

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**ASEGURAMIENTO METROLÓGICO EN LA CALIBRACIÓN DE
MEDIDORES ELECTRÓNICOS DE ENERGÍA ELECTRICA EN
CAMPO Y LABORATORIO**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

**PRESENTADO POR:
ALEX EDWIN ZEGARRA SILVERA**

PROMOCIÓN
1998-II

**LIMA-PERÚ
2006**

**ASEGURAMIENTO METROLÓGICO EN LA CALIBRACIÓN
DE MEDIDORES ELECTRÓNICOS DE ENERGÍA
ELÉCTRICA EN CAMPO Y LABORATORIO**

**Gracias a mis padres Alejandro y Alicia
por el apoyo brindado en todo
momento**

SUMARIO

Toda empresa debe tener establecido en su proceso productivo un Sistema de Control Metrológico que garantice la confiabilidad en las mediciones que se ejecutan en especial en aquellas que son evaluadas con el fin de asegurar la calidad del producto.

- En el capítulo I se realiza una descripción de los conceptos fundamentales de la metrología (medición y calibración).
- En el capítulo II se exponen los diversos equipos que intervienen en el proceso de calibración de los medidores electrónicos de energía. Se revisa la forma de conexión de dichos medidores para la calibración de acuerdo al tipo (monofásico, Trifásico, número de hilos 2, 3 o 4).
- En el capítulo III se describen las condiciones de ensayo para las pruebas de exactitud del medidor y se muestran los límites de error para medidores de Clase 0,2S y 0,5S según la norma IEC-687.
- En el capítulo IV se detalla los procedimientos para la calibración de medidores electrónicos en laboratorio (con carga ficticia) y en sitio (con carga real).
- En el capítulo V se explica el procedimiento de cálculo de error de la medición y el cálculo de la incertidumbre de la medición.

INDICE

INTRODUCCIÓN	01
CAPITULO I	
CONCEPTOS FUNDAMENTALES	03
1.1 Medición	03
1.1.1 Objetivo de la medición	03
1.1.2 Método de la medición	03
1.1.3 Procedimiento de medición	03
1.1.4 Medios de medición	04
1.1.5 Contador de energía activa	04
1.2 Clasificación de medios de medición por su destino metrológico	04
1.2.1 Medios de medición de trabajo	04
1.2.2 Medios de medición patrón	04
1.2.3 Sistema de medición	05
1.2.4 Calibración	05
1.3 Características metrológicas de los medios de medición	05
1.3.1 Límites de escala	05
1.3.2 Límite de medición	05
1.3.3 Alcance	05
1.3.4 Resolución	05
1.3.5 Histéresis	05
1.3.6 Sensibilidad	06
1.3.7 Estabilidad	06
1.3.8 Clase de exactitud	06
1.3.9 Magnitudes de influencia	06
1.4 Aseguramiento metrológico	06
1.4.1 Conceptos Generales	06
1.4.2 Exigencias	06

1.4.3	Pasos a seguir para establecer un sistema de aseguramiento metrológico	08
1.5	Laboratorio de metrología	09
1.5.1	Características técnicas del laboratorio de metrología	09
1.5.2	Mantenimiento del laboratorio	10
CAPITULO II		
EQUIPOS Y MÉTODOS MEDICIÓN		12
2.1	Equipos de medición	12
2.1.1	Contador estático de energía activa	12
2.1.2	Medidores electrónicos	12
2.1.3	Patrones	15
2.1.4	Adaptador de pulsos	18
2.1.5	Pulsador	19
2.1.6	Sensor	20
2.1.7	Fuente de tensión	21
2.1.8	Carga fantasma	21
2.2	Métodos de medición	24
2.2.1	Métodos de ejecución para la calibración	24
CAPITULO III		
ENSAYOS DE PRECISIÓN		30
3.1	Condiciones generales de ensayo	30
3.2	Ensayos	33
3.2.1	Ensayo de las magnitudes de influencia	33
3.2.2	Ensayo de influencia de la temperatura ambiente	40
3.2.3	Ensayo de marcha en vacío	40
3.2.4	Ensayo de arranque	41
3.2.5	Comprobación de la constante del contador	41
3.3	Interpretación de los resultados de los ensayos	41
CAPITULO IV		
PROCEDIMIENTOS DE CALIBRACIÓN		43
4.1	Calibración de equipos de medición en laboratorio	43
4.1.1	Objeto	43
4.1.2	Finalidad de la calibración	43
4.1.3	Preparación	43

4.1.4	Métodos de ejecución	43
4.1.5	Pruebas de laboratorio	44
4.1.6	Protocolos de pruebas	44
4.2	Calibración de equipos de medición en sitio	58
4.2.1	Objeto	60
4.2.2	Finalidad de la calibración	60
4.2.3	Preparación	61
4.2.4	Procedimiento	61
4.2.5	Pruebas en sitio	63
4.2.6	Protocolos de pruebas	63
4.2.7	Acta de calibración	63
CAPITULO V		
RESULTADOS		68
5.1	Determinación de errores	68
5.2	Incertidumbre de la medición	68
5.2.1	Consideraciones generales	68
5.2.2	Concepto de incertidumbre en medición	70
5.2.3	Métodos de evaluación de la incertidumbre	70
5.2.4	Procedimiento para la determinación de la incertidumbre	70
5.3	Cálculo de incertidumbre	74
CONCLUSIONES		80
ANEXOS		83
Manual de servicios metrológicos (Laboratorio UCUNI-FIEE)		
Modelos de procedimientos y registros de una empresa		
BIBLIOGRAFIA		98

INTRODUCCIÓN

Actualmente en el Perú es de interés, para las empresas y entidades normativas que participan en el negocio de la comercialización de la energía eléctrica, realizar con precisión la medida de la energía y potencia facturada, porque ello permite:

- a) Calidad del servicio comercial.
- b) Facturar correctamente la energía suministrada.
- c) Verificar y garantizar el buen funcionamiento de los equipos de medición y que midan con la exactitud de acuerdo a su clase de precisión.

Por lo tanto el Aseguramiento Metrológico en la Calibración de Medidores de Energía Eléctrica, nos permitirá garantizar la confiabilidad de las mediciones de los parámetros eléctricos.

De acuerdo con sus raíces (Metron = Medida, Logos = Tratado) la Metrología está relacionada con todas y cada una de las actividades de la humanidad, y ayuda a todas las ciencias existentes para facilitar su entendimiento, aplicación, evaluación y desarrollo.

Su tarea principal consiste en:

- La elaboración de las bases teóricas del sistema de unidades que relacionan todas las cantidades de magnitud física susceptibles de ser medidas.
- La creación de los métodos de reproducción de estas unidades con la exactitud máxima que ha sido alcanzada en el tiempo.
- La investigación en la rama de la teoría de los errores.
- La transmisión de los valores convencionales de las magnitudes físicas para facilitar la interrelación entre entidades principalmente en el campo comercial.

El rol e importancia de la Metrología en el desarrollo de una economía es evidente, toda transacción entre personas, empresas u organizaciones, tanto en el comercio interno como internacional, supone una actividad de medición. Lo mismo ocurre con todo proceso productivo donde se impone requisitos a sus mediciones, a fin que sean ágiles, uniformes y económicas en función a cada actividad. A

medida que se requiere una mayor exactitud, la metrología adquiere mayor importancia. Medir deja de ser un acto empírico y se torna una actividad científica.

Cuando se inicia el proceso para establecer un Sistema de Control Metrológico es normal incrementar costos por la necesidad de adquirir medios de medición patrones o mejorar los sistemas de medición del proceso, pero los beneficios que se obtienen en el mediano e incluso corto plazo demuestra que la inversión realizada es altamente productiva.

El presente informe se realiza para medidores electrónicos de Clases 0.2 S y 0.5 S, los cuales son utilizados para medir y registrar grandes cantidades de energía (kWh) y potencia (MW), debido a que permiten obtener la mayor precisión.

Cabe señalar que el mencionado informe toma como referencia para determinar la clase de precisión de los medidores electrónicos los límites de error indicados en la Norma IEC – 687 (Comisión Electrotécnica Internacional)

CAPITULO I

CONCEPTOS FUNDAMENTALES

1.1 Medición

Conjunto de operaciones que tiene por objeto determinar el valor de una magnitud, estas operaciones pueden realizarse en forma manual a través de un operador o en forma automática como parte de un proceso continuo.

1.1.1 Objetivo de la medición

Determinar el mensurando, es decir, asignar un valor a una magnitud particular sometida a medición. El resultado de una medición es solamente una aproximación o estimación del valor del mensurando y sólo esta completo cuando se expresa el resultado acompañado por un planteamiento de la incertidumbre del estimado. En la práctica, la definición del mensurando depende de la exactitud requerida de la medición, para ello se parte por la especificación o definición apropiada de:

- El mensurando, magnitud particular sometida a medición para encontrar un valor que se le asigna (Lo que esta sujeto a mediciones).
- El principio de medición.
- El método de medición.
- El procedimiento de medición.

1.1.2 Método de la medición

Es la secuencia lógica de las operaciones, descritas de manera genérica, utilizada en la ejecución de las mediciones.

Los métodos de medición se determinan de acuerdo a las magnitudes físicas que se miden, por sus dimensiones, por la fidelidad necesaria de los resultados de medición, por la rapidez del proceso de medición, por las condiciones de la realización de las mediciones y por cualquier otra razón aplicable para cada caso específico.

1.1.3 Procedimiento de medición

Es el conjunto de operaciones descritas específicamente, utilizadas en la ejecución de una medición en particular de acuerdo a un método dado.

Usualmente el procedimiento de medición esta descrito en un documento y proporciona suficientes detalles para que un operador pueda reproducir una medición sin necesidad de otra información adicional.

Los procedimientos de medición se pueden obtener de normas internacionales o nacionales, organizaciones técnicas de prestigio, en textos o publicaciones científicas.

1.1.4 Medios de medición

Dispositivo destinado a realizar una medición, solo o asociado con uno o varios dispositivos complementarios.

La expresión **equipo de medición** involucra a todos los medios de medición, patrones de medición, materiales de referencia, aparatos auxiliares e instrucciones que son necesarios para realizar una medición.

1.1.5 Contador de energía activa

Aparato destinado a medir la energía activa por integración de la potencia activa en función del tiempo.

1.2 Clasificación de medios de medición por su destino metrológico

1.2.1 Medios de medición de trabajo

Son los medios de medición que se utilizan en la técnica, ciencia y comercio para realizar las mediciones de las magnitudes físicas; independientemente de sus niveles de precisión, rango de medición u otras características. En este grupo se encuentra la mayoría de los medios de medición.

1.2.2 Medios de medición patrón

Medida material, instrumento o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad de medida o varios valores conocidos de una magnitud para la transmisión por comparación a otros medios de medición; en estos medios de medición se busca definir con la mayor aproximación posible el valor de la magnitud que representa.

En caso de que un medio de medición de trabajo esté defectuoso, su utilización puede causar bastante error. Pero cuando se utiliza un medio de medición patrón defectuoso es mucho peor, porque en este caso el error se multiplica, dando como resultado que los medios de medición de trabajo que se encuentren realmente en mal estado pueden ser declarados aptos para su utilización.

1.2.3 Sistema de medición

Conjunto de equipos destinados a la medición directa o indirecta de la magnitud física, para garantizar la calidad del producto.

1.2.4 Calibración (concepto general)

Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones especificadas, la relación entre los valores indicados o representados o representados por: un instrumento de medición, un sistema de medición, una medida materializada o un material de referencia y los correspondientes valores conocidos de un patrón de referencia.

1.3 Características metrológicas de los medios de medición

1.3.1 Límites de escala

Espectro o conjunto de los valores de la variable medida que están comprendidos dentro de los límites superior e inferior de la capacidad de medida del instrumento, se expresa estableciendo los dos valores extremos.

1.3.2 Límite de medición

Es el margen dentro del cual un medio de medición puede medir con un error menor que su precisión, se determina generalmente de la curva de calibración, o puede ser un valor proporcionado por el fabricante. No siempre los límites de medición coinciden con los límites de la escala, generalmente son más estrechos.

1.3.3 Alcance

Es la diferencia algebraica entre los valores superior e inferior del campo de medida del instrumento.

1.3.4 Resolución

Es la expresión cuantitativa de la capacidad de un dispositivo indicador para permitir distinguir significativamente entre valores inmediatamente adyacentes de la magnitud indicada.

1.3.5 Histéresis

La histéresis es la diferencia máxima que se observa en los valores indicados por el instrumento para un mismo valor cualquiera del campo de medida, cuando la variable recorre toda la escala en orden ascendente y luego en orden descendente. Se expresa en tanto por ciento del alcance de la medida.

1.3.6 Sensibilidad

Es la razón entre el incremento de la lectura y el incremento de la variable que lo ocasiona, después de haber alcanzado el estado de reposo. Se expresa como un tanto por ciento del alcance de la medida.

1.3.7 Estabilidad

Los medios de medición no son inalterables en el tiempo, su estabilidad puede variar de acuerdo a las magnitudes físicas.

1.3.8 Clase de exactitud

La clase de exactitud está constituida de varias características meteorológicas: error básico, errores adicionales y otras características metrológicas que dependen del tipo de medio de medición.

1.3.9 Magnitudes de influencia

Son aquellas variables que afectan una medición actuando en el entorno de esta. Prácticamente para todos los medios de medición es necesario normalizar, tanto sus características metrológicas como las magnitudes de influencia: temperatura, humedad, presión del medio ambiente, tensión, frecuencia de línea eléctrica, intensidad de los campos electromagnéticos, etc.

Cada medio de medición está previsto para ser usados en determinadas condiciones, es decir, dentro de determinados valores de las magnitudes de influencia. El campo de los valores de las magnitudes donde un medio de medición este suficientemente seguro se llama campo de utilización de dicho medio de medición.

1.4 Aseguramiento metrológico

1.4.1 Conceptos Generales

El aseguramiento metrológico, es el establecimiento de las bases científicas, organizativas y técnicas, para el logro de la uniformidad y la precisión requerida en las mediciones.

El no contar con un Sistema de Control Metrológico no solo afecta las características de calidad del producto, incide también en una mayor frecuencia en el reproceso de productos, altos índices de devolución, exceso de material en el producto, en suma un mayor costo de producción.

1.4.2 Exigencias

Para demostrar la conformidad del producto con los requisitos especificados, el proveedor deberá controlar, calibrar y realizar el mantenimiento

de los equipos de inspección, medición y ensayo, ya sean propios, prestados o facilitados por el cliente. Los equipos deberán utilizarse de manera que aseguren que la incertidumbre de medición sea conocida y compatible con la capacidad de requerida.

El proveedor deberá:

- a) Identificar las mediciones que se han de realizar, la exactitud requerida para las mismas, seleccionar los equipos de inspección, medición y ensayo adecuados.
- b) Identificar calibrar y ajustar, periódicamente o antes de su uso, todo equipo y dispositivo de inspección, medición y ensayo que pueda afectar la calidad del producto, mediante el uso de equipos certificados que tengan una relación válida conocida con patrones nacionales reconocidos. Cuando no existan estos patrones, se deberá establecer por escrito la base de referencia para la calibración.
- c) Establecer por escrito y mantener actualizados los procedimientos de calibración, que incluyan detalles del tipo de equipo, número de identificación, frecuencia y métodos de verificación, criterios de aceptación y la acción que ha de tomarse cuando los resultados no sean satisfactorios.
- d) Asegurarse que los equipos de inspección, medición y ensayo tengan la precisión y exactitud necesarias.
- e) Identificar los equipos de inspección, medición y ensayo con un indicador adecuado o un registro de identificación aprobado que indique el estado de su calibración.
- f) Mantener vigentes los registros de calibración de los equipos de inspección, medición y ensayo.
- g) Evaluar y documentar la validez de los resultados de la inspección y del ensayo previos cuando se compruebe que los equipos de inspección, medición y ensayo están descalibrados.
- h) Asegurarse que las condiciones ambientales son las adecuadas para llevar a cabo las calibraciones, inspecciones, mediciones y ensayos.
- i) Asegurarse que el manejo, conservación y almacenamiento de los equipos de inspección, medición y ensayo son tales que no alteran la exactitud y aptitud para el uso.
- j) Proteger los medios de inspección, medición y ensayo incluyendo elementos y programas informáticos utilizados en los ensayos contra desajustes que

invaliden las calibraciones realizadas.

1.4.3 Pasos a seguir para establecer un sistema de aseguramiento metrológico

Una vez que la empresa define las características medir y el nivel de aproximación que requiere en cada proceso de medida podrá establecer su Sistema de Aseguramiento Metrológico que se describe en el siguiente diagrama de flujo:

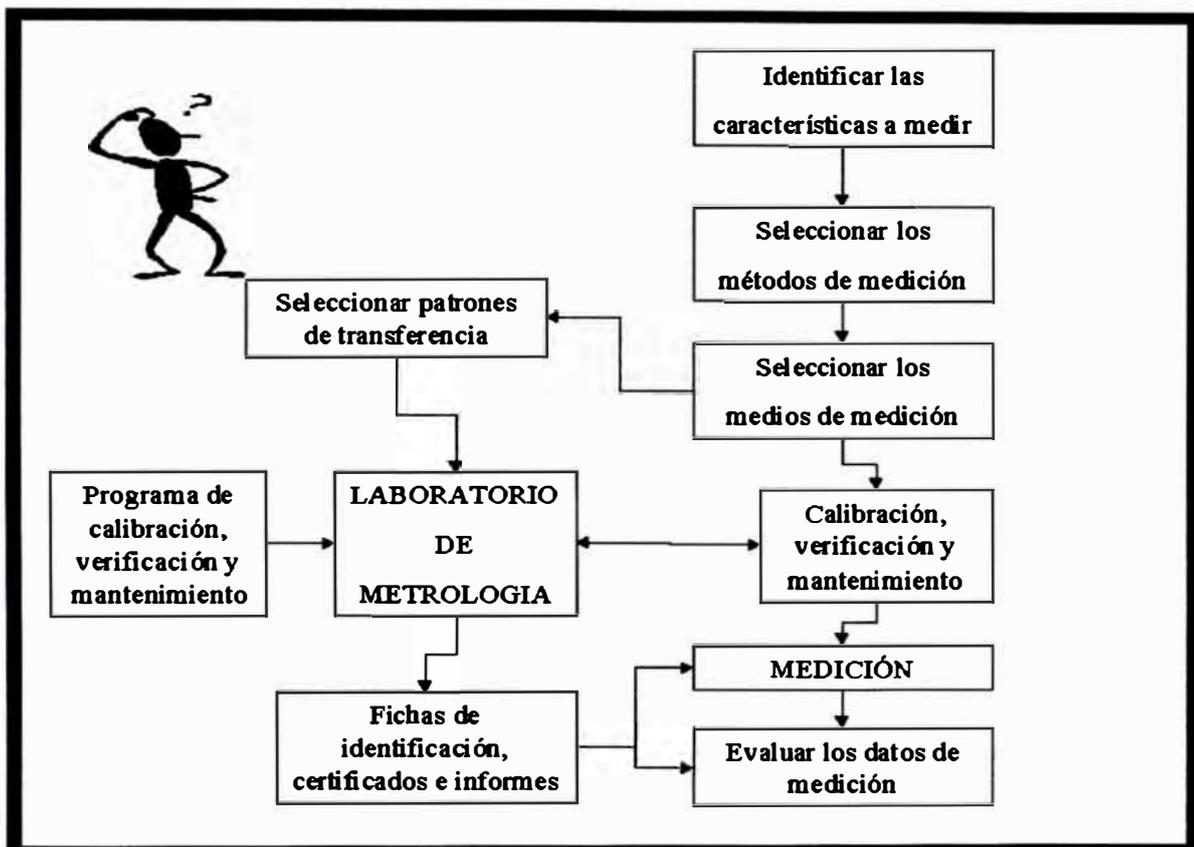


Figura. 1.1 Sistema de Aseguramiento Metrológico

Los patrones de transferencia deben estar situados bajo la supervisión de un laboratorio especializado de Metrología, dirigido por técnicos especializados cuyo interés debe ser mantener la exactitud de las calibraciones. En contraste, los equipos de ensayo, y hasta cierto punto los patrones de trabajo, dependen del personal de producción, inspección y ensayo, cuyo objetivo primordial es el control de los productos y procesos, lo que genera una diferencia de perspectiva sobre la necesidad de establecer un sistema de control Metrológico.

La necesidad de establecer un Sistema de Control Metrológico se puede resumir en la siguiente expresión:

No se puede mejorar

Lo que no se puede controlar

Y no se puede controlar

Lo que no se puede medir

1.5 Laboratorio de metrología

Para la correcta realización de las calibraciones es necesario contar con un ambiente adecuado para la ejecución de estas, cada norma de calibración establece las condiciones que deben controlarse y en algunos casos si no fuese posible ejercer control sobre estas variables las normas ofrecen factores de corrección en función al valor de la magnitud de influencia, lo que de todos modos obliga a medir y conocer las condiciones del entorno.

1.5.1 Características técnicas del laboratorio de metrología

a) Temperatura y humedad relativa

El acondicionamiento del laboratorio de metrología, tiene como principal objetivo obtener:

- Una temperatura estable.
- Una humedad del aire razonablemente baja.
- Una mínima presencia de polvo, toda entrada de aire fresca debe estar en lo posible depurada.

El efecto más problemático en metrología es el riesgo de la condensación que conduce a la corrosión de los instrumentos mecánicos y tal vez a descargas disruptivas de los instrumentos electrónicos. La humedad relativa varía grandemente con la temperatura, con la disminución de 1 °C puede aumentar en un 5% la humedad relativa; por lo que, lo más importante es obtener una buena estabilidad más que un buen ajuste de la temperatura ambiente.

Temperatura °C		Humedad Relativa %			Presión Kpa	
Valor	Tolerancia		Valor	Tolerancia		
	Normal	fina		normal		Fina
20	±2	±1	50	±5	±2	
23			65			
27						
entre 86 y 106						

Tabla 1.1 Atmósfera Estándar para el Laboratorio de Ensayo

b) Iluminación

En el "IES CODE FOR INTERIOR LIGHTING – 1977" se encuentra los valores de Iluminación (lux) recomendados para los diversos ambientes de trabajo. En un laboratorio metrológico donde se realizan trabajos de precisión el valor recomendado para la iluminación de servicio es $E(h) = 1\ 000$ lux.

c) Vibración y ruido

Cualquier desplazamiento de aire va acompañado de ruido. El nivel de ruido que puede considerarse aceptable depende del nivel de ruido que produzcan las diversas fuentes en el interior del ambiente.

ISO ha publicado curvas de comparación de ruidos o curvas NR (Nivel de Ruido), que muestran el nivel de presión sonora en decibeles, para una serie de bandas de frecuencia, para describir el nivel sonoro se usa a veces el decibel ponderado, específicamente el decibel A (dBA), un valor de dBA corresponde a un NR de 5 a 7 dB más bajo.

Función del ambiente	Valores NR	Recomendaciones dBA
Estudios	10	15
Salas de conferencias	25	30
Aulas	25	30
Auditorios	25	30
Oficinas	35	40
Oficinas panorámicas	40	45

Tabla 1.2. Valores Recomendados de Niveles de Ruidos

De la Tabla 1.2 , tomamos el valor recomendado para una sala de estudios, 10 NR o 15 dBA como el ambiente de condiciones más cercanas al laboratorio metrológico.

1.5.2 Mantenimiento del laboratorio

a) Equipos

La conservación y mantenimiento de los equipos tienen como objetivo proteger y asegurar la disponibilidad y utilización durante su vida útil manteniendo al mínimo sus errores. El profesional y/o técnico responsable del equipo debe contar con el conocimiento adecuado para su manejo, ajuste y conservación.

Para la conservación y mantenimiento de los equipos e instrumentos debe tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

Manual de Servicio: Todo medio de medición o equipo debe contar con su manual de servicio, si no tuviese, debe prepararse uno, donde se considere procedimientos generales de mantenimiento y operación del equipo.

Programa de Mantenimiento: Cada equipo debe tener establecido su programa de mantenimiento con el fin de mantenerlo en óptimas condiciones. Para los equipos mecánicos debe considerarse la periodicidad de limpieza de partes y piezas, así como de su engrase o lubricación.

Programa de Verificación Periódica: Para asegurar la trazabilidad de las mediciones a patrones nacionales o internacionales asegurando la validez de los equipos.

