

# **INSTRUMENTACIÓN ELECTRICA**

**EDWIN NETO**

**Febrero, 2008**

## **PRESENTACIÓN**

El presente documento esta dedicado al estudio de las medidas y los instrumentos de eléctricos utilizados dentro de la industria, a medida que nos adentramos en la lectura nos enriquecemos con conocimientos para el adiestramiento en la obtención de magnitudes eléctricas y utilización de los instrumentos.

Es de suma importancia en el campo eléctrico el estudio de los instrumentos de medida ya que dentro de la industria energética son los ojos que nos permiten ver hacia el interior de todo proceso de transformación físico en eléctrico.

Los instrumentos de medida son indispensables en los sistemas de potencia: generación, transmisión y distribución.

Es por esta razón que presento un pequeño resumen dedicado a los instrumentos de medida a todos los que están interesados en conocer los mismos.

# ÍNDICE

## PÁGINAS

Portada.....	
Índice.....	
Introducción.....	

### CAPÍTULOS

1. INTRODUCCIÓN A LAS MEDIDAS ELÉCTRICAS.....	
1.1. Metrología y electrometría.	
1.2. Métodos de medición.	
1.3. Fases de realización de una medida.	
1.3.1. Preparación	
1.3.2. Medición	
1.3.3. Evaluación	
2. GENERALIDADES DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDIDA	
2.1. Clasificación	
2.2. Conceptos generales de los instrumentos de medidas	
2.3. Símbolos de los instrumentos de medida	
3. EQUIPOS DE MEDIDA INDICADORES	
3.1. Aparatos magnetoeléctricos	
3.2. Aparatos electrodinámicos	
3.3. Aparatos de inducción	
3.4. Aparatos térmicos	
3.5. Aparatos electrostáticos	
4. INSTRUMENTOS DE MEDIDA DIGITALES	
4.1. Multímetro.	
4.1.1. Sección analógica	
4.1.2. sección digital	
4.2. Osciloscopio.	
4.2.1. Monitor	
4.2.2. Mandos generales	
4.2.3. Mandos de entrada salida	

- 4.2.4. Mandos base de tiempo
- 4.2.5. Mandos de medida de velocidad
- 5. MÉTODOS Y EQUIPOS DE MEDIDAS.
  - 5.1. Medidas de tensiones e intensidades.
  - 5.2. Medidas de resistencias.
  - 5.3. Medidas de potencia.
  - 5.4. Medidas del factor de potencia.
  - 5.5. Medidas de frecuencia.
  - 5.6. Medida de la energía.
- 6. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LAS MEDIDAS ELÉCTRICAS.
  - 6.1. Errores.
  - 6.2. Clasificación de errores.
    - 6.2.1. Errores sistemáticos o determinables.
    - 6.2.2. Errores accidentales o indeterminables.
  - 6.3. Error absoluto y relativo.
- 7. IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS DE INSTRUMENTOS DE MEDIDAS.
  - 7.1. Justificación
  - 7.2. Ventajas y desventajas
  - 7.3. Evaluación

CONCLUSIONES.....

BIBLIOGRAFÍA.....

## 1. Introducción a las Medidas Eléctricas.

### 1.1. Metrología y Electrometría.

La metrología es la ciencia que estudia las mediciones, los sistemas de unidades y los instrumentos utilizados para efectuar dichas mediciones.

Dentro del análisis actual es importante saber que es:

Medida es el resultado de una medición.

Medir es *“Comparar una cantidad con su respectiva unidad, con el fin de averiguar cuántas veces la segunda está contenida en la primera”*<sup>1</sup>.

Señal de medida es la magnitud que representa la medición con la que esta relacionada.

Procedimiento de medida es un conjunto de operaciones para obtener la magnitud del parámetro a medirse.

La obtención de medidas no esta solo en el proceso de medir bien, o realizar varias medidas, o utilizar el instrumento de medida adecuado; está también en obtener las unidades de medida en el sistema internacional (SI)<sup>2</sup> para que sean iguales y de valor en cualquier parte del mundo.

En el sistema internacional se define en unidades de ocho cantidades físicas, estas son:

**Longitud**, metro (m)

**Masa**, kilogramo (Kg)

**Tiempo**, segundo (S)

**Corriente Eléctrica**, amperio (A)

**Temperatura**, kelvin (K)

**Luminancia**, candela (Cd)

**Ángulo Plano**, radian (rad)

**Ángulo Sólido**, esteradian (sr)

Todas las demás unidades del SI se derivan de estas ocho unidades.

La electrometría. *“Parte de la física, que estudia el modo de medir la intensidad eléctrica”*<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Diccionario Real Academia de la Lengua, Medir.

<sup>2</sup> SI sistema internacional de unidades de medida. Grupo de unidades de medidas utilizadas a nivel mundial para expresar las magnitudes físicas definidas como fundamentales a partir de las cuales se definen las demás.

<sup>3</sup> Diccionario de la Lengua, Michigan, 2006, P.738

Analizamos las diferentes formas de medir las magnitudes eléctricas (intensidad, voltaje, resistencia, potencia, etc) los instrumentos utilizados y las diferentes unidades de medida de los parámetros eléctricos.

Para la obtención de medidas eléctricas tenemos diferentes aparatos que serán estudiados en los siguientes capítulos.

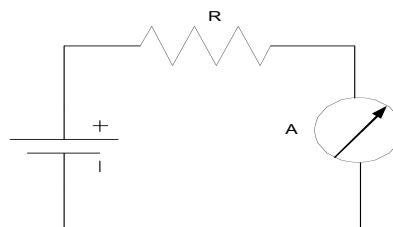
## 1.2. Métodos de Medición.

Las mediciones eléctricas se pueden realizar utilizando el tipo de medición directa o indirecta. En la medición directa se utiliza el instrumento de medida directamente para obtener el resultado, ejemplo medida de voltaje obtenido mediante un voltímetro. En la medición indirecta no podemos obtener el resultado de la lectura del instrumento si no basarnos de cantidades obtenidas para relacionarlas y obtener el resultado utilizando cálculos, ejemplo la resistencia es la relación entre el voltaje y la corriente al aplicar la ley de Ohm.

Básicamente tenemos dos métodos de medida el de deflexión y de detección de cero.

**Método de deflexión.** En este método la deflexión que proporciona la aguja del instrumento da directamente la medida, en el figura 1 se indica un diagrama que utiliza este método para obtener la corriente del circuito.

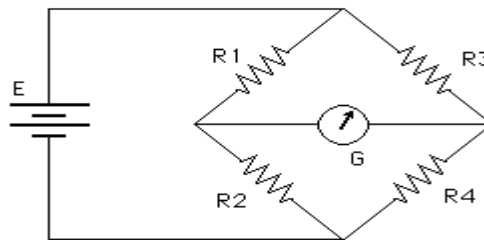
**Método de detección de cero.** En este método la indicación nula o de cero del instrumento lleva a determinar la incógnita que se busca a partir de otras condiciones conocidas para que esta este en equilibrio.



**Figura 1. Medición de corriente**

En las medidas de cero, como se indica en la figura 2, el instrumento utilizado sirve únicamente para constatar aquél estado de equilibrio; por ejemplo, en la medida de una resistencia con el puente de Wheatstone, el galvanómetro se utiliza tan sólo para constatar la existencia de un estado de equilibrio entre las tensiones opuestas; no debiendo desviarse la aguja del galvanómetro, no

influyen en el resultado de la medida los errores de graduación del mismo, mientras que el error de lectura se reduce a un mínimo.



**Figura 2. Puente de Wheatstone**

### **1.3. Fases de realización de una medida.**

Para realizar una medición se debe tener en cuenta los siguientes puntos básicos<sup>4</sup>:

- a. La exactitud requerida. Se debe conocer con que grado de exactitud se requiere el parámetro a ser medido.
- b. Considerar el valor aproximado a ser medido, la magnitud cuyo valor va a ser medido debe conocerse aproximadamente.
- c. Elegir el método a aplicarse para la realización de la medida.

Las fases para la obtención de una medida la describimos a continuación:

#### **1.3.1. Preparación.**

En esta fase se debe preparar esquemas y conexiones a realizarse con todos los elementos que se van a utilizar detallados, además se debe tener cuadros para anotar los valores a medirse según los datos que deseamos obtener.

#### **1.3.2. Medición.**

Esta fase es el proceso mismo para obtener los valores de medida.

Dentro de este proceso es importante mantener un orden de utilización de instrumento según las tablas propuestas en el punto anterior, las conexiones tienen que ser utilizando terminales apropiados.

Las siguientes reglas deben ser puestas en práctica al efectuar la medición.

- a. Tratar con cuidado el instrumento de medida, para no afectar en la precisión.

---

<sup>4</sup> Cf. STANLEY, Wolfe, *Guía Mediciones Electrónicas y Prácticas de Laboratorio*, México, Ed. Prentice Hall, 1992, P. 30.

