ANÁLISIS DE VIBRACIONES

MANUAL DE FORMACIÓN PARA TÉCNICOS ANALISTAS CAT I

SANTIAGO GARCÍA GARRIDO



renovetec
ingeniería

ANÁLISIS DE VIBRACIONES

MANUAL DE FORMACIÓN PARA TÉCNICOS ANALISTAS CAT I



Documentalista:
Puri Ortíz Guevara
Maquetación:
Sandra Romero Del Cerro
Coordinación Campus Virtual:
Rebeca Martín Muñoz
(www.campusrenovetec.com)

ISBN: 978-84-09-90894-3
DEPÓSITO LEGAL: M-28389-2026

© Santiago García Garrido 2026
Todos los derechos reservados. Prohibida la reproducción de textos o gráficos de este documento por cualquier medio sin el consentimiento expreso del titular del copyright.
Las copias digitales de este documento están estrictamente prohibidas.

Índice

Unidad 1. Conceptos Generales 11

1.1. La norma ISO 18436 11

1.1.1. Alcance 12

1.1.2. Roles del analista (CAT I al IV) y requisitos de certificación 12

1.1.3. Limitaciones del nivel CAT I según la norma 13

1.2. Mantenimiento basado en la condición (CBM) 13

1.2.1. ¿Qué es el mantenimiento basado en la condición? 14

1.2.2. Diferencia entre mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo 14

1.3. Por qué vibra una máquina y qué nos dice esa vibración 19

1.4. Tipos de vibración en maquinaria 20

1.4.1. Vibración libre vs vibración forzada 20

1.4.2. Vibraciones estructurales vs vibraciones de máquina 21

Unidad 2. Principios básicos de la vibración 23

2.1. ¿Qué es la vibración? 23

2.1.1. Movimiento Armónico Simple: el modelo masa-resorte 23

2.1.2. Amortiguamiento 24

2.2. Parámetros de la vibración 25

2.2.1. Amplitud: Pico, Pico a Pico y RMS 25

2.2.2. Frecuencia: Hz, CPM y órdenes 26

2.2.3. Fase: concepto básico de relación temporal entre señales 27

2.3. Desplazamiento, velocidad y aceleración 28

2.4. Qué parámetro usar en cada caso 29

2.5. La resonancia 29

2.5.1. Frecuencia natural y velocidad crítica 30

2.5.2. El factor de amplificación y el papel del amortiguamiento 30

2.5.1. Frecuencia natural y velocidad crítica 30

2.5.3. Cómo identificar una resonancia 31

Unidad 3. Equipos de medición 35

3.1. Sensores 35

3.1.1. Tipos de sensores 36

3.1.2. Características técnicas relevantes de los sensores 39

3.1.3. Montaje del sensor 40

3.2. Analizadores de vibraciones 45

3.2.1. Tipos de analizadores 45

3.2.2. Parámetros de configuración básica 47

3.3. Señal de medición y parámetros disponibles 49

3.4. Calibración y verificación del equipo 49

Unidad 4. Adquisición de datos 50

4.1. Puntos de medición 50

4.1.1. Nomenclatura y codificación de puntos 51

4.1.2. Direcciones de medición: horizontal, vertical y axial datos 52

4.1.3. Criterios para la selección de puntos representativos 52

4.1.4. Repetibilidad 57

4.2. Condiciones de operación 60

4.2.1. Estado mínimo requerido antes de medir 60

4.2.2. Influencia de la carga, la velocidad y la temperatura 61

4.3. Rutas de medición 66

4.3.1. Criterios para el diseño de rutas 67

4.3.2. Frecuencia de medición 67

4.4. Procedimiento de medición en campo 68

4.4.1. Preparación antes de la medición 68

4.4.2. El asentamiento del sensor (settling time) 68

4.4.3. Ruido electrónico e interferencias 69

4.4.4. Verificación de la señal y detección de señales erróneas 69

4.5. Errores frecuentes en la toma de datos 71

4.5.1. Errores de montaje y posicionamiento del sensor 71

4.5.2. Errores de configuración del equipo 72

4.5.3. Errores relacionados con las condiciones de operación 73

4.6. Registro y documentación de datos 73

4.6.1. Qué datos registrar y cómo 73

4.6.2. Importancia de la trazabilidad 74

4.6.3. Transferencia de datos al sistema de gestión 75

4.7. La cadena de medición 75

SANTIAGO GARCÍA GARRIDO 2026 ©

Unidad 5. Procesamiento de señal 77

5.1. La señal de vibración 77

5.1.1. Qué es una señal de vibración 78

5.1.2. Representaciones básicas de la señal 78

5.2. Dominio del tiempo 79

