductor y sus partes**



**Fig. N° 12 Diodos y transistores**

# PARÁMETROS ELÉCTRICOS

una tensión eléctrica que se expresa en voltios. **f.e.m.** es la fuerza que hace que los electrones se muevan ordenadamente en una cierta dirección a través de las líneas conductoras (circuito), o sea, lo que hace que aparezca una corriente eléctrica. Este principio se ilustra en la figura 13 ; aparecen así, los términos tan conocidos como pila de 9 V, batería de 12 V, 220 V de la red eléctrica, etc.



**Fig. N° 13 Circuito Eléctrico**

La Fig. N° 13 es la representación genérica de un circuito eléctrico. Un generador de electricidad suministra una tensión eléctrica (voltios) que hace que circule una corriente eléctrica a través del receptor (carga) para desarrollar un cierto trabajo (luz, calor, fuerza mecánica, etc.). Las líneas conductoras son el medio de transporte de la energía eléctrica, del generador a la carga.

### 1.2.4 Tensión Eléctrica.

**Objetivo terminal:**

***El participante al terminar la discusión del Punto Clave N° 1.2.4, estará en capacidad de definir la tensión eléctrica en un circuito eléctrico nombrando sus unidades correctamente.***

Desde un punto de vista práctico, se puede definir de la siguiente manera:

**Tensión eléctrica:** es la fuerza que da lugar a que los electrones se muevan ordenadamente a través de un conductor, produciéndose así una corriente eléctrica.

Siguiendo con el símil hidráulico, ver figura N° 9, se puede decir, que la tensión eléctrica es equivalente a la fuerza de presión que genera una bomba para hacer que el agua circule por las tuberías.

Esta fuerza eléctrica, tensión, es lo que produce todo generador de electricidad (pila, alternador, célula solar, etc.).

# PARÁMETROS ELÉCTRICOS

En los generadores de electricidad, aparece el término fuerza electromotriz (f.e.m.); que es el proceso energético que se da en el interior del generador, y que da lugar a que se produzca la tensión en los terminales de salida. Así, f.e.m. es equivalente a la energía que se da en el interior de una bomba hidráulica, y que da lugar a la presión. En el caso, por ejemplo, de una pila, la f.e.m. es el proceso químico interno que da lugar a la energía que pone en movimiento a los electrones, y su efecto produce la tensión de salida.

La unidad de tensión eléctrica es el Voltio; por tanto, el voltaje es la medida de la tensión eléctrica. Así, se dice que la tensión de la batería del carro es de 12 V, la tensión de la red eléctrica doméstica es de 110 / 220 V, una pila de 1,5 V, etc.

Visto de una forma más técnica, aparecen otros términos relacionados que se denominan potencial eléctrico y diferencia de potencial.

Se define por **potencial eléctrico** en un punto, al trabajo necesario para trasladar la unidad de carga eléctrica positiva desde el infinito hasta dicho punto; es un trabajo por unidad de carga, que se mide en voltios (V). La unidad voltio resulta ser pues el trabajo

de un julio (J) sobre la carga de un Coulombio (C); se tiene el potencial de un voltio si se realiza el trabajo de un julio para trasladar la carga de un Coulombio:

$$1 \text{ V} = 1\text{J}/1\text{C}.$$

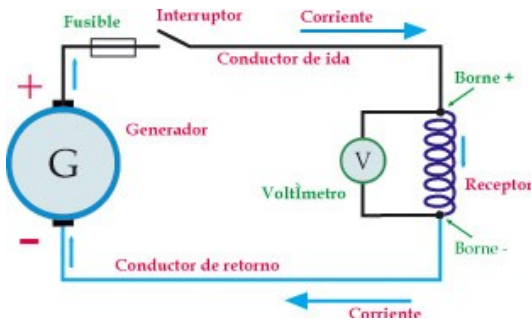
Se define por **diferencia de potencial** entre dos puntos, al trabajo necesario para que la unidad de carga se traslade de un punto a otro, y también se mide en voltios. Así se tiene un voltio si se realiza el trabajo de un julio para que la carga de un Coulombio se mueva de un punto a otro:

El término diferencia de potencial es muy utilizado en la práctica, en resumen, los términos: tensión, potencial y diferencial de potencial, se expresan mediante la unidad voltio, y a menudo simplemente como voltaje. Por ejemplo, respecto a una pila de 9 V se puede decir: que la pila proporciona una tensión de 9 V, que entre sus terminales [positivo (+) y negativo (-)] aparece la diferencia de potencial de 9 V o simplemente, que genera un voltaje de 9 V.

Según se ha dicho, la diferencia de potencial existente entre los dos polos de un generador se mide en voltios, el aparato con que se efectúa la medición recibe el nombre de voltímetro. Medir el voltaje es hallar la

## PARÁMETROS ELÉCTRICOS

diferencia de potencial que existe entre dos puntos de una instalación eléctrica; en la figura N° 14 se mide la tensión que existe entre los bornes del receptor.



**Fig. N° 14 Voltímetro, mide la Tensión**

<b>El voltio</b>	<b>1 microvoltio (uV) = 0,000 001 V</b> (Ejemplo: voltajes inducidos)
La unidad del sistema internacional es el Voltio (V), se puede trabajar con multiplicadores.	<b>1 milivoltio (mV) = 0,001 V</b> (Ejemplo: voltajes en circuitos electrónicos)
	<b>1 kilovoltio (kV) = 1.000 V</b> (Ejemplo: voltajes de transmisión y distribución)

### 1.2.5. Intensidad eléctrica

**Objetivo terminal:**

***El participante al terminar la discusión del Punto Clave N° 1.2.5, estará en capacidad de enunciar el concepto de Intensidad Eléctrica en un circuito eléctrico nombrando sus unidades.***

La intensidad de corriente es un concepto que relaciona la cantidad de carga eléctrica y el tiempo, y se puede definir de la siguiente manera:

**Intensidad eléctrica** es la cantidad de carga eléctrica que circula por un conductor en la unidad de tiempo. O sea, es una medida de la cantidad de corriente.

Matemáticamente se expresa por:

$$I = q / t$$

Donde:

I = cantidad de carga (C) / tiempo (s)

Unidad: Amperio (A).

Circula la intensidad de un amperio cuando pasa un Coulombio por segundo:

$$I = q / t$$

$$I = 1 \text{ C} / 1 \text{ s} = 1 \text{ A}$$

Siguiendo con el símil hidráulico, la intensidad eléctrica es similar al caudal (cantidad de agua que pasa por la tubería en la unidad de tiempo).

Unidades derivadas, utilizadas son:

**Miliamperio: 1 mA = 0,001 A = 10<sup>-3</sup> A**

**Microamperio: 1 uA = 0,000001 A = 10<sup>-6</sup> A**

**Kiloamperio: 1 KA = 1.000 A**



## PARÁMETROS ELÉCTRICOS

### 1.2.6 Resistencia eléctrica.

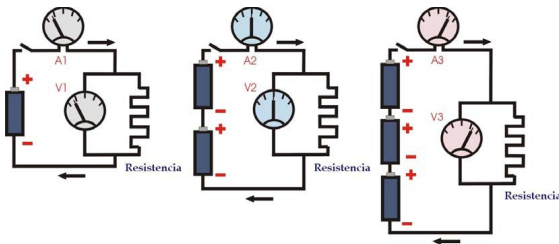
**Objetivo terminal:**

***El participante al terminar la discusión del Punto Clave N° 1.2.6, estará en capacidad de describir la resistencia en un circuito eléctrico nombrando sus unidades correctamente.***

Experimentalmente se comprueba que si entre los extremos de un conductor (Fig. N° 15) se aplican distintas diferencias de potencial,  $V_1, V_2, V_3$ , el conductor consume distintas cantidades de electricidad  $I_1, I_2, I_3$ , de tal forma que la relación entre voltaje e intensidad siempre es una cantidad constante, que se llama resistencia eléctrica del conductor (R).

$$R = V_1 / I_1 = V_2 / I_2 = V_3 / I_3$$

A mayor voltaje mayor consumo.



**Fig. N° 15 Diferencias de Potencial**

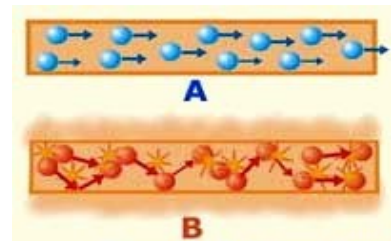
Entonces, definimos:

**Resistencia eléctrica** es toda oposición que encuentra la corriente a su paso por un circuito eléctrico cerrado, atenuando o frenando el libre flujo de circulación de las cargas eléctricas o electrones. Cualquier dispositivo o consumidor conectado a un circuito eléctrico representa en sí una carga, resistencia u obstáculo para la circulación de la corriente eléctrica.

En la Fig. N° 16 se puede observar:

**A.**-Electrones fluyendo por un buen conductor eléctrico, que ofrece baja resistencia.

**B.**-Electrones fluyendo por un mal conductor eléctrico, que ofrece alta resistencia a su paso. En ese caso los electrones chocan unos contra otros al no poder circular libremente y, como consecuencia, generan calor.



**Fig. N° 16 Flujo de Electrones**

# PARÁMETROS ELÉCTRICOS

La unidad de medida de la **resistencia eléctrica** es el Ohmio y se representa por la letra griega omega ( $\Omega$ ) y se expresa con la letra "R".

Se emplean también:

**1 Kilo Ohmio = 1.000 Ohmios**

**1 Mega Ohmio = 1.000.000 Ohmios**

**1 mili Ohmio =  $1 \times 10^{-3}$  Ohmios**

### 1.2.7 Potencia y energía eléctrica

#### **Objetivo terminal:**

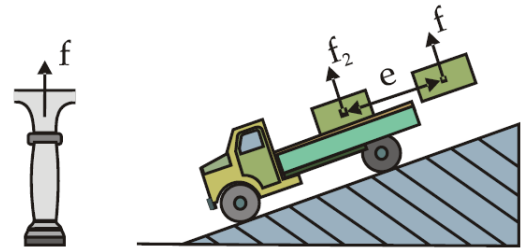
**El participante al terminar la discusión del Punto Clave N° 1.2.7, estará en capacidad de describir la potencia en un circuito eléctrico nombrando sus unidades. Correctamente.**

Definimos como **TRABAJO** al efecto que produce una fuerza aplicada a un objeto cuando este se mueve. Por el contrario si no existe desplazamiento de la fuerza, no se realiza ningún trabajo.

Es fácil ver que si una columna sostiene el peso de un edificio, dicha columna está ejerciendo una gran fuerza, pero; por el contrario, no realiza ningún trabajo, puesto que el edificio no se mueve.

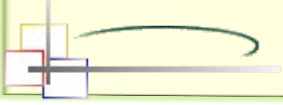
Un camión que baja por una pendiente, con el motor parado, ayudado sólo con la fuerza de la gravedad, realiza un trabajo, aunque no consuma combustible, se está desplazando la carga de un lugar a otro, luego se efectúa un trabajo. Realmente, quién realiza el trabajo es el Campo Gravitatorio Terrestre, transformándose en Energía Potencial en Cinética.

Lo importante para que se realice un trabajo es que exista un **desplazamiento de la fuerza** de un lugar a otro.



**Fig. N° 17 Diferencia entre Fuerza y Trabajo**

Medir el **trabajo** que realiza una máquina es poco significativo, mucho más interesante es averiguar la **potencia** que desarrolla. La **potencia** de una máquina es el **trabajo que efectúa esta máquina en la unidad de tiempo.**



# PARÁMETROS ELÉCTRICOS

Se denomina **potencia** a la capacidad de producir trabajo, y se mide por el trabajo que se realiza por segundo.

Cuanto menos tiempo precise una máquina para realizar un trabajo, más **potencia** desarrolla.

En el concepto de trabajo, no se menciona para nada el tiempo en que se lleva a cabo un desplazamiento, sin embargo, en el de Potencia es esencial. La **Potencia** se calcula por la fórmula:

$$P=f \times e / t$$

La **potencia** desarrollada por una máquina en kilográmetros por segundos es igual a la **fuerza** aplicada en **kilos** por el **espacio** recorrido en **metros** dividido todo ello por el **tiempo** en **segundos**, empleado en realizarlo.

Ya se ha visto que para producir el movimiento de los electrones, se necesita una fuerza que llamamos fuerza electromotriz.

La energía se define como el producto de la fuerza aplicada sobre un cuerpo y el espacio que le hace recorrer en el movimiento provocado

### Energía = Fuerza x Espacio

La potencia se define como energía por unidad de tiempo.

### Energía = Potencia /Tiempo

La potencia eléctrica es también el producto de la tensión y la intensidad del circuito.

### Potencia = Tensión x Intensidad

$$P = V \times I$$

La potencia eléctrica se mide en watios (w) y la energía en watios por “cada” hora (w/h), aunque se emplea el Kilowatio (Kw) y el Kilowatio por hora (Kw/h).

En electricidad el concepto de **trabajo** presenta algo de dificultad para entender, ya que, no se ve tan fácilmente el movimiento de los electrones a través de los componentes de un circuito; para que sea más comprensible es necesario observar **los efectos que produce**:

Si se aplica una tensión a un motor eléctrico, la polea del motor girará sobre su eje. Este movimiento se transmite a la máquina y entonces si que se aprecia el **trabajo** que realiza.

El paso de la corriente a través de los aparatos de medida produce unos efectos magnéticos que hace mover la aguja y con ello se detecta que se produce un **trabajo**, puesto que la **energía** se mueve desplazando la **fuerza**.

## CIRCUITO ELÉCTRICO Y LA LEY DE OHM

### Objetivo Especifico 1.3:

El participante, después de discutido el Tema N° 1.3. “*Circuito Eléctrico y la Ley de Ohm*”, estará en capacidad de explicar la Ley de Ohm, aplicada a un circuito eléctrico elemental, correctamente y sin cometer errores.

#### Puntos clave:

1.3.1. Circuito Eléctrico.

1.3.2. Sentido de la corriente.

1.3.3. Ley de Ohm.

### 1.3. Circuito eléctrico y la Ley de Ohm.

#### 1.3.1. Circuito eléctrico.

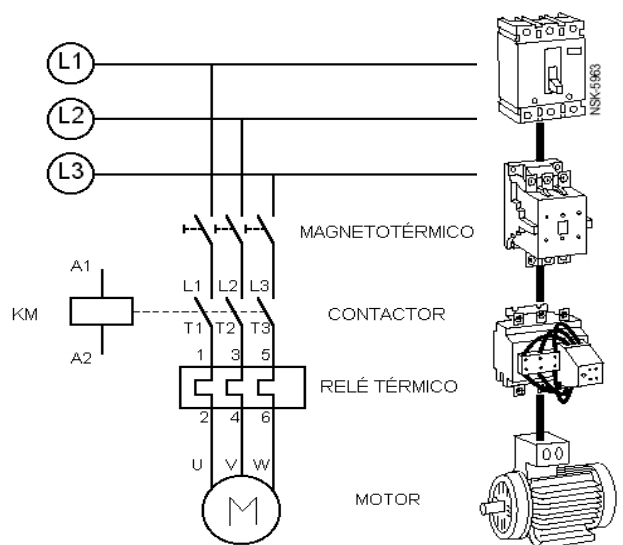
#### Objetivo terminal:

***El participante al terminar la discusión del Punto Clave N° 1.3.1, estará en capacidad de enunciar que es un circuito eléctrico correctamente.***

Todos los circuitos eléctricos disponen de una serie de componentes básicos, de manera que se obtenga el paso de una corriente eléctrica a través del dispositivo de salida que se necesite. En principio, para que exista una circulación de corriente eléctrica se necesita que el circuito esté cerrado. O sea, desde un punto del generador, la corriente debe entrar por la línea de conducción, cables, salir por otro

punto, y después de pasar por el tipo de dispositivo receptor que sea (bombilla, motor, etc.), debe retornar al otro punto del generador; cualquier tipo de interrupción, corte, en cualquier punto de la línea, hace que se interrumpa la circulación de corriente y que por tanto el dispositivo receptor deje de recibir energía eléctrica.

En la Fig. N° 18 se observa el circuito típico de alimentación de un motor, se basa en una línea de alimentación, dispositivos de maniobra (contactor) y protección (magneto térmico y relé térmico) y el motor.



**Fig. N° 18 Circuito típico de alimentación de un Motor**

## CIRCUITO ELÉCTRICO Y LA LEY DE OHM

### 1.3.2. Sentido de la corriente.

**Objetivo terminal:**

*El participante al terminar la discusión del Punto Clave N° 1.3.2, estará en capacidad de enunciar como se establece el sentido de la corriente eléctrica en un circuito eléctrico correctamente.*

**Sentido electrónico real**

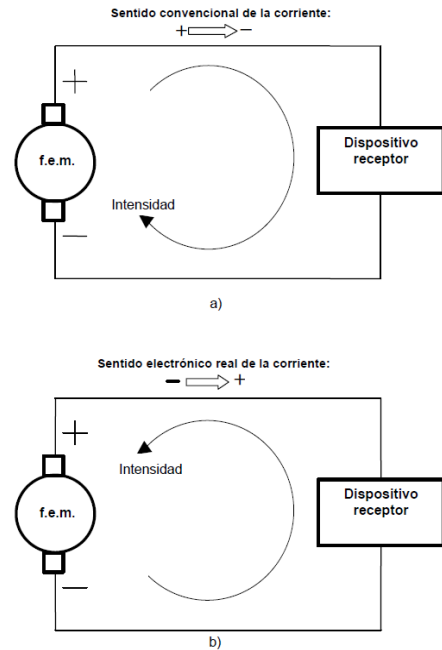
Físicamente, se sabe que el sentido de la corriente eléctrica va de negativo (-) a positivo (+); o sea, el flujo de electrones parte del polo negativo del generador y se dirige, a través de las líneas de conducción, hacia el polo positivo del mismo (por dentro del generador, el flujo electrónico circula desde el polo positivo al negativo). Este sentido, de negativo a positivo, es el sentido electrónico real (Fig. N° 19 b ).

**Sentido convencional**

Existe también lo que se conoce por sentido convencional de la corriente, que va al contrario del sentido real; o sea, de positivo (+) a negativo (-), según se representa en la Fig. N° 19 a.

Esto es así porque en los principios del

descubrimiento de la electricidad, se creía que éste era el sentido real de la corriente, y así se consideró durante mucho tiempo. Pero posteriores descubrimientos demostraron que realmente el sentido era al revés; los electrones (cargas negativas) son realmente los que se mueven y su tendencia, es ir hacia cargas de distinto signo (positivas).



**Fig. N° 19 Sentido de la corriente. Circuito elemental. Sentido de circulación de la corriente eléctrica:**  
**a) Sentido convencional.**  
**b) sentido real.**

*En la práctica, el que normalmente se considera es el sentido convencional.*



## CIRCUITO ELÉCTRICO Y LA LEY DE OHM

Por lo general, el sentido de la corriente que se considera es el convencional (de + a -), por cuestiones de convención, y dado que existe una gran diversidad de publicaciones que lo consideran así.

Por otra parte, hay que tener en cuenta de que, energéticamente, no importa el sentido de la corriente, el trabajo realizado es el mismo. Por ejemplo, si en una linterna ponemos la pila al revés, la bombilla se enciende igual.