- b. Selección adecuada del instrumento desde el punto de vista de su clase y su alcance.
- c. Verificar los datos técnicos de los instrumentos
- d. El instrumento debe estar perfectamente calibrado.
- e. Al evaluar tomar en cuenta la clase del instrumento
- f. Tener en cuenta la influencia de los posibles campos magnéticos exteriores.
- g. Recordar que los conductores que unen los amperímetros pueden causar un error importante
- h. Realizar varias mediciones del parámetro para promediar, es recomendable por lo menos realizar tres mediciones de cada parámetro.

### **1.3.3. Evaluación**

En esta fase se debe presentar un informe evaluativo de las mediciones.

Los siguientes puntos son básicos para la presentación del informe de evaluación.

- a. Objetivo. Descripción de parámetros buscados
- b. Método empleado, parámetros conexiones, diagramas
- c. Instrumentos empleados
- d. Datos obtenidos y cálculos
- e. Conclusiones.

## CAPÍTULO II

### 2. Instrumentos de Medida.

Los instrumentos de medida como es de conocimiento son aparatos que permiten conocer las magnitudes eléctricas. Es de suma importancia el uso de los instrumentos de medida ya que por medio de estos podemos conocer el valor de las magnitudes eléctricas, como tensión, corriente, energía, potencia o a su vez conocer las características eléctricas de los circuitos eléctricos como capacitancia, resistencia, inductancia, etc.

#### 2.1. Clasificación

Los instrumentos de medida en general podemos clasificar en dos grupos:

##### a. Precisión y tipo de trabajo.

En este grupo se ubican tres tipos de instrumentos

- Instrumentos de laboratorio  
Estos son instrumentos de gran precisión
- Instrumentos portátiles  
Estos son transportables y utilizados para realizar mediciones en instalaciones. Instrumentos usados para realizar mantenimiento.
- Instrumentos de tablero  
Son de instalación fija, y encontrados en tableros de control

##### b. Funcionalidad

- Instrumentos Analógicos  
Estos son de aguja, y la lectura de la magnitud medida proviene de la deflexión de la aguja o disco.
- Instrumentos Digitales  
Son instrumentos electrónicos compuesto de pantallas alfa numéricas.  
Tenemos varias ventajas y desventajas al momento de utilizar estos dos tipos de instrumentos:

##### **Instrumentos Analógicos:**

Ventajas:

- Bajo Costo.
- En algunos casos no requieren de energía de alimentación.

- No requieren gran sofisticación.
- Presentan con facilidad las variaciones cualitativas de los parámetros para visualizar rápidamente si el valor aumenta o disminuye.
- Es sencillo adaptarlos a diferentes tipos de escalas no lineales.

Desventajas:

- Tienen poca resolución, típicamente no proporcionan más de 3 cifras.
- El error de paralaje limita la exactitud a  $\pm 0.5\%$  a plena escala en el mejor de los casos.
- Las lecturas se presentan a errores graves cuando el instrumento tiene varias escalas.
- La rapidez de lectura es baja, típicamente 1 lectura/ segundo.
- No pueden emplearse como parte de un sistema de procesamiento de datos de tipo digital.

### **Instrumentos Digitales:**

Ventajas:

- Tienen alta resolución alcanzando en algunos casos más de 9 cifras en lecturas de frecuencia y una exactitud de  $+ 0.002\%$  en mediciones de voltajes.
- No están sujetos al error de paralelaje.
- Pueden eliminar la posibilidad de errores por confusión de escalas.
- Tienen una rapidez de lectura que puede superar las 1000 lecturas por segundo.
- Puede entregar información digital para procesamiento inmediato en computadora.

Desventajas:

- El costo es elevado.
- Son complejos en su construcción.
- Las escalas no lineales son difíciles de introducir.
- En todos los casos requieren de fuente de alimentación

## **2.2. Conceptos generales de los Instrumentos de medida.**

Los instrumentos de medida llevan el nombre dependiendo de la magnitud eléctrica a ser medida.

**Amperímetro.** Instrumento para medir la intensidad de corriente que circula por un circuito eléctrico. Los amperímetros están contruidos en base a galvanómetros<sup>5</sup> con una resistencia paralela llamada shunt (resistencia utilizada para ampliar el rango) y su escala graduada en amperios.

Criterio de uso del amperímetro:

Se debe conectar en serie con el circuito en donde se necesita medir la corriente.

Se debe tener un aproximado de corriente a medir ya que si es mayor de la escala del amperímetro, lo puede dañar.

Cada instrumento tiene marcado la posición en que se debe utilizar: horizontal, vertical o inclinada.

**Voltímetro.** Instrumento que mide el valor de la tensión en un circuito.

Sus características son también parecidas a las del galvanómetro, pero con una resistencia en serie. La resistencia tiene un valor elevado para limitar la corriente hacia el voltímetro cuando circule la intensidad a través de ella.

Criterio de uso del voltímetro:

Es necesario conectarlo en paralelo con el circuito.

Se debe tener un aproximado de tensión a medir con el fin de usar el voltímetro apropiado.

**Ohmetro.** Instrumento que mide la oposición al paso de la corriente eléctrica (resistencia). Este instrumento es un arreglo de los circuitos del voltímetro y amperímetro.

Para no tener medidas inexactas de resistencia se debe aislar el elemento de la fuente de tensión.

Estos son los instrumentos de medida principales dentro de las mediciones eléctricas; los demás instrumentos están basados en estos principios, tenemos una gran cantidad de instrumentos para medir magnitudes eléctricas citamos a manera de introducción algunos de estos instrumentos: Voltímetro, frecuencímetro, contadores de energía, etc.

Tenemos también el multímetro tanto analógico como digital que tiene la unión de los instrumentos analizados anteriormente.

---

<sup>5</sup> El galvanómetro instrumento basado en efectos magnéticos o térmicos al paso de la corriente. Esta compuesto de una aguja indicadora que está asociada a un imán que se encuentra situado en el interior de una bobina por la que circula la corriente que tratamos de medir y que crea un campo magnético que, dependiendo del sentido de la misma, produce una atracción o repulsión del imán proporcional a la intensidad de dicha corriente.

En la actualidad los instrumentos de medida la mayoría de instrumentos son digitales que utilizan conversores analógico/ digital y esta información es leída por un microprocesador y traducida por una pantalla LCD; pero aun se sigue utilizando instrumentos analógicos que también son confiables y. de bajo costo.

### **2.3. Símbolos de los instrumentos de medida.**




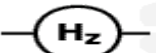
















En la siguiente tabla<sup>6</sup> presentamos las principales unidades de los parámetros eléctricos, los símbolos de las señales ubicadas en un instrumento de medida, los símbolos para instrumentos de medida y una simbología general.

Es de suma importancia conocer la simbología esto permite el uso correcto de unidades, utilización adecuada de instrumentos y uso de parámetros al momento de tomar datos de la magnitud que se quiere medir; además disminuye el riesgo de dañar el instrumento y de daños personales.

## **A. SÍMBOLOS PARA INSTRUMENTOS DE MEDIDA**

---

<sup>6</sup> Tabla cortesía de [www.simbologia-electronica.com](http://www.simbologia-electronica.com) y del libro-CEVALLOS, Agosto, *Hablemos de electricidad*, Quito, Escuela Politécnica Nacional, 1998.

	Voltímetro		Amperímetro
	Vatímetro		Frecuencímetro
	Vúmetro		Indicador del coseno de $\phi$
	Indicador de radiación		Fasímetro
	Termómetro o pirómetro		Ondámetro
	Ohmímetro		Amperímetro con cero al centro
	Osciloscopio		Osciloscopio
	Tacómetro *		Tacómetro
	Gasímetro de humos		Galvanómetro
	Reloj eléctrico		Reloj eléctrico con contacto, Temporizador

## B. UNIDADES PRINCIPALES

Nº	DESIGNACIÓN	SÍMBOLO
A-1	kiloampere	kA
A-2	ampere	A
A-3	miliampere	mA
A-4	microampere	$\mu$ A
A-5	kilovolt	kV
A-6	Volt	V
A-7	milivolt	mV
A-8	microvolt	$\mu$ V
A-9	Megawatt	MW
A-10	kilowatt	kW
A-11	Watt	W
A-12	Megavar	Mvar

Nº	DESIGNACIÓN	SÍMBOLO
A-13	kilovar	kvar
A-14	var	var
A-15	Megahertz	MHz
A-16	kilohertz	kHz
A-17	Hertz	Hz
A-18	Megaohm ó Megohm	M $\Omega$
A-19	kilohm	k $\Omega$
A-20	Ohm	$\Omega$
A-21	miliohm	m $\Omega$
A-22	Tesla	T
A-23	militesla	mT
A-24	grado Celsius	$^{\circ}$ C