La calibración se efectuará rigurosamente siguiendo el procedimiento del fabricante y/o normas internacionales.

b) Conservación de los Equipos

El mantenimiento que permite la conservación de los equipos, debe ser complementado con aspectos como: almacenamiento, condiciones de trabajo, precauciones de seguridad, orden y limpieza.

c) Instalaciones

Uno de los puntos más importantes en el mantenimiento de las instalaciones es el sistema de aire acondicionado. Con la ayuda de los equipos registradores de temperatura y humedad se deberán llevar controles diarios o periódicos, a fin de determinar si se presentan anomalías en el sistema.

CAPITULO II MÉTODOS Y EQUIPOS DE MEDICIÓN

2.1 Equipos de medición

Equipos destinados para la medición de los parámetros eléctricos (medición de consumos de energía y potencia, patrones para la calibración de medidores, fuentes de tensión y corriente).

2.1.1 Contador estático de energía activa

Contador en el cual la intensidad y la tensión actúan sobre elementos de estado sólido (electrónico) y producen en salida impulsos cuyo número es proporcional a los watios - hora.

2.1.2 Medidores electrónicos

La complejidad de los pliegos tarifarios implican el empleo de sofisticados sistemas de medición que deben reconocer la fecha y la hora en que ocurren los consumos, así como, tener capacidad de almacenar en una memoria las magnitudes eléctricas ocurridas a lo largo del período de facturación con indicación de la fecha y la hora.

Esta medición se ejecuta para todos los parámetros facturados (Energía Activa, Máxima Demanda y Energía Reactiva) con diferenciación horaria de acuerdo a la calificación tarifaria (Presente en punta o Fuera punta) y con una alta precisión.

Básicamente su funcionamiento requiere que se sense las variables que componen la energía, como son: Tensión, Corriente y Tiempo, estos valores pasan a un convertidor analógico digital para su proceso por el medidor.

Los medidores electrónicos multifunción, son contadores estáticos de energía. Estos equipos ordinariamente no están sujetos a mantenimientos, debido a que sus componentes de estado sólido -sin partes en movimiento- garantizan una consistencia mecánica y difícilmente presentan fallas o se descalibran, sin embargo debido a condiciones eléctricas (sobretensiones y sobrecorrientes) fuera de su rango ó el tiempo de uso, podrían originar que:

- Inadecuado funcionamiento de la base de tiempo (Cristal con oscilador de cuarzo).
- Se extinga el tiempo de vida de la batería.
- Falle Alguno de los componentes electrónicos (chips).
- Posible decremento de la exactitud.

Cualquier de los aspectos señalados puede determinar que el equipo de medición –según el caso- sea sometido a:

- Mantenimiento Preventivo.
- Mantenimiento Correctivo.
- Calibración de la exactitud.

Estos medidores estáticos permiten obtener la mayor precisión, posible de conseguir en las mediciones de energía y se utilizan principalmente en la medición de volúmenes de energía muy grandes.

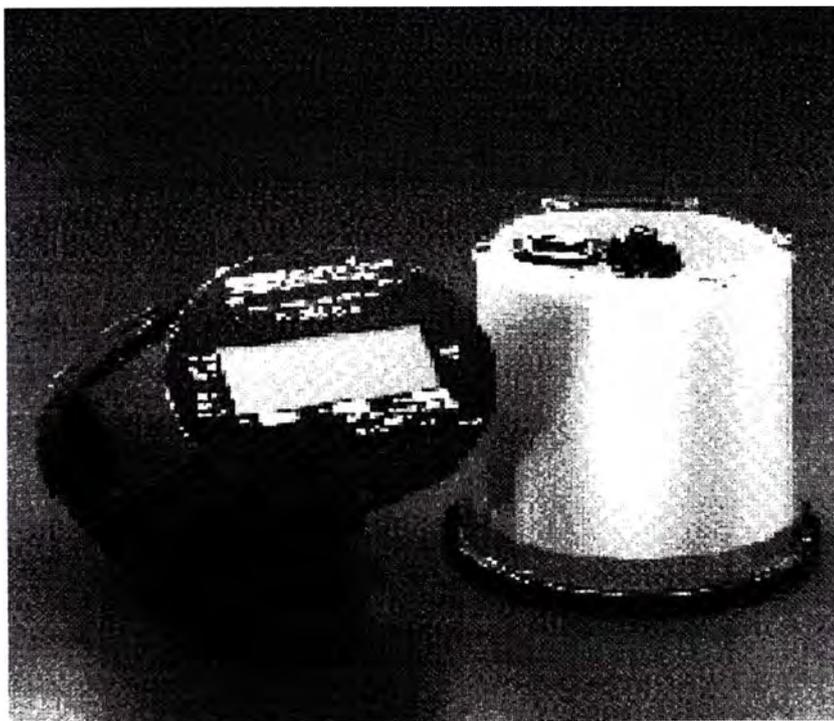


Figura 2.1 Medidor electrónico multifunción Quantum 1000
(Referencia: catalogo de medidores electrónicos Schlumberger)

Las funciones principales de los medidores electrónicos multifunción:

- a) Registrar valores integrados e instantáneos
El medidor acumula en la memoria no volátil valores integrados en el tiempo (energía y demanda), así mismo muestra en su display valores de variables

(potencia, voltaje corriente, y otros) ocurridas en el momento (tiempo real).

- Energía: activa (kWh), reactiva (kVARh) y aparente (kVAh).
- Demanda: en hora punta, en horas fuera de punta.
- Potencia: activa (kW), reactiva (kVAR) y aparente (kVA).
- Tensión (V), corriente (A), factor de potencia ($\text{Cos}\phi$).
- Tiempo real.

b) Almacenar en memoria masiva

En esta función el medidor acumula en los canales de la memoria y para intervalos de tiempo definidos (por tarifa cada 15 minutos), las cantidades de pulsos equivalentes a:

- Energía activa (kWh).
- Energía reactiva (kVARh).
- Voltios hora (V-h) ó Voltios cuadrado hora (V^2h).
- Amperios hora (A-h).



Figura 2.2 Parámetros que registra el medidor electrónico multifunción Quantum 1000
(Referencia: catalogo de medidores electrónicos Schlumberger)

2.1.3 Patrones

Los patrones se pueden clasificar de la siguiente manera:

Patrón de referencia, con el que se comparan los patrones de un orden inferior de precisión.

Patrón de trabajo, que calibrado por comparación con un patrón de referencia, está destinado a verificar los instrumentos de medida usuales de menor precisión.

Jerarquía de los patrones

-Nivel 1

En este nivel se encuentran el patrón primario nacional así como el patrón duplicado o patrones que se destinan, ya sea para el control de la invariabilidad del patrón primario o para sustituir ese patrón si ha perdido sus cualidades metrológicas o si el mismo ha sido extraviado. El patrón primario es un patrón de una magnitud física específica dada el cual tiene las más altas cualidades metrológicas en un campo determinado. Este campo puede ser o un campo de utilización o un rango de valores de la magnitud física; a cada campo está asociado un patrón primario más apropiado, para representar la unidad, o un múltiplo o submúltiplo de la unidad de esa magnitud física. Nota El patrón primario no representa necesariamente la unidad de la magnitud física considerada. En efecto, puede ser más fácil representar un múltiplo o submúltiplo de una unidad antes que la unidad misma.

-Nivel 2

En este nivel se encuentran los patrones secundarios obtenidos por comparación con el patrón primario, puede ser utilizado para calibrar los patrones de orden inferior de exactitud, designándose entonces como un patrón de referencia.

-Nivel 3

En este nivel se encuentran los patrones de trabajo de tercer orden obtenidos por comparación con los patrones de referencia, pueden diferir en naturaleza o diseño de los patrones de referencia, bien sea para proporcionar facilidad en su manipulación o transporte o para reducir sus costos. Un patrón de trabajo es usado:

Para verificar instrumentos comunes de trabajo con grado de exactitud más bajo.

Para calibrar instrumentos de medición considerados como patrones de trabajo con un grado de exactitud más bajo. El patrón de trabajo es considerado entonces como un patrón de referencia y es conservada bajo buenas condiciones, de forma tal que su comparación con el patrón secundario pueda ser efectuada con menos frecuencia.

La selección entre estos dos métodos de utilización de los patrones de trabajo depende de la disposición geográfica y de la organización económica o política de los países.

-Nivel 4

En este nivel se encuentran los medios de medición utilizados por las empresas para controlar sus procesos, en algunos casos pueden estar incluidos patrones de trabajo de tercer orden considerados como patrones de referencia.

La exactitud de estos medios de medición es frecuentemente suficiente en diversos sectores de la industria. Sin embargo, determinadas industrias, por lo complejo de sus mediciones, requieren el uso de los patrones de trabajo de tercer orden.



Figura 2.3 Pirámide de patrones

Patrón electrónico de energía

Debido a que la contrastación consiste en el proceso de comprobación de la exactitud de un equipo de medición por medio de la comparación con otro equipo de medición denominado patrón, previamente es necesario seleccionar el equipo patrón que cumpla con los requerimientos para las pruebas. Es indispensable que el equipo de medición patrón cuente con un detector o sensor electrónico y un adaptador de pulsos y tenga las características mínimas siguientes:

Tipo:	Electrónico
Sistemas:	1 ϕ , 3 ϕ en Δ y/o Y, según el método
Clase de precisión:	Mejor que el equipo a prueba
Constante Kh (wh/pulso)	Según el Kh (wh/pulso) del equipo de medición



Figura 2.4 Medidor patrón electrónico de energía
(Referencia: catalogo de patrones RM, marca Metronic)

En la figura 2.4 se muestra un patrón de energía monofásico, el cual cuenta con tres bobinas de corriente y cuyas características técnicas se detallan a continuación:

Marca	:	Metronic
Modelo	:	RM-10
Número de fases	:	Monofásico
Tensión	:	60-600 Vac
Corriente	:	0.2-50 amperios
Frecuencia	:	48-62 hertz
Constante	:	0.00001 Wh/pulse
Clase de precisión	:	0.05 %

Las partes principales del mencionado patrón se indican a continuación:

- 1 bobina de tensión (una)
- 2 alimentación auxiliar 220 Vac
- 3 bobinas de corriente (tres)
- 4 display (resolución 0.00001)
- 5 botón de reseteo (vuelve a cero el ultimo valor)
- 6 entrada (detiene los datos del display, luego del término de los pulsos programados)

2.1.4 Adaptador de pulsos

El adaptador de pulsos o contador de pulsos es una interfase en el cual se selecciona el número de pulsos a contar (n). El valor de n se elige de manera tal que para una corriente de carga seleccionada se garantiza el registro de energía en el medidor patrón durante 1 minuto aproximadamente.

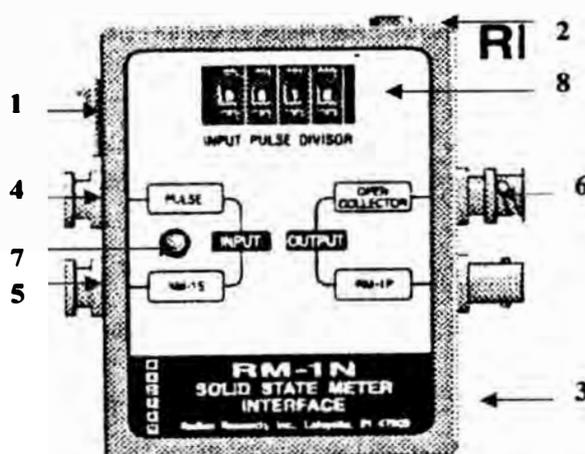


Figura 2.5 Adaptador o contador de pulsos
(Referencia: catalogo de patrones RM, marca Metronic)

En la figura 2.5 se muestra al contador de pulsos, dicho equipo trabaja con los patrones del modelo RM y cuyas características técnicas se detallan a continuación:

Marca : Metronic
 Modelo : RM-1N
 Alimentación auxiliar : adaptador 220Vac/9Vdc

Las partes del mencionado contador se indican a continuación:

- 1 encendido/apagado
- 2 alimentación auxiliar 220 Vac/9 Vdc
- 3 batería 9 voltios
- 4 conexión para el sensor
- 5 conexión para el pulsador
- 6 conexión hacia el patrón (detiene los datos del display del patrón, luego del termino de los pulsos programados)
- 7 led (se enciende cada vez que el medidor bajo prueba emite un pulso)
- 8 display de pulsos (se programa la cantidad de pulsos requeridos)

2.1.5 Pulsador

El pulsador sirve para controlar el arranque de medidor patrón. Es decir vuelve a cero el ultimo valor registrado por el patrón.

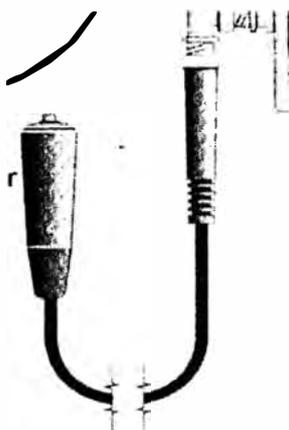


Figura 2.6 Adaptador o contador de pulsos
 (Referencia: catalogo de patrones RM, marca Metronic)

2.1.6 Sensor

El sensor o cabeza lectora recibe y evalúa señales de impulsos, es decir receptiona los pulsos emitidos por el medidor bajo prueba.

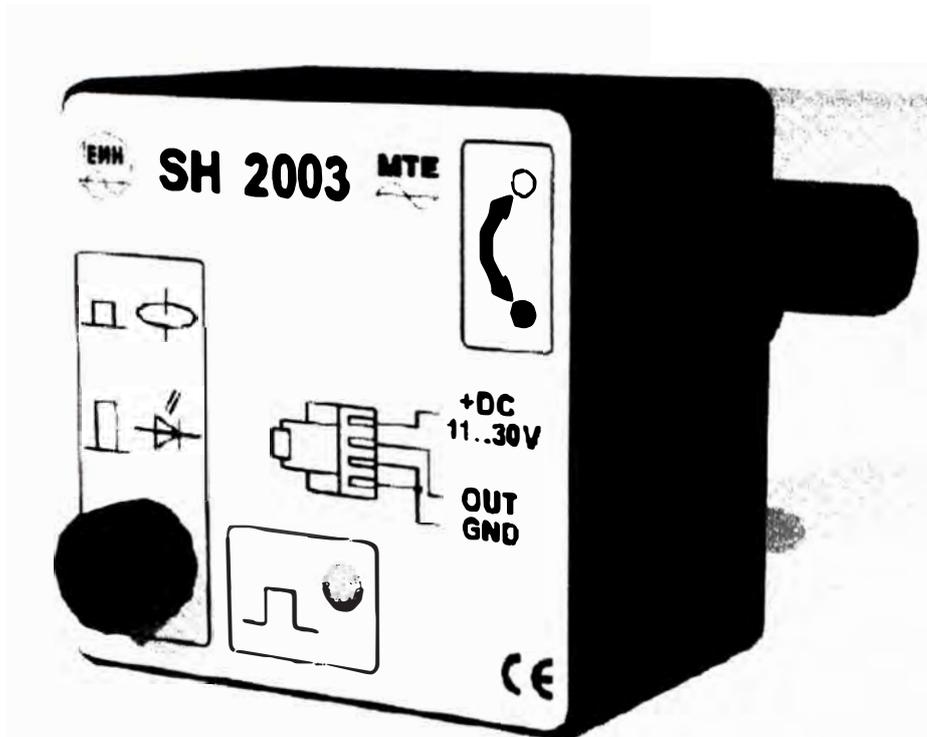


Figura 2.7 Cabeza lectora o sensor

(Referencia: catalogo de patrones, marca MTE – Meter Test Equipment AG)

En su mayoría los sensores cuentan con dispositivos de sujeción que sirven para el posicionamiento de la cabeza lectora.

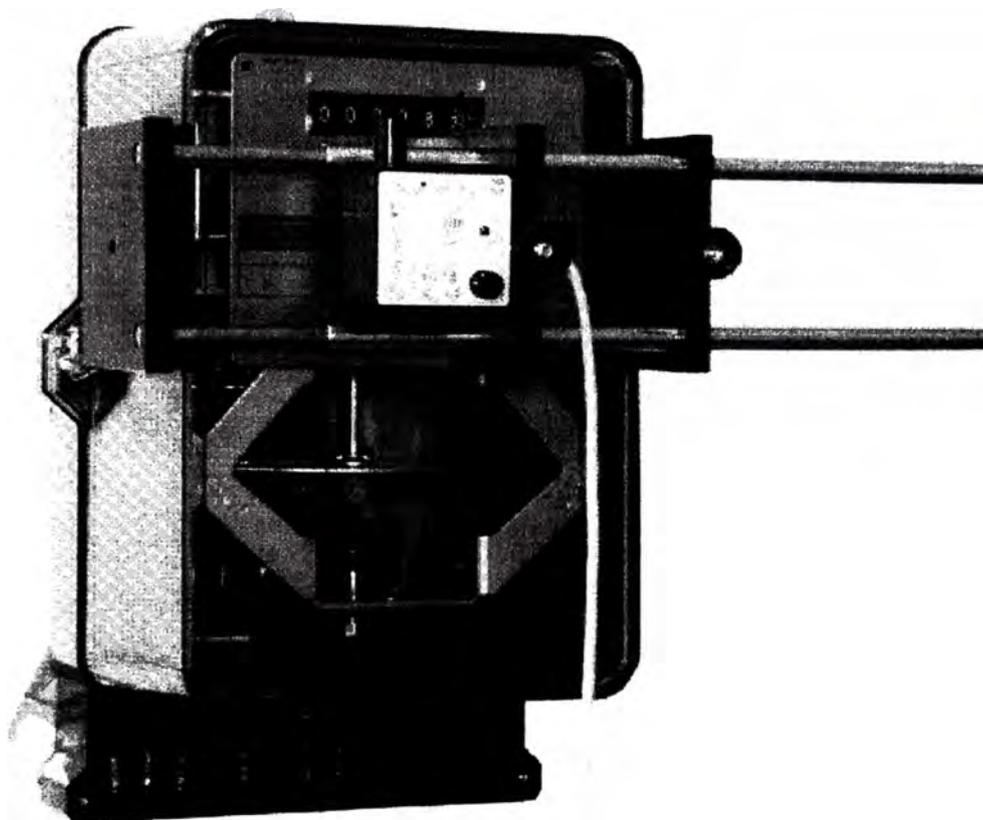


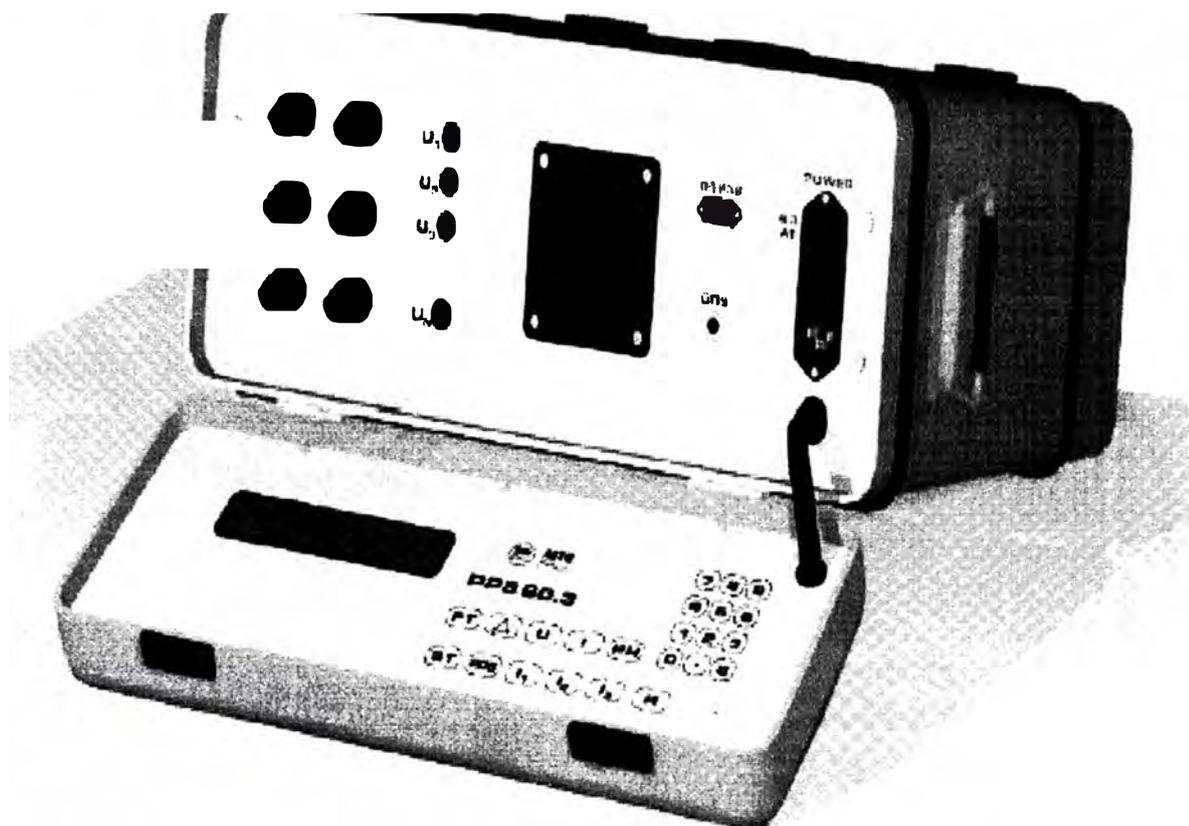
Figura 2.8 Dispositivo de sujeción del sensor
(Referencia: catalogo de patrones, marca MTE – Meter Test Equipment AG)

2.1.7 Fuente de tensión

Es necesario para alimentar a los circuitos de tensión del equipo de medición patrón y del equipo de medición a prueba, dicha fuente debe tener la capacidad para dar los voltajes adecuados a los rangos de dichos equipos.

2.1.8 Carga fantasma

Se denomina así a una fuente de corriente, la cual está constituida por un equipo que permite tener valores de intensidad de corriente variables dentro de los rangos que exigen las pruebas de los equipos de medición a ser sometidos a la contrastación.



**Figura 2.9 Fuente trifásica electrónica de tensión y corriente alterna
(Referencia: catalogo de fuentes electrónicas, marca MTE – Meter Test Equipment AG)**

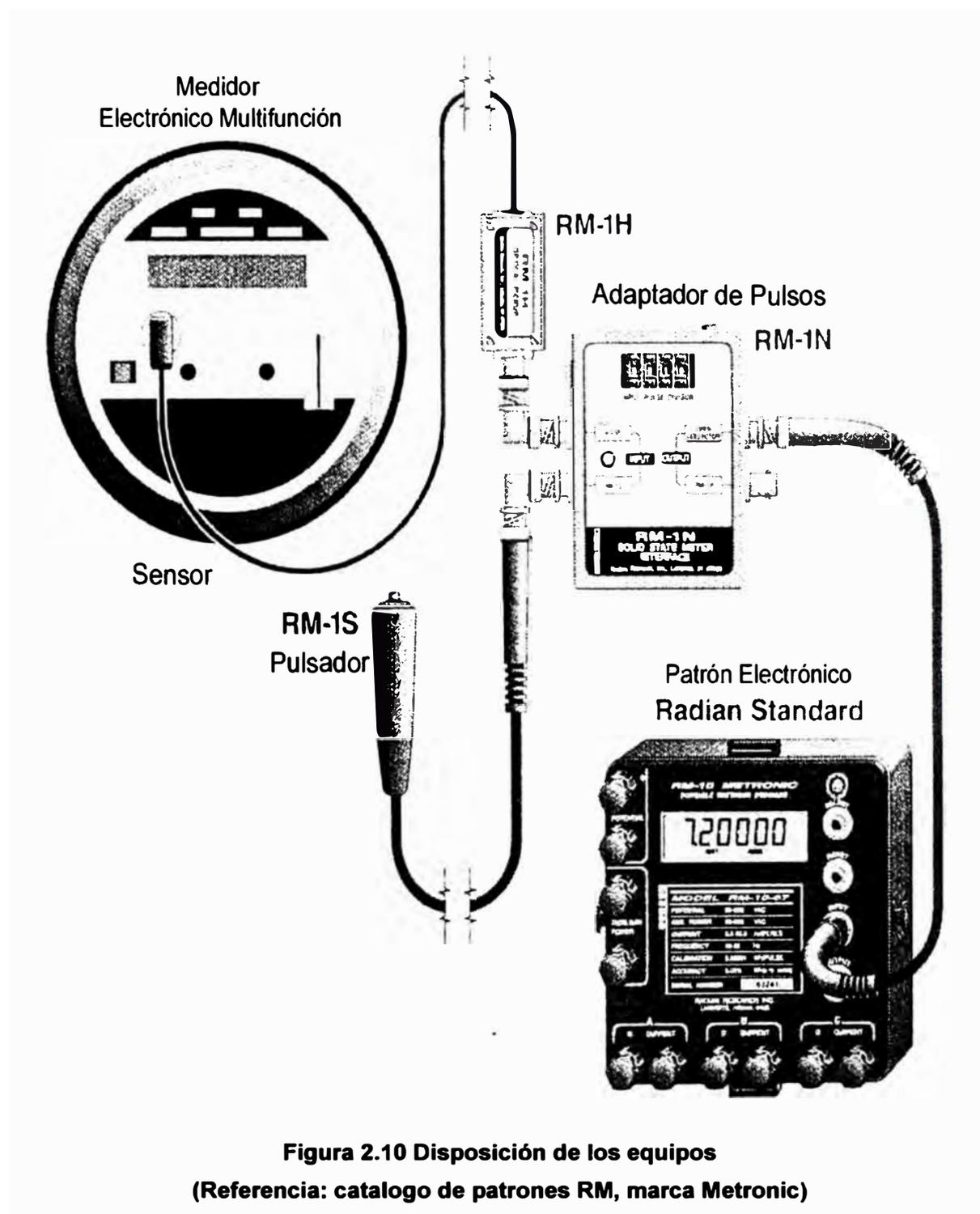


Figura 2.10 Disposición de los equipos
(Referencia: catalogo de patrones RM, marca Metronic)

2.2 Métodos de medición

La medición de la energía eléctrica tiene varias finalidades pero la principal finalidad del uso del medidor de energía (contador), es la comercialización de la misma. Al principio del desarrollo de su utilización, la comercialización, o sea su venta, se efectúa de manera muy simple. Se facturaba por la unidad de energía vigente (Ah, Wh, kWh).

