

**IMPLEMENTACION MÓDULO DIDACTICO DE MEDICIÓN DE ENERGIA  
ELECTRICA ACE 6000 CLASE 1.**

**DIANA CECILIA TORRES MARÍN**

Asesor

**JORTIN DE JESUS VARGAS**

Ingeniero Electricista

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**MEDELLÍN**

**2017**

**IMPLEMENTACION MÓDULO DIDACTICO DE MEDICIÓN DE ENERGIA  
ELECTRICA ACE 6000 CLASE 1.**

**DIANA CECILIA TORRES MARÍN**

Trabajo de grado para optar por el título de Tecnólogo Electricista

Asesor

**JORTIN DE JESUS VARGAS**

Ingeniero Electricista

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**MEDELLÍN**

**2017**

## CONTENIDO

GLOSARIO	10
RESUMEN	16
INTRODUCCIÓN	17
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.1 Descripción del problema.	18
1.2 Formulación del problema	19
2 JUSTIFICACIÓN	20
3 OBJETIVOS	21
3.1 Objetivo General	21
3.2 Objetivos Específicos	21
4 MARCO DE REFERENCIA	22
4.1 Medidor de Energía Eléctrica	22
4.2 Características Específicas	25
4.3 Aplicaciones de los medidores de energía	25
4.4 Clasificación de Medidores	26
4.4.1 De acuerdo a su construcción	26
4.4.2 De acuerdo con la energía que miden	27
4.4.3 De acuerdo con la exactitud o clase de precisión	28
4.4.4 De acuerdo con la conexión de red	28
4.5 Características físicas del medidor de Energía	32
4.6 Tipos de Medida	35
4.6.1 Medida Semi-directa.	35
4.6.2 Medida indirecta.	36
4.7 Transformadores de Corriente	36

4.8	Normas Técnicas para la Fabricación de Transformadores de Medida.	41
4.9	Requisitos para la Instalación de los Equipos de Medida	41
4.10	Tipos de Puntos de Medición	42
4.11	Exactitud de los Elementos del Sistema de Medición	42
5	METODOLOGÍA	44
5.1.	Tipo de estudio.	44
5.2	Método	44
5.3	Población y Muestra	44
5.4	Fuentes	45
5.4.1	Fuentes primarias.	45
5.4.2	Fuentes secundarias.	45
6	RESULTADOS	46
6.4	6.1 Instalación	46
6.5	6.2 Diseño de la Estructura para el Transporte del Módulo	46
6.3	Descripción Técnica	48
6.4	Diseño del Módulo	49
6.5	Diagrama Unifilar del diseño	50
6.6	Ensayos	51
6.6	6.7 Presupuesto	53
6.7.1	Recurso Humano	53
6.7.2	Recursos Materiales y Técnicos	53
7	CONCLUSIONES	54
8.1	Información de Seguridad	55
8.2	Manipulación y uso del Módulo	55
8.2.1	Guía de uso para aplicación didáctica el módulo.	55
9	REFERENCIAS	57

10	BIBLIOGRAFÍA	58
	ANEXOS	59

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Características y funciones del Medidor ACE 6000 clase 1	33
Tabla 2: Especificaciones generales Medidor ACE 6000 CL 1	35
Tabla 3: Clasificación de Puntos de Medición	42
Tabla 4: Requisitos exactitud para medidores y transformadores	43
Tabla 5: Relación de materiales	53

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Proceso de Indagación y comunicación con el medidor	23
Figura 2: Medidor Electrónico multifuncional ACE 6000	24
Figura 3: Circuito Monofásico	29
Figura 4: Medidor Monofásico Bifilar (1F, 2H 120V)	29
Figura 5: Medidor Monofásico Trifilar (1F, 3H 120/240V)	30
Figura 6: Medidor Bifásico Trifilar (2F, 3H 120/208V)	31
Figura 7: Medidor Trifásico Tetrafilar (3F, 4H 120/208V)	31
Figura 8: Elementos funcionales del Medidor ACE 6000	34
Figura 9: Diagrama Equivalente del Transformador de corriente	37
Figura 10: Transformador de Corriente Tipo barra	38
Figura 11: Partes de un transformador modelo CH	40
Figura 12 Vista Frontal interna módulo	47
Figura 13: Vista Frontal interna externa	47
Figura 14: Diseño del módulo	49
Figura 15: Medida Semi-directa. Diagrama de conexión	50

**LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1. Certificado de Conformidad Bornera de conexión	59
Anexo 2. Certificado de Conformidad de transformadores	60
Anexo 3. Certificado de Conformidad de Medidor ACE 6000	61



## **Agradecimientos**

A mi familia especialmente, a mis padres por educarme con el ejemplo e inculcarme que todo esfuerzo trae su mérito, a mi esposo por su dedicación y grandioso apoyo quien va de la mano siempre conmigo hacia adelante, son mi motor y estímulo para encaminar y desarrollar mis objetivos que direccionan mis metas.

A la institución universitaria pascual bravo, por crear espacios de participación e innovación para la comunidad estudiantil, desarrollando en el estudiante competencias que va a la vanguardia de la industria y la tecnología.

A los docentes (Gloria Bernal, Elkin Perez, y Leticia palacio) quienes aportaron su valioso apoyo y enfoque para el desarrollo de este proyecto.

A mi asesor de proyecto de grado el Ingeniero electricista y profesor de la IUPB, el señor Jortín Vargas quien ha colaborado con su amplia experiencia al tema.

## Glosario

**Acometida eléctrica.** De acuerdo con el RETIE es “Derivación de la red local del servicio respectivo que llega hasta el registro de corte del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios la acometida llega hasta el registro de corte general.” Y de acuerdo con la CREG 070 de 1998: “Derivación de la red local del servicio respectivo que llega hasta el registro de corte del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios y, en general, en las Unidades Inmobiliarias Cerradas de que trata la Ley 428 de 1998, la acometida llega hasta el registro de corte general”.

**Ajuste de un instrumento de medida.** Son las operaciones para reducir, en la medida de lo posible, el error de indicación de los equipos de medida. En otras palabras, es realizar aquellos procedimientos destinados a llevar a un instrumento a un estado de utilización.

**BIL (Basic Insulation Level).** Es el Nivel Básico de Aislamiento por su traducción del inglés y corresponde al límite hasta el cual un equipo puede soportar el impulso ocasionado por las descargas atmosféricas. El impulso se presenta en el aislamiento debido a la alta tensión, sobretensiones y picos producto de las descargas atmosféricas

**Calibración:** Operación que, bajo condiciones específicas, establece en una primera etapa una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas que se obtienen a partir de los patrones de medida y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación.

**Capacidad o potencia Instalable:** Según RETIE, se considera como capacidad instalable, la capacidad en kVA que puede soportar la acometida a tensión nominal de la red, sin que se eleve la temperatura por encima de 60 °C para instalaciones con capacidad de corriente menor de

100 A o de 75 °C si la capacidad de corriente es mayor. La norma RA8-011 describe la potencia de la instalación en función del calibre de la acometida y su protección. Cuando deba sobredimensionarse la acometida a causa del nivel de cortocircuito esperado en el tablero, el cálculo de la potencia instalable deberá hacerse con base en el valor del interruptor de la acometida.

**Capacidad o potencia Instalada:** También conocida como carga conectada, según RETIE, es la sumatoria de las cargas en kVA continuas y no continuas, previstas para una instalación de uso final. Igualmente, es la potencia nominal de una central de generación, subestación, línea de transmisión o circuito de la red de distribución.

**Carga nominal (Burden).** Es el valor de la carga, expresada en voltamperios (VA) u Ohms, a un factor de potencia determinado, que se encuentra conectada al secundario del transformador de medida y que está asociada a los devanados del medidor, a los conductores del circuito secundario o a otros dispositivos conectados. De acuerdo con lo anterior, para el cálculo del Burden se deben conocer las cargas correspondientes a los instrumentos de medición y los conductores empleados para llevar las señales eléctricas.

**Cargabilidad.** Se define como la relación entre la corriente máxima y la corriente nominal.

**Clase de exactitud.** Designación asignada a transformadores de corriente y de tensión, cuyos errores permanecen dentro de los límites especificados para las condiciones de uso prescritas.

**Corriente a plena carga.** Valor de corriente máxima en una instalación eléctrica calculado con base en la capacidad instalada. Corriente básica (Ib). Valor de la corriente con el cual se fija el desempeño de un medidor de conexión directa.

**Corriente máxima ( $I_{m\acute{a}x}$ ).** Máximo valor de la corriente que admite el medidor cumpliendo los requisitos de exactitud de la norma respectiva. Para medidores conectados a través de transformadores de corriente, la corriente máxima del medidor corresponde al valor de la corriente máxima admisible en el secundario del transformador de corriente. Los valores normalizados de la corriente máxima son 120 %, 150 % y 200 % de la corriente nominal.

**Corriente nominal ( $I_n$ ).** Valor de la corriente con el cual se fija el desempeño de un medidor conectado a través de transformadores.

**Corriente primaria nominal.** El valor de la corriente primaria en la cual se basa el funcionamiento del transformador.

**Corriente secundaria nominal.** El valor de la corriente secundaria en la cual se basa el funcionamiento del transformador.

**Corriente primaria nominal extendida.** El valor de la corriente primaria, por encima del valor de la corriente primaria nominal, hasta el cual se garantizan los requerimientos de exactitud del transformador de corriente definidos en la NTC 2205 para la corriente primaria nominal.

**Equipo de medida.** Conjunto de dispositivos destinados a la medición o registro del consumo de energía.

**Factor de cargabilidad.** Relación entre la corriente primaria nominal extendida y la corriente primaria nominal del TC.

**Frecuencia nominal o de referencia.** Valor de la frecuencia en función de la cual se fija el desempeño del medidor.

**ndice de clase.** Número que expresa el límite del error porcentual admisible para todos los valores del rango de corriente entre  $0,1 I_n$  e  $I_{m\acute{a}x}$ , o entre  $0,05 I_n$  e  $I_{m\acute{a}x}$  con factor de potencia unitario (y en caso de medidores polifásicos con cargas balanceadas) cuando el medidor se

ensaya bajo condiciones de referencia (incluyendo las tolerancias permitidas sobre los valores de referencia) tal como se define en la parte relativa a requerimientos particulares.

**Instalación eléctrica.** Conjunto de aparatos eléctricos y de circuitos asociados, previstos para un fin particular: generación, transmisión, transformación, rectificación, conversión, distribución o utilización de la energía eléctrica.

**Medidor de energía activa.** Instrumento destinado a medir la energía activa mediante la integración de la potencia activa con respecto al tiempo.

**Medidor de energía reactiva.** Instrumento destinado a medir la energía reactiva mediante la integración de la potencia reactiva con respecto al tiempo.

**Medidor estático multi-energía:** Medidor que, en una única carcasa, mide más de un tipo de energía, con o sin salida de impulso: con o sin puerto de comunicación óptico.

**Medidor estático muti-funcional:** Medidor que incluye funciones adicionales a las metrológicas básicas, tales como registro de demanda máxima, registro de tiempo de uso, dispositivo de control de tarifa y/o carga, como un interruptor horario o un receptor de telemando centralizado.