## C. SIMBOLOS REPRESENTATIVOS DE LA NATURALEZA DE CORRIENTE.

B-1	Circuito de corriente continua	
B-2	Circuito de corriente alterna (monofásico)	
B-3	Circuito de corriente continua y de corriente alterna	
B-4	Circuito de corriente alterna trifásica (Símbolo general)	
B-5	Circuito de corriente alterna trifásico con cargas no equilibradas (símbolo general)	



#### D. SIMBOLOS DE SEGURIDAD.

C-1	Ensayo de tensión 500 V	
C-2	Tensión de ensayo mayor de 500 V (por ejemplo 2 kV)	
C-3	Instrumento no sujeto a ensayo dieléctrico	
C-7	Alta tensión sobre el accesorio y/o sobre el instrumento	

















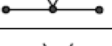
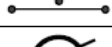


#### E. SIMBOLOS DE POSICIÓN DE UTILIZACIÓN.

D-1	Instrumento a ser utilizado con el cuadrante en posición vertical	
D-2	Instrumento a ser utilizado con el cuadrante en posición horizontal	
D-3	Instrumento a utilizar con el cuadrante inclinado con respecto a la horizontal (por ejemplo: 60°)	
D-4	Ejemplo para un instrumento a utilizarse como D-1 con un campo nominal de 80° a 100°	
D-5	Ejemplo para un instrumento a utilizarse como D-2 con un campo nominal de uso de -1° a +1°	
D-6	Ejemplo para un instrumento a utilizarse como D-3 con un campo nominal de 45° a 75°	

#### F. SIMBOLOS DE CLASE Y EXACTITUD.

E-1	índice de clase (por ejemplo 1,5). Se refiere a los errores expresados en porcentaje del valor confiable salvo cuando este último corresponde a la longitud de la graduación o el valor verdadero	1,5
E-2	Índice de clase (por ejemplo 1,5) cuando el valor confiable corresponde a la longitud de la graduación	 (1)
E-3	índice de clase (por ejemplo 1,5) cuando el valor confiable corresponde al valor verdadero	 (1)

## G. SIMBOLOS GENERALES

F-1	Instrumento de bobina móvil e imán permanente	
F-2	Logómetro (medidor de cocientes) de bobinas cruzadas e imán permanente)	
F-3	Instrumento de imán móvil	
F-4	Logómetro (medidor de cocientes) de imán móvil	
F-5	Instrumento de hierro móvil	
F-6	Instrumento de hierro móvil e imán permanente	
F-7	Logómetro (medidor de cocientes ) de hierro móvil	
F-8	Instrumento electrodinámico	
F-9	Instrumento ferrodinámico	
F-10	Logómetro (medidor de cocientes) electrodinámico	
F-11	Logómetro (medidor de cocientes) ferrodinámico	
F-12	Instrumento de inducción	
F-13	Logómetro (medidor de cocientes) de inducción	
F-14	Instrumento térmico (de hilo caliente)	
F-15	Instrumento bimetálico	
F-16	Instrumento electrostático	
F-17	Instrumento de láminas vibrantes	
F-18	Termocupla no aislada	
F-19	Termocupla aislada	
F-20	Dispositivo electrónico en un circuito de medición	
F-21	Dispositivo electrónico en un circuito auxiliar	

## CAPÍTULO III

### 3. Equipos de Medida Indicadores

Los equipos de medida indicadores o analógicos como vimos en el apartado anterior esta compuesto de agujas indicadoras y de una escala adecuada para la medida de la magnitud.

*“El instrumento de medida es el dispositivo que provoca el movimiento o el momento de giro de la aguja. Este dispositivo lo forman una serie de piezas de precisión cuyas características y principios de funcionamiento dependen de las características de la magnitud a medir”<sup>7</sup>*

El movimiento de esta aguja se realiza por la aplicación de algunos medios físicos que analizamos a continuación.

#### 3.1. Aparatos magnetoeléctricos.

El par está determinado por la acción de un campo magnético creado por un imán permanente sobre una bobina recorrida por una corriente. Tenemos de bobina móvil (imán fijo) y de imán móvil (bobina fija).

Admitiendo que la inducción en el entrehierro en el que se mueve la bobina es constante, el par motor es proporcional a la corriente, de donde resulta el ángulo de giro del elemento móvil que es proporcional a la corriente que pasa por la bobina. El valor relativamente elevado de la inducción en el entrehierro hace que sean bastante sensibles a los campos magnéticos exteriores.

---

<sup>7</sup> TARRAGA LASSO, David, *Instalaciones eléctricas de interior*, Madrid, Ed. Thomson Paraninfo, 2005, P.321.

Su campo de medida esta limitado a unos 20-30 mA, impuesto por el hilo de suspensión de la bobina que actúa a la vez como porta corriente de la bobina y como resorte antagonista.

Conectando en paralelo con la bobina una resistencia calibrada, a través de la cual se deriva la mayor parte de la corriente, se pueden medir corrientes más elevadas. Aún cuando solo pueden funcionar con corriente unidireccional, utilizando rectificadores de tamaño reducido y fiable, pueden utilizarse con corriente alterna, previamente rectificada, obteniéndose el valor eficaz de la misma.

### **3.2. Aparatos electrodinámicos**

Esta compuesto por dos bobinas una fija y otra móvil.

El par viene determinado por los esfuerzos electrodinámicos<sup>8</sup> entre dos bobinas coaxiales una fija y otra móvil montada sobre un eje equilibrado que arrastra a la aguja indicadora, la desviación depende de la intensidad que recorre tanto en la bobina móvil como en la fija.

Es utilizado para medición de tensión, intensidad y potencia en instrumentos patrones y de alta precisión. Su mayor coste hace que no se utilicen en usos industriales

### **3.3. Aparatos de inducción**

Aparatos para magnitudes de corriente alterna ya que se utiliza el principio de inducción. El par motor está determinado por un campo magnético giratorio excitado por una bobina fija que actúa sobre una corriente inducida por el propio campo magnético en un disco tambor de aluminio o cobre sobre cuyo eje de giro está montada la aguja. Su principal aplicación es como contadores eléctricos.

### **3.4. Aparatos térmicos**

Pueden ser utilizados con corriente continua y con alterna.

Su sistema es sensitivo, tiene siempre un sobrecalentamiento, sólo admiten limitadas sobrecargas y de breve duración; estos son de dos tipos:

---

<sup>8</sup> Electrodinámico. Electricidad en movimiento

Termoeléctrico. De par termoeléctrico, en este la bobina es móvil de un mili voltímetro de imán permanente este es alimentada por la fuerza electromotriz originada por la diferencia de temperatura en la soldadura de dos metales de distinta naturaleza al calentarse por el paso de una corriente eléctrica.

Se utilizan para circuitos de alta y muy alta frecuencia.

Bimetalicos. Una lámina arrollada en espiral constituida por dos metales de distinta naturaleza soldados íntimamente, calentada por el paso de la corriente a medir, da origen a un giro de la espiral debido al distinto coeficiente de dilatación de los dos metales que forman la bilamina

### **3.5. Aparatos electrostáticos**

Están basados en las fuerzas atractivas entre cargas eléctricas opuestas.

*“Aparato que determina una diferencia de potencial, que funciona por medio de fuerzas electrostáticas ejercidas entre los electrodos cargados, fijos y móviles”.*<sup>9</sup>

Solo se utilizan en laboratorios y salas de ensayo de alta tensión. Constan de una placa fija y otra móvil retenida por un muelle antagonista, constituyendo un condensador

---

<sup>9</sup> Norma DGE – terminología en electricidad parte II, Equipamiento eléctrico sección 24, Mediciones en electricidad

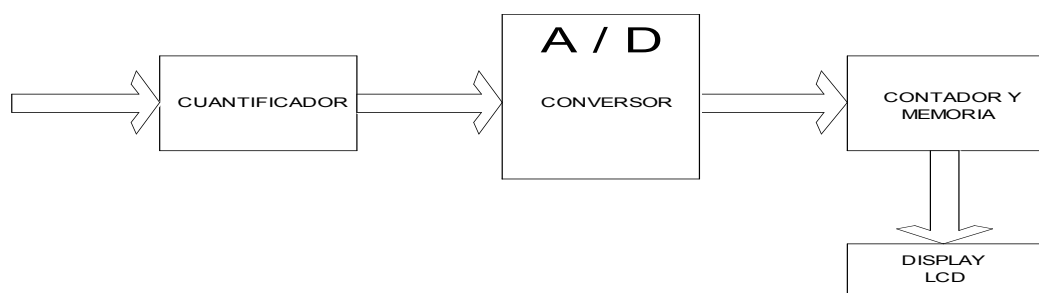
## CAPÍTULO IV

### 4. Aparatos de Medida Digital.

Los aparatos de Medida digital son instrumentos numéricos; el proceso de la medición proporciona una información discontinua expresada por un número de varias cifras. La escala clásica de indicación continua, es reemplazada por la escala numérica de indicación discontinua, en la cual las cifras alineadas a leer indican directamente el valor numérico de la magnitud medida; la indicación numérica se presenta a lo largo del tiempo con un ritmo predeterminado.

