



GRUPO N°6: INTEGRANTES
AYALA, MARCELO JOEL
EICHELT, MATÍAS
BEKER, ALEJANDRO ESTEBAN
MIOKOVICH, DAMIAN HORACIO

UNIDAD DEL TEMA: UNIDAD 10

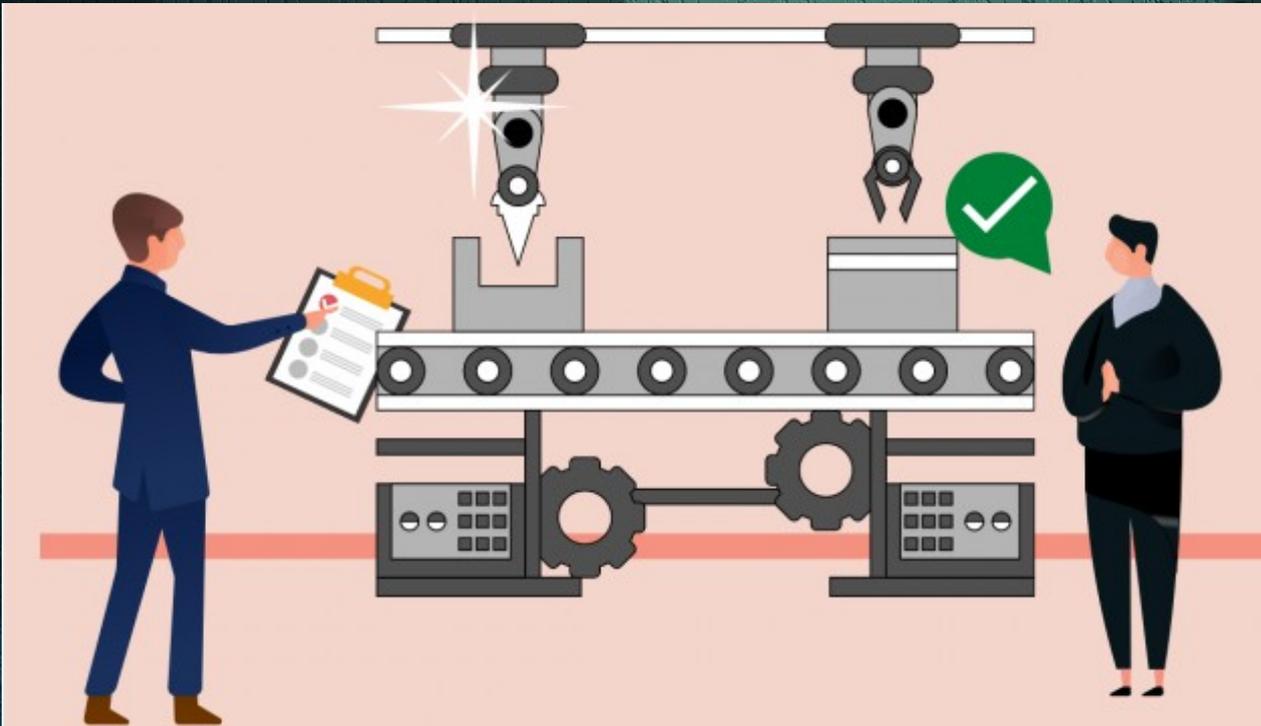
TÍTULOS: Mantenimiento productivo. Concepto. Descripción para cada tipo. Mediciones. Análisis de vibraciones. Desarrollo. Teoría. Práctica. Ejemplos prácticos. Tremolarías. Ultrasonido. Rayos. Tintas penetrantes. Partículas magnéticas. Otros métodos. Teorías.

El Mantenimiento Productivo Total (del inglés Total Productive Maintenance, TPM)

Es una filosofía de trabajo empresarial originaria de Japón, más concretamente en Nippon Denso Co Ltd filial de componentes electrónicos de Toyota, la cual se enfoca en la eliminación de pérdidas asociadas con paros, calidad y accidentes, los cuales influyen negativamente en la eficiencia afectando los costes en los procesos de producción industrial, además el propósito es incluir a todo el personal en la implantación de la metodología, mediante la creación de una cultura de aprendizaje permanente y el desarrollo de hábitos de trabajo confiables. Las siglas TPM fueron registradas por el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas JIPM, en el año 1971.²³

La metodología TPM es considerada una metodología de Manufactura esbelta (Lean Manufacturing), que facilita el mejoramiento continuo de personas y empresas.

- ▶ ¿Qué es el TPM?
- ▶ El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una metodología **Lean Manufacturing** de mejora que permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones, de los equipos, y del sistema, mediante la aplicación de los conceptos de: prevención, cero defectos, cero accidentes, y participación total de las personas.
- ▶ Cuando se hace referencia a la participación total, esto quiere decir que las actividades de mantenimiento preventivo tradicional, pueden efectuarse no solo por parte del personal de mantenimiento, sino también por el personal de producción, un personal capacitado y polivalente.



Los 8 Pilares del TPM

Los 8 pilares de TPM son la base fundamental de esta metodología, cada uno de ellos nos dice una ruta a seguir para lograr los objetivos de eliminar o reducir las pérdidas: como son Paradas programadas, Ajustes de la producción, Fallos de los equipos, Fallos de los procesos, Pérdidas de producción normales, Pérdidas de producción anormales, Defectos de calidad y Reprocesamiento. Por ello para decidir con que pilares empezar, lo primero que el departamento de contabilidad de la planta debe analizar son las pérdidas, y con ello nos darán la guía para definir con cuales y cuantos pilares debemos empezar.

- 1) Mejoras Enfocadas (Kobetsu Kaizen)***
- 2) Mantenimiento Autónomo (Jishu Hozen)***
- 3) Mantenimiento planificado***
- 4) Mantenimiento de Calidad (Hinshitsu Hozen)***
- 5) Prevención del mantenimiento***
- 6) Actividades de departamentos administrativos y de apoyo***
- 7) Formación y Adiestramiento***
- 8) Gestión de Seguridad y Entorno***

Primer Pilar – Mejoras Enfocadas o Kobetsu Kaizen
Es encontrar una oportunidad de mejora dentro de la planta, esta oportunidad debe reducir o eliminar un desperdicio, puede encontrarse con las herramientas estratégicas como son el mapa de cadena de valor, análisis de brechas y teoría de restricciones.

