

**“IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN LA
EMPRESA AGR-RACKEND”**

PROYECTO PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERÍA EN
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

PRESENTA:

ADRIAN CRUZ JASSO

Mayo, 2011

“IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN LA EMPRESA AGR-RACKEND”

PROYECTO PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERÍA EN
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

PRESENTA:

ADRIAN CRUZ JASSO

Asesor académico

MTRO. FCO. JAVIER RODRÍGUEZ GALINDO

Asesor industrial

ALFONSO GONZÁLEZ RUIZ

Mayo, 2011

DEDICATORIA

La realización de este proyecto está dedicado a personas de alto grado de confianza y afecto hacia mí, donde he puesto todo mi empeño y entrega para poder ser una persona de bien, de excelencia y de mucho éxito.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco la atención prestada por el asesor industrial el C. **Alfonso González Ruiz** gerente general de **AGR-RACKEND planta Tula** y al Mtro. **Francisco Javier Rodríguez Galindo** asesor académico de la **Universidad Tecnológica de Tula Tepeji** por el tiempo prestado durante la estadía.

A MIS PADRES

Porque solo la superación de mis ideales,
me han permitido comprender, cada día
más la difícil posición de ser padres, mis
conceptos, mis valores y mi superación
se los debo a ustedes; esto será la mejor
de las herencias, lo reconozco y lo
agradeceré eternamente. En adelante
Pondré en práctica mis conocimientos y
el lugar que en mi mente ocuparon los
libros, ahora serán de ustedes, esto por
todo el tiempo que les robe pensando
en mí

Gracias

ÍNDICE

	Página
Resumen	1
Introducción	3
Antecedentes	4
Capítulo I Marco Teórico	5
I.1.La función mantenimiento	5
I.1.1.Que es el mantenimiento	5
I.1.2.Historia y evolución del mantenimiento	6
I.1.3.Áreas de acción del mantenimiento	8
I.1.4. Organización del mantenimiento	8
I.1.5. Dependencia Jerárquica	9
I.1.6. Centralización y/o descentralización	9
I.1.7. Tipos y niveles de mantenimiento	11
I.1.8. El Mantenimiento Correctivo, efectuado después del fallo, para reparar averías	11
I.1.9. Ventajas, inconvenientes y aplicaciones de cada tipo de mantenimiento	13
I.1.9.1.Mantenimiento Correctivo	13
I.1.9.2. Mantenimiento Preventivo	13
I.1.9.3. Mantenimiento Predictivo	14
II. Técnicas de mantenimiento predictivo	14
II.1. Definición y principios básicos	14
II.2. Parámetros para control de estado	16
II.3. Establecimiento de un sistema de mantenimiento predictivo	18
II.3.1. Preparación inicial	18
II.3.2. Implantación	19

II.3.3. Revisión de resultados	19
III. Técnicas de aplicación para el mantenimiento predictivo	19
III.1. Inspección Visual	19
III.2. Líquidos penetrantes	20
III.3. Partículas magnéticas	20
III.4. Inspección radiográfica	20
III.5. Ultrasonidos	20
III.6. Análisis de lubricantes	21
III.7. Análisis de vibraciones	21
III.8. Medida de la presión	21
III.9. Medida de temperatura	22
III.10. Termografía	22
III.11. Impulsos de choque	23
Capítulo II Situación Actual del Planteamiento del Problema	24
II.1. Listado de máquinas	24
II.2. Análisis de máquinas	25
II.3. Estandarización de formatos	25
II.4. Mantenimiento programado	26
II.5. Registro de actividades (historiales de cada máquina.)	27
II.6. Clasificación de trabajos en el área de mantenimiento	28
II.7. Orden de trabajo (OT) para ejecutar un mantenimiento	32
II.8. Diagrama de Causa-Efecto	34
II.9. Averías en rodamientos	36
II.10. Fallos típicos por averías en cojinetes	38
II.11. Averías en engranajes	40
II.12. Análisis de averías en forma general	41

