



PREDICTIVA

MONITOREO DE CONDICIÓN | MANTENIMIENTO PREDICTIVO

ANÁLISIS DE VIBRACIONES

FUNDAMENTOS, DIAGNÓSTICO
Y APLICACIONES PRÁCTICAS

MANUAL TÉCNICO Y DIDÁCTICO



Por:

ANDRÉS VILLAMARÍN

ESPECIALISTA EN VIBRACIONES NIVEL 3

Certificado y con experiencia en
análisis de vibraciones y mantenimiento
predictivo en maquinaria industrial.



**ADASH
A4900**
Analizador de Vibraciones



**ADASH
A4300 VA4 Pro**
Analizador de Vibraciones



**ADASH
440**
Acelerómetro IEPE



**ADASH
Phantom®**
Sensores Inalámbricos



CONCEPTOS CLAROS

Explicados de forma
simple y práctica



DIAGNÓSTICO EFECTIVO

Identificación precisa de fallas
en maquinaria rotativa



CASOS REALES

Ejemplos de campo
y aplicaciones reales



EXPERIENCIA

Basado en experiencia de campo
y estándares internacionales

LA VIBRACIÓN CAMBIA ANTES DE QUE LA MÁQUINA **FALLE**

ADASH
LEADING VIBRATION MEASUREMENT



Contenido

1. INTRODUCCIÓN A LAS VIBRACIONES	3
2. SEÑALES, SENSORES Y BANDAS DE FRECUENCIA	18
3. ESPECTROS Y FFT	25
4. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS Y NORMAS	28
5. ANÁLISIS DE FRECUENCIA Y DIAGNÓSTICO	34
CONCLUSIÓN	41





MANUAL – FUNDAMENTOS DE VIBRACIONES

1. INTRODUCCIÓN A LAS VIBRACIONES

El análisis de vibraciones, tal como lo conocemos hoy, no nació como una técnica sofisticada ni como el resultado inmediato de avances tecnológicos. Su origen es mucho más humano, más intuitivo y profundamente ligado a la experiencia del técnico frente a la máquina. Mucho antes de la existencia de sensores, software o normas internacionales, ya existía una forma primitiva de diagnóstico: escuchar.

En los primeros años de la industria, cuando las máquinas comenzaban a formar parte esencial de los procesos productivos, los operarios desarrollaron una sensibilidad particular hacia su comportamiento. Se acercaban a los equipos, los tocaban, percibían sus cambios y, en muchos casos, utilizaban herramientas simples como destornilladores para transmitir las vibraciones hasta el oído. Aquella práctica, que hoy puede parecer rudimentaria, representó el primer paso hacia el entendimiento de que las máquinas “hablan” a través de sus vibraciones. En ese momento, la vibración no era medida, sino percibida.

Con el paso del tiempo, esta percepción empírica comenzó a encontrar sustento en la ciencia. Durante el desarrollo de la ingeniería moderna, surgieron modelos matemáticos que permitieron describir el comportamiento vibratorio de los sistemas mecánicos. Conceptos como masa, rigidez y amortiguamiento comenzaron a dar forma a una nueva manera de entender el movimiento. En este contexto, los aportes de Joseph Fourier marcaron un punto de inflexión fundamental. Su desarrollo matemático permitió demostrar que cualquier señal compleja puede descomponerse en una suma de ondas simples, sentando así las bases de lo que más adelante sería el análisis espectral.

A medida que la industria avanzaba, especialmente a mediados del siglo XX, surgió la necesidad de medir con mayor precisión lo que antes solo se intuía. Aparecieron los primeros instrumentos de medición, como los osciloscopios, que permitían visualizar las señales en el tiempo. Por primera vez, el comportamiento vibratorio podía observarse de manera gráfica. Sin embargo, esta representación presentaba una limitación importante: mostraba la vibración como un todo, sin distinguir claramente las diferentes fuentes que la generaban. La señal era visible, pero su interpretación seguía siendo compleja.





El verdadero cambio ocurrió con la llegada de la Transformada Rápida de Fourier (FFT), desarrollada en la década de 1960. Este avance permitió transformar las señales del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia, separando cada componente vibratorio y revelando su origen. A partir de este momento, el análisis de vibraciones dejó de ser únicamente observacional y se convirtió en una herramienta de diagnóstico altamente precisa. El espectro abrió una ventana al interior de la máquina, permitiendo identificar fallas específicas como desbalance, desalineación o defectos en rodamientos con un nivel de claridad nunca antes alcanzado.

Con esta nueva capacidad de análisis, la industria dio un paso más allá: ya no se trataba solo de entender qué estaba ocurriendo, sino de anticiparse a lo que iba a ocurrir. Así nació el mantenimiento predictivo. Durante las décadas siguientes, se desarrollaron metodologías, normas internacionales y estrategias de monitoreo que permitieron establecer límites, tendencias y criterios de evaluación. La vibración se convirtió en un indicador clave de la condición de los equipos, integrándose como una herramienta fundamental en la gestión del mantenimiento.

En la actualidad, el análisis de vibraciones continúa evolucionando de la mano de la tecnología. La incorporación de sensores inalámbricos, sistemas de monitoreo en tiempo real y algoritmos de análisis avanzado ha llevado esta técnica a un nuevo nivel. Hoy es posible supervisar el estado de una máquina de manera continua, desde cualquier lugar, e incluso aplicar inteligencia artificial para identificar patrones complejos. Sin embargo, a pesar de estos avances, la esencia de la técnica permanece intacta.

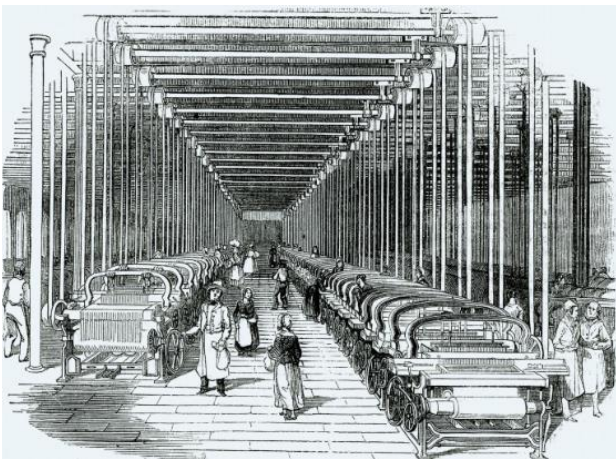
La vibración sigue siendo, en el fondo, una manifestación del comportamiento dinámico de la máquina. Lo que ha cambiado no es el fenómeno, sino nuestra capacidad de interpretarlo. Y en ese proceso, el rol del analista sigue siendo fundamental. Porque, aunque los equipos han evolucionado, el diagnóstico sigue dependiendo del criterio, la experiencia y la capacidad de comprensión de quien interpreta los datos.

En definitiva, el análisis de vibraciones es el resultado de una evolución que combina intuición, ciencia y tecnología. Es el paso de escuchar a medir, de medir a entender, y de entender a anticiparse. Y como toda herramienta poderosa, su verdadero valor no está únicamente en la tecnología que la respalda, sino en el conocimiento de quien la utiliza.



HISTORIA

Antes de la tecnología (años 1800 – 1920)



Antes de que existieran sensores, el análisis de vibraciones era 100% empírico.

Los técnicos:

- Escuchaban la máquina
- La tocaban
- Usaban herramientas como destornilladores para “amplificar” el sonido

Nacimiento científico (1900 – 1950)

Aquí aparece lo clave:

Joseph Fourier (siglo XIX)

- Matemático francés
- Desarrolló la base de la Transformada de Fourier

Era industrial (1950 – 1970)

Luego, en ingeniería:



- Se desarrollan modelos de vibración:
 - masa–resorte–amortiguador

- Se estudian fenómenos como:
 - resonancia
 - frecuencia natural



Con el crecimiento industrial (petróleo, energía, minería):

- Se empiezan a usar sensores básicos
- Se utilizan osciloscopios
- Se analizan señales en el tiempo (ondas)

Revolución del FFT (1965 – 1980)

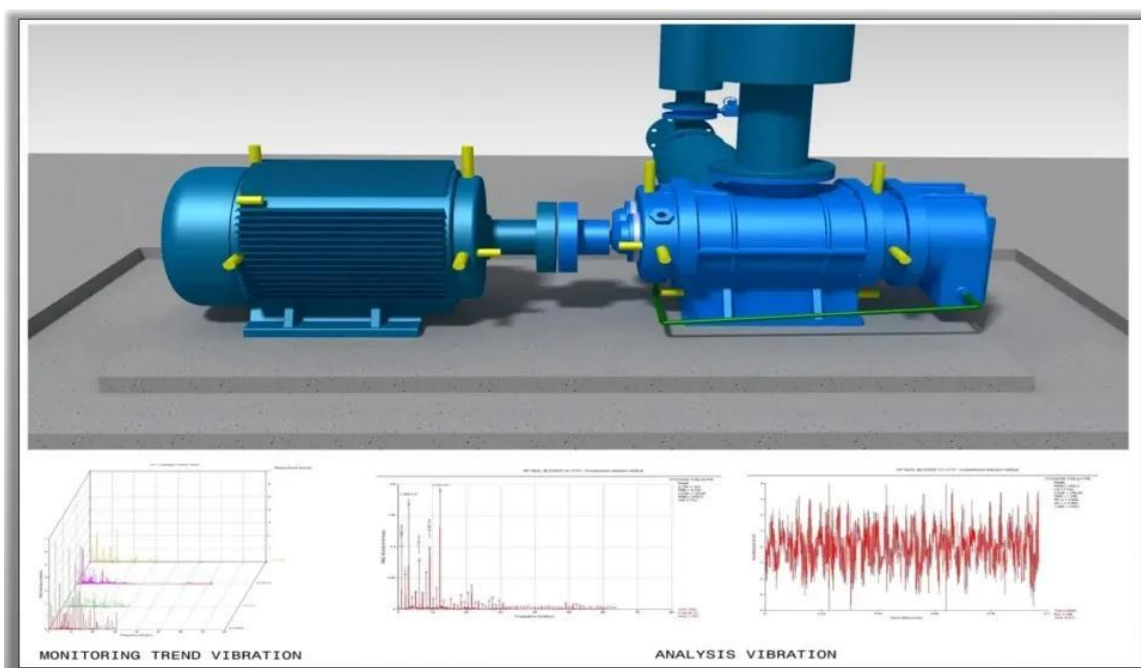
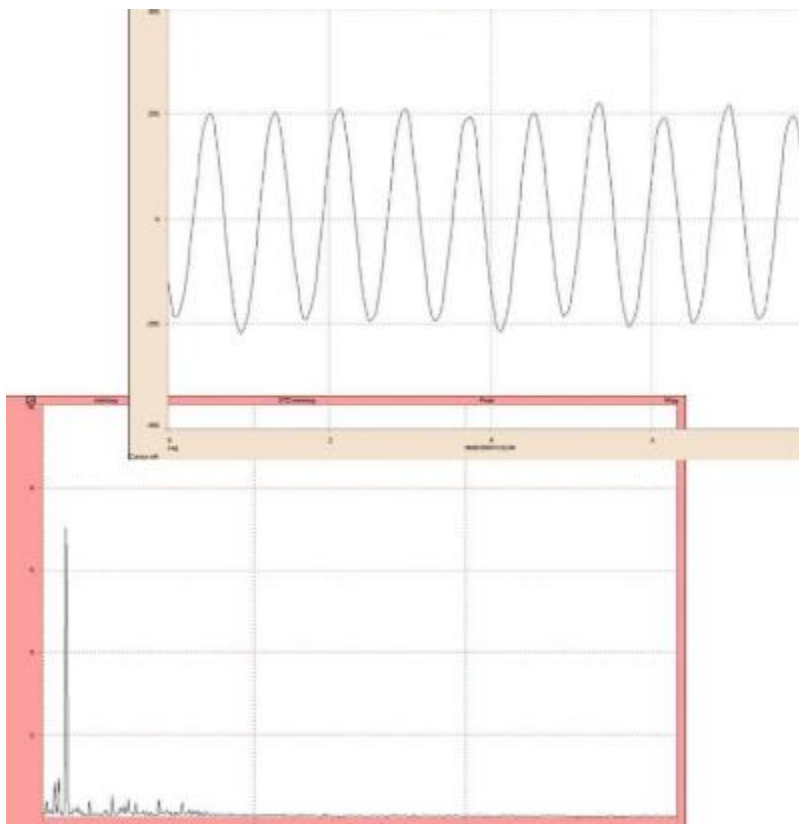
FFT (Fast Fourier Transform)