Segundo Pilar – Mantenimiento Autónomo o Jishu Hozen
Es volver a integrar el trabajo del operador con el de operario de mantenimiento, para lograr disminuir desperdicios. El operador está listo para hacer cambios de formato o algunos mantenimientos básicos, pero básicamente es el que reporta las fallas adecuadamente, junto a realizar ajustes, lubricación y mantenimientos básicos.

Tercer Pilar – Mantenimiento Planificado
Es tener un buen mantenimiento preventivo, esto quiere decir que se tenga una buena recolección de datos y excelente análisis; para luego poder planear los mantenimientos que logran disminuir los costos e incrementar la disponibilidad. Para luego implementar el mantenimiento predictivo.

Cuarto Pilar – Mantenimiento De Calidad o Hinshitsu Hozen

No solo es cuanto hacemos, sino que productos podemos hacer, con que tolerancia se puede trabajar y cuantos defectos están saliendo en cada proceso. Los defectos salen por un problema de la máquina, por un problema del material, por un problema del método o por un problema del personal de operaciones. Por ello es importante la integración de todos para identificar la causa del defecto.

Quinto Pilar – Prevención del Mantenimiento

Es planificar e investigar sobre las nuevas máquinas que pueden ser utilizadas en nuestra organización, para ello debemos diseñar o rediseñar procesos, verificar los nuevos proyectos, realizar y evaluar los test de operaciones y finalmente ver la instalación y el arranque.

Sexto pilar – Actividades de Departamentos

Administrativos y de Apoyo

Deben reforzarse sus funciones mejorando su organización y cultura. Para ello debiera aplicar mapa de cadena de valor transaccional para encontrar oportunidades y luego de ello poder lanzar los proyectos para mejorar los tiempos y errores.

Séptimo Pilar – Formación Y Adiestramiento

La formación debe ser polivalente, de acuerdo a lo que necesita la planta y la organización, muchos de los desperdicios se deben a que las personas no están bien adiestradas, por ello la planificación de la formación de las personas deben salir de las oportunidades encontradas en el desempeño de los empleados y operarios.

Octavo Pilar – Gestión de Seguridad y Entorno

Debiéramos tener estudios de operatividad combinados con estudios de prevención de accidente. Todos los estudios de tiempos y movimientos deben tener su análisis de riesgos de seguridad.

- ▶ Ventajas de implementar TPM
- ▶ El TPM enfoca sus objetivos hacia la mejora de la eficiencia de los equipos y las operaciones mediante la reducción de fallas, no conformidades, tiempos de cambio, y se relaciona, de igual forma, con actividades de orden y limpieza. Actividades en las que se involucra al personal de producción, con el propósito de aumentar las probabilidades de mantenimiento del entorno limpio y ordenado, como requisitos previos de la eficiencia del sistema. Además, el TPM presenta las siguientes ventajas:
 - ▶ Mejoramiento de la calidad: Los equipos en buen estado producen menos unidades no conformes.
 - ▶ Mejoramiento de la productividad: Mediante el aumento del tiempo disponible.
 - ▶ Flujos de producción continuos: El balance y la continuidad del sistema no solo benefician a la organización en función a la disponibilidad del tiempo, sino también reduce la incertidumbre de la planeación.
 - ▶ Aprovechamiento del capital humano.
 - ▶ Reducción de gastos de mantenimiento correctivo: Las averías son menores, así mismo se reduce el rubro de compras urgentes.
 - ▶ Reducción de costos operativos.
 - ▶ Vale la pena considerar que los equipos son susceptibles a un desgaste natural, y a un desgaste forzoso. Las actividades del TPM se enfocan en eliminar los factores de desgaste forzoso, aumentando el cuidado sobre el equipo y las instalaciones.

El **OEE** o ETE (Overall Equipment Effectiveness o Efectividad total **de** los Equipos) es una razón porcentual que **sirve para** medir el aprovechamiento **INTEGRAL de** la maquinaria industrial. Esta herramienta también es conocida como TTR (Tasa **de** Retorno Total) cuando se utiliza en centros **de** producción **de** proyectos.

Para el cálculo OEE es necesario medir la calidad de los productos que salen de sus equipos. Para esto, la fórmula es: $\text{calidad\%} = (\text{cantidad de productos buenos} / \text{cantidad total producida}) \times 100$.

ANÁLISIS DE VIBRACIONES

El **análisis de vibraciones** es la principal técnica para supervisar y diagnosticar la maquinaria rotativa e implantar un plan de **mantenimiento productivo**.

El **análisis de vibraciones** se aplica con eficacia desde hace más de 30 años a la supervisión y diagnóstico de fallos mecánicos en máquinas rotativas.

- Toda máquina está formada por piezas mecánicas en movimiento que generan esfuerzos y deformaciones sobre su estructura. Tanto los esfuerzos como las deformaciones varían al ritmo de movimientos y comportan el desplazamiento de la superficie de la estructura generando las vibraciones.
 - Las vibraciones pueden ser de tres tipos: periódicas(por ej: el desequilibrio de un rotor caracterizado por la aparición de un desequilibrio en la frecuencia de rotación), transitorias (por ej: el choque de una prensa) y aleatorias (el ruido de cavitación de una bomba).

Igualmente, los métodos de estudio de los niveles de vibración son varios:

-Medida de nivel global

-Análisis espectral

Igualmente, facilita la detección de las principales anomalías de 3 maneras:

-Aparición de picos en el espectro a frecuencias múltiples o sub-múltiples de la frecuencia de rotación

-Aparición de picos en el espectro a frecuencias no dependientes de la del rotor

-Aparición de componentes aleatorias del espectro.