### 1.3.3. La ley de Ohm.

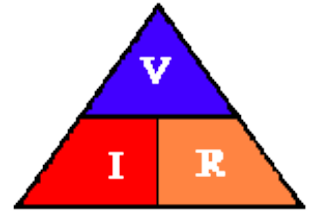
**Objetivo terminal:**

***El participante al terminar la discusión del Punto Clave N° 1.3.3, estará en capacidad de formular la ley de ohm aplicada a un circuito eléctrico correctamente***

Esta ley fue formulada por Georg Simon Ohm en 1827, en la obra Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet (Trabajos matemáticos sobre los circuitos eléctricos), basándose en evidencias empíricas.

La **ley de Ohm**, establece que la intensidad de la corriente eléctrica que circula por un dispositivo es directamente proporcional a la diferencia de potencial aplicada e inversamente proporcional a la resistencia del mismo, según expresa la fórmula siguiente:

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



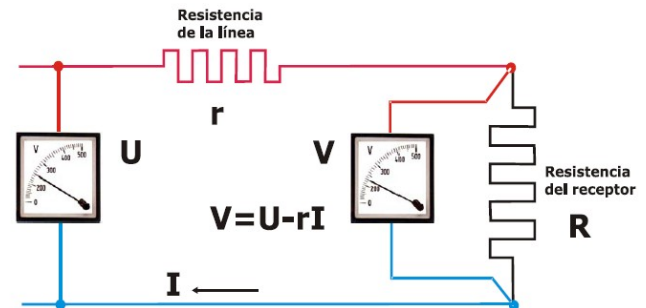
**Fig. N° 21 Expresión de la Intensidad**

En donde, empleando unidades del Sistema internacional:

**I** = Intensidad en amperios (A)

**V** = Diferencia de potencial en voltios (V)

**R** = Resistencia en ohmios (Se representa con la letra griega Ω).



**Fig. N° 22 Diferencia de voltaje se llama caída de tensión**

## TIPOS DE CORRIENTE

### Objetivo Especifico 1.4:

El participante, después de discutido el Tema N° 1.. “*Tipos de Corriente*”, estará en capacidad de explicar, los tipos de corriente, de acuerdo a la variación de su amplitud, en el tiempo; correctamente y sin cometer errores.

### Puntos clave:

1.4.1. La Corriente Continua.

1.4.2. Corriente Alterna.

## 1.4. Tipos de corriente.

### 1.4.1. Corriente continua.

#### Objetivo terminal:

*El participante al terminar la discusión del Punto Clave N° 1.4.1, estará en capacidad de describir la corriente eléctrica continua correctamente.*

La corriente continua, como su nombre indica, es constante con el paso del tiempo.

Como se ve en la representación que tenemos dibujada Fig. N° 23, la tensión, y por tanto la corriente, permanece constante en el tiempo, en este caso su valor invariable es de  $V = 9 V$ .

Existe corriente continua cuando el flujo

de electrones circula siempre en el mismo sentido, y en este caso aparece el concepto de polaridad [polo positivo (+) y polo negativo (-)]. Es el tipo de corriente que se obtiene por medio de las pilas, baterías, célula solar fotovoltaica, etc. En la figura se representa la simbología de un generador de c.c. en general, el de una pila y la representación gráfica de la corriente continua.

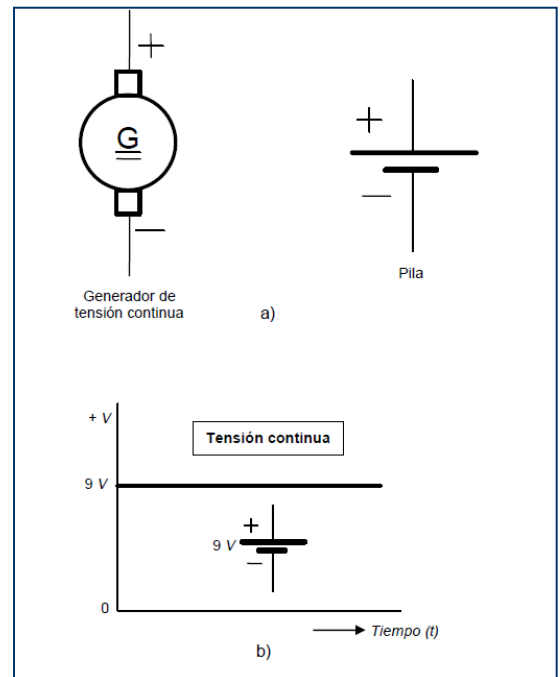


Fig. N° 23. a) Simbología de componentes típicos generadores de tensión continua.

b) Gráfico que representa una tensión continua.

## TIPOS DE CORRIENTE

### 1.4.2. Corriente alterna.

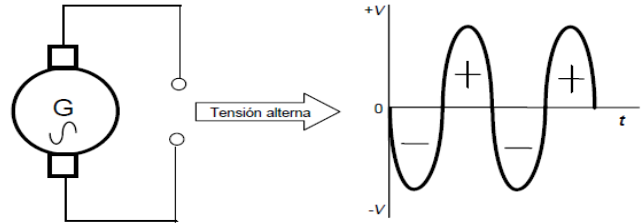
**Objetivo terminal:**

**El participante al terminar la discusión del Punto Clave N° 1.4.2, estará en capacidad de describir la corriente eléctrica alterna correctamente.**

Existe también la denominada *corriente alterna*, la corriente alterna existe cuando el sentido se va invirtiendo constantemente en función del tiempo.

Es como, por ejemplo, si fuéramos invirtiendo rápidamente la polaridad de la pila en una linterna; la bombilla recibiría corriente alterna, a veces un terminal de la bombilla se conectaría al polo + y otras veces al polo -, y también se encendería.

Es precisamente corriente alterna la que disponemos en la red eléctrica; todos los aparatos eléctricos y electrónicos que conectamos a la red, reciben corriente alterna. Esto es debido, en principio, a que los generadores eléctricos utilizados en las centrales eléctricas para suministrar la energía eléctrica son máquinas denominadas *alternadores*.



**Fig. N° 24. Símbolo de un alternador (generador de c.a.) y la forma de variación de la tensión que genera (tensión alterna).**

En la Fig. N° 24, se representa el símbolo de un generador de c.a., alternador, y la forma como varía la tensión que genera.

### CORRIENTE ALTERNA SENOIDAL O SINUSOIDAL.

Vamos a ver las características de este tipo de onda ( senoidal viene de la función *seno* (x) ), ya que es muy importante tanto en electricidad como en electrónica.

### Al número de períodos por segundo se llama frecuencia.

En España la frecuencia de la corriente alterna senoidal, es de 50 hercios o lo que es igual de 50 períodos por segundo. En América la frecuencia es de 60 Hz., es decir, 60 períodos por segundo.

TIPOS DE CORRIENTE

Toda senoide tiene dos alternancias (Fig. 25), una positiva y otra negativa. Dos alternancias seguidas, una positiva y otra negativa, constituye un ciclo.

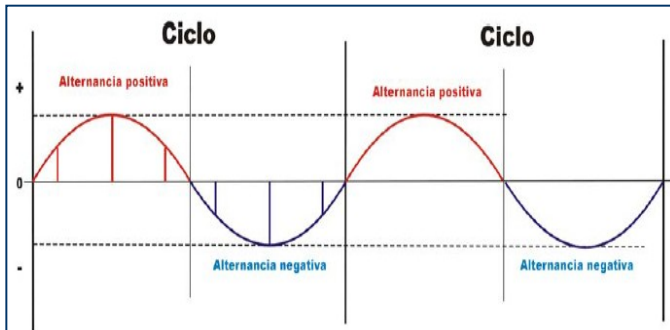
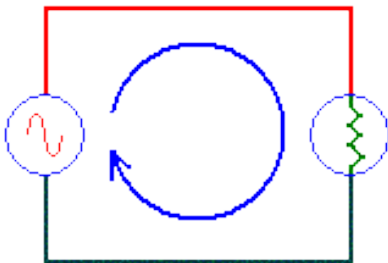


Fig. Nº 25 Dos alternancias seguidas constituyen un Ciclo



El tiempo que tarda en completarse un ciclo se llama período.

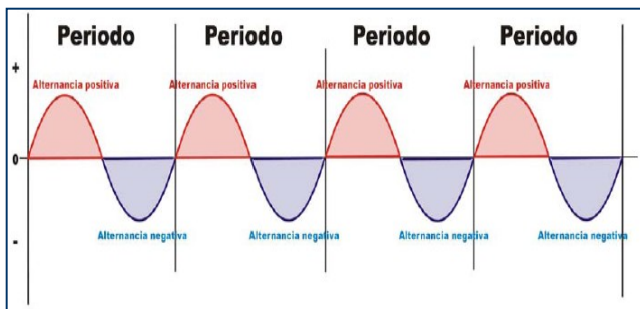


Fig. Nº 26 Cuatro Períodos por segundo.

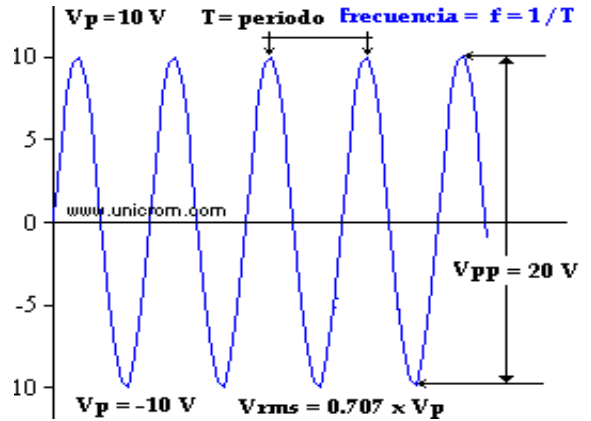


Fig. Nº 27 Tensión, sus variantes y Período

Como vemos en el dibujo, hay varios valores importantes que vamos a estudiar a continuación:

**Tensión de pico a pico (Vpp).**

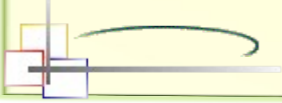
Es el valor de tensión que hay desde la cresta superior de la onda hasta la inferior. En este caso:  $V_{pp} = 10 - (-10) = 20 \text{ V}$ .

**Tensión de pico o tensión máxima (Vp o Vmax.).**

Es la tensión que hay desde el pico hasta el nivel medio de la onda. En nuestro caso:  $V_p = 10 \text{ V}$ .

**período. (T)**

Distancia en el eje X entre un pico y el siguiente. Se mide en segundos (s). Es el tiempo que tarda en completarse un ciclo.



# TIPOS DE CORRIENTE

Ahora enumeraremos otras magnitudes dependientes de estas que hemos visto:

### Frecuencia. (f o n)

Es la inversa del período.

$$f = 1/T$$

Se mide en hercios (Hz) que son el número de ciclos que hay en un segundo.

### Valor eficaz. (Vrms o Vef.)

Es el valor de pico dividido por la raíz cuadrada de 2.

$$V_{ef} = V_p / \sqrt{2}$$

Este valor es importante ya que una corriente alterna senoidal con este valor eficaz, suministra la misma energía a un circuito que una corriente continua de este valor.

### EJEMPLIFICACIÓN:

#### Valor RMS

La corriente alterna y los voltajes (cuando son alternos) se expresan de forma común por su valor efectivo o **RMS (Root Mean Square – Raíz Media Cuadrática)**.

Cuando se dice que en nuestras casas tenemos 120 o 220 voltios, éstos son **valores RMS** o eficaces.

### ¿Qué es RMS y por qué se usa?

Un **valor en RMS** de una corriente es el valor, que produce la misma disipación de calor que una corriente continua de la misma magnitud.

En otras palabras: el **valor RMS** es el valor del voltaje o corriente en C.A. que produce el mismo efecto de disipación de calor que su equivalente de voltaje o corriente directa.

**Ejemplo:** 1 amperio (ampere) de corriente alterna (c.a.) produce el mismo efecto térmico que un amperio (ampere) de corriente directa (c.d.) Por esta razón se utiliza el termino “efectivo”

El **valor efectivo** de una onda alterna se determina multiplicando su valor máximo por 0.707.

$$\text{Entonces } \mathbf{VRMS = VPICO \times 0.707}$$

**Ejemplo:** Encontrar el **voltaje RMS** de una señal con VPICO = 130 voltios

$$130 \text{ Voltios} \times 0.707 = 91.9 \text{ Voltios RMS}$$

## TIPOS DE CORRIENTE

### Valor Pico:

Si se tiene un **voltaje RMS** y se desea encontrar el voltaje pico:

$$VPICO = VRMS / 0.707$$

**Ejemplo:** encontrar el **voltaje Pico** de un **voltaje RMS**,  $VRMS = 120$  Voltios

$$VPICO = 120 \text{ V} / 0.707 = 169.7 \text{ Voltios Pico}$$

### Valor promedio:

El **valor promedio** de un ciclo completo de voltaje o corriente es cero (0).

Si se toma en cuenta sólo un semiciclo (supongamos el positivo) el valor promedio es:

$$VPR = VPICO \times 0.636$$

La relación que existe entre los **valores RMS** y **promedio** es:

$$VRMS = VPR \times 1.11$$

$$VPR = VRMS \times 0.9$$

**Ejemplo:** **Valor promedio** de senoide = 50 Voltios, entonces:

$$VRMS = 50 \times 1.11 = 55.5 \text{ Voltios}$$

$$VPICO = 50 \times 1.57 \text{ Voltios} = 78.5 \text{ Voltios}$$

Resumiendo en una tabla:

Valores dados	Para encontrar los valores		
	Máximo (pico)	RMS	Promedio
Máximo (pico)		$0.707 \times \text{Valor Pico}$	$0.636 \times \text{Valor Pico}$
RMS	$1.41 \times V_{RMS}$		$0.9 \times V_{RMS}$
Promedio	$1.57 \times \text{Promedio}$	$1.11 \times \text{Promedio}$	

Notas:

- El **valor pico-pico** es  $2 \times \text{Valor pico}$
- **Valor RMS** = Valor eficaz = Valor efectivo.

### El ángulo de fase.

La diferencia en el tiempo que existe entre la onda de tensión y la onda de corriente, es el ángulo de desfase  $f$  que existe entre la tensión y la corriente. Este ángulo es una característica del tipo de componente conectado a un circuito eléctrico alimentado con corriente alterna.

$f > -90^\circ$  componentes inductivos –resistivos.

$f = -90^\circ$  inductancia.

$f = 0^\circ$  Componentes resistivos puros.

$f < 90^\circ$  Componente capacitivo — resistivo.

$f = +90^\circ$  condensador.



## Tema 1.4:

### TIPOS DE CORRIENTE

Nos interesan los componentes más comunes, en este caso resistencias puras, como es el caso de un horno o un calefactor, donde el ángulo  $\phi = 0$ .

El caso de los motores, que son una combinación de resistencia e inductancia (bobina), el ángulo  $\phi > -90^\circ$ , como  $-65^\circ$ . Y finalmente, los condensadores usados en los sistemas de compensación de energía reactiva cuyo  $\phi = 90^\circ$ .

La corriente alterna lleva energía hacia los componentes del circuito y, de acuerdo a la naturaleza del circuito esta será utilizada de diferente forma:

Los componentes resistivos traducirán esta energía en calor que se irradia a hacia el exterior del circuito, para ser usado en el calentamiento de un proceso, por ejemplo: estos componentes usan la energía de la fuente en forma activa, como un consumo, entonces la potencia consumida por ellos, se denomina Potencia Activa o Potencia útil.

La unidad de la potencia activa es el watt (W). Y se le representa mediante la letra P.

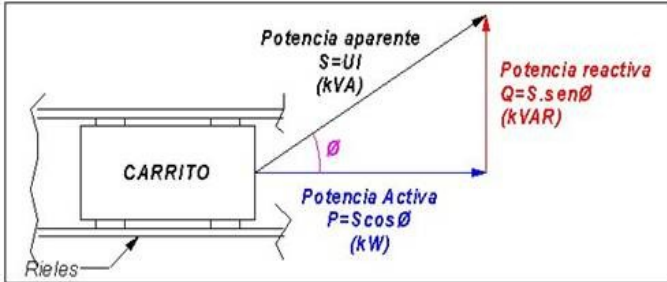
Los componentes inductivos usan la energía en crear campos magnéticos que reciben la misma y la devuelven al circuito, de esta manera, no se toma energía efectiva de la fuente. Este consumo se denomina potencia reactiva.

La unidad de la potencia reactiva es el Voltio Ampere Reactivo (VAR). Y se le representa mediante la letra Q.

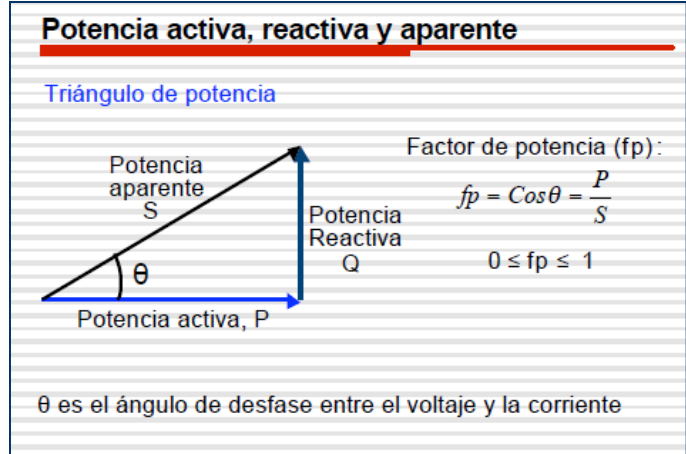
Los condensadores cuando son alimentados con corriente alterna, se encuentran en un proceso cíclico de carga y descarga dentro de ellos, es decir toman energía para cargar un campo eléctrico y la devuelven a la fuente al descargarse, ocurriendo un fenómeno similar al que ocurre con una inductancia, por lo que también consumen potencia reactiva.

Este consumo de potencia se puede visualizar mediante una analogía mecánica en la siguiente página, Fig. N° 28, imaginemos un carrito de tren que es tirado por una cuerda que no está alineada con la dirección del tren, sino que forma un ángulo  $\phi$  con ella, debido a esto ocurre lo siguiente:

## TIPOS DE CORRIENTE



**Fig. N° 28 Carrito de Tren tirado por cuerda**

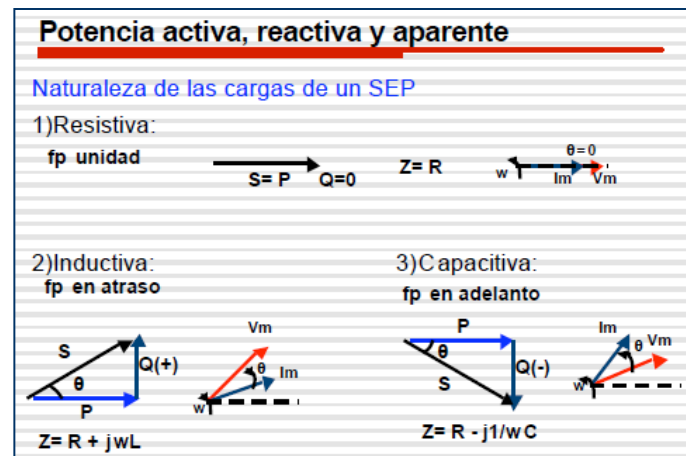


**Fig. N° 29 Potencia Activa, Reactiva y Aparente**

La potencia activa (P) contribuye efectivamente al movimiento del carro.