5.2.1. Señal en el tiempo (waveform) 79

5.2.2. Qué observar a simple vista 79

5.3. Dominio de la frecuencia 81

5.3.1. Concepto de frecuencia 81

5.3.2. Qué es un espectro 81

5.3.3. Interpretación básica 82

5.4. Transformada de Fourier (FFT) 83

5.4.1. Paso del tiempo a la frecuencia 83

5.4.2. Limitaciones básicas 83

5.5. Parámetros de configuración (set-up) 84

5.5.1. Rango de frecuencia (Fmax) 84

5.5.2. Líneas de resolución (LOR) 84

5.5.3. Promediado (averaging) 85

5.5.4. Ventanas (windowing) 85

5.6. Tipos de valores 86

5.6.1. RMS (valor eficaz) 86

5.6.2. Valor pico 86

5.6.3. Valor pico a pico 87

5.7. Filtros básicos 87

5.7.1. Tipos básicos de filtros 87

5.7.2. Aplicación práctica 88

5.8. Errores comunes en interpretación básica 88

Unidad 6. Técnicas básicas de análisis vibracional 89

6.1. Análisis de la forma de onda en el tiempo 90

6.2. Análisis espectral FFT 93

6.3. Análisis de fase 94

6.4. Análisis de la envolvente (demodulación) 97

6.5. Parámetros globales y tendencias 98

6.5.1. Parámetros empleados en el seguimiento 98

6.5.2. Seguimiento de tendencias 99

Unidad 7. Técnicas avanzadas de análisis vibracional 101

7.1. Análisis de orden (seguimiento de órdenes) 102
7.2. Análisis orbital 103
7.3. Análisis de cepstrum 105
7.4. Análisis de arranque y parada (rampas) 106
7.4. Análisis de arranque y parada (rampas) 108
7.6. Análisis de resonancias y ensayos modales 110
7.7. Análisis de deflexión operacional (ODS) 112

Unidad 8. Fallos comunes en maquinaria rotativa 115

8.1. Introducción al diagnóstico vibracional 116
8.1.1. Frecuencias características 116
8.1.2. Importancia de combinar distintas herramientas de análisis 117
8.1.3. Limitaciones del diagnóstico basado en una sola medida 118
8.2. Desequilibrio 119
8.2.1. Fundamento físico del desequilibrio 119
8.2.2. Síntomas mecánicos típicos 120
8.2.3. Firma temporal 120
8.2.4. Firma FFT 121
8.2.5. Influencia de la velocidad 121
8.2.6. Tipos de desequilibrio 122
8.2.7. Parámetros más útiles 124
8.2.8. Errores de diagnóstico frecuentes 124
8.2.9. Recomendaciones para el analista CAT I 125
8.3. Desalineación 126
8.3.1. Fundamento físico del fallo 126
8.3.2. Tipos de desalineación 126
8.3.3. Firma temporal 127
8.3.4. Firma FFT 128
8.3.5. Influencia del acoplamiento 128
8.3.6. Relación con temperatura y carga 129
8.3.8. Diferencia frente al desequilibrio 130
8.3.9. Parámetros más útiles 130
8.3.10. Errores de diagnóstico frecuentes 131
8.3.11. Recomendaciones para el analista CAT I 131

SANTIAGO GARCÍA GARRIDO 2026 ©

8.4. Holguras mecánicas 132
8.4.1. Fundamento físico del fallo 133
8.4.2. Tipos de holguras 133
8.4.3. Síntomas mecánicos típicos 135
8.4.4. Firma temporal 135
8.4.5. Firma FFT 136
8.4.6. Influencia de la carga y la operación 136
8.4.7. Diferencia frente a desequilibrio y desalineación 136
8.4.8. Parámetros más útiles 137
8.4.9. Errores de diagnóstico frecuentes 137
8.4.10. Recomendaciones para el analista CAT I 138
8.5. Fallos en rodamientos 139
8.5.1. Fundamento físico del fallo 139
8.5.2. Frecuencias características de rodamientos 140
8.5.3. Tipos de fallos en rodamientos 140
8.5.4. Firma temporal 142
8.5.5. Firma FFT 142
8.5.6. Análisis de envolvente 143
8.5.7. Evolución típica del fallo 144
8.5.8. Errores de diagnóstico frecuentes 144
8.5.9 Recomendaciones para el analista CAT I 144
8.6. Fallos en engranajes 146
8.6.1. Fundamento físico del fallo 146
8.6.2. Tipos de fallos en engranajes 147
8.6.3. Síntomas mecánicos típicos 148
8.6.4. Firma temporal 148
8.6.5. Firma FFT 148
8.6.6. Influencia de la carga 149
8.6.7. Parámetros más útiles 149
8.6.8. Errores de diagnóstico frecuentes 150
8.6.9. Recomendaciones para el analista CAT I 150
8.7. Problemas eléctricos en motores 151
8.7.1. Fundamento físico del fallo 152
8.7.2. Firma temporal 152
8.7.3. Firma FFT 154
8.7.4. Influencia de la carga 154