LA INFORMACIÓN QUE PUEDE PROCURAR EL ANÁLISIS DE VIBRACIONES DE FORMA EXHAUSTIVA EN FORMA DE PARÁMETROS DE SUPERVISIÓN Y GRÁFICOS DE DIAGNÓSTICO INCLUYE:

- Parámetros de Supervisión:
- Medida de vibración global o total en banda ancha.
- Medida de vibración en banda estrecha de frecuencia.
- Medida de parámetros vibratorios específicos para detección de fallos en rodamientos y engranajes (demodulación, envolvente, Spike Energy, PeakVue,...).
- Parámetros de la Forma de Onda : Simetría (Kurtosis) y Cresta (Skewness).
- Fase vibratoria en armónicos : 1x, 2x, 3x, ... RPM.
- Medida de vibración síncrona en picos : 1x, 2x, 3x, ... RPM.
- Medida de vibración sub-síncrona.
- Medida de vibración no-síncrona.

- Fallos detectables

- Mediante el análisis de vibraciones aplicado a la maquinaria rotativa se pueden diagnosticar con precisión problemas de:

- Desequilibrio
- Desalineación
- Holguras
- Roces
- Ejes doblados
- Poleas excéntricas
- Rodamientos
- Engranajes
- Fallos de origen eléctrico

- Maquinaria crítica monitorizable

- La maquinaria crítica susceptible de ser monitorizada en las plantas industriales es la siguiente:

- Turbinas de vapor y de gas
- Bombas centrífugas
- Ventiladores
- Motores eléctricos
- Compresores rotativos, de tornillo y alternativos
- Agitadores, mezcladoras...
- Molinos y hornos rotativos
- Cajas reductoras Centrífugas
- Torres de refrigeración
- Motores diesel y generadores de equipos electrógenos ...

Ventajas del análisis de vibración

- Identificación rápida de los defectos sin necesidad de desmontar el equipo
- Seguimiento de la evolución del defecto en el transcurso del tiempo antes que este se convierta en peligro.
- Planificación más eficiente del suministro de repuestos y la mano de obra necesaria.
- Aumento de la producción por disminución del número de paradas y tiempos muertos.
- Mejoras en la calidad del producto, debido a la reducción de los niveles de vibración y mejor funcionamiento de la máquina.
- Disminución de costos de mantenimiento debido a la reducción de tiempo de parada y al conocimiento de los repuestos, accesorios, herramientas y personal a utilizarse en la reparación.
- Garantiza una selección satisfactoria de las condiciones de operación de la máquina.
- El funcionamiento de la planta, sistema o equipo es más seguro.
- Mejor precisión a la hora de tomar decisiones por parte de los ejecutivos de la empresa industrial.

Desventajas del análisis de vibración:

- Necesidad de personal especializado para procesar las mediciones y realizar tomas de decisiones.
- Selección de instrumentación sofisticada para realizar mediciones.
- Aumento de costos por adquisición y/o formación de personal especializado.
- Altos costos iniciales por compra de instrumentos especializados.
- Investigación del equipamiento a monitorear (límites de vibración, determinación de espectros, patrones, selección de puntos de medición, etc)

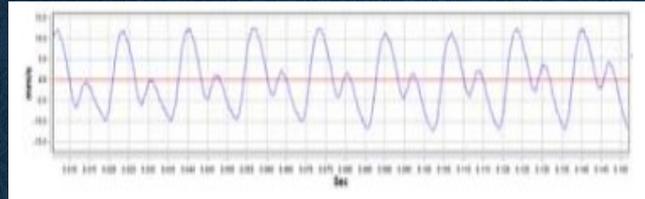
TÉCNICA DE APLICACIÓN PARA ANÁLISIS DE VIBRACIONES

- Todas las máquinas en uso presentan un cierto nivel de vibraciones como consecuencia de holguras, pequeños desequilibrios, rozamientos, etc. El nivel vibratorio se incrementa si, además, existe algún defecto como desalineación, desequilibrio mecánico, holguras inadecuadas, cojinetes defectuosos. Por tal motivo el nivel vibratorio puede ser usado como parámetro de control funcional para el mantenimiento predictivo de máquinas, estableciendo un nivel de alerta y otro inadmisibles a partir del cual la fatiga generada por los esfuerzos alternantes provoca el fallo inminente de los órganos afectados. Se usa la medida del nivel vibratorio como indicador de la severidad del fallo y el análisis espectral para el diagnóstico del tipo de fallo.

FUNDAMENTOS DEL ANÁLISIS DE VIBRACIONES

- **Principios básicos:**
- El análisis de vibraciones no necesita ningún desmontaje ni que la máquina sea detenida, por lo tanto **es un método no invasivo**. El principio fundamental es la medición de la vibración mediante sensores que transforman el movimiento en una señal eléctrica que es interpretada y almacenada por un analizador.
- Sensores
- Vibración
- Amplitud
- Frecuencia
- FFT

- Vibración



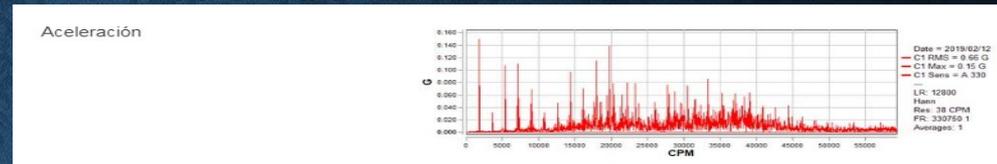
- FFT



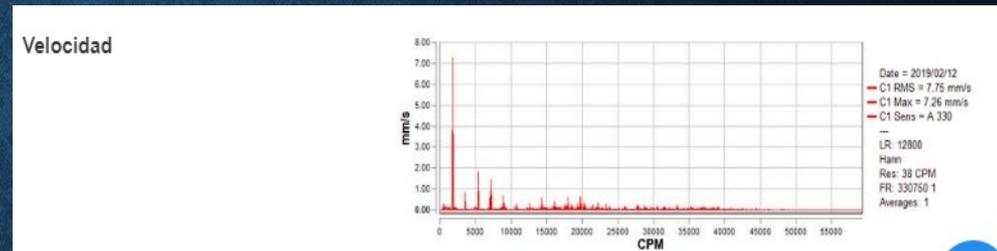
- La FFT es la herramienta fundamental del análisis de vibraciones