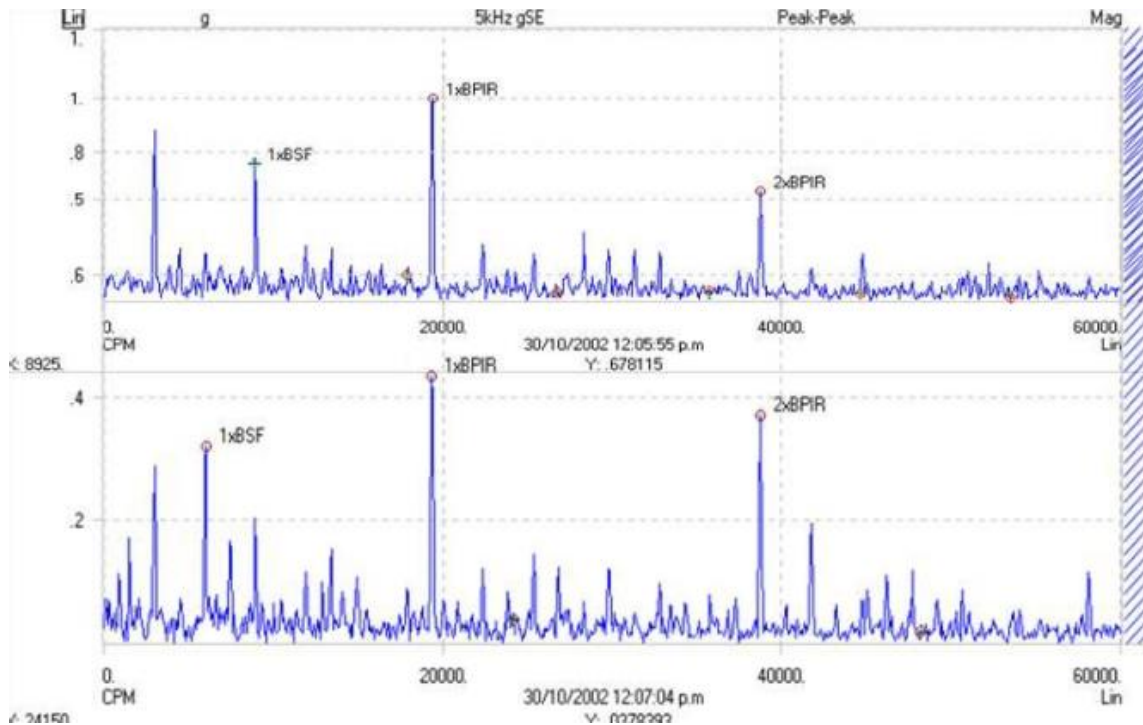
- Algoritmo desarrollado por Cooley y Tukey (1965)

Esto permitió:

- Convertir señales de tiempo → frecuencia
- Ver espectros en segundos







Era del mantenimiento predictivo (1980 – 2000)

Las empresas empiezan a entender:

“Podemos anticiparnos a las fallas”

Nacen conceptos como:

- Mantenimiento predictivo
- Monitoreo de condición
- Rutas de vibración

Se crean normas como:

- ISO 10816 (hoy 20816)





Era actual (2000 – hoy)

Hoy estamos en otra etapa:

- Sensores inalámbricos
- Monitoreo en tiempo real
- IA y machine learning



This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.



¿QUÉ ES LA VIBRACIÓN?

La vibración es el movimiento oscilatorio que experimenta una máquina durante su operación. En equipos rotativos, este fenómeno es completamente normal; sin embargo, su comportamiento cambia cuando existe una falla.

Según el material, la vibración es el resultado de fuerzas internas de la máquina, que se transmiten a través de los rodamientos y estructuras.

Estas fuerzas provienen principalmente de:

- Elementos rotativos (ejes, impulsores, balines)
- Fricción interna
- Interacción con el proceso
- Influencias externas

La vibración no es el problema, es el síntoma.

¿CÓMO SE GENERA LA VIBRACIÓN?

Las vibraciones se generan por fuerzas dinámicas dentro de la máquina. Estas fuerzas viajan desde el punto de origen hasta el rodamiento, donde son medidas.

Ejemplos:

- Un desbalance genera fuerza centrífuga
- Una desalineación genera esfuerzos periódicos
- Un rodamiento dañado genera impactos

FORMA DE ONDA (TIEMPO)

La forma de onda es la representación de la vibración en función del tiempo.

Es básicamente:

Cómo vibra la máquina en cada instante

Puede ser:

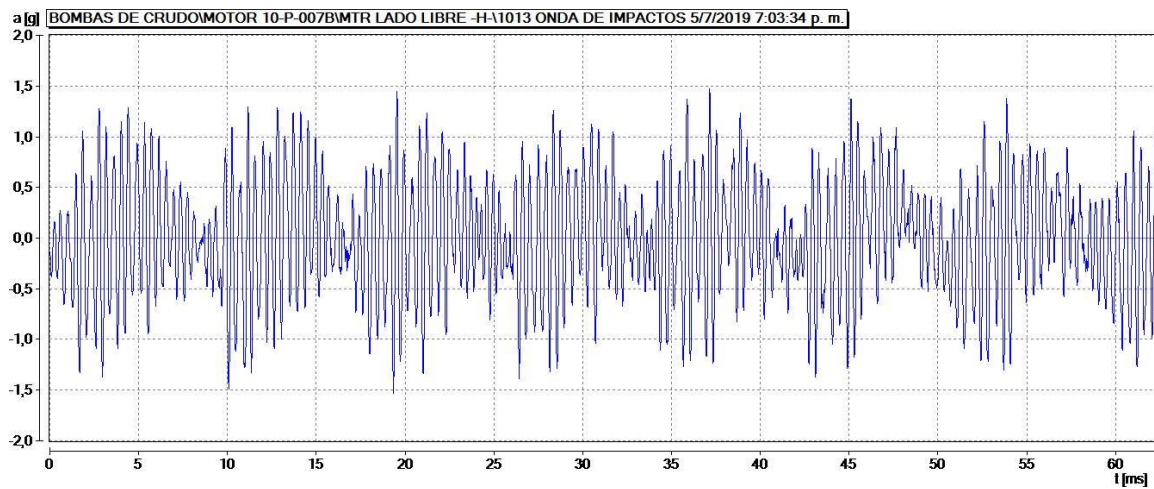
- Simple (onda sinusoidal → desbalance)
- Compleja (múltiples fallas combinadas)





El ejemplo del ventilador con una masa desbalanceada muestra que:

- Cada vuelta genera un pulso
- La señal se repite periódicamente



- La forma de onda muestra el comportamiento real
- Pero se vuelve difícil de interpretar cuando hay muchas fallas

FRECUENCIA Y PERÍODO

La frecuencia permite identificar el tipo de falla, mientras que el período facilita el reconocimiento de eventos repetitivos en la señal.

Unidades:

- Hz (ciclos/segundo)
- CPM (ciclos/minuto)
- RPM (velocidad de giro)

Relación:

- $\text{Hz} \times 60 = \text{CPM}$

Período:

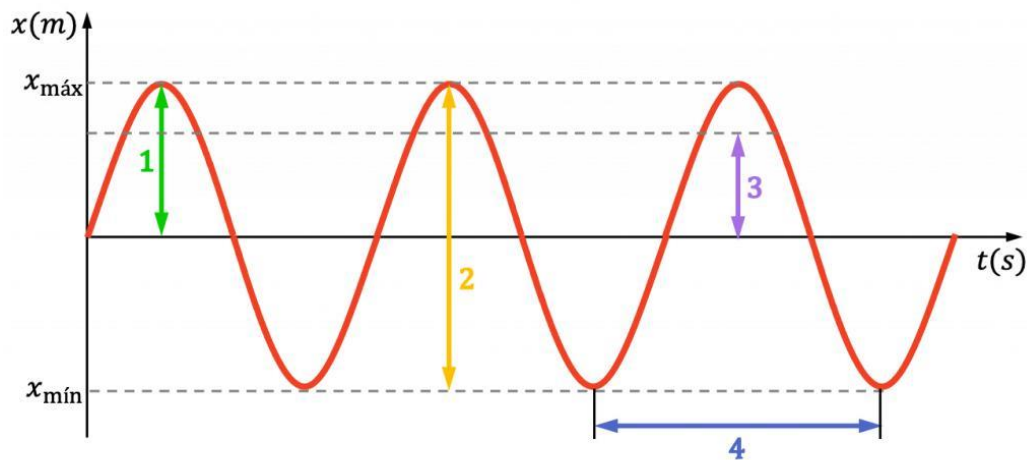
Es el tiempo que dura un ciclo

- Frecuencia → identifica la falla
- Período → ayuda a detectar eventos repetitivos





AMPLITUD (SEVERIDAD)



1 – Amplitud de onda

2 – Amplitud de pico a pico

3 – Amplitud eficaz

4 – Periodo

La amplitud representa la **cantidad de vibración**.

¿Qué tan fuerte vibra la máquina?