8.7.5. Influencia de los variadores de frecuencia 155
8.7.6. Diferencia entre problemas eléctricos y mecánicos 155
8.7.7. Parámetros más útiles 155
8.7.8. Errores de diagnóstico frecuentes 156
8.7.10. Recomendaciones para el analista CAT I 156
8.8. Cavitación e hidráulica 157
8.8.1. Fundamento físico del fallo 157
8.8.2. Tipos de fallos hidráulicos 158
8.8.3. Firma temporal 159
8.8.4. Firma FFT 160
8.8.5. Influencia del punto de operación 160
8.8.6. Relación con el NPSH 161

Unidad 9. Evaluación de severidad y normativa 163
9.1. Introducción a las normas ISO 10816 / ISO 20816 164
9.1.1. Finalidad y ámbito de aplicación de la serie ISO 20816 165
9.1.2. Evolución desde las normas ISO 10816 e ISO 7919 166
9.2. Estructura y campo de aplicación de la serie ISO 20816 167
9.2.1. ISO 20816-1: principios generales 168
9.2.2. ISO 20816-2: grandes turbinas y generadores 169
9.2.3. ISO 20816-3: maquinaria industrial 170
9.2.4. Aplicación a motores eléctricos 171
9.2.5. Procedimiento para seleccionar la parte aplicable 172
9.3. Valores de referencia, alerta y parada 173
9.4. Tendencia frente a valores absolutos 174

Unidad 10. Seguridad y buenas prácticas 179
10.1. Seguridad durante la medición 179
10.1.1. Evaluación previa del entorno 180
10.1.2. Equipos de protección individual (EPI) 180
10.1.3. Acceso seguro a los puntos de medición 180
10.1.4. Atención durante la medición 181
10.2. Riesgos específicos en el análisis de vibraciones 181
10.2.1. Riesgos mecánicos 181
10.2.2. Riesgos eléctricos 181
10.2.3. Bloqueo y consignación (LOTO) 182

SANTIAGO GARCÍA GARRIDO 2026 ©

10.2.4. Superficies calientes 182
10.2.5. Riesgos asociados a maquinaria crítica 182
10.3. Buenas prácticas en planta 183
10.3.1. Seguir procedimientos definidos 183
10.3.2. Cuidado del equipo 183
10.3.3. Conducta profesional en planta 183
10.3.4. Saber cuándo no medir 183
10.4. Comunicación de anomalías y limitaciones del analista 184
10.4.1. Qué debe comunicarse 184
10.4.2. Adaptación al interlocutor 184
10.4.3. Limitaciones del analista CAT I 185
10.5. Cultura de seguridad y fiabilidad 185

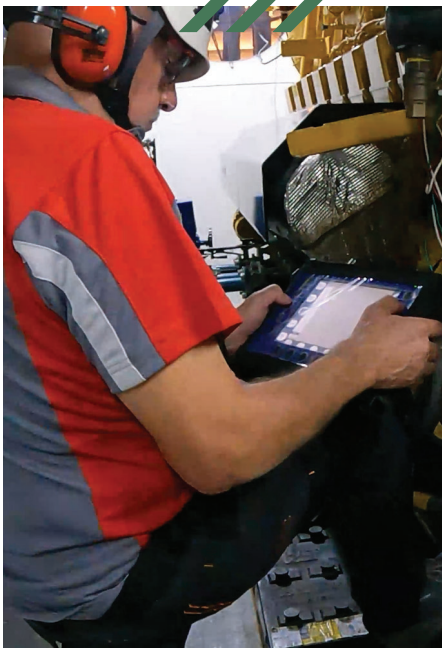
Unidad 1. Conceptos Generales

El mantenimiento industrial ha evolucionado significativamente en las últimas décadas. Frente a los enfoques tradicionales, actuar cuando la máquina falla o intervenir según un calendario fijo, el mantenimiento basado en la condición propone algo distinto: tomar decisiones a partir del estado real del equipo. El análisis de vibraciones es una de las herramientas principales de este enfoque.