- Parámetros de medición
- Existen 3 parámetros básicos que se le miden a la vibración y la diferencia es la importancia que cada uno le da a las frecuencias.
- **La Aceleración** le da mayor importancia a las altas frecuencias. Es útil para ver el estado de los rodamientos y engranajes.
- **La Velocidad** le da igual importancia a altas y a bajas frecuencias. Es la base para medir la energía destructiva de la vibración y por lo tanto la unidad más importante.
- **El Desplazamiento** le da mayor importancia a las bajas frecuencias. Es útil para evaluar el desbalanceo dinámico, órbitas y ODS (simulación de las deformaciones en 3D).
- Observe los espectros a continuación. Pertenecen a la misma señal por lo tanto verá usted picos a las mismas frecuencias, pero con diferentes amplitudes en cada una. Observe como cambia la importancia que cada parámetro le asigna a las frecuencias.

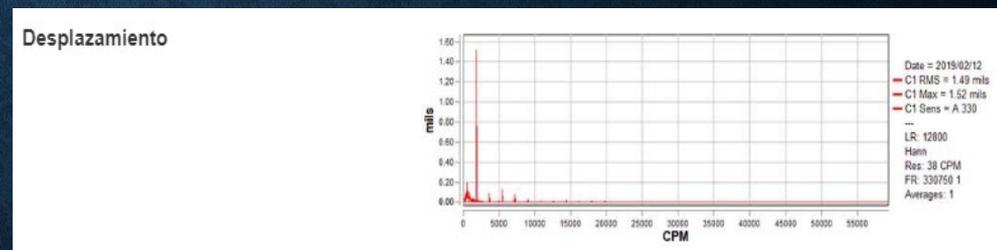
• Aceleración



• Velocidad



• Desplazamiento



EJEMPLO PRÁCTICO

4. Caso de Dientes Dañados en Ambos Engranés Diagnosticado por Demodulación

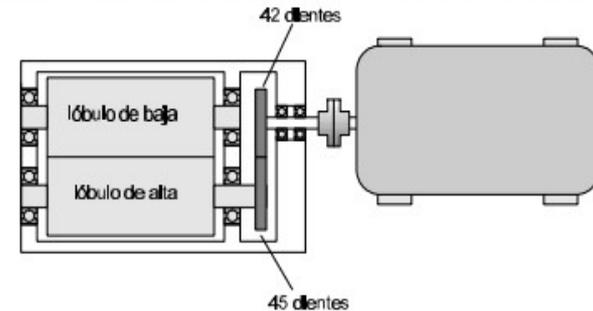
Equipo: Compresor de tornillo

Problema: Vibración excesiva en el compresor con ruido excesivo y un síntoma de vibración "pulsante".

Este compresor de tornillo es de los que incluyen en su flecha de entrada un par de engranes para reducir la velocidad de giro del lóbulo de alta velocidad, por lo que además de tener problemas potenciales en los rodamientos de los lóbulos, también se podrán presentar problemas de daño en los rodamientos de la flecha de entrada, así como desgaste o daño en los engranes de reducción.

Los puntos de medición tomados en el compresor incluyen las tres direcciones (horizontal, vertical y axial), tanto en el lado del cople como del lado libre. Es común tomar espectros con rangos de frecuencia máxima de 70X la frecuencia de giro, sin embargo para este tipo de compresores se recomienda agregar un punto adicional del lado del cople y en dirección axial, con una frecuencia máxima de 3.5X la frecuencia de engranaje para observar posibles desalineamientos y daños en los engranes.

La configuración del compresor de este caso típico se muestra a continuación:



Una de las fallas potenciales en engranes es cuando se dañan 2 dientes, uno en cada engrane. Al momento en que ambos dientes se encuentran, se generarán impactos que excitarán la frecuencia natural de los engranes y de todo el sistema de ensamblaje de los mismos. Debido a que este contacto es metálico, se excitarán altas frecuencias que pueden ser mayores a los 60 000 cpm. Aunque el defecto en ambos dientes sea muy pequeño, la vibración se verá magnificada por los efectos mencionados de excitación de frecuencia natural.

Solamente en el caso de tener un par de engranes con el mismo número de dientes, estos impactos generados por el encuentro de estos dos dientes dañados se repetirán en cada vuelta de los engranes. Sin embargo, en el caso de engranes con diferente número de dientes se tendrá que calcular la frecuencia con la cual se encontrarán los dientes con problema.

Para calcular esta frecuencia se deberá aplicar la siguiente fórmula:

$$F_{HT} = (GMF) (N_A) / (N_p) (N_c)$$

donde:

- F_{HT} = frecuencia de encuentro de dientes con daño
- GMF = frecuencia de engranaje (No. dientes x RPMgiro)
- N_A = número de fases de ensamblaje
- N_p = número de dientes del piñón
- N_c = número de dientes de la corona

Para obtener el número de fases de ensamble de un par de engranes será necesario descomponer su número de dientes en multiplicaciones de números primos, lo cual, para el caso de este compresor es:

- para el engrane de entrada $42 = 1 \times 2 \times 3 \times 7$
- para el engrane de salida $45 = 1 \times 3 \times 3 \times 5$

El número común entre ambos, aparte del 1, es el 3, por lo que en caso de existir un daño en un diente del piñón marcará la corona más profundamente cada tres dientes y de esta manera la vida del par de engranes será de 1/3 de su vida nominal. En fin, profundizar en este aspecto será materia de otro artículo posterior. Por lo pronto, $N_A = 3$ y lo utilizaremos en la fórmula.