Sin embargo, con el desarrollo industrial y la consecuente búsqueda del abaratamiento de su producción y de su utilización, en vista de su consumo masivo, se hizo necesario la aplicación de tarifas complejas. Es obvio que la economía de la producción de la energía eléctrica depende del modo de utilización y esto, a su vez, depende de múltiples factores.

Los factores de mayor importancia en la economía mencionada son los siguientes:

- a) La carga máxima que puede soportar la planta generadora.
- b) La distribución de la carga durante las 24 horas.
- c) Las características y el rendimiento eléctrico de los receptores.

2.2.1 Métodos de ejecución para la calibración

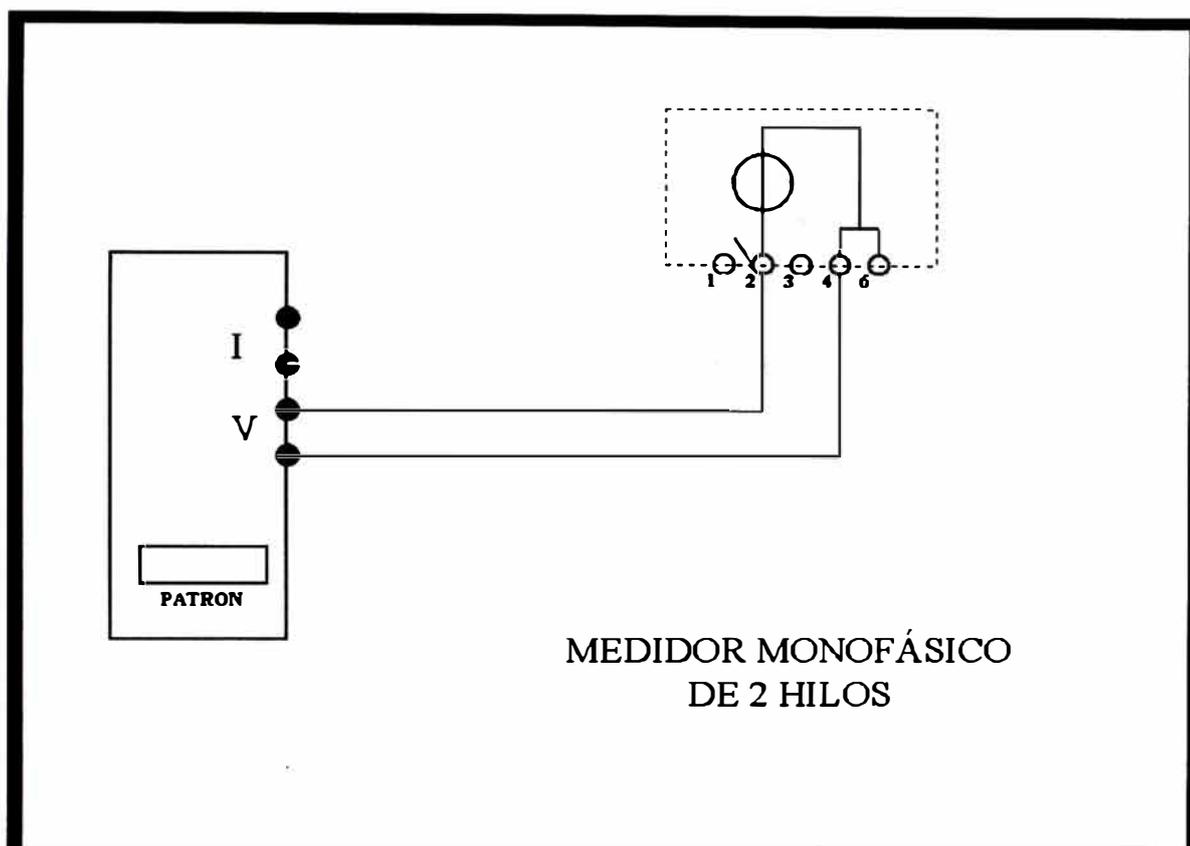
Dependiendo de la disponibilidad y tipos de equipos, aspectos técnicos y decisión del ejecutor de las pruebas, éstas se pueden realizar mediante los métodos que a continuación se describen.

a) Conexión monofásica para un medidor monofásico (2Hilos)

Este sistema de medición es de forma directa, es utilizado para registros de pequeñas intensidades de corriente del orden de 5 a 15 A. (demanda menor a 3 kW) lo que viene hacer los medidores monofásicos de uso doméstico en la que se trata de una conexión "Vatimétrica", o sea la bobina de intensidad en serie con el consumo y la bobina de tensión en paralelo con la red; que al conjunto se le dá el nombre de sistema motor.

Para la calibración el método de conexión se aplica cuando se cuenta con un equipo de medición patrón monofásico y con carga monofásica, las pruebas se puede realizar conectando las bobinas de tensión en paralelo y las bobinas de corriente en serie.

Figura 2.11 Conexión monofásica de 2 hilos



b) Conexión monofásica para un medidor monofásico (3Hilos)

Este sistema de medición de 3 hilos (conexión Bipolar) posee la bobina de corriente fraccionada es decir la mitad de las espiras del electroimán de intensidad está intercalada en una fase y la otra mitad en la segunda fase de la red. La finalidad de este tipo de conexión interna del medidor es la protección de la concesionaria de distribución contra el fraude que podría efectuar un usuario deshonesto al conectar algunos receptores o cargas.

Para la calibración el método de conexión se aplica cuando se cuenta con un equipo de medición patrón monofásico (una bobina de tensión y dos o más bobinas de corriente) y con carga monofásica, las pruebas se puede realizar

conectando las bobinas de tensión en paralelo y todas las bobinas de corriente en serie.

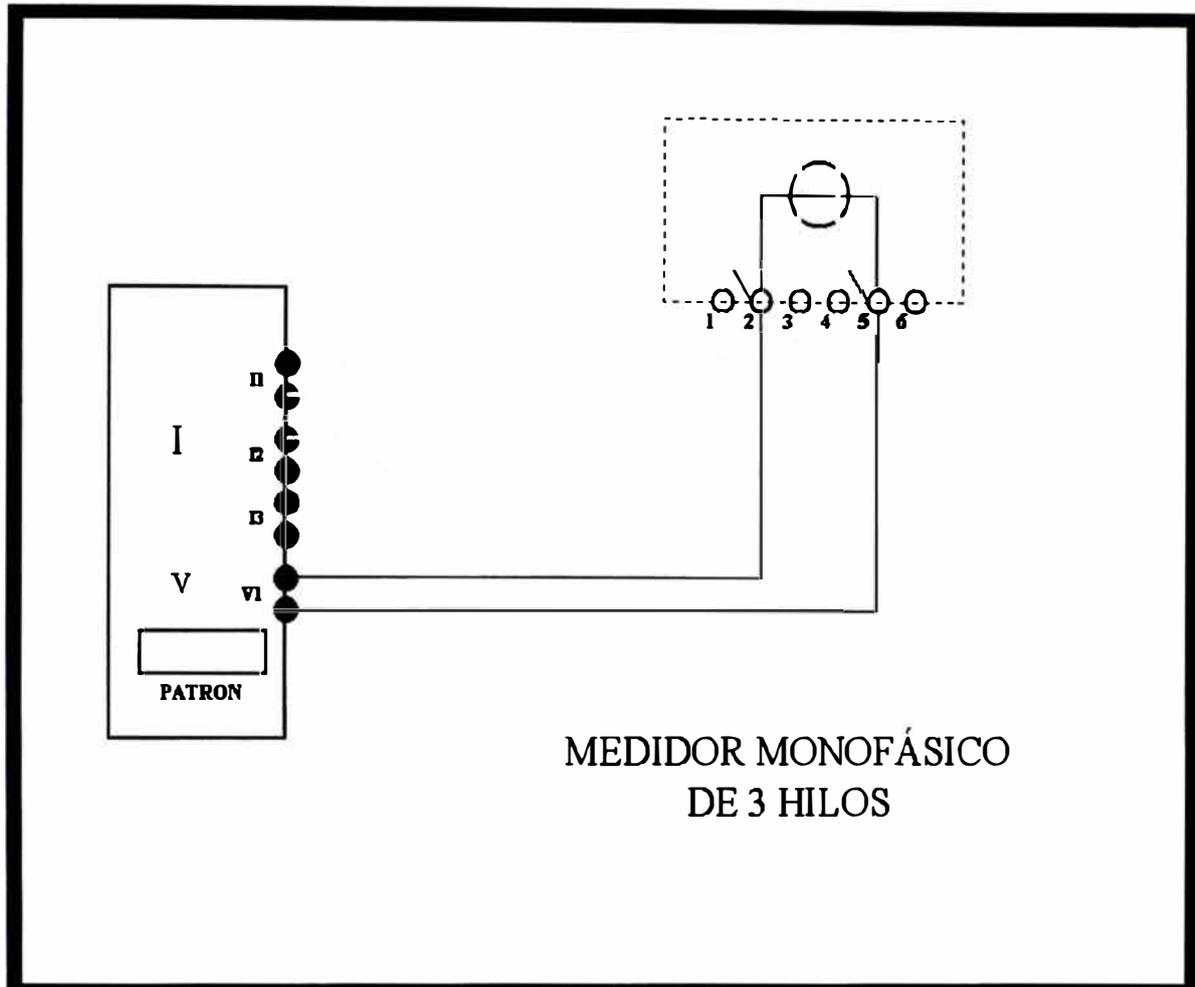


Figura 2.12 Conexión monofásica de 3 hilos

c) Conexión trifásica

El sistema de medición indirecta se utiliza para el suministro de grandes potencias en la que los transformadores de tensión y corriente sensan el mismo nivel de tensión del punto de alimentación (MT, AT y MAT).

El transformador de tensión conocido más como transformador de medida reduce la tensión a niveles normalizados por el equipo de medición, tensión a la que se puede maniobrar con menos peligro.

c.1) Medidor trifásico de 2 elementos (3 hilos)

Siendo el medidor de dos elementos de conexión indirecta en la que el circuito de intensidad constituye 2 transformadores de intensidad, mientras que el circuito de tensión lo conforman 2 de tensión, cuyas relaciones de transformación conforman el factor multiplicador del medidor.

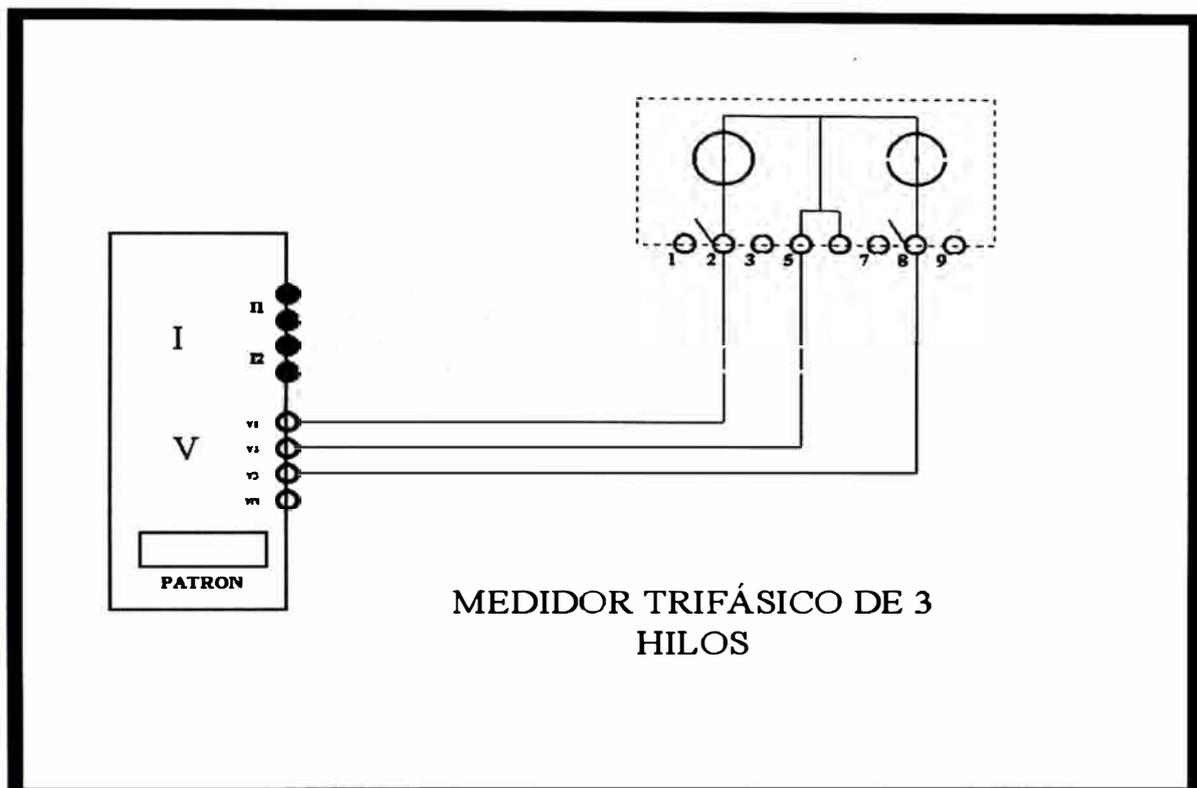


Figura 2.13 Conexión trifásica de 3 hilos

c.2) Medidor trifásico de 3 elementos (4 hilos)

Este método se aplica cuando se cuenta con un medidor de energía patrón trifásico y con carga fantasma trifásica, se realizan las pruebas conectando cada bobina homóloga de tensión y corriente con sus respectivas fases de la fuente de tensión y carga fantasma.

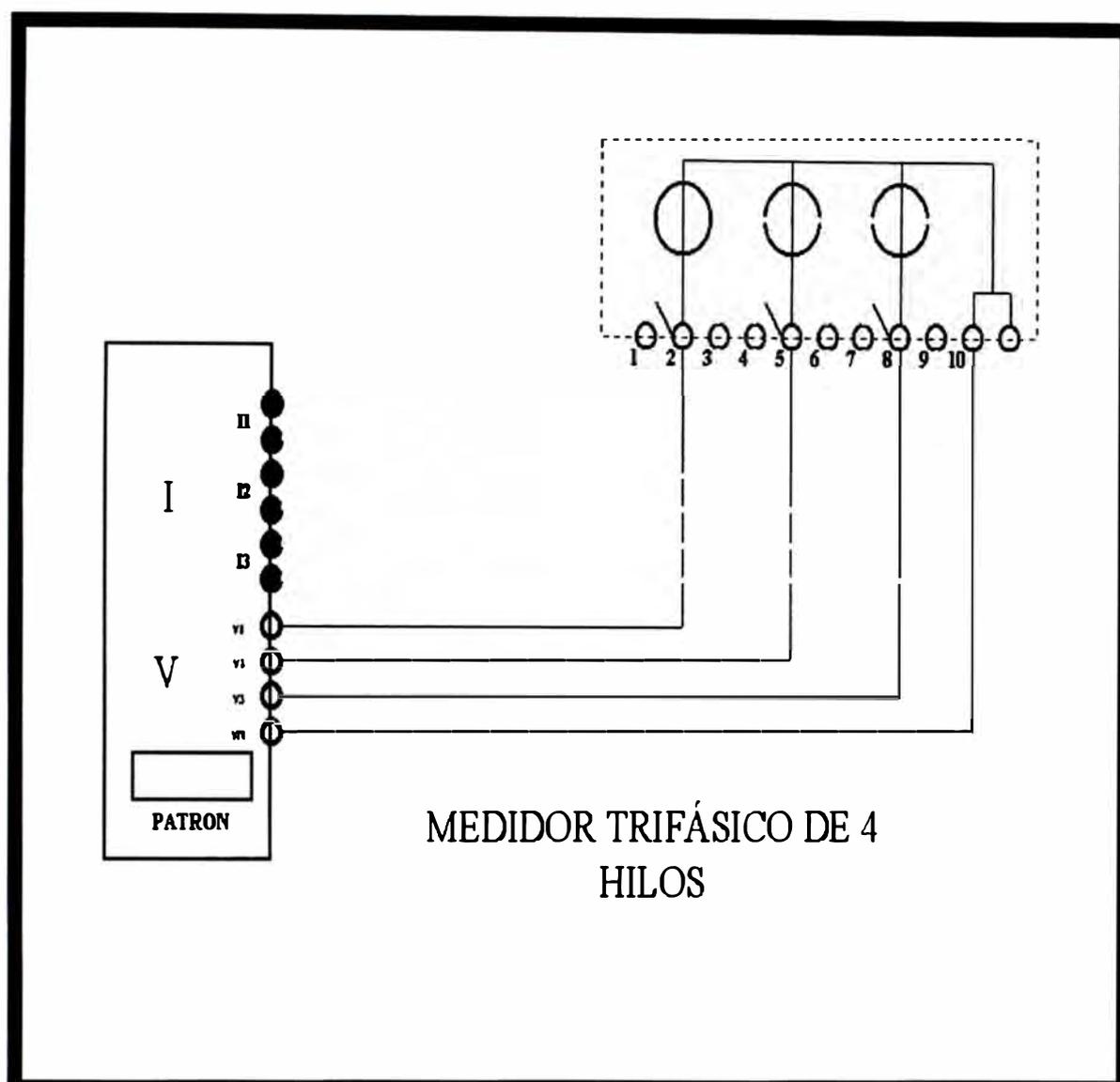
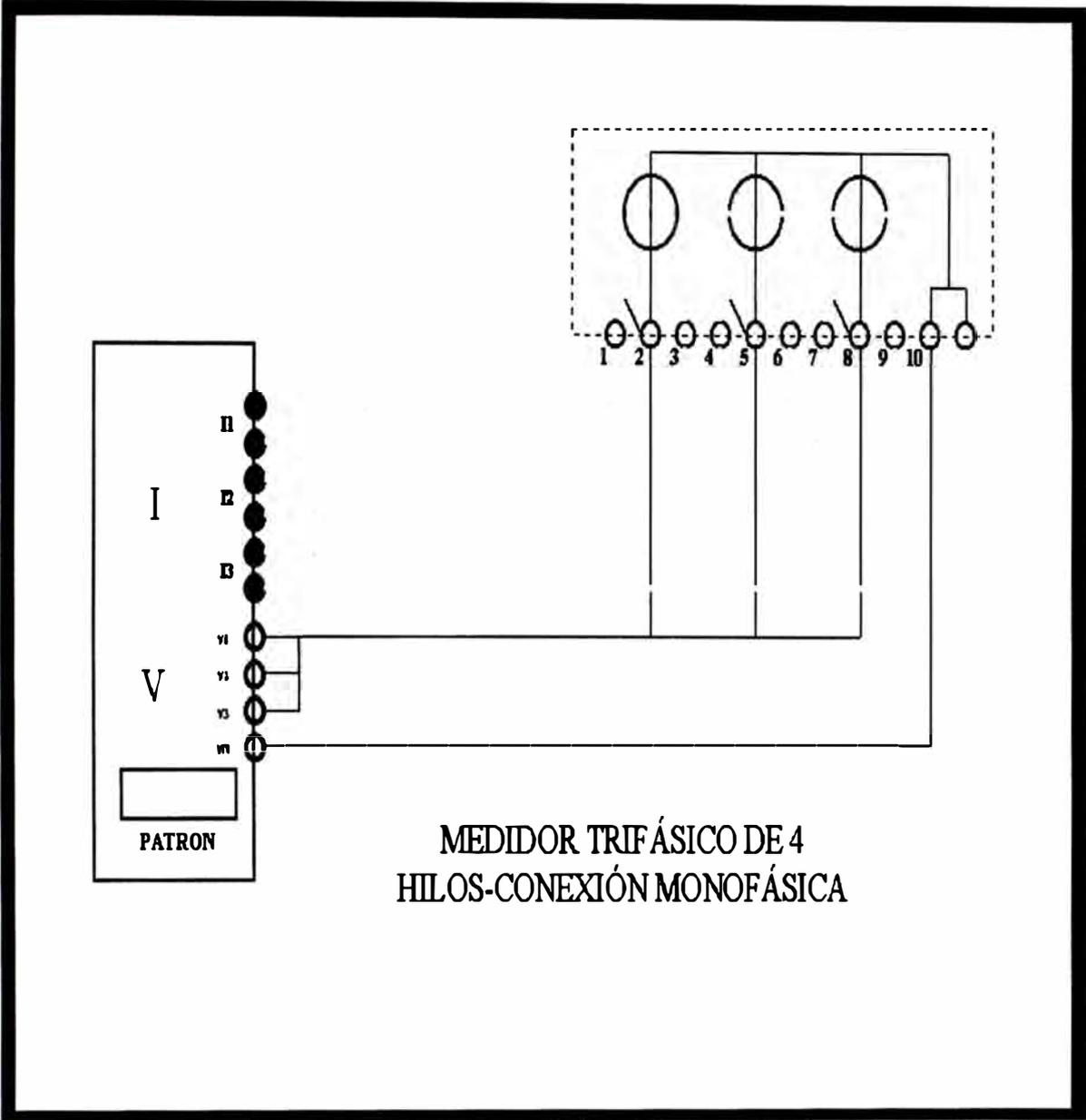


Figura 2.14 Conexión trifásica de 4 hilos

c.3) Medidor trifásico conectado monofásicamente

Este método se aplica cuando se cuenta con un equipo de medición patrón monofásico y con carga monofásica, las pruebas se puede realizar conectando todas las bobinas de tensión en paralelo y todas las bobinas de corriente en serie, ó cada bobina homóloga de tensión y corriente independientemente por fase.



MEDIDOR TRIFÁSICO DE 4 HILOS-CONEXIÓN MONOFÁSICA

Figura 2.15 Medidor trifasico de 4 hilos -Conexión monofásica

CAPITULO III ENSAYOS DE PRECISIÓN

En el presente informe la calibración de los medidores electrónicos Clase 0.2 S y Clase 0.5 S se realizan sobre la base de los considerandos de la norma internacional Publicación 687-IEC "Static watt-hour meters Metrological specifications for Classes 0,2S and 0,5S".

El significado de Clase 0,2 S es la siguiente:

- Error de $\pm 0,2 \%$
- La letra o simbolo S significa estado sólido

3.1 Condiciones generales de ensayo

La norma IEC – 687 se aplica a contadores estaticos nuevos, de clase de precisión 0,2 S y 0,5 S, destinados a la medida de la energía eléctrica activa con corriente alterna entre 45 hertz a 65 hertz.

Para los ensayos se deben mantener las condiciones siguientes:

- a) El contador se someterá a ensayo dentro de su envolvente con la tapa colocada; serán puestas a tierra todas las partes que lo sean normalmente.
- b) Antes de realizar cualquier ensayo, los circuitos tendrán que haber sido alimentados el tiempo necesario para conseguir la estabilidad térmica.
- c) Además, para contadores polifásicos:
 - La secuencia de fases será la señalada en el esquema de conexión.
 - Las tensiones e intensidades estarán prácticamente equilibradas.