**Medidor multi-tarifa:** Medidor de energía provisto de un número de registros, cada uno de los cuales opera en intervalos de tiempo específicos correspondientes a tarifas diferentes.

**Punto de conexión.** Punto de conexión eléctrico en el cual el equipo de un usuario está conectado a un STR y/o SDL para propósito de transferir energía eléctrica entre las partes.

**Relación de transformación nominal.** Relación dada entre las señales de entrada y salida de los transformadores de medida. Ésta se da entre la tensión primaria nominal y la tensión secundaria nominal, y entre la corriente primaria nominal y la corriente secundaria nominal.

**Tensión nominal o de referencia ( $V_n$ ).** Valor de la tensión en función de la cual se fija el desempeño del medidor.

**Transformador.** El transformador, es un dispositivo que no tiene partes móviles, el cual transfiere la energía eléctrica de un circuito u otro bajo el principio de inducción electromagnética. La transferencia de energía la hace por lo general con cambios en los valores de voltajes y corrientes.

**Transformador eléctrico.** Como su nombre lo dice sirven para transformar la energía que viaja por líneas de alta, media y baja tensión, por las subestaciones distribuyéndola por las ciudades. Existen diversos tipos de transformadores, varían según su potencia, capacidad, el uso o aplicación.

**Transformador de Potencia.** Se utilizan para subtransmisión y transmisión de energía eléctrica en alta y media tensión. Son de aplicación en subestaciones transformadoras, centrales de generación y en grandes usuarios.

Características Generales: Se construyen en potencias normalizadas desde 1.25 hasta 20 MVA, en tensiones de 13.2, 34,5, 44, 115 y 230 kV y frecuencias 60 Hz.

**Transformadores de Distribución.** Se denomina transformadores de distribución, generalmente los transformadores de potencias iguales o inferiores a 500 kVA y de tensiones iguales o inferiores a 57,5 KV, tanto monofásicos como trifásicos. Aunque la mayoría de tales unidades están proyectadas para montaje sobre postes, algunos de los tamaños de potencia superiores, por encima de las clases de 13,2 kV, se construyen para montaje en estaciones o en plataformas. Las aplicaciones típicas son para alimentar a granjas, residencias, edificios o almacenes públicos, talleres y centros comerciales.

**Transformador de corriente (TC).** Transformador para instrumentos en el cual la corriente secundaria, en condiciones normales de uso, es substancialmente proporcional a la corriente primaria y cuya diferencia de fase es aproximadamente cero para una dirección apropiada de las conexiones.

Un transformador de corriente es un transformador de medición, donde la corriente secundaria es, dentro de las condiciones normales de operación, prácticamente proporcional a la corriente primaria, y desfasada de ella un ángulo cercano a cero, para un sentido apropiado de conexiones.

El primario de dicho transformador está conectado en serie con el circuito que se desea controlar, en tanto que el secundario está conectado a los circuitos de corriente de uno o varios aparatos de medición, relevadores o aparatos análogos, conectados en serie.

Un transformador de corriente puede tener uno o varios devanados secundarios embobinados sobre uno o varios circuitos magnéticos separados.

Los factores que determinan la selección de los transformadores de corriente son:

- El tipo de Transformador de Corriente, el tipo de instalación, el tipo de aislamiento, la potencia nominal, la clase de precisión, el tipo de conexión, la Corriente Nominal Primaria, la Corriente Nominal Secundaria.

**Transformador para instrumentos.** Transformador previsto para alimentar instrumentos de medida, medidores, relés y otros aparatos similares.

**Tensión secundaria nominal.** Valor de la tensión secundaria que aparece en la denominación del transformador y en la cual se basa su funcionamiento.

**Tipo de servicio.** Característica de una instalación eléctrica relacionada con el número de fases y el número de hilos de una acometida eléctrica

## Resumen

El objetivo de este trabajo es dar a conocer la necesidad de implementar módulos de medición de energía en los laboratorios de Eléctrica de la Institución Universitaria Pascual Bravo, por esto se tiene la necesidad de implementar módulos de medición de energía utilizando medidores estáticos multifuncionales que sean capaces de medir consumos de energía, en las actividades desarrolladas por las áreas de la electricidad, complementando el desarrollo de materias como maquinas I, sector energético y calidad de energía entre otras. Todas estas materias deben permitir al estudiante y a sus docentes interactuar y desarrollar competencias por medio de la utilización de estas herramientas, muy utilizadas en la industria y hasta en el diario vivir, debido que en Colombia la Energía Eléctrica la facturan teniendo en cuenta la energía activa y la energía reactiva y de acuerdo con la ley, el cliente que tenga un factor de potencia por debajo de 0.9 se le factura la energía reactiva (KVarh). Estos procesos permiten evidenciar un proceso industrial, simularlo, desarrollarlo y reforzar el aprendizaje. Por tal motivo este proyecto va encaminado a implementar nuevos módulos de energía por que en la institución no se cuenta con un módulo similar. Este proyecto busca contribuir con el mejoramiento de la calidad de la educación que brinda la institución universitaria pascual bravo, beneficiando a docentes y estudiantes que realizaran prácticas en los laboratorios de máquinas I de la IUPB, permitiendo que la comunidad estudiantil, desarrolle su aprendizaje en materias donde haya efectos en la energía eléctrica consumida, el control y/o comercialización y donde jueguen un papel fundamental.



## **Introducción**

En la actualidad se requieren procesos industriales cada día más complejos que cumplan con requerimientos necesarios del crecimiento tecnológico e industrial, por tal razón se ha querido integrar la más alta tecnología a dichos procesos integrando equipos eléctricos y electrónicos con la idea de sistematizar y automatizar los procesos.

Debido a esta situación se pretende hacer un aporte e integrar para nuestros laboratorios de eléctrica de la Institución Universitaria Pascual Bravo, tecnologías que estén a la vanguardia de los procesos de medición con el ánimo de mejorar los procesos teóricos-prácticos de medición, contribuyendo a que las comunidades estudiantiles tengan prácticas más afines con sistemas de medición modernos en los laboratorios de máquinas I, especialmente.

Por tanto, se desarrolló un medidor de energía multifuncional, que en conjunto con los transformadores de corriente y la bornera de conexión puede lograr un monitoreo de los procesos de medición para motores y demás equipos solicitados y con esto dar a conocer equipos útiles e innovadores en el campo de la medición de parámetros eléctricos que tienen que ver con el control del consumo de la energía eléctrica y aportar equipos de última tecnología para la comunidad estudiantil.

## **1. Planteamiento del problema**

### **1.1 Descripción del problema.**

En la actualidad la energía eléctrica es uno de los inventos con más desarrollo que se ha introducido en la vida moderna, para el hombre hoy en día le es inconcebible percibir el mundo sin energía eléctrica, esta ha adquirido tanta importancia a nivel comercial, industrial, científico y económico que ninguna instalación, ensayo o técnica, puede darse, sin que se tenga en cuenta algún instrumento para medir la energía en sus diversas formas de utilización.

Por tanto, los sistemas de medición juegan un papel fundamental, que corelacionan la económica entre las Empresas Generadoras, Transmisoras y Distribuidoras de Energía con los consumidores. Por ello deben verificarse en forma periódica mediante sistemas conformados por equipos de inyección de corriente y tensión a través de medidores de energía patrones.

Uno de los más empleados e importantes, instrumentos de medición son los contadores de energía eléctrica, que en la actualidad han adquirido un alto grado de perfeccionamiento y precisión dada la función que estos desempeñan.

Con el crecimiento tecnológico e industrial, las academias universitarias encargadas de forjar el mejor aprendizaje por medio de herramientas novedosas tienen la obligación de estar en continuo avance integrando tecnología y técnicas que desarrollen para los nuevos profesionales competencias tanto pedagógicas como científicas.

Por tanto se desea implementar un módulo didáctico de medición de energía eléctrica para aplicaciones en simulaciones de procesos industriales con motores de inducción, buscando

contribuir con los lineamientos en el ámbito institucional y científico; es por esto que este proyecto está basado en la implementación de nueva tecnología al laboratorio de máquinas I, con el fin que el estudiante interactúe de manera didáctica con un sistema de medición del consumo de energía eléctrica inexistente en la institución, el cual deberá cumplir con todos los lineamientos exigidos por la norma cumpliendo toda su reglamentación.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Con la implementación del módulo didáctico de medición de energía con aplicaciones en simulaciones de procesos industriales con motores de inducción se logrará adquirir competencias inexistentes en nuestra comunidad estudiantil que contribuyan al crecimiento institucional y científico?

## 2 Justificación

Este proyecto busca contribuir principalmente al mejoramiento de la calidad de la educación que brinda la institución universitaria pascual bravo a la comunidad estudiantil del área de la electricidad.

Con la implementación del módulo didáctico se logrará que el estudiante conozca un equipo de medida para baja tensión, los equipos que lo componen, su funcionamiento, su modo de operación, la normatividad para su elaboración y desarrollo, lo que permitirá que este adquiera una competencia inexistente en nuestra comunidad estudiantil que contribuirá al crecimiento institucional y científico.

Permitiendo que la comunidad estudiantil si reconozca los efectos producidos por la energía eléctrica que consumen, a través del control y análisis de variables dadas al momento de operar el equipo, desarrollando en ellos competencias importantes de utilidad principalmente en la industria para conocer y reconocer diferentes técnicas de medición del consumo de la energía Eléctrica.

### **3 Objetivos**

#### **3.1 Objetivo General**

Diseñar e implementar un módulo de medición de energía multifuncional a través de un medidor estático de referencia ACE 6000, para aplicaciones didácticas en la simulación de procesos industriales en la Institución Universitaria Pascual Bravo.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Elaborar el diseño preliminar del módulo, basándonos en las normas técnicas colombianas.
- Construcción del módulo con medidor ACE 6000.
- Integrar la solución y hacer el montaje del módulo, aplicando los correctivos al sistema.
- Elaborar guía de aplicación didáctica para medir la energía eléctrica simulando un proceso industrial.

