



Información básica indispensable para participar en el ensayo de aptitud de calibración de Watthorímetros en Energía Eléctrica

Ensayo de aptitud dirigido a

Laboratorios de calibración acreditados que realizan servicios de calibración a medidores de energía eléctrica activa y reactiva, cuyo sistema de calidad esté basado en la norma NMX-EC-17025-IMNC-vigente.

Objetivo

Evaluar la capacidad técnica de los laboratorios de calibración acreditados del área de metrología eléctrica que realizan servicios de calibración de medidores de energía eléctrica.

Alcance

Este ensayo de aptitud sólo considera la evaluación de los resultados reportados por el laboratorio participante, no se evalúa ninguna otra característica técnica o administrativa del mismo.

Los valores de referencia serán los determinados por el laboratorio piloto, CENAM. El mensurando es la magnitud de medición de energía eléctrica conforme a los puntos de medición indicados en las tablas 1 y 2. Se reporta el error relativo, evaluado de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\text{Error relativo} = \frac{\text{Energía medida} - \text{Energía de referencia}}{\text{Energía de referencia}} \times 10^6 \frac{\mu\text{Wh}}{\text{Wh}} \text{ o } \frac{\mu\text{varh}}{\text{varh}} \quad (1)$$

Donde:

Energía medida: Es la energía eléctrica medida por el patrón viajero.

Energía de referencia: Es la energía eléctrica de referencia estimada por el laboratorio participante.

Los puntos de medición se indican en la tabla 1 y 2, para las magnitudes a evaluar de energía eléctrica activa y energía eléctrica reactiva respectivamente.





Tabla 1. Puntos de medición en la magnitud de energía eléctrica activa.

| Tensión (V) | Corriente (A) | Frecuencia (Hz) | Ángulo de fase (°) |
|------------------|--------------------|----------------------|----------------------------|
| 120 | 0.15 | 60 | 0 |
| | 0.25 | | 0 |
| | 5 | | 0 |
| | 15 | | 0 |
| | 30 | | 0 |
| | 0.15 | 60 | -60 |
| | 0.25 | | -60 |
| | 5 | | -60 |
| | 15 | | -60 |
| | 30 | | -60 |
| 240 | 5 | 60 | 0 |
| | | | -60 |
| 480 | 5 | 60 | 0 |
| | | | -60 |

Tabla 2. Puntos de medición en la magnitud de energía eléctrica reactiva.

| Tensión (V) | Corriente (A) | Frecuencia (Hz) | Ángulo de fase (°) |
|------------------|--------------------|----------------------|----------------------------|
| 120 | 0.15 | 60 | -90 |
| | 0.25 | | -90 |
| | 5 | | -90 |
| | 15 | | -90 |
| | 30 | | -90 |
| | 0.15 | 60 | -30 |
| | 0.25 | | -30 |
| | 5 | | -30 |
| | 15 | | -30 |
| | 30 | | -30 |
| 240 | 5 | 60 | -90 |
| | | | -30 |
| 480 | 5 | 60 | -90 |
| | | | -30 |





El presente ensayo de aptitud pone a disposición de los laboratorios participantes 24 puntos de medición opcionales a los descritos anteriormente en las tablas 1 y 2. Estos puntos de medición opcionales se dividen en, 6 puntos de medición para energía eléctrica recibida (flujo negativo), 3 puntos de medición en diferencia de potencial eléctrico, 5 puntos de medición en corriente eléctrica, y 10 puntos de medición en ángulo de fase, los cuales se indican en las tablas 3, 4, 5, 6 y 7.

Los laboratorios interesados en participar en cualquier de los 24 puntos de medición opcionales deberán reportar el error relativo y absoluto de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$\text{Error relativo} = \frac{\text{Energía medida} - \text{Energía de referencia}}{\text{Energía de referencia}} \times 10^6 \frac{\mu\text{Wh}}{\text{Wh}} \text{ o } \frac{\mu\text{varh}}{\text{varh}} \quad (2)$$

$$\text{Error relativo} = \frac{\text{Tensión medida} - \text{Tensión de referencia}}{\text{Tensión de referencia}} \times 10^6 \frac{\mu\text{V}}{\text{V}} \quad (3)$$

$$\text{Error relativo} = \frac{\text{Corriente medida} - \text{Corriente de referencia}}{\text{Corriente de referencia}} \times 10^6 \frac{\mu\text{A}}{\text{A}} \quad (4)$$

$$\text{Error absoluto} = \text{Ángulo de fase medido} - \text{Ángulo de fase de referencia} \quad (^\circ) \quad (5)$$

Donde:

Tensión medida: Es la Tensión medida por el patrón viajero.