Tipos:

- Pico (Pk)
- Pico a pico (Pk-Pk)
- RMS (más usado en industria)

Relación importante:

- $RMS \approx 0.707 \times \text{Pico}$ (en onda sinusoidal)

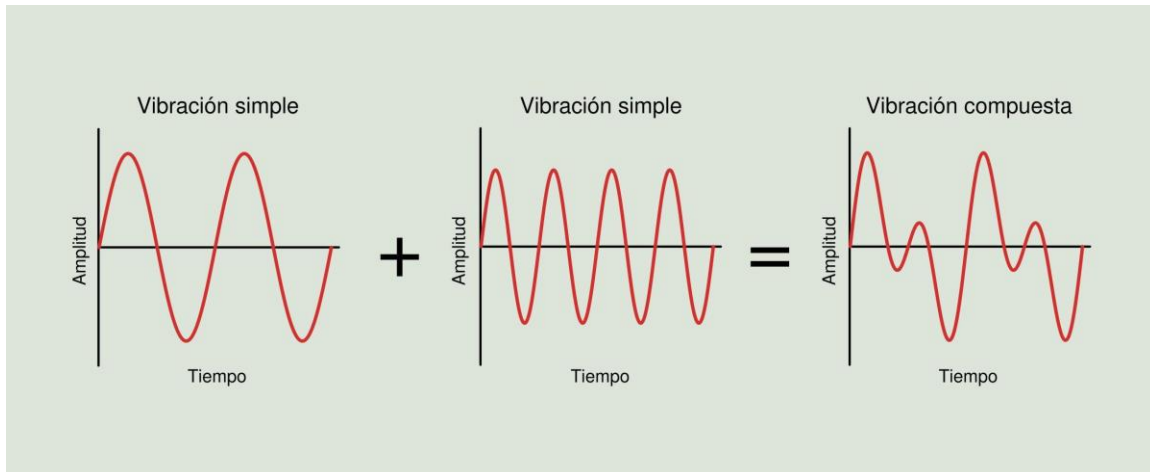
Clave práctica:

- Frecuencia → tipo de falla
- Amplitud → gravedad





VIBRACIÓN COMPLEJA



Las máquinas reales no tienen una sola fuente de vibración.

Tienen múltiples:

- Desbalance
- Rodamientos
- Engranajes
- Flujo

Todas se combinan en una sola señal compleja

ESPECTRO (FFT)

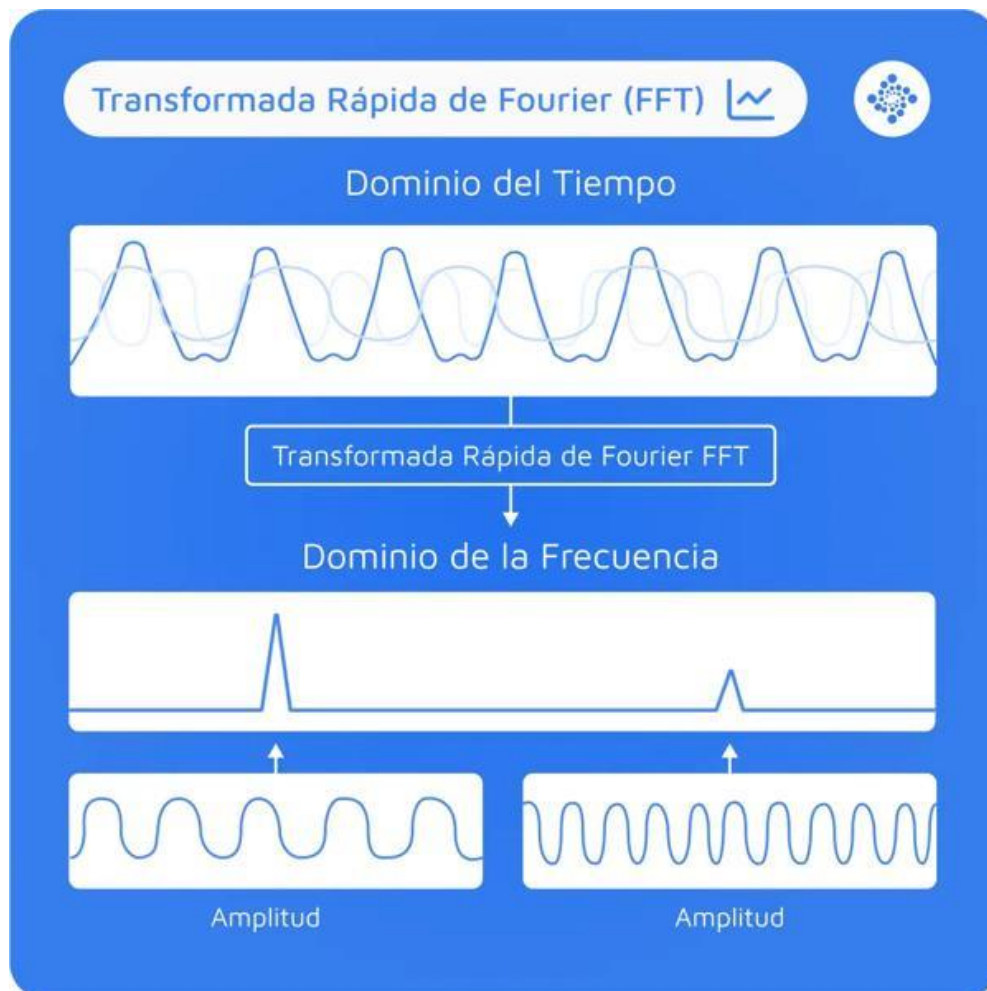
El espectro es la herramienta clave del análisis vibracional.

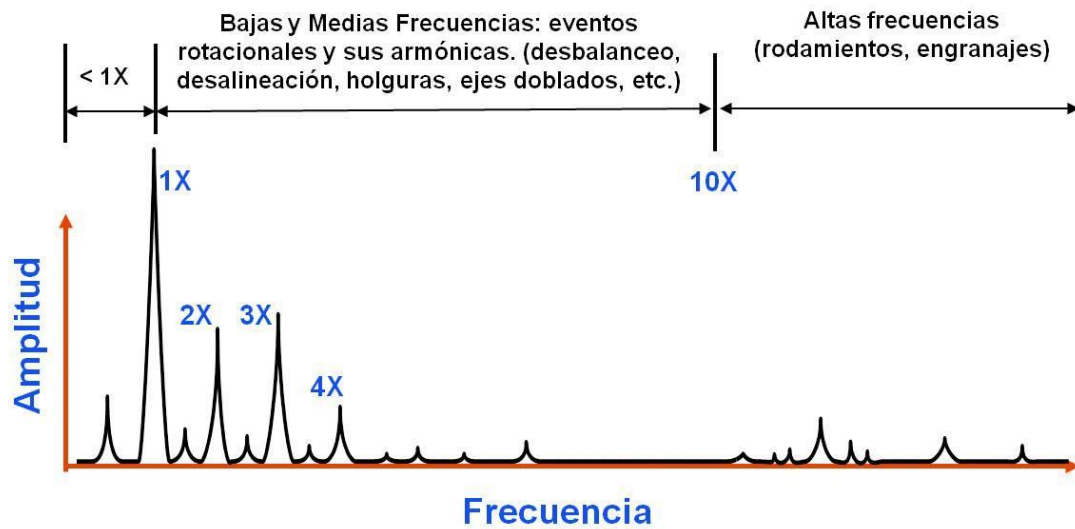
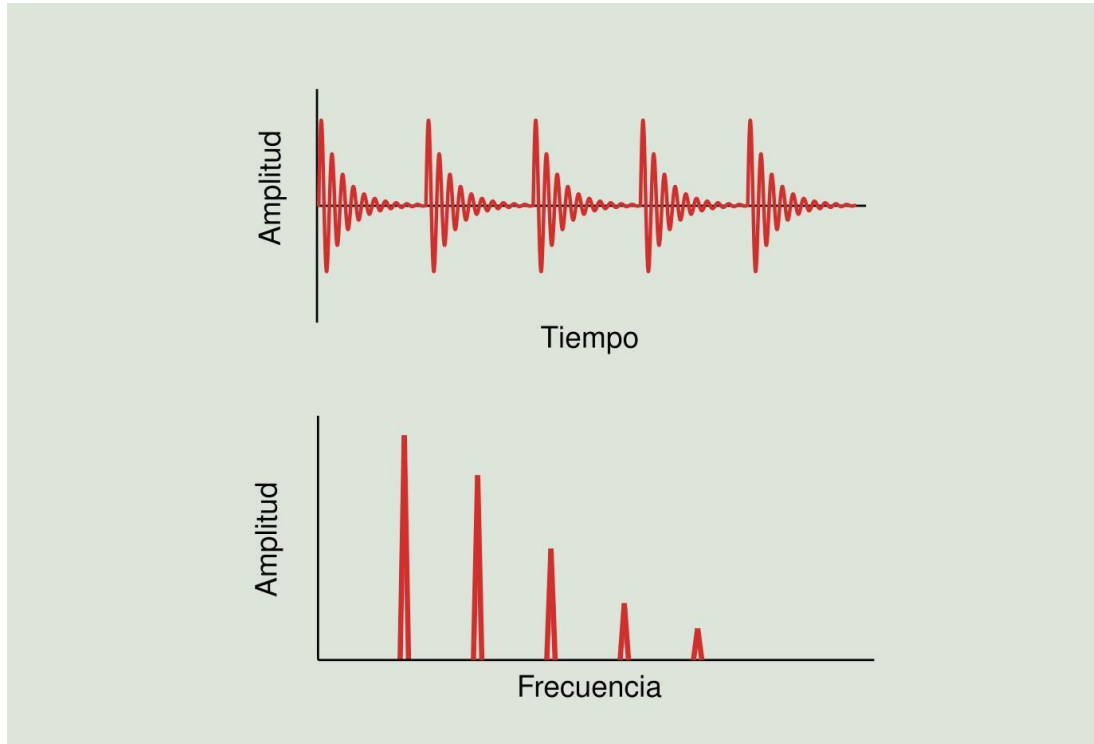
Convierte:

Señal en el tiempo → a frecuencias

La FFT separa cada componente de la vibración.







Modelo Espectral - (Velocidad)





ÓRDENES (MUY IMPORTANTE)

Las órdenes son múltiplos de la velocidad de giro.