## 4 Marco de referencia

Este trabajo se realiza con el fin de establecer las características técnicas para la selección y conexión de equipos de medida de energía eléctrica (medidores, transformadores de medida, en función del marco regulatorio, los diferentes tipos de las instalaciones, las cargas, y el punto de conexión a los sistemas de baja tensión con los que cuenta la institución universitaria pascual bravo por tanto definiremos.(Antonio & Orea, 2012)

### 4.1 Medidor de Energía Eléctrica

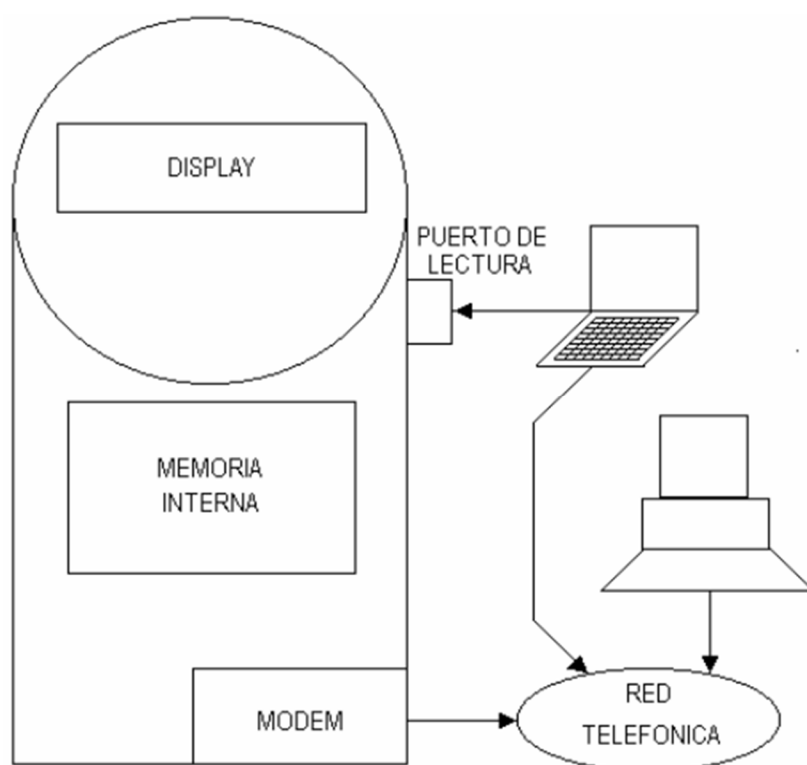
Para que sea posible medir la energía eléctrica se debe cumplir con los lineamientos requeridos por la normatividad colombiana y reglamentos internos adecuados en las redes de distribución e implementación de tecnología que va determinada de acuerdo a la capacidad instalada y tipos de puntos de medición.

Un medidor de energía, es un instrumento destinado a medir la energía activa y reactiva, mediante la integración de a potencia activa en función del tiempo, este hace corresponder la energía eléctrica consumida por un circuito eléctrico al cual está conectado, en un periodo de tiempo, con una señal análoga o digital que cuantifica un consumo en unidad de Kilovatios-hora (KWh) y otras variables.(De Ingeniería et al., 2006)

Es un equipo diseñado para censar una señal y transmitir hasta 100 variables eléctricas como lo son energía activa, energía reactiva, factor de potencia, demanda, amperes, volts, pulsos, ausencias de tensión, indicadores de fase, números de cortes, distorsión armónica, hora, fecha, entre otros.

En Colombia esta tecnología de equipos de medida se ha implementado desde el año 1995, año en el cual se inició el nuevo esquema de comercialización de la energía eléctrica. (Gómez, Peña, & Hernández, 2012)

El medidor de energía integra medidas en un solo dispositivo, tiene memoria interna para almacenar datos de tomados durante un periodo de tiempo, es programable, y leíble por un software, facilita la transmisión de datos de medida remotamente mediante dominio intranet, telefónico o por celulares. (Usuario, n.d.)



**Figura No.1.** Proceso de Indagación y comunicación con el medidor.

Fuente: [http://Medidores%20Electronicos%20de%20Energia\(1\).pdf](http://Medidores%20Electronicos%20de%20Energia(1).pdf)

Un sistema de medición de parámetros eléctricos es aquel capaz de registrar todas aquellas variables eléctricas de interés que en determinado momento proporcionen información para

establecer el comportamiento de un sistema de potencia. El contar con un sistema de medición permanente lleva a los usuarios tarde o temprano a lograr mejoras en el sistema eléctrico y a la obtención de ahorros de energía sustentados en una base real de comparación.

El contador o medidor de consumo eléctrico es un dispositivo que mide el consumo de energía eléctrica de un circuito o un servicio eléctrico, siendo ésta la aplicación usual.

Existen medidores electromecánicos y electrónicos. Los medidores electromecánicos utilizan bobinados de corriente y de tensión para crear corrientes parásitas en un disco que, bajo la influencia de los campos magnéticos, produce un giro que mueve las agujas de la carátula. Los medidores electrónicos utilizan convertidores analógico-digitales para hacer la conversión. Las tensiones máximas que soportan los medidores eléctricos son de aproximadamente 600 voltios y las corrientes máximas pueden ser de hasta 200 amperios.



**Figura 2.** Medidor Electrónico multifuncional ACE 6000

Fuente: Manual Itron ACE 6000

Cuando las tensiones y las corrientes exceden estos límites se requieren transformadores de Medición de tensión y de corriente.



Se utilizan factores de conversión para calcular el consumo en dichos casos. Existe una clasificación de los medidores eléctricos dependiendo de sus características. (Químicas, 2013).

## **4.2 Características Específicas**

Los medidores de energía están normalizados según la norma IEC 687 la cual está homologada en Colombia por el ICONTEC con la norma NTC 2147.

Los medidores de energía cuentan con un registro de parámetros eléctricos dentro de los cuales podemos citar, energías activas, reactivas y aparentes, potencias, tensiones y corrientes por fase, factor de potencia, distorsión armónica, indicadores de fase, número de cortes, poseen grandes niveles de precisión en la medición, medios de comunicación local con puerto óptico y telefónica vía módem, memoria RAM para el almacenamiento de datos, con un sistema de batería de respaldo, puerto RS 232, para conectar una impresora, un modem o una computadora.(Urrego, 2015)

## **4.3 Aplicaciones de los medidores de energía**

Algunas de las aplicaciones dentro de los sistemas de medición de parámetros eléctricos son las siguientes:

- Identificar aquellas cargas que contribuyen en mayor medida al consumo de energía, demanda Máxima y/o bajo factor de potencia.
- Determinar la eficiencia con la que se utiliza la energía eléctrica en una empresa.
- Calcular los índices energéticos y compararlos con los niveles recomendados.

- Distribuir costos (facturación interna).
- Detección de problemas relacionados con regulación y desbalance de voltaje.
- Identificar procesos en los que se sub utilicen motores.
- Identificar procesos en los cuales la utilización de motores de alta eficiencia y/o variadores de velocidad representan un ahorro significativo de energía.
- Determinar el estado de los bancos de capacitores.
- Establecer el nivel de carga de transformadores y alimentadores.
- Determinar los KVAR necesarios para la corrección óptima del factor de potencia. (Usuario, n.d.)

Un sistema de medición de parámetros eléctricos es aquel capaz de registrar todas aquellas variables eléctricas de interés que en determinado momento proporcionen información para establecer el comportamiento de un sistema de potencia.

El contar con un sistema de medición permanente lleva a los usuarios tarde o temprano a lograr mejoras en el sistema eléctrico y a la obtención de ahorros de energía sustentados en una base real de comparación.

## **4.4 Clasificación de Medidores**

### **4.4.1 De acuerdo a su construcción**

- **Medidores de inducción**

Es un medidor en el cual las corrientes en las bobinas fijas reaccionan con las inducidas en un elemento móvil, generalmente un disco, haciéndolo mover.

El principio de funcionamiento es muy similar al de los motores de inducción y se basa en la teoría de la relación de corriente eléctrica con los campos magnéticos.

- **Medidores estáticos (Electrónicos)**

Medidores en los cuales la corriente y la tensión actúan sobre elementos de estado sólido (electrónicos) para producir pulsos de salida y cuya frecuencia es proporcional a los Vatios-hora (KWh) ó Var-hora (KVARh).

Están contruidos con dispositivos electrónicos, generalmente son de mayor precisión que los electromagnéticos y por ello se utilizan para medir en centros de energía, donde se justifique su mayor costo.

#### **4.4.2 De acuerdo con la energía que miden**

- **Medidores de energía activa**

Mide el consumo de energía activa en kilovatios – hora (KWh).

- **Medidores de energía reactiva**

Mide el consumo de energía reactiva en kilovares – hora (KVARh)..

La energía reactiva se mide con medidores electrónicos que miden tanto la energía activa como la energía reactiva.

#### **4.4.3 De acuerdo con la exactitud o clase de precisión**

El índice de clase es el número que expresa el límite de error porcentual admisible para todos los valores de corriente entre 0,1 veces la corriente básica y la corriente máxima o entre 0,05 veces la corriente nominal y la corriente máxima con un factor de potencia unitario (y en caso de medidores polifásicos con cargas balanceadas).

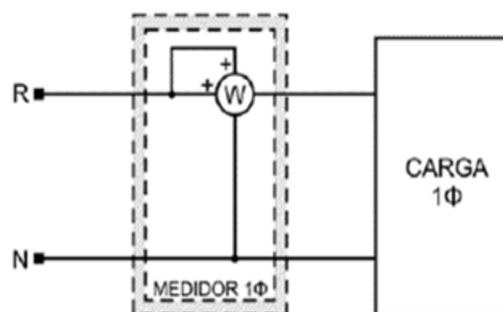
De acuerdo al punto de instalación, carga a medir, nivel de tensión, tipo de cliente y otros parámetros, debe utilizarse un medidor de una clase determinada.

Comúnmente se utilizan medidores clases: 0,2s, 0,5s, 1. Siendo de mayor exactitud el medidor clase 0,2s.

#### **4.4.4 De acuerdo con la conexión de red**

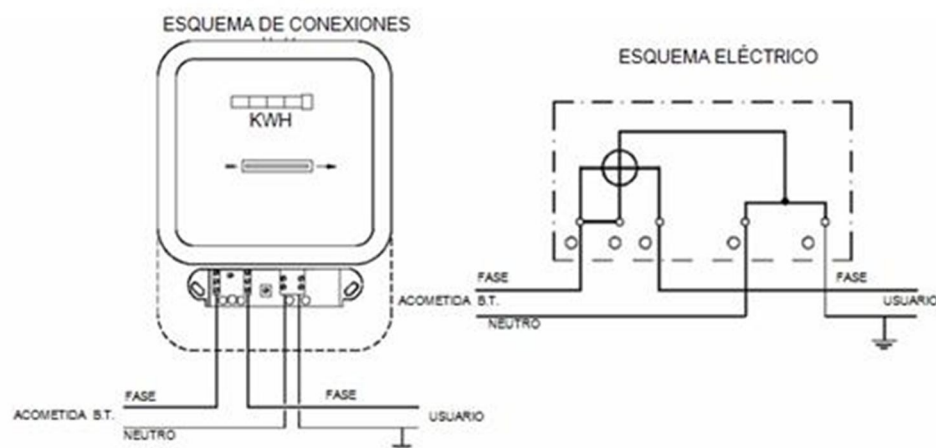
- Medidor monofásico bifilar

Se utiliza para el registro de consumo en una acometida que tenga un solo conductor activo o fase y un conductor no activo o neutro. Son medidores que son diseñados para calcular el consumo de parámetros eléctricos en un sistema de distribución monofásico de 2hilos (1 Fase y un Neutro).