La frecuencia de giro del motor, que es la misma del engrane de entrada, es de 1,790 cpm, por lo que la frecuencia de engranaje de este par de engranes es $GMF = 1,790 \times 42 = 75,180$ cpm. Sustituyendo los valores anteriores en la fórmula, tenemos que,

$$F_{HT} = (75,180)(3) / (42)(45) = 119.33 \text{ cpm}$$

Esto es, en caso de que existiese un diente dañado en cada engrane, se producirían impactos a una frecuencia de 119.33 cpm al entrar en contacto ambos dientes. Debido a que esta frecuencia es demasiado baja para poder medirla en un espectro configurado a una frecuencia máxima de 70X, será necesario utilizar técnicas avanzadas para poder detectar este problema. Precisamente es en estos casos cuando la demodulación se convierte en la herramienta más efectiva de diagnóstico.

Antes de utilizar la demodulación se requiere tomar espectros a alta frecuencia para poder determinar si en este espectro se observa la excitación de vibraciones en la zona de altas frecuencias debidas a impactos o contactos metal-metal entre dos piezas, como es el caso de dientes dañados. En la figura 4.1 se observa el espectro tomado en la dirección axial en aceleración y con una $F_{\text{máx}}$ de 300,000 cpm.

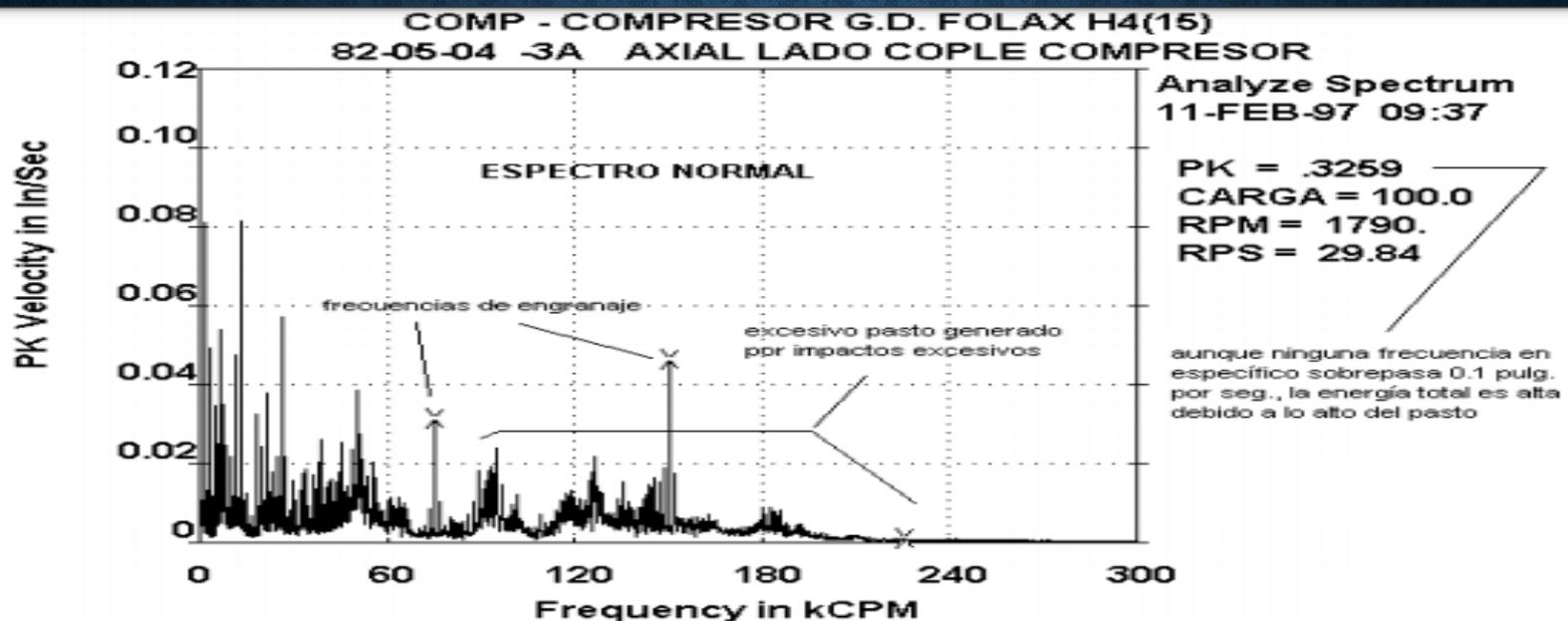


Figura 4.1 Espectro sin demodular del compresor

En este espectro se podrá observar la existencia de múltiples frecuencias del tipo "pasto" a lo largo de todo el eje de frecuencia. Ningún valor individual de amplitud sobrepasa el valor de 0.1 pulg. por seg., sin embargo el valor global de vibración es de 0.3259 pulg. por seg., lo cual es un indicativo de toda la energía encerrada en el espectro. Los valores de vibración a la frecuencia de engranaje y sus armónicos son muy bajos, por lo que es difícil sospechar de un desgaste en los engranes.

Para poder determinar cuál elemento dentro del compresor está generando la energía existente arriba de 30,000 cpm, será necesario utilizar la técnica de demodulación. Se tomó un espectro demodulado con un filtro de paso alto de 500 Hz (30,000 cpm) para obtener las frecuencias modulantes de toda la energía existente por encima de este filtro.

De esta manera el espectro demodulado deberá presentar las frecuencias que generan la vibración a alta frecuencia, si es que éstas existen. En caso de que no presentase frecuencia alguna, la interpretación sería que no hay impactos que generen esta vibración, y entonces buscar con otra técnica el diagnóstico apropiado.

En la figura 4.2 se muestra el espectro demodulado tomado en la misma dirección axial, utilizando un filtro paso alto de 500 Hz, con una frecuencia mínima de 0 cpm y una frecuencia máxima de 5,000 cpm. Se tomó solamente hasta 5,000 cpm debido a que en este rango de frecuencia se encuentran las posibles causas de los impactos generados, como son: la frecuencia de giro del motor, la frecuencia de giro del lóbulo alta velocidad, la frecuencia de giro del lóbulo de baja velocidad y la frecuencia de encuentro de dientes.