En este capítulo se presentan los fundamentos conceptuales sobre los que se construye el resto del manual. Se explica qué es el mantenimiento basado en condición, qué papel juega el análisis de vibraciones dentro de él, y qué marco profesional regula la certificación de los analistas mediante la norma ISO 18436-2. También se sitúa con claridad el rol del analista CAT I dentro de ese marco: qué se espera de él, qué puede hacer y dónde están sus límites.

1.1. La norma ISO 18436

La norma ISO 18436 define los requisitos que deben cumplir los profesionales dedicados al monitoreo de la condición de maquinaria, incluyendo el análisis de vibraciones. En particular, la ISO 18436-2 establece los conocimientos, las habilidades y la experiencia exigidos a un analista según su nivel de certificación.



Es importante entender que esta norma no es un manual técnico de vibraciones: no explica cómo realizar un análisis ni cómo diagnosticar un fallo.

Su función es establecer un marco común que garantice que los profesionales certificados poseen una base sólida y homogénea a nivel internacional, de modo que una certificación sea reconocida con independencia del país o la industria en que se haya obtenido.

1.1.1. Alcance

La norma ISO 18436-2 abarca al personal que realiza mediciones, análisis y diagnóstico de vibraciones en maquinaria. Define los requisitos de formación teórica, la experiencia práctica necesaria y los criterios de evaluación mediante examen.

Además, establece una clasificación por niveles de competencia, lo que permite diferenciar claramente entre el personal que únicamente adquiere datos y los especialistas capaces de realizar análisis avanzados. Esta estructura resulta fundamental para organizar correctamente un programa de mantenimiento basado en la condición.

1.1.2. Roles del analista (CAT I al IV) y requisitos de certificación

La norma clasifica a los analistas en cuatro categorías, con un nivel creciente de responsabilidad y conocimiento.

- **Categoría I.** Personal encargado de realizar mediciones de vibración. Su función principal es adquirir datos de forma correcta, siguiendo procedimientos establecidos, y garantizar que las mediciones sean fiables y repetibles.
- **Categoría II.** El analista ya tiene capacidad para interpretar datos y realizar diagnósticos básicos. Puede identificar fallos comunes, como desbalanceo o desalineación, y recomendar acciones correctivas.
- **Categoría III.** Especialistas con conocimiento más profundo. Pueden diseñar programas de monitoreo, analizar problemas complejos y validar diagnósticos realizados por analistas de niveles inferiores.
- **Categoría IV.** Es el nivel más alto. Expertos capaces de definir estrategias globales de mantenimiento predictivo, realizar análisis avanzados y abordar problemas complejos desde un enfoque integral.

Para acceder a cada nivel, la norma exige una combinación de formación teórica, experiencia práctica documentada y la superación de un examen de certificación.

SANTIAGO GARCÍA GARRIDO 2026 ©

RECUERDA

Los analistas CAT I, están capacitados para realizar la toma de datos rutinaria con instrumentos preconfigurados, registrar mediciones globales de vibración, comparar valores frente a alarmas establecidas y reportar las lecturas conforme a los procedimientos definidos. No les corresponde configurar rutas ni instrumentos, modificar parámetros de medición, realizar análisis espectral o diagnóstico de fallos, ni emitir recomendaciones sobre el estado de la maquinaria; esas tareas pertenecen a categorías superiores (II, III y IV) según la norma ISO 18436-2

1.1.3. Limitaciones del nivel CAT I según la norma

Comprender las limitaciones del nivel CAT I es esencial para evitar errores en la práctica. Un analista de este nivel está capacitado para realizar mediciones de vibración de forma correcta, detectar cambios en los niveles de vibración e identificar condiciones anormales evidentes. Sin embargo, no está preparado para realizar diagnósticos complejos ni para interpretar patrones avanzados en los espectros de vibración.

Su papel es, no obstante, fundamental: toda la información generada en el proceso de mantenimiento predictivo depende directamente de la calidad de los datos que él recoge. Una medición incorrecta puede conducir a conclusiones erróneas, incluso cuando el análisis posterior sea realizado por personal experimentado. El trabajo del analista CAT I es, por tanto, la base sobre la que se construye todo el proceso de diagnóstico.

1.2. Mantenimiento basado en la condición (CBM)

El mantenimiento basado en la condición representa un cambio de enfoque respecto a las estrategias tradicionales de mantenimiento. En lugar de intervenir los equipos en función del tiempo transcurrido o las horas de uso, las decisiones se toman a partir del estado real de la máquina, lo que mejora la eficiencia del mantenimiento y reduce tanto los costes como el riesgo de fallos inesperados.