**Figura 3.** Circuito Monofásico

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/6698105/Aparatos-Para-Mediciones-Elctricas>

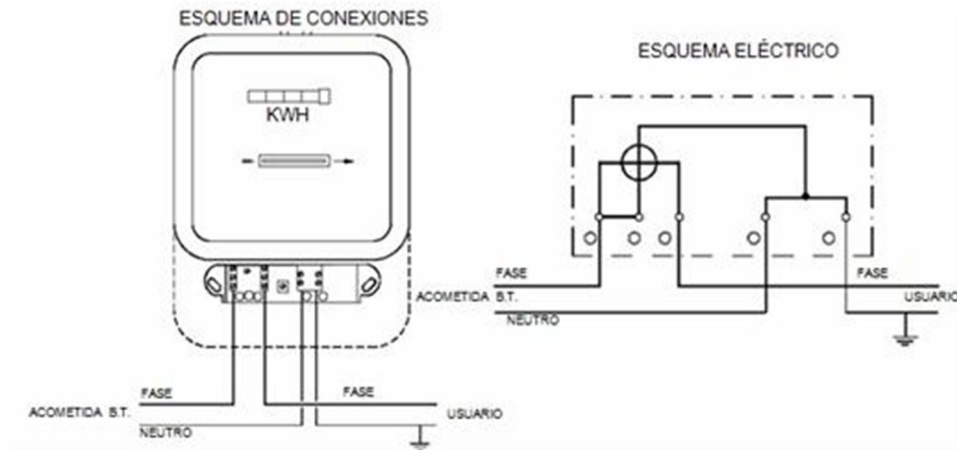


**Figura 4.** Medidor Monofásico Bifilar (1F, 2H 120V)

Fuente <https://sites.google.com/site/labmediup/temas-de-la-unidad/pl-7-medicion-de-potencia/7-4-teoria-y-tecnica>

- **Medidor monofásico trifilar**

Se utiliza para el registro del consumo de una acometida monofásica de fase partida (120/240 V) donde se tienen dos conductores activos y uno no activo o neutro.

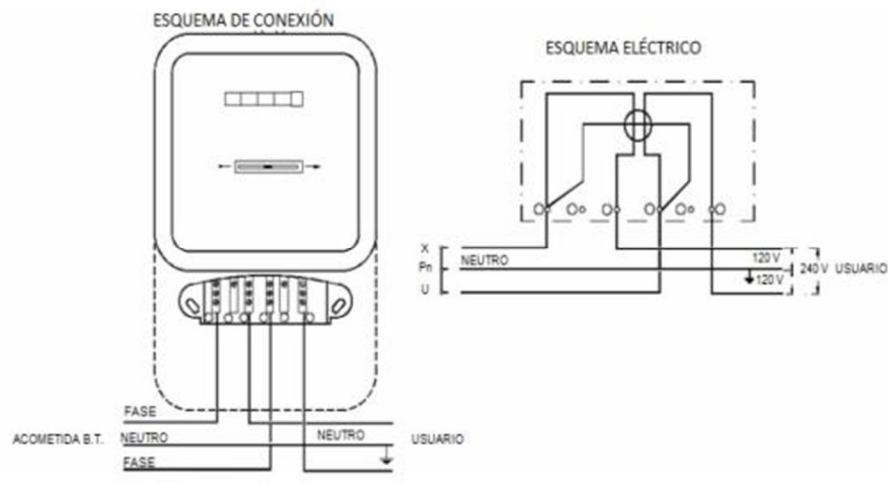


**Figura 5.** Medidor Monofásico Trifilar (1F, 3H 120/240V)

Fuente <https://sites.google.com/site/labmediup/temas-de-la-unidad/pl-7-medicion-de-potencia/7-4-teoria-y-tecnica>

- **Medidor bifásico trifilar**

Se utiliza para el registro del consumo de energía de una acometida en B.T de dos fases y tres hilos, alimentadas de la red de B.T de distribución trifásica.

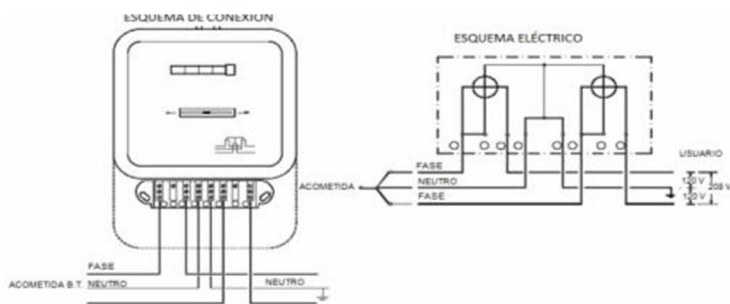


**Figura 6.** Medidor Bifásico Trifilar (2F, 3H 120/208V)

Fuente <https://sites.google.com/site/labmediup/temas-de-la-unidad/pl-7-medicion-de-potencia/7-4-teoria-y-tecnica>

- **Medidor trifásico tetrafilar**

Se utiliza para el consumo de energía de una acometida trifásica en B.T de tres fases y cuatro hilos.



**Figura 7.** Medidor Trifásico Tetrafilar (3F, 4H 120/208V)

Fuente <https://sites.google.com/site/labmediup/temas-de-la-unidad/pl-7-medicion-de-potencia/7-4-teoria-y-tecnica>

## **4.5 Características físicas del medidor de Energía**

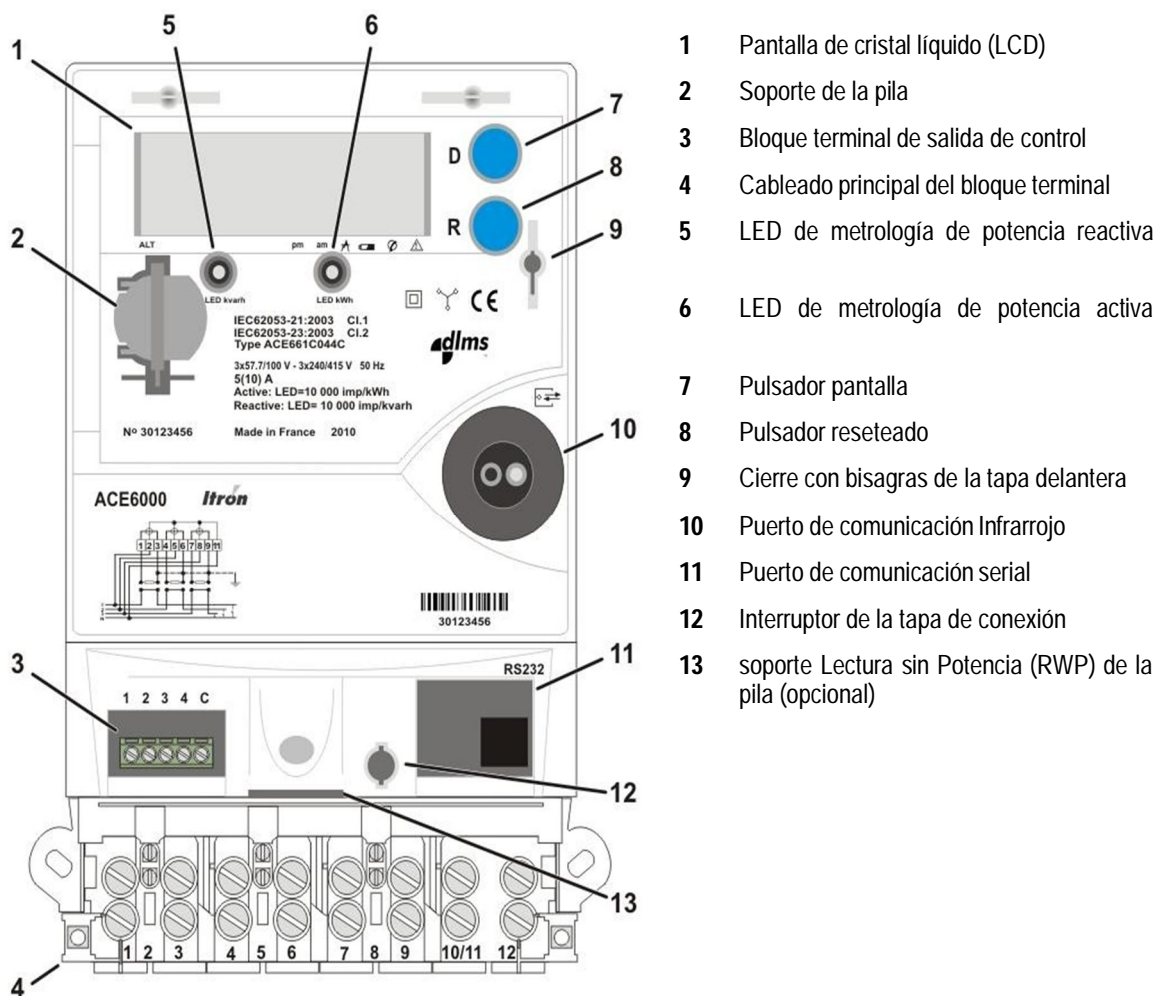
### **Medidor de Energía Multifuncional ACE 6000 CL 1**

El ACE6000 es un medidor estático, polifásico, en cuatro cuadrantes, de tarifa múltiple, para aplicaciones industriales o comerciales de envergadura.(Usuario, n.d.)



**Tabla No.1.** Características y funciones del Medidor ACE 6000 clase 1.

Registro múltiple de energía	<p>Energía Activa, Reactiva y Aparente (importada y exportada) Unidades - Watt (W), Kilowatt (kW) y Megawatt (MW) Máximo de 32 registros individuales de consumo de energía para 10 canales de energía (adicionales o acumulativos)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta 3 canales de exceso de energía (incluidos en el número máximo de canales de energía)</li> <li>• Hasta 8 coeficientes de energía por canal</li> </ul>
Facturación y conmutación de tarifa múltiple	<p>Facturación de energía y de demanda Conmutación del consumo de energía realizado por reloj interno/calendario</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta 12 estaciones</li> <li>• Hasta 24 perfiles diarios</li> <li>• Hasta 16 conmutaciones por perfil diario</li> <li>• Hasta 100 días especiales (repetitivo o no repetitivo)</li> </ul>
Registro de demanda	<p>Máximo de 24 registros individuales de coeficiente de demanda para 10 canales de demanda</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta 8 velocidades de energía por canal (3 valores pico asociados con cada tarifa)</li> <li>• Se pueden configurar hasta 10 coeficientes por exceso de demanda (3 modo control por exceso de demanda)</li> <li>• 1 factor de canal de potencia</li> <li>• 1 factor de registro de potencia</li> <li>•</li> </ul>
Perfiles de carga	<p>2 juegos independientes de 8 canales de registro que ofrecen hasta 16 perfiles de canales de carga disponibles para grabar cada 1 minuto y hasta cada 60 minutos los siguientes datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de tipo de energía (por fase o en forma global) Excedente de energía</li> <li>• Cantidad global de factor de potencia</li> <li>• Tensión RMS y corriente por cantidad de fase</li> <li>• Frecuencia</li> <li>• Temperatura ambiente</li> <li>• Estado de la alarma</li> <li>• Factor de potencia por fase</li> <li>• Datos adicionales</li> <li>• Elementos Funcionales del medidor ACE 6000</li> </ul>



**Figura 8.** Elementos funcionales del Medidor ACE 6000

Fuente: Catalogo de medidor ACE 6000

- **Especificaciones generales del Medidor ACE 6000**

**Tabla No. 2,** Especificaciones generales Medidor ACE 6000 CL 1.

Frecuencia	50/60 Hz
Conexión eléctrica	3 o 4 cables
Configuración de la conexión	Directa o Transformador
Conexión de la terminal	VDE (asimétrico)
Backup reloj en tiempo real	Batería reemplazable en campo y Súper capacitor interno
Tipo de caja	Montaje de panel según normas DIN
Protección ambiental	IP 54
Temperatura de funcionamiento	Rango -40°C a +70°C
Humedad relativa	< 75% (máximo 95%)
Peso neto	1.1kg
Dimensiones máximas del medidor (P x A x P)	
Estructura del medidor	152 x 238 x 68mm
Con tapa de conexión corta	241 x 173 x 74mm
Con tapa de conexión larga	301 x 173 x 78mm

Fuente: Catalogo de Medidor ACE 6000

## 4.6 Tipos de Medida

### 4.6.1 Medida Semi-directa.

Para la medición semi-directa de energía se utiliza el (los) medidor(es) de energía (activa y/o reactiva) y un Transformador de Corriente (TC) por cada fase que alimenta la carga.