Capítulo III Propuesta de Solución al Planteamiento del Problema	45
III.1.Inspección visual	45
III.2.Análisis de vibraciones mecánicas	46
III.3.Prueba de concentración de la solución	54
III.4.Análisis de degradación y contaminación del aceite	57
Capítulo IV Estudio Costo-Beneficio	64
Conclusiones y Recomendaciones	65
Anexos	
A Mantenimiento predictivo, técnica análisis de vibraciones mecánicas	66
B Mantenimiento predictivo, técnica de análisis de lubricantes	67
C Mantenimiento predictivo, prueba de concentración de la solución	68
D Mantenimiento predictivo, técnica de inspección visual	69
E Orden de trabajo	70
Glosario	71
Bibliografía y Fuentes de Información	80
Índice del material grafico	
Figura	
No. 1 Concepción actual del mantenimiento	6
No. 2 Cuatro generaciones del concepto de mantenimiento	7
No. 3 Dependencia jerárquica con departamentos independientes	9
No. 4 Dependencia jerárquica con departamentos de colaboración.	9
No. 5 Centralización/descentralización jerárquica.	10
No. 6 Tipos y niveles de mantenimiento.	11
No. 7 Diagrama de decisión pera efectuar mantenimiento.	12
No. 8 Curva P-F	15
No. 9 Diagrama de planificación o programación del trabajo	32

No. 10	Manejo de documentos para mantenimiento	33
No. 11	Diagrama general, causas asociadas a un efecto concreto	34
No. 12	Diagrama de Ishikawa, fallo de un rodamiento	35
No. 13	Señales de vibraciones	47
No. 14	Datos en pantalla	53
No. 15	Sistema transparente	55
No.16	Sistema de reflexión	56
No.17	Refractómetro RHB-32ATC.	56

Tabla

No.1	Niveles de intensidad para efectuar un mantenimiento	12
No.2	Equipos dinámicos	17
No.3	Equipos estáticos	17
No.4	Equipos eléctricos	17
No.5	Equipos electrónicos	18

RESUMEN

AGR-RACKEND planta Tula, al no tener una planeación de mantenimiento confiable en la base de datos privada y controlada por el software Logmein Hamachi, decide darle seguimiento al procedimiento interno establecido por la dirección basada en la normatividad vigente. Siendo esta de forma oficial para la ejecución en campo y siguiendo los planes de mantenimiento preventivo, las cartas de lubricación, los formatos para el control de la planeación e implementación del mantenimiento predictivo conforme a las técnicas de aplicación. Se obtiene confiabilidad en las máquinas para la disponibilidad en los diferentes procesos de la línea de producción de la planta, otorgada por el encargado de este procedimiento: El gerente general, el C. Alfonso González Ruiz quien define la ruta de la información en el sistema operativo. Evidenciándola al personal responsable de mantenimiento del centro de trabajo, donde se ubica para tener acceso sin riesgo alguno que esta represente para la utilización de la misma. (La base de datos generada internamente para el control y confiabilidad del mantenimiento no se muestra específicamente por ser de carácter confidencialidad para la empresa).

De tal manera que la validación de mantenimiento preventivo, las cartas de lubricación, formatos para el control del mantenimiento e implementación del mantenimiento basado en condición para predecir fallos en las máquinas por aéreas del proceso de producción de la planta. Quedaron digitalizadas de forma oficial para cada una de ellas, sabiendo que representaba inconvenientes en los diferentes procesos de producción en las partes automotrices de dirección y suspensión aumentando los costos de operación por paros inesperados. Se da el seguimiento correspondiente a los procedimientos antes mencionados implementando el mantenimiento predictivo conforme a las técnicas de aplicación como: Inspección visual, análisis de vibraciones mecánicas, prueba de concentración de la solución y el análisis del aceite por degradación. Obteniendo resultados como: disponibilidad y confiabilidad de las máquinas, reducción de costos de operación, reducción en costos y tiempos de parada por mantenimiento evidenciando la calidad en el proceso de producción por las acciones de ejecución en campo aplicadas eficientemente.