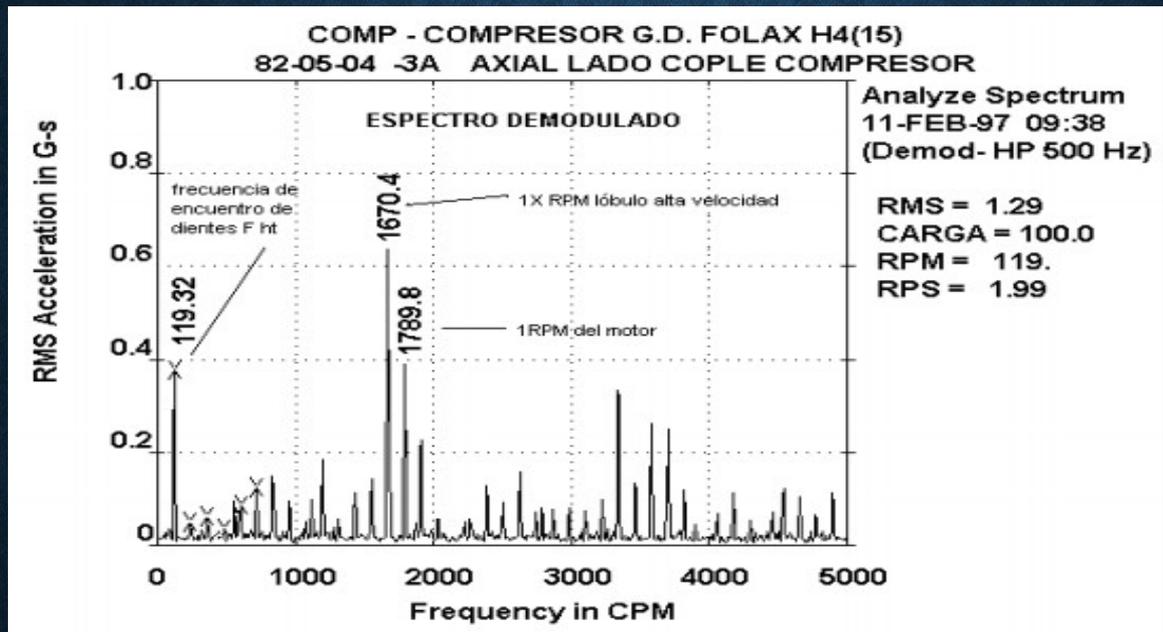


Figura 4.2 Espectro demodulado en axial lado entrada compresor

Como se podrá observar en el espectro, la frecuencia de encuentro de dientes de 119.2 cpm aparece con sus múltiples armónicos, lo que nos indica que existe una alta probabilidad de encontrar dientes dañados tanto en el engrane de entrada como en el engrane que se encuentra conectado a la flecha del lóbulo de alta. La existencia de múltiples armónicos demodulados de esta frecuencia se pueden interpretar como que la severidad del problema es alta, por lo que la recomendación apropiada para este caso es revisar lo más pronto posible esta unidad para efectuar una reparación, como puede ser el cambio de engranes.

Conclusiones

Cuando se utiliza apropiadamente, la técnica de Demodulación revelará información valiosa que de otra forma no es posible apreciar en un espectro normal, sobre todo cuando se trata de inicios de falla en rodamientos o engranajes.

Para la aplicación adecuada de esta técnica se deberá conocer previamente las frecuencias de interés de las señales conocidas como "acarreadas", ya que al conocerlas será posible fijar correctamente el filtro de paso o de banda a utilizar y la Frecuencia Máxima que se deberá definir.

Es importante recordar que la frecuencia mínima de un espectro demodulado podrá ser cero, a diferencia de los espectros normales, donde se eliminan las tres primeras líneas de resolución por los efectos del ruido a bajas frecuencias ocasionado por el proceso de integración

Ensayos no destructivos

- ULTRASONIDO
- RAYOS X
- TINTAS PENETRANTE



Ultrasonidos ensayos no destructivos

- ▶ El ensayo no destructivo por ultrasonidos se basa en el uso de una onda sonora de alta frecuencia, que se transmite a través de un medio físico, para la detección de discontinuidades internas y superficiales o para medir el espesor de paredes



¿QUÉ ES EL ULTRASONIDO?

- ▶ Las ondas ultrasónicas son ondas mecánicas que consisten en oscilaciones o vibraciones de las partículas atómicas o moleculares de un material respecto a su posición de equilibrio.
- ▶ Las características del ultrasonido son muy similares a las del sonido audible, se pueden propagar en cualquier medio elástico, que puede ser sólido o líquido. La principal diferencia entre las dos es la frecuencia más elevada presente en el ultrasonido. Mientras el sonido audible tiene frecuencias entre 16Hz y 20 KHz, la frecuencia del ultrasonido usado en ensayos ultrasónicos está en el rango de 200KHz a 25 MHz frecuencias que el oído humano no puede detectar.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS POR ULTRASONIDO

- ▶ El mayor poder de penetración permite detectar discontinuidades profundas.
- ▶ Alta sensibilidad que permite detectar pequeñísimas discontinuidades
- ▶ Sólo se requiere una superficie de acceso.