En este tipo de medición, la conexión de las señales de corriente proviene de los devanados secundarios de los TC, y las señales de tensión son las mismas que recibe la carga.

#### **4.6.2 Medida indirecta.**

Para la medición indirecta de energía se utiliza generalmente un medidor estático multifuncional de energía y un juego de transformadores de medida compuesto por Transformadores de Corriente (TCs) y Transformadores de Tensión (TTs).

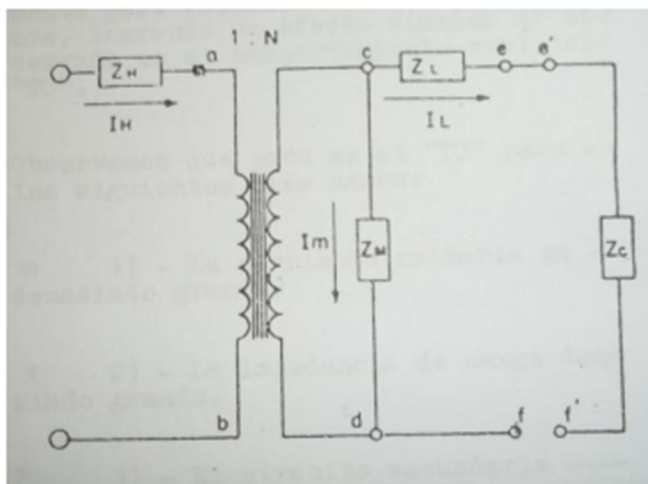
En este tipo de medición, la conexión de las señales de corriente proviene de los devanados secundarios de los TCs, y las señales de tensión provienen de los devanados secundarios de los TTs. La conexión al medidor, debe realizarse mediante un bloque de pruebas.(Cet, n.d.)

#### **4.7 Transformadores de Corriente**

Un transformador de corriente o “TC” es el dispositivo que nos alimenta una corriente proporcionalmente menor a la del circuito. Es de aclarar que un transformador de corriente por su aplicación se puede subdividir en transformador de medición y transformador de protección, no obstante los transformadores se diseñan para realizar ambas funciones y su corriente nominal por secundario puede ser de 1 ó 5 Amperios, es decir desarrollan dos tipos de funciones, transformar la corriente y aislar los instrumentos de protección y medición conectados a los circuitos de alta tensión.(Errasquin, Monterrey, & Access, 2009)

El primario del transformador se conecta en serie con el circuito cuya intensidad se desea medir y el secundario se conecta en serie con las bobinas de corriente de los aparatos de medición y de protección que requieran ser energizados.

Su principio de funcionamiento puede ser obtenido a través del modelo del transformador ideal, haciendo algunas consideraciones derivadas de su diseño y conexión dentro del sistema. (“Transformadores de protección y medida 4M Equipos de media tensión Datos de selección y pedido,” 2009)



**Figura 9.** Diagrama Equivalente del Transformador de corriente.

Fuente: <https://esitas.es/blog/>

En el diagrama:

$Z_H$  = Impedancia propia del devanado de alta tensión.

$Z_L$  = Impedancia propia del devanado de baja tensión.

$Z_M$  = Impedancia de magnetización del transformador.

$Z_C$  = Impedancia de carga en el secundario.

$I_H$  = Corriente primaria.

$I_L$  = Corriente que alimenta a la carga.

$I_M$  = Corriente de magnetización.

1:  $N =$  Relación de transformación “RTC”.

- **Tipos de transformadores de corriente según su construcción.**

Existen tres tipos de TC según su construcción:


a. *Tipo devanado primario:* este como su nombre lo indica tiene más de una vuelta en el primario, los devanados primario y secundario están completamente aislados y ensamblados permanentemente a un núcleo laminado, esta construcción permite mayor precisión para bajas relaciones. (Ras i Oliva, 1988)

b. *Tipo barra:* los devanados primarios y secundarios están completamente aislados y ensamblados permanentemente a un núcleo laminado, el devanado primario consiste en un conductor tipo barra que pasa por la ventana de un núcleo. (“Transformador de Corriente | Transformadores de Tensión -,” n.d.)

Transformadores de corriente

## serie TA 210

Transformador de corriente de primario bobinado con alta precisión para medida



**Descripción**

- Tipos desde 5 hasta 400 A
- Primario bobinado

**Aplicación**

Convertir una corriente nominal elevada a una de más baja para poder ser medida por un equipo.

En instalaciones donde la corriente nominal no sea muy grande o donde se deba solicitar al transformador potencia de secundario superiores a 10 V·A.

**Referencias**

Tipo	TA 210 (*)
	Primario Bobinado
Dimensiones (mm)	
a	104.5
b	75
c	134

**Figura 10.** Transformador de Corriente Tipo barra.

Fuente: <https://montanux.wikispaces.com/SISTEMAS+DE+POTENCIA>

c. *Tipo boquilla o Bushing:* el devanado secundario está completamente aislado y

ensamblado permanentemente a un núcleo laminado. El conductor primario pasa a través del núcleo y actúa como devanado primario.

➤ **Tipos de transformadores según su aplicación.**

Los transformadores de corriente pueden ser de medición, de protección, mixtos o combinados.

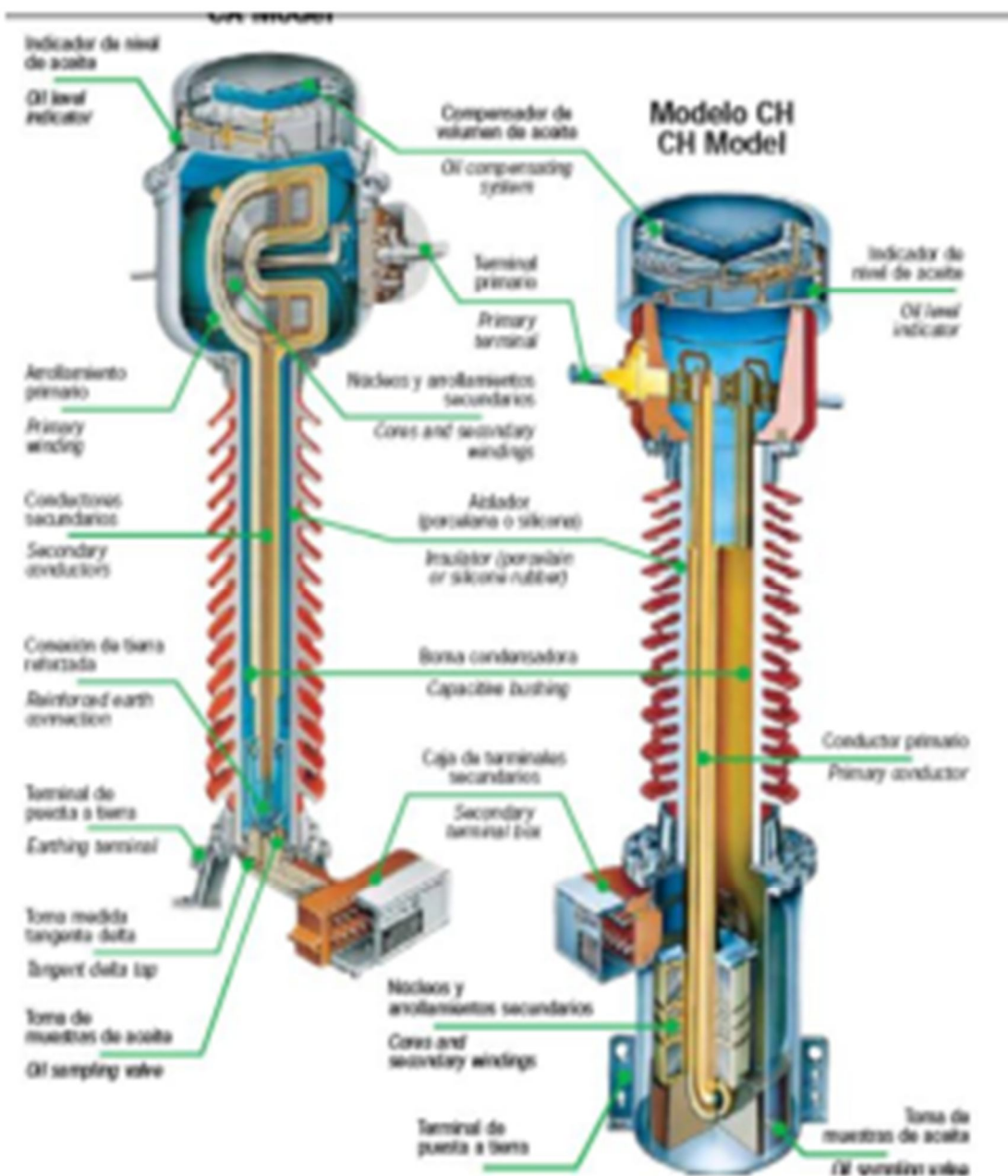
a. **Transformador de medición:** son los transformadores cuya función es medir, requieren reproducir fielmente la magnitud y el ángulo de fase de la corriente, su precisión debe garantizarse desde una pequeña fracción de corriente nominal del orden del 10% hasta un exceso de corriente del orden del 20%, sobre el valor nominal.

b. **Transformador de protección:** son los transformadores cuya función es proteger un circuito, requieren conservar su fidelidad hasta un valor de veinte veces la magnitud de la corriente nominal, cuando se trata de grandes redes con altas corrientes puede ser necesario requerir 30 veces la corriente nominal.

c. **Transformadores mixtos:** en este caso, los transformadores se diseñan para una combinación de los dos casos anteriores, un circuito con el núcleo de alta precisión para los circuitos de medición, y uno o dos circuitos más, con sus núcleos adecuados para los circuitos de protección. (Rojas, 2012)

d. **Transformadores combinados:** son aparatos que bajo una misma cubierta albergan un transformador de corriente y otro de tensión, mayormente usados en estaciones de intemperie

fundamentalmente para reducir espacios. (“Transformador de Corriente | Transformadores de Tensión -,” n.d.)