Ejemplo:

- 1X → velocidad del eje
- 2X → posible desalineación
- 8X → paso de aspas

Ventaja:

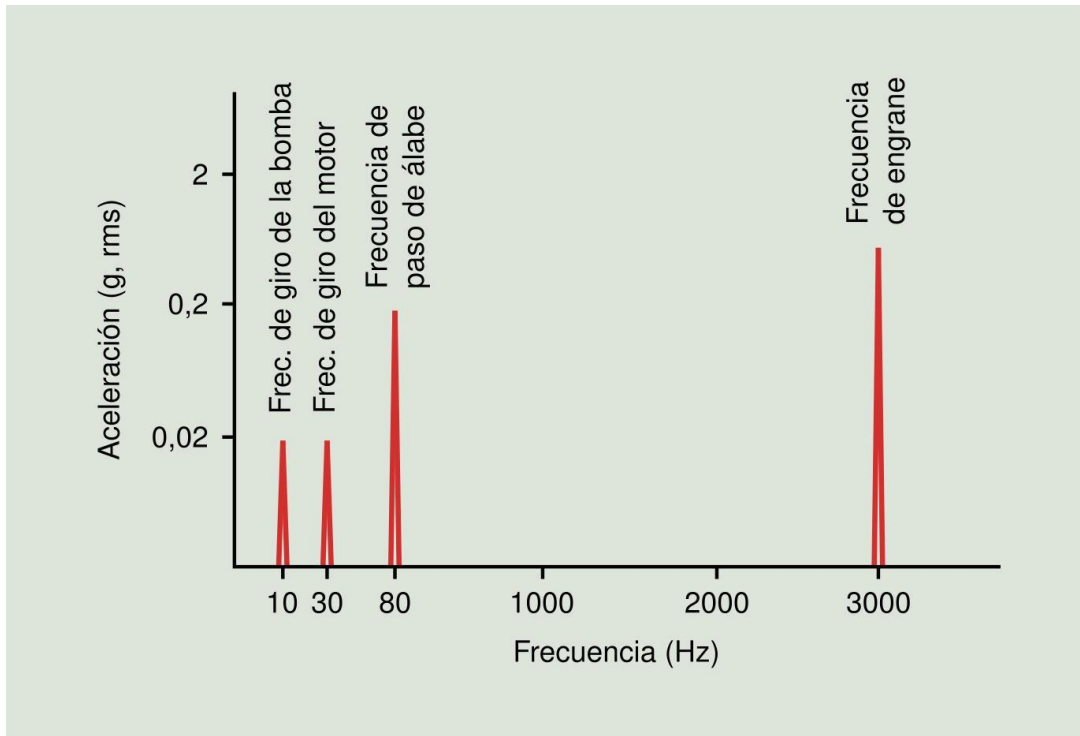
Permiten comparar máquinas a diferentes velocidades

FRECUENCIAS DE FALLA

Cada componente genera una frecuencia característica:

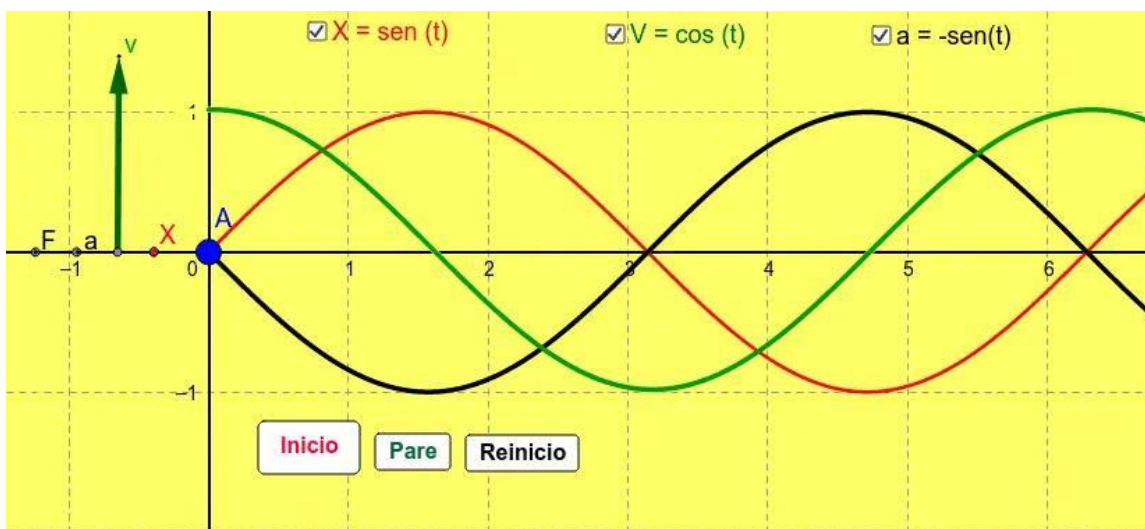
- Rodamientos → frecuencias específicas
- Aspas → paso de aspas
- Engranajes → frecuencia de malla
- Correas → frecuencia de banda





2. SEÑALES, SENSORES Y BANDAS DE FRECUENCIA

LAS TRES VARIABLES DE LA VIBRACIÓN





Dentro del análisis de vibraciones existe un concepto fundamental que define la manera en que interpretamos el comportamiento dinámico de una máquina: las tres variables de medición. Estas son el **desplazamiento, la velocidad y la aceleración**, y representan diferentes formas de observar exactamente el mismo fenómeno vibratorio.

Tal como se introduce en el capítulo, la vibración no es más que movimiento. Sin embargo, ese movimiento puede analizarse desde distintas perspectivas dependiendo de qué tan rápido ocurre, qué tan fuerte es y cómo se comporta en el tiempo.

DESPLAZAMIENTO: “CUÁNTO SE MUEVE”

El desplazamiento es la forma más directa de entender la vibración. Representa la distancia física que un elemento se mueve respecto a su posición original.

En términos simples:

¿qué tanto se está moviendo la máquina?

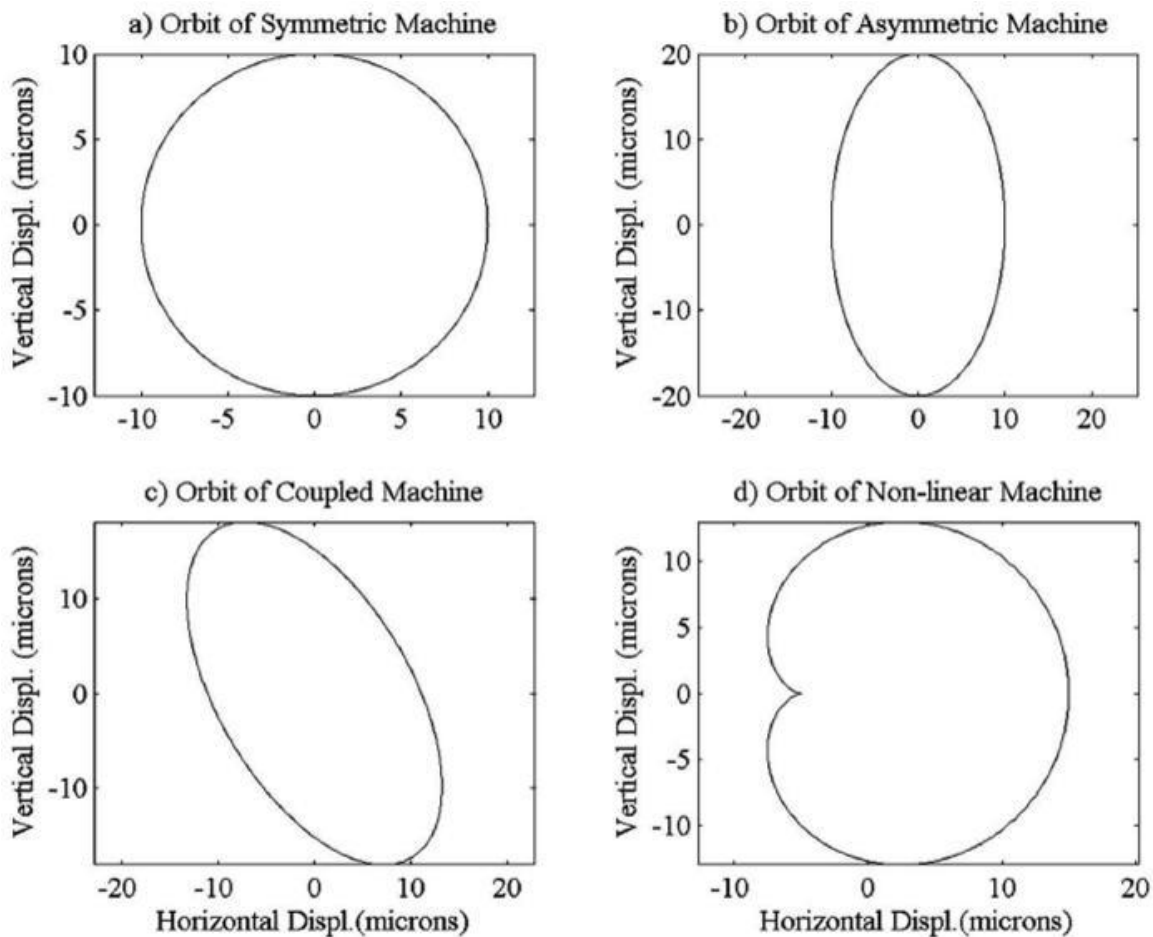
Se mide típicamente en micras (μm) o mils, y es especialmente útil en máquinas donde el movimiento es relativamente lento, pero con amplitudes importantes, como turbinas o equipos con rodamientos hidrodinámicos.

Desde el punto de vista físico, el desplazamiento está muy relacionado con fenómenos estructurales, como:

- Desbalance severo
- Flexión de eje
- Problemas en fundaciones

En este contexto, el desplazamiento permite visualizar el movimiento real del eje, incluso pudiendo representarse como órbitas en sistemas de monitoreo avanzado.





VELOCIDAD: “QUÉ TAN RÁPIDO SE MUEVE”

La velocidad es probablemente la variable más utilizada en el análisis de vibraciones industriales. Representa la **rapidez con la que ocurre el movimiento vibratorio**.

¿con qué intensidad dinámica está vibrando la máquina?

Se mide comúnmente en mm/s (RMS), y es la base de normas internacionales como ISO 10816 o ISO 20816, porque tiene una excelente correlación con la energía vibratoria.

Esto la convierte en la variable ideal para evaluar la severidad general de la máquina.

Es la variable más estable para diagnóstico general





- Es la que mejor refleja condiciones globales
- Es la más usada para alarmas y tendencias

Por eso en campo, cuando dices:

“la máquina está alta en velocidad”

estás hablando de energía vibratoria elevada, no solo de movimiento.

Vibration Velocity Vms	0.01	0.28				
	0.02	0.45				
	0.03	0.71		good		
	0.04	1.12				
	0.07	1.80				
	0.11	2.80		satisfactory		
	0.18	4.50				
	0.28	7.10		unsatisfactory		
	0.44	11.2				
	0.70	18.0				
	0.71	28.0		unacceptable		
	1.10	45.0				

ACELERACIÓN: “QUÉ TAN BRUSCO ES EL MOVIMIENTO”

La aceleración representa el cambio de velocidad en el tiempo, es decir, mide qué tan rápidamente cambia el movimiento.

¿qué tan agresiva o brusca es la vibración?

Se mide en unidades de gravedad (g), y es especialmente sensible a fenómenos de alta frecuencia, como:

- Fallas en rodamientos
- Impactos
- Problemas de lubricación
- Daños incipientes

La aceleración “ve” lo que la velocidad todavía no detecta

Por eso es fundamental para análisis avanzados, especialmente cuando se usa con técnicas como envolvente.





INTERPRETACIÓN PRÁCTICA

- Desplazamiento → problemas estructurales / bajas frecuencias
- Velocidad → condición general de la máquina (ISO)
- Aceleración → fallas tempranas / alta frecuencia (rodamientos)

ADQUISICIÓN DE DATOS EN ANÁLISIS DE VIBRACIONES



La adquisición de datos representa el punto de partida de todo análisis de vibraciones. Antes de cualquier diagnóstico, interpretación o recomendación, existe un principio fundamental que define la calidad del resultado: la calidad de la medición. En este sentido, el proceso de recolección de datos no es una tarea operativa más, sino la base sobre la cual se construye todo el análisis.