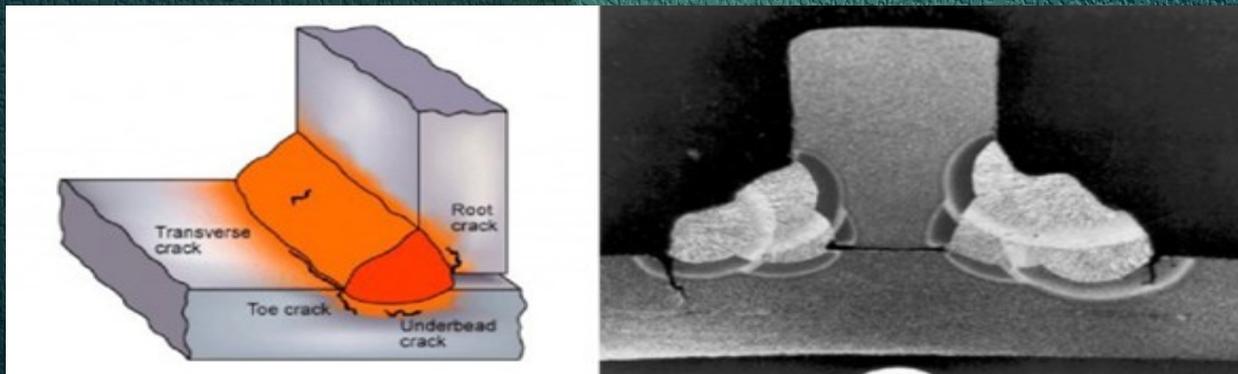
- ▶ El funcionamiento es electrónico, con lo cual se proveen señales casi instantáneas de discontinuidades. Esto hace que el método sea adecuado para interpretación inmediata, automatización, exploración rápida, monitoreo en la línea de producción y control del proceso.
- ▶ Con algunos sistemas, se puede hacer un registro permanente de los resultados de inspección para futura referencia.
- ▶ La capacidad de exploración permite inspeccionar un volumen de metal que se extiende desde la superficie frontal, hasta la superficie trasera de la soldadura.
- ▶ El instrumento ultrasónico es portátil.
- ▶ Es seguro, no compromete la seguridad y salud al operario comparado con los riesgos de la radiografía industrial

Desventajas

- ▶ El funcionamiento manual hace necesario que los técnicos experimentados posean conocimientos de operación del instrumento.
- ▶ Se requiere un vasto conocimiento para el desarrollo de procedimientos de inspección.
- ▶ Son difíciles de inspeccionar las secciones del material que son ásperas, de formas irregulares, muy pequeñas, delgadas o heterogéneas.
- ▶ Puede que no sean detectables las discontinuidades que hay en una capa poco profunda, inmediatamente debajo de la superficie.
- ▶ Se requieren elementos de acoplamiento para proporcionar una transferencia efectiva de la energía de onda ultrasónica, entre las unidades de barrido y las partes que se inspeccionan.
- ▶ Se requieren patrones o bloques de referencia para calibrar el equipo

Rayos x

- ▶ Las aplicaciones de la radiación aportan muchos beneficios a la humanidad: desde la generación de energía hasta los usos en la medicina, la industria y la agricultura. Una de las aplicaciones industriales de la radiación de más larga data es el empleo de la radiografía para el ensayo no destructivo de elementos de equipo. La radiografía industrial sirve de medio para verificar la integridad física del equipo y de estructuras como vasijas, tuberías, juntas soldadas, piezas fundidas, y otros dispositivos. La integridad estructural de esos equipos y estructuras afecta no solo a la seguridad y calidad de los productos, sino también a la protección de los trabajadores, el público y el medio ambiente.



Condiciones de seguridad

- ▶ Los trabajos de radiografía industrial plantean muy poco riesgo si se realizan en condiciones de seguridad
- ▶ El trabajo en tales condiciones desfavorables podría dar lugar a situaciones operacionales que pongan en peligro el principio de mantener las dosis al nivel más bajo que pueda razonablemente alcanzarse



Tintas penetrantes

- ▶ tintas penetrantes son un ensayo no destructivo con amplia aplicación en la industria de los materiales, después de la radiografía industrial y las partículas magnéticas. Su origen Cuando son aplicadas correctamente, las Tintas Penetrantes nos permiten detectar gran variedad de defectos como poros, picaduras, fisuras producidas por fatiga o esfuerzos térmicos y fugas en recipientes herméticos, entre otros.



Figura (17/11)

Características de los líquidos penetrantes:

- ▶ Elevada tensión superficial y baja viscosidad
- ▶ Alta propiedad de penetración hasta en la temperatura ambiente, evitando tener que calentar el líquido.
- ▶ Que la propiedad de penetración sea continua, sin importar que cantidad sea aplicada, ni el método de aplicación.
- ▶ Facilidad para ser removidos de la superficie de la pieza, sin pérdida de líquidos.
- ▶ Líquido no tóxico, inflamable ni se evapora rápidamente.
- ▶ Líquido inerte, ser buen indicador, y muy visible sin importar la cantidad aplicada.
- ▶ Si es un líquido fluorescente, presentar alta fluorescencia bajo el efecto de la luz negra.

Pasos a seguir en la aplicación de tintas penetrantes:

- ▶ Montaje para ensayos con líquidos penetrantes
- ▶ Limpieza de la pieza a examinar.
- ▶ Impregnación de la pieza con el líquido penetrante.
- ▶ Tiempo de espera para una adecuada penetración.
- ▶ Remoción del exceso de penetrante.
- ▶ Aplicación del revelador.
- ▶ Inspección de la pieza e interpretación de las observaciones.
- ▶ Registro de defectos revelados.