La potencia reactiva (Q) solamente tiende a pegarlo contra el riel y utiliza parte de la capacidad del que está jalando la cuerda, en forma inútil.

La potencia aparente (S) representa la capacidad total que se usa jalando la cuerda. En las siguientes gráficas, Fig. N° 29 y Fig. N° 30, se esquematizan estos procesos identificando las potencias activas, reactivas y aparentes.



**Fig. N° 30 Potencia Activa, Reactiva y Aparente**

## SISTEMAS DE POTENCIA ELÉCTRICA

### OBJETIVO PARTICULAR:

El participante, después de estudiar los temas de la unidad 2, Sistemas de Potencia Eléctrica, estará en capacidad de emplear, correctamente, un diagrama unifilar de un sistema de potencia, identificando los componentes básicos, las partes de generación, transmisión y distribución y los diferentes niveles de tensión.

### Contenido de la unidad

**Tema:**  
2.1 GENERACIÓN,  
TRANSMISIÓN Y  
DISTRIBUCIÓN



**Puntos clave:**  
2.1.1. Producción de energía eléctrica.  
2.1.2. Transmisión.  
2.1.3. Distribución.

**Tema:**  
2.2 COMPONENTES  
TÍPICOS



**Puntos clave:**  
2.2.1. Componentes de operación.  
2.2.2. Componentes de protección.

**Tema:**  
2.3 NIVELES DE  
TENSIÓN

**Tema:**  
2.4 EL DIAGRAMA  
UNIFILAR

**Tema:**  
2.5 INSTRUMENTOS  
USADOS



**Puntos clave:**  
2.5.1. Instrumentos analógicos y digitales.  
2.5.2. Instrumentos de medida.  
2.5.3. Instrumentos de Prueba.

# GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN

### Objetivo Específico 2.1

El participante, después de discutido el Tema N° 2.1. “**Generación, Transmisión y Distribución de energía eléctrica**”, estará en capacidad de interpretar las etapas de generación, transmisión y distribución, correctamente.

#### Puntos clave:

2.1.1. Producción de energía eléctrica.

2.1.2. Transmisión.

2.1.3. Distribución.

## Unidad 2: Sistemas eléctricos de potencia eléctrica.

Se define como el conjunto de elementos que constituyen la red eléctrica de potencia siendo su función: generar, transmitir y distribuir la energía eléctrica hasta los usuarios, bajo ciertas condiciones y requerimientos.

Los sistemas de potencia son estructuras complejas y extensas y debido a múltiples factores (estratégicos, económicos, etc.), no operan de manera aislada; sino que por el contrario, se encuentran relacionados entre

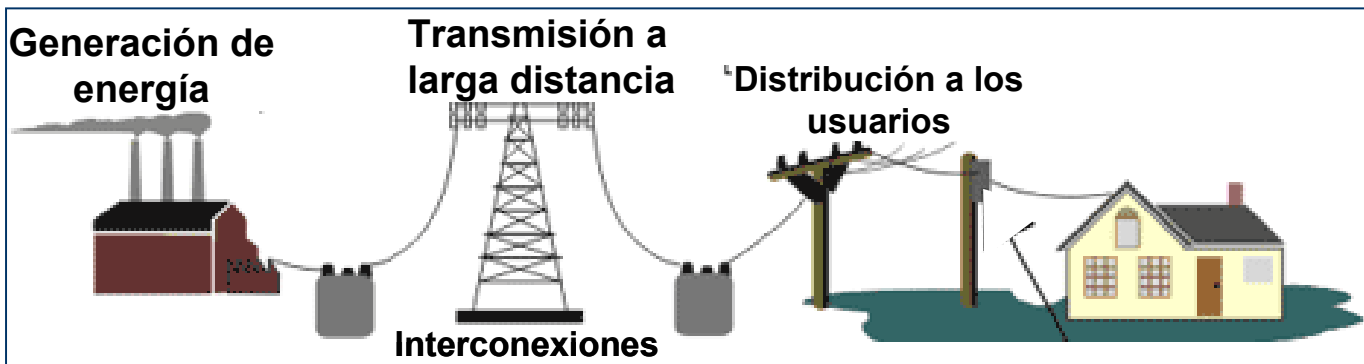
sí, constituyendo lo que se denomina un Sistema Interconectado.

Las interconexiones en los sistemas de potencia se llevan a cabo en el nivel de transmisión, esto encuentra su justificación en la posibilidad de poder intercambiar fácilmente grandes bloques energéticos.

### 2.1.1. Generación o producción de energía eléctrica.

#### Objetivo terminal:

*El participante al terminar la discusión del Punto Clave N° 2.1.1, estará en capacidad de nombrar los diferentes procesos para la producción de energía eléctrica, correctamente.*



# GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN

El sistema de generación es la parte básica del sistema de potencia, ésta se encarga de entregar la energía eléctrica al sistema, esto a partir de la transformación de distintos tipos de energía primaria. El conjunto de unidades generadoras reciben el nombre de centrales o plantas de generación, siendo su tarea tomar una fuente primaria de energía y convertirla en energía eléctrica.

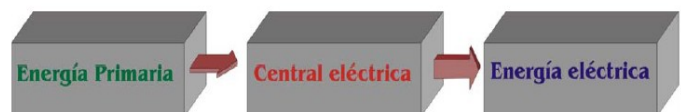
**La energía no se crea**, está en la naturaleza y se puede transformar para sacar un rendimiento útil. El hombre ha evolucionado en bienestar conforme encontraba utilidades a la energía; pero el gran salto se consiguió al transformar las distintas clases de energías primarias en electricidad. Un ejemplo: antes, para poder aprovechar la fuerza del agua de un río, se utilizaba la noria y hacer que se moviera la piedra del molino. Esta noria debía de estar necesariamente en la orilla del río. La electricidad permite cambiar la noria por un motor, y colocarlo a muchos kilómetros del río donde se genera la fuerza necesaria para moverlo. Por tanto, el descubrimiento de poder transportar la energía a través de unos conductores, es lo que hace que la **“energía eléctrica”**

sea la más interesante de todas las formas que aparecen en la naturaleza, unido esto, a la posibilidad de almacenamiento en acumuladores adecuados, la hace que, además, sea una de las formas más económicas en transformarla en otra clase de energía.

La electricidad que consumimos se produce básicamente al transformar la energía cinética en energía eléctrica. Para ello, se utilizan turbinas y generadores.

Las turbinas son enormes ruedas con alabes y engranajes que rotan sobre sí mismos una y otra vez, impulsados por una energía externa. Los generadores son aparatos que transforman la energía cinética de movimiento de una turbina, en energía eléctrica (parecido a un alternador muy grande).

Existen dos tipos principales de centrales generadoras de electricidad: hidroeléctricas y termoeléctricas (térmicas a vapor, térmicas a gas y de ciclo combinado).



En el esquema de la Fig. N° 31, se puede observar el recorrido de la energía hasta transformarse de energía primaria en energía

# GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN

eléctrica y los diferentes tipos de centrales eléctricas.

Las centrales eléctricas, son “fábricas de producción de energía eléctrica. Donde se

transforma una energía primaria en energía eléctrica.

Según el tipo de energía primaria, las centrales eléctricas reciben diferentes denominaciones:

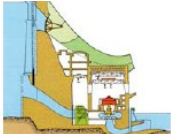
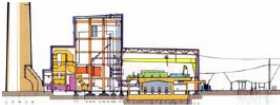




Energía primaria	Tipo de central eléctrica	
1.Salto de agua	Central hidráulica	
2.Quema de carbón, petróleo, gas, etc.	Central térmica	
3.Reacción de fusión, fusión de núcleo atómico	Central nuclear	
4.Movimiento del mar	Central maremotriz	
5.Calor recogido de la tierra	Central geotérmica	
6.Calor procedente del sol	Central solar	
7.Luz procedente del sol	Central fotovoltaica	
8.Producido por el viento	Central eólica	

Fig. N° 31 La Energía primaria y los diferentes tipos de Centrales Eléctricas



# GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN

**Centrales hidroeléctricas:** utilizan la fuerza y velocidad del agua para hacer girar las turbinas. Las hay de dos tipos: de pasada (que aprovechan la energía cinética natural del agua de los ríos) y de embalse (el agua se acumula mediante presas, y luego se libera con mayor presión hacia la central eléctrica).

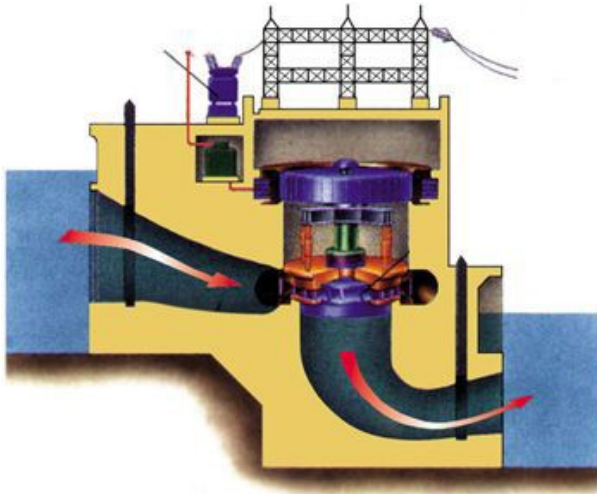


Fig. N° 32 Central Hidroeléctrica

**Centrales termoeléctricas:** usan el calor para producir electricidad. Calientan una sustancia, que puede ser agua o gas, los cuales al calentarse salen a presión y mueven turbinas y entonces el movimiento se transforma. Como ya hemos visto, para alimentar una central termoeléctrica se pueden usar muchas fuentes energéticas: carbón, petróleo, gas natural, energía solar, geotérmica o nuclear, biomasa.

Estas son las utilizadas principalmente:

**1. Centrales térmicas a vapor.** En este caso, se utiliza agua en un ciclo cerrado (siempre es la misma agua). El agua se calienta en grandes calderas, usando como combustible el carbón, gas, biomasa, etc. La turbina se mueve debido a la presión del vapor de agua, y su energía cinética es transformada en electricidad por un generador.

**2. Centrales térmicas a gas.** En vez de agua, estas centrales utilizan gas, el cual se calienta utilizando diversos combustibles (gas, petróleo o diesel). El resultado de esta combustión es que gases a altas temperaturas movilizan a la turbina, y su energía cinética es transformada en electricidad.

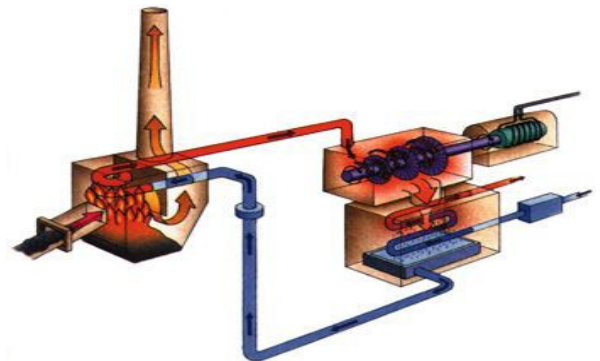


Fig. N° 33 Central Térmica

# GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN

### 3. Centrales de ciclo combinado.

Utilizan dos turbinas, una a gas y otra a vapor. El gas calentado moviliza a una turbina y luego calienta agua, la que se transforma en vapor y moviliza, a su vez, a una segunda turbina.

Hay otros tipos de centrales eléctricas que se emplean en la actualidad. Ej.: central eólica con aerogeneradores (los alabes de los aerogeneradores actúan de turbina).

**Central solar con paneles solares y fotovoltaicos:** los paneles solares sólo calientan agua u otro líquido, y los fotovoltaicos recogen la radiación del sol en forma de fotones creando una diferencia de potencial en placas de Silicio u otras, acumulando la electricidad generada en baterías. En la Fig. Nº 34 se muestran Centrales Solar y Eólica.



Fig. Nº 34: b) Central Solar



Fig. Nº 34: a) Central Eólica

**Central nuclear** (que a partir de la fisión (“rotura”) de un átomo de isótopo de Uranio u otro, crea energía en forma de calor y “radiaciones”, que calientan agua hasta la evaporación para así mover los alabes de las turbinas y ese movimiento lo aprovecha el generador para generar la electricidad).

Otras: **Mareomotriz, Biomasa, Geotérmica.**

*Sabías que..., se está experimentando con un tipo de energía nuclear llamada fusión, que consiste en la unión de dos núcleos de átomos, en la cual se libera mucha, más energía que en la fisión. Pero hay un problema, y es que no hay un material que pueda retener esa energía, solo se ha podido retener con un estado de materia llamado plasma\* conjuntamente con campos electromagnéticos. El día que se pueda utilizar esta energía nos bastará un poquito para que nos funcione el carro durante siglos y siglos... ¡si nos dura el carro!.*

# GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN

## 2.1.2. Transmisión.

**Objetivo terminal:**

***El participante al terminar la discusión del Punto Clave N° 2.1.2, estará en capacidad de identificar la etapa de transmisión en un sistema de potencia eléctrico, sin omitir ninguna.***

La ubicación de las grandes centrales de generación eléctrica, obligan a transportar grandes bloques energéticos generados a través de grandes distancias, de manera que lleguen a los centros de consumo.

Los grandes recursos hidráulicos en Venezuela se ubican en la región de Guayana, mientras que las centrales térmicas se encuentran en la zona central, de manera que para unir todas estas fuentes de generación, con los apartados centros de consumos se emplean las redes de transmisión de potencia eléctrica.

En Venezuela las áreas que conforman el Sistema Interconectado Nacional se encuentran unidas mediante un sistema de transmisión que alcanza los niveles de tensión de 230, 400 y 765 KV.

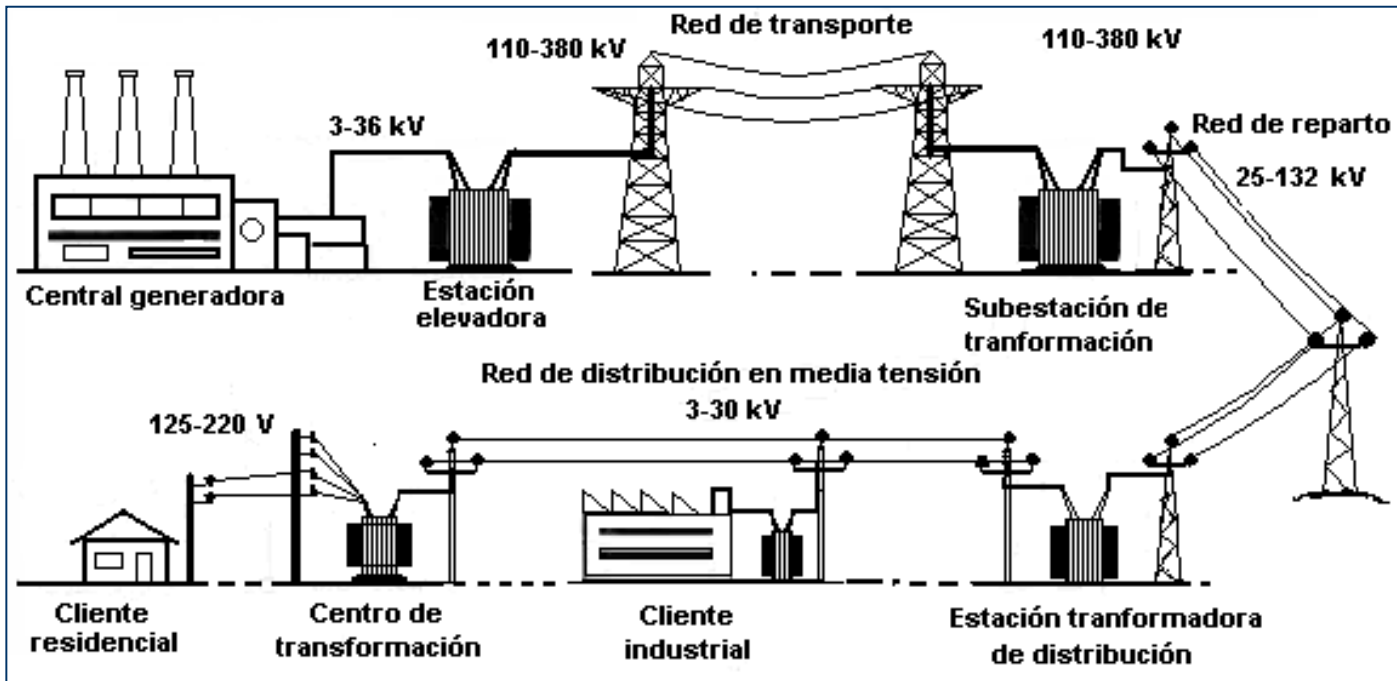


Fig. N° 35 Sistema de Transmisión Eléctrica.

# GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN

Cada uno de estos sistemas recibe el nombre de Red Troncal de Transmisión, presentando longitudes apreciables como el enlace Guayana – Centro que posee aproximadamente 650 Km.

Cuando se duplica el voltaje de una línea de transmisión se cuadruplica la potencia, por ello cada vez las tensiones de operación son mayores. Por ejemplo, si se quisiera transmitir una potencia de 2.000 MW a 400 KM de distancia, se necesitarían aproximadamente:

- 45 líneas de 115 KV,
- 15 líneas de 230 KV;
- 4 líneas de 380 KV,
- 2 líneas de 500 KV o
- 1 línea de 700 KV.

En el esquema de la Fig. N° 35 y Fig. N° 36, vemos que la tensión alterna sufre aumentos y disminuciones en su valor para optimizar el transporte de energía y reducir al máximo las pérdidas. La forma de onda que se transporta es en todo momento una tensión alterna senoidal.

Las tres líneas R, S, y T están desfasadas 120°. La tensión trifásica es la que se utiliza para transporte, ya que es la mas efectiva. Para el suministro al usuario se utilizan ambas, trifásica y monofásica.

*Nota: Sabías que..., que la electricidad se transporta a una tensión muy alta y una intensidad muy baja, porque así se calientan menos los cables y por tanto hay menos pérdidas de energía en su recorrido.*

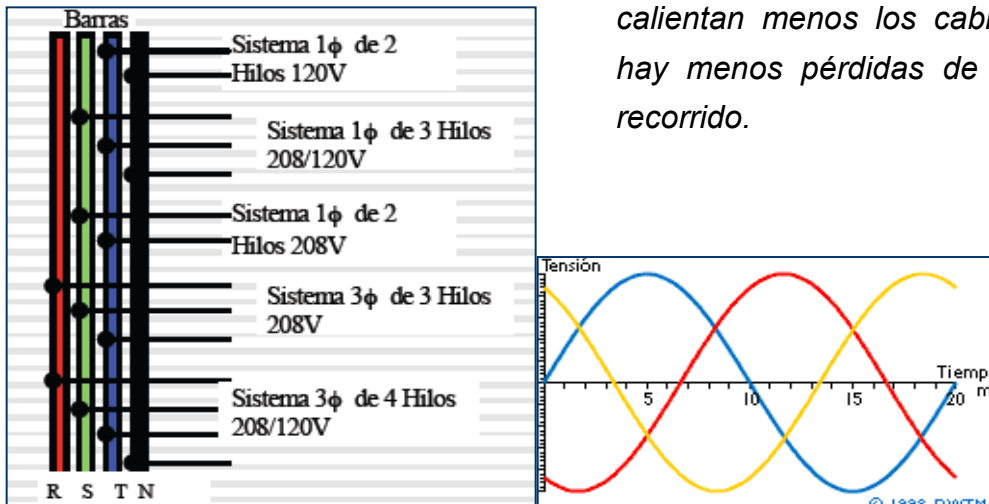


Fig. N° 36 Sistemas de hilos de transmisión y esquema Senoidal

# GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN

### 2.1.3. Distribución:

#### **Objetivo terminal:**

***El participante al terminar la discusión del Punto Clave N° 2.1.3, estará en capacidad de identificar las etapa de distribución en un sistema de potencia eléctrico, sin omitir ninguna.***

Comprende las técnicas y sistemas empleados para la conducción de la energía hasta los usuarios dentro del área de consumo, es decir que el sistema de distribución es el último elemento del sistema de potencia antes de llegar a los consumidores.