ABSTRACT

AGR-RACKEND plants Tula, when not having a planning of reliable maintenance in the private data base and controlled by software Logmein Hamachi, it decides to give pursuit him to the internal procedure established by the direction based on the effective current regulations. Being this of official form for the execution in field and following the plans of preventive maintenance, letters of lubrication, the formats for the control of the planning and implementation of the predictive maintenance according to the application techniques. Trustworthiness in the machines for the availability in the different processes from the line of production of the plant, granted by the one in charge of this procedure is obtained: The general manager, the C. Alfonso González Ruiz who defines the route of the information in the operating system. Demonstrating it to the personnel responsible for maintenance of the work center, where I am located to have access without risk some that this represents for the use of the same one. (The data base generated internally for the control and trustworthiness of the maintenance is not specifically being of character confidentiality for the company).

In such a way that the validation of preventive maintenance, the letters of lubrication, formats for the control of the maintenance and implementation of the maintenance based on condition to predict failures in the machinery by aerial of the process of production of the plant. They were digitized of official form for each one of them, knowing that it represented disadvantages in the different processes from production in the automotive parts of direction and suspension increasing the costs of operation by unexpected unemployment's. The pursuit corresponding to the procedures before mentioned occurs implementing the predictive maintenance according to the techniques of application like: Visual inspection, mechanical analyses of vibrations, test of concentration of the solution and the analysis of the oil by degradation. Obtaining results like: availability and trustworthiness of the machinery, reduction of operation costs, reduction in costs and run-down times by maintenance demonstrating the quality in the process of production by the actions of execution in field applied efficiently.

INTRODUCCIÓN

El término mantenimiento se empezó a utilizar en la industria hacia 1950 en EE.UU. Mientras que en Francia se fue imponiendo progresivamente el término entretenimiento.

El concepto ha ido evolucionando desde la simple función de arreglar y reparar los equipos para asegurar la producción (entretenimiento) hasta la concepción actual del mantenimiento con funciones de prevenir, corregir y revisar los equipos a fin de optimizar el coste global:

Los servicios de mantenimiento, no obstante a lo anterior, ocupan posiciones muy variables dependientes de los tipos de industria: Posición fundamental en centrales nucleares e industrias aeronáuticas, posición importante en industrias de proceso y posición secundaria en empresas con costos de paro bajos.

En cualquier caso podemos distinguir cuatro generaciones en la evolución del concepto de mantenimiento:

La primera generación es la más larga, desde la revolución industrial hasta después de la segunda guerra mundial. Aunque todavía impera en muchas industrias. El mantenimiento se ocupa sólo de arreglar las averías por lo que es el mantenimiento correctivo.

La segunda generación evoluciona dentro de la segunda guerra mundial hasta finales de los años 70 donde se descubre la relación entre edad de los equipos y probabilidad de fallo. Se comienza a hacer sustituciones preventivas, definido como mantenimiento preventivo.

La tercera generación surge a principios de los años ochentas. Se empiezan a realizar estudios causa-efecto para averiguar el origen de los problemas. Por lo que es el mantenimiento predictivo ó detección precoz de síntomas incipientes para actuar antes de que las consecuencias sean inadmisibles. Se comienza a hacer partícipe a producción en las tareas de detección de fallos.

Mientras que la cuarta generación aparece en los primeros años de los noventas. El mantenimiento se contempla como una parte del concepto de calidad total: Mediante una adecuada gestión del mantenimiento es posible aumentar la disponibilidad al tiempo que se reducen los costos. Es el mantenimiento basado en el riesgo (MBR): Se concibe el mantenimiento como un proceso de la empresa al que contribuyen también otros departamentos. Se identifica el mantenimiento como fuente de beneficios, frente al antiguo concepto de mantenimiento como "mal necesario". La posibilidad de que una máquina falle y las consecuencias asociadas para la empresa es un riesgo que hay que gestionar, teniendo como objetivo la disponibilidad necesaria en cada caso al mínimo coste.

Se requiere un cambio de mentalidad en las personas y se utilizan herramientas como: ingeniería de riesgo (Determinar consecuencias de fallos que son aceptables o no), análisis de fiabilidad (Identificar tareas preventivas factibles y rentables) y mejora de la mantenibilidad (reducir tiempos y costes de mantenimiento).

ANTECEDENTES

En AGR-RACKEND planta Tula se tienen cincuenta maquinas diferentes para el proceso de producción de bieletas, rotulas y terminales como elementos de suspensión y dirección en partes automotrices.