Tensión de referencia: Es la Tensión de referencia estimada por el laboratorio participante.

Corriente medida: Es la Corriente eléctrica medida por el patrón viajero.

Corriente de referencia: Es la Corriente eléctrica de referencia estimada por el laboratorio participante.

Ángulo de fase medida: Es el Ángulo de fase medida por el patrón viajero.

Ángulo de fase de referencia: Es el Ángulo de fase de referencia estimado por el laboratorio participante.



Tabla 3. Puntos de medición para energía eléctrica activa, flujo de energía negativo.

| Tensión (V) | Corriente (A) | Ángulo de fase (°) | Frecuencia (Hz) |
|----------------|------------------|--------------------------|--------------------|
| 120 | 5 | -180 | 60 |
| | 5 | 120 | 60 |
| | 5 | -120 | 60 |

Tabla 4. Puntos de medición para energía eléctrica reactiva, flujo de energía negativo.

| Tensión (V) | Corriente (A) | Ángulo de fase (°) | Frecuencia (Hz) |
|----------------|------------------|--------------------------|--------------------|
| 120 | 5 | 30 | 60 |
| | 5 | 90 | 60 |
| | 5 | 150 | 60 |

Tabla 5. Puntos de medición para diferencia de potencial eléctrico.

| Tensión (V) | Frecuencia (Hz) |
|----------------|--------------------|
| 120 | 60 |
| 240 | |
| 480 | |

Tabla 6. Puntos de medición para Corriente Eléctrica.

| Corriente (A) | Frecuencia (Hz) |
|------------------|--------------------|
| 0.15 | 60 |
| 0.25 | |
| 5 | |
| 15 | |
| 30 | |




Tabla 7. Puntos de medición para Ángulo de fase.

| Tensión (V) | Corriente (A) | Ángulo de fase (°) | Frecuencia (Hz) |
|------------------|--------------------|----------------------------|----------------------|
| 120 | 5 | 0 | 60 |
| 120 | 5 | -180 | |
| 120 | 5 | -60 | |
| 120 | 5 | 120 | |
| 120 | 5 | -120 | |
| 120 | 5 | -90 | |
| 120 | 5 | 90 | |
| 120 | 5 | -30 | |
| 120 | 5 | 30 | |
| 120 | 5 | 150 | |

Requisitos

Es indispensable que el laboratorio participante complete su proceso administrativo de inscripción, esto quiere decir que se establezca el vínculo contractual con el CENAM a la fecha de inicio del ensayo de aptitud. No se permitirá que existan participantes sin contrato firmado con el CENAM al inicio del Ensayo de Aptitud.

El ensayo de aptitud está orientado a laboratorios de calibración que realizan servicios de calibración a medidores de energía eléctrica activa y reactiva, cuyo sistema de calidad esté basado en la norma NMX-EC-17025-IMNC-2018. El participante deberá cumplir con la siguiente lista de competencias:

- 1 Contar con patrones de generación y medición adecuados para calibrar medidores de energía eléctrica en armonía con las CMC del laboratorio.
- 2 Contar con personal capacitado en métodos de medición y en la estimación de incertidumbre correspondiente en las magnitudes de energía eléctrica activa y energía eléctrica reactiva



3 Contar con personal capacitado en la implementación de la norma NMX-EC-17025-IMNC-2018, o su equivalente.

Es posible participar al ensayo de aptitud para los laboratorios de calibración sin acreditación, la coordinación técnica del CENAM se pondrá en contacto con los interesados para recibir la información previamente mencionada.

Una vez evaluados los requisitos se le notificará su posible participación para dar inicio al proceso administrativo.