La energía eléctrica es transmitida frecuentemente en bloques de magnitud considerable y en altas tensiones desde el punto de generación hasta el área donde se pretende distribuirla, de ahí que sea necesario ejecutar uno o más pasos de transformación para llevarla a los niveles de utilización.

Dentro del sistema de distribución se distinguen dos grandes niveles bien diferenciados:

**Sistema de Distribución Primario:** comienza a la salida de las sub estaciones de distribución, desde este punto los circuitos llamados de sub transmisión, alimentan a los transformadores de

distribución; las subestaciones de distribución transforman este voltaje al de los denominados alimentadores primarios (el voltaje generalmente se encuentra entre 2,4 y 13,8 KV). En este nivel pueden ser alimentados ciertos consumidores especiales como las industrias; estas alimentaciones se caracterizan porque están conectadas a un solo punto o sub estación de distribución (sistema radial).

**Sistema de Distribución Secundario:** los transformadores de distribución reducen el voltaje primario al voltaje secundario o de utilización, la energía se distribuye por último a través de los circuitos secundarios de distribución hasta las acometidas individuales. Esta parte del sistema corresponde a los menores niveles de potencia y tensión, estando más cerca del consumidor promedio.

En Venezuela es común que las empresas eléctricas suministren potencia en cuatro niveles de voltaje básicos y sus combinaciones:

- 1°. 120/240 V (1 y 2 fases);
- 2°. 208 V (2 y 3 fases);
- 3°. 480 y 600 V (3 fases).

De acuerdo a su configuración los sistemas de distribución pueden ser: Radiales; anillo y networks secundario.



# COMPONENTES TÍPICOS

### Objetivo específico N° 2.2.

El participante después de finalizada la discusión del tema, "Componentes Típicos", estará en capacidad de explicar, con sus propias palabras, el funcionamiento básico de los componentes típicos de un sistema de potencia eléctrico, correctamente.

#### Puntos clave:

2.2.1. Componentes de operación.

2.2.2. Componentes de protección.

## 2.2. Componentes típicos.

### 2.2.1 Componentes de operación.

- a) El seccionador.
- b) El interruptor.
- c) El disyuntor.
- d) El contactor.

#### Objetivo terminal

*El participante al terminar la discusión del Punto Clave N° 2.2.1, estará en capacidad de identificar los componentes de operación del sistema de potencia, sin omitir ninguno.*

En la operación de la red eléctrica aparece la necesidad de ejecutar maniobras, conectar y desconectar cargas. Esta acción se realiza mediante dispositivos de interrupción, al establecer o cortar la corriente, siempre se observa la presencia de un arco eléctrico.

El dispositivo debe ser capaz de establecer la corriente y de interrumpirla, al menos la corriente que corresponda a sus características de diseño.

#### a) El seccionador:

Con el fin de evitar riesgos innecesarios, los equipos eléctricos deben ser manipulados sin carga, tanto para su mantenimiento como su reparación.

Para poder cumplir con este requisito disponemos de un concepto, el seccionamiento.

El seccionamiento consiste en aislar eléctricamente una instalación o circuito eléctrico de la red de alimentación eléctrica, dejando dicha instalación o circuito sin carga o en vacío.

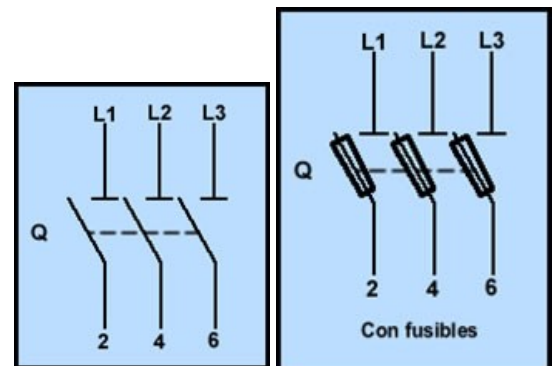


Fig. N° 37 Esquema de seccionadores



# COMPONENTES TÍPICOS

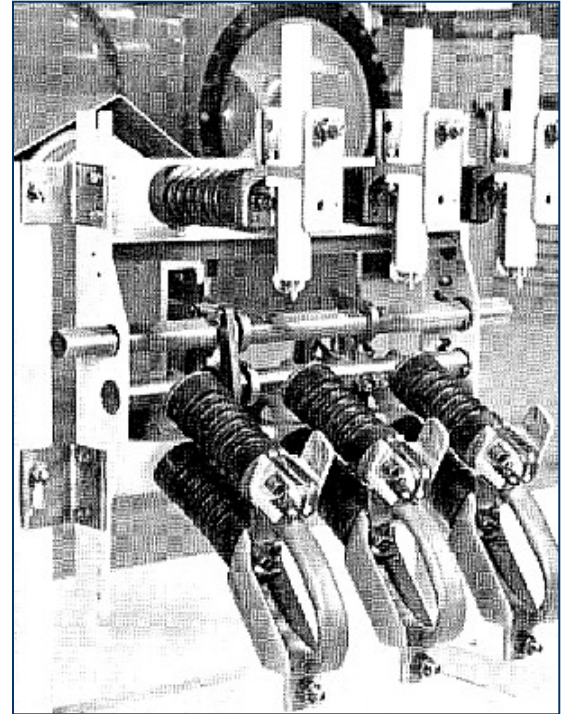
El seccionamiento se puede realizar con los siguientes dispositivos eléctricos:

- El seccionador.
- El seccionador con fusibles.

El seccionador eléctrico es un dispositivo mecánico capaz de mantener aislada una instalación eléctrica de su red de alimentación según una norma.

Es un dispositivo de ruptura lenta, puesto que depende de la manipulación de un operario. Este dispositivo, por sus características, debe ser utilizado siempre sin carga o en vacío. Es decir, el proceso de desconexión debe seguir necesariamente este orden:

1. Desconexión del interruptor principal.
2. Desconexión del seccionador.
3. Colocación del candado de seguridad en la maneta del seccionador (siempre que sea posible), de esta forma evitamos que otro operario de forma involuntaria conecte el circuito.
4. Colocación del cartel indicativo de avería eléctrica o similar.
5. Ahora y SOLAMENTE AHORA, podemos manipular la instalación afectada.



**Fig. N° 38 Seccionador de alta tensión**

Para el proceso de conexión procederemos de forma inversa:

- 1. Conexión del seccionador.**
- 2. Conexión del interruptor principal.**

Este procedimiento no se puede intercambiar, pues en primer lugar, correríamos un grave peligro, y en segundo lugar, el seccionador no actuaría teóricamente por sus propias características constructivas.

## COMPONENTES TÍPICOS

En conclusión:

El Seccionador es un dispositivo **mecánico** de conexión que, por razones de seguridad, asegura, en posición de abierto, una distancia de seccionamiento que satisface unas determinadas condiciones de aislamiento.

El seccionador **SÓLO** es capaz de abrir o cerrar el circuito, cuando la corriente es despreciable o no hay diferencia de potencial entre sus contactos.

El Seccionador **NO TIENE PODER DE CIERRE NI DE CORTE**, debe trabajar sin carga. Se utiliza para garantizar la desconexión de la instalación cuando se realizan trabajos sobre ella. En las Fig. Nº 37, 38 y 39 se muestran unos esquemas y fotos de los mismos.

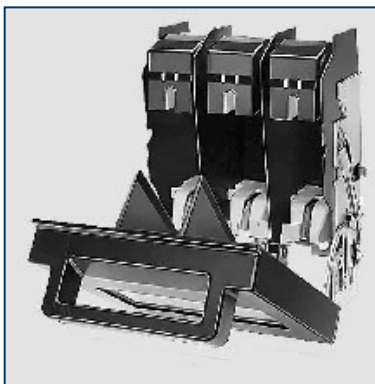


Fig. Nº 39 Seccionador con fusibles para baja tensión

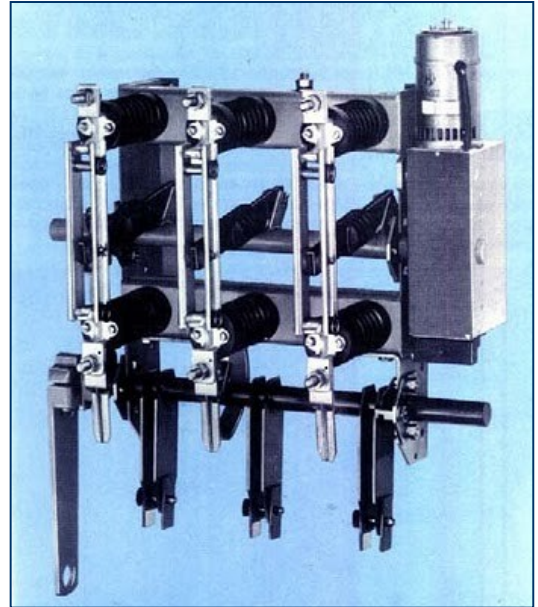
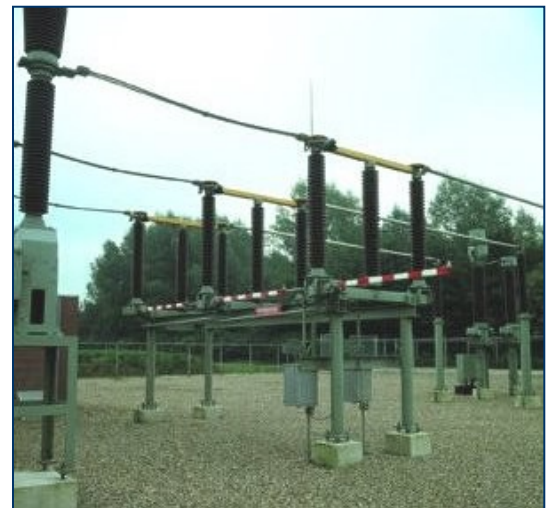


Fig. 40 Seccionador de cuchillas giratorias, el más utilizado en media tensión tanto para instalación a intemperie como interior



Seccionador de pantógrafo

# COMPONENTES TÍPICOS

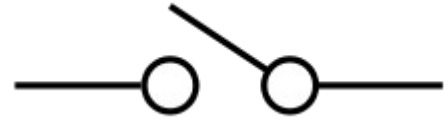
## b) EL interruptor.

Un interruptor eléctrico es un dispositivo utilizado para desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica. En el mundo moderno las aplicaciones son innumerables, van desde un simple interruptor que apaga o enciende un bombillo, hasta un complicado selector de transferencia automático de múltiples capas controlado por computadora.

Su expresión más sencilla consiste en dos contactos de metal inoxidable y el actuante. En la Fig. N° 41, podemos ver un esquema del mismo.

Los contactos, normalmente separados, se unen para permitir que la corriente circule. El actuante es la parte móvil que en una de sus posiciones hace presión sobre los contactos para mantenerlos unidos.

De la calidad de los materiales empleados para hacer los contactos, dependerá la vida útil del interruptor. Para la mayoría de los interruptores domésticos se emplea una aleación de latón (60% cobre, 40% zinc).



**Fig. N° 41 Símbolo o esquema de un interruptor**

Esta aleación es muy resistente a la corrosión y es un conductor eléctrico apropiado. El aluminio es también buen conductor y es muy resistente a la corrosión.

En los casos donde se requiera una pérdida mínima se utiliza cobre puro por su excelente conductividad eléctrica. El cobre bajo condiciones de condensación, puede formar óxido de cobre en la superficie interrumpiendo el contacto. La Fig. N° 42 muestra una variedad de interruptores.



**Fig. N° 42 Variedad de interruptores**

# COMPONENTES TÍPICOS

### c) EL Disyuntor o Interruptor automático.

La característica más notable del interruptor automático, también llamado disyuntor, es poder operar estableciendo e interrumpiendo cualquier valor de corriente hasta la que corresponde a su poder de interrupción (corriente de cortocircuito).

Cuando se presenta un cortocircuito la elevada corriente debe ser interrumpida después de un breve tiempo, tanto para proteger el interruptor mismo, como para el resto de los elementos de la red.

El interruptor está asociado a relés que censan la corriente, y según sea su valor comandan la actuación, un relé térmico, (basado en un bimetálico por ejemplo) produce el disparo en un tiempo inversamente proporcional al valor de la corriente.



Fig. N° 43 Disyuntor o Contactor

Un relé magnético (basado en una bobina por ejemplo) produce el disparo prácticamente instantáneo, en este caso la duración de la falla será mínima, sumándose al tiempo del relé la breve duración del arco (del orden de un semiciclo o menos para un interruptor de calidad de hasta algún centenar de A de corriente nominal).

La energía necesaria para que el interruptor abra debe encontrarse acumulada, de manera que el relé la libere cuando corresponda, en algunos modelos de interruptores se aprovecha también, la fuerza electromagnética de repulsión para lograr la mejor interrupción.

La energía está acumulada generalmente en un resorte que al momento del cierre, se carga.

Los daños debidos a cortocircuito pueden ser evitados con la rápida desconexión del circuito fallado, y un adecuado dimensionamiento de los interruptores, en el supuesto que durante la vida de la instalación se presentan cortocircuitos.

Los interruptores y la instalación deben ser capaces de soportar las condiciones de cortocircuito por el tiempo que corresponde a la actuación de las protecciones. Es evidente que una mayor rapidez de las



# COMPONENTES TÍPICOS

protecciones permite un dimensionamiento menos costoso.

Las sobrecargas se presentan en cambio, cuando se pretende utilizar los elementos de la instalación mas allá de lo previsto. Cuando en un ramal se conectan mas cargas que las que la instalación es capaz de soportar o cuando las máquinas accionadas impulsan cargas mayores de las previstas, en este caso la interrupción también puede ser realizada por un contactor.



Fig. N° 44 Disyuntor o Contactor

**Elemento de disparo térmico:** este elemento es un relé térmico que se encarga de actuar cuando se produce una sobrecarga.

**Elemento de disparo magnético:** es una bobina por la que circula la corriente a controlar. Cuando la corriente alcanza un determinado múltiplo de la intensidad nominal de la bobina, “atrae” una pieza metálica cuyo movimiento provoca el disparo de la protección. Su misión es la protección contra circuitos.

La curva característica de respuesta de un interruptor magneto térmico, consta de dos zonas para el disparo térmico y otro para el magnético.

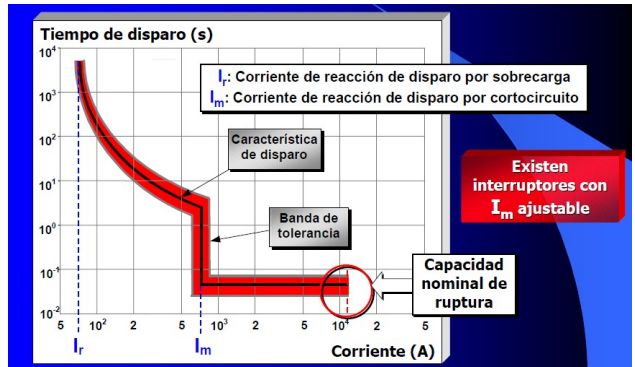


Fig. N° 45 Curva de la respuesta de un interruptor magnético

### En conclusión:

El Interruptor *automático* o *disyuntor*, es un dispositivo electromecánico de conexión capaz de establecer, soportar e interrumpir la corriente del circuito en condiciones normales y circunstancialmente en condiciones de fallo (cortocircuito).

# COMPONENTES TÍPICOS

### d) El contactor.

El contactor es un aparato proyectado para hacer un número enorme de maniobras (cientos de miles o millones), y tiene características especialmente adecuadas para maniobrar motores.

Su poder de interrupción es comparativamente menor que el del interruptor (del orden de 10 veces la corriente nominal, mientras que para el interruptor se habla de 100 veces).

Este aparato tiene una única posición estable (de equilibrio), el movimiento de los contactos se produce por acción de una bobina, que permanece excitada para mantenerlo cerrado.

Cuando la bobina se desexcita los contactos vuelven a la posición de reposo (se abren), al comparar con el interruptor se nota que este tiene dos posiciones estables, abierto y cerrado.

También el contactor está asociado a un relé térmico, que acciona un contacto que interrumpe la corriente en la bobina

También el contactor esta asociado a un relé térmico, que acciona un contacto que interrumpe la corriente en la bobina (cuando corresponde) y comanda así la apertura, desconecta la carga cuando se presenta una situación de sobrecarga.

Ciertos contactores tienen relés más sofisticados que comparan las corrientes de las tres fases comandando la actuación si estas no son iguales (protegen de interrupciones de una fase, u otros desequilibrios).

Si ocurre un cortocircuito, de valor elevado, que supera la prestación del contactor, para su protección se instala un fusible, al que se le asigna la función de interrumpir las corrientes de falla elevadas y proteger así el contactor y el resto del circuito.

En casos de instalaciones industriales la continuidad del servicio, y las facilidades de mantenimiento hacen preferir la combinación de un interruptor con protector solo magnético, combinado con un contactor con su relé térmico.

También en estos casos y para facilitar



# COMPONENTES TÍPICOS

el mantenimiento, el conjunto de aparatos que controlan el motor están montados en una bandeja o carro, que puede ser desmontable, extraíble, a veces seccionable, el tablero que tiene estas características se llama centro de control de motores.

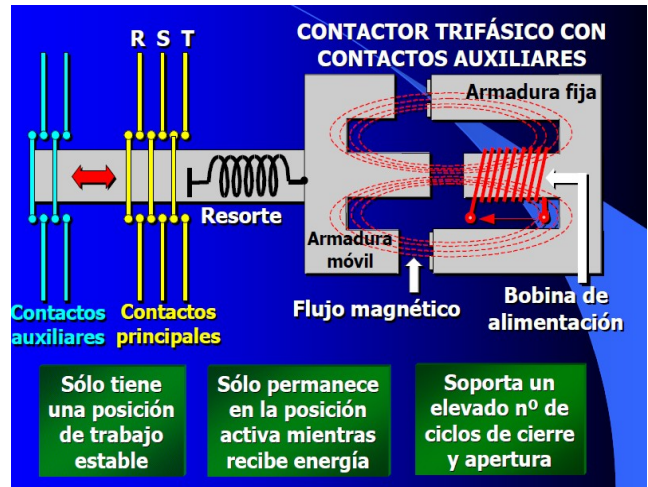
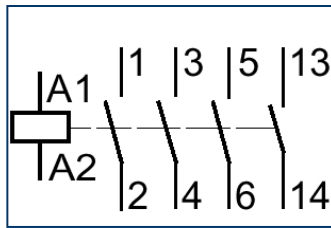
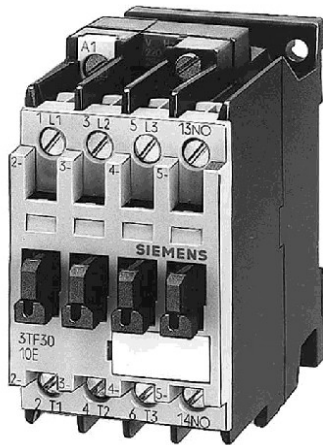


Fig. N° 46 Contactor Trifásico

### 2.2.2. Componentes de protección.

- Relés
- Fusibles

#### Objetivo terminal

***El participante al terminar la discusión del Punto Clave N° 2.2.2, estará en capacidad de identificar los componentes de protección del sistema de potencia correctamente.***

Toda instalación eléctrica tiene que estar dotada de una serie de protecciones que la hagan segura, tanto desde el punto de vista de los conductores y los aparatos a ellos conectados, como de las personas que han de trabajar con ella.