Al no tener definido un plan de acción de mantenimiento basado en condición para la maquinaria en general, se tiene como consecuencia la implementación de los mantenimientos preventivos y ejecución de mantenimientos correctivos generando tiempos muertos. Aumentando los costos de mantenimiento en la línea de producción.

Planteamiento del problema

Actualmente no se cuenta con un programa de mantenimiento predictivo apoyado con un sistema de información en la base de datos interna para mantener y dar confiabilidad al funcionamiento óptimo de la maquinaria de la línea de producción de autopartes de dirección y suspensión automotriz en AGR-RACKEND planta Tula.

Objetivo general

Desarrollar un programa de mantenimiento predictivo acorde a las necesidades de la empresa, para dar confiabilidad en el funcionamiento óptimo de la maquinaria en la línea de producción en AGR-RACKEND planta Tula.

Objetivos específicos

- Validar el mantenimiento preventivo.
- Validar cartas de lubricación.
- Validar formatos para el control de mantenimiento.
- Planificar el mantenimiento.
- Reducir los costos de mantenimiento.

Justificación

Por instrucciones de la dirección AGR-RACKEND planta Tula se toma la decisión para estandarizar el proceso de captura de las fichas técnicas de la maquinaria en la línea de producción, para el control del mantenimiento planificado conforme a la normatividad interna y así tener una base de datos confiable para cada máquina en su respectiva área de trabajo. Evitando así los inconvenientes que se presentan en el control del proceso, mantenimientos preventivos, predictivos planificados y captura de información en el sistema. Derivado de esto se tienen resultados de gran ayuda para la planta, ya que se puede obtener el control total de la confiabilidad en que se encuentra operando, permitiendo estar fuera de situaciones no deseadas y con ello tener la seguridad de trabajar en cualquier área sin riesgo alguno, en los equipos y sin olvidar el control de contaminantes al medio ambiente.

CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

I.1.La función de mantenimiento

I.1.1. Que es el mantenimiento

Se entiende por Mantenimiento a la función empresarial a la que se encomienda el control del estado de las instalaciones de todo tipo, tanto las productivas como las auxiliares y de servicios. En ese sentido se puede decir que el mantenimiento es el conjunto de acciones necesarias para conservar ó restablecer un sistema en un estado que permita garantizar su funcionamiento a un coste mínimo. Conforme con la anterior definición se deducen distintas actividades:

- Prevenir y/ó corregir averías.
- Cuantificar y/ó evaluar el estado de las instalaciones.
- Aspecto económico (costes).

En los años 70, en Gran Bretaña nació una nueva tecnología, la Terotecnología (del griego conservar, cuidar) cuyo ámbito es más amplio que la simple conservación:

"La Terotecnología es el conjunto de prácticas de Gestión, financieras y técnicas aplicadas a los activos físicos para reducir el "coste del ciclo de vida".

El concepto anterior implica especificar una disponibilidad de los diferentes equipos para un tiempo igualmente especificado.

Todo ello nos lleva a la idea de que el mantenimiento empieza en el proyecto de la máquina. En efecto, para poder llevar a cabo el mantenimiento de manera adecuada es imprescindible empezar a actuar en la especificación técnica (normas, tolerancias, planos y demás documentación técnica a aportar por el suministrador) y seguir con su recepción, instalación y puesta en marcha; estas actividades cuando son realizadas con la participación del personal de mantenimiento deben servir para establecer y documentar el estado de referencia. A ese estado nos referimos durante la vida de la máquina cada vez que hagamos evaluaciones de su rendimiento, funcionalidades y demás prestaciones.

Son misiones de mantenimiento:

- La vigilancia permanente y/ó periódica.
- Las acciones preventivas.
- Las acciones correctivas (reparaciones).
- El reemplazamiento de maquinaria.
- La función Mantenimiento en la Empresa

Los objetivos implícitos son:

- Aumentar la disponibilidad de los equipos hasta el nivel preciso.
- Reducir los costes al mínimo compatible con el nivel de disponibilidad necesario.
- Mejorar la fiabilidad de máquinas e instalaciones.
- Asistencia al departamento de ingeniería en los nuevos proyectos para facilitar la mantenibilidad de las nuevas instalaciones.

