



**SENER**  
SECRETARÍA DE ENERGÍA



**INEEL**  
INSTITUTO NACIONAL  
DE ELECTRICIDAD Y  
ENERGÍAS LIMPIAS



**INEEL  
CECSE**  
CENTRO ESPECIALIZADO  
DE CAPACITACIÓN PARA  
EL SECTOR ENERGÍA

INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRICIDAD  
Y ENERGÍAS LIMPIAS

## Entrenamiento en análisis de vibraciones

**Créditos: 6**  
**40 horas**

### Objetivo

Formación de personal técnico capaz de manejar adecuadamente los conceptos de vibraciones mecánicas en sus equipos, sus estándares y normas.

### Específicos

- a. Identificar los conceptos más importantes en las vibraciones de maquinaria.
- b. Ser capaz de realizar diagnósticos de problemas sencillos de maquinaria a partir de la interpretación de las señales de vibración.
- c. Participar en los programas de mantenimiento predictivo de las máquinas a partir de interpretación de las señales de vibración.

### Dirigido

Dirigido a ingenieros(as) especialistas relacionados(as) con el diseño, mantenimiento y operación de centrales eléctricas nuevas y existentes,

interconectados al SEN, así como para unidades de verificación de instalaciones.

### Temario

1. Fundamentos de vibración: Cinemática
  - 1.1. Conceptos básicos
  - 1.2. Señales
  - 1.3. Movimiento Armónico Simple
2. Parámetros, símbolos y unidades
  - 2.1 Amplitud vs Tiempo
  - 2.2 Periodo y frecuencia
  - 2.3 Velocidad angular
  - 2.4 Fase
  - 2.5 Valores 0-p, p-p, RMS
  - 2.6 Unidades y conversiones
  - 2.7 Vibraciones no simples
3. Sistemas de un solo grado de libertad: Dinámica
  - 3.1 Clasificación de las vibraciones
  - 3.2 Vibración libre sin amortiguamiento
  - 3.3 Vibración libre con amortiguamiento
  - 3.4 Tipos de amortiguamiento
  - 3.5 Vibración forzada sin amortiguamiento
  - 3.6 Vibración forzada con amortiguamiento
  - 3.7 Excitación por fuerzas de inercia
  - 3.8 Transmisión de vibraciones
4. Vibración armónicamente excitada Ecuación de movimiento
  - 4.1 Respuesta de un sistema no amortiguado a una fuerza armónica
  - 4.2 Respuesta de un sistema amortiguado a una fuerza armónica
  - 4.3 Respuesta de un sistema amortiguado a una fuerza armónica de la base



- 4.4 Respuesta de un sistema amortiguado a desbalance rotatorio
- 4.5 Vibraciones forzadas con diversos tipos de amortiguamiento
- 5. Detección de vibraciones
  - 5.1 Introducción
  - 5.2 Detección de señales
  - 5.3 Necesidades en la detección de vibraciones
- 6. Instrumentación
  - 6.1 Clasificación de transductores
  - 6.2 Sensores de desplazamiento
  - 6.3 Selección de transductores
  - 6.4 Sensores de Velocidad
  - 6.5 Sensores de Aceleración
  - 6.6 Otros sensores
- 7. Acondicionamiento de señales
  - 7.1 Introducción: Instrumentación básica
  - 7.2 Filtros
  - 7.3 Amplificadores
  - 7.4 Generadores de pulsos
  - 7.5 Fuentes de alimentación
  - 7.6 Analizadores en el dominio de la frecuencia
  - 7.7 Grabadoras
  - 7.8 Equipos e instrumentos especiales
- 8. Análisis de Espectros y Monitoreo
  - 8.1 Espectro de Fourier mediante la FFT
  - 8.2 Criterio de Nyquist
  - 8.3 Aliasing
  - 8.4 Filtros
  - 8.5 Ventanas en análisis espectral
  - 8.6 Resolución espectral y tiempo de captura
  - 8.7 Celdas
  - 8.8 Promedios
  - 8.9 Rango dinámico
- 9. Normas aplicables a las vibraciones
  - 9.1 Normas ISO
  - 9.2 Normas NOM
  - 9.3 Otros criterios
  - 9.4 Gráficas de severidad
- 10. Aplicaciones del análisis espectral
  - 10.1 Desbalance
  - 10.2 Desalineamiento
  - 10.3 Frecuencias generadas por chumaceras
  - 10.4 Motores eléctricos
  - 10.5 Paso de álabes y aspas
  - 10.6 Cajas de engranes
  - 10.7 Vibraciones de maquinaria recíproca
  - 10.8 Coincidencias de frecuencias naturales
  - 10.9 Vibraciones en estructuras y tuberías
- 11. Diagnóstico de fallas en máquinas basado en las vibraciones
  - 11.1 Desbalance
  - 11.2 Desalineamiento
  - 11.3 Pérdidas mecánicas
  - 11.4 Chumaceras de bolas
  - 11.5 Aflojamiento de chumaceras
  - 11.6 Engranes
  - 11.7 Bandas
  - 11.8 Impulsores, aspas, álabes
  - 11.9 Motores eléctricos
  - 11.10 Resonancias
  - 11.11 Fisuras
- 12. Determinación de frecuencias y modos naturales
  - 12.1 Introducción
  - 12.2 Fórmula de Dunkerley
  - 12.3 Método de Rayleigh
  - 12.4 Método de Holzer
  - 12.5 Método del Eigen problema
  - 12.6 Método del elemento finito
  - 12.7 Métodos energéticos

- 13. Control de la vibración
  - 13.1 Introducción
  - 13.2 Reducción de fuerzas vibratorias
  - 13.3 Cambios en la rigidez
  - 13.4 Cambios en la masa
  - 13.5 Balanceo de rotores
  - 13.6 Sintonización
  - 13.7 Aislamiento de la vibración
  - 13.8 Absorción
  
- 14. Balanceo
  - 14.1 Balanceo en un plano
  - 14.2 Balanceo en dos planos
  - 14.3 Método de operadores
  - 14.4 Coeficientes de influencia
  - 14.5 Balanceo modal

## Instructor



**Dr. Rafael García  
Illescas**

Es ingeniero mecánico egresado del Instituto Tecnológico de Orizaba (1993). Tiene el grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Mecánica otorgado por el Instituto Politécnico Nacional en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (2001) y el grado de Doctor en Ciencias en Ingeniería Mecánica otorgado también por el IPN ESIME (2016). Desde 1994 ha colaborado en la Gerencia de

Turbomaquinaria del Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias en el campo del análisis estructural, análisis de fallas, fatiga, fractura y extensión de vida útil de componentes de Turbomaquinaria. Ha incursionado en el análisis de flujo de fluidos y transferencia de calor en álabes y toberas de turbinas de gas para calcular los esfuerzos térmicos y mecánicos que disminuyen la vida útil por fatiga térmica y termofluencia. Ha participado en la evaluación de integridad mecánica de diversas turbinas hidráulicas. Su área de investigación en los posgrados ha sido el análisis de sistemas dinámicos, vibraciones mecánicas y detección de daño estructural principalmente en rotores. Realizó una estancia de investigación doctoral en la Universidad de Trieste en Italia en 2014 realizando análisis modal experimental de estructuras dañadas. Ha sido profesor en Ingeniería Mecánica en diversas universidades. (Cédulas profesionales: 48996 de licenciatura, 5914697 de maestría y en trámite la de doctorado)