En conclusión:

El Contactor es un aparato electromecánico de conexión desconexión con una sola posición de reposo estable (abierto o cerrado) capaz de ser accionado por diferentes tipos de energía pero no la manual. Pueden establecer, interrumpir y soportar las corrientes normales de la instalación y no las de cortocircuito; para este propósito se usan conjuntamente con fusibles limitadores. En la Fig. N° 46 se puede ver un contactor Trifásico.

# COMPONENTES TÍPICOS

Existen muchos tipos de protecciones, que pueden hacer a una instalación eléctrica completamente segura ante cualquier contingencia, pero hay dos que deben usarse en todo tipo de instalación: de alumbrado, domesticas, de fuerza, redes de distribución, circuitos auxiliares, etc., ya sea de baja o alta tensión. Estas dos protecciones eléctricas, son:

- a) Protección contra cortocircuitos (sobre corriente).
- b) Protección contra sobrecargas.

Para implementar estas protecciones se usan los relés y los fusibles. En la Fig. N° 47 se relacionan aspectos de las sobre intensidades.

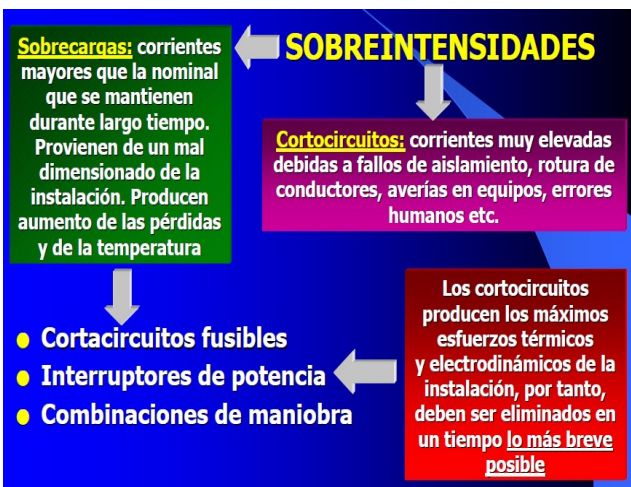


Fig. N° 47 Sobre intensidades

a) El **relé** o **relevador**, es un dispositivo electromecánico o de estado sólido que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, (o de dispositivos de estado sólido) se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Fue inventado por Joseph Henry en 1835.

Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico. Como tal se emplearon en telegrafía, haciendo la función de repetidores que generaban una nueva señal con corriente procedente de pilas locales a partir de la señal débil recibida por la línea. Se les llamaba "relevadores". De ahí la denominación de "relé".

### Relés de sobre corriente:

Este es un relé electromagnético o electrónico con o sin retardo (instantáneo) que reacciona ante una sobre intensidad de corriente, por ejemplo, un cortocircuito.

## COMPONENTES TÍPICOS

Mediante un contacto auxiliar del relé se produce una desconexión remota, por ejemplo, del interruptor automático correspondiente.

### Relés de sobrecarga :

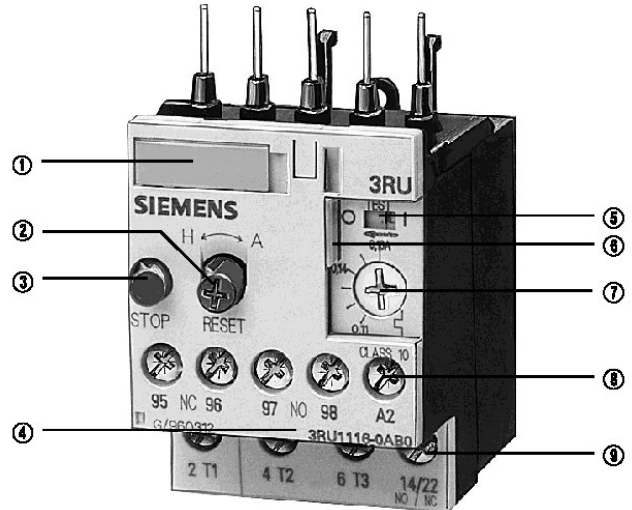
Es un relé con retardo dependiente de la intensidad de la corriente, que en caso de sobrecarga opera según una característica de tiempo-corriente y, de esta manera, protege ante sobrecargas a los aparatos de maniobra como también a los consumidores.

Los relés de sobre corriente se emplean para proteger contra sobrecalentamientos inadmisibles de los equipos eléctricos, tales como motores y transformadores.

Un sobrecalentamiento en un motor puede provenir de una sobrecarga en su eje, de un consumo asimétrico de corriente, provocada por una asimetría de las tensiones de la red o la falta de una de las fases (sistema de alimentación de la red), e incluso por un bloqueo del rotor. En estos casos el relé de sobre corriente supervisa la corriente consumida por todos los polos del consumidor.

Los relés de sobre corriente trabajan, como medio de protección dependiente de la

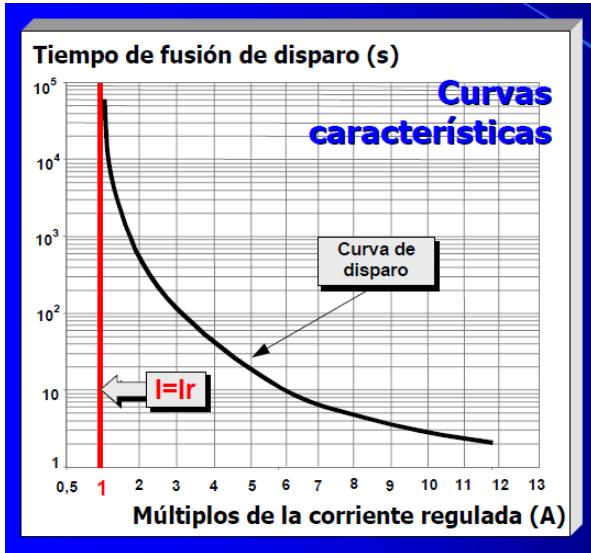
corriente, sobre la base de bimetales o de circuitos electrónicos.



**Fig. N° 48 Relé de sobre carga**

- ① Plaquita de características
- ② Conmutador selector RESET manual/automático
- ③ Tecla STOP
- ④ N° de pedido completo en el frontal del aparato
- ⑤ Indicación del estado de conexión y función de prueba TEST
- ⑥ Cubierta transparente precintable (para proteger el tornillo de ajuste de la intensidad, la función TEST y el posicionamiento de RESET manual/automático)
- ⑦ Tornillo de ajuste de la intensidad
- ⑧ Borne de repetición de bobina (con montaje a contactor)
- ⑨ Borne de repetición de contactos auxiliares (con montaje a contactor)

## COMPONENTES TÍPICOS

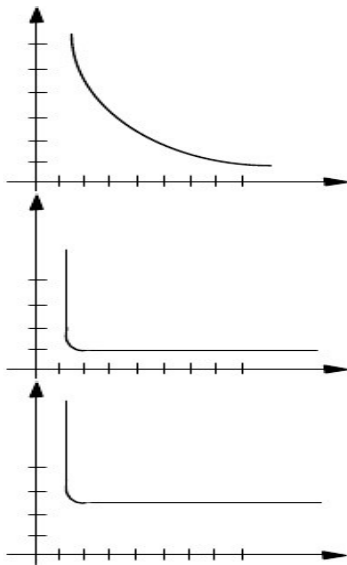


El calor que se produce en un conductor por el que circula corriente, se aprovecha en este aparato para detectar el valor de la corriente y si éste persiste en el tiempo, el calor acumulado funde al conductor; se genera un arco eléctrico que finalmente interrumpe la corriente.

Cuanto mayor es el valor de la corriente menos tiempo tarda el fusible en alcanzar la condición de fusión (tiempo de prearco), con una corriente determinada lo alcanza en un semiciclo, y por arriba de ese valor el fusible funde en tiempos que son menores a un semiciclo.



RELÉ SIEMENS 7SJ6005 USADO EN PLANTA DE PELLAS



Los fusibles o cortacircuitos, según se ve en la Fig. N° 51, no son más que una sección de hilo más fino que los conductores normales, colocado en la entrada del circuito a proteger, para que al aumentar la corriente, debido a un cortocircuito, sea la parte que mas se caliente, y por tanto la

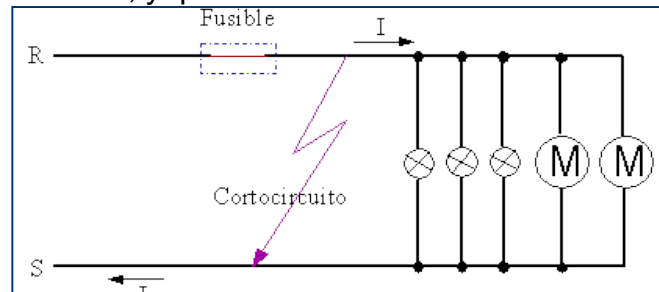


Fig. N° 51 Fundamentos del corto circuito o fusible

### b) Fusibles

Tomas Alva Edison, de profesión inventor, y sobre todo de aparatos eléctricos, fue también inventor del fusible antes de iniciar el siglo XX.



# COMPONENTES TÍPICOS



primera en fundirse. Una vez interrumpida la corriente, el resto del circuito ya no sufre daño alguno.

Antiguamente los fusibles eran finos hilos de cobre o plomo, colocados al aire, lo cual tenía el inconveniente de que al fundirse saltaban pequeñas partículas incandescentes, dando lugar a otras averías en el circuito.

Actualmente la parte o elemento fusible suele ser un fino hilo de cobre o aleación de plata, o bien una lámina del mismo metal para fusibles de gran intensidad, colocados dentro de unos cartuchos cerámicos llenos de arena de cuarzo, con lo cual se evita la dispersión del material fundido; por tal motivo también se denominan cartuchos fusibles. Los cartuchos fusibles son protecciones desechables, cuando uno se funde se sustituye por otro en buen estado. En la Fig. N° 52 se observa un corte de un fusible y sus indicaciones principales.

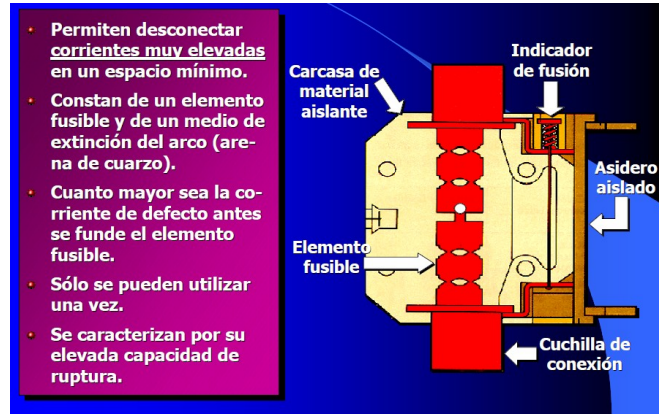


Fig. N° 52 Corte de un fusible

Con corrientes muy grandes el fusible funde en pocos milisegundos, y si la tensión de arco que se presenta es elevada, la corriente de arco resulta muy limitada no alcanzando el valor máximo que se hubiera presentado si el fusible no estuviera instalado. La Gráfica de la Fig. N° 53 muestra el proceso de fusión del fusible.

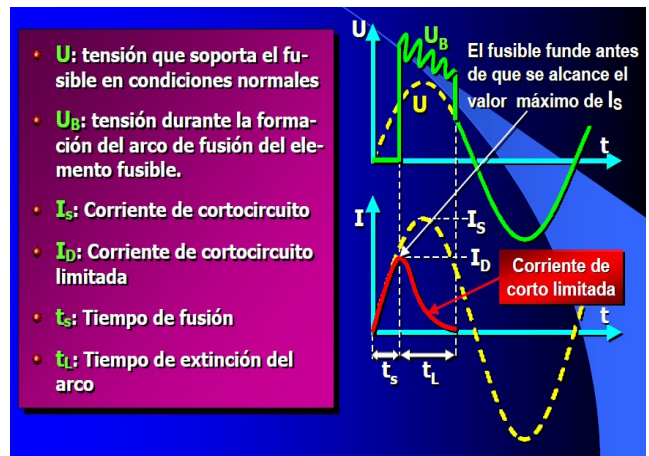


Fig. N° 53 Gráfica de fusión del fusible

# COMPONENTES TÍPICOS

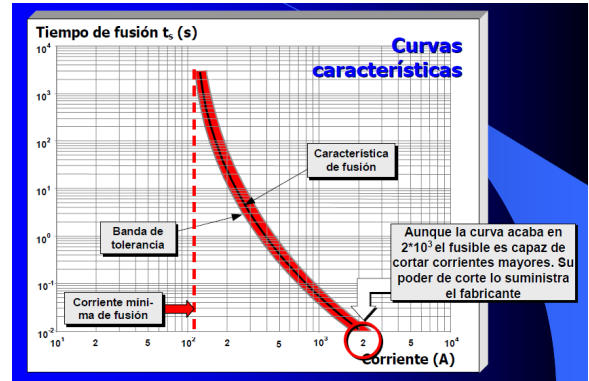
Esta característica de los fusibles se llama de limitación, los aparatos limitadores son aquellos que impiden que se alcancen los valores máximos de la corriente de cortocircuito, y en consecuencia el resto del circuito puede ser de dimensiones limitadas respecto de lo que sería necesario si no hubiera limitación.

En resumen las características limitadoras permiten un dimensionamiento mas económico de la instalación.

El tiempo de actuación del fusible se representa en un gráfico que relaciona el valor de la corriente y el tiempo. Se representa el tiempo medio de interrupción, a veces se representa el tiempo mínimo de prearco y el tiempo máximo de interrupción.

Estas curvas experimentales requieren realización de gran cantidad de ensayos e investigación, y no es fácil obtenerlas para los aparatos mas económicos, ver Fig. N° 54.

Hemos descrito el fusible como un alambre que se funde, se presenta un arco, y para que este se interrumpa, adecuadamente, es necesario un ambiente especial; los fusibles



**Fig. N° 54 Curvas experimentales de los fusibles**

de mayor poder de interrupción la fusión se produce en arena de cuarzo, que contiene y enfría el arco.

Los fusibles de elevada corriente nominal están constituidos por una lámina perforada que se funde a la altura de las perforaciones.

La interrupción del fusible no debe estar acompañada de sobretensiones elevadas, el poder de interrupción del fusible significa que debe ser capaz de interrumpir cualquier corriente hasta la máxima sin causar sobretensiones superiores a los límites que las normas fijan.

Si llamamos  $I_f$  a la intensidad a la cual ha de fundir un fusible, los tres tipos antes mencionados, se diferencian en la intensidad que ha de atravesarlos para que fundan en un segundo. Ver figura 55.



# COMPONENTES TÍPICOS

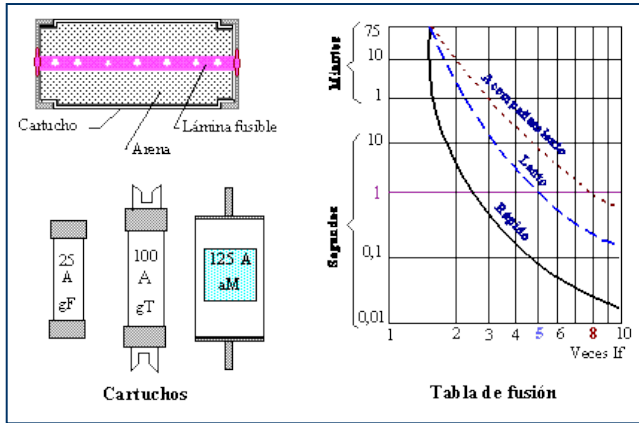


Fig. N° 55 Tipos de cartuchos fusibles y curvas orientativas de su fusión

Tipo	Norma UNE	Otras denominaciones
FUSIBLES RÁPIDOS Instanfus	gF	gl, gl, F, FN,
FUSIBLES LENTOS	gT	T, FT, Tardofus
FUSIBLES DE ACOMPAÑAMIENTO	aM	A, FA, Contanfus

Los fusibles lentos funden en un segundo para  $I = 5 \text{ lf}$ .

Los fusibles rápidos funden en un segundo para  $I = 2,5 \text{ lf}$ .

Los de acompañamiento funden en un segundo para  $I = 8 \text{ lf}$ .

Los fusibles de acompañamiento (aM) se fabrican especialmente para la protección de motores, debido a que aguanten sin fundirse las puntas de intensidad que estos absorben en el arranque. Su nombre proviene de que han de ir acompañados de otros elementos de protección, como son generalmente los relés térmicos.

Cada cartucho fusible tiene en realidad unas curvas de fusión, que pueden diferir algo de las definiciones anteriores, dadas por los fabricantes. En la Fig. N° 55, vemos algunos tipos de cartuchos fusibles, así como unas curvas de fusión orientativas, de los tres tipos existentes.

Los fusibles lentos (gT) son los menos utilizados, empleándose para la protección de redes aéreas de distribución, generalmente, debido a los cortocircuitos momentáneos que los árboles o el viento pueden hacer entre los conductores.

Los fusibles rápidos (gF) se emplean para la protección de redes de distribución con cables aislados y para los circuitos de alumbrado generalmente.

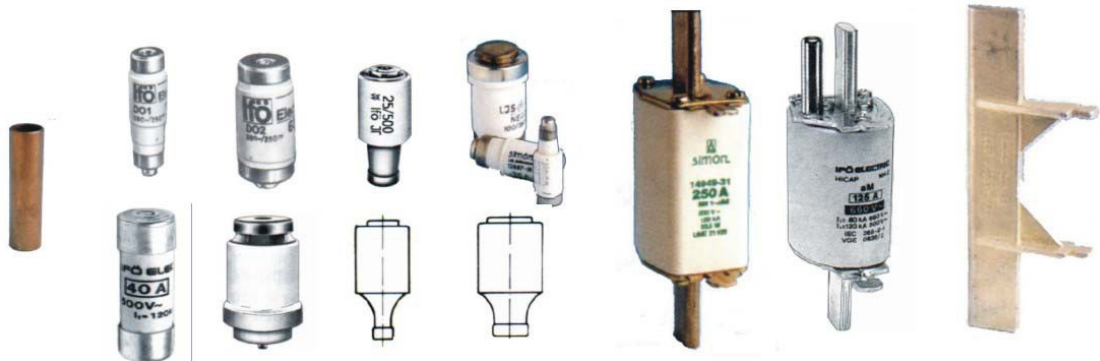
## COMPONENTES TÍPICOS

Los **fusibles de acompañamiento (aM)**, como ya hemos dicho, son un tipo especial de cortacircuitos, diseñado para la protección de motores eléctricos.