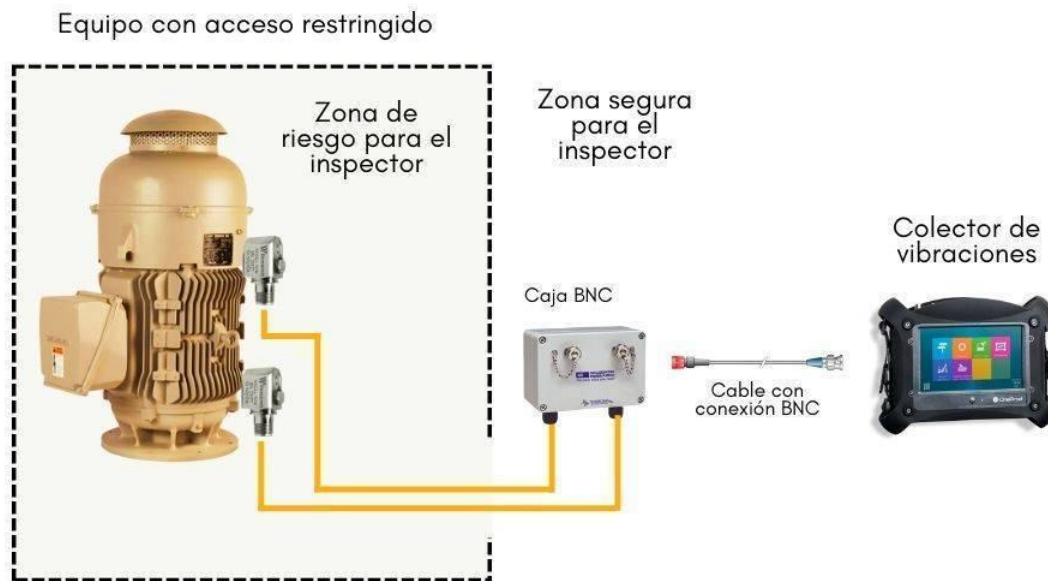
Tal como se menciona en el material de referencia, sin datos confiables no es posible obtener diagnósticos precisos. La lógica es directa: si la información de entrada es deficiente, el resultado inevitablemente también lo será.

En campo, esto se traduce en una realidad clara: el analista confía completamente en que la medición ha sido realizada correctamente. El software puede procesar, comparar y generar alarmas, pero no puede corregir errores de adquisición.





EL PROCESO DE ADQUISICIÓN



El proceso de adquisición de datos sigue una lógica estructurada dentro de un programa de mantenimiento predictivo. Inicialmente, se define una ruta de medición, la cual contiene los puntos específicos de cada máquina donde se deben tomar las lecturas. Esta ruta es cargada en un colector de datos, que guía al técnico durante el recorrido en planta.

Durante la inspección, se recolectan las mediciones y, paralelamente, se registran observaciones relevantes del estado de la máquina. Posteriormente, esta información es transferida a un sistema de análisis, donde se validan los datos, se comparan con límites establecidos y se identifican posibles condiciones de alerta.

Este flujo permite pasar de una simple medición a un sistema estructurado de diagnóstico basado en tendencias y comportamiento.

IMPORTANCIA DE LA REPETITIVIDAD

Uno de los conceptos más importantes dentro de la adquisición de datos es la repetitividad. Medir no es suficiente; es necesario medir siempre de la misma manera.

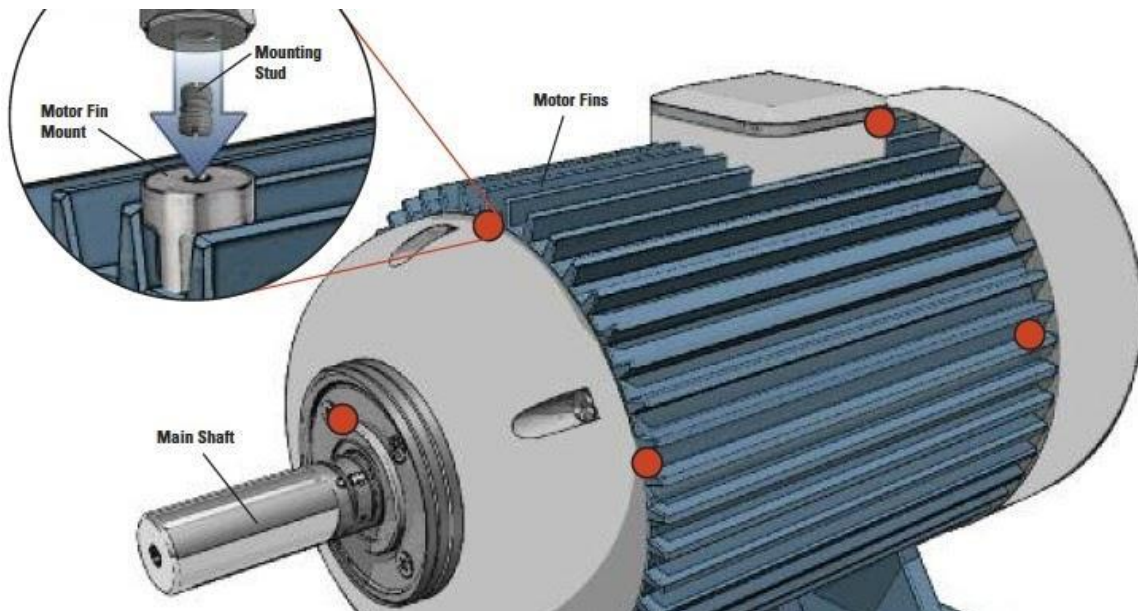
La consistencia en la toma de datos permite que las variaciones observadas correspondan a cambios reales en la condición de la máquina y no a errores de



medición. Cuando se pierde esta repetitividad, el análisis pierde confiabilidad, ya que no es posible diferenciar entre una variación operativa y una desviación técnica.

El documento enfatiza que las mediciones deben realizarse bajo condiciones similares en cada inspección, utilizando el mismo sensor, en la misma ubicación y con el mismo método de montaje.

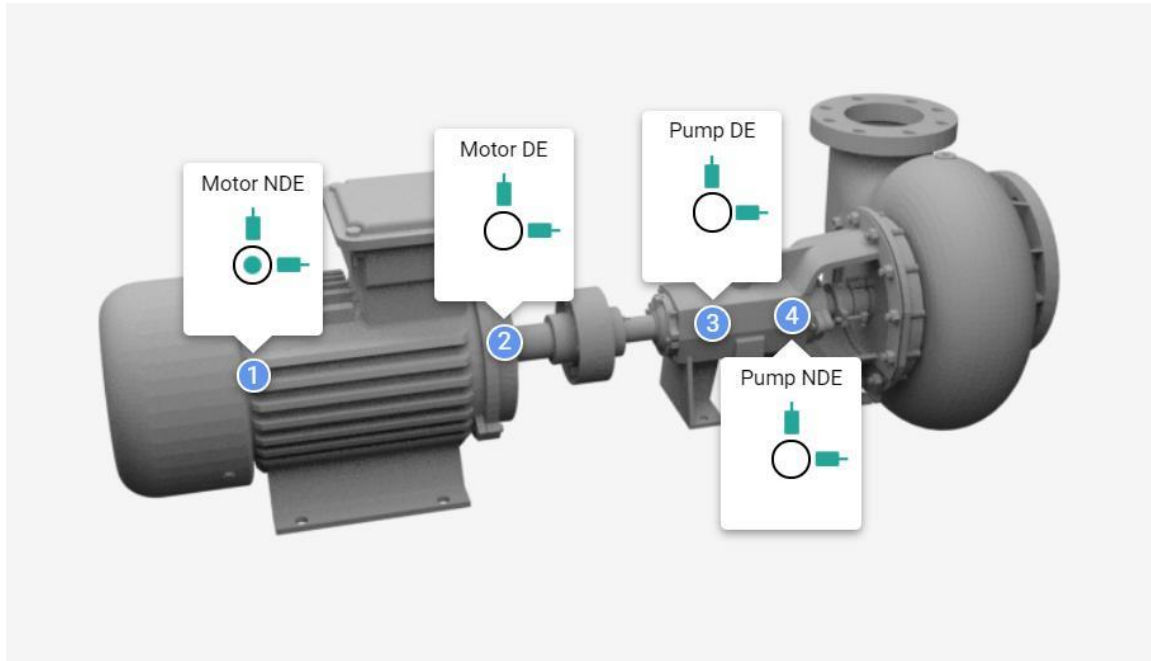
PUNTOS DE MEDICIÓN



La ubicación del punto de medición es tan importante como el sensor utilizado. Para obtener datos representativos, las mediciones deben realizarse lo más cerca posible de la fuente de vibración, que generalmente corresponde a los rodamientos.

Las mediciones deben realizarse en tres direcciones fundamentales: vertical, horizontal y axial. Cada una de estas direcciones aporta información específica sobre el comportamiento dinámico de la máquina.

El material indica que aproximadamente el 95% de la vibración se mide en la dirección en la que está orientado el sensor, lo que resalta la importancia de una correcta orientación durante la medición.

[illegible]

3. ESPECTROS Y FFT

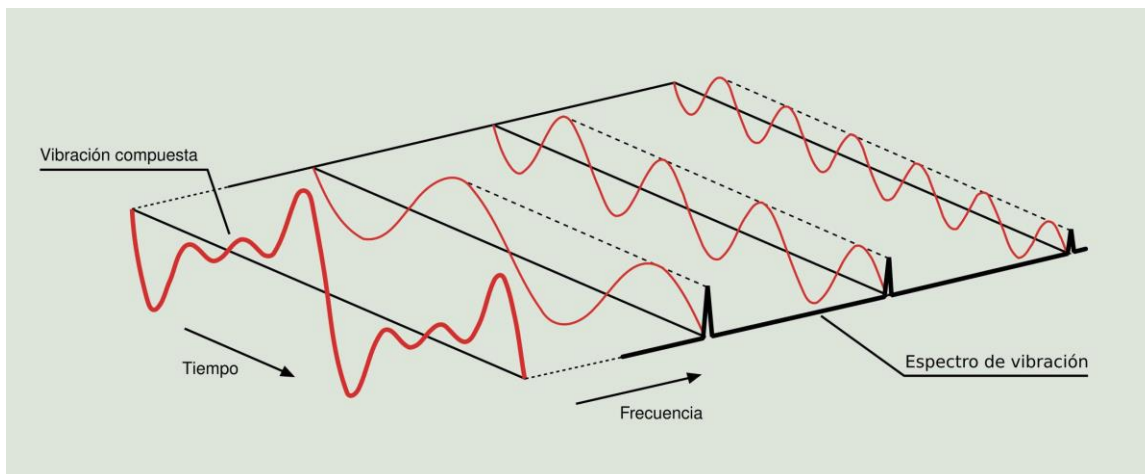
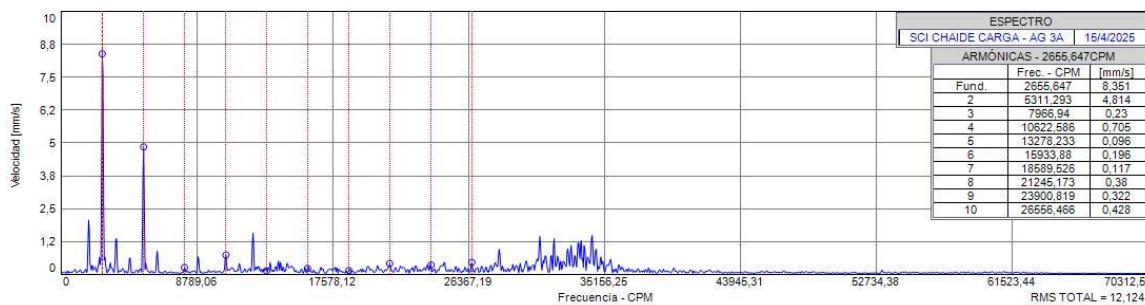
El análisis de vibraciones encuentra su mayor potencial cuando la señal deja de observarse únicamente en el tiempo y comienza a interpretarse en función de la



frecuencia. En este punto es donde aparece el concepto de espectro, una herramienta que permite descomponer una señal compleja en sus componentes individuales, revelando el origen de cada vibración dentro de la máquina.