En general los instrumentos digitales poseen características de entrada superiores a los analógicos, como impedancia de entrada muy elevada en los circuitos de voltaje (superior a 2MW), un consumo de energía mucho menor y una mayor exactitud; pueden incorporar selección automática de escala, e indicación de polaridad, lo que salvaguarda al instrumento y mejora la fiabilidad de la medida.

En el siguiente diagrama se visualiza las etapas de un aparato de medida digital.



**Figura 3. Diagrama instrumento de medida digital**

#### 4.1. Multímetro

El multímetro es un instrumento electrónico de medida que contiene varias funciones. Las funciones principales son medición de voltaje, corriente y resistencia, actualmente los multímetros vienen con muchas funciones más dependiendo del fabricante.



Figura 4. Multímetros digitales con diferentes funciones.

La capacidad para leer varios parámetros en corriente continua y alterna es debido al uso de convertidores de voltajes, los convertidores se componen de un dispositivo de alta velocidad, que cambia valores analógicos en digitales y luego lo presenta en el display. (Figura 4).

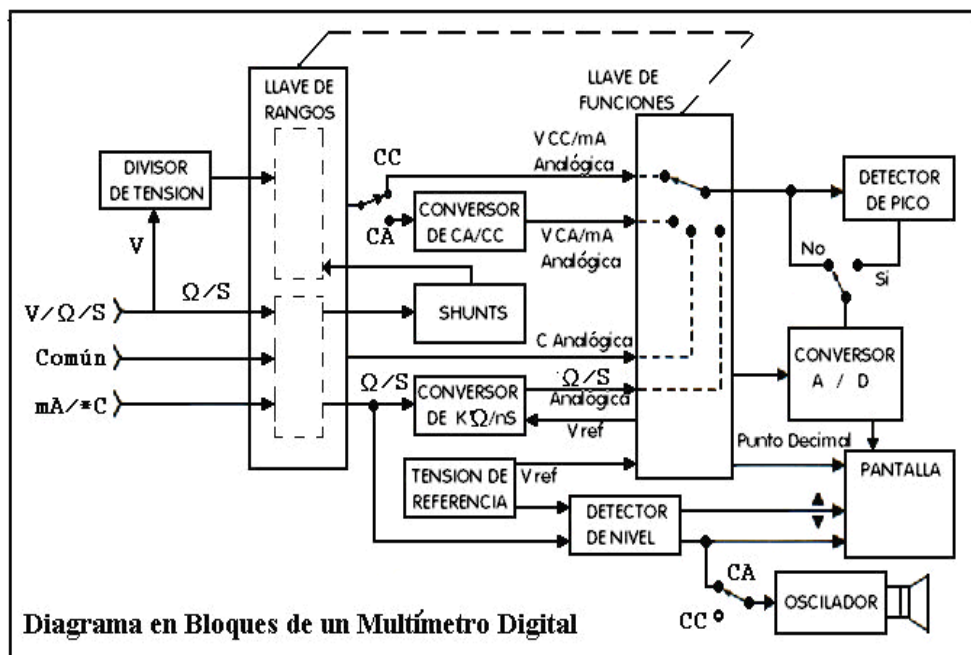


Figura 5. Diagrama en bloques de un multímetro digital

La composición interna de un multímetro digital básicamente se divide en dos secciones:

**4.1.1. Sección Analógica.** Compuesta por los divisores de tensión, el conversor de corriente alterna a continua, el conversor de resistencia a voltaje continuo, la tensión de referencia para comparación, la fuente de alimentación, el detector de pico y las llaves de selección de rango y funciones. Algunos instrumentos, sólo presentan una llave de función ya que el dispositivo es controlado por un microprocesador que selecciona automáticamente las escalas de acuerdo al valor de entrada del parámetro.

**Llaves de rangos.** Estas son generalmente elementos compuestos de resistencias en serie o en paralelo que toman una muestra reducida de la señal a medir y procesan dentro de los niveles de tensión que soportan los circuitos electrónicos; En el caso de tensión, se usa un divisor de tensión resistivo y en el caso de Corriente, se usan Shunts.

**Llaves de funciones.** Las llaves de funciones dirigen las señales hacia los distintos circuitos de conversión según la aplicación.

**Conversor de corriente alterna a continua.** Este conversor AC/DC es el encargado de convertir la señal alterna en continua de un valor compatible con el conversor analógico digital. Estos están compuestos rectificadores compuestos de resistencias y puente de diodos que rectificaran la señal de corriente alterna en un valor VRMS característico para cada valor de señal.

**Conversores de resistencia a conductancia.** Básicamente el instrumento se constituye en un circuito serie alimentado por la batería interna ó por una fuente de referencia. Este circuito estará formado por la resistencia desconocida colocada en los terminales V-Ohm y COMMON, una resistencia de referencia y la fuente de referencia. La relación de las dos resistencias (la de referencia y la desconocida) es igual a la relación de caídas de tensión de las respectivas resistencias. Por lo tanto, como se conoce el valor de la resistencia de referencia, el valor de la resistencia desconocida puede ser calculada determinando la relación de las caídas de tensión en ambas resistencias. Esta determinación la hace el conversor Análogo a Digital.

En las mediciones de tensión normales, el conversor Análogo a Digital compara una tensión interna de referencia con la tensión de entrada

desconocida. De esta comparación, él determina el valor de la tensión desconocida. En el caso de medición de resistencia, el conversor Análogo a Digital, usa como tensión de referencia a la caída de tensión sobre la resistencia de referencia interna, y la comparación de las caídas las realiza midiendo los tiempos de subida y de bajada del integrador interno.

**4.1.2. Sección Digital.** Esta sección esta compuesta por el conversor analógico a digital y el display.

**Conversor Analógico Digital (A/D).** Estos conversores, tienen como misión la obtención de una representación digital de la magnitud analógica que se presente a su entrada. Los procesos que deben llevar a cabo son los de cuantificación, por el que la señal analógica continua de entrada se transforma en un conjunto discreto de estados de salida y codificación, el cual asigna un conjunto de bits a cada uno de dichos estados.

Existen muy diversas técnicas para realizar esta transformación analógico-digital. Estas pueden ser agrupadas en dos tipos básicos: Conversores A/D de bucle abierto y de bucle cerrado.

En los primeros no existe realimentación interna, obteniéndose la información digital de forma directa.

Un segundo tipo de conversores A/D son los que poseen un lazo de realimentación del que forma parte un conversor D/A. En ellos, los procesos de cuantificación y codificación son simultáneos, obteniéndose una secuencia de números digitales que son reconvertidos.

**Display Digital.** Este es un arreglo de LEDs<sup>10</sup> o de cristal líquido LCD que son los más modernos y consumen menos energía y son más legibles en ambientes de alta luminosidad.

Este tiene una fuente de poder y un decodificador de modo que a cada segmento de LED, se excita con el paso de la corriente a través de él.

**Recomendaciones:**

En este apartado tenemos algunas instrucciones de uso del multímetro que viene dado en el manual del fabricante del equipo.

---

<sup>10</sup> LED. Light emitting diode (diodo emisor de luz)

Este instrumento es de uso fácil siempre y cuando se tenga conocimientos básicos de electricidad.