<p>Cada una de las tensiones simples o compuestas no deberá diferir respecto a la medida de las tensiones correspondientes en más de</p>	<p>$\pm 1 \%$</p>
<p>Cada una de las intensidades en los conductores no deberá diferir respecto a la medida de las intensidades en más de</p>	<p>$\pm 1 \%$</p>
<p>Los desfases de cada una de las intensidades con la tensión simple correspondiente, independientemente del factor de potencia, no diferirán entre sí más de</p>	<p>2°</p>

Tabla 3.1
Equilibrio de tensiones y de intensidades
(Según Norma IEC – 687)

d) Las condiciones de referencia serán las especificadas en la tabla 3.2.

Magnitudes de influencia	Valores de referencia	Tolerancias admisibles
Temperatura ambiente	Temperatura de referencia o en su ausencia 23°C ⁽¹⁾	± 2 %
Tensión	Tensión de referencia ⁽²⁾	± 1,0 %
Frecuencia	Frecuencia de referencia ⁽³⁾	± 0,3 %
Forma de onda	Tensión e intensidad senoidales	Factor de distorsión inferior a 2 %
Inducción magnética de origen externo a la frecuencia de referencia	Inducción magnética nula ⁽⁴⁾	0,05 mT

Tabla 3.2

**Condiciones de referencia
(Según Norma IEC – 687)**

(1) Si los ensayos se efectúan a una temperatura diferente a la de referencia, incluidas las tolerancias admitidas, los resultados se deben corregir aplicando el coeficiente de temperatura propio del contador.

- (2) Las condiciones de referencia, para la tensión, son de aplicación tanto a los circuitos de medida como a los circuitos auxiliares.
- (3) Para la frecuencia, las condiciones de referencia son aplicables a los circuitos de medida y a los circuitos auxiliares (salvo cuando estos sean de corriente continua).
- (4) Esta inducción magnética es la que existe en el lugar de ensayo, en ausencia del contador y de sus conexiones.

3.2 Ensayos

Según la norma IEC-687.

En las pruebas descritas en el Capítulo IV para la calibración de medidores electrónicos, se consideran las tolerancias indicadas en las tablas 3.3 y 3.4 (ensayos de variación de intensidad).

Sin embargo en el presente informe se indican las diferentes pruebas que se realiza al medidor durante su fabricación. Las empresas (Schlumberger, Siemens, Landys & Gyr, ABB, PML, etc) que se dedican a la fabricación de medidores de alta precisión deben cumplir con todas las exigencias de los ensayos de la citada norma.

3.2.1 Ensayo de las magnitudes de influencia

El ensayo para la variación causada por una magnitud de influencia debe realizarse independientemente con todas las demás magnitudes de influencia en sus condiciones de referencia (véase tabla 3.2).

a) Límites de los errores debidos a la variación de la intensidad

Cuando el contador está bajo las condiciones de referencia, indicadas en la tabla 3.2, los errores en tanto por ciento no deben sobrepasar los límites indicados, para la correspondiente clase de precisión, en las tablas 3.3 y 3.4 (según norma IEC – 687).

Si el contador se ha previsto para la medida de energía en los dos sentidos, los valores dados en las tablas 3.3 y 3.4 se aplicarán para ambos sentidos.

Valor de la intensidad	Factor de potencia del elemento correspondiente	Límites de error en tanto por ciento para contadores de clase	
		0,2 S	0,5 S
$0,01 I_n \leq I < 0,05 I_n$	1	$\pm 0,4$	$\pm 1,0$
$0,05 I_n \leq I < I_{m\acute{a}x}$	1	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$
$0,02 I_n \leq I < 0,1 I_n$	0,5 inductivo	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$
	0,8 capacitivo	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$
$0,1 I_n \leq I < I_{m\acute{a}x}$	0,5 inductivo	$\pm 0,3$	$\pm 0,6$
	0,8 capacitivo	$\pm 0,3$	$\pm 0,6$
Bajo demanda especial del usuario: $0,01 I_n \leq I < 0,05 I_n$	0,25 inductivo	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$
	0,5 capacitivo	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$

Tabla 3.3

Límites de error en tanto por ciento
(contadores monofásicos y contadores polifásicos con cargas equilibradas)
(Según Norma IEC – 687)

Valor de la intensidad	Factor de potencia del elemento correspondiente	Límites de error en tanto por ciento para contadores de clase	
		0,2 S	0,5 S
$0,05 I_n \leq I < I_{m\acute{a}x}$	1	$\pm 0,3$	$\pm 0,6$
$0,1 I_n \leq I < I_{m\acute{a}x}$	0,5 inductivo	$\pm 0,4$	$\pm 1,0$

Tabla 3.4

Límites de error en tanto por ciento
(contadores polifásicos con cargas monofásicas, pero con tensiones polifásicas equilibradas aplicadas a los circuitos de tensión)
(Según Norma IEC – 687)

A la intensidad asignada y con un factor de potencia igual a 1, la diferencia entre el error del contador con una sola carga monofásica y el error del contador con cargas polifásicas equilibradas no debe exceder del 0,4% y 1% para contadores de clase 0,2S y 0,5S respectivamente.

Nota: El ensayo de conformidad a la tabla 3.4 debe repetirse sucesivamente sobre cada uno de los elementos de medida.

Clase del medidor según Norma ANSI C12.16-1991

Esta norma establece el rendimiento para medidores de energía de estado sólido (medidores electrónicos).

Condición	Clase del Medidor (Corriente en amperios)					Máxima Desviación en % respecto a la referencia de carga
	10	20	100	200	320	
1	0,15	0,15	1	2	3	+/- 2,0
2	0,25	0,25	1,5	3	5	+/-1,0
3	0,50	0,50	3	6	10	+/- 1,0
4	1,50	1,50	10	20	30	+/- 1,0
5	2,50	2,50	15	30	50	Referencia
6	--	5	30	60	75	+/- 1,0
7	5,00	10	50	100	100	+/- 1,5
8	7,50	15	75	150	150	+/- 2,0
9	--	18	90	180	250	+/- 2,0
10	10	--	100	200	300	+/- 2,0
11	--	20	--	--	320	+/- 2,5

Tabla 3.5

**Limite de error en tanto por ciento debidos a la variación de intensidad
(contadores monofásicos y contadores polifásicos con cargas equilibradas)
(Según Norma ANSI C12.16-1991)**

El error del medidor no debe desviarse del valor de referencia según lo especificado en la tabla 3.5. Los errores indicados en la tabla 3.5, son respecto a un factor de potencia igual a la unidad.

Los ensayos de corrientes normales son:

- 1) Clase 10 2,5 amperios
- 2) Clase 20 2,5 amperios
- 3) Clase 100 15 amperios
- 4) Clase 200 30 amperios
- 5) Clase 320 50 amperios

Comparando las tablas 3.3 (Norma IEC-687) y 3.5 (Norma ANSI C12.16-1991) se puede apreciar:

- Primero: Los límites de error de la norma IEC-687 son más exigentes con respecto a la norma ANSI C12.16-1991.
- Segundo: Se puede considerar un medidor con fabricación según la norma ANSI, considerando sus errores en IEC, como un medidor de Clase 0,5 S.

b) Límites de los errores debidos a las otras magnitudes de influencia

(variación de tensión, variación de frecuencia, forma de onda, secuencia de fase, tensión desequilibrada).

El error adicional en tanto por ciento debido al cambio de las magnitudes de influencia respecto a las condiciones de referencia de la tabla 3.2, no debe exceder los límites de precisión de clase indicadas en la tabla 3.6 (según norma IEC - 687).

Magnitud de influencia	Valor de la intensidad	Factor de potencia	Límites de error en tanto por ciento para contadores de clase	
			0,2 S	0,5 S
Tensión del circuito de medida $\pm 10\%$ ⁽¹⁾	0,05 $I_n \leq I < I_{m\acute{a}x}$ 0,1 $I_n \leq I < I_{m\acute{a}x}$	1 0,5 inductivo	0,1 0,2	0,2 0,4
Desviación de frecuencia $\pm 5\%$	0,05 $I_n \leq I < I_{m\acute{a}x}$ 0,1 $I_n \leq I < I_{m\acute{a}x}$	1 0,5 inductivo	0,1 0,1	0,2 0,2
Forma de onda: 10% del tercer armónico de la intensidad ⁽²⁾	0,05 $I_n \leq I < I_{m\acute{a}x}$	1	0,1	0,1
Orden inverso de las fases	0,1 I_n	1	0,05	0,1
Desequilibrio de las tensiones ⁽³⁾	I_n	1	0,5	1
Tensión del circuito auxiliar $\pm 15\%$ ⁽⁴⁾	0,01 I_n	1	0,05	0,1
Desfase de la tensión auxiliar en $\pm 120^\circ$ ⁽⁴⁾	0,01 I_n	1	0,1	0,2
Inducción magnética continua de origen externo	I_n	1	2,0	3,0
Inducción magnética de origen externo 0,5 mT ⁽⁵⁾	I_n	1	0,5	1,0
Campos electromagnéticos de alta frecuencia ⁽⁶⁾	I_n	1	1,0	2,0
Campo magnético de un accesorio ⁽⁷⁾	0,01 I_n	1	0,05	0,1

Tabla 3.6

Magnitudes de influencia
(Según Norma IEC – 687)

- (1) Para los intervalos de tensión de -20% a -10% y de $+10\%$ a $+15\%$, los límites de variación en tanto por ciento de los errores serán como máximo el triple de los valores indicados en la tabla 3.6.
- (2) La variación del error en tanto por ciento se debe medir en las dos condiciones siguientes:
En la primera medición el pico del 3er armónico en fase y en la segunda medición en contrafase, con el pico de la onda fundamental.
Para los contadores polifásicos, los circuitos de tensión deben ser alimentados en paralelo y los circuitos de intensidad en serie.
- (3) Con una o dos fases de la red trifásica interrumpidas, el contador polifásico deberá medir y registrar el error dentro de los límites de variación indicados en la tabla 3.6.
- (4) Este ensayo es aplicable sólo a los contadores cuyo circuito auxiliar no está conectado internamente al circuito principal de tensión.
- (5) Una inducción magnética de origen externo de 0.5 mT, producida por una intensidad de la misma frecuencia que la tensión aplicada al contador y en las condiciones más desfavorables de fase y de dirección, no debe originar una variación del error en tanto por ciento superior a los valores indicados en la tabla 3.6.
- (6) Ensayo de inmunidad a los campos electromagnéticos de alta frecuencia (AF).
El ensayo se debe realizar, bajo las condiciones siguientes:
Circuitos principales y auxiliares de tensión conectados a la tensión de referencia.
Banda de frecuencia: 27 MHz a 500 MHz.
Intensidad de campo: 10 V/m..
 - a) Circuitos de intensidad sin intensidad y sus bornes desconectados.
La aplicación del campo de AF no deberá producir un cambio en el elemento indicador de más de $0,001$ kWh y en la salida de control no debe aparecer una señal equivalente a más de $0,001$ kWh. Estos valores están basados en una intensidad asignada de 5 A y una tensión de referencia de 100 V del contador. Para otras tensiones e intensidades asignadas el valor de $0,001$ kWh se modificará proporcionalmente.
 - b) Con la intensidad asignada I_n y factor de potencia igual a 1 , para cualquier

frecuencia activa sobre el contador o frecuencias de interés dominante, la variación del error estará dentro de los límites dados en la tabla 3.6.

(7) Se trata de un accesorio que está colocado dentro de la envolvente del contador, alimentado intermitentemente, por ejemplo: el electroimán de un integrador de tarifas múltiples. Es deseable que el conexionado del o de los dispositivos auxiliares, lleve una referencia que indique claramente la conexión correcta o un sistema de clavijas no intercambiables entre sí.

3.2.2 Ensayo de influencia de la temperatura ambiente

El coeficiente medio de temperatura no debe sobrepasar los límites indicados en la tabla 6 (según norma IEC – 687).

El cálculo del coeficiente medio de temperatura para una temperatura dada, se debe efectuar en un intervalo de temperatura de 20° C, 10° C por encima y 10° C por debajo de dicha temperatura. En ningún caso las temperaturas se encontrarán fuera del intervalo de temperaturas de funcionamiento especificado.

Valor de la intensidad	Factor de potencia	Coeficiente medio de temperatura en %/C para contadores de clase	
		0,2 S	0,5 S
$0,05 I_n \leq I < I_{m\acute{a}x}$	1	0,01	0,03
$0,1 I_n \leq I < I_{m\acute{a}x}$	0,5 inductivo	0,02	0,05

Tabla 3.7

**Coeficiente de temperatura
(Según Norma IEC – 687)**

3.2.3 Ensayo de marcha en vacío

Para estos ensayos, las condiciones y los valores de las magnitudes de influencia deben ser los indicados en el punto 3.2.1 (según norma IEC – 687).

Para este ensayo el circuito de intensidad debe estar abierto y se aplicará una tensión del 115% de la tensión de referencia sobre el circuito de tensión.

La duración del ensayo será 20 veces mayor que el tiempo entre dos impulsos, cuando se aplica la intensidad de arranque al contador.

Durante este ensayo el dispositivo de salida del contador no deberá emitir más de un impulso.

Cuando se aplique la tensión sin que circule intensidad por el circuito de intensidad, no debe aparecer en la salida de control más de un impulso de salida.

3.2.4 Ensayo de arranque

Para estos ensayos, las condiciones y los valores de las magnitudes de influencia deben ser los indicados en el punto 3.2.1 (según norma IEC-687).

El contador debe arrancar y seguir registrando de forma continua con la intensidad de

0,001 In y con factor de potencia igual a la unidad.

En el caso de que el contador esté previsto para la medida de energía en ambas direcciones, este ensayo debe aplicarse en cada una de ellas.

Puesta en funcionamiento del contador

El contador debe funcionar normalmente dentro los 5 s contados a partir de la aplicación a sus bornes de la tensión asignada.

3.2.5 Comprobación de la constante del contador

Se comprobará que la relación entre la información suministrada por la salida de control y la indicada en el visualizador corresponde a los datos que figuran en la placa de características.

Constante del contador

La relación entre la salida de control y la indicada en el visualizador, debe corresponder al valor marcado en la placa de características.

Generalmente, los dispositivos de salida no producen secuencias homogéneas de impulsos. Por consiguiente, el fabricante debe fijar el número de impulsos necesarios para asegurar una precisión de medida, en los diversos puntos de ensayo, al menos igual a 1/10 de la clase de precisión del contador.

3.3 Interpretación de los resultados de los ensayos

Algunos resultados de los ensayos pueden hallarse fuera de los límites indicados en las tablas 3.3 y 3.4, debido a las incertidumbres de medida y a otros parámetros que pueden influir en las medidas. Sin embargo, si un solo desplazamiento del eje de abscisas, paralelamente a sí mismo, de un valor inferior a los indicados en la tabla 3.8, permite llevar todos los resultados de medida dentro de los límites indicados en las tablas 3.3 y 3.4, el tipo del contador debe considerarse como aceptable (según norma IEC-687).

	Clase del contador	
	0,2 S	0,5 S
Desplazamiento admisible del eje de abcisas (%)	0,1	0,2

Tabla 3.8

**Interpretación de los resultados de los ensayos
(Según Norma IEC – 687)**

CAPITULO IV PROCEDIMIENTOS DE CALIBRACIÓN

Este procedimiento establece las acciones que deberá cumplir el metrologista para efectuar la calibración de medidores de energía eléctrica, por comparación con un contador patrón.

La calibración se basa en el método del contador patrón, el cual consiste en conectar el medidor a calibrar y el contador patrón a un circuito de potencia constante y comparar sus indicaciones, para un número determinado de pulsos del medidor a calibrar; determinándose así el error relativo del medidor calibrado con respecto al contador patrón.

4.1 Calibración de equipos de medición en laboratorio

4.1.1 Objeto

Describir las actividades que se desarrollan para llevar a efecto la calibración de los medidores de energía (equipos de medición) en laboratorio.

4.1.2 Finalidad de la calibración

La calibración de los equipos de medición en laboratorio, se realiza a fin de verificar y garantizar que dichos equipos midan con la exactitud de acuerdo a su clase de precisión, esta calibración es necesario realizarla en los casos siguientes:

- a) En la recepción del equipo suministrado por la fábrica,
- b) Luego de un mantenimiento correctivo que implique posible variación de la exactitud.
- c) Previamente a la instalación del equipo.

4.1.3 Preparación

En esta etapa se procede al acondicionamiento del banco de pruebas, equipo de medición patrón, fuente de tensión y carga fantasma.

4.1.4 Métodos de ejecución

Dependiendo de la disponibilidad de equipos, aspectos técnicos y decisión del ejecutor de las pruebas, éstas se pueden realizar mediante los métodos que a continuación se describen:

a) **Conexión monofásica**

Este método se aplica cuando se cuenta con un equipo de medición patrón monofásico y con carga monofásica, las pruebas se puede realizar conectando todas las bobinas de tensión en paralelo y todas las bobinas de corriente en serie, ó cada bobina homóloga de tensión y corriente independientemente por fase.

b) **Conexión trifásica**

Este método se aplica cuando se cuenta con un medidor de energía patrón trifásico y con carga fantasma trifásica, se realizan las pruebas conectando cada bobina homóloga de tensión y corriente con sus respectivas fases de la fuente de tensión y carga fantasma.

4.1.5 **Pruebas de laboratorio**

Se realizan sobre la base de los considerandos de la norma internacional Publicación 687-IEC "Static watt-hour meters Metrological specifications for Classes 0,2S and 0,5S" para medidores electrónicos clase de precisión 0,2 y 0,5, en lo referente a los aspectos relacionados a cada una de las pruebas que se describen a continuación.

- **Influencia de la variación de carga**

Esta prueba se realiza para diferentes condiciones de carga (intensidad de corriente), manteniendo constante el valor de la tensión en el valor nominal (V_n) del equipo de medición bajo prueba, así como el factor de potencia en el ángulo de carga en la unidad ($f.p = 1.0$)

La intensidad de corriente se varía con la carga fantasma (fuente de corriente) desde $5\%I_n$ hasta $120\%I_n$, con variaciones discretas según lo considerado en la indicada norma IEC.

- **Influencia de la variación de tensión**

Esta prueba se realiza para diferentes condiciones de tensión, manteniendo constante el valor de la intensidad de corriente nominal (I_n) del equipo de medición bajo prueba, así como el factor de potencia en la unidad ($\cos \phi = 1.0$)

La tensión se varía con la fuente de tensión desde $90\%V_n$ hasta $110\%V_n$, con variaciones discretas según lo considerado en la indicada norma IEC.

- **Influencia de la variación del factor de potencia**

Esta prueba se realiza para diferentes condiciones del $\cos \phi$ (factor de potencia), manteniendo constante los valores nominales de la tensión (V_n) y corriente (I_n) del equipo de medición bajo prueba.

El factor de potencia se varía con la carga fantasma (fuente de corriente) desde +30, 0, -30 con variaciones discretas según lo considerado en la indicada norma IEC.

Para realizar la calibración de medidores electrónicos de energía se procede de la siguiente forma:

a) Seleccionar los instrumentos a utilizar según el equipo de medición a calibrar:

1. Fuente de tensión o autotransformador.
2. Carga ficticia.
3. Patrón electrónico (monofásico o trifásico).
4. Adaptador de pulsos.
5. Medidor electrónico a contrastar.
6. Equipos auxiliares de monitoreo y control (pinza amperimétrica, multímetro digital).

b) Conectar el medidor a calibrar a las salidas de tensión y corriente del equipo de ensayo.

En el siguiente esquema se muestra la disposición y conexión de los equipos para la calibración de un medidor electrónico trifásico de 4 hilos. De acuerdo a los equipos utilizados se ha realizado una conexión monofásica para la indicada calibración.

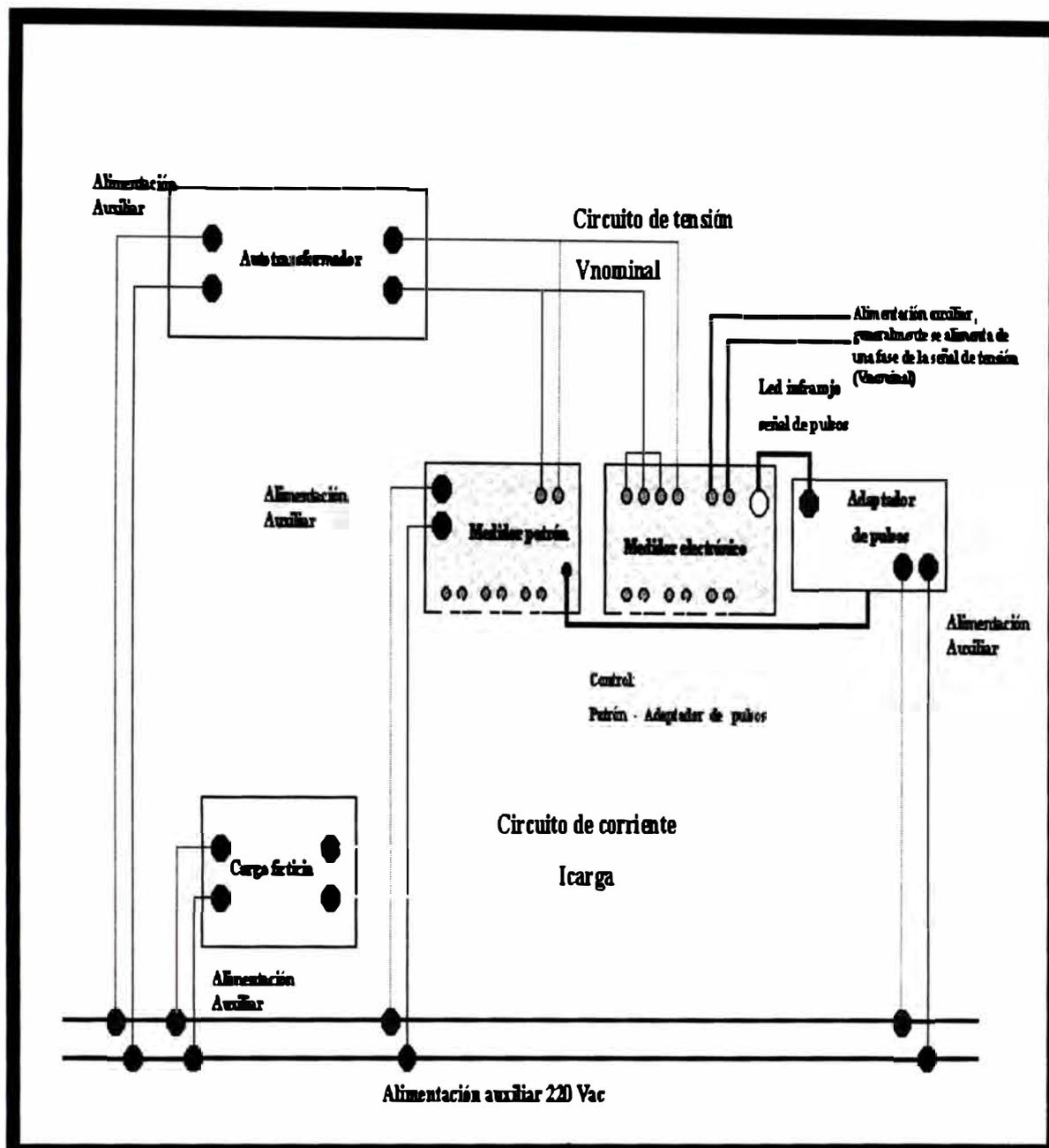


Figura 4.1 Diagrama de conexiones para calibración de medidores

- c) Conectar la alimentación auxiliar de los equipos (carga ficticia, auto-transformador, patrón y adaptador de pulsos), que generalmente se alimentan con 220 voltios (AC).
- d) Conectar la alimentación auxiliar del medidor electrónico, generalmente estos medidores se alimentan de una fase de la señal de tensión.
- e) La salida del Auto-transformador se regula a la tensión nominal de funcionamiento del medidor electrónico (ejemplo: fase-neutro:57,7 voltios), la misma que alimenta al medidor patrón en paralelo. Esta tensión se mantiene constante durante la calibración y se controla con el multímetro digital.

- f) Antes de realizar cualquier ensayo, los circuitos de tensión, así como los circuitos auxiliares, han de ser energizados, al menos por una hora para los medidores de Clase 0,5S y dos horas para los medidores Clase 0,2S (referencia norma IEC-687).
- g) La carga fantasma proporciona la corriente para realizar la calibración. La corriente se regula a un porcentaje de la corriente nominal del medidor según el protocolo de prueba, dicha corriente se mantiene constante en el porcentaje seleccionado y se controla con la pinza amperimétrica (clase de precisión 0.5)
- h) Para los otros puntos se varía la corriente de carga al 10%, 20%, 50%, 80%, 100% y 120% de la corriente nominal del medidor electrónico.
- i) En el adaptador de pulsos se selecciona el número de pulsos a contar (n). El valor de n se elige de manera tal que para una corriente de carga seleccionada se garantiza el registro de energía en el medidor patrón durante 1 minuto aproximadamente.

El valor de n toma los siguientes valores:

Cantidad de pulsos (n)	% Inominal
10	10
20	20
50	50
80	80
100	100
100	120

- j) El adaptador de pulsos cuenta la cantidad de pulsos emitidos por el medidor, terminada la cuenta envía una señal que detiene al medidor patrón.
- k) Una vez que el medidor patrón es detenido se toma nota de la energía registrada por este cuyo valor (E_P) se muestra en la pantalla del patrón.
- l) La energía que registra el medidor (E_Q) para este mismo tiempo se calcula mediante:

$$E_Q = K_h \times n \quad (4.1)$$

Donde:

K_h : Constante de registro definido en la configuración del medidor electrónico (wh/pulso).

Nota: Si tenemos un ancho de pulso igual a 0,18 esto significa que el medidor electrónico emitirá un pulso cada vez que complete o registre 0,18 wh.

n : Número de pulsos contados.

El error se calcula empleando la siguiente fórmula para la determinación de la exactitud (error %):

$$E\% = \frac{E_Q - E_p}{E_p} \times 100 \quad (4.2)$$

$$X_{medidor} = E_Q$$

$$X_{patrón} = E_p$$

(4.3)

$$E\% = \frac{X_{medidor} - X_{patrón}}{X_{patrón}} \times 100 \quad (4.4)$$

Como:

- m) Para cada condición (corriente y número de pulsos) tomar cinco muestras y hallar los errores para luego calcular un valor promedio del error. Con el valor promedio del error podemos establecer si el medidor se encuentra dentro de su rango bajo esta condición de carga.
- n) La clase de precisión de los medidores electrónicos multifunción es de 0.5S o 0.2S IEC. Culminado la calibración del medidor electrónico si el error promedio esta dentro del indicado valor para varias condiciones de trabajo como indica el protocolo de prueba, entonces podemos concluir que el medidor esta dentro de su clase de precisión.

Ejemplo de Calibración :

El objeto de la prueba de exactitud (Contrastación) consiste en determinar el error de exactitud de un medidor en comparación a otro de mejor clase de

precisión (medidor patrón), bajo las mismas condiciones de trabajo (corriente y tensión) El error de exactitud se calcula por:

$$E \% = \frac{x_{medidor} - x_{patrón}}{x_{patrón}} \times 100 \quad (4.5)$$

El equipo de medición a calibrar es un medidor electrónico multifunción marca Schlumberger modelo Quantum ST-Q121 tipo Switchboard, el cual es de clase de precisión 0,2 S.

El medidor patrón utilizado tiene las siguientes características técnicas:

➤ Instrumento de medición	:	Patrón electrónico de energía eléctrica
➤ Marca	:	JEMTEC
➤ Modelo	:	SC-30
➤ N° de fases	:	Monofásico
➤ Tensión	:	60 V a 600 V
➤ Corriente	:	0,2 A a 50 A
➤ Frecuencia	:	60 Hz ± 2 Hz
➤ Clase de exactitud	:	0,05%
➤ Número de serie	:	006147
➤ Calibrado por Indecopi	:	Informe de calibración LE-027-2001 de fecha 2001-06-28

Se dispuso los equipos en el laboratorio según el siguiente esquema:

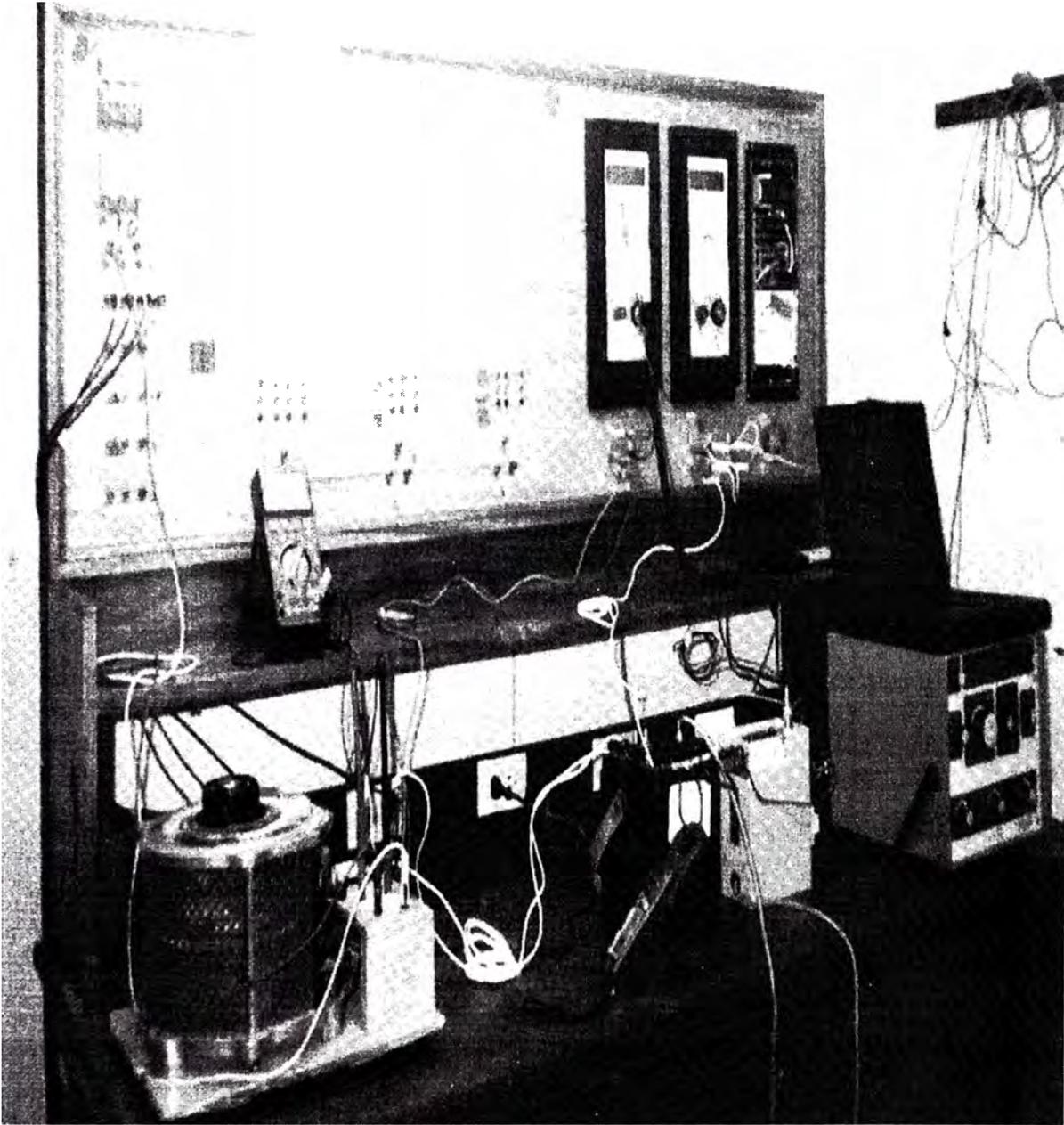


Figura 4.2 Disposición de equipos en laboratorio

Cantidad de pulsos programados $n=15$

Luego que el medidor ha emitido la cantidad de pulsos programados en el adaptador de pulsos, instantáneamente este envía una señal al patrón el cual se detiene:

Valor indicado en la pantalla del patrón $E_p=2,70100 \text{ Wh}$

Debido a que el medidor electrónico a calibrar está programado con K_h (ancho de pulso) determinado, tenemos la siguiente energía del medidor a calibrar:

- Kh del medidor a calibrar : Kh=0,18 Wh/pulso
- Energía del medidor : $E_Q = K_h \times n = 0,18 \times 15 = 2,70000$

Por lo tanto el error será:

- Error
$$e\% = \frac{2,70100 - 2,70000}{2,70000} \times 100 = 0,037\% \quad (4.6)$$

Luego de realizado el cálculo del error se observa que el error es menor a 0,2%

$$0,037\% < 0,2\% \quad (4.7)$$

Se concluye que el medidor se encuentra dentro del rango indicado por su clase de precisión.

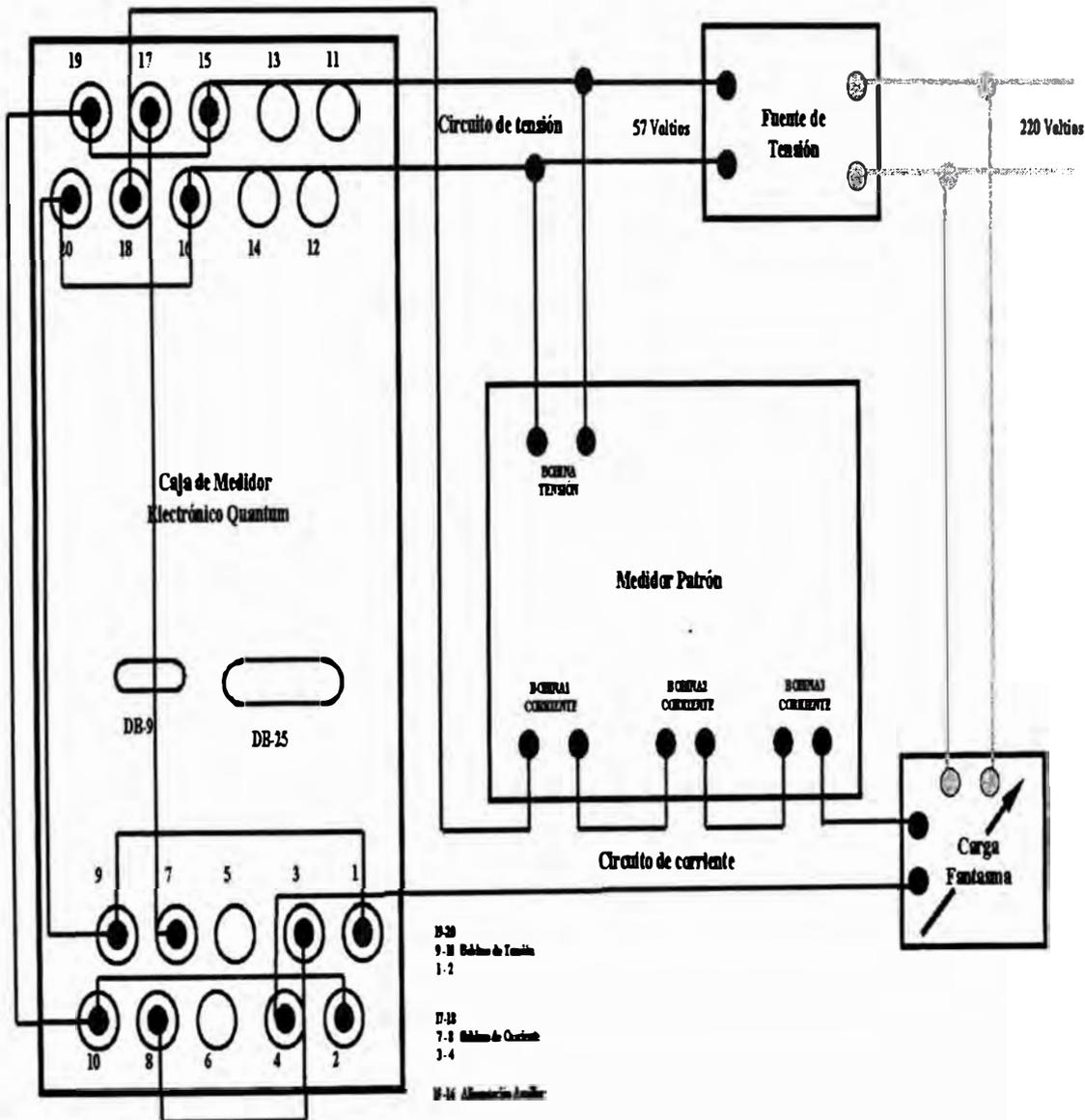
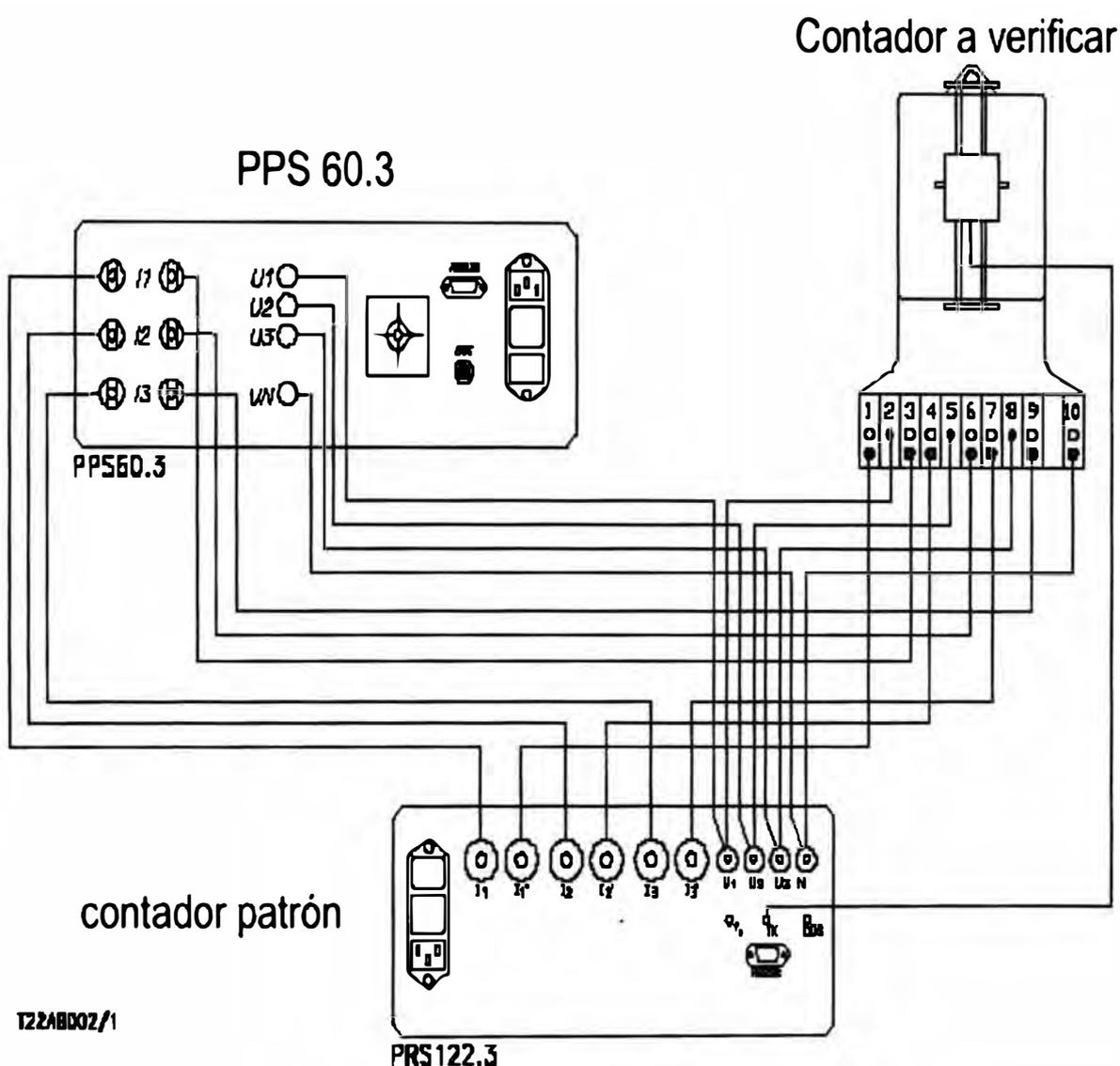


Figura 4.3 Disposición de equipos en laboratorio

Si el equipo de ensayo cuenta con sensor óptico y programador de número de vueltas o pulsos, este parará automáticamente en el número de pulsos programados. Algunos equipos de ensayo cuentan con sensor óptico y programador que dan el error directamente.



**Figura 4.4 Diagrama de conexiones para calibración de medidores
(Referencia: catalogo de patrones, marca MTE – Meter Test Equipment AG)**

4.1.6 Protocolos de pruebas

Los datos y resultados de las pruebas descritas en el numeral (4.1.5), quedan documentados en el "PROTOCOLO DE PRUEBAS DE EQUIPOS DE MEDICIÓN" para cada uno de los tipos de pruebas mediante los registros:

INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN DE CARGA

INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN DE TENSIÓN

INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

**PROTOCOLO DE PUEBAS DE MEDIDORES DE CONSUMO
INFLUENCIA DE LA VARIACION DE CARGA**

DATOS DEL MEDIDOR

FECHA : 2001-08-13
Código: Q132

Marca:	Schlumberger	Tipo:	ST-Q121-IEC
Modelo:	Switchboard	Número de Serie:	10467123
V nominal:	57,7	I nominal:	5
Num de elementos:	3	Num de hilos:	4
Clase de precisión:	0.2	Constantes Kt:	0.1 (Wh/pulso)
Propietario:	ELECTROPERÚ S.A.		

DATOS DEL PATRON

Marca:	JEMTEC	Cl. Exactitud:	0,05
Modelo:	SC-30	Incertidumbre:	+/- 0,013
Número de Serie:	6147	Fecha:	2001-06-28
Certificación:	INDECOPÍ		

CARGA		N° MUESTRA	N° PULSO	ENERGÍA		ERROR			OBSERVACIÓN
% In	Amp.			MEDIDOR	PATRON	%	F-R	PROMEDIO	
10	0,5	1	10	1,000	1,00025	-0,025		-0,03539	OK
		2	10	1,000	1,00034	-0,034			
		3	10	1,000	1,00026	-0,026			
		4	10	1,000	1,00031	-0,031			
		5	10	1,000	1,00061	-0,061			
20	1,0	1	20	2,000	2,00064	-0,032		-0,02099	OK
		2	20	2,000	2,00021	-0,010			
		3	20	2,000	2,00025	-0,012			
		4	20	2,000	2,00027	-0,013			
		5	20	2,000	2,00073	-0,036			
50	2,5	1	50	5,000	5,00114	-0,023		-0,04682	OK
		2	50	5,000	5,00160	-0,032			
		3	50	5,000	5,00337	-0,067			
		4	50	5,000	5,00319	-0,064			
		5	50	5,000	5,00241	-0,048			
80	4,0	1	80	8,000	8,00456	-0,057		-0,04045	OK
		2	80	8,000	8,00260	-0,032			
		3	80	8,000	8,00169	-0,021			
		4	80	8,000	8,00139	-0,017			
		5	80	8,000	8,00595	-0,074			
100	5,0	1	100	10,000	10,00419	-0,042		-0,04446	OK
		2	100	10,000	10,00432	-0,043			
		3	100	10,000	10,00447	-0,045			
		4	100	10,000	10,00550	-0,055			
		5	100	10,000	10,00376	-0,038			
120	6,0	1	100	10,000	10,00494	-0,049		-0,04694	OK
		2	100	10,000	10,00519	-0,052			
		3	100	10,000	10,00415	-0,041			
		4	100	10,000	10,00583	-0,058			
		5	100	10,000	10,00337	-0,034			
Error promedio								-0,0392	
Incertidumbre de la medición:								+/- 0,0144	

F-R : Fuera de Rango (*)

Resultado	El error obtenido en el contador de energía se encuentra dentro de su clase de exactitud (0,2S - IEC687)
------------------	--

Fecha de Ejecución: 2001-08-13
Ejecutor : Bach. Alex Zegarra Silvera
Supervisor : Ing. Rafael Ocaña Vidal

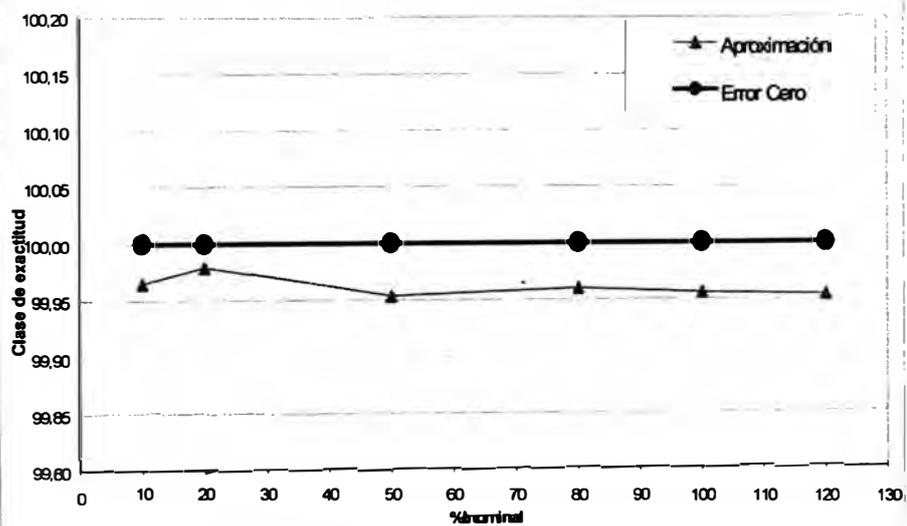
MEDIDOR ELECTRONICO MULTIFUNCION

SCHLUMBERGER

TIPO ST-Q121
 NSERIE 10467123

Prueba	% In	Amperios	Voltios	Pulsos	Aproximación
1	10	0,5	57,7	5	99,9646
2	20	1,0	57,7	10	99,9790
3	50	2,5	57,7	15	99,9532
4	80	4,0	57,7	20	99,9595
5	100	5,0	57,7	20	99,9555
6	120	6,0	57,7	20	99,9531

CURVA DE APROXIMACIÓN DE CLASE



PROTOCOLO DE PUEBAS DE MEDIDORES DE CONSUMO
2- INFLUENCIA DE LA VARIACION DE TENSION

DATOS DEL MEDIDOR

FECHA : 2001-08-13

Código: **Q132**

Marca:	Schlumberger	Tipo:	ST-Q121-IEC
Modelo:	Switchboard	Número de Serie:	10467123
V nominal:	57,7	I nominal:	5
Num de elementos:	3	Num de hilos:	4
Clase de precisión:	0.2	Constantes Kt:	0.1 (Wh/pulso)
Propietario	ELECTROPERÚ S.A.		

DATOS DEL PATRON

Marca:	JEMTEC	Cl. Exactitud:	0,05
Modelo:	SC-30	Incertidumbre: +/-	0,013
Número de Serie:	6147	Fecha	2001-06-28
Certificación:	INDECOPI		

VOLTAGE	N° % Vn Volt.	N° MUESTRA	N° PULSO	ENERGIA		ERROR		OBSERVACION
				MEDIDOR	PATRON	%	F-R FROMEDIC	
95,0	54,82	1	80	8,000	8,00461	-0,058	-0,07848	OK
		2	80	8,000	8,00491	-0,061		
		3	80	8,000	8,00581	-0,073		
		4	80	8,000	8,00840	-0,105		
		5	80	8,000	8,00769	-0,096		
100,0	57,7	1	80	8,000	8,00690	-0,086	-0,05761	OK
		2	80	8,000	8,00133	-0,017		
		3	80	8,000	8,00590	-0,074		
		4	80	8,000	8,00641	-0,080		
		5	80	8,000	8,00252	-0,031		
110,0	63,47	1	80	8,000	8,00296	-0,037	-0,06882	OK
		2	80	8,000	8,00773	-0,097		
		3	80	8,000	8,00546	-0,068		
		4	80	8,000	8,00397	-0,050		
		5	80	8,000	8,00743	-0,093		

F-R : Fuera de Rango (*)

Resultado	El error obtenido en el contador de energía se encuentra dentro de su clase de exactitud (0,2S - IEC687)
------------------	--

Fecha de Ejecución: 2001-08-13

Ejecutor : Bach. Alex Zeparra Silvera

Supervisor : Ing. Rafael Ocaña Vidal

PROTOCOLO DE PUEBAS DE MEDIDORES DE CONSUMO
3.- INFLUENCIA DE LA VARIACION DEL FACTOR DE POTENCIA

DATOS DEL MEDIDOR

FECHA: 2001-08-13

Código: Q132

Marca:	Schlumberger	Tipo:	ST-Q121
Modelo:	Switchboard	Número de Serie:	10467123
V nominal:	57,7	I nominal:	5
Num de elementos:	3	Num de hilos:	4
Clase de precisión:	0,2	Constantes Kt:	0,1 (Wh/pulso)
Propietario	ELECTROPERÚ S.A		

DATOS DEL PATRON

Marca:	JEMTEC	Cl. Exactitud:	0,05
Modelo:	SC-30	Incertidumbre: +/-	0,013
Número de Serie:	6147	Fecha	2001-06-28
Certificación:	INDECOPI		

ANGULO ° Sex.	N° MUESTRA	N° PULSO	ENERGIA		ERROR			OBSERVACION
			MEDIDOR	PATRON	%	F-R	FRMEDIO	
0°	1	100	10,000	10,00792	-0,079		-0,06891	OK
	2	100	10,000	10,00588	-0,059			
	3	100	10,000	10,00824	-0,082			
	4	100	10,000	10,00726	-0,073			
	5	100	10,000	10,00518	-0,052			
30° (-) (Cap.)	1	100	10,000	10,00363	-0,036		-0,03689	OK
	2	100	10,000	10,00264	-0,026			
	3	100	10,000	10,00264	-0,026			
	4	100	10,000	10,00374	-0,037			
	5	100	10,000	10,00580	-0,058			
30° (+) (Ind.)	1	100	10,000	10,00788	-0,079		-0,06741	OK
	2	100	10,000	10,00623	-0,062			
	3	100	10,000	10,00534	-0,053			
	4	100	10,000	10,00639	-0,064			
	5	100	10,000	10,00789	-0,079			

F-R: Fuera de Rango (*)

Resultado

El error obtenido en el contador de energía se encuentra dentro de su clase de exactitud (0,2S - IEC687)

Fecha de Ejecución:

2001-08-13

Ejecutor :

Bach. Alex Zeparra Silvera

Supervisor :

Ing. Rafael Ocaña Vidal

4.2 Calibración de equipos de medición en sitio

La calibración de medidores en sitio se realiza con carga real del sistema, es decir cuando el medidor se encuentra en operación conectado en un punto de medición.

La calibración de medidores en sitio es efectuada desde hace muchos años por las empresas eléctricas (generadoras y transmisoras) en los puntos de suministro de electricidad.

Los puntos de medición se encuentran localizados físicamente en la subestaciones de Muy Alta, Alta y Media Tensión.

En los contratos de suministro de electricidad entre empresas de generación y distribución o clientes libres incluye una cláusula de medición que indica lo siguiente:

Cláusula Medición:

1. La Generadora instalará sus equipos de medición de los parámetros de consumo y de calidad de la electricidad suministrada a La Distribuidora, en los puntos de medición correspondientes a los puntos de entrega.
2. Los equipos de medición de potencia y energía serán electrónicos multifunción de clase 0.2 IEC o mejor, con capacidad de memoria de masa para almacenar información como mínimo de treinticinco (35) días con intervalos de integración cada 15 minutos, incluyendo módem para interrogación a distancia; y serán adquiridos, instalados y mantenidos por la Generadora.
3. La Distribuidora podrá instalar equipos de medición similares a los de La Generadora, corriendo por cuenta de La Distribuidora los gastos de adquisición, instalación y mantenimiento correspondientes.
4. Cualquier intervención en sitio de los equipos de medición que pudiera significar alteración de los registros (reemplazos, calibraciones, etc) deberá efectuarse con previa notificación escrita a La Distribuidora, con una anticipación no menor de tres (3) días hábiles; estando facultada La Distribuidora para presenciar dichas intervenciones y suscribir las actas correspondientes. La inasistencia del representante de La Distribuidora a las indicadas intervenciones, no constituirá impedimento para la realización de las mismas ni invalidará sus resultados.

5. Los equipos de medición instalados por La Generadora se probarán cuando cualquiera de las partes lo solicite por escrito. Si como resultado de la prueba los equipos tuvieran un error superior al de su clase de precisión, el costo de la prueba será por cuenta de La Generadora, y si el error fuese igual o inferior a dicho límite, el costo de la prueba será por cuenta de la parte que la solicitó.
6. En caso de que por falla de los equipos de medición no se hubieran registrado correctamente las cantidades absorbidas, o que las pruebas de los instrumentos de medición revelaran un error superior al de su clase de precisión, La Generadora hará el respectivo reajuste de la facturación mensual a partir del mes en que fue detectada la falla, utilizando la mejor información disponible y en primera prioridad la información de los equipos de medición de La Distribuidora instalados en los puntos de entrega.

Ejemplo:

Contrato de suministro de electricidad entre Electroperú S.A. y Electronoroeste-Tumbes.

Punto de entrega	Barra de 60 kV de la subestación Nueva Zorritos
Puntos de medición:	Salida a la Máncora-Línea L-664
	Salida a Tumbes-Línea L-665
	Salida a 33 kV

CONTRATO DE SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD ENTRE ELECTRONOROESTE Y ELECTROPERU
PUNTOS DE MEDICION Y DE ENTREGA
SISTEMA ELECTRICO TUMBES, ZORRITOS, ZARUMILLA Y MANCORA

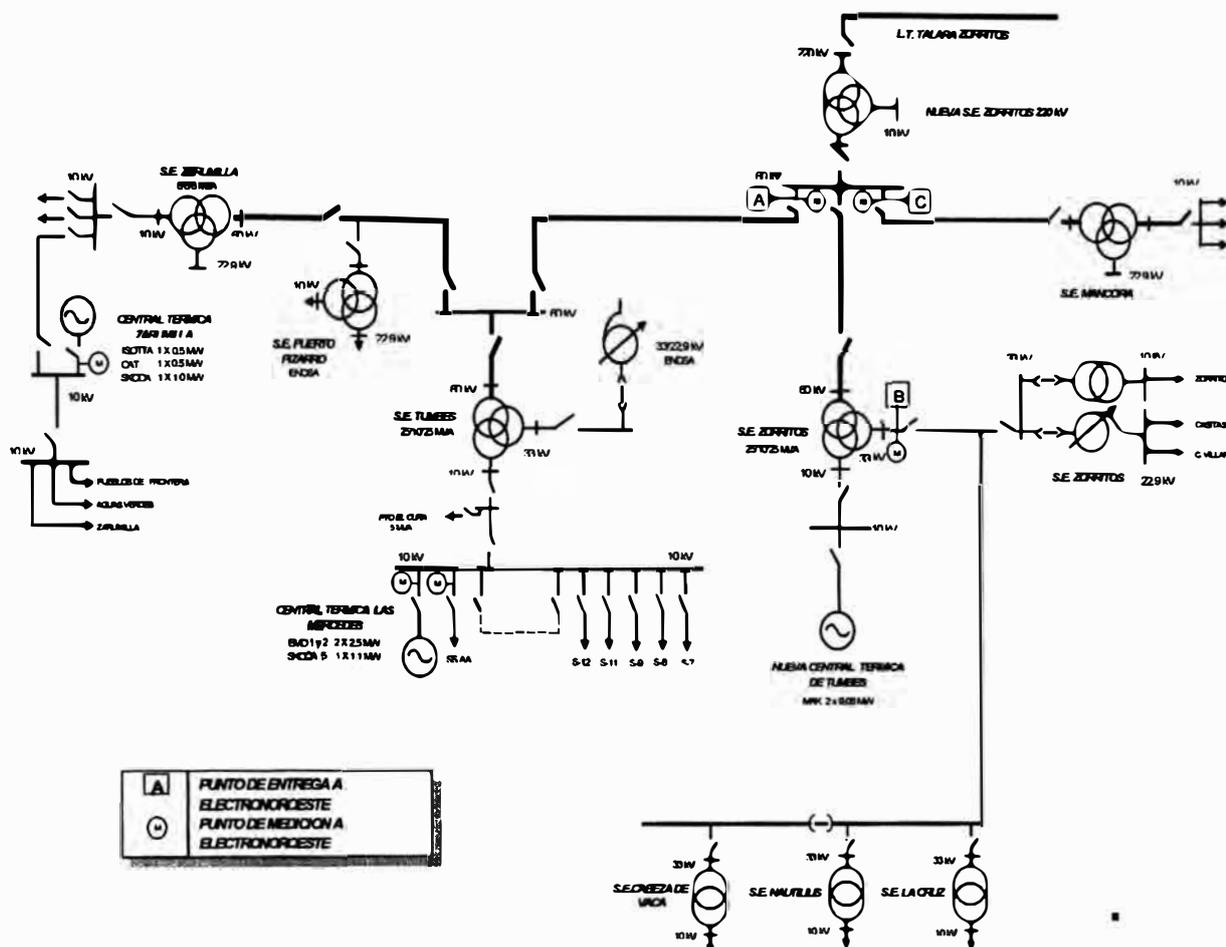


Figura 4.5 Sistema eléctrico Tumbes

Para realizar las calibraciones con carga real se debe tener mucho cuidado ya que se efectúan en puntos de demandas grandes (5 MW, 8 MW, 30 MW, 100 MW, etc).

4.2.1 Objeto

Describir las actividades que se desarrollan para llevar a efecto la Calibración de los equipos de medición en sitio.

4.2.2 Finalidad de la calibración

La calibración de los equipos de medición en sitio, se realiza a fin de verificar y garantizar que dichos equipos midan con la exactitud de acuerdo a su clase de precisión, esta calibración es necesario realizarla en los casos siguientes:

a) Cuando se evalúa el estado operativo y su exactitud en forma periódica,

b) En aplicación de términos contractuales de los contratos de suministros de electricidad a clientes.

4.2.3 Preparación

Equipo de medición patrón

Se selecciona el equipo de medición patrón que cumpla con los requerimientos para las pruebas, siendo indispensable que el equipo de medición patrón cuente con un detector y contador de pulsos y tenga las características mínimas siguientes:

Tipo	:	Electrónico
Sistemas	:	3 ϕ en Δ y/o Y
Clase de precisión	:	Mejor que el equipo a prueba
Constante Kh (wh/pulso)	:	Según el Kh (wh/pulso) del equipo de medición

4.2.4 Procedimiento

Se realiza mediante el método de COMPARACIÓN entre las mediciones del equipo patrón y las del equipo de medición bajo prueba, para lo cual ambos equipos deben estar conectados al mismo sistema de medición.

Las condiciones de la prueba son con CARGA REAL, es decir con la carga que en el momento de la prueba está suministrándose por el alimentador del punto de medición, en el que están conectados los indicados equipos.

Conexión del equipo de medición patrón

Se instala temporalmente el equipo de medición patrón, para ello se emplea las borneras de pruebas para tensión y de corriente con que cuentan los sistemas de medición, dichas borneras en su mayoría son tipo enchufable, lo cual permite facilidad, prontitud y menor riesgo en la prueba. Previamente a la instalación ó durante la misma se debe verificar la secuencia de fases en el circuito de tensión así como el de corriente.

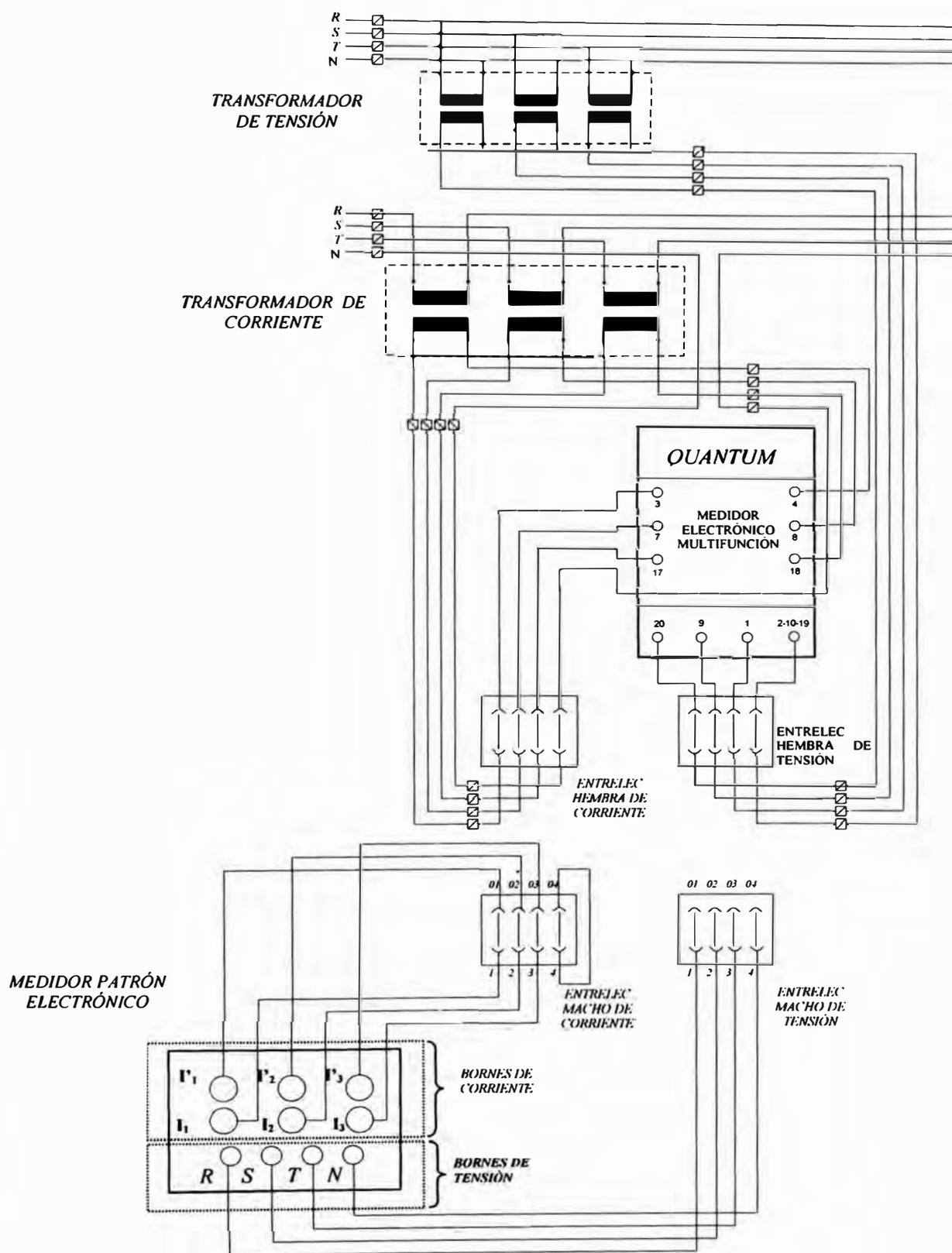


Figura 4.6 Esquema de conexión para calibración en sitio

4.2.5 Pruebas en sitio

Se toman como mínimo quince (15) muestras, considerando la magnitud de la carga real y la cantidad de pulsos según la programación de la constante de operación Kh (Wh/pulsos) del equipo de medición, se espera que algunas muestras pueden salir fuera del rango de precisión, estas se descartan y se repite la prueba para una nueva muestra.

4.2.6 Protocolos de pruebas

Los datos y resultados de las pruebas descritas en el numeral (4.2.4), quedan documentados en el "PROTOCOLO DE PRUEBAS DE EQUIPOS DE MEDICIÓN" para las pruebas mediante el registro:

INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN DE CARGA

4.2.7 Acta de calibración

Los datos y resultados de las pruebas quedan documentados en el registro **ACTA DE CALIBRACIÓN**.

Luego de culminado las pruebas de Calibración, se elabora y suscribe el respectivo "ACTA DE CALIBRACIÓN", en el cual se consignan los datos relativos a los dos equipos, procedimiento empleado, las pruebas y el resultado final, dicha acta es suscrita por los representantes de las empresas que efectuaron la calibración.

PROTOCOLO DE PUEBAS EN SITIO A MEDIDORES INSTALADOS EN PUNTOS DE MEDICION DE ELECTROPERU S.A.

PUNTO DE MEDICION : C011 Línea L-201 **Subestación :** CAMPO ARMIÑO

Relación trafo de tensión:	220 000 / 100 V	Relación trafo de corriente:	600 / 1 A
----------------------------	------------------------	------------------------------	------------------

DATOS DEL MEDIDOR

Código: Q053

Marca:	Schlumberger	Tipo:	ST-Q121
Modelo:	Switchboard	Número de Serie:	86481469
V nominal:	3 x 57,7/100	I nominal:	3 x 1(2)A
Num de elementos:	3	Num de hilos:	4
Clase de precisión:	0.2	Constantes Kt:	0.025 (Wh/pulso)
Propietario	ELECTROPERU S.A.		

DATOS DEL PATRON

Marca:	LANDIS & GYR	Cl. Exactitud:	0,1
Modelo:	TVE 102/3	Incertidumbre:	+/- 0,02
Número de Serie:	65639875	Fecha	2000-11-20
Certificación:	INDECOPI		

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

N° MUESTRA	CONDICIONES DE CARGA REAL (Valores Promedio)			N° PULSO	ENERGIA (Watts-hora)		ERROR %	OBSERVACION
					MEDIDOR	PATRON		
1	Potencia	159,000	MW	80	2,000	2,0032	-0,16	100% Vn 65.2% In
2	Tensión	239,000	KV	80	2,000	2,0034	-0,17	
3	Corriente	391,000	A	80	2,000	2,0035	-0,17	
4	Factor de Potencia	0,984	Ind.	80	2,000	2,0036	-0,18	
5	Tiempo por muestra	60	Seg	80	2,000	2,0029	-0,14	
1	Potencia	157,000	MW	100	2,500	2,5042	-0,17	100% Vn 64% In
2	Tensión	239,000	KV	100	2,500	2,5042	-0,17	
3	Corriente	384,000	A	100	2,500	2,5043	-0,17	
4	Factor de Potencia	0,985	Ind.	100	2,500	2,5043	-0,17	
5	Tiempo por muestra	80	Seg	100	2,500	2,5041	-0,16	
1	Potencia	158,000	MW	150	3,750	3,7563	-0,17	100% Vn 64.7% In
2	Tensión	239,000	KV	150	3,750	3,7565	-0,17	
3	Corriente	388,000	A	150	3,750	3,7569	-0,18	
4	Factor de Potencia	0,988	Ind.	150	3,750	3,7565	-0,17	
5	Tiempo por muestra	120	Seg	150	3,750	3,7566	-0,18	
Error promedio							-0,1696	
Incertidumbre de la medición:							+/- 0,0206	

Resultado	El error obtenido en el contador de energía se encuentra dentro de su clase de exactitud (0,25 - IEC687)
------------------	--

Ejecutores: Bach. Alex Zegarra
Fecha de Ejecución: 2001-06-26

Sr. Erik Torres

POR EL CENTRO DE
PRODUCCIÓN MANTARO

POR EL AREA DE
COMERCIALIZACIÓN

Tec. Sadot Herrera

Bach. Alex Zegarra

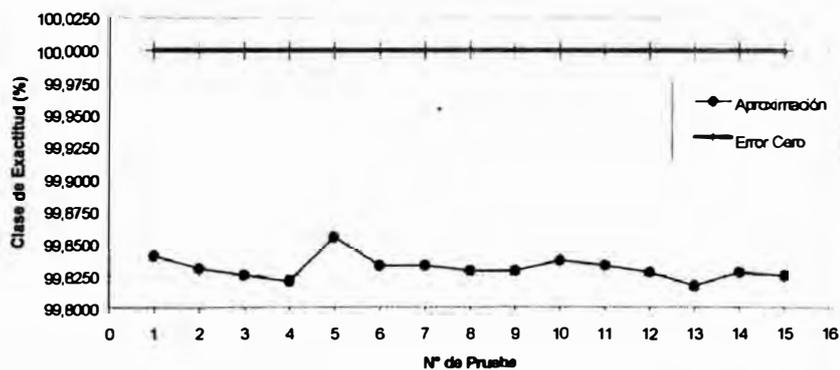
MEDIDOR ELECTRONICO MULTIFUNCION

SCHLUMBERGER

TIPO ST-Q121
N/SERIE 86481469

Prueba	% In	Amperios	kVoltios	Pulsos	Aproximación
1	65	391	239	80	99,8403
2	65	391	239	80	99,8303
3	65	391	239	80	99,8253
4	65	391	239	80	99,8203
5	65	391	239	80	99,8552
6	64	384	239	100	99,8323
7	64	384	239	100	99,8323
8	64	384	239	100	99,8283
9	64	384	239	100	99,8283
10	64	384	239	100	99,8363
11	65	388	239	150	99,8323
12	65	388	239	150	99,8270
13	65	388	239	150	99,8163
14	65	388	239	150	99,8270
15	65	388	239	150	99,8243

CURVA DE APPROXIMACIÓN DE CLASE



**ACTA DE CALIBRACIÓN EN SITIO DE EQUIPOS DE MEDICIÓN DE
CONSUMOS DE ELECTRICIDAD N° 030 – 2001-06-26**

Documento de referencia: CC- 600 -2001 del 2001-06-22

1. DATOS GENERALES DEL PUNTO DE MEDICIÓN:

Punto de Medición:	Barra 220 kV	Código:	C011
Ubicación:	Subestación Campo Armiño	Circuito / Línea:	Línea L-201
Tensión (V):	220 000 / 100	Corriente (A):	600 / 1

2. CARACTERISTICAS DEL MEDIDOR PATRON

Marca:	LANDIS \$ GYR	Número de Serie:	65 839 875
Modelo:	TVE 102/3	Clase exactitud:	0,05
Tensión (V):	3 x 35....480	Corriente (A):	0–1; 0–10 y 0 – 100
Certificación:	INDECOPI	Fecha:	2000-11-20

3. CARACTERISTICAS DEL MEDIDOR A CONTRASTAR

Marca:	SCHLUMBERGER	Número de Serie:	86481469
Modelo:	ST – Q121	Clase exactitud:	0,2
Constante (Kh):	0,025 Wh/pulso		
Tensión (V):	3 x 57,7 / 100	Corriente (A):	3 x 1 (2)
Propietario:	ELECTROPERU S.A.		

4. PROCEDIMIENTO DE CONTRASTE

Carga Real	SI	Carga Fantasma	
------------	----	----------------	--

5. PRUEBAS

Se tomaron 15 muestras, los resultados se muestran en el protocolo de pruebas, adjunto al presente acta.

6. RESULTADOS

La calibración se realizó con carga real del sistema. El error obtenido del medidor está dentro de su clase de exactitud 0,2 S (Norma IEC-687). La incertidumbre de medición es 0,0206 % y se ha determinado en base a un nivel de confianza de 95% para un factor de cobertura k=2.

7. EJECUTORES

Ing. Alex Zegarra Silvera y Sr. Erik Torres

Siendo las 09:00 horas del día 2001-06-28, en señal de conformidad suscriben el presente documento los representantes de ambas áreas.

Tco. Sadot Herrera
POR CENTRO DE PRODUCCION
MANTARO

Ing. Alex Zegarra
POR AREA DE
COMERCIALIZACION

CAPITULO V RESULTADOS

5.1 Determinación de errores

El error porcentual de la calibración de un medidor de energía eléctrica se expresa como:

$$e \% = \frac{L_c - L_p}{L_p} \times 100 \quad \text{.....(5.1)}$$

La indicación del medidor a calibrar corregida por todas las magnitudes de influencia conocidas está dada por:

$$L_c = L_{cal} + C_{deac} + C_1 \quad \text{.....(5.2)}$$

donde:

L_{cal} es la lectura del medidor a calibrar.

C_{deac} es la corrección por división de escala del medidor a calibrar.

C_1 son las correcciones del medidor a calibrar debido a los factores de influencia.

La indicación del contador patrón corregida por todas las magnitudes de influencia conocidas esta dado por:

$$L_p = L_{pat} + C_{res p} + C_{cert} + C_2 \quad \text{.....(5.3)}$$

donde:

L_{pat} es la lectura del contador patrón.

$C_{res p}$ es la corrección por resolución del contador patrón.

C_{cert} es la corrección por certificado del contador patrón.

C_2 son las correcciones del contador patrón debido a los factores de influencia.

Si consideramos que la calibración se realiza en las condiciones de referencia, lo cual hace que C_1 y C_2 sean cero, que C_{cert} es pequeña y cumple con lo indicado en 3.3 haciéndose despreciable y sabiendo que las correcciones C_{deac} y $C_{res p}$ son cero, entonces el error porcentual queda expresado de la siguiente manera:

$$e\% = \frac{L_{cat} - L_{pat}}{L_{pat}} \times 100 \quad \dots\dots(5.4)$$

Como se realizan cinco mediciones, el error final en % es el promedio de los errores porcentuales, así:

$$e_f\% = \bar{e}\% \quad \dots\dots(5.5)$$

La lectura del medidor a calibrar esta dada por:

$$L_{cat} = \frac{N}{K_m} \quad \dots\dots(5.6)$$

donde :

N es el numero de vueltas del disco.

K_m es la constante del medidor en rev/kWh.

Un contador patrón estático da el valor de la energía medida en Wh; en el caso en que esta sea dada en impulsos, la lectura del contador patrón en Wh estaría dada por:

$$L_{pat} = K_h \times N_{imp} \quad \dots\dots(5.7)$$

donde :

N_{imp} es el numero de impulsos del contador patrón.

K_h es la constante del contador patrón en Wh/pulsos.

Si el contador patrón fuese de inducción el valor de la energía medida se obtendría en forma similar a la del medidor a calibrar aplicando la ecuación (6).

5.2 Incertidumbre de la medición

5.2.1 Consideraciones generales

Desde hace décadas la creencia de que la física es una ciencia exacta por que expresa la mayoría de sus resultados como cifras numéricas, ha sido descartada. En la actualidad, todo proceso que concluya con la asignación de un número a una propiedad física es denominado medición y no implica un resultado exacto. ¿por qué se dice que una medición no provee un resultado exacto?, para entender bien esto debemos partir del hecho de que en una medición intervienen factores relacionados con juicios humanos, algunos de los cuales son:

La exclusión de algunas medidas de un grupo grande de estas por el simple hecho de que no otorgaban confianza al encargado de la medición.

Los criterios para estimar las últimas cifras significativas dadas por los instrumentos de medición.

- Las condiciones bajo las cuales deben realizarse las medidas.

Debido a estas consideraciones debemos aceptar que toda medida guardará un cierto grado de incertidumbre en su determinación.

5.2.2 Concepto de incertidumbre en medición

Es el parámetro relacionado con el resultado de una medición, que caracteriza a la dispersión de los valores que podrían ser atribuidos razonablemente al mensurando.

La manera más común de expresar el resultado de una medición es acompañando la mejor estimación del valor medido con alguna cantidad que mida la duda que se tiene acerca de la exactitud del resultado de la medición.

Cualquier evento, concepto, fenómeno, actitud o propiedad que pueda restar nitidez al número obtenido mediante la aplicación del proceso de medición y que se estima restará eficacia a la toma de decisión, participa como factor de la incertidumbre en el valor de la medición.

5.2.3 Métodos de evaluación de la incertidumbre

Tipo A: Método de evaluación de la incertidumbre de medición mediante el análisis estadístico de una serie de observaciones.

Tipo B: Método de evaluación de la incertidumbre de medición a través de medios distintos al análisis estadístico de una serie de observaciones.

5.2.4 Procedimiento para la determinación de la incertidumbre

- Expresar en términos matemáticos la dependencia del mensurando (magnitud de salida) (y) de las magnitudes de entrada (X_i)
- Identificar y aplicar todas las correcciones significativas.
- Mencionar todas fuentes de incertidumbre en forma de un análisis de incertidumbre siguiendo los siguientes pasos:
 - Confeccionar una lista de todas las magnitudes de entrada que intervinieron en la determinación junto con las incertidumbres estándar asociadas a cada magnitud de entrada y los métodos para evaluarías.
 - Las magnitudes de un mismo orden deben agruparse como una sola magnitud de entrada.
 - Para mediciones repetidas, también se debe establecer el número n de observaciones.
- d) Calcular la incertidumbre estándar $\bar{u}(q)$ para magnitudes medidas repetidamente aplicando una Evaluación tipo A, un método aceptado es

aplicando el calculo de la Desviación estándar experimental de la media:

$$s(\bar{q}) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (q_i - \bar{q})^2}{n(n-1)}} \quad (5.8)$$

Donde:

- $S(\bar{q})$ Desviación estándar experimental de la media.
 q_i Cada una de las observaciones independientes.
 \bar{q} Valor promedio de las observaciones independientes.
 n Número de observaciones efectuadas.

e) Para valores únicos, por ejemplo, valores resultantes de mediciones anteriores, valores de corrección o cualquier otro valor tomado de la literatura existente, adoptar la incertidumbre estándar aplicando una Evaluación tipo B, se pueden presentar cualquiera de los siguientes casos:

- Si se conoce sólo un valor único para la magnitud, se debe tomar la incertidumbre estándar si es proporcionada. De lo contrario, esta debe ser calculada a partir de datos de incertidumbre inequívocos.
- Si se puede suponer una distribución de probabilidad para la magnitud, basada en la teoría o en la practica, se determina la incertidumbre aplicando la desviación estándar de la media
- Si se puede calcular sólo los limites superior e inferior para el valor de la magnitud (por ejemplo: especificaciones del fabricante de un instrumento de medición, resolución del medio de medición, error de redondeo o truncamiento que resulta de la reducción automatizada de datos), se debe suponer una distribución de probabilidad rectangular para la posible variabilidad de la magnitud para lo cual se aplicaría la siguiente formula:

$$u(x) = \frac{(a_+ - a_-)}{12} \dots\dots\dots(5.9) \quad \text{y si: } a_+ = a_- \Rightarrow u(x) = \sqrt{\frac{a^2}{3}} \dots\dots\dots(5.10)$$

donde:

- $u(x)$ = Incertidumbre del valor de la magnitud
 a_+ = Limite superior del valor de la magnitud
 a_- = Limite inferior del valor de la magnitud

Prestar atención a la representación de la incertidumbre utilizada. Si no se dispone de datos a partir de los cuales se puede derivar la incertidumbre estándar, indicar un valor de $u(X_i)$ basándose en la experiencia científica.

f) Calcular la incertidumbre compuesta:

La incertidumbre resultante será igual a la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de todas las contribuciones a la incertidumbre, y se expresa matemáticamente con la siguiente fórmula:

Donde:

$$u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{df}{dx_i} \right)^2 u^2(x_i)} \dots \dots \dots (5.11)$$

$u(y)$ = Incertidumbre del valor de salida

(df / dx_i) = Coeficiente de sensibilidad de cada magnitud de entrada

$u(x_i)$ = Incertidumbre estándar de cada magnitud de entrada

Si se sabe que dos magnitudes de entrada están correlacionadas en cierto grado; es decir, si dependen entre sí de una u otra forma, la covarianza asociada con los dos estimados debe ser considerada como una contribución adicional a la incertidumbre, en el caso de n parejas independientes de observaciones repetidas simultáneamente de dos magnitudes p y q , la covarianza asociada es expresada por:

y la ecuación (4) se sustituye por:

$$s(p, q) = \frac{\sum_{j=1}^n (p_j - \bar{p})(q_j - \bar{q})}{n - 1} \dots \dots \dots (5.12)$$

$$u(y) = \sqrt{\left[\left(\frac{df}{dp} \right)^2 u_p^2 \right] + \left[\left(\frac{df}{dq} \right)^2 u_q^2 \right] + 2s(p, q)} \dots \dots \dots (5.13)$$

g) Calcular la incertidumbre expandida que es el resultado de multiplicar la incertidumbre estándar de salida por un factor de cobertura k , este se determina de acuerdo a las siguientes posibilidades:

Cuando el resultado proviene de una distribución normal de datos, el factor de cobertura será igual a $k=2$ y corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

Factor de cobertura es el factor numérico utilizado como multiplicador de la incertidumbre estándar de medición para obtener una incertidumbre expandida de medición. Este factor toma valores típicamente en el intervalo de 2 a 3.

En el caso de una incertidumbre estándar obtenida en una evaluación tipo A, el factor de cobertura se determina a partir de los grados de libertad (n-1) para lo cual se tomará el estadígrafo t-Student para un intervalo de confianza de 95%.

Grados de libertad	Valores de t
1	12,71
2	4,303
3	3,182
4	2,776
5	2,571
6	2,447
7	2,365
8	2,306
9	2,262
10	2,228

Grados de libertad	Valores de t
20	2,086
30	2,042
40	2,021
50	2,009
60	2,000
70	1,994
80	1,990
90	1,987
100	1,984
200	1,972

Es muy difícil determinar el factor de cobertura para una incertidumbre compuesta, pero cuando esta proviene de la combinación de magnitudes independientes cuyo valor es el resultado de distribuciones normales o rectangulares se puede calcular el factor en función al grado de libertad de cada una de las variables que intervienen, aplicando la siguiente fórmula:

$$v_{eff} = \frac{u^4(y)}{\sum_{i=1}^n \frac{u_i^4(y)}{v_i}} \dots\dots\dots(5.14)$$

Donde:

- v_{eff} = Grado de libertad efectivo de la magnitud de salida
 $u(y)$ = Incertidumbre de la magnitud de salida
 $u_i(y)$ = Cada una de las componentes de la incertidumbre de salida
 v_i = Grado de libertad efectivo de cada una de las magnitudes de entrada.

h) Informar el resultado de la medición que comprenda el estimado (y) del mensurando, la incertidumbre expandida asociada $u(y)$ y el factor de cobertura k en el informe o certificado de calibración o ensayo.

5.3 Cálculo de incertidumbre

El error (E) para la lectura del medidor a calibrar esta dado por:

$$E = L_c - L_p \quad (5.15)$$

Como:

$$L_c = L_{\text{cal}} + C_{\text{de ac}} + C_1 \quad (5.16)$$

$$L_p = L_{\text{pat}} + C_{\text{res p}} + C_{\text{cert}} + C_2 \quad (5.17)$$

Reemplazando (2) y (3) en (1) tenemos la siguiente ecuación:

$$E = (L_{\text{cal}} + C_{\text{de ac}} + C_1) - (L_{\text{pat}} + C_{\text{res p}} + C_{\text{cert}} + C_2) \quad (5.18)$$

Hacemos:

$$e = L_{\text{cal}} - L_{\text{pat}} \quad (5.19)$$

Donde e es la diferencia de las indicaciones del medidor a calibrar y del patrón.

Reemplazando la ecuación (5) en (4) y reordenando los términos se tiene la siguiente ecuación:

$$E = e + C_{\text{de ac}} + C_1 - C_{\text{res p}} - C_{\text{cert}} - C_2 \quad (5.20)$$

La incertidumbre del valor del error de medición se obtiene derivando la ecuación (5), entonces:

$$u_E^2 = \left(\frac{\partial E}{\partial e}\right)^2 u_e^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial C_{\text{de ac}}}\right)^2 u_{\text{de ac}}^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial C_1}\right)^2 u_{C_1}^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial C_{\text{res p}}}\right)^2 u_{\text{res p}}^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial C_{\text{cert}}}\right)^2 u_{\text{cert}}^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial C_2}\right)^2 u_{C_2}^2 \quad (5.21)$$

Evaluando los coeficientes de (5.21):

$$\frac{\partial E}{\partial e} = 1 \quad \dots\dots\dots(5.22)$$

$$\frac{\partial E}{\partial C_{\text{res p}}} = -1 \quad (5.23)$$

$$\frac{\partial E}{\partial C_{deac}} = 1 \quad \dots\dots(5.24) \quad \frac{\partial E}{\partial C_{cert}} = -1 \quad (5.25)$$

$$\frac{\partial E}{\partial C_1} = 1. \quad \dots\dots(5.26) \quad \frac{\partial E}{\partial C_2} = -1 \quad (5.27)$$

Si bien es cierto las C1, C2, Cde_{ac} y Cresp son cero, en el cálculo de la incertidumbre éstas conllevan una componente de incertidumbre distinta de cero. Reemplazando (8),(9),(10), (11), (12), (13) en (7) y tomando la raíz cuadrada positiva se tiene:

$$u_E = \sqrt{u_e^2 + u_{deac}^2 + u_{C1}^2 + u_{res_p}^2 + u_{Cert}^2 + u_{C2}^2} \quad (5.28)$$

donde:

u_E Es la incertidumbre combinada.

u_e Es la incertidumbre de las diferencias de lecturas del medidor a calibrar y el contador patrón.

u_{deac} Es la incertidumbre por división de escala del medidor a calibrar.

u_{C1} Es la incertidumbre debido a otros factores de influencia sobre el medidor a calibrar.

u_{res_p} Es la incertidumbre por resolución del contador patrón.

u_{cert} Es la incertidumbre por certificado del contador patrón.

u_{C2} Es la incertidumbre debido a otros factores de influencia sobre el contador patrón.

a) Evaluación de la incertidumbre de la diferencia de indicaciones entre el medidor a calibrar y el contador patrón (u_e)

La evaluación de las diferencias de indicaciones entre el medidor a calibrar y el instrumento patrón se obtiene por sucesivas mediciones para cada valor de lectura, por lo tanto se evalúa en forma estadística, entonces se tiene la siguiente ecuación:

$$u_e = \frac{\sqrt{\left(\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (e_i - \bar{e})^2\right)}}{\sqrt{n}} \quad (5.29)$$

donde:

\bar{e} es el valor medio de la diferencia más probable entre el medidor y el patrón.

e_i es el valor de la diferencia entre el medidor y el patrón por cada evento i evaluado en forma independiente.

n es el total de eventos realizados en forma independiente.

b) Evaluación de la incertidumbre por división de escala del medidor a calibrar ($u_{de_{ac}}$)

$$u_{de_{ac}} = \frac{\left(\frac{de_{ac}}{\#p_{ac}} \right)}{\sqrt{3}} \quad (5.30)$$

donde:

de_{ac} es la división de escala del medidor a calibrar.

$\#p_{ac}$ es el número de partes en que se puede dividir la división de escala.

$\sqrt{3}$ es el factor aplicado a la división de escala por tratarse de una distribución rectangular.

c) Evaluación de la incertidumbre debido a otros factores de influencia sobre el medidor a calibrar u_{C1} y sobre el contador patrón u_{C2} .

Si consideramos que estos factores de influencia no tienen mayor incidencia tanto sobre el medidor a calibrar como en el contador patrón, ya que estamos dentro de las condiciones de referencia, diremos entonces que su contribución al calculo de incertidumbre es prácticamente despreciable respecto a los otros parámetros, por lo tanto se tiene:

$$u_{C1} \approx 0 \quad (5.31)$$

$$u_{C2} \approx 0 \quad (5.32)$$

d) Evaluación de la incertidumbre por resolución del contador patrón u_{res_p}

$$u_{res_p} = \frac{res_p}{2x\sqrt{3}} \quad (5.33)$$

donde:

res_p Es la resolución del contador patrón.

$2x\sqrt{3}$ Es el factor aplicado a la resolución por tratarse de una distribución rectangular de un instrumento digital.

e) Evaluación de la incertidumbre por certificado del contador patrón u_{cert}

$$u_{cert} = \left(\frac{incert_{cert}}{k} \right) \quad (5.24)$$

donde:

$incert_{cert}$ Es la incertidumbre expandida del contador patrón.

k Es el factor de cobertura de la incertidumbre del contador patrón, generalmente es 2 (viene indicado en el certificado).

Reemplazando (15), (16), (17), (18), (19) y (20) en (14) se tiene:

$$u_E = \left(\sqrt{\left(\left(\sqrt{\left(\frac{1}{n \times (n-1)} \times \sum_{i=1}^n (e_i - \bar{e})^2 \right)} \right)^2 + \left(\frac{de_{ac}}{\# p_{ac} \times \sqrt{3}} \right)^2 + \left(\frac{res_p}{2 \times \sqrt{3}} \right)^2 + \left(\frac{incert_{cert}}{k} \right)^2 \right)} \right) \quad (5.25)$$

La incertidumbre expandida es:

$$U = k \times u_E \quad (5.26)$$

Factor de Cobertura $k = 2$; para un nivel de confianza de 95%

Para expresar la incertidumbre expandida en porcentaje, se debe expresar cada una de las componentes de la incertidumbre combinada u_E en porcentaje:

$$u_e \% = \frac{u_e}{Lp} \times 100 \quad ;$$

$u_{de_{ac}} \% = \frac{u_{de_{ac}}}{T} \times 100$; T es el total de divisiones (numero de divisiones del disco por el número de vueltas)

$$u_{res_p} \% = \frac{u_{res_p}}{Lp} \times 100 ;$$

$$u_{cert} \% = \frac{u_{cert}}{Lp} \times 100 \quad ;$$

Generalmente el u_{cert} está dado en porcentaje y no requiere ser dividido por Lp ni multiplicado por 100.

Reemplazando las expresiones anteriores en (21) tenemos la incertidumbre u_E expresada en porcentaje:

$$u_E \% = \left(\sqrt{\left(\left(\frac{100}{Lp} \times \sqrt{\left(\frac{1}{n \times (n-1)} \times \sum_{i=1}^n (e_i - \bar{e})^2 \right)} \right)^2 + \left(\frac{100 \times de_{ac}}{T \times \# p_{ac} \times \sqrt{3}} \right)^2 + \left(\frac{100 \times res_p}{Lp \times 2 \times \sqrt{3}} \right)^2 + \left(\frac{100 \times incert_{cert}}{Lp \times k} \right)^2 \right)} \right) \quad (5.27)$$

o lo que es igual a:

$$u_E \% = \frac{u_E}{L_p} \times 100 \quad (5.28)$$

A continuación se muestran dos ejemplos de cálculo de incertidumbre:

-En el primer ejemplo se muestra el cálculo de incertidumbre de la medición utilizando los datos del punto 4.1.6 (Protocolo de Pruebas) para calibración de medidores en laboratorio.

Prueba: Influencia de Variación de Carga

Medidor electrónico de energía: Quantum

Nº de serie: 10467123

CALCULO DE LA INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

MUESTRA	L_c	L_p	e_i	$(e_i/e)^2$
1	1,0000	1,0003	-0,024994	0,000201
2	1,0000	1,0003	-0,033988	0,000027
3	1,0000	1,0003	-0,025993	0,000174
4	1,0000	1,0003	-0,030990	0,000067
5	1,0000	1,0006	-0,060963	0,000475
6	2,0000	2,0006	-0,031990	0,000052
7	2,0000	2,0002	-0,010499	0,000822
8	2,0000	2,0003	-0,012498	0,000712
9	2,0000	2,0003	-0,013498	0,000659
10	2,0000	2,0007	-0,036487	0,000007
11	5,0000	5,0011	-0,022795	0,000268
12	5,0000	5,0016	-0,031990	0,000052
13	5,0000	5,0034	-0,067355	0,000794
14	5,0000	5,0032	-0,063759	0,000604
15	5,0000	5,0024	-0,048177	0,000081
16	8,0000	8,0046	-0,056968	0,000317
17	8,0000	8,0026	-0,032489	0,000045
18	8,0000	8,0017	-0,021121	0,000326
19	8,0000	8,0014	-0,017372	0,000475
20	8,0000	8,0060	-0,074320	0,001235
21	10,0000	10,0042	-0,041882	0,000007
22	10,0000	10,0043	-0,043181	0,000016
23	10,0000	10,0045	-0,044680	0,000030
24	10,0000	10,0055	-0,054970	0,000249
25	10,0000	10,0038	-0,037586	0,000003
26	10,0000	10,0049	-0,049376	0,000104
27	10,0000	10,0052	-0,051873	0,000161
28	10,0000	10,0042	-0,041483	0,000005
29	10,0000	10,0058	-0,058266	0,000364
30	10,0000	10,0034	-0,033689	0,000030

ERROR PROMEDIO (%)	-0,0392
---------------------------	----------------

INCERTIDUMBRE (%)	
Por diferencia de indicaciones entre medidor a calibrar y el contador patrón (U_e %)	0,0031
Por división de escala del medidor a calibrar (U_{deac} %)	0,0000
Por resolución del contador patrón (U_{resp} %)	0,0005
Por certificado del contador patrón (U_{cert} %)	0,0065

La incertidumbre combinada es la suma de todas las incertidumbres:

INCERTIDUMBRE COMBINADA U_E(%)	0,0072
--	---------------

La incertidumbre expandida para un nivel de confianza del 95% y con un factor de cobertura $k=2$:

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA U(%)	0,0144
--	---------------

-En el segundo ejemplo se muestra el calculo de incertidumbre de la medición utilizando los datos del punto 4.2.6 (Protocolo de Pruebas) para calibración de medidores en sitio.

Prueba: Influencia de Variación de Carga (carga real del sistema)

Medidor electrónico de energía: Quantum

N° de serie: 86481469

CALCULO DE LA INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

MUESTRA	L_c	L_p	e_i	$(e_i)^2$
1	2.0000	2.0032	-0.159744	0.000098
2	2.0000	2.0034	-0.169711	0.000000
3	2.0000	2.0035	-0.174694	0.000026
4	2.0000	2.0036	-0.179677	0.000101
5	2.0000	2.0029	-0.144790	0.000617
6	2.5000	2.5042	-0.167718	0.000004
7	2.5000	2.5042	-0.167718	0.000004
8	2.5000	2.5043	-0.171705	0.000004
9	2.5000	2.5043	-0.171705	0.000004
10	2.5000	2.5041	-0.163731	0.000035
11	3.7500	3.7563	-0.167718	0.000004
12	3.7500	3.7565	-0.173033	0.000012
13	3.7500	3.7569	-0.183662	0.000197
14	3.7500	3.7565	-0.173033	0.000012
15	3.7500	3.7566	-0.175691	0.000037

ERROR PROMEDIO (%)	-0.1696
---------------------------	----------------

INCERTIDUMBRE (%)

Por diferencia de indicaciones entre medidor a calibrar y el contador patrón (U_e %)	0.0023
Por división de escala del medidor a calibrar ($U_{de_{ac}}$ %)	0.0000
Por resolución del contador patrón (U_{resp} %)	0.0010
Por certificado del contador patrón (U_{cert} %)	0.0100

La incertidumbre combinada es la suma de todas las incertidumbres:

INCERTIDUMBRE COMBINADA U_E (%)	0.0103
---	---------------

La incertidumbre expandida para un nivel de confianza del 95% y con un factor de cobertura $k=2$:

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA U (%)	0.0206
---	---------------

CONCLUSIONES

- 1 La calibración debe ser realizada por personal especialista en mediciones (metrologista), conocedor de las Normas Internacionales y Nacionales para su correcta aplicación.
- 2 Antes de realizar la calibración a un medidor electrónico es necesario conocer su funcionamiento y también conocer el software de comunicación que utiliza (para realizar las variaciones de ancho de pulso si fuese necesario). Se debe conocer los equipos que intervienen en la calibración para no cometer errores de operación (tener al alcance los manuales de uso de los equipos)
- 3 Finalizada la calibración se deben realizar los cálculos (errores e incertidumbre) para obtener el resultado : “el medidor calibrado se encuentra dentro de su clase de exactitud”. Si no se encuentra dentro de su clase se debe realizar el ajuste al indicado medidor.
- 4 Los instrumentos y/o equipos deben estar debidamente calibrados y a su vez deben existir procedimientos documentados para el control, mantenimiento y calibración de los mismos.
- 5 Muchas veces se utilizan erróneamente instrumentos de elevada exactitud para mediciones que no lo requiere, otras veces en cambio sucede que se utilizan instrumentos de menor exactitud (léase peores) para decidir o aceptar a un producto. Por ejemplo: un medidor de clase 2 se puede calibrar mediante un patrón de clase 0,05, aún si este patrón fue calibrado anteriormente y tuvo como resultado 0,07% de error (criterio de aceptación de la empresa).
- 6 En cuanto a la calibración se refiere se deberá definir todos los pasos a seguir para efectuar la calibración, así como también se deberá contar con la información necesaria de las características de los mismos, tales como:

Tipo de equipo

Modelo

- Número de serie o identificación
- Ubicación
- Frecuencia de calibración
- Método de calibración
- Criterios de aceptación y acciones en caso que los resultados no sean satisfactorios.

Es necesario tener una ficha o registro de calibración que indique las características técnicas de los equipos que intervienen en la calibración (medidor, patrón, fuente, etc).