Tal como se describe en el capítulo, la forma de onda representa una mezcla de todas las fuerzas dinámicas presentes en el sistema. Es una señal completa, rica en información, pero a menudo difícil de interpretar cuando múltiples fenómenos ocurren simultáneamente.

En la práctica, una máquina real no vibra por una sola causa. Existen múltiples fuentes actuando al mismo tiempo: el giro del eje, los elementos rodantes, las aspas, los engranajes, e incluso influencias externas. Todas estas contribuciones se superponen, generando una señal compleja que, vista únicamente en el dominio del tiempo, puede resultar confusa.



Para resolver esta complejidad, se utiliza un proceso matemático conocido como Transformada Rápida de Fourier, o FFT. Esta herramienta permite transformar la señal

Este cambio de perspectiva es fundamental, ya que permite pasar de una señal difícil de interpretar a una representación ordenada y estructurada.

This image shows a full page of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, typical of notebook paper. There are no margins, text, or other markings on the page.



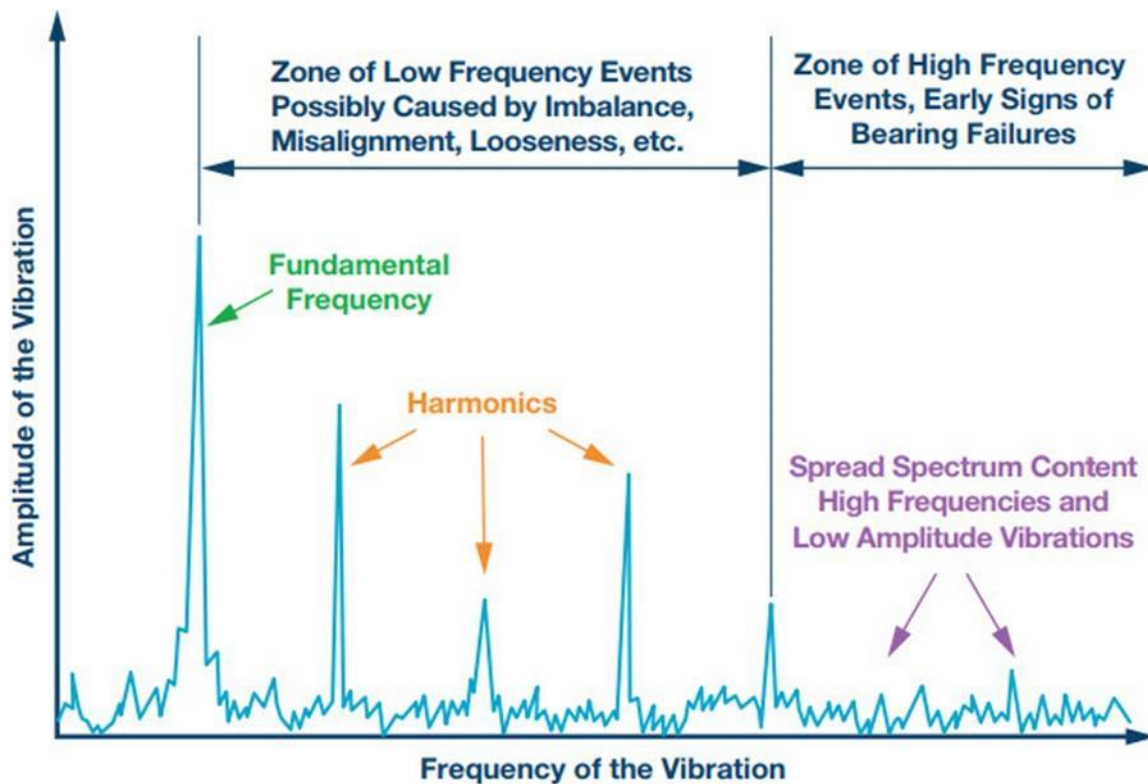
4. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS Y NORMAS

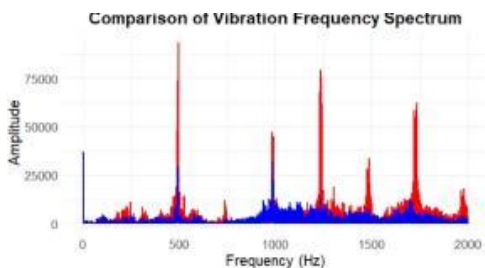
El espectro convierte la vibración en un lenguaje claro. Cada frecuencia observada puede asociarse directamente con un fenómeno físico dentro de la máquina.

La frecuencia indica el origen de la vibración, mientras que la amplitud indica su severidad. Esta relación permite identificar patrones característicos que corresponden a diferentes tipos de fallas.

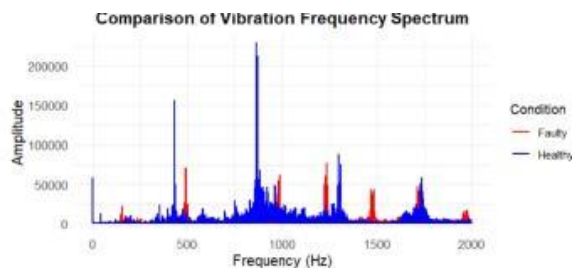
Por ejemplo, la frecuencia de giro del eje, conocida como 1X, suele ser uno de los principales puntos de referencia. A partir de ella, aparecen armónicos y frecuencias relacionadas con otros componentes. Tal como se muestra en el capítulo, si la velocidad de la máquina se duplica, el pico en el espectro se desplaza proporcionalmente, evidenciando la relación directa entre frecuencia y movimiento físico.

En este sentido, el espectro no solo muestra qué está ocurriendo, sino dónde está ocurriendo dentro de la máquina.

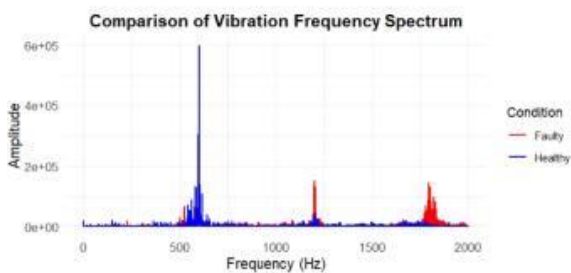




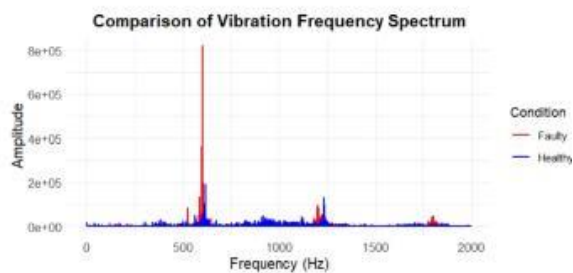
(a) Comparison in break failure



(b) Comparison in crack failure

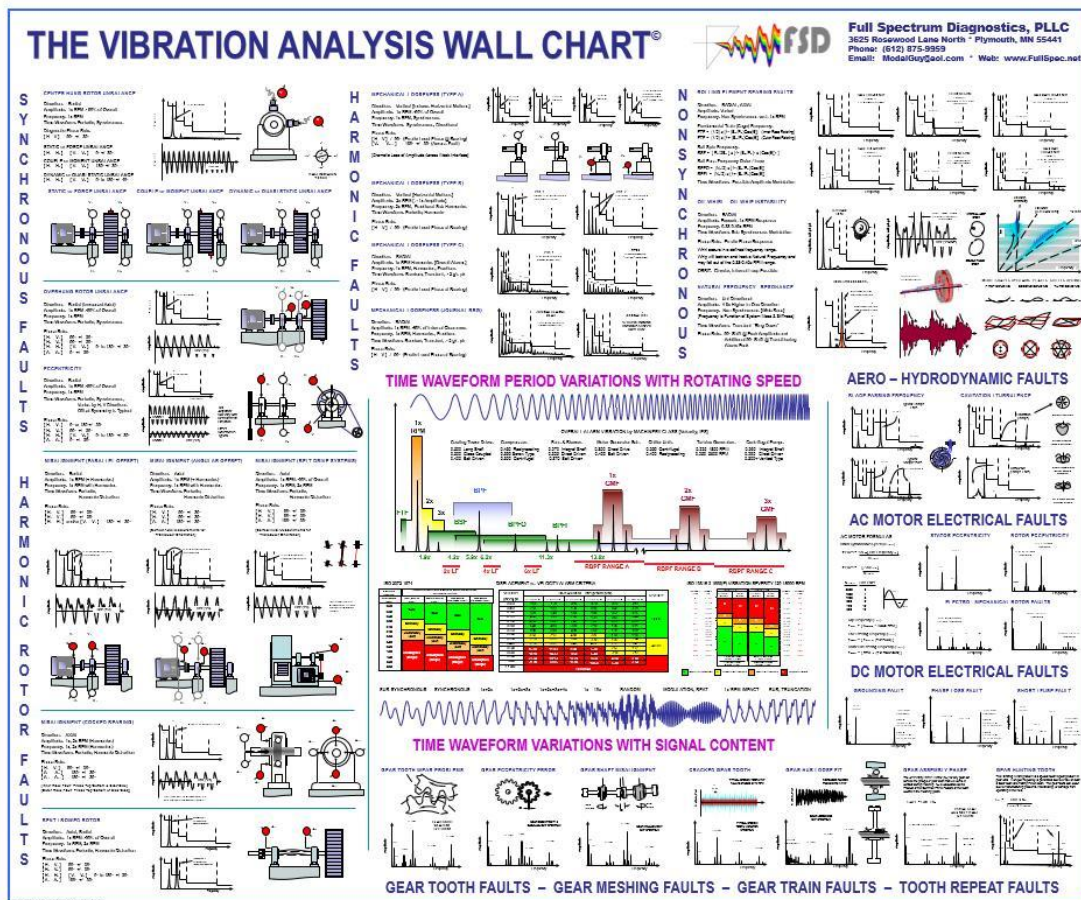


(c) Comparison in pitting failure



(d) Comparison in scuffing failure





El espectro permite ver dentro de la máquina sin necesidad de desmontarla. Es una herramienta que traduce el comportamiento mecánico en información interpretable.

Cada tipo de falla genera un patrón específico en el espectro. El desbalance, la desalineación, los defectos en rodamientos o los problemas de flujo tienen firmas características que pueden ser reconocidas por el analista.