*“Para evitar posibles choques eléctricos o lesiones personales, siga las siguientes indicaciones:*

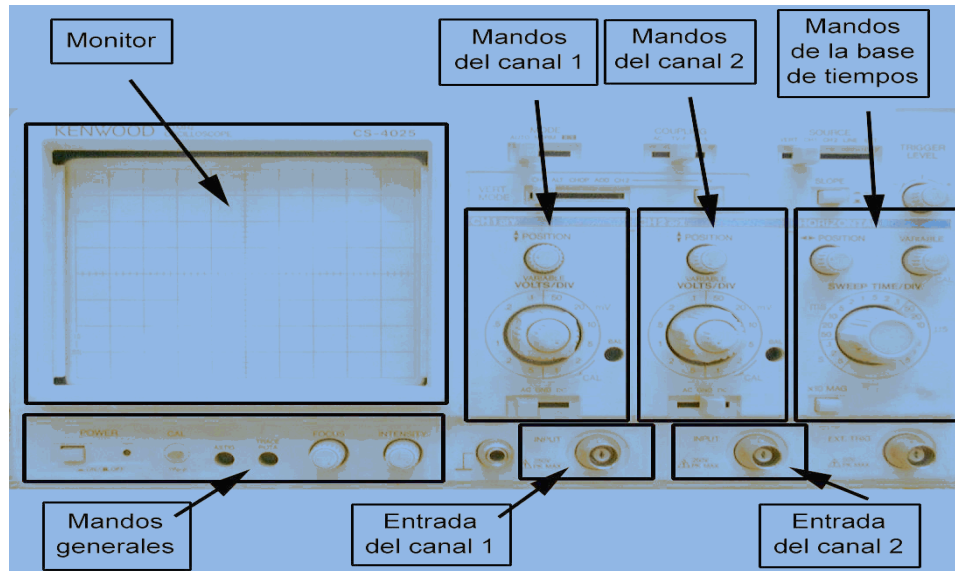
- *Utilice el medidor solamente de acuerdo con las especificaciones dadas en el manual, de no hacerlo así la protección provista por el instrumento podría verse afectada.*
- *No utilice el medidor o los conductores de prueba si parecen estar dañados, o si el medidor no está funcionando correctamente. En caso de duda, solicite servicio técnico de mantenimiento para el medidor.*
- *Utilice siempre los terminales, la posición del selector y el rango correctos para las mediciones.*
- *Verifique el funcionamiento del medidor midiendo una tensión conocida.*
- *No aplique una tensión superior a la tensión nominal, especificada en el medidor, entre los terminales o entre cualquier terminal y tierra.*
- *Tenga cuidado al trabajar con tensiones superiores a 30 V CA valor eficaz (rms), 42 V CA cresta o 60 V CC. Estas tensiones presentan riesgos de choque eléctrico.*
- *Reemplace la batería tan pronto como aparezca el indicador de batería descargada.*
- *Desconecte el suministro eléctrico al circuito y descargue todos los condensadores de alta tensión antes de efectuar pruebas de resistencia, continuidad, diodos o capacitancia.*
- *No utilice el medidor cerca de gases o vapores explosivos.*
- *Al utilizar los conductores de prueba, mantenga los dedos detrás de las protecciones dactilares.*
- *Retire los conductores de prueba del medidor antes de abrir la caja del medidor o la cubierta de la batería”.*<sup>11</sup>

## **4.2. Osciloscopio**

---

<sup>11</sup> FLUKE, *Manual de uso multímetro modelo 175*, España, 2003.

El osciloscopio es un instrumento que permite visualizar la medida de la magnitud eléctrica y mostrar como una señal variable en el tiempo en una pantalla cuyo eje vertical (Y) se representa la amplitud y voltaje y en el eje horizontal (X) el tiempo.



**Figura 6. Partes de un osciloscopio.**

**4.2.1. Monitor.** El monitor de un osciloscopio es de forma cuadrangular con divisiones horizontales de diez recuadros y vertical de 7 recuadros.

Presenta la figura de la señal que se está midiendo: mediante el barrido de un haz electrónico que va dibujando la forma a través del tiempo (osciloscopio analógico), o lo muestra mediante un display (osciloscopio digital)

**4.2.2. Mandos generales.** En esta parte se encuentran los comandos generales:

Interruptor general de apagado encendido.

Mando de enfoque (FOCUS) para enfocar el trazo en que se dibuja en el monitor.

Mando de intensidad (INTENSITY) para cambiar la intensidad del trazo en el monitor.

En este panel también tenemos una salida para calibrar la sonda.

**4.2.3. Mandos de entrada de la señal.** Generalmente en el osciloscopio tenemos dos entradas de señal que nos permiten visualizar dos señales al mismo tiempo en la pantalla.

En este mando se encuentra:

Ajuste de posición del trazado. Permite ajustar la señal verticalmente.

Ajuste de la tensión de la rejilla del monitor. Es una de las partes más importantes, ya que permite ajustar la señal en la posición vertical, permitiendo establecer el valor de cada división.

Selector para señales continuas o alternas. Este es un selector de tres posiciones AC-GND-DC. La posición GND o entrada de masa permite carga a masa y se visualiza una línea horizontal. Con la posición DC solo se visualiza señal continua y con la posición AC solo señal alterna.

Conector de entrada de la sonda. Entrada de señal.

**4.2.4. Mando de la base de tiempo.** Con este mando es posible ajustar los tiempos de barrido y la duración de la señal.

En este mando se encuentra:

Ajuste de la posición horizontal

Selector de duración temporal de las divisiones horizontales.

Botón que multiplica por diez los valores del selector central.

**4.2.5. Mandos de modalidad vertical.** Este permite seleccionar que se quiere visualizar.

En este tenemos:

CH1. Permite visualizar la señal de entrada canal 1

CH2. Permite visualizar la señal de entrada canal 2

ALT. Visualiza alternadamente los dos trazos de las señales de los dos canales.

CHOP. Visualiza al mismo tiempo los trazos de las dos señales.

ADD. Visualiza un único trazo de la suma de las señales de los dos canales

Los parámetros que acabamos de explicar son de un osciloscopio analógico común en el mercado, pero también tenemos osciloscopios digitales que están fabricados a base de conversores y poseen ventajas sobre la utilización de los osciloscopios analógicos; una de las ventajas es que se puede a la vez utilizar como multímetro, y es un dispositivo portátil.



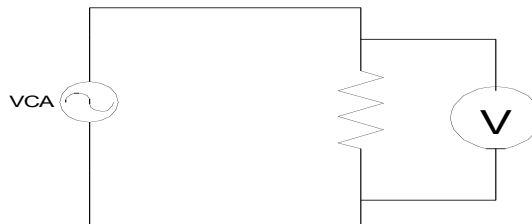
**Figura 7. Moderno osciloscopio digital**

## CAPÍTULO V

### 5. Métodos y Equipos de Medida.

#### 5.1. Medidas de tensión e intensidad

**5.1.1. Medida de tensión.** La medida de tensión eléctrica<sup>12</sup> de un circuito eléctrico<sup>13</sup> se lo realiza con un voltímetro conectado en paralelo a la carga (puntos en donde se quiere medir). Este hecho se visualiza en la figura 8



**Figura 8. Medición de voltaje**

Es importante saber que tensión se va medir para señalar adecuadamente la escala, además el tipo<sup>14</sup> de tensión que voy a medir, claro esta que si utilizo un multímetro digital tengo que preocuparme de ubicar el selector correctamente. La unidad de tensión es el voltio que corresponde al trabajo de un joule al desplazar un Coulombio de carga de un punto a otro.

---

<sup>12</sup> Tensión, diferencia de potencial o voltaje entre dos puntos es el trabajo necesario para desplazar la unidad de carga eléctrica de un punto al otro.

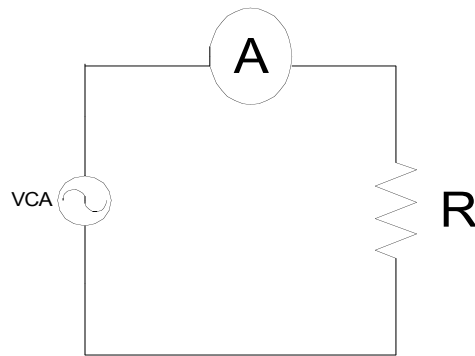
<sup>13</sup> Circuito eléctrico. Conjunto de componentes eléctricos que desempeñan una función específica, estos componentes pueden ser activos o pasivos.

<sup>14</sup> Existe dos tipos de tensión eléctrica continua y alterna.

### 5.1.2. Medida de corriente.

La medida de corriente eléctrica<sup>15</sup> en un circuito se la realiza con un amperímetro. La unidad de corriente es el amperio que es una corriente constante que, si es mantenido en dos conductores paralelos de largo infinito, circular y colocado a un metro de distancia en un vacío, produciría entre esos conductores una fuerza igual a  $2 \times 10^{-7}$  newton por metro de largo.

Para medir la corriente se coloca un amperímetro en serie a la carga y la fuente del circuito eléctrico, como se observa en la figura 9.



**Figura 9. Medición de corriente eléctrica**

**5.2. Medidas de resistencia.** La resistencia<sup>16</sup> dentro de un circuito eléctrico se puede medir de varias formas:

**Código de colores.** Este código viene marcado por el fabricante de resistencias y no es más que cuatro franjas de colores las cuales; la primera primer dígito, segunda segundo dígito, tercera el factor de multiplicación y la banda de tolerancia, al interpretar estos colores obtendré el valor de la resistencia.

**Óhmetro.** Es un instrumento de medida que me permite realizar la medición directamente. Tenemos varios instrumentos de este tipo citamos de manera general: Óhmetro, multímetro, megaóhmetro y puentes (Thomson, Wheatstone).