Patrón viajero

Se utilizarán como patrones viajeros dos medidores de energía eléctrica propiedad del Centro Nacional de Metrología. Estos instrumentos de medición aseguran una mínima incertidumbre por deriva en el tiempo, se eligieron para discriminar las componentes de incertidumbre asociadas con las capacidades de medición propias de los laboratorios participantes respecto de las componentes de incertidumbre propias de este patrón de referencia

Descripción del ensayo

Los laboratorios participantes serán incorporados en grupos de participación, los cuales definirán el orden de participación de cada laboratorio participante. El número de grupos dependerá del número de participantes inscritos al ensayo de aptitud. El orden de participación será definido por la ubicación geográfica de los participantes, de tal manera que, el último laboratorio participante de cada grupo se ubique lo más cerca geográficamente de las instalaciones del CENAM.

El primer laboratorio participante de cada grupo deberá recoger el patrón viajero en las instalaciones del CENAM. El siguiente participante es responsable de recoger personalmente el patrón viajero en las instalaciones del participante anterior, a fin de minimizar los riesgos de transporte y que el ejercicio pudiera quedar incompleto debido a algún cambio en las características metrológicas del patrón viajero.

El último laboratorio participante deberá entregar el patrón viajero directamente en las instalaciones del CENAM.

Cada participante contará con 5 días hábiles para realizar mediciones. Este tiempo incluye la entrega del patrón viajero al siguiente participante.





Resultados

Una semana después de la entrega del patrón viajero al siguiente participante, el laboratorio participante deberá registrar en el módulo web de participación la siguiente información:

1. Los resultados en el formato en el que cotidianamente entrega un informe de calibración a sus clientes.
2. Los resultados en el formato indicado en el anexo I.
3. El presupuesto de incertidumbre, conforme con lo establecido en el anexo II.
4. Certificado de calibración de su patrón de referencia.
5. Registro de mediciones, cálculo del error y estimación de incertidumbre.
6. Registro ambiental de temperatura y humedad de su laboratorio durante el periodo de las mediciones.
7. Copia de las capacidades de medición y calibración (CMCs).
8. Evidencia de competencia técnica conforme a lo descrito en los requisitos.

Si el laboratorio participante no entrega toda la información mencionada anteriormente en la fecha establecida, se considerará que el laboratorio ha **ABANDONADO** el ensayo de aptitud, siendo esta decisión irrevocable e inapelable.

Criterio de evaluación de resultados

El criterio de evaluación es el error normalizado

Valores de $|E_n| > 1$ indican resultados no satisfactorios.

Valores de $|E_n| \leq 1$ indican resultados satisfactorios.

Adicionalmente y con el propósito de fortalecer la información reportada en las Capacidades de Medición y Calibración de los participantes, se analizará la concordancia entre los valores de incertidumbre de calibración, reportados en los informes, en relación con los valores de incertidumbre declarados en sus CMCs.

Informe del ensayo de aptitud

Seis semanas después de la recepción del informe por parte del último participante, se entregará de forma individual a cada participante su informe final que contendrá los resultados de su participación.

Cada laboratorio participante contará con una semana para hacer comentarios respecto del informe individual, estos comentarios deberán ser enviados únicamente





por correo electrónico a la coordinación técnica del CENAM. Los comentarios recibidos en este periodo se analizarán y dictaminarán por la coordinación técnica del CENAM. Los posibles errores que motiven cambios en el informe final deben relacionarse con errores de captura exclusivamente previa verificación con el informe enviado por el participante, no hay opción de rectificación de resultados por parte de los participantes a posteriori.

El informe final estará permanentemente disponible en el sitio web de ensayos de aptitud, al cual podrán ingresar con su código de ingreso y la clave de participación.

Confidencialidad

Para mantener la confidencialidad respecto a la identificación de los laboratorios participantes, el CENAM asignará códigos que sólo serán conocidos por el laboratorio participante y el CENAM.

La identidad de los participantes en el ensayo de aptitud es confidencial y son conocidos únicamente por el personal del Centro Nacional de Metrología que participa en la ejecución del ensayo de aptitud.





ANEXO I. FORMATOS DE RESULTADOS.