Tal como se explica en el capítulo, el objetivo del análisis es identificar estas frecuencias y relacionarlas con los elementos físicos de la máquina, construyendo así un diagnóstico preciso.



NORMAS

El análisis de vibraciones no se limita únicamente a medir y observar señales; requiere también de un marco de referencia que permita interpretar si los niveles registrados corresponden a una condición normal, aceptable o crítica. En este contexto, las normas de vibración surgen como herramientas fundamentales para establecer criterios de evaluación y apoyar la toma de decisiones dentro del mantenimiento predictivo.

A lo largo del desarrollo de esta técnica, se han establecido diferentes estándares internacionales que permiten clasificar la severidad de la vibración en función de parámetros medibles. Entre estos, uno de los más utilizados en la industria es la familia de normas ISO 20816, evolución de la antigua ISO 10816, que establece límites de aceptación basados principalmente en la velocidad de vibración.

Grupo 2: Máquinas con potencia 15 - 300 kW Máquinas eléctricas 160≤H<315		Grupo 2: Máquinas con potencia 300 kW 40MW Máquinas eléctricas H≥315	
Base Rígida	Base Flexible	Base Rígida	Base Flexible
0,7 A	A	A	A
1,4 B		B	
2,3 C	B		
2,8 C	C	C	B
3,5 D		D	C
4,5 D	D	D	C
7,1 D	D	D	D
11 D	D	D	D

La severidad de vibración es un indicador que permite evaluar el estado general de una máquina en función de la energía vibratoria que presenta. Esta energía se mide comúnmente en términos de velocidad RMS, ya que esta variable tiene una relación directa con el esfuerzo dinámico al que están sometidos los componentes.





La norma clasifica el comportamiento vibratorio en diferentes zonas, que representan distintos niveles de condición operativa. Estas zonas no describen fallas específicas, sino que indican el nivel global de vibración y su posible impacto en la confiabilidad del equipo.

ZONAS DE EVALUACIÓN (ISO 20816)

Velocidad (mm/s, rms)	Tipos de máquinas			
	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV
0,18 a 0,28	A	A	A	A
0,28 a 0,45				
0,45 a 0,71				
0,71 a 1,12				
1,12 a 1,8	B	B	B	B
1,8 a 2,8				
2,8 a 4,5	C	C	C	C
4,5 a 7,1				
7,1 a 11,2	D	D	D	D
11,2 a 18				
18 a 28				

A Buena

C Inatisfactoria

B Satisfactoria

D Inaceptable

La clasificación típica de la norma se divide en cuatro zonas claramente diferenciadas.

La zona A corresponde a condiciones consideradas normales. En este rango, la vibración es baja y no representa ningún riesgo para la operación del equipo. Las máquinas que operan en esta zona se consideran en buen estado y no requieren intervención.

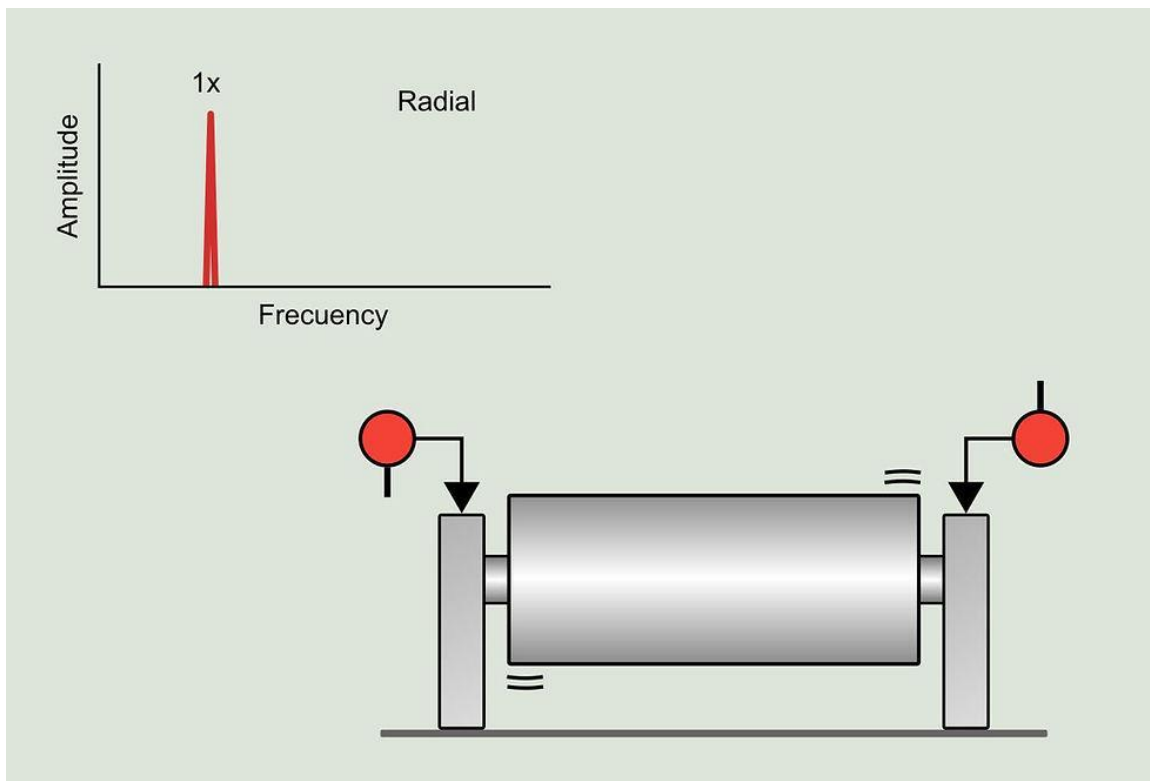
La zona B representa un nivel de vibración aceptable. Aunque los valores son mayores que en la zona A, la máquina puede operar sin restricciones. Es común que equipos en operación continua trabajen dentro de este rango sin presentar problemas inmediatos.

La zona C indica una condición de alerta. En este nivel, la vibración es suficientemente alta como para generar preocupación, y se recomienda realizar un análisis más detallado. La operación prolongada en esta zona puede llevar a fallas prematuras.





5. ANÁLISIS DE FRECUENCIA Y DIAGNÓSTICO



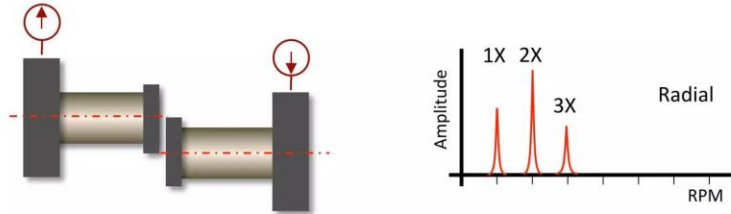
El **desbalance** es la falla más básica y una de las más comunes en maquinaria rotativa.

Se caracteriza por un **pico dominante en 1X (velocidad de giro)**, generalmente en dirección radial. La energía está concentrada casi exclusivamente en esa frecuencia, sin presencia significativa de armónicos.

En campo, este patrón es bastante limpio. Cuando el espectro muestra un solo pico fuerte en 1X, con baja actividad en el resto del espectro, el diagnóstico apunta directamente a desbalance.

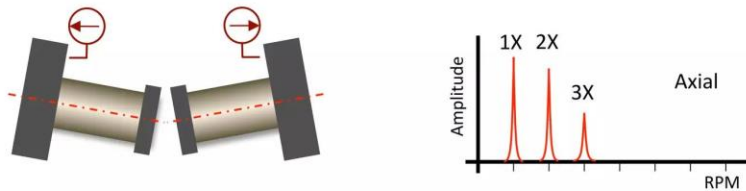
DESALINEACIÓN

Parallel Misalignment



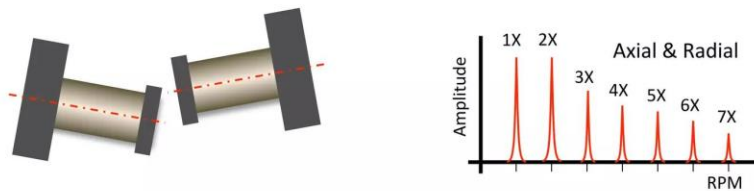
- High radial vibration
- Radial vibration 180 degrees out of phase
- 1X, 2X, 4X radial vibration with 2X dominant
- Very dependent on type of coupling

Angular Misalignment



- High axial force and vibration
- 180 degrees phase change across coupling
- 1X, 2X, 3X axial vibration with 1X & 2X dominant
- Very dependent on type of coupling

General Misalignment



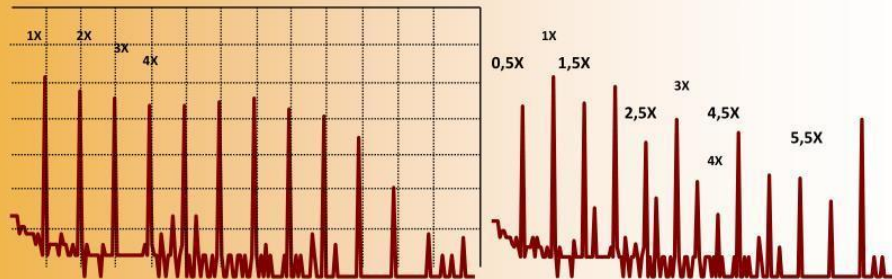
- Combination of parallel and angular misalignments
- Axial and radial both show the frequency components
- Most common type of misalignment

Holgura en el espectro



Holgura rotativa

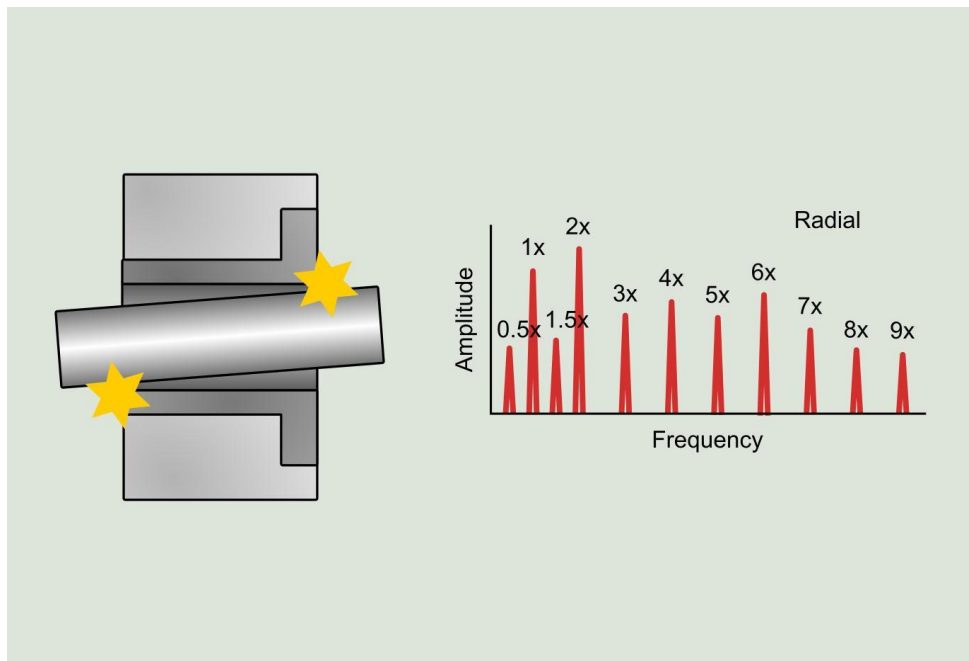
- Un juego excesivo en cojinetes lisos y rodamientos producirá armónicos de 1x que, en algunos casos, pueden ser mayores de 10X
- Un juego excesivo en cojinetes lisos puede producir armónicos de 0,5X, tal como se muestra. Se denominan componentes de medio orden o subarmónicos. Se pueden producir por rozamiento e impactos fuertes.