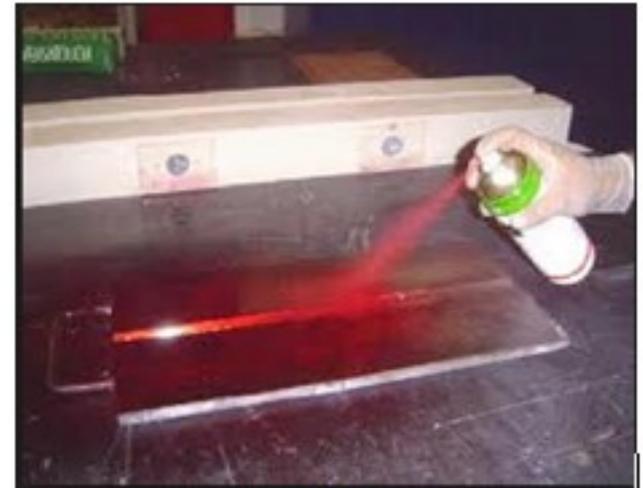
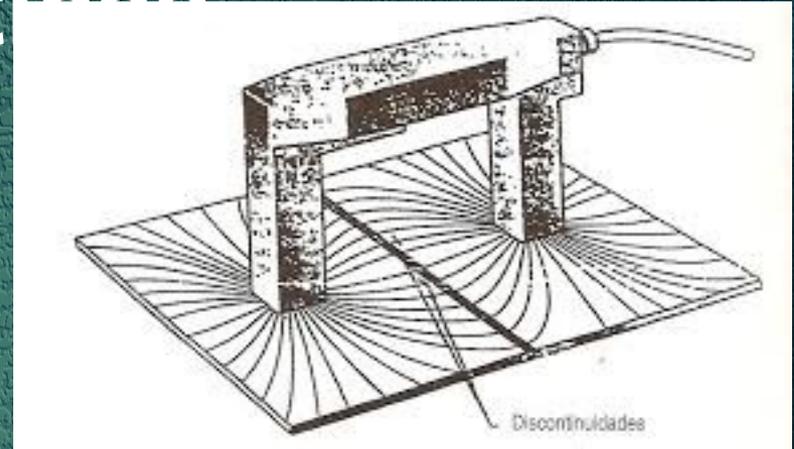
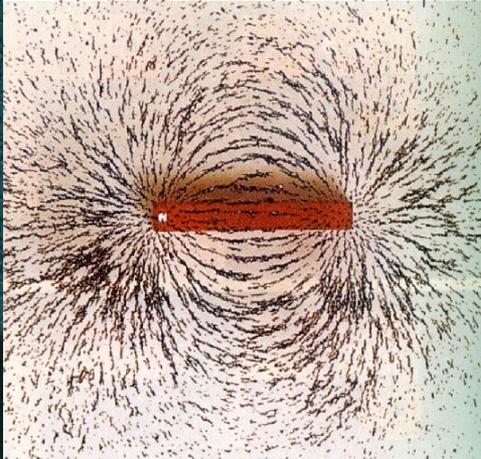


Figura (17/2)

Partículas magnéticas



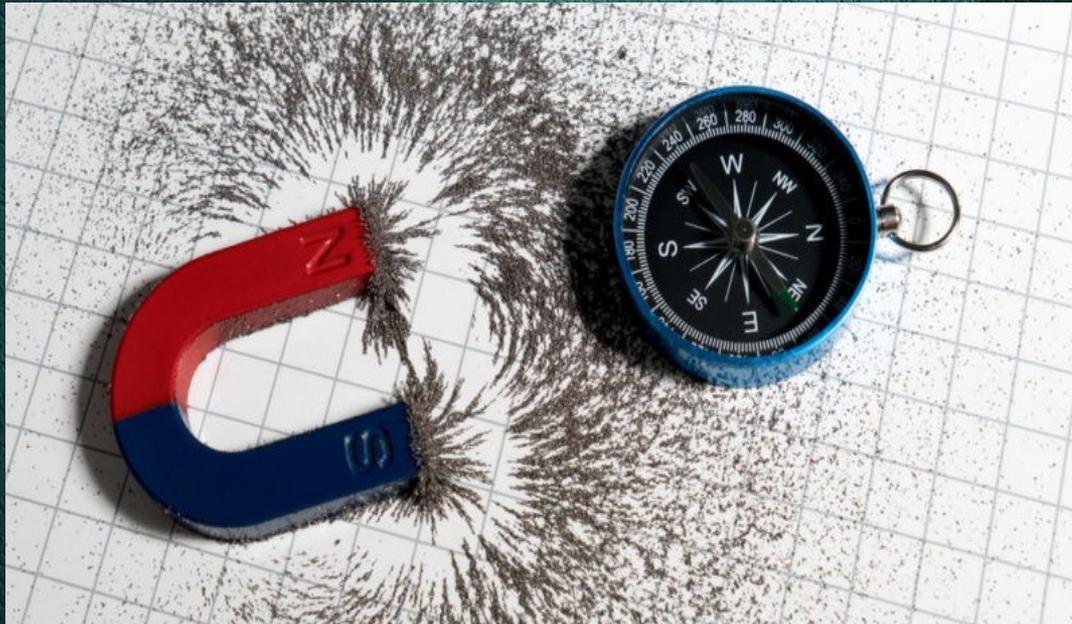
Base física



Uso

Este método se utiliza en materiales ferromagnéticos como el hierro, el cobalto y el níquel. Debido a su baja permeabilidad magnética, no se aplica ni en los materiales paramagnéticos (como el aluminio, el titanio o el platino) ni en los diamagnéticos (como el cobre, la plata, el estaño o el zinc).

Campo magnético



Tamaño, forma y aplicación de las partículas

Las partículas magnetizables deben ser de pequeño tamaño para que tengan buena resolución, es decir, para que detecten defectos pequeños o profundos. Esto se debe a que cuanto mayor sea el tamaño de la partícula, mayor será el campo necesario para girarla. Sin embargo, no deben ser demasiado pequeñas para que no se acumulen en las irregularidades de la superficie, lo que ocasionaría lecturas erróneas. Por ello, lo habitual es combinar en mismo ensayo partículas pequeñas (de entre 1 μm y 60 μm) y grandes (desde 60 μm hasta 150 μm).

Campo de aplicación.

- Propiedad de algunos materiales de poder ser magnetizados.
- La característica que tienen las líneas de flujo de alterar su trayectoria cuando son interceptadas por un cambio de permeabilidad.

Los materiales se clasifican en:

Diamagnéticos

Paramagnéticos

Ferromagnéticos

Tipos de discontinuidades

- Superficiales
- Sub superficiales (muy cercanas a la superficie) Poros, grietas, rechupes, traslapes, costuras, laminaciones, etc.



Ventajas



Desventajas

Procedimiento de Inspección

Área de ensayo:

Tiempo del ensayo:

Temperatura durante el ensayo:

Método de ensayo:

Dirección de magnetización: