

# Metrología de la densidad de flujo magnético con medidores de sonda tipo Hall de grado industrial

**Modalidad presencial**

## **DIRIGIDO A:**

Personas técnicas e ingenieras de laboratorios de medición, pruebas electromagnéticas, control de calidad, mantenimiento industrial, instrumentación y metrología que utilicen medidores portátiles de densidad de flujo magnético.

## **OBJETIVO:**

Brindar los conocimientos teóricos, prácticos y metroológicos necesarios para el uso correcto y seguro de medidores de densidad de flujo magnético tipo Hall (sonda transversal), comprendiendo los fundamentos del campo magnético, el principio físico de medición, las limitaciones del instrumento, la interpretación de resultados y los requisitos de control metroológico conforme a ISO/IEC 17025.

## **DESCRIPCIÓN:**

Este curso ofrece una formación integral sobre la medición de la densidad de flujo magnético, con énfasis en el uso correcto y trazable de medidores tipo Hall con sonda transversal. A lo largo de las sesiones, las personas que participan comprenderán los fundamentos físicos del campo magnético, el principio de funcionamiento del sensor Hall, los métodos de medición aplicables y las buenas prácticas metroológicas para garantizar resultados confiables.

El programa combina teoría, práctica y análisis metroológico, abordando desde los principios del flujo magnético hasta el cumplimiento con la norma ISO/IEC 17025. Se incluye también la revisión de ejemplos de calibración con referencia al CENAM y ejercicios prácticos con medidores de campo tipo portátil (de mano).

## **REQUISITOS:**

Formación escolar en nivel técnica superior o superior, calculadora científica.

Conocimientos básicos de los participantes:

- Conocimientos básicos de electromagnetismo
- Conocimientos en fundamentos de física
- Conocimientos de propósito y alcance de la ISO/IEC 17025
- Conocimientos elementales de seguridad en ambientes eléctricos y de laboratorio

## **PRECIO P/PERSONA PARTICIPANTE:**

\$10,800.00 más el 16% de IVA.  
(Diez mil ochocientos pesos 00/100 M. N.).

## **PERSONAS INSTRUCTORAS:**

Personal de la Dirección de Mediciones Electromagnéticas.

## **DURACIÓN Y HORARIO:**

Curso de 24 horas.

3 sesiones de 8 horas cada una, en horario de 09:00 a 17:00 horas (Hora oficial zona centro:

[https://www.cenam.mx/hora\\_oficial/default2.aspx](https://www.cenam.mx/hora_oficial/default2.aspx)). Incluida 1 hora de comida y 2 recesos por sesión.

# Metrología de la densidad de flujo magnético con medidores de sonda tipo Hall de grado industrial

## **CONTENIDO:**

### Módulo 1. Fundamentos físicos del campo magnético

Objetivo: Comprender el origen, las propiedades y las unidades fundamentales del campo magnético, así como su relación con la densidad de flujo magnético.

Temas:

1. Conceptos básicos del magnetismo: imanes, corrientes eléctricas y materiales magnéticos.
2. Definición de campo magnético B (tesla) y vector H (A/m).
3. Líneas de flujo magnético y densidad de flujo.
4. Relación  $B = \mu H$  y permeabilidad magnética.
5. Campos generados por bobinas, imanes permanentes y materiales ferromagnéticos.
6. Superposición de campos y principios de homogeneidad.
7. Magnitudes derivadas: flujo total, inducción magnética, y gradientes de campo.

### Módulo 2. Principios de funcionamiento del medidor de densidad de flujo magnético (tipo Hall transversal)

Objetivo: Conocer los fundamentos del efecto Hall y cómo se emplea en los sensores transversales de los medidores de campo magnético.

Temas:

1. El efecto Hall: origen físico y ecuación fundamental.
2. Tipos de materiales semiconductores usados en sensores Hall.
3. Tipos de sondas (transversal, axial, diferencial).
4. Arquitectura del medidor: etapa de detección, amplificación, acondicionamiento de señal y conversión digital.
5. Influencia de la temperatura, linealidad y saturación del sensor.
6. Interpretación de la lectura: polaridad, dirección del campo y orientación del sensor.
7. Apoyo visual: Estructura interna de un medidor comercial.

### Módulo 3. Uso correcto del medidor y procedimiento de medición

Objetivo: Desarrollar las competencias prácticas para realizar mediciones confiables de densidad de flujo magnético.

Temas:

1. Preparación y verificación del instrumento antes de medir.
2. Acondicionamiento (calentamiento y estabilización) del sensor.
3. Medición de campo cero (offset).
4. Posicionamiento correcto de la sonda transversal respecto al vector B.
5. Lecturas en campo uniforme y no uniforme.

# Metrología de la densidad de flujo magnético con medidores de sonda tipo Hall de grado industrial

## **CONTENIDO:**

6. Repetibilidad y resolución de lectura.
7. Fuentes de error más comunes (ángulo radial, ángulo axial, vibración, interferencias magnéticas, temperatura).
8. Ejercicios de medición en laboratorio: medición sobre un imán, en una bobina y en un yugo magnético.
9. Análisis de resultados.

### Módulo 4. Metrología del campo magnético y trazabilidad

Objetivo: Entender la estructura metrológica nacional e internacional y la trazabilidad de las mediciones de densidad de flujo magnético.

Temas:

1. Definición de densidad de flujo magnético como propiedad medible.
2. Método de comparación directa y método de sustitución.
3. Patrones nacionales e internacionales (CENAM, KRISS, PTB, NIST).
4. Estructura de calibración: puntos fijos (ejemplo: 50 mT, 500 mT, 1 T).
5. Interpretación y uso de la información de un certificado de calibración.
6. Cálculo del error de calibración relativo.
7. Control de trazabilidad y periodo de recalibración (17025).
8. Ejemplo: análisis de un certificado de calibración emitido por el CENAM.

### Módulo 5. Control metrológico y sistema de calidad (ISO/IEC 17025)

Objetivo: Explicar los requisitos de gestión y técnicos aplicables a laboratorios que utilicen medidores de densidad de flujo magnético para brindar servicios al público.

Temas:

1. Requisitos técnicos de la norma ISO/IEC 17025: trazabilidad, incertidumbre y validación.
2. Requisitos de gestión: competencia del personal, control de equipos y aseguramiento de resultados.
3. Control metrológico del instrumento: bitácora, calibración interna, verificación y mantenimiento.
4. Registros requeridos y evidencias documentales.
5. Ejemplo de formato para registro de control metrológico.

### Módulo 6. Seguridad en la medición de campos magnéticos

Objetivo: Identificar los riesgos personales, eléctricos y ambientales asociados al uso de medidores de campo magnético.

# Metrología de la densidad de flujo magnético con medidores de sonda tipo Hall de grado industrial

## **CONTENIDO:**

### Temas:

1. Riesgos eléctricos en equipos con corriente.
2. Precauciones con fuentes magnéticas intensas (imanes permanentes, electroimanes).
3. Riesgos mecánicos y de atrapamiento con mensurandos rotatorios.
4. Consideraciones en ambientes de campo: atmósferas explosivas, alta tensión o radiación.
5. Normas de seguridad aplicables y equipo de protección personal.
6. Buenas prácticas de instalación y conexión de sondas.

### Módulo 7. Aplicaciones y selección del instrumento correcto

Objetivo: Conocer las aplicaciones industriales y científicas más comunes, y cómo seleccionar el intervalo correcto del medidor.

### Temas:

1. Aplicaciones típicas: medición sobre motores eléctricos, transformadores, imanes, instrumentos médicos, materiales magnéticos.
2. Identificación del intervalo operativo correcto (por ejemplo, medidores de 3%, 1% o de alta exactitud).
3. Limitaciones de medidor portátil (de mano) y cuándo usar un modelo de intervalo superior.
4. Comparación de especificaciones técnicas entre equipos de diferente alcance.
5. Ejemplo práctico de selección de instrumento según el mensurando.

### Módulo 8. Evaluación y práctica final

Objetivo: Evaluar las competencias adquiridas mediante un ejercicio completo de medición y análisis.

### Temas:

1. Ejercicio integrador: medición de campo en un imán calibrado.
2. Registro de datos y elaboración de hoja de resultados.
3. Evaluación del error.
4. Retroalimentación y cierre del curso.

## **INCLUYE:**

- Material del curso en formato electrónico.
- Constancia electrónica de participación y/o aprobación.
- Servicio de cafetería (o colación).
- Transporte Querétaro – CENAM – Querétaro:
- [www.cenam.mx/visitante/transportecursos.aspx](http://www.cenam.mx/visitante/transportecursos.aspx)

# Metrología de la densidad de flujo magnético con medidores de sonda tipo Hall de grado industrial

**NO INCLUYE:**

Servicio de comedor

**SEDE:**

Instalaciones del Centro Nacional de Metrología:

<http://www.cenam.mx/localizacion.aspx>

**MAYORES INFORMES:**

Teléfono: +52 (442) 2110500 ext. 3013, 3005.

Correo electrónico: [educontinua@cenam.mx](mailto:educontinua@cenam.mx)

**CUPO**  
**LIMITADO**

**INSCRIPCIÓN Y FORMAS DE PAGO:**

[www.cenam.mx/cursos/](http://www.cenam.mx/cursos/)