- 7 Los equipos deberán estar debidamente identificados; se podrían utilizar etiquetas, tarjetas, registros. El objetivo principal de esta exigencia es el conocer claramente el estado de la calibración de cada uno de los equipos.
- 8 Se deberá mantener todos los registros de las calibraciones efectuadas a todos los equipos de inspección, medición y ensayo con la finalidad de conocer su comportamiento a lo largo del tiempo. Teniendo los registros de las calibraciones realizadas a un medidor se puede obtener una optima frecuencia de calibración.
- 9 Se deberá asegurar que las inspecciones, mediciones y ensayos se realizan en condiciones ambientales adecuadas en función al proceso discreto. Asimismo si las calibraciones se realizan en la propia empresa se deberá también tomar en cuenta este factor. Para el caso de las calibraciones externas (en laboratorios o lugares distintos a la empresa) deberá comprobarse que la calibración se efectuará a las condiciones ambientales requeridas. El organismo autorizado para calibrar los patrones es el INDECOP, a través del Servicio Nacional de Metrología, el cual no permite presenciar las pruebas efectuadas a los equipos a calibrar.
- 10 La empresa deberá elaborar y mantener procedimientos documentados, es decir deberá elaborarse los procedimientos y programas de calibración indicando las frecuencias, así como los responsables y sobre todo detallar cuando sea necesario qué hacer ante una irregularidad que pueda afectar la calidad del proceso del producto. La redacción de estos procedimientos deberá ser sencilla pero deberá contener el qué, quién, cómo, cuándo y dónde. Es importante que se precise cómo se velará por el cumplimiento de los programas de calibración.

- 11** Se deberá contar con un inventario de todos los instrumentos y/o equipos de inspección, medición y ensayo con el ánimo de conocer su estado y características técnicas y metrológicas de los mismos.
- 12** La determinación de las frecuencias o periodos de calibración se determina en función al estado, conservación y uso de los mismos, así como los perjuicios económicos que podría ocasionar su uso. Existen periodos recomendados por los fabricantes o por prácticas de empresas de seis meses, un año y dos años. Inicialmente la empresa podría optar por uno de estos valores para luego modificarlo de acuerdo a los resultados obtenidos en las calibraciones efectuadas, debidamente registradas.
- 13** Como señal de calibración efectuada y sobre todo con la facilidad de observar si está dentro o fuera de los plazos de calibración., se deberá colocar etiquetas en cada equipo o instrumento donde se señale lo indicado. Se debe tener en cuenta que los laboratorios de calibración colocan etiquetas de calibración pero no señalan los plazos de vigencia, por lo tanto, la empresa deberá diseñar una etiqueta donde aparezca fácilmente la próxima fecha de calibración: esto puede utilizarse utilizando código de colores.
- 14** Cuando las calibraciones se efectúan en la propia empresa, se deberá contar con los patrones adecuados así como con los métodos establecidos y personal capacitado. Toda calibración que se efectúe deberá registrarse y archiversse en las fichas de vida de cada instrumento.

ANEXO

MODELOS DE PROCEDIMIENTOS Y REGISTROS

INSTRUCTIVO PC2 – IT03

ELECTROPERU S.A. Gerencia Comercial Area de Comercialización	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Página : 1 de 3 Fecha : 2002-01-30 Revisión : 01
CALIBRACION DE MEDIDORES DE CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN EL LABORATORIO Código: PC2-IT03	Proceso : COMERCIALIZACION Código : PC Procedimiento : Medición de Consumos Código : PC2	

1. OBJETIVO

Describir las acciones que permitan realizar la calibración de los medidores electrónicos multifunción en adelante "medidores", en el laboratorio de Mediciones de ELECTROPERU S.A., a fin de determinar su exactitud por el método de comparación con un medidor de energía patrón, en adelante "patrón", utilizando una fuente de tensión y corriente, en adelante "fuente".

2. ALCANCE

Tiene aplicación en el área funcional de Mediciones en la Sede de Lima, a fin de cumplir con los requisitos de exactitud especificados en las normas legales, contratos u otros documentos.

3. REFERENCIA

Los documentos de consulta, para el desarrollo del presente instructivo son:

- Norma internacional IEC 687 (equivalente NEEE.)
- Manual del medidor.
- Manual del patrón.
- Manual de la fuente.
- Manuales y normas complementarios.

4. RESPONSABLES

- Personal designado por el Jefe de Mediciones.

5. DESCRIPCION

A continuación se detalla los pasos a seguir para realizar la calibración:

5.1. Preparación para la prueba

- a) Se anota en el protocolo del anexo N° 1, los datos del: medidor, del patrón y de la fuente.
- b) Preparar las herramientas y accesorios de conexión (cables y/ó fichas para pruebas de tensión y corriente).
- c) Colocar el medidor en su caja de conexiones ubicado en el tablero para pruebas.
- d) Conectar el medidor, el patrón, la fuente y accesorios, de acuerdo al sistema del medidor (2 elementos o 3 elementos) de dicho medidor.
- e) Verificar la continuidad del circuito de corriente del paso (d).
- f) Verificar que la fuente de tensión y corriente estén en su mínimo valor (cero) de tensión y corriente respectivamente.
- g) Colocar en el medidor el sensor de pulsos y conectar al patrón.
- h) Alimentar el auxiliar del patrón, de la fuente y del medidor, verificando el correcto funcionamiento de cada uno de los mismos.
- i) Seleccionar en la fuente los valores correspondientes a la tensión y a la corriente nominales del medidor y alimentar los circuitos de tensión y corriente.
- j) Acceder al medidor, verificar su configuración y obtener sus parámetros de operación; en caso necesario configurar el medidor con parámetros adecuados para la prueba.
- k) Configurar en el patrón el parámetro constante (Wh/pulso o pulsos/kWh) en concordancia con la constante del medidor.
- l) Configurar en el patrón el valor de **N° de pulsos**, tal que permita realizar cada muestra en un tiempo cercano al minuto ($\pm 1'$). Dicho valor para cada uno de las condiciones de prueba que se indican en el numeral 5.2 será ajustado adecuadamente.

ELECTROPERU S.A. Gerencia Comercial Area de Comercialización	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Página : 2 de 3 Fecha : 2002-01-30 Revisión : 01
CALIBRACION DE MEDIDORES DE CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN EL LABORATORIO Código: PC2-IT03	Proceso : COMERCIALIZACION Código : PC Procedimiento : Medición de Consumos Código : PC2	

m) Previamente a la realización de las pruebas del numeral 5.2 deben estar funcionando por un periodo de 30 minutos tanto el medidor como el patrón con los valores de tensión y de corriente seleccionados en (i).

5.2. Pruebas

a) De acuerdo a la norma IEC867, se ha previsto realizar pruebas bajo las condiciones siguientes:

Condición 1: Influencia de la variación de la carga

Esta prueba se realiza con variación discreta de valores de intensidad de corriente, en función al valor de la corriente nominal (I_n) del medidor, desde $5\%I_n$ hasta $120\%I_n$, tal como se muestra en el registro: "Influencia de la variación de carga", del anexo N° 1. Para esta prueba se mantienen constantes el valor de la tensión igual al valor de la tensión nominal (V_n) del medidor a calibrar y el factor de potencia en la unidad (f.p. = 1.0).

Condición 2: Influencia de la variación de tensión

Esta prueba se realiza con variación de valores puntuales de tensión, para $90\%V_n$, 100% y $110\%V_n$, tal como se muestra en el registro: "Influencia de la variación de tensión" del anexo N° 1. Para esta prueba se mantienen constantes el valor de la corriente igual a la (I_n) del medidor a calibrar y el factor de potencia en la unidad (f.p. = 1.0).

Condición 3: Influencia de la variación del factor de potencia

Esta prueba se realiza con variación de valores puntuales del factor de potencia, para $+30^\circ$; 0° ; -37° , tal como se muestra en el registro: "Influencia de la variación del factor de potencia", del anexo N° 1, pag. 3. Para esta prueba se mantienen constantes los valores de la tensión y de la corriente iguales a las (V_n) e (I_n) del medidor a calibrar.

- b) Durante la ejecución de cada una de las condiciones, se llena con los resultados, el correspondiente protocolo de pruebas.
- c) Finalizado las pruebas, se procede a bajar en la fuente tanto la corriente como la tensión a valores mínimos (cero), para luego desconectar la alimentación auxiliar de los equipos.
- d) Desconectar los cables de los circuitos de tensión y corriente de los equipos y retirar el medidor.
- e) Poner la etiqueta o sello de "CALIBRADO" al medidor.
- f) Anotar las observaciones pertinentes.
- g) Suscribir los Certificados ó Protocolos de pruebas.

6. Registros

Los registros que origina éste instructivo, se detallan en el anexo N° 1:

- Influencia de la variación de carga.
- Influencia de la variación de tensión.
- Influencia de la variación del factor de potencia.

7. Control de modificaciones:

- Adecuación inicial a la Norma ISO 9001:2000.

ELECTROPERU S.A. Gerencia Comercial Area de Comercialización	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Página : 3 de 3 Fecha : 2002-01-30 Revisión : 01
CALIBRACION DE MEDIDORES DE CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN EL LABORATORIO Código: PC2-IT03	Proceso : COMERCIALIZACION Código : PC Procedimiento : Medición de Consumos Código : PC2	

PROTOCOLOS DE CALIBRACION DE MEDIDORES EN LABORATORIO

INFLUENCIA DE LA VARIACION DE CARGA

DATOS DEL MEDIDOR

FECHA :
Código:

Marca:	Tipo:	
Modelo:	Número de Serie:	
V nominal:	I nominal:	
Num de elementos:	Num de hilos:	
Clase de precisión:	Constante Kt:	Wh/pulso
Propietario:		

DATOS DEL PATRON

Marca:	Número de Serie:	
Modelo:	Cl. Precisión:	
Constantes Kh:	Wh/pulso	Certificación:

DATOS DE LA FUENTE DE ALIMENTACION

Marca:	Número de Serie:	
Modelo:	Cl. Precisión (V y I):	
Certificación:	Fecha	

RESULTADOS DE LA PRUEBA

CARGA		N° MUESTRA	N° PULSO	ENERGIA		ERROR			OBSERVACION
% In	Amp.			MEDIDOR	PATRON	%	F-R	PROMEDIO	
5	0.00	1	10						
		2	10						
		3	10						
10	0.00	1	20						
		2	20						
		3	20						
20	0.00	1	50						
		2	50						
		3	50						
80	0.0	1	80						
		2	80						
		3	80						
100	0.0	1	100						
		2	100						
		3	100						
120	0.00	1	100						
		2	100						
		3	100						

F-R : Fuera de Rango (*)

Resultado :	
--------------------	--

Fecha de Ejecución :

Ejecutor :

Supervisor :

INFLUENCIA DE LA VARIACION DE TENSION

DATOS DEL MEDIDOR

FECHA :
Código:

Marca:		Tipo:	
Modelo:		Número de Serie:	
V nominal:		I nominal:	
Num de elementos:		Num de hilos:	
Clase de precisión:		Constantes Kt:	Wh/pulso
Propietario			

DATOS DEL PATRON

Marca:		Número de Serie:	
Modelo:		Cl. Precisión:	
Constantes Kh:	Wh/pulso	Certificación:	

DATOS DE LA FUENTE DE ALIMENTACION

Marca:		Número de Serie:	
Modelo:		Cl. Precisión (V y I):	
Certificación:		Fecha	

RESULTADOS DE LA PRUEBA

VOLTAGE		N° MUESTRA	N° PULSO	ENERGIA		ERROR		OBSERVACION
% Vn	Volts			MEDIDOR	PATRON	%	F-R	
95.0	54.815	1	80					
		2	80					
		3	80					
100.0	57.7	1	80					
		2	80					
		3	80					
105.0	60.585	1	80					
		2	80					
		3	80					

F-R : Fuera de Rango (*)

Resultado :	-
-------------	---

Fecha de Ejecución :

Ejecutor :

Supervisor :

INFLUENCIA DE LA VARIACION DEL FACTOR DE POTENCIA

DATOS DEL MEDIDOR

FECHA :
Código:

Marca:	Tipo:	
Modelo:	Número de Serie:	
V nominal:	I nominal:	
Num de elementos:	Num de hilos:	
Clase de precisión:	Constantes Kt:	Wh/pulso
Propietario		

DATOS DEL PATRON

Marca:	Número de Serie:	
Modelo:	Cl. Precisión:	
Constantes Kt:	Wh/pulso	CERTIFICACIÓN

DATOS DE LA FUENTE DE ALIMENTACION

Marca:	Número de Serie:	
Modelo:	Cl. Precisión (V y I):	
Certificación	Fecha	

RESULTADOS DE LA PRUEBAD

ANGULO ° Sex.	N° MUESTRA	N° PULSO	ENERGIA		ERROR			OBSERVACION
			MEDIDOR	PATRON	%	F-R	PROMEDIO	
0°	1	80	0.000					
	2	80	0.000					
	3	80	0.000					
30° (-) (Cap.)	1	80	0.000					
	2	80	0.000					
	3	80	0.000					
30° (+) (Ind.)	1	80	0.000					
	2	80	0.000					
	3	80	0.000					

F-R : Fuera de Rango (°)

Resultado :	
--------------------	--

Fecha de Ejecución :

Ejecutor :

Supervisor :

INSTRUCTIVO PC2 – IT04

ELECTROPERU S.A. Gerencia Comercial Area de Comercialización	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Página : 1 de 3 Fecha : 2002-01-30 Revisión : 01
CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN SITIO Código: PC2-IT04	Proceso : COMERCIALIZACIÓN Código : PC Procedimiento : Medición de Consumos Código : PC2	

1. OBJETIVO

Describir las acciones para comparar la exactitud de los medidores electrónicos Quantum instalados en sitio, con su clase de precisión; utilizando un medidor electrónico patrón de mejor exactitud.

2. ALCANCE

Tiene aplicación en el área funcional de Mediciones para cumplir con el programa anual de calibración de medidores y requisitos de exactitud, especificados en normas legales, contratos u otro documento.

3. REFERENCIAS

Los documentos de consulta para el desarrollo del presente instructivo son:

- La norma internacional IEC 687.
- Manual del equipo medidor.
- Manual del equipo patrón.
- Manual de la fuente de tensión.
- Manual de la fuente de corriente (carga ficticia).
- Programa anual de calibración de medidores.

4. RESPONSABLES

- Personal asignado por el Jefe de Mediciones.

5. DESCRIPCION

5.1. Calibración en sitio con carga real.

- a. Conseguir el permiso de trabajo de la subestación.
- b. Anotar en el "Protocolo de pruebas en sitio con carga real" (anexo N° 1) los datos del: Punto de medición, medidor y patrón.
- c. Capturar la información almacenada en el medidor a calibrar.
- d. Preparar las herramientas y accesorios de conexión (cables y fichas entrelecs de tensión y corriente).
- e. Conectar el patrón con los accesorios necesarios, de acuerdo al sistema de medición (estrella ó delta).
- f. Verificar la continuidad del circuito de corriente del paso e.
- g. Conectar las fichas entrelecs de tensión y de corriente, al circuito de medición del medidor.
- h. Verificar, en todo el proceso de calibración (vía software y/ó hardware), el correcto funcionamiento del medidor.
- i. Configurar el equipo patrón de acuerdo a los parámetros del medidor a calibrar y adecuar el numero de pulsos y/ó el ancho de pulso, tal que la energía registrada en el patrón tenga una duración de 1 minuto aproximadamente, por muestra, para la primera condición de carga real (3 primeras muestras).
- j. Iniciar la calibración anotando en el protocolo los valores de condición de operación de: Potencia, tensión, corriente, factor de potencia y tiempo aproximado por muestra, tomados del medidor; para cada condición de carga real.
- k. Para la siguiente condición de carga del medidor, duplicar el tiempo por muestra y así sucesivamente, hasta terminar de completar el protocolo mostrado en el anexo N°1.
- l. Si la carga no es constante durante la calibración, se desecha el resultado.

CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN SITIO

Código: PC2-IT04

Proceso : **COMERCIALIZACIÓN**
Código : **PC**
Procedimiento : **Medición de Consumos**
Código : **PC2**

- m. Si como resultado de la calibración, el medidor esta fuera de su clase de exactitud, se procederá al ajuste en sitio (siempre que sea posible); ó proveer el cambio por otro medidor de iguales características (Tensión, corriente, numero de pulsos, ancho de pulso, etc.), hasta que el ajuste sea realizado en el laboratorio de Mediciones.
- n. En caso que sea imposible realizar la calibración con carga real (medidor fuera de servicio, no cuenta con fichas de prueba y/ó otros), se procede de acuerdo al ítem 5.2.
- o. Terminada la confirmación metrológica, desconectar el patrón y accesorios verificando el correcto funcionamiento del medidor vía hardware y/ó software.
- p. Anotar las observaciones pertinentes.
- q. Firma del protocolo y el "Acta de calibración en sitio" (anexo N° 1), por los responsables de las empresas participantes.

5.2. Calibración en sitio con carga ficticia.

- a. Se procede de acuerdo al paso a. del ítem 5.1.
- b. Anotar en el "Protocolo de pruebas en sitio con carga ficticia" (anexo N° 1) los datos del: Punto de medición, medidor, patrón, carga ficticia y fuente de tensión.
- c. Se procede de acuerdo al paso c. y d. del ítem 5.1.
- d. Se retira el medidor a probar, de su caja de conexiones; en dicha caja, se coloca otro medidor temporalmente, configurado con las mismas características de operación y se verifica su correcto funcionamiento.
- e. En otra caja de conexiones (preparada previamente), se coloca el medidor a probar, conectado conjuntamente con la fuente de alimentación, patrón y carga ficticia.
- f. Se conecta la alimentación auxiliar a los equipos (medidor, patrón, fuente de tensión y carga ficticia) y verificar el correcto funcionamiento.
- g. Se procede de acuerdo a los pasos h. hasta l. del ítem 5.1. y tener en cuenta que las condiciones de carga ficticia deben simular aproximadamente la condición de operación con carga real del medidor.
- h. Terminada la confirmación metrológica, desconectar el patrón, carga ficticia, y accesorios de conexión.
- i. Colocar el medidor en su modulo original y verificar vía software ó hardware, el correcto funcionamiento del sistema de medición, previamente se debe reconfigurar dicho medidor.
- j. Proceder como en los puntos o. y p. del ítem 5.1.

6. Registros

Los registros que origina éste instructivo, se detallan en el anexo N° 1

- Protocolo de pruebas en sitio con carga real.
- Protocolo de pruebas en sitio con carga ficticia.
- Acta de calibración en sitio de medidores de consumo de electricidad.

7. Control de modificaciones:

- Adecuación inicial a la Norma ISO 9001:2000.

ELECTROPERU S.A. Gerencia Comercial Area de Comercialización	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Página : 3 de 3 Fecha : 2002-01-30 Revisión : 01
CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN SITIO Código: PC2-IT04	Proceso : COMERCIALIZACIÓN Código : PC Procedimiento : Medición de Consumos Código : PC2	

REGISTROS DE CALIBRACIÓN DE MEDIDORES EN SITIO

**ACTA DE CALIBRACIÓN EN SITIO DE EQUIPOS DE MEDICIÓN DE
CONSUMOS DE ELECTRICIDAD N° _____ DEL _____**

Documento de referencia: _____

1. DATOS GENERALES DEL PUNTO DE MEDICIÓN:

Punto de Medición:		Código:	
Ubicación:		Circuito / Línea:	
Tensión (V):		Corriente (A):	

2. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION

Carga Real		Carga Fantasma	
-------------------	--	-----------------------	--

3. PRUEBAS

4. RESULTADOS

5. EJECUTORES

6. OBSERVACIONES

Siendo las 19:10 horas del día 2001.11.20, en señal de conformidad suscriben el presente documento los representantes de ambas áreas.

Tec. Antonio Bardales B.

POR ELECTROPERU S.A.

Tec. Angel Placencia Z.

POR ETECEN S.A.

Bach. Wenceslao Anchayhua

POR EJECUTOR

PROTOCOLO DE PUEBAS EN SITIO CON CARGA REAL

PUNTO DE MEDICION :

Subestación :

Relación tranfo de tensión:		Relación trafo corriente:	
------------------------------------	--	----------------------------------	--

DATOS DEL MEDIDOR

Código: Q048

Marca:		Tipo:	
Modelo:		Número de Serie:	
V nominal:		I nominal:	
Num de elementos:		Num de hilos:	
Clase de precisión:		Constantes Kt:	W/pulso
Propietario	ELECTROPERU S.A.		

DATOS DEL PATRON

Marca:		Número de Serie:	
Modelo:		Cl. Precisión:	
Certificación:		Fecha:	

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

N° MUESTRA	CONDICIONES DE CARGA REAL (Valores Promedio)			N° PULSO	ENERGIA (Watts-hora)		ERROR %	OBSERVACION
					MEDIDOR	PATRON		
1	Potencia	MW		40				100% Vn 67% In
2	Tensión	KV		40				
3	Corriente	A		40				
4	Factor de Potencia	Cap.		40				
5	Tiempo por muestra	Seg		40				
1	Potencia	MW		80				100% Vn 67% In
2	Tensión	KV		80				
3	Corriente	A		80				
4	Factor de Potencia	Cap.		80				
5	Tiempo por muestra	Seg		80				
1	Potencia	MW		120				100% Vn 66% In
2	Tensión	KV		120				
3	Corriente	A		120				
4	Factor de Potencia	Cap.		120				
5	Tiempo por muestra	Seg		120				
ERROR PROMEDIO								

Resultado :	
--------------------	--

Fecha de Ejecución:

Ejecutores:

Ing.
ELECTROPERU

Ing.
ETECCN

PROTOCOLO DE PUEBAS EN SITIO CON CARGA FICTICIA

PUNTO DE MEDICION :

Subestación :

Relación tranfo de tensión:		Relación trafo corriente:	
------------------------------------	--	----------------------------------	--

DATOS DEL MEDIDOR

Código: Q048

Marca:		Tipo:	
Modelo:		Número de Serie:	
V nominal:		I nominal:	
Num de elementos:		Num de hilos:	
Clase de precisión:		Constantes Kt:	(Wh/pulso)
Propietario:	ELECTROPERU S.A.		

DATOS DEL PATRON

Marca:		Número de Serie:	
Modelo:		Cl. Precisión:	
Certificación:		Fecha:	

DATOS DE LA FUENTE DE CORRIENTE

Marca:		Número de Serie:	
Modelo:		Cl. Precisión:	
Certificación:		Fecha:	

DATOS DE LA FUENTE DE TENSION

Marca:		Número de Serie:	
Modelo:		Cl. Precisión:	
Certificación:		Fecha:	

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

N° MUESTRA	CONDICIONES DE CARGA FICTICIA (Valores Promedio)		N° PULSO	ENERGIA (Watts-hora)		ERROR %	OBSERVACION
				MEDIDOR	PATRON		
1	Potencia	MW	40				100% Vn 67% In
2	Tensión	KV	40				
3	Corriente	A	40				
4	Factor de Potencia	Cap.	40				
5	Tiempo por muestra	Seg	40				
1	Potencia	MW	80				100% Vn 67% In
2	Tensión	KV	80				
3	Corriente	A	80				
4	Factor de Potencia	Cap.	80				
5	Tiempo por muestra	Seg	80				
1	Potencia	MW	120				100% Vn 66% In
2	Tensión	KV	120				
3	Comente	A	120				
4	Factor de Potencia	Cap.	120				
5	Tiempo por muestra	Seg	120				
ERROR PROMEDIO							

Resultado :	
--------------------	--

Fecha de Ejecución:

Ejecutores: Ing. Wenceslao Anchayhua H.

Ing. Efrain Mamani

Ing. ELECTROPERU

Ing. ETECEN

BIBLIOGRAFIA

1. **Aseguramiento Metrológico** Centro de Desarrollo Industrial – año 2002 en los sistemas de calidad
2. **Guia para la Expresión de Incertidumbre en la medición.** Servicio Nacional de Metrología – año 2001 de la
3. **Fuente de Alimentación** Industrias Meter Test Equipment – año 2000 PPS 60.3 – MTE Manual de instrucciones
4. **Contador Patrón Electrónico Portátil PRS 20.3AC** Industrias Meter Test Equipment – año 2000 y MTE Manual de instrucciones
5. **Cabeza Lectora Fotoeléctrica** Industrias Meter Test Equipment – año 2000 SH-2003 – MTE Manual de instrucciones
6. **Patrón portátil TPZ108/308** Industrias ZERA – año 2000 Instruction Manual
7. **Quantum Multifunction Meter** Industrias Schlumberger – año 1993 Hardware Instruction Manual
8. **Norma UNE versión oficial** Norma Internacional Publicación – año 1993 en español Norma Europea eN 60687 - Contadores estáticos de energía activa para corriente alterna (Clases 0.2S y 0.5S)
9. **Norma IEC – 687** Comisión Electrotécnica Internacional – año 1992. Especificaciones petrológicas para contadores estáticos clases 0,2S y 0,5S
10. **Patrón Portable** Industrias Esterline Jemtec – año 1991 Field Standard SC-30 Series Instruction Manual