**Figura 11.** Partes de un transformador modelo CH

Fuente: <https://montanux.wikispaces.com/SISTEMAS+DE+POTENCIA>



#### **4.8 Normas Técnicas para la Fabricación de Transformadores de Medida.**

Los transformadores de medida que serán instalados en el sistema eléctrico de Colombia, deben cumplir las siguientes normas:

- NTC 2205/IEC 60044-1. Transformadores de medida. Transformadores de corriente.
- NTC 2207/IEC 60044-2. Transformadores de medida. Transformadores de Tensión inductivos.
- NTC 4540/IEC 60044-3. Transformadores de medida. Transformadores combinados.
- IEC 60044-5. Instrument Transformers. Part 5: Capacitor Voltage Transformers.
- IEC 61869-1. Transformadores de medida. Parte 1: Requisitos generales.
- IEC 61869-2. Transformadores de medida. Parte 2: Requisitos adicionales para los transformadores de intensidad.
- IEC 61869-3. Transformadores de medida. Parte 3: Requisitos adicionales para los transformadores de tensión inductivos.
- IEC 61869-5. Transformadores de medida. Parte 5: Requisitos adicionales para los transformadores de tensión capacitivos.
- ANSI/IEEE 57.13 / IEEE. Standard for instrument Transformers.

#### **4.9 Requisitos para la Instalación de los Equipos de Medida**

Los criterios son tomados de la CREG 038/2014, la cual esta aplicada a la medición de la energía, normatividad que define las características técnicas que deben cumplir los sistemas de medición, para que el registro de los flujos de energía, se realicen bajo condiciones que permitan

determinar adecuadamente las transacciones entre los agentes; los cuales participan en el Mercado de Energía Mayorista (MEM), y entre estos y los usuarios finales, así como los flujos en los sistemas de transmisión y distribución. (“Generalidades 7.4 Medidores de energía eléctrica | Likinormas,” n.d.)

#### 4.10 Tipos de Puntos de Medición

De acuerdo a la Resolución CREG 038/ 2014, Artículo 6, los puntos de medición se clasifican acorde con el consumo o transferencia de energía por la frontera, o, por la capacidad instalada en el punto de conexión, según la siguiente tabla No. 1.

<b>Tabla No. 3. Clasificación de Puntos de Medición</b>		
Tipo de puntos de medición	Consumo o transferencia de energía, C, (MWh-mes)	Capacidad Instalada, CI (MVA)*
1	$C \geq 15000$	$CI \geq 30$
2	$15000 > C \geq 500$	$30 > CI \geq 1$
3	$500 > C \geq 50$	$1 > CI \geq 0.1$
4	$50 > C \geq 5$	$0.1 > CI \geq 0.01$
5	$C < 5$	$CI \geq 0.01$

#### 4.11 Exactitud de los Elementos del Sistema de Medición

Los medidores y transformadores de medida, deben cumplir con los índices de clase y clase de exactitud que se establecen en la siguiente tabla No. 2.

<b>Tabla No. 4.</b> Requisitos exactitud para medidores y transformadores			
Tipo de puntos de medición	Índice de clase para medidores de energía activa	Índice de clase para medidores de energía reactiva	Clase de exactitud transformadores de corriente
1	0.2 S	2	0.2S
2 y 3	0.5 S	2	0.5 S
4	1	2	0.5
5	1	2	--

Fuente: (Cet, n.d.), <http://www.epm.com.co/site/Portals/3/documentos/Energia/RA8->

[030/RA8 030 SELECCION CONEXION MEDIDORES Y TRANSFORMADORES MED IDA.pdf](#)

## 5 Metodología

### 5.1. Tipo de estudio.

Diseño metodológico

Propuesta está fundamentada en el modelo o método de investigación aplicada, ya que esta propuesta se desarrolla aplicando teorías, estudiadas o vistas en el área de tecnología eléctrica para solucionar un problema o satisfacer una necesidad.

### 5.2 Método

Esta propuesta se desarrollará bajo las siguientes etapas:

- Documentarse sobre equipos de medida y las reglamentaciones que aplican al tema.
- Elaborar el diseño preliminar, con base a las normas técnicas colombianas.
- Selección de materiales
- Construcción del módulo.
- Aplicación de correctivos y finalización de la construcción del módulo didáctico.
- Elaboración de guía para simulación de un proceso industrial.

### 5.3 Población y Muestra

La población corresponde a los estudiantes de la institución Universitaria Pascual bravo del área de tecnología e ingeniería eléctrica.

La muestra se enfoca sólo en el Laboratorio de Máquinas I, (bloque 4B, oficina 105)

## **5.4 Fuentes**

### **5.4.1 Fuentes primarias.**

- Estudiantes de tecnología eléctrica.
- Docentes del área de eléctrica, (introducción a la tecnología, Maquinas I, Maquinas II, Calidad de la Energía)

### **5.4.2 Fuentes secundarias.**

- Internet
- Libros
- Revistas y manuales

## 6 Resultados

### 6.1 Instalación

Después de un trabajo de investigación que permitió obtener la información necesaria para la elaboración del proyecto, se pudo llegar a un resultado, el cual se divide en dos partes:

- Diseño de la estructura para el transporte del Módulo de Medición de Energía Eléctrica.
- Programación de aplicaciones según el uso en el laboratorio, este leerá corrientes desde 1A.

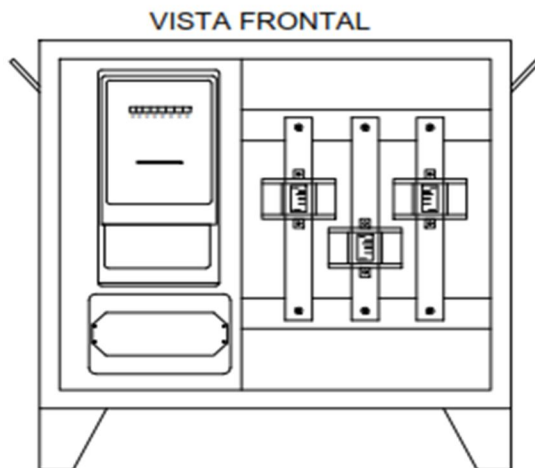
### 6.2 Diseño de la Estructura para el Transporte del Módulo

Este módulo, es portátil, tiene dos manijas laterales, las cuales permiten que su desplazamiento se realice con facilidad, la estructura externa es metálica con un puerta que contiene un vidrio que permite ver las lecturas dadas por el medidor y esta estará sellada durante la operación, pero permitirá que se pueda abrir en cualquier caso que sea necesario, el modulo es pequeño lo cual ayuda a que su se desplazamiento y uso sea sencillo y de fácil aplicación.

Tal estructura tendrá dimensiones como: ancho 25cm, largo 60 cm, su altura 70 cm y en la vista superior tiene botón de encendido, en la vista frontal cuenta con una puerta sellada con protección IP 54, para su preservación y que puede ser abierta con una llave, para su posterior mantenimiento o cambio de algún equipo.

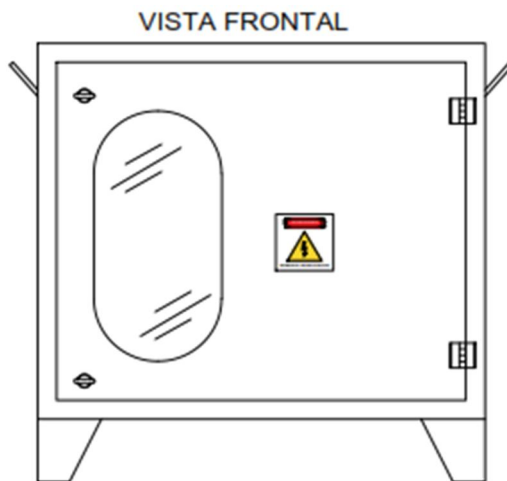
El diseño de la estructura metálica permitirá facilitar el transporte del prototipo para la comodidad de los estudiantes a la hora de hacer prácticas.

Se escogió el material metálico como estructura porque es un material resistente a golpes y es excelente para termo-doblado puesto que la estructura tendrá unos dobles en la parte frontal con el fin de ser más estético a la vista.



**Figura 12.** Vista Frontal interna módulo

Fuente: Propia



**Figura 13.** Vista Frontal exterior

Fuente: Propia

### 6.3 Descripción Técnica

El módulo didáctico está compuesto por las siguientes partes, Coraza, caja o gabinete metálico, la cual permite que los equipos estén protegidos y enlazados de manera que tenga una estructura y facilite la lectura de sus mediciones según diagrama unifilar.

La estructura estará dimensionada de la siguiente forma: largo 70 cm, alto 60 cm, su ancho 25 cm.

En la parte frontal tendrá una compuerta con llave para mantenimiento o cambio de alguno de los equipos.

En la parte interna se encontrará el medidor multifuncional de referencia ACE 6000 cl 1, los transformadores de corriente de 100/5 AMP, la bornera de conexión y el cableado necesario, para tomar las señales de medición, quienes componen la estructura de medida y son las encargadas de suministrar los datos que arroje la red de distribución o cualquier otro equipo o maquinaria que consuma energía.

El gabinete en la parte izquierda tendrá una terminal la cual alimentará la estructura de medida y esta será a 100 Voltios.

En la parte frontal derecha se encontrarán el botón de encendido que activa la fuente para que el medidor multifuncional se active y lea según la señal de entrada.

En la parte frontal izquierda se encuentra interruptor o reset que interrumpe abruptamente la señal en caso de accidente.

En la parte inferior media estarán señalizados los cuatro puntos de entrada dos de voltaje de color azul y dos de corriente de color rojo, y serán los encargados de suministrar a la estructura de medida, las señales pertinentes para la lectura y posterior análisis de los resultados obtenidos.