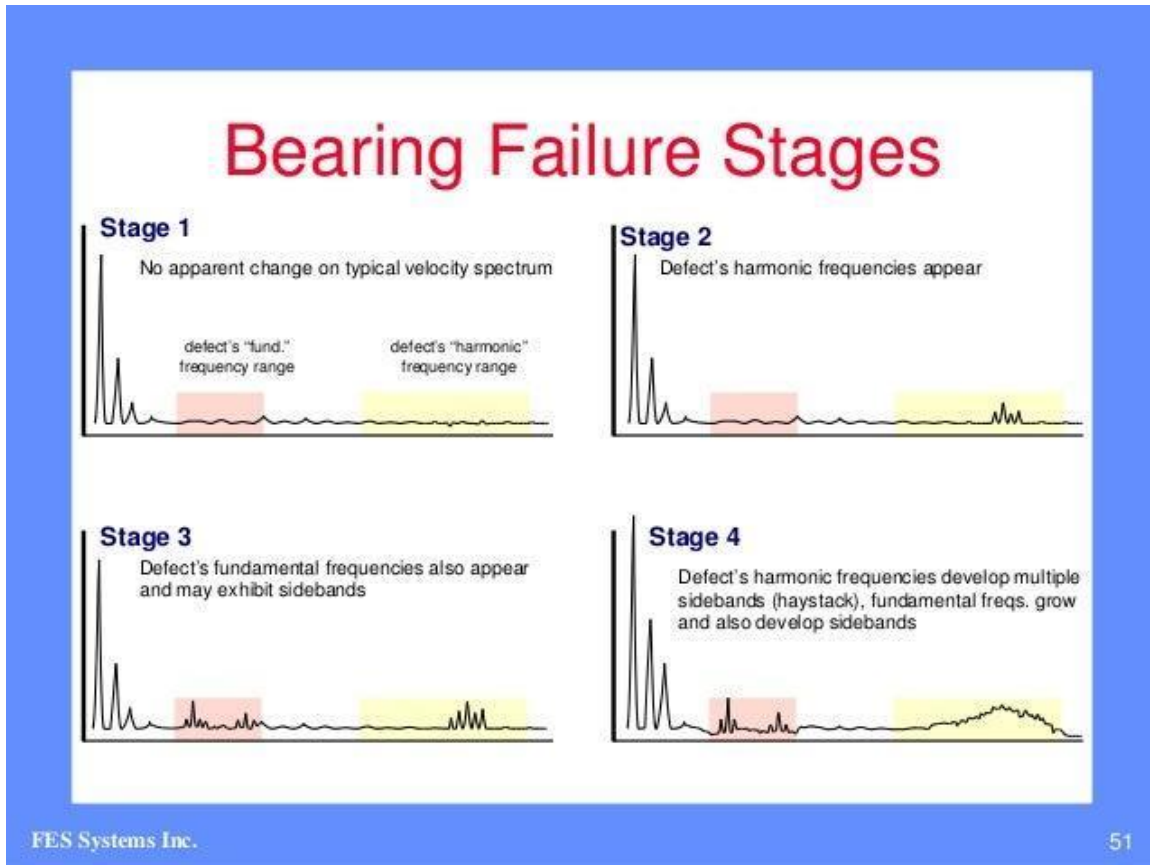
©2009 Fluke Corporation

Análisis de las vibraciones

16



FALLA DE RODAMIENTOS



Las fallas en rodamientos no se identifican principalmente por 1X, sino por **frecuencias específicas de defecto** y energía en alta frecuencia.

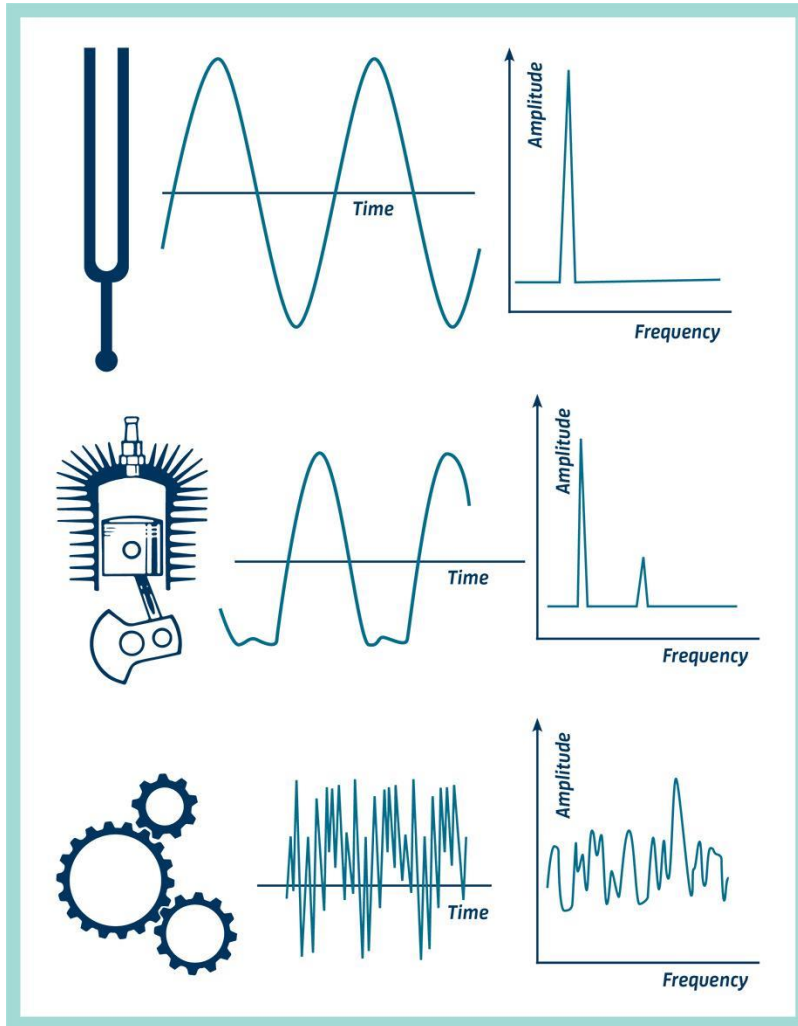
Características:

- Presencia de picos en alta frecuencia
- Señales moduladas (bandas laterales)
- Incremento del piso de ruido
- Mejor visibilidad en envolvente

Estas frecuencias dependen de la geometría del rodamiento (BPFO, BPFI, BSF, FTF).

RESONANCIA



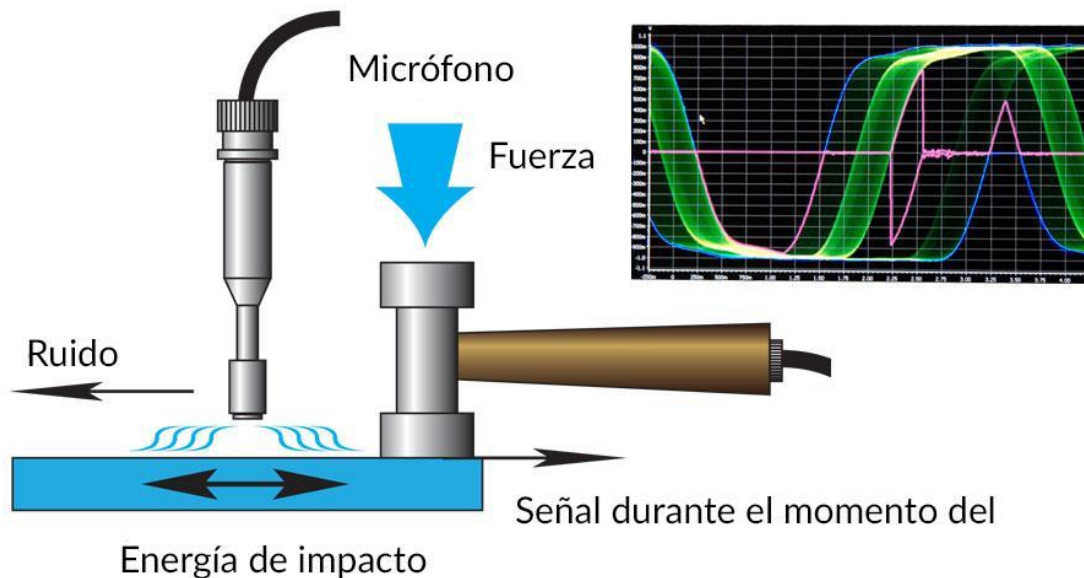


La resonancia ocurre cuando una frecuencia de excitación coincide con una frecuencia natural del sistema.

Se observa como:

- Un pico muy alto y dominante
- A veces no coincide exactamente con 1X
- Gran amplificación de amplitud

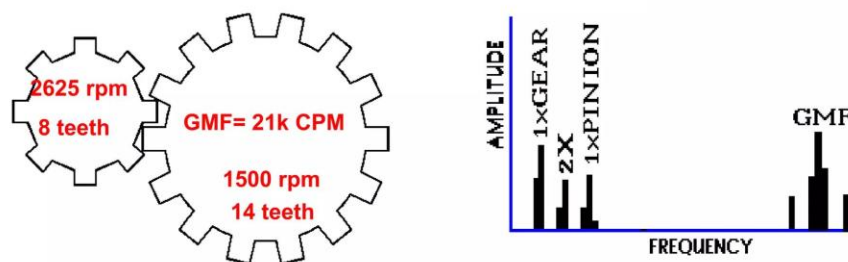
Este fenómeno puede generar vibraciones excesivas incluso sin una falla mecánica directa.



No es la causa... es la amplificación del problema.

PROBLEMAS DE ENGRANAJES

GEARS NORMAL SPECTRUM



- ◆ Normal spectrum shows 1X and 2X and gear mesh frequency GMF
- ◆ GMF commonly will have sidebands of running speed
- ◆ All peaks are of low amplitude and no natural frequencies are present

Características:

- Esto indica desgaste, mala alineación o problemas de contacto en dientes.

El espectro de vibración no es simplemente una gráfica, sino una representación del comportamiento interno de la máquina. Cada pico, cada armónico y cada variación en la señal responde a una causa física concreta.

La interpretación de estos patrones permite transformar datos en diagnóstico, y diagnóstico en decisiones de mantenimiento. Es en este punto donde el análisis de vibraciones deja de ser una medición y se convierte en una herramienta estratégica.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are approximately 20 lines visible. The paper has a slight shadow on the right side, suggesting it's resting on a surface.