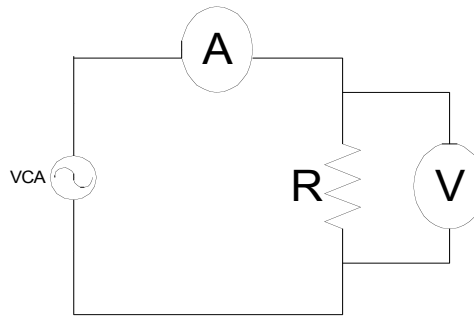
**Voltímetro- amperímetro.** Es un método para obtener la magnitud de la resistencia de manera indirecta, aplicando al circuito un voltímetro y un

---

<sup>15</sup> La corriente eléctrica es el desplazamiento de partículas de electricidad llamadas electrones que se dirigen en el mismo sentido en un conductor debido a la presencia de tensión eléctrica.

<sup>16</sup> Resistencia es la oposición al paso de la corriente eléctrica, todo conductor tiene resistencia eléctrica

amperímetro luego calcular la resistencia aplicando la ley de ohm<sup>17</sup>, por este método el error en la medida va ser mayor debido a la caída de tensión en el amperímetro. Este hecho se muestra en la figura 10.



**Figura 10. Medición de resistencia método voltímetro- amperímetro.**

### 5.3. Medidas de potencia

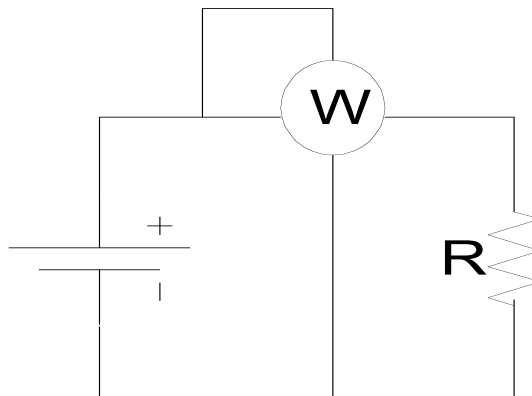
#### 5.3.1. Medida de potencia en corriente continúa.

La potencia<sup>18</sup> en corriente continua se puede medir por dos métodos:

Método de voltímetro- amperímetro. No es más que buscar la potencia multiplicando el valor de caída de tensión por la corriente.  $P= V \cdot I$ .

Figura 10.

Método directo. Aplicando un vatímetro que esta constituido de una bobina amperimétrica de baja resistencia conectada en serie y una bobina voltimétrica de alta resistencia conectada en paralelo, indicando directamente el producto de la tensión por la intensidad. Figura 11.



**Figura 11. Medición de potencia aplicando un vatímetro.**

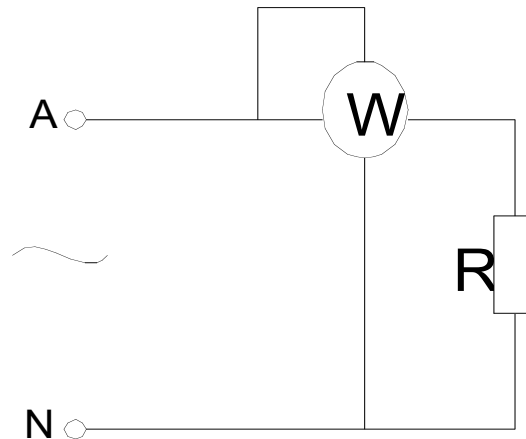
#### 5.3.2. Medida de potencia en corriente alterna monofásica.

<sup>17</sup> La ley de ohm para la resistencia es que la resistencia es igual al cociente del voltaje para la intensidad.  $R=V/I$ .

<sup>18</sup> Potencia eléctrica se define al producto de la diferencia de potencial o tensión aplicada y la intensidad de corriente a que da lugar, la unidad es el vatio (W)

Se realiza directamente con un vatímetro que indica la lectura del valor:

$$P = VI \cos(\theta)$$



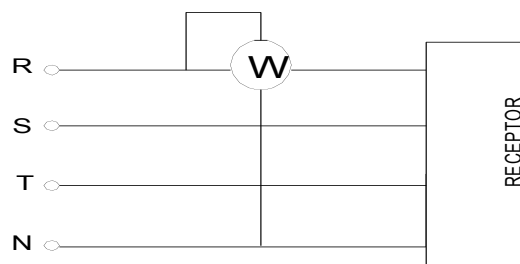
**Figura 12. Medida de potencia monofásica alterna.**

### 5.3.3. Medida de potencia eléctrica en corriente alterna trifásica.

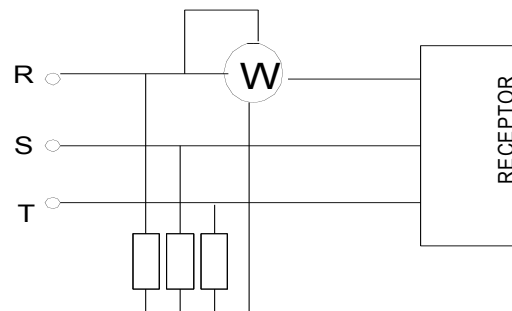
- a. **Circuito trifásico equilibrado.** Se puede medir la potencia con un vatímetro de una sola fase y multiplicar por tres.

$$P = 3P_1 = 3V_f I_f \cos(\theta) = \sqrt{3} V_l I_l \cos(\theta)$$

Si el sistema es de cuatro hilos es decir con neutro se utiliza el vatímetro como en la figura 13; y si el sistema es de tres hilos se utiliza aplicando un neutro artificial como en la figura 14



**Figura 13. Medida de potencia sistema de cuatro hilos.**

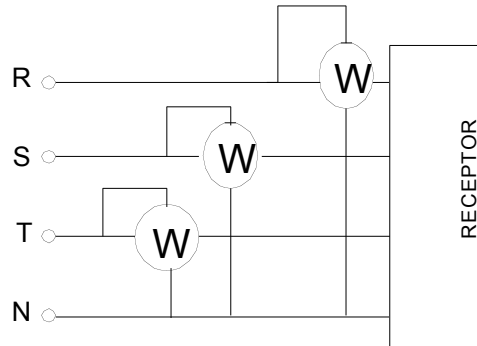


**Figura 14. Medida de potencia sistema de tres hilos**

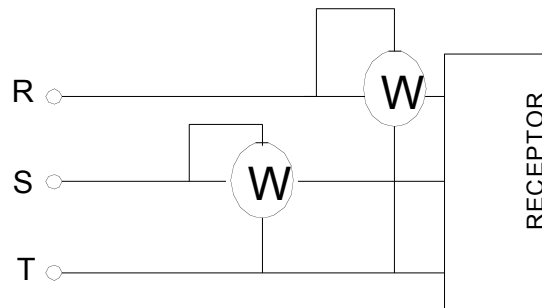
- b. **Circuito trifásico desequilibrado.**

Para medir la potencia en este circuito se utilizan básicamente dos métodos indicados en las figuras 15 y 16 respectivamente:

En el primer método la potencia total es la suma de los tres vatímetros y en el segundo la potencia es la suma de los dos vatímetros como se ve en la figura 16.



**Figura 15. Medida de potencia circuito trifásico desequilibrado cuatro hilos.**



**Figura 16. Medida de potencia circuito trifásico desequilibrado tres hilos.**

Para medir la potencia activa en un circuito en general se utiliza un vatímetro este instrumento es la unión de un amperímetro que se conecta como los amperímetros comunes en serie con la línea y una parte voltimétrica que se conecta en paralelo a la línea que conduce la corriente eléctrica; obteniendo la medida de la potencia como efecto de las dos medidas.

#### **5.4. Medida del factor de potencia**

El factor de potencia instantáneo en un sistema es el cociente de la potencia activa (P) y aparente (S) y se denomina  $\cos(\phi)$ .

Como vimos anteriormente con el vatímetro medimos la potencia activa y con el voltímetro y el amperímetro medimos la potencia aparente, para obtener el factor de potencia solo basta dividir.

Existen instrumentos de medida de factor de potencia (cosfímetro) que son fabricados en base al principio de construcción de un vatímetro.

En caso de no tener un cosfímetro se procede a realizar las siguientes mediciones:

- a. Mida la tensión de la carga con el multímetro o un voltímetro.
- b. Mida la corriente de alimentación con una pinza amperimétrica.
- c. Mida la potencia de carga real con la pinza vatímetrica.
- d. Utilice las fórmulas siguientes para calcular el factor de potencia a partir de los datos medidos:

$$F.P. = \frac{P}{S} * 1000 = \frac{P}{U * I} * 1000$$
$$F.P._{\phi} = \frac{P_{\phi}}{S_{\phi}} * 1000 = \frac{P_{\phi}}{\sqrt{3} * U * I} * 1000$$

### 5.5. Medida de frecuencia

Para la medida de frecuencia utilizamos un frecuencímetro electrónico que no es más que un contador de número de eventos en un periodo de tiempo. Este acumula el número de eventos el mismo que es transferido a un display y visualizado en forma numérica.