### 6.4 Diseño del Módulo

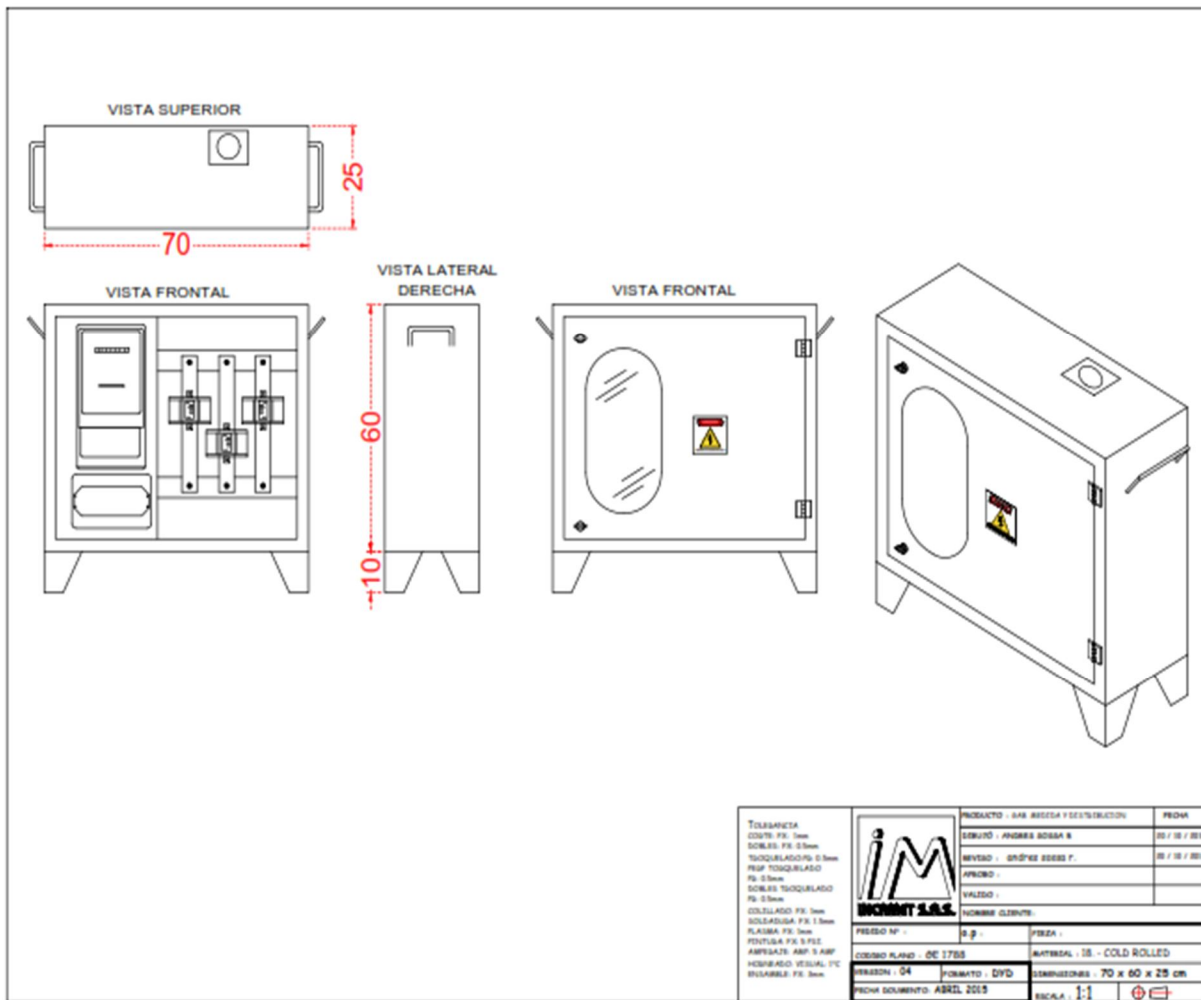
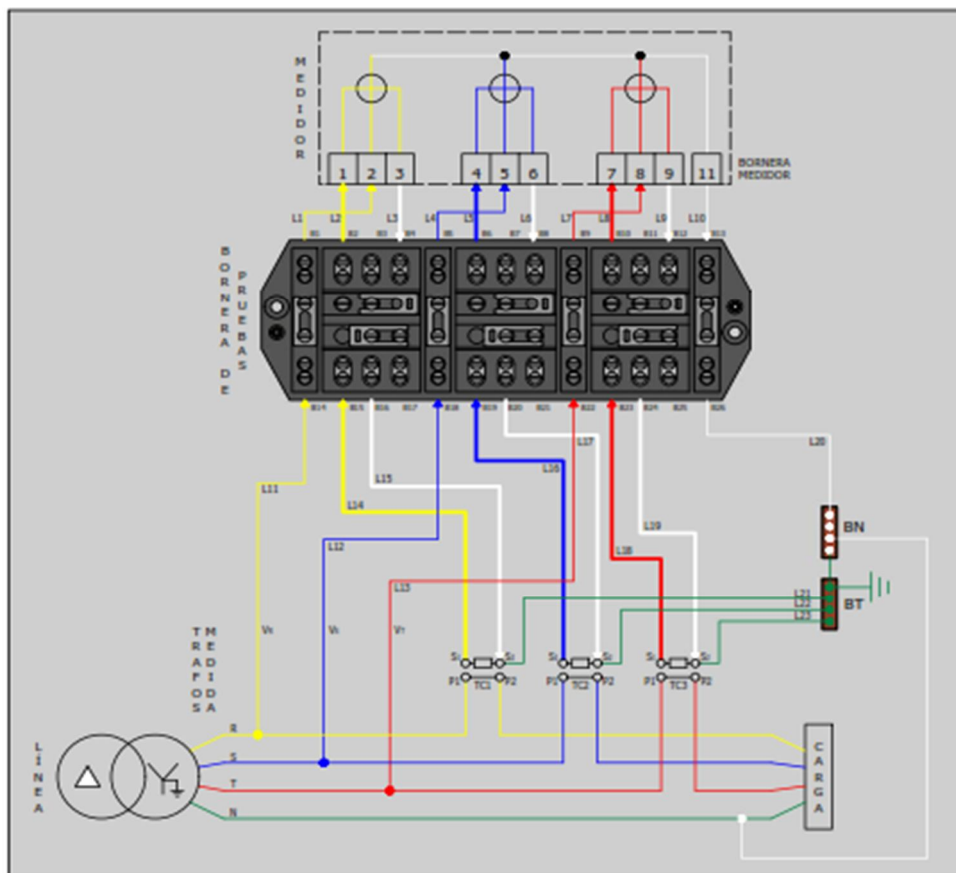


Figura 14. Diseño del módulo

Fuente: Propio

## 6.5 Diagrama Unifilar del diseño



CÓDIGO CONDUCTOR	COLOR	CALIBRE	DESCRIPCIÓN
L1	AMARILLO	12	De B1 a Borne 2 Medidor
L2	AMARILLO	10	De B2 a Borne 1 Medidor
L3	BLANCO	10	De B4 a Borne 3 Medidor
L4	AZUL	12	De B5 a Borne 5 Medidor
L5	AZUL	10	De B6 a Borne 4 Medidor
L6	BLANCO	10	De B8 a Borne 6 Medidor
L7	ROJO	12	De B9 a Borne 8 Medidor
L8	ROJO	10	De B10 a Borne 7 Medidor
L9	BLANCO	10	De B12 a Borne 9 Medidor
L10	BLANCO	12	De B13 a Borne 11 Medidor
L11	AMARILLO	12	De BARRAJE principal Fase R a B14
L12	AZUL	12	De BARRAJE principal Fase S a B18

CÓDIGO CONDUCTOR	COLOR	CALIBRE	DESCRIPCIÓN
L13	ROJO	12	De BARRAJE principal Fase T a B22
L14	AMARILLO	10	De Borne S1 de TC1 a B15
L15	BLANCO	10	De Borne S2 de TC1 a B16
L16	AZUL	10	De Borne S1 de TC2 a B19
L17	BLANCO	10	De Borne S2 de TC2 a B20
L18	ROJO	10	De Borne S1 de TC3 a B23
L19	BLANCO	10	De Borne S2 de TC3 a B24
L20	BLANCO	12	De B26 a BN
L21	VERDE	10	De Borne S2 de TC1 a BT
L22	VERDE	10	De Borne S2 de TC2 a BT
L23	VERDE	10	De Borne S2 de TC3 a BT











**Figura 15.** Medida Semi-directa. Diagrama de conexión de equipos de medida con 3 TCs.






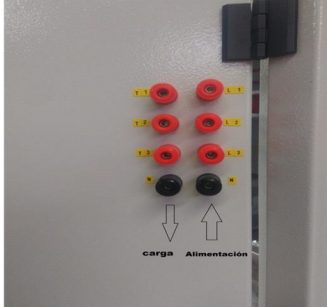


Fuente:

file:///C:/Users/diana.torres/Downloads/RA8\_030\_SELECCI%C3%93N\_Y\_CONEXI%C3%93N\_%20(3).pdf

## 6.6 Ensayos

Para las pruebas de funcionamiento del proyecto se realizaron en el laboratorio de Máquinas Eléctricas I utilizando como carga un motor trifásico de Inducción.

1 kWh (Energía Activa)		8 Amp L1	
2 kVarh (Energía Reactiva)		9 Amp L2	
3 kW (Potencia Instantánea)		10 Amp L3	
4 F.P. instantáneo		11 Fecha	
5 Volt L1		12 Hora	

<p>7 Volt L3</p>		<p>14 Fecha y hora</p>	
<p>Trafos de corriente y barrajes</p>		<p>Instalación</p>	
<p>Alimentación</p>		<p>Conexiones Alimentación y Carga</p>	
<p>Módulo</p>		<p>Motor de Inducción</p>	

Fuente: Propia

## 6.7 Presupuesto

### 6.7.1 Recurso Humano

Se relaciona la estructura de personal para la ejecución de los trabajos.

- 1 Técnico electricista

Tiempo de ejecución 12 horas

Valor hora \$ 20.000

Total \$ 240.000

### 6.7.2 Recursos Materiales y Técnicos

**Tabla No. 5.** Relación de materiales

<b>Relación de Materiales</b>			
<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Caja metálica o gabinete	1	\$ 290.000	\$ 290.000
Cables de cobre No. 8 AWG	20	\$ 2.100	\$ 42.000
Medidor ACE 6000 (MT) Energía activa y reactiva 1-(10)A, con protocolo de laboratorio. Clase 1. 3X57/208-3X277/480V	1	\$ 900.000	\$ 900.000
Transformadores de corriente 100/5 CL0.5, 2.5 VA, ventana interior	3	\$ 50.000	\$ 150.000
Bornera de conexión y pruebas	1	\$ 120.000	\$ 120.000
		<b>VALOR</b>	\$ 1.502.000
		<b>I.V.A. 16%</b>	\$ 240.320
		<b>TOTAL</b>	\$ 1.742.320

## 7 Conclusiones

Con el uso del prototipo en diversas actividades académicas se aportará a la calidad académica de la comunidad estudiantil, generando profesionales más competentes para el sector industrial y comercial. Punto invaluable ya que como la tecnología en la industria cada día es cambiante, e exigente y más en pos de la mejora continua, es necesario aprender a usar con facilidad los equipos actuales, base de los futuros.

En cuanto a la aplicabilidad del proyecto, se concluye que todas las comunidades educativas, tanto docentes como estudiantes que se beneficien de este módulo para realizar sus prácticas en el laboratorio podrán desarrollar nuevas competencias que les permitirán encontrar en este una herramienta útil, que esta vanguardia de las actualizaciones tecnológicas y es una base didáctica para el enriquecimiento académico.

Al realizar las pruebas del diseño se concluye de igual manera, con el desarrollo de este proyecto, la comunidad estudiantil podrá desarrollar competencias para los consumos de energía, e identificar variables y datos con los cuales deberá tomar decisiones y acciones tanto en simulaciones de procesos industriales como residenciales, enfrenándose este a competencias no desarrolladas antes en la institución, lo que le permitirá avanzar en sus conocimientos profesionales del área y traerá beneficios para la comunidad universitaria

## **8 Recomendaciones**

### **8.1 Información de Seguridad**

Los modulos didaticos deben ser manipulados por personal calificado, por ningún motivo mientras este energizado el sistema, abra o manipule la compuerta, ni manipule ninguna pieza interna del modulo.

Es necesario observar las siguientes recomendaciones de seguridad al operar el módulo didáctico.