Los cartuchos fusibles de los tipos **gF** y **gT** bien elegidos, en cuanto a intensidad de fusión, se emplean también

como **protección contra sobrecargas**, principalmente en instalaciones de alumbrado y de distribución, pero nunca debe de emplearse el tipo **aM**, ya que éstos, como ya se dijo, están diseñados especialmente para la protección contra cortocircuitos de los motores eléctricos.

### Algunos modelos de fusibles



# NIVELES DE TENSIÓN

### Objetivo específico 2.3

El participante después de terminada la discusión del tema “Niveles de Tensión”, estará en capacidad de especificar los niveles de tensión preferidos en los sistemas de potencia eléctrico en Venezuela, sin omitir ninguno.

## 2.3. Niveles de tensión

Las etapas o partes constituyentes del sistema presentan diferentes niveles de tensión de acuerdo a su respectiva función.

Los niveles de tensión para su aplicación e interpretación se consideran conforme lo indican las tarifas para la venta de energía eléctrica en su sección de aspectos generales, siendo:

- Baja tensión es el servicio que se suministra en niveles de tensión menores o iguales a 1 kV.
- Media tensión en el servicio que se suministra en niveles de tensión mayores a 1 kV., pero menores o iguales a 35 kV.
- Alta tensión a nivel sub transmisión es el servicio que se suministra en niveles de tensión mayor a 35 kV., pero menores a 220 kV.
- Alta tensión a nivel transmisión es el servicio que se suministra en niveles de tensión iguales o mayores a 220 kV.

Las tensiones eléctricas consideradas deben ser aquellas a las que funcionan los circuitos. La tensión eléctrica nominal de un equipo eléctrico no debe ser inferior a la nominal del circuito al que está conectado.

**Tensión eléctrica nominal:** Es el valor asignado a un sistema, parte de un sistema, un equipo o a cualquier otro elemento y al cual se refieren ciertas características de operación o comportamiento de éstos.

**Tensión eléctrica nominal del sistema:** Es el valor asignado a un sistema eléctrico. Como ejemplos de tensiones normalizadas en baja tensión, se tienen como valores preferentes :

- 120/240 V;
- 220Y/127 V;
- 480Y/277 V;
- 480 V.

Los niveles típicos de tensión en el sistema de potencia en general son:

## NIVELES DE TENSIÓN

### • Centrales generadoras:

Transformación de la energía térmica, hidráulica, eólica, etc. en energía eléctrica.  
Niveles de tensión: 13,2 kV, 10,5 kV, etc.

### • Redes de Transmisión:

Transporte de la energía eléctrica desde las centrales generadoras a las zonas donde se ubican los consumos.  
Está constituido por subestaciones y líneas de transmisión.

Está constituido por subestaciones y líneas de transmisión.

Niveles de tensión: 115 kV, 154 kV, 230 kV, 500 kV, 700 KV.

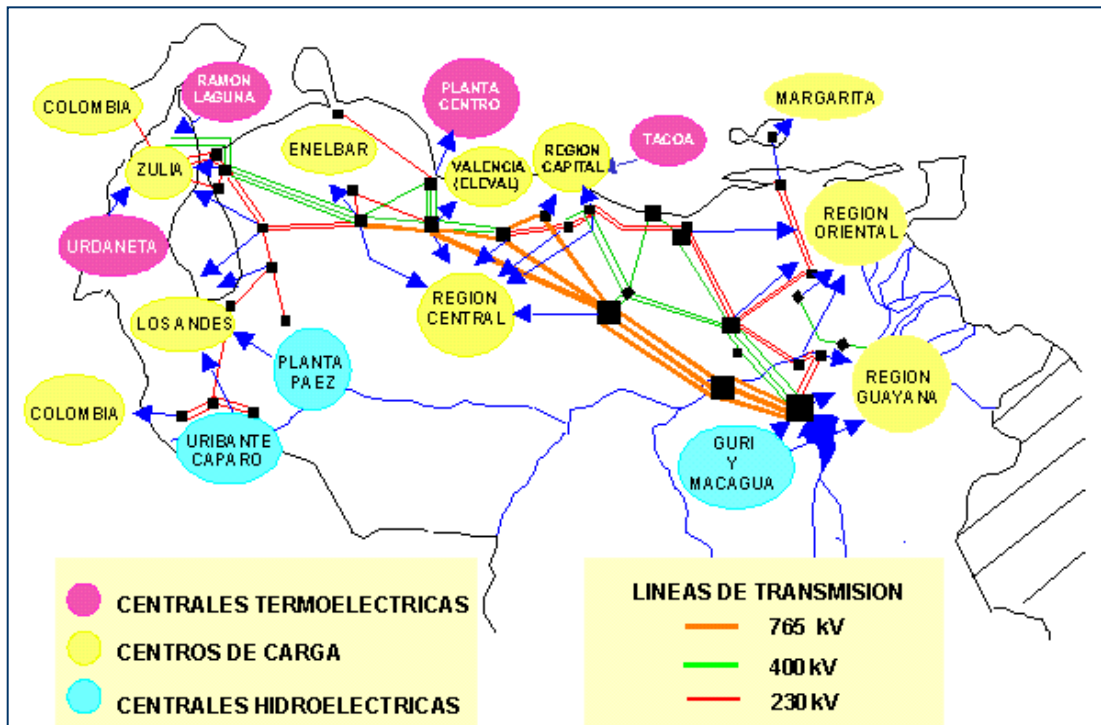


### • Redes de Distribución:

Alimentación directa a los consumos (reparto al detalle).

Niveles de tensión: 34,5 kV, 13,8 kV, 480 V, 240 V, 120 V.

### Sistema interconectado Nacional



# EL DIAGRAMA UNIFILAR

### Objetivo específico 2.4.

El participante al terminar la discusión del tema N° 2.4 “Diagrama Unifilar”, estará en capacidad de interpretar el diagrama unifilar de un sistema de potencia eléctrico, correctamente.

## 2.4. Diagrama unifilar.

Los diagramas unifilares representan todas las partes que componen a un sistema de potencia de modo gráfico, completo, tomando en cuenta las conexiones que hay entre ellos, para lograr así la forma de una visualización completa del sistema en la forma más sencilla. Ya que un sistema trifásico balanceado siempre se resuelve como un circuito equivalente monofásico, o por fase, compuesto de una de las tres líneas y un neutro de retorno; rara vez es necesario mostrar más de una fase y el neutro de retorno cuando se dibuja un diagrama del circuito. Muchas veces el diagrama se simplifica aún más al omitir

el neutro del circuito e indicar las partes que lo componen mediante símbolos estándar, en lugar de sus circuitos equivalentes. No se muestran los parámetros del circuito, y las líneas de transmisión se representan por una sola línea entre dos terminales. A este diagrama simplificado de un sistema eléctrico se le llama *diagrama unifilar* o *de una línea*. Éste indica, por una sola línea y por símbolos estándar, cómo se conectan las líneas de transmisión con los aparatos asociados de un sistema eléctrico.

El propósito de un diagrama unifilar es el de suministrar en forma concisa información significativa acerca del sistema.

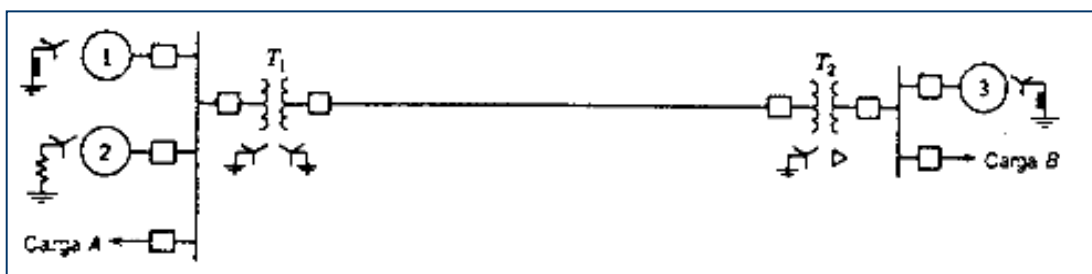


Fig. N° 55 Diagrama Unifilar de un sistema eléctrico de Potencia

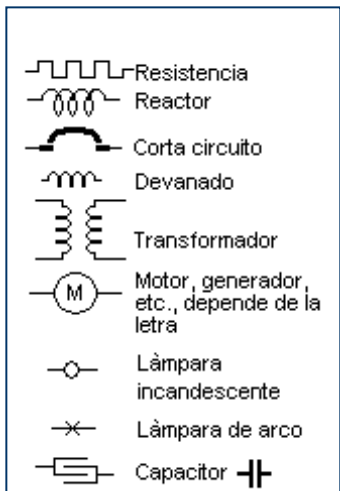
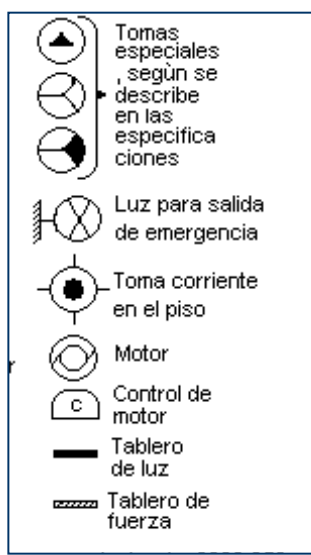
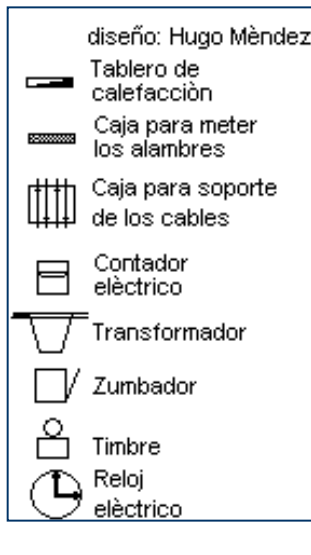
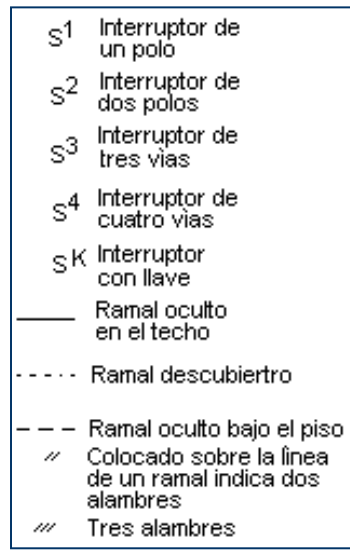
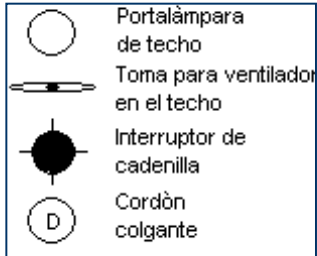
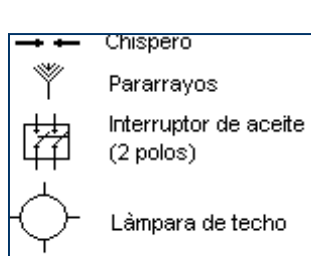
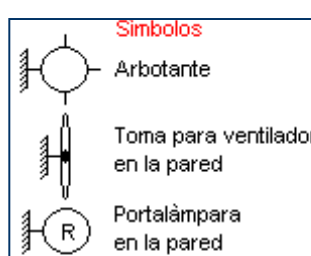
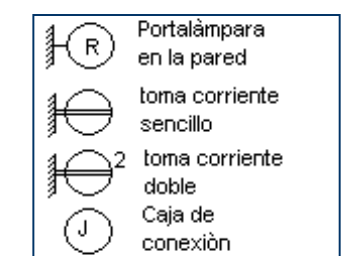


## EL DIAGRAMA UNIFILAR

La importancia de las diferentes partes de un sistema varía con el problema, y la cantidad de información que se incluye en el diagrama, depende del propósito para el que se realiza. Por ejemplo, la localización de los interruptores y relevadores no es importante para un estudio de cargas. Los interruptores y relevadores no se mostrarían en el diagrama si su función primaria fuera la de proveer información para tal estudio. Por otro lado, la determinación de la estabilidad de un sistema bajo condiciones transitorias

resultantes de una falla, depende de la velocidad con la que los relevadores e interruptores operan para aislar la parte del sistema que ha fallado. Por lo tanto, la información relacionada con los interruptores puede ser de extrema importancia. Algunas veces, los diagramas unifilares incluyen información acerca de los transformadores de corriente y de potencia que conectan los relevadores al sistema o que son instalados para medición.

Fig. N° 56 Algunos Símbolos eléctricos

		<p>diseño: Hugo Méndez</p> 	
		<p><b>Símbolos</b></p> 	



## Tema 2.5:

# INSTRUMENTOS USADOS EN SISTEMAS DE POTENCIA ELÉCTRICA

### Objetivo específico 2.5.

El participante al terminar la discusión del tema N° 2.5 “Instrumentos usados en Sistemas de Potencia Eléctrica”, estará en capacidad de explicar, con sus propias palabras, el uso de los diferentes instrumentos de medición y pruebas en un sistema de potencia eléctricos, correctamente.

### Puntos clave:

- 2.5.1. Instrumentos analógicos y digitales.
- 2.5.2. Instrumentos de medida.
- 2.5.3. Instrumentos de Prueba.

## 2.5. Instrumentos usados en sistemas de potencia eléctrica.

### 2.5.1. Instrumentos analógicos y digitales.

#### Objetivo terminal:

*El participante al terminar la discusión del Punto Clave N° 2.5.1., estará en capacidad de identificar los instrumentos analógicos y digitales, correctamente y sin omitir ninguno.*

En relación a los instrumentos de medición se establece como:

Medidas directa es aquella que se realiza aplicando un aparato para medir una magnitud, por ejemplo, medir una longitud con una cinta métrica.

Medidas indirectas calculan el valor de la medida mediante una fórmula (expresión matemática), previo cálculo de las magnitudes que intervienen en la fórmula por medidas directas. Un ejemplo sería calcular el volumen de una habitación.

#### Analógico:

Se refiere a las magnitudes o valores que "varían con el tiempo en forma continua" como la distancia y la temperatura, la velocidad, que podrían variar muy lento o muy rápido como un sistema de audio. Los instrumentos analógicos tienen, normalmente, una escala con divisiones

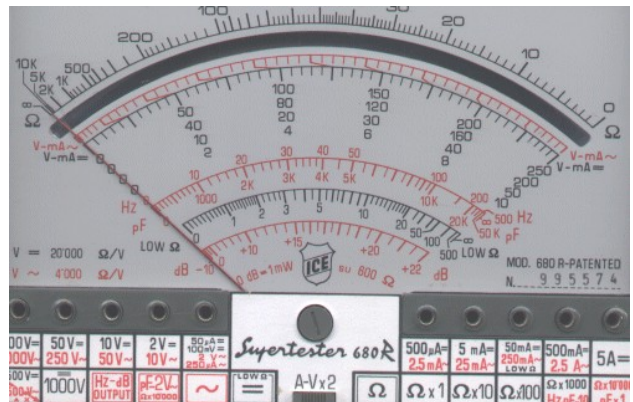


Fig. N° 57 Instrumento Analógico

## Tema 2.5:

# INSTRUMENTOS USADOS EN SISTEMAS DE POTENCIA ELÉCTRICA

frente a la que se mueve una aguja. En teoría la aguja pasa frente a los infinitos puntos de la escala. El analógico es aquel que indica el valor de la variable a medir en forma continua y se transfiere directamente a una escala de medición haciendo uso solo de las propiedades físicas de los materiales, por ejemplo un termómetro de mercurio te va indicando paulatinamente y de forma gradual el nivel de temperatura, es decir el calor afecta directamente las propiedades del mercurio expandiéndolo o contrayéndolo estando encerrado en un bulbo con una prolongación capilar por la cual sube o baja. Ver Fig. N° 58.

### Digital:

Se refiere a "cantidades discretas" como la cantidad de personas en un una sala, cantidad de libros en una biblioteca, cantidad de autos en una zona de estacionamiento, cantidad de productos en un supermercado, etc..

En los instrumentos digitales el número que representa el valor de la medida aparece representado por una cifra directamente en la pantalla, de manera que un termómetro digital hace uso de las propiedades eléctricas de los materiales para generar

corriente o voltaje el cual es usado y procesado a través de circuitos electrónicos y por último se despliega el resultado en un uno o varios segmentos los cuales te indican con números o con letras, el valor del parámetro que estás midiendo (en este caso temperatura); para el termómetro digital se usa un termistor, que es una resistencia a la cual se le coloca un voltaje en sus extremos y que tiene la propiedad de variar la corriente a través de él, en forma proporcional a la temperatura, esa corriente es la que es censada y transferida a un display. Ver Fig. N° 58



Fig. N° 58 Reloj Analógico y Digital

No necesariamente un instrumento digital es más exacto que uno analógico. En el mundo de la instrumentación hay que tener muy claros los conceptos de exactitud, precisión y resolución. **Exactitud** se refiere a la cercanía entre la medida y el valor real. La **precisión** refiere a la mínima variación en lectura que

## Tema 2.5:

# INSTRUMENTOS USADOS EN SISTEMAS DE POTENCIA ELÉCTRICA

instrumento ofrece. Por ejemplo un instrumento digital mide 1,452125 tiene gran precisión, nos ofrece 6 dígitos decimales, pero cuantos son significativos? (correctos), otro analógico mide p. e. 1,41 y el valor real es de 1.4200254 en este caso el analógico es mejor porque es más exacto.

Entonces la diferencia básica entre instrumentación analógica y digital está en la forma de mostrar los resultados, típicamente con escalas y agujas los analógicos. y con displays. alfa numéricos los digitales. Los analógicos tienen el problema de la falta de linealidad de las agujas (llevan resortes) y los digitales, que utilizan el mismo tipo de sensor que los analógicos convierten la señal de medida (típicamente voltaje o corriente) a valores digitales a través de convertidores analógico-digital. La ventaja de los digitales viene cuando la medida requiere de un cálculo, el cual es mucho más fácil de realizar en un instrumento de este tipo, pues puede llevar microprocesadores que se encargan de esa tarea. En las Fig. N° 58, 59 y 60 se pueden observar instrumentos analógicos y digitales.



Fig. N° 59 Instrumento Digital.

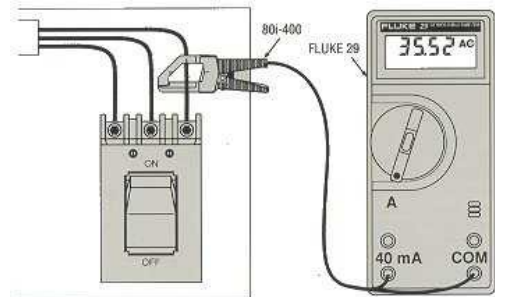
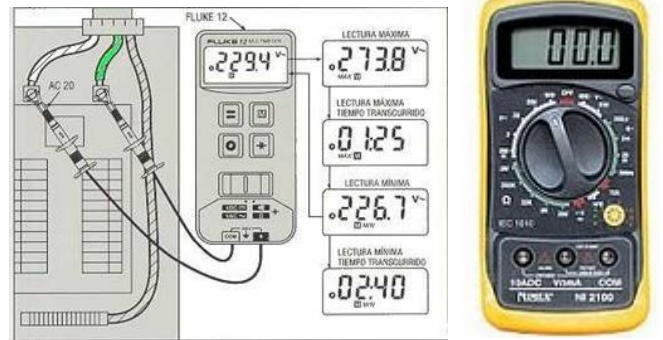


Fig. N° 60  
Tenza  
Digital

## Tema 2.5:

# INSTRUMENTOS USADOS EN SISTEMAS DE POTENCIA ELÉCTRICA

### 2.5.2. Instrumentos de medida.

*Amperímetro.*

*Voltímetro.*

*Vatímetro.*

#### Objetivo terminal:

*El participante al terminar la discusión del Punto Clave N° 2.5.2, estará en capacidad de identificar los instrumentos de medida estudiados, en forma correcta y sin omitir ninguno.*

Los instrumentos de medida son aparatos o instrumentos de medición, que se conectan o se aplican a los circuitos eléctricos para conocer sus valores, los cuales podrán ser de tensión, de corriente, de potencia, de resistencia, etc.