### 5.6. Medida de energía.

La energía eléctrica se mide mediante registradores de energía, los mismos que tienen dos o tres sistemas de medida actuando sobre un mismo órgano móvil que acciona el mecanismo registrador.

El principio de construcción es semejante al de un vatímetro.

Como tenemos dos tipos de potencia, la activa y la reactiva tenemos registradores de energía activa y de reactiva.

Los contadores de energía son de suma importancia ya que mediante ellos se puede saber el consumo (tarificación), la generación de energía y son utilizados ampliamente en los sectores industriales y domésticos; en la actualidad los registradores digitales de energía están ampliamente difundidos y con software incluido el mismo que permite hacer calibraciones y ajustes mediante una PC, tener acceso remoto y una gran variedad de posibilidades, un ejemplo de medidor de energía digital visualizamos en la figura 17.

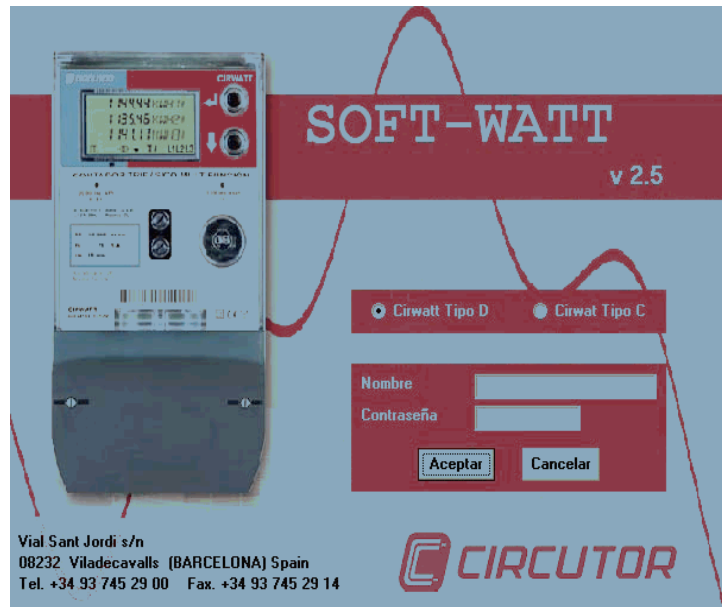


Figura 17. Medidor de energía CIRCUTOR, cortesía Hidroabanico S.A.

## CAPÍTULO VI

### 6. Tratamiento Estadístico de las Medidas

El proceso para obtener una medida aprendimos en el capítulo 1 sin embargo es necesario saber que hay que tener en cuenta varios aspectos que describiremos a continuación para obtener una medida que sea cercana a la realidad:

*“ 1. El diseño de un dispositivo eficiente de medición. Este paso comprende una selección adecuada del equipo disponible y una interconexión correcta de los diferentes componentes e instrumentos.*

*2. El manejo inteligente del aparato de medición.*

*3. El registro de los datos de un modo claro y completo. La información registrada debe dar una referencia inequívoca para interpretaciones futuras.*

*4. El cálculo de la exactitud de la medición y las magnitudes de posibles errores implícitos.*

*5. La preparación de un informe que describa la medición y sus resultados para aquellos que puedan interesarse en su empleo.”<sup>19</sup>*

En este punto estamos en la capacidad de presentar un informe de medidas como vimos en el capítulo 1, para concluir con este estudio dedicaremos en este ultimo punto a describir los diferentes errores al obtener una medida.

---

<sup>19</sup> STANLEY, Wolfe, *Guía Mediciones Electrónicas y Practicas de Laboratorio*, México, Ed. Prentice Hall, 1992, P. 29.

## 6.1. Errores

En toda medida existe error, los resultados de las medidas nunca corresponde a los valores reales están afectados por errores ya sea por causa del observador, del instrumento de medida, de las condiciones ambientales o del mismo proceso de medida.

En tal circunstancia la teoría de errores tiene por objeto:

- a. Buscar la forma de reducirlos
- b. Aprender como puede calcularse la veracidad de los resultados.

## 6.2. Clasificación de los errores

Los errores se clasifican en:

Errores sistemáticos o determinables y errores accidentales o indeterminables.

### 6.2.1. Errores sistemáticos o determinables.

Errores sistemáticos son aquellos que están presentes en todas las medidas, estos se producen debido a la inexperiencia de la persona que realiza la medición, confusiones, defectos de los instrumentos, influencias del medio ambiente, mala técnica de medida y malos hábitos del observador; Estos errores se subdividen en cuatro categorías:

- a. **Errores grandes.** Estos se cometen por descuido del observador, y del cálculo de una magnitud a partir del valor medido aplicando una ecuación basada en la hipótesis. Entonces este error puede reducir su frecuencia teniendo mucho cuidado en la obtención de la magnitud medida.
- b. **Errores instrumentales.** Estos errores son a causa de una mala calibración, deterioro del equipo y desgaste interno del mismo; este tipo de errores están presentes en gran magnitud en los instrumentos indicadores.
- c. **Errores ambientales.** El ambiente físico en donde se realiza una medición puede influenciar sobre los resultados en la toma de medida; los agentes que pueden causar estos errores son: la temperatura, presión, humedad, vibraciones mecánicas, variaciones de voltaje, etc.

Para la obtención de la medida en ambientes de este tipo se debe tener muy en cuenta y proteger el equipo o realizar varias mediciones para obtener la aproximada.

**d. Errores del observador.** Este tipo de errores se debe a la limitación de los sentidos humanos; el más común es el error de paralaje y lectura de los instrumentos, este se produce cuando el observador no coloca su mira en dirección perpendicular al plano de la escala. Puede corregirse con la toma de varias medidas del parámetro medido.

### 6.2.2. Errores accidentales o indeterminables

Son aquellos que surgen de una combinación arbitraria de un gran número de sucesos como choques moleculares, que son de naturaleza errática y poseen un comportamiento irregular; estos errores pueden estudiarse por métodos estadísticos.

### 6.3. Error absoluto y relativo.

Al momento de obtener las medidas esta presente el error por lo que para efectos de cálculos definiremos el error absoluto y relativo; los mismos dan confiabilidad en los resultados obtenidos, y se le asocia una cantidad que indica la calidad de la medida o su grado de precisión.

#### a. Error absoluto.

Se define como la diferencia entre el valor obtenido en la medida ( $A_m$ ) y el valor verdadero o real ( $A_r$ ) de la magnitud.

$$\varepsilon_a \cong A_m - A_r$$

#### b. Error relativo

Es la relación entre el error absoluto y el valor real de la magnitud.

$$\varepsilon_r \cong \frac{\varepsilon_a}{A_r} = \frac{A_m - A_r}{A_r} (\text{Unitario})$$

$$\varepsilon_r \cong \frac{\varepsilon_a}{A_r} * 100 = \frac{A_m - A_r}{A_r} * 100 (\text{Porcentual})$$

## **CAPÍTULO VII**

### **7. Importancia del Análisis de los Instrumentos de Medida**

El profesional eléctrico debe tener un amplio conocimiento de características, aplicaciones, tratamiento de medidas e instrumentos de medida; El estudio de esta asignatura es importante ya que brinda la herramienta necesaria para analizar y cuantificar los fenómenos eléctricos presentes en la industria.

En el área eléctrica estamos rodeados de instrumentos de medida tanto analógicos como digitales, el conocimiento de ellos nos permite el manejo eficiente de los mismos y la evaluación de procesos de medición y tratamiento de parámetros.

#### **7.1. Justificación**

Los instrumentos de medida prácticamente son los ojos de todo proceso eléctrico, una industria sin el uso eficiente y la aplicación los instrumentos estaría sin rumbo, por consiguiente no podríamos cuantificar ni operar con magnitudes eléctricas.

El constante crecimiento de la industria y el consumo de energía en especial eléctrica a dado paso al gran desarrollo de los instrumentos de medición, tenemos una gama de instrumentos que son herramientas precisas y necesarias para cuantificar procesos eléctricos.

Los instrumentos de medida han avanzado según avanza la tecnología lo que ha permitido bajar costos de instrumentación y proporcionar magnitudes con una

mayor precisión, además tener un instrumento que proporcione un sin número de aplicaciones.

Dentro del campo operativo industrial el profesional eléctrico debe estar en la capacidad de manipular y levantar informes basados en mediciones eléctricas además con el manejo eficiente de instrumentos de medida conoce el estado en que se encuentra la parte operativa de la industria y en caso de falla permite localizar y levantar la misma.

## **7.2. Ventajas y desventajas**

Al conocer la instrumentación y análisis de medidas en el campo eléctrico proporciona múltiples ventajas para evaluar el proceso de la industria eficientemente.

El conocimiento de la construcción de los instrumentos de medida permite elegir eficientemente el aparato adecuado para obtener las magnitudes eléctricas.