### **8.2 Manipulación y uso del Módulo**

El presente proyecto se presenta como un prototipo totalmente funcional, el cual podría ser modificado para futuras aplicaciones en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas I.

Se recomienda la manipulación precisa y delicada de los dispositivos electrónicos, ya que si no se los trata con el preciso cuidado se presentarían errores en su alicación.

#### **8.2.1 Guía de uso para aplicación didáctica el módulo.**

#### **Implementos Generales**

- 1) Fuente 220V trifásica  $3 \phi$
- 2) Líneas de alimentación (R S T), cada una a 120VAC L-N
- 3) Modulo didáctico de medición de energía.
- 4) Carga – Motor trifásico de Inducción

## 5) Multímetro

### **Procedimiento**

Verificar fuente energizándola y tomando mediciones cuando esta este encendida, verificando que cada línea tenga el voltaje requerido por el sistema, cada una 120V AC L-N.

Cablear la carga (motor de inducción trifásico 1,7Hp) y la fuente, con el módulo didáctico de medición de energía teniendo en cuenta las indicaciones del módulo, donde se deben conectar cada cable.

Accionar la carga es decir (Motor de Inducción trifásico de 1,7Hp) y verificar el display del módulo ya que este comienza a operar.

Toma de medidas y verificar con lo esperado.

### **Precauciones**

Mientras el equipo este energizado, nunca abrir la compuerta de cubrimiento del módulo, ya que este hecho puede ocasionar daños irreparables en su integridad, tales como quemaduras de segundo y tercer grado e incluso la puede ocasionar la muerte.



## 9 Referencias

- Antonio, L., & Orea, F. (2012). Control automático y monitorización remota de instalaciones eléctricas residenciales mediante instrumentación virtual con LabVIEW, 1–80.
- Cet, G. (n.d.). Ra8-030 0, 1–38.
- De Ingeniería, E., Telecomunicaciones, E. Y., Simbana, C., Fausto, F., Arias, E., Rocío, P. Del, ... Calderon, B. L. (2006). Escuela Politécnica Nacional.
- Errasquin, A. S., Monterrey, C., & Access, O. (2009). Sistemas Flexibles de Corriente Alterna para Transmisión de Potencia : Aplicación en México-Edición Única.
- Generalidades 7.4 Medidores de energía eléctrica | Likinormas. (n.d.). Retrieved March 16, 2017, from [http://likinormas.micodensa.com/Norma/acometidas\\_medidores/medidores\\_energia\\_electrica/generalidades\\_7\\_4\\_medidores\\_energia\\_electrica](http://likinormas.micodensa.com/Norma/acometidas_medidores/medidores_energia_electrica/generalidades_7_4_medidores_energia_electrica)
- Gómez, V. A., Peña, R. A., & Hernández, C. (2012). Identificación y localización de fallas en sistemas de distribución con medidores de calidad del servicio de energía eléctrica. *Informacion Tecnologica*, 23(2), 109–116. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642012000200013>
- Químicas, E. D. E. C. (2013). ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO Previo a la obtención del Título de :
- Ras i Oliva, E. (1988). *Transformadores de potencia, de medida y de protección*. Marcombo Boixareu. Retrieved from [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=WXAWE mZ0UTkC&oi=fnd&pg=PR13&dq=transformadores+de+medida&ots=mN3s\\_MAwKS&sig=HH5BQAa4cN3Uxfm5BhfUoIO5N4M#v=onepage&q=transformadores de medida&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=WXAWE mZ0UTkC&oi=fnd&pg=PR13&dq=transformadores+de+medida&ots=mN3s_MAwKS&sig=HH5BQAa4cN3Uxfm5BhfUoIO5N4M#v=onepage&q=transformadores de medida&f=false)
- Rojas, A. E. (2012). Transformadores de corriente, 1–43.
- Transformador de Corriente | Transformadores de Tensión -. (n.d.). Retrieved May 17, 2017, from <https://esitas.es/blog/>
- Transformadores de protección y medida 4M Equipos de media tensión Datos de selección y pedido. (2009). Retrieved from [https://w3.siemens.com/powerdistribution/global/SiteCollectionDocuments/en/mv/indoor-devices/protective-measuring-transformers-m4/catalogue-protective-and-measuring-transformers-m4\\_es.pdf](https://w3.siemens.com/powerdistribution/global/SiteCollectionDocuments/en/mv/indoor-devices/protective-measuring-transformers-m4/catalogue-protective-and-measuring-transformers-m4_es.pdf)
- Urrego, A. D. (2015). *Tecnura*, 41–54. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.SE1.a03>
- Usuario, M. (n.d.). ACE6000.

## 10 Bibliografía

ACE 6000 IEC7 MANUAL DEL USUARIO. (2012) Disponible en internet.

[https://www.itron.com/local/Indonesia%20Portfolio/ACESL6000\\_brochure\\_EN.pdf](https://www.itron.com/local/Indonesia%20Portfolio/ACESL6000_brochure_EN.pdf).

TEXTOS CIENTIFICOS Analizador de redes. (2016, mayo). Recuperado en mayo de 2016,

Disponible en internet.

<http://www.textoscientificos.com/fisica/instrumentos/analizadores-redes-electricas>

Característica de la tensión suministrada por las redes generales de distribución (UNE-EN

50160). Ed. AENOR. España, 2001.

## Anexos

## Anexo 1.



**CORPORACIÓN CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y  
DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL SECTOR ELÉCTRICO**

**CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DE PRODUCTO**  
*PRODUCT CONFORMITY CERTIFICATE*

No. **05720**

Modelo de Certificación  
Marca de Conformidad  
Esquema 5

**La Corporación Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico  
del Sector Eléctrico – CIDET certifica que el producto:**

DENOMINACIÓN	TIPO	REFERENCIA
BORNERAS	DE CONEXIÓN	HASTA 150 Y 200 A

Las características e identificación de este producto se describen en el documento anexo, que hace parte integral del  
presenta CERTIFICADO y contiene una página.

The characteristics and identification of this product are described in the attached document, which is an integral part of this CERTIFICATE

**Fabricado por:**  
*Manufactured by:*

**COMPAÑÍA DE PARTES Y ACCESORIOS S.A.S. – COMPAC S.A.S.**

Carrera 32A 6A-25, Bogotá D.C., Colombia

**Satisface los requerimientos de**  
*Satisfies the requirements of*

**IEC 82947-7-1 Y LA RESOLUCIÓN 90708 DE 2013 DEL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA - RETIE**

Fecha de Certificación: 04 / 11 / 2014  
Fecha de Vencimiento: 04 / 11 / 2017

Fecha máxima para las próximas auditorías de seguimiento : 04 / 11 / 2015 y 04 / 11 / 2016



**Sandra Lucía Loaiza Ríos**  
Representante Legal Suplente  
Deputy Legal Representative



CIDET realiza la verificación y el seguimiento a las características del producto que dieron origen a esta certificación.  
Las novedades y vigencia de este certificado, pueden ser consultadas en la página [www.cidet.org.co](http://www.cidet.org.co)

CIDET makes the verification and follow up the characteristics of the product that gave rise to this certification.  
On page [www.cidet.org.co](http://www.cidet.org.co), you can find news and validity of this certificate.



APROBADO  
6.58-15.1196 19-CFR-004

Medellín: Carrera 46 No. 56-11 (1/2 Oriental), Piso 13 Tel: (+57) 444 12 11 Fax: (+57) 444 0460

Anexo 2.



BUREAU VERITAS CERTIFICATION

Bogotá D.C. 31 de Julio de 2015

**Señores**

**ACJ HIGH VOLTAGE LTDA**  
 Atn. Sr. Oscar Matoma  
 Transversal 76A # 47-28  
 Bogotá-Colombia

Asunto: **Otorgamiento Certificación –CP/ 5317-2015**

*Estimados Señores, nos complace informarle que su compañía ha sido certificada por Bureau Veritas Certification, ubicándose dentro de las empresas en nuestro país que han decidido hacer de la certificación un factor de competitividad y crecimiento.*

*Es por ello que una vez realizado el proceso de la Certificación tenemos el agrado de adjuntar al presente el certificado otorgado por nosotros bajo la norma:*

**NTC 2205:2013**

*Logro que Bureau Veritas Certificación apoya completamente a través del uso de la marca de certificación; cuyo manual y procedimiento de aprobación pueden ser consultado en la siguiente dirección: [www.bureauveritascertification.com.co/](http://www.bureauveritascertification.com.co/)*

*Como parte del mejoramiento continuo, le invitamos a diligenciar la encuesta de satisfacción que recibirá a través de correo electrónico.*

**Nota: Les confirmamos las fechas a tener en cuenta para la ejecución de sus visitas de seguimiento:**

*Visita de seguimiento 1 antes de: 29 de Febrero de 2016*

*Visita de seguimiento 2 antes de: 27 de Febrero de 2017*

*Cordialmente,*

  
**Alexander Toro Montoya**  
**Gerente de Operaciones**  
**Bureau Veritas Certification**

## Anexo 3.




ACREDITADO (BOVIC Quin 85 1988)  
08-CPN-054

**CORPORACIÓN CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y  
DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL SECTOR ELÉCTRICO**

---

**CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DE PRODUCTO**

---

**Modelo de Certificación**

## Tipo Marca de Conformidad

---

El CIDET certifica que el producto:

DENOMINACIÓN	TIPO	REFERENCIA
<b>MEDIDORES DE ENERGÍA ACTIVA CLASE 1 Y REACTIVA CLASE 2, MARCA ITRON/ACTARIS</b>	<b>ELECTRÓNICOS TRIFÁSICOS TETRAFILARES</b>	<b>ACE6000, 3X57.7/100...3X277/480 V, 5/10 A, 60 Hz</b>

Fabricado por la empresa **ITRON FRANCE S.A.S.**, planta de **CHASSENEUIL-DU-POITOU CEDEX, FRANCIA** y comercializado por **MEDER S.A.**, ubicada en la calle 100 68B - 67, Bogotá, Colombia; ha sido evaluado por el CIDET y se verificó que está fabricado y probado CONFORME con las normas NTC 5226/2003, NTC 4052/2003 y NTC 4569/2003.

Esta Certificación está sujeta a que el producto cumpla permanentemente las condiciones con las cuales fue evaluado respecto a las normas descritas, para lo cual el CIDET le hace la verificación y el seguimiento respectivos y publica las novedades y vigencia del presente CERTIFICADO en la página [www.cidet.org.co](http://www.cidet.org.co).

*Todas las características e identificación de este producto se describen en un documento anexo que contiene una página y hace parte integral del presente CERTIFICADO, el cual puede ser consultado por los usuarios ante el CIDET*

---

## Certificado Nro. 04293

Fecha de Certificación: 17 DE AGOSTO DE 2011  
Fecha de 1ª Actualización: 23 DE SEPTIEMBRE DE 2011

---



**César Alberto Tobón Giraldo**  
DIRECTOR EJECUTIVO



**DESARROLLO • TECNOLOGÍA • INVESTIGACIÓN • INNOVACIÓN**  
Al servicio del Sector Eléctrico

Bogotá - Medellín | COLOMBIA