Los aparatos para medición eléctrica se pueden clasificar de diferentes formas.

Ver el siguiente cuadro:

Clasificación de aparatos	Tipos
A. Según su funcionamiento:	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Magnéticos</li> <li>•Electromagnéticos</li> <li>•Térmicos</li> </ul>
B. Según la posición en que deben usarse:	<p><b>Horizontales.</b> Deben usarse siempre en posición horizontal, en este caso llevan grabado en el tablero el símbolo</p> <p><b>Verticales.</b> Deben estar en posición vertical en el momento de usarse. Llevan grabado en el tablero el símbolo. <math>\wedge</math>.</p> <p><b>Inclinadas.</b> Deben emplearse con una inclinación determinada, que se simboliza con <math>\leftrightarrow</math></p>
C. Según la forma en que se utilizan:	<p><b>Fijos:</b> Son los que se construyen para ser colocados en tableros, cuando se desea una indicación permanente de la magnitud que se controla. Dan mayor precisión en las mediciones.</p> <p><b>Portátiles:</b> Son instrumentos que podemos transportar, mediante el uso de un protector de cuero. Se utilizan para hacer medidas en lugares donde se quiera comprobar el valor de la tensión o de la corriente. Son de menor precisión que los fijos.</p>
D. Según el tipo de corriente al cual deben ser conectados:	<p>Instrumentos para corriente continua (C.C. o D.C.)</p> <p>Instrumentos para corriente alterna (C.A. o A.C.)</p> <p>Instrumentos para ambas corrientes (C.A. y C.C.) llamados universales.</p>
E. Según la forma de lectura:	<p><b>Contadores:</b> Registran, mediante el uso de números, el valor de la medición. Un ejemplo claro de este caso es el contador de su casa. Ver Fig. N° 61 y 62.</p> <p><b>Registradores:</b> Mediante una aguja trazan sobre un papel, líneas curvas que luego deben ser analizados por el operario. Son muy utilizados en las subestaciones eléctricas. Fig. N° 63</p> <p><b>Indicadores:</b> Señalan un valor directamente sobre una escala o una pantalla, en el instante de la medición. Puede ser de AGUJA (también llamados analógicos) o DIGITALES.</p>



## Tema 2.5:

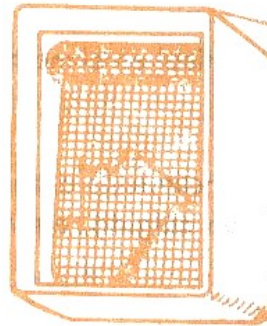
# INSTRUMENTOS USADOS EN SISTEMAS DE POTENCIA ELÉCTRICA



**Fig. N° 61 Medidor de casa Analógico**



**Fig. 62 Medidor de casa Digital**



**Fig. N° 63 Registro mediante curvas.**



**Fig. N° 64 Indicador Digital**

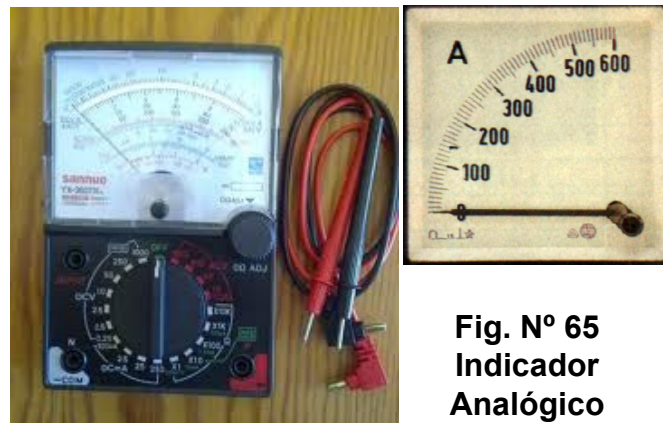
Los Indicadores Digitales aprovechan los fenómenos electrónicos, y mediante un efecto luminoso indican los valores de la medición en el display o pantalla. Tiene algunas ventajas:

- Mayor exactitud en la medida.
- Mayor sensibilidad (dan lecturas con pequeñas corrientes).
- Fácil y rápida lectura.

En la actualidad son los más modernos y por lo tanto, los más utilizados por los técnicos electrónicos, debido a su rápida y fácil lectura y a su gran precisión. Por lo general, los indicadores digitales tienen un selector que mediante un giro, nos permite seleccionar el tipo de medida a realizar: tensión, corriente, resistencia, etc. Fig. N° 64. En la Fig. N° 65 se muestra el Analógico.

### El Amperímetro

Es el instrumento que mide la intensidad de la Corriente Eléctrica. Su unidad de medida es el Amperio y sus Submúltiplos, el miliamperio y el micro-amperio. Los usos dependen del tipo de corriente, o sea, que cuando midamos Corriente Continua, se usará el amperímetro de bobina móvil y cuando usemos Corriente Alterna, usaremos el electromagnético.



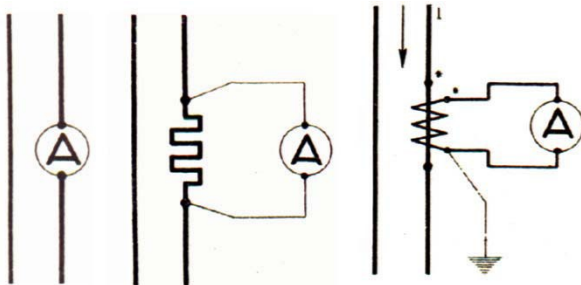
**Fig. N° 65 Indicador Analógico**

## Tema 2.5:

# INSTRUMENTOS USADOS EN SISTEMAS DE POTENCIA ELÉCTRICA

En la Fig. N° 66 se muestran las tres formas de conectar el amperímetro. Directo, con Shunt o usando un transformador de intensidad.

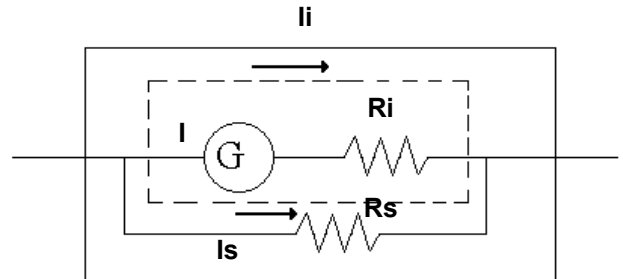
Nota: En el diagrama, la letra A simboliza al amperímetro.



**Fig. N° 66 Formas de conectar el Amperímetro**

El Amperímetro de C.C. puede medir C.A. rectificando previamente la corriente, esta función se puede destacar en un Multímetro. Fig. N° 64 y 65, de la página anterior.

Si hablamos en términos básicos, el Amperímetro es un simple galvanómetro (instrumento para detectar pequeñas cantidades de corriente Fig. N° 67) con una resistencia paralela llamada Shunt. Los amperímetros tienen resistencias por debajo de 1 Ohmio.



- I: Corriente a medir.
- Ii: Corriente interna.
- Is: Corriente de Shunt.
- Ri: Resistencia interna del Galvanómetro.
- Rs: Resistencia Shunt.
- G: galvanómetro.

**Fig. N° 67 Esquema del galvanómetro**

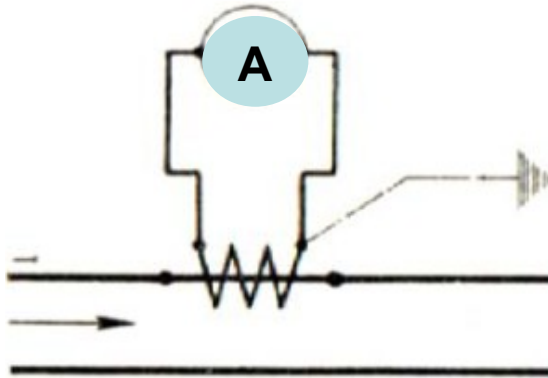
Físicamente el amperímetro no ha de producir ninguna caída de tensión en la línea, por lo que el hilo con que se construye su bobina es bastante más grueso que la propia línea, y, además, la bobina que hace mover la aguja tiene el mínimo de vueltas.

Cuando los amperímetros se dedican a medir grandes cantidades de corriente, la conexión no se hace directa, sino que se utilizan transformadores de intensidad que reducen a 1 o 5 Amperios, la corriente que pasa por el aparato de medida (Fig. N° 68).



## Tema 2.5:

# INSTRUMENTOS USADOS EN SISTEMAS DE POTENCIA ELÉCTRICA



**Fig. N° 68 Amperímetro con transformador**

Los amperímetros, casi siempre se colocan tres (uno por cada fase), y están siempre conectados, marcando constantemente la corriente que se consume; a veces, cuando las cargas por fase, son equilibradas, se coloca un solo amperímetro y tres transformadores de intensidad, con un conmutador de amperímetro (Fig. N° 69) para cambiar de un transformador a otro.



**Fig. N° 69 Amperímetro de lectura directa con conmutador de fases incorporado**

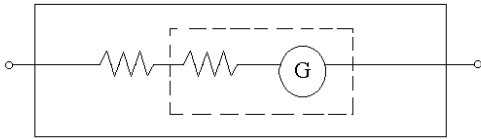
### Uso del Amperímetro.

- Es necesario conectarlo en serie con el circuito.
- Se debe tener un aproximado de corriente a medir ya que si es mayor de la escala del amperímetro, lo puede dañar. Por lo tanto, la corriente debe ser menor de la escala del amperímetro.
- Cada instrumento tiene marcado la posición en que se debe utilizar: horizontal, vertical o inclinada. Si no se siguen estas reglas, las medidas no serían del todo confiable y se puede dañar el eje que soporta la aguja.
- Todo instrumento debe ser inicialmente ajustado en cero.
- Las lecturas tienden a ser más exactas cuando las medidas que se toman están intermedias a la escala del instrumento.
- Nunca se debe conectar un amperímetro con un circuito que esté energizado.

### El Voltímetro.

Es el instrumento que mide el valor de la tensión. Su unidad básica de medición es el Voltio (V) con sus múltiplos: el Megavoltio (MV) y el Kilovoltio (KV) y sub.-múltiplos como el milivoltio (mV) y el micro voltio. Existen

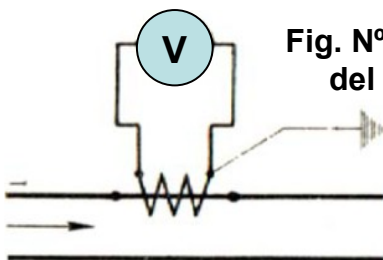
## INSTRUMENTOS USADOS EN SISTEMAS DE POTENCIA ELÉCTRICA



**Fig. N° 70 Diagrama del Voltímetro**

Voltímetros que miden tensiones continuas llamados voltímetros de bobina móvil y de tensiones alternas, los electromagnéticos.

Sus características son también parecidas a las del galvanómetro, pero con una resistencia en serie (Fig. N° 67). Físicamente el aparato debe presentar una gran resistencia al paso de la corriente, o lo que es lo mismo, una mínima parte de la corriente debe ser suficiente para que se mueva la aguja e indique cual es la tensión entre los dos puntos que se miden; por ello se construyen con hilo muy fino y de muchas vueltas. Cuando los voltímetros se dedican a medir altos voltajes, la conexión no se hace directamente sino que se utilizan transformadores de potencial, tal como se muestra en la Fig. N° 71.



**Fig. N° 71 Diagrama del Voltímetro**



### Uso del Voltímetro.

- a) Es necesario conectarlo en paralelo con el circuito, tomando en cuenta la polaridad si es C.C.
- b) Se debe tener un aproximado de tensión a medir con el fin de usar el voltímetro apropiado.
- c) Cada instrumento tiene marcado la posición en que se debe utilizar: horizontal, vertical o inclinada.
- d) Todo instrumento debe ser inicialmente ajustado en cero.

### El Vatímetro.

El vatímetro (Fig. N° 72) consta de dos bobinas, una amperimétrica y la otra voltimétrica, de características similares a las del Amperímetro y voltímetro respectivamente, y se representan perpendiculares la una a la otra (Fig. N°

## INSTRUMENTOS USADOS EN SISTEMAS DE POTENCIA ELÉCTRICA



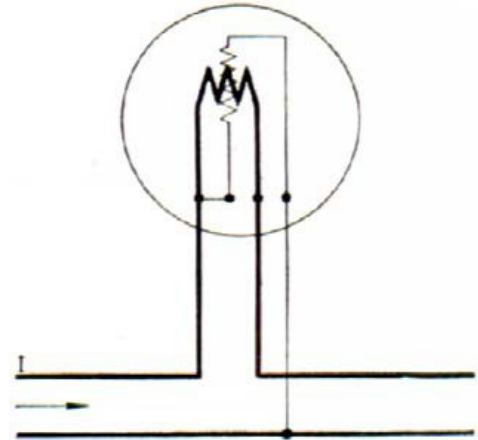
**Fig. N° 72 Vatímetro**

73). Al conectarla se ha de tener un cuidado muy especial para no confundir la bobina que ha de ir en serie, con la que tiene que conectarse en paralelo; puesto que, no sólo puede deteriorarse el aparato, sino que además, se puede ocasionar un cortocircuito en la red.

Cuando se trata de corriente alterna, también se lee la potencia, en kilo-voltio-amperios, se escribe K V A que se lee ca-ve-as.

### **Símbolos usados en los aparatos de medición.**

Exteriormente la construcción de un aparato de medida no difiere de un sistema a otro, sin embargo, dentro de la carátula se distinguen cinco símbolos, que nos indica:



**Fig. N° 73 Esquema del Vatímetro**

- Mecanismo que utiliza el aparato de medida.
- Corriente a la que funciona.
- Fiabilidad en la precisión de lectura.
- Posición de funcionamiento.
- Grado de protección.

Junto a estos símbolos aparece también la marca de la compañía constructora.

En la página siguiente, en la Fig. N° 74, se presenta una tabla con los principales símbolos.

## Tema 2.5:

# INSTRUMENTOS USADOS EN SISTEMAS DE POTENCIA ELÉCTRICA


































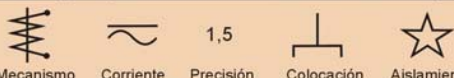
Símbolos para aparatos de medida							
1		Mecanismo de bobina móvil y de imán permanente (en general)	11		Aparato de medida electromagnético	Corriente de utilización	
						21	 Corriente continua
2		Mecanismo de bobina móvil y de imán permanente con rectificador	12		Aparato de medida electrodinámico de cuadro móvil	22	 Corriente alterna
							23
3		Mecanismo de bobina móvil y de imán permanente con circuito electrónico	13		Mecanismo de medida por inducción	Posición de funcionamiento	
						24	 Vertical  Horizontal  Inclined por ejemplo 60°
4	 	Convertidor térmico sin aislar Convertidor térmico aislado	14		Mecanismo de medida electrostático	Tensión de prueba	
						25	 Tensión de prueba 500 V
5		Aparato de medida electromagnético de cuadro móvil	15		Aparato de medida térmico	26	Tensión de prueba mayor de 500 V
							 Por ejemplo 2 KV
6		Mecanismo de medida electromagnético de imán móvil	16		Mecanismo de medida por bimetálico	27	 Instrumento trifásico con un sistema de medida
							 Instrumento trifásico con dos sistemas de medida
7		Mecanismo de medida electromagnético de imán giratorio	17		Mecanismo de medida de vibración	28	 Instrumento trifásico con tres sistemas de medida
							29
8		Mecanismo electrodinámico sin hierro	18		Blindaje magnético de hierro	¡Atención!	
						19	 Ver instrucciones
9		Mecanismo electrodinámico con hierro	Clase de precisión		Condición ambiental	Resistencia exterior del instrumento	
			20	 25°C Zona de influencia 15 a 25° y de 25 a 35 °	30	 En paralelo (Shunt)  En serie  Aparente, independiente	
10		Aparatos de verificación Clase 0,1 0,2 0,5	Aparatos industriales Clase 1 1,5 2,5	Ejemplo de uso			

Fig. N° 74 Principales Símbolos que se observan en los Instrumentos de medición

## Tema 2.5:

# INSTRUMENTOS USADOS EN SISTEMAS DE POTENCIA ELÉCTRICA

### 2.5.3. Instrumentos de prueba.

*Ohmetro.*

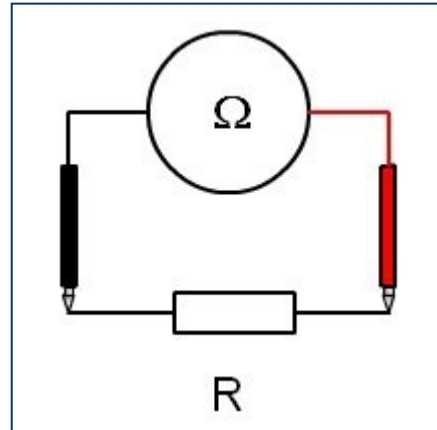
*Pinza voltiamperimétrica.*

*Multímetro.*

*Medidor de aislamiento.*

#### Objetivo terminal:

*El participante al terminar la discusión del Punto Clave N° 2.5.3, estará en capacidad de identificar los instrumentos de prueba estudiados, en forma correcta y sin omitir ninguno.*



#### Ohmetro.

Un ohmetro u ohmímetro es un instrumento para medir la resistencia eléctrica.

El diseño de un ohmetro se compone de una pequeña batería para aplicar un voltaje a la resistencia bajo medida, para luego mediante un galvanómetro, medir la corriente que circula a través de la resistencia.

La escala del galvanómetro está calibrada directamente en ohmios, ya que en aplicación de la ley de Ohm, al ser el voltaje de la batería fija, la intensidad circulante a través del galvanómetro sólo va a depender del valor de la resistencia bajo medida, esto es, a menor resistencia mayor intensidad de corriente y viceversa.

Existen también otros tipos de óhmetros más exactos y sofisticados, en los que la batería ha sido sustituida por un circuito que genera una corriente de intensidad constante  $I$ , la cual se hace circular a través de la resistencia  $R$ , bajo prueba. Luego, mediante otro circuito se mide el voltaje  $V$ , en los extremos de la resistencia. De acuerdo con la ley de Ohm el valor de  $R$  vendrá dado por:

Para medidas de alta precisión la disposición indicada anteriormente no es apropiada, por cuanto que la lectura del medidor es la suma de la resistencia de los cables de medida y la de la resistencia bajo prueba.



## Tema 2.5:

# INSTRUMENTOS USADOS EN SISTEMAS DE POTENCIA ELÉCTRICA

Para evitar este inconveniente, un óhmetro de precisión tiene cuatro terminales, denominados contactos Kelvin. Dos (2) terminales llevan la corriente constante desde el medidor a la resistencia, mientras que los otros dos permiten la medida del voltaje directamente entre terminales de la misma, con lo que la caída de tensión en los conductores que aplican dicha corriente constante a la resistencia bajo prueba no afecta a la exactitud de la medida. Ver Fig. N° 64 y 65.

### La Pinza volti amperimétrica

Son aparatos de medición para la cuantificación indirecta de corrientes.

La pinza amperimétrica es un tipo especial de amperímetro que permite obviar el inconveniente de tener que abrir el circuito en el que se quiere medir la corriente para colocar un amperímetro clásico.

El funcionamiento de la pinza se basa en la medida indirecta de la corriente circulante por un conductor a partir del campo magnético o de los campos que dicha circulación de corriente genere. Recibe el nombre de pinza porque consta de un



**Fig. N° 75 Pinza de Medición.**

sensor, en forma de pinza, que se abre y abraza el cable cuya corriente queremos medir.

Este método evita abrir el circuito para efectuar la medida, así como las caídas de tensión que podría producir un instrumento clásico. Por otra parte, es sumamente seguro para el operario que realiza la medición, por cuanto no es necesario un contacto eléctrico con el circuito bajo medida ya que, en el caso de cables aislados, ni siquiera es necesario levantar el aislante.

Al ser las pinzas actuales electrónicas carecen de escala, en caso de que se rebase el límite máximo de lectura, el aparato no se deteriora, tan solo aparece la pantalla en blanco, o con un aviso de que se ha rebasado el límite. Si la lectura es de décimas de amperes, o tan baja que el

## Tema 2.5:

# INSTRUMENTOS USADOS EN SISTEMAS DE POTENCIA ELÉCTRICA

aparato no aprecia lectura, se puede dar dos vueltas al conductor sobre la pinza entonces la lectura que obtenemos es la multiplicación de la corriente por el número de vueltas dadas. Una vez obtenida la lectura se divide por el número de vueltas dadas y se obtiene la lectura real. Ver Fig. N° 75.

### El multímetro.

Aparato portátil que se utiliza principalmente para localizar averías, especialmente en circuitos electrónicos, son de cuadro móvil y de gran sensibilidad 20 K $\Omega$  para la corriente continua (**DC**), cuando se usa en corriente alterna (**AC**) es a través de rectificadores, que les hacen perder sensibilidad pudiendo quedar en 8 K $\Omega$ .

La posición de trabajo es la horizontal, al ser portátiles la aguja suele perder con facilidad el cero inicial (en los analógicos), por lo que conviene antes de nada, comprobar si marca cero, y si es preciso rectificar la puesta a cero con el tornillo de ajuste que hay sobre el eje de giro de la aguja.



Estos aparatos, llevan una clavija (o Jack), que es común para todas las medidas, donde se encaja la **punta de prueba de color negro**. La **punta de prueba de color rojo**, unas veces se encaja en un punto u otro según lo que se desee a medir.

Las medidas más utilizadas son:

- a. **Voltajes en continua**, hasta cinco valores para final de escala.
- b. **Voltajes en alterna**, hasta cuatro valores para final de escala.
- c. **Medidas de resistencias**, multiplicando la lectura del aparato por 1, por 10 o por 1000.
- d. **Comprobación de continuidad**, por medio del sonido de un zumbador (Buzz).

## INSTRUMENTOS USADOS EN SISTEMAS DE POTENCIA ELÉCTRICA

- e. **Comprobador corriente**, para lectura directa en valores de grados de milésimas de amperios en corriente continua, o hasta 5 A, o 10 A en corriente alterna, según aparatos.
- f. **Otras mediciones:** todos los aparatos de medida tienen las posibilidades mencionadas anteriormente, dependiendo de marcas, algunos tienen, además, comprobación de baterías, medidor de capacidad, medidor de decibelios; pero no todas éstas posibilidades, sino una sola de ellas.

El multímetro en inglés se escribe Tester, de aquí que se haya castellanizado esta palabra, y al medir con un Tester se le llame **testear**. Ver Fig. N° 64 y 65.

### El medidor de aislamiento:

El término **megóhmetro** hace referencia a un instrumento para la medida del aislamiento eléctrico en alta tensión. Se conoce también como "**Megger**", aunque este término corresponde a la marca comercial del primer instrumento portátil medidor de aislamiento introducido en la industria eléctrica en 1889. El



nombre de este instrumento, *megóhmetro*, deriva de que la medida del aislamiento de cables, transformadores, aisladores, etc. se expresa en megohmios ( $M\Omega$ ). Es por tanto incorrecto el utilizar el término "Megger" como verbo en expresiones tales como:

*"se debe realizar el **megado** del cable... y otras similares"*.

En realidad estos aparatos son un tipo especial de óhmetro en el que la batería de baja tensión, de la que normalmente están dotados estos, se sustituye por un generador de alta tensión, de forma que la medida de la resistencia se efectúa con voltajes muy elevados. Ver Fig. N° 76.

## Tema 2.5:

# INSTRUMENTOS USADOS EN SISTEMAS DE POTENCIA ELÉCTRICA

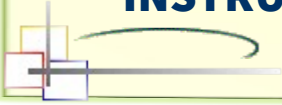


Fig. N° 76 Diferentes tipos de Megóhmetros.

### Resistencia de aislamiento en las instalaciones eléctricas.

Todas las instalaciones eléctricas están separadas de tierra y los conductores separados entre sí por los aislantes. Como no existen aislantes perfectos, al quedar sometidos a una tensión, siempre habrá una corriente de circulación llamada corriente de fuga de valor infinitamente pequeño, si se aumenta la tensión el aislante puede perforarse y producirse un cortocircuito.

La resistencia de aislamiento se obtiene del cociente que resulta de dividir la tensión entre la corriente de fuga. Cuanto más larga sea la red, mayores serán las corrientes de fuga, y por tanto menor será la resistencia de aislamiento.

El reglamento de BT, señala que los valores de la resistencia entre conductores y entre conductor y tierra, nunca será inferior a 250.000 , y que la corriente de fuga nunca será superior a la del interruptor diferencial que protege contra los contactos indirectos.

### Medir la resistencia de aislamiento de una instalación.

Con el Megger se puede realizar tres pruebas diferentes:

- Medir la resistencia de toda la instalación con respecto a tierra.
- Hallar la resistencia entre cada conductor y tierra.
- Comprobar el aislamiento entre conductores.

Para medir una resistencia, lo primero que hay que hacer es asegurarse de que esta resistencia, ya sea cable o componente, no esté unida a corriente ni a tierra; a veces hay que desconectar cables, otras veces, bastará con abrir interruptores o quitar fusibles; el uso del **Buscapolos** es muy útil en estos casos, pues hay veces que quitando los fusibles que aparentemente afectan a una red, resulta que no son esos.

## Tema 2.5:

# INSTRUMENTOS USADOS EN SISTEMAS DE POTENCIA ELÉCTRICA

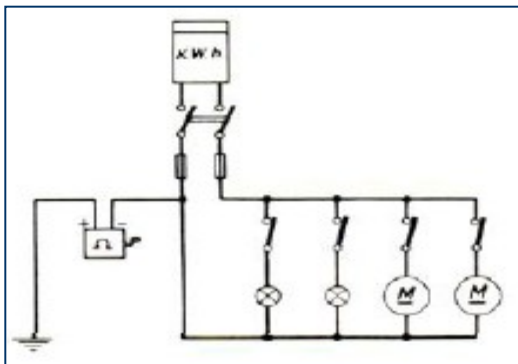
**Medir la resistencia de toda la instalación con respecto a tierra.**

Primeramente debe de asegurarse de que no hay corriente, quitando los fusibles generales y dejando todos los circuitos cerrados, con los interruptores en posición de funcionamiento.

Una punta del Megger se conecta a tierra y la otra a cualquiera de los conductores.

Luego se mide la resistencia procediendo como indique las instrucciones de Megger (Fig. N° 77).

Si la medida es inferior a 250.000  $\Omega$ , se buscará donde está el fallo de aislamiento, si es superior se pasará a comprobar el aislamiento entre conductores.



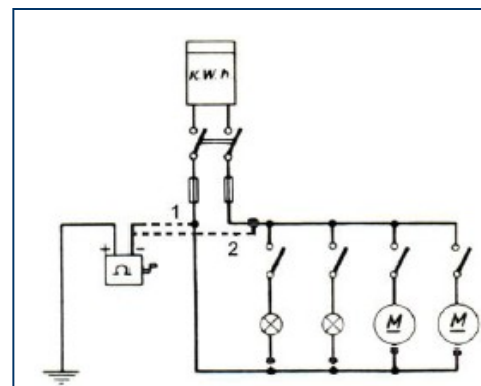
**Fig. N° 77 Resistencia de toda la instalación con tierra**

**Hallar la resistencia entre cada conductor y tierra.**

En primer lugar, debe de asegurarse de que no hay corriente, quitando los fusibles generales y dejando todos los circuitos cerrados, con los interruptores en posición de funcionamiento, pero desconectando todos los receptores.

Una punta del Megger se conecta a tierra y la otra a cualquiera de los conductores, repitiendo con todos los cables generales.

Luego se mide la resistencia procediendo como indique las instrucciones de Megger (Fig. N° 78).



**Fig. N° 78 Resistencia de cada conductor con tierra**

Si la medida es inferior a 250.000  $\Omega$ , se buscará donde está el fallo de aislamiento, si es superior se pasará a comprobar el aislamiento entre conductores.



## Tema 2.5:

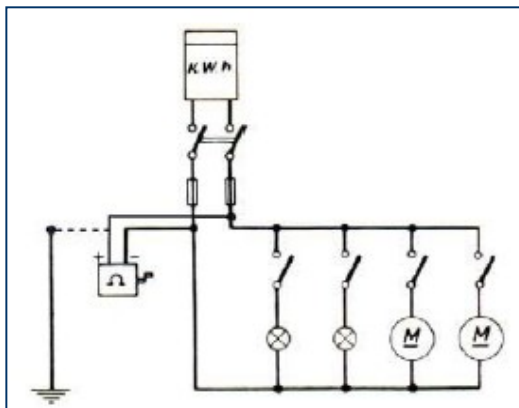
# INSTRUMENTOS USADOS EN SISTEMAS DE POTENCIA ELÉCTRICA

**Comprobar el aislamiento entre conductores.**

Se procede como en las anteriores pruebas, solamente que ahora las puntas del Megger se sitúa entre dos conductores, estando los receptores desconectados.

Para variaciones del aislamiento por efecto electroquímico, es conveniente conectar el terminal positivo del generador (Fig. N° 79) a tierra.

Se concluye como se ha explicado en las dos ocasiones anteriores.



**Fig. N° 79 Aislamiento entre conductores**

**Nota:** En las pruebas de aislamiento de la instalación es imprescindible que haya una buena tierra, por ello en el RBT, se obliga a que halla un borne de tierra en la caja general de protección y en la centralización de contadores. Cuando se trate de una

*instalación antigua, y de no existir este borne de tierra, se tomará uno de la construcción del edificio; como tuberías metálica, hierros bien cimentados, o mejor aún, se clavará una pica de tierra en el suelo, de forma provisional que luego se tendrá que quitar.*

## El Puente de Wheastone.

Un **puente de Wheatstone** es un instrumento eléctrico de medida inventado por Samuel Hunter Christie en 1832, mejorado y popularizado por Sir Charles Wheatstone en 1843. Se utiliza para medir resistencias desconocidas mediante el equilibrio de los brazos del puente. Estos están constituidos por cuatro resistencias que forman un circuito cerrado, siendo una de ellas la resistencia bajo medida. En la Fig. N° 80, se presenta el diagrama.

En la *Figura 80* vemos que,  $R_x$  es la resistencia cuyo valor queremos determinar,  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$  son resistencias de valores conocidos, además la resistencia  $R_2$  es ajustable. Si la relación de las dos resistencias del brazo conocido ( $R_1/R_2$ ) es igual a la relación de las dos del brazo desconocido ( $R_x/R_3$ ), el voltaje entre los

## Tema 2.5:

# INSTRUMENTOS USADOS EN SISTEMAS DE POTENCIA ELÉCTRICA

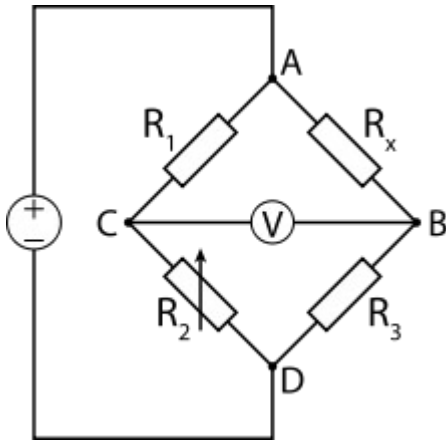


Fig. N° 80 Diagrama del Punte de Wheatstone

dos puntos medios será nulo y por tanto no circulará corriente alguna entre esos dos puntos **C** y **B**. y en la Fig. N° 81, se puede ver a la imagen real de un puente de Wheatstone típico.

Para efectuar la medida, lo que se hace es variar la resistencia  $R_2$  hasta alcanzar el punto de equilibrio. La detección de corriente nula se puede hacer con gran precisión mediante el galvanómetro **A**.

La dirección de la corriente, en caso de desequilibrio, indica si  $R_2$  es demasiado alta o demasiado baja. El valor de la f.e.m. (E) del generador es indiferente y no afecta a la medida.

Cuando el puente está construido de forma que  $R_3$  es igual a  $R_2$ ,  $R_x$  es igual a  $R_1$  en condición de equilibrio (corriente nula por el galvanómetro).

Asimismo, en condición de equilibrio siempre se cumple que:

$$R_x = \frac{R_1 \times R_3}{R_2}$$

Si los valores de  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$  se conocen con mucha precisión, el valor de  $R_x$  puede ser determinado igualmente con precisión.



Fig. N° 82 Punte de Wheatstone Típico

Pequeños cambios en el valor de  $R_x$  romperán el equilibrio y serán claramente detectados por la indicación del galvanómetro.

De forma alternativa, si los valores de  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$  son conocidos y  $R_2$  no es ajustable, la corriente que fluye a través del galvanómetro puede ser utilizada para calcular el valor de  $R_x$ , siendo este procedimiento más rápido que el ajustar a cero la corriente a través del medidor.

## Resumen de la descripción de los números ANSI/IEEE para relés

15. Dispositivo regulador de velocidad o frecuencia, de una máquina o sistema a un cierto valor o bien entre ciertos límites.
21. Relé de distancia, es el que funciona cuando la admitancia, impedancia o reactancia del circuito disminuyen o aumentan a unos límites preestablecidos.
25. Dispositivo de sincronización o puesta en paralelo, es el que funciona cuando dos circuitos de alterna están dentro de los límites deseados de tensión, frecuencia o ángulo de fase, lo cual permite o causa la puesta en paralelo de estos circuitos.
26. Dispositivo térmico, es el que funciona cuando la temperatura del campo en shunt, o el bobinado amortiguador de una máquina, o el de una resistencia de limitación de carga o de cambio de carga, o de un líquido u otro medio, excede de un valor determinado con anterioridad. Si la temperatura del aparato protegido, tal como un rectificador de energía, o de cualquier otro medio, es inferior a un valor fijado con antelación.
27. Relé de mínima tensión, es el que funciona al descender la tensión de un valor predeterminado.
28. Detector de llama, su función es detectar la existencia de llama en el piloto o quemador principal, por ejemplo de una caldera o una turbina de gas.
29. Contactor de aislamiento, es el que se utiliza con el propósito especial de desconectar un circuito de otro, por razones de maniobra de emergencia, conservación o prueba.
30. Relé anunciador, es un dispositivo de reposición no automática que da un número de indicaciones visuales independientes al accionar el dispositivo de protección y además también puede estar dispuesto para efectuar la función de bloqueo.
32. Relé direccional de potencia, es el que funciona sobre un valor deseado de potencia en una dirección dada o sobre la inversión de potencia como por ejemplo, la resultante del retroceso del arco en los circuitos de ánodo o cátodo de un rectificador de potencia.
46. Relé de intensidad para equilibrio o inversión de fases, es un relé que funciona cuando las intensidades polifásicas están en secuencia inversa o desequilibrada o contienen componentes de secuencia negativa.
47. Relé de tensión para secuencia de fase, es el que funciona con un valor dado de tensión polifásica de la secuencia de fase deseada.
49. Relé térmico para máquina, aparato o transformador, es el que funciona cuando la temperatura de la máquina, aparato o transformador excede de un valor fijado.
50. Relé instantáneo de sobre intensidad o de velocidad de aumento de intensidad, es el que funciona instantáneamente con un valor excesivo de velocidad de aumento de intensidad.
51. Relé de sobre intensidad temporizado, es un relé con una característica de tiempo inverso o de tiempo fijo que funciona

## Resumen de la descripción de los números ANSI/IEEE para relés

cuando la intensidad de un circuito de c.a. sobrepasa in valor dado.

59. Relé de sobretensión, es el que funciona con un valor dado de sobretensión.

64. Relé de protección de tierra, es el que funciona con el fallo a tierra del aislamiento de una máquina, transformador u otros aparatos, o por contorneamiento de arco a tierra de una máquina de c.c.

Nota: Esta función se aplica sólo a un relé que detecta el paso de corriente desde el armazón de una máquina, caja protectora o estructura de una pieza de aparatos, a tierra, o detecta una tierra en un bobinado o circuito normalmente no puesto a tierra. No se aplica a un dispositivo conectado en el circuito secundario o en el neutro secundario de un transformador o transformadores de intensidad, conectados en el circuito de potencia de un sistema puesto normalmente a tierra.

67. Relé direccional de sobre intensidad de c.a. es el que funciona con un valor deseado de circulación de sobre intensidad de c.a. en una dirección dada.

68. Relé de bloqueo, es el que inicia una señal piloto para bloquear o disparar en faltas externas en una línea de transmisión o en otros aparatos bajo condiciones dadas, coopera con otros dispositivos a bloquear el disparo o a bloquear el reenganche con una condición de pérdida de sincronismo o en oscilaciones de potencia.

69. Dispositivo de supervisión y control, es generalmente un interruptor auxiliar de dos posiciones accionado a mano, el cual permite una posición de

interruptor o la puesta en servicio de un equipo y en la otra posición impide el accionamiento del interruptor o del equipo.

70. Reóstato, es el que se utiliza para variar la resistencia de un circuito en respuesta a algún método de control eléctrico, que o bien, es accionado eléctricamente o tiene otros accesorios eléctricos como contactos auxiliares de posición o limitación.

71. Relé de nivel líquido o gaseoso. Este relé funciona para valores dados de nivel de líquidos o gases, o para determinadas velocidades de variación de estos parámetros.

74. Relé de alarma, es cualquier otro relé diferente al anunciador comprendido bajo el dispositivo 30 que se utiliza para accionar u operar en unión de una alarma visible o audible.

81. Relé de frecuencia, es el que funciona con un valor dado de la frecuencia o por la velocidad de variación de la frecuencia.

82. Relé de reenganche de c.c. es el que controla el cierre y reenganche de un interruptor de c.c. generalmente

86. Relé de enclavamiento, es un relé accionado eléctricamente con reposición a mando o eléctrica, que funciona para parar y mantener un equipo fuera de servicio cuando concurren condiciones anormales.

87. Relé de protección diferencial, es el que funciona sobre un porcentaje o ángulo de fase u otra diferencia cuantitativa de dos intensidades o algunas otras cantidades eléctricas.