Permite reducir costos de instrumentación al momento de la aplicación.

La instrumentación permite diagnosticar y levantar fallas

Las mediciones ayudan a saber el estado en que se encuentra la industria

En la generación los instrumentos de medida permiten conocer la producción, además de cuantificar el fenómeno físico.

En la distribución permite conocer el consumo y facturar la energía.

El avance tecnológico permite desarrollar instrumentos con software para análisis de procesos con una PC.

Una de las desventajas es que al momento de la obtención de parámetros de medición pueden existir errores de tipo humano y ambientales impredecibles no obstante si tomamos las precauciones necesarias los errores serán mínimos pero nunca se eliminarán solo se disminuirán.

## **7.3. Evaluación**

### **1. ¿Qué es medir?**

Comparar una cantidad con su respectiva unidad, con el fin de averiguar cuántas veces la segunda está contenido en la primera

### **2. ¿Qué situaciones se deben tomar en cuenta para realizar una medición?**

- La exactitud requerida. Se debe conocer con que grado de exactitud se requiere el parámetro a ser medido.
- Considerar el valor aproximado a ser medido, la magnitud cuyo valor va a ser medido debe conocerse aproximadamente.
- Elegir el método a aplicarse para la realización de la medida.

### 3. ¿Cite la clasificación de los instrumentos de medida?

#### c. Precisión y tipo de trabajo.

En este grupo se ubican tres tipos de instrumentos

- Instrumentos de laboratorio  
Estos son instrumentos de gran precisión
- Instrumentos portátiles  
Estos son transportables y utilizados para realizar mediciones en instalaciones. Instrumentos usados para realizar mantenimiento.
- Instrumentos de tablero  
Son de instalación fija, y encontrados en tableros de control

#### d. Funcionalidad

- Instrumentos Analógicos  
Estos son de aguja, y la lectura de la magnitud medida proviene de la deflexión de la aguja o disco.
- Instrumentos Digitales  
Son instrumentos electrónicos compuesto de pantallas alfa numéricas.  
Tenemos varias ventajas y desventajas al momento de utilizar estos dos tipos de instrumentos:

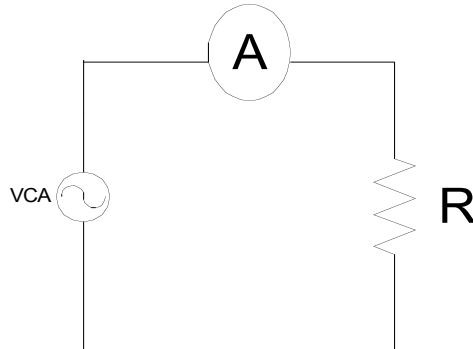
### 4. Subraye la respuesta correcta

**Los aparatos de inducción se caracterizan por:**

- El par está determinado por la acción de un campo magnético creado por un imán permanente sobre una bobina recorrida por una corriente.
- El par viene determinado por los esfuerzos electrodinámicos.
- El par motor está determinado por un campo magnético giratorio excitado por una bobina fija que actúa sobre una corriente inducida por el propio campo magnético.

- d. Su sistema es sensitivo, tiene siempre un sobrecalentamiento, sólo admiten limitadas sobrecargas y de breve duración.

**5. ¿Dibuje un esquema de conexión de un amperímetro?**



**6. ¿Qué es Vatímetro?**

El vatímetro es un instrumento que mide de potencia activa su construcción es la unión de un amperímetro conectado como los amperímetros comunes en serie con la línea y una parte voltimétrica conectada en paralelo a la línea que conduce la corriente eléctrica; obteniendo la medida de la potencia como efecto de las dos medidas.

**7. Subraye la respuesta correcta**

El factor de potencia se mide con:

- a. Multímetro.
- b. Osciloscopio.
- c. Vatímetro
- d. Cosfímetro
- e. Ohmetro

**8. Subraye la respuesta correcta**

Las partes de un osciloscopio son:

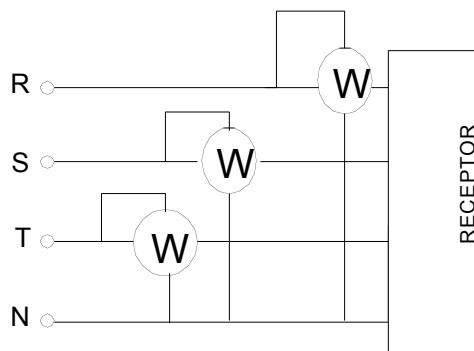
- a. Potenciómetro
- b. Mando de entrada de señal
- c. Llaves de función
- d. Llaves de rango
- e. Mandos verticales

f. Indicador magnético

**9. Un contador de energía sirve para:**

- a. Medir la resistencia
- b. Cuantificar la corriente
- c. Medir la energía
- d. Medir la potencia trifásica.

**10. ¿Proponga un esquema de conexión de un vatímetro trifásico con sistema de cuatro hilos?**



**11. ¿Cuáles son los puntos básicos para la presentación del informe de evaluación en las mediciones?**

- a. Objetivo. Descripción de parámetros buscados
- b. Método empleado, parámetros conexiones, diagramas
- c. Instrumentos empleados
- d. Datos obtenidos y cálculos
- e. Conclusiones

**12. ¿Escriba la clasificación de los errores?**

- Errores sistemáticos o determinables
  - Errores grandes.
  - Errores instrumentales.
  - Errores ambientales.
  - Errores del observador.
- Errores accidentales o indeterminables

### **13. ¿Qué es error absoluto?**

Se define como la diferencia entre el valor obtenido en la medida ( $A_m$ ) y el valor verdadero o real ( $A_r$ ) de la magnitud.

$$\varepsilon_a \equiv A_m - A_r$$

### **14. ¿Cite algunas aplicaciones de la instrumentación eléctrica?**

En generación instrumentación de tableros para obtener magnitudes de operación

En domicilios contadores de energía.

Los instrumentos eléctricos tienen una amplia aplicación dependiendo de las magnitudes a obtener resistencia, potencia, voltaje, corriente, etc.

Los instrumentos de medida son la herramienta básica del técnico eléctrico para análisis y levantamiento de fallas.

## CONCLUSIONES

Los instrumentos de medida son herramientas indispensables para la obtención de las magnitudes de los parámetros eléctricos.

Las mediciones eléctricas se realizan en base a fases predefinidas que ayudan a presentar un informe respectivo para el análisis de parámetros dentro de la industria

El aprendizaje de los tipos de instrumentos de medida permite la operación adecuada y selección de instrumentos de precisión que sean efectivos y económicos.

La construcción básica de los instrumentos de medida proporciona la idea clara de la funcionalidad y aplicabilidad del que proporciona el instrumento.

Cada uno de los instrumentos de medida ya sean digitales o analógicos, tiene una forma específica de conexión para medir el parámetro en un circuito eléctrico.

El estudio específico de los instrumentos más utilizados en el sector industrial permite aplicar dentro de la toma de medidas.

Con el estudio de las mediciones eléctricas y la toma de datos reconocemos existen errores de diferentes tipos que no podemos anular si no más bien disminuir.

En definitiva el aprendizaje de la instrumentación eléctrica permite la utilización eficiente y adecuada de los instrumentos dentro de los procesos de generación, transmisión, distribución y consumo de energía eléctrica. Y mediante este proceso en la toma de medidas podemos hacer un minucioso análisis de magnitudes que ayudan a la mejorar la calidad y confiabilidad de los sistemas eléctricos.

## BIBLIOGRAFÍA.

- CEVALLOS, Agosto, *Hablemos de electricidad*, Quito, Escuela Politécnica Nacional, 1998.
- ENRIQUEZ HARPER, Gilberto, *El ABC de la instrumentación en el Control de Procesos Industriales*, México, Ed. Limusa, 2000.
- FLUKE, *Manual de uso multímetro modelo 175*, España, 2003
- GARCIA TRANSANCOS, José, *Electrotecnia*, Madrid, Ed. Thomson Paraninfo, 2006.
- MANDADO, Enrique, *Instrumentación Electrónica*, México, Ed. Marcombo, 2004.
- SERRANO, José Luis, TOLEDANO GASCA, José Carlos, *Técnicas y procesos en las instalaciones eléctricas de media y baja tensión*, Madrid , ed. Paraninfo, 2000
- STANLEY, Wolfe, *Guía Mediciones Electrónicas y Practicas de Laboratorio*, México, Ed. Prentice Hall, 1992.
- TORRENS, Pau Casals, *Máquinas Eléctricas*, España, Ed. UPS, 2005.
- VILORIA, Roldán José, *Aparamenta Eléctrica y su Aplicación*, España, Ed. Creaciones Copyright, 2006.
- TARRAGA LASSO, David, *Instalaciones eléctricas de interior*, Madrid, Ed. Thomson Paraninfo, 2005.