Reporte de Resultados de Energía Eléctrica Activa

Laboratorio participante: _____
 Fecha de inicio de las mediciones: _____ Fecha de término de las mediciones: _____
 Condiciones ambientales durante las mediciones
 Temperatura (°C): _____ Humedad relativa (%): _____

| Tensión (V) | Corriente (A) | Ángulo de fase (°) | Frecuencia (Hz) | Tiempo de integración (s) | Número de mediciones (n) | Dispersión mediciones (Wh) | Energía medida (Wh) | Energía de Referencia (Wh) | Error relativo ± Incertidumbre $k = \frac{\pm}{\mu Wh / Wh}$ |
|------------------|--------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------|---------------------------------|---|
| 120 | 0.15 | 0 | 60 | | | | | | ± |
| | 0.25 | 0 | | | | | | | ± |
| | 5 | 0 | | | | | | | ± |
| | 15 | 0 | | | | | | | ± |
| | 30 | 0 | | | | | | | ± |
| | 0.15 | -60 | 60 | | | | | | ± |
| | 0.25 | -60 | | | | | | | ± |
| | 5 | -60 | | | | | | | ± |
| | 15 | -60 | | | | | | | ± |
| | 30 | -60 | | | | | | | ± |
| 240 | 5 | 0 | 60 | | | | | | ± |
| | 5 | -60 | | | | | | | ± |
| 480 | 5 | 0 | 60 | | | | | | ± |
| | 5 | -60 | | | | | | | ± |





Reporte de Resultados de Energía Eléctrica Reactiva

Laboratorio participante: _____
 Fecha de inicio de las mediciones: _____ Fecha de término de las mediciones: _____
 Condiciones ambientales durante las mediciones
 Temperatura (°C): _____ Humedad relativa (%): _____

| Tensión (V) | Corriente (A) | Ángulo de fase (°) | Frecuencia (Hz) | Tiempo de integración (s) | Número de mediciones (n) | Dispersión mediciones (varh) | Energía medida (varh) | Energía de Referencia (varh) | Error relativo ± Incertidumbre k = _____ (μvarh/varh) |
|------------------|--------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|---|
| 120 | 0.15 | -90 | 60 | | | | | | ± |
| | 0.25 | -90 | | | | | | | ± |
| | 5 | -90 | | | | | | | ± |
| | 15 | -90 | | | | | | | ± |
| | 30 | -90 | | | | | | | ± |
| | 0.15 | -30 | 60 | | | | | | ± |
| | 0.25 | -30 | | | | | | | ± |
| | 5 | -30 | | | | | | | ± |
| | 15 | -30 | | | | | | | ± |
| | 30 | -30 | | | | | | | ± |
| 240 | 5 | -90 | 60 | | | | | | ± |
| | 5 | -30 | | | | | | | ± |
| 480 | 5 | -90 | 60 | | | | | | ± |
| | 5 | -30 | | | | | | | ± |





ANEXO II. PRESUPUESTO DE INCERTIDUMBRE

El participante deberá declarar las componentes asociadas a la incertidumbre de medición de los resultados reportados, y debe contener al menos la siguiente información:

- El modelo de medición
- Fuentes de incertidumbres
- Las funciones de densidad de probabilidad aplicadas
- Tipo de evaluación de la incertidumbre de medición
- Incertidumbre estándar de cada fuente
- Coeficiente de sensibilidad
- Contribución de cada fuente a la incertidumbre combinada
- Grados de libertad
- Incertidumbre combinada
- Grados efectivos de libertad
- Factor de cobertura
- Incertidumbre expandida

El presupuesto de incertidumbre se deberá entregar en una hoja de archivo de Excel en formato libre.

A continuación, se muestra un ejemplo del reporte de contribuciones de incertidumbre:





Ejemplo de reporte de contribuciones de incertidumbre

| Punto de calibración | | Fuente de incertidumbre 1 (ejemplo: dispersión mediciones) | | | | | | Fuente de incertidumbre 2 | | | | | | Fuente de incertidumbre x | Incertidumbre combinada U(y) | Grados efectivos de libertad V _{eff} | Factor de cobertura k | Incertidumbre expandida U(y) |
|----------------------|--|---|----------------------------|-----------------------------|---|---|----------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|---|---|----------------------|---------------------------|------------------------------|---|-----------------------|------------------------------|
| | | Distribución de probabilidad | Método de Evaluación (A,B) | Incertidumbre estándar u(x) | Coefficiente de sensibilidad c _i | Contribución incertidumbre u _i (Y) | Grados de libertad v | Distribución de probabilidad | Método de Evaluación (A,B) | Incertidumbre estándar u(x) | Coefficiente de sensibilidad c _i | Contribución incertidumbre u _i (Y) | Grados de libertad v | ... | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| . | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| . | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| . | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