I.1.2.Historia y evolución del mantenimiento

El término "mantenimiento" se empezó a utilizar en la industria hacia 1950 en EE.UU. En Francia se fue imponiendo progresivamente el término "entretenimiento".

El concepto ha ido evolucionando desde la simple función de arreglar y reparar los equipos para asegurar la producción (ENTRETENIMIENTO) hasta la concepción actual del MANTENIMIENTO con funciones de prevenir, corregir y revisar los equipos a fin de optimizar el coste global:

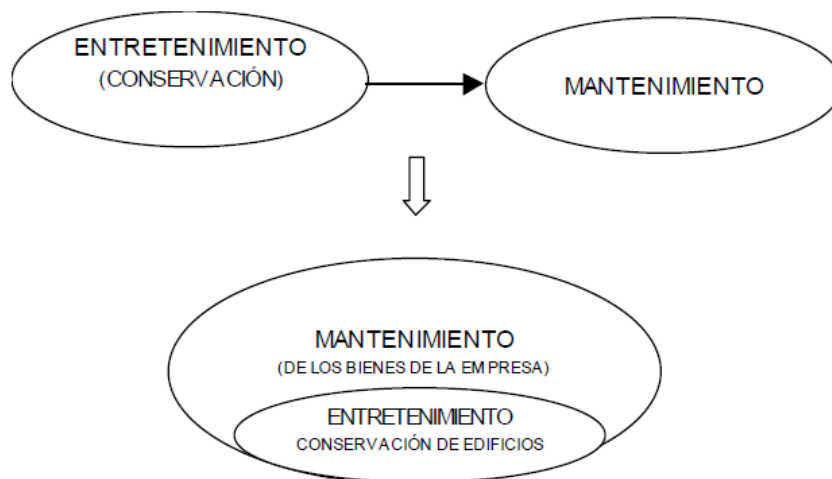


Figura No. 1 Concepción actual del mantenimiento

Los servicios de mantenimiento, no obstante lo anterior, ocupan posiciones muy variables dependientes de los tipos de industria:

- Posición fundamental en centrales nucleares e industrias aeronáuticas.
- Posición importante en industrias de proceso.
- Posición secundaria en empresas con costos de paro bajos.

En cualquier caso podemos distinguir cuatro generaciones en la evolución del concepto de mantenimiento:

1ª Generación: La más larga, desde la revolución industrial hasta después de la 2ª Guerra Mundial, aunque todavía impera en muchas industrias. El

Mantenimiento se ocupa sólo de arreglar las averías. Es el Mantenimiento Correctivo.

2ª Generación: Entre la 2ª Guerra Mundial y finales de los años 70 se descubre la relación entre edad de los equipos y probabilidad de fallo. Se comienza a hacer sustituciones preventivas. Es el Mantenimiento Preventivo.

3ª Generación: Surge a principios de los años 80. Se empieza a realizar estudios CAUSA-EFECTO para averiguar el origen de los problemas. Es el Mantenimiento Predictivo ó detección precoz de síntomas incipientes para actuar antes de que las consecuencias sean inadmisibles. Se comienza a hacer partícipe a Producción en las tareas de detección de fallos.

4ª Generación: Aparece en los primeros años 90. El Mantenimiento se contempla como una parte del concepto de Calidad Total: "Mediante una adecuada gestión del mantenimiento es posible aumentar la disponibilidad al tiempo que se reducen los costos. Es el Mantenimiento Basado en el Riesgo (MBR): Se concibe el mantenimiento como un proceso de la empresa al que contribuyen también otros departamentos. Se identifica el mantenimiento como fuente de beneficios, frente al antiguo concepto de mantenimiento como "mal necesario". La posibilidad de que una máquina falle y las consecuencias asociadas para la empresa es un riesgo que hay que gestionar, teniendo como objetivo la disponibilidad necesaria en cada caso al mínimo coste.

Se requiere un cambio de mentalidad en las personas y se utilizan herramientas como:

- Ingeniería del Riesgo (Determinar consecuencias de fallos que son aceptables o nó).
- Análisis de Fiabilidad (Identificar tareas preventivas factibles y rentables).
- Mejora de la Mantenibilidad (Reducir tiempos y costes de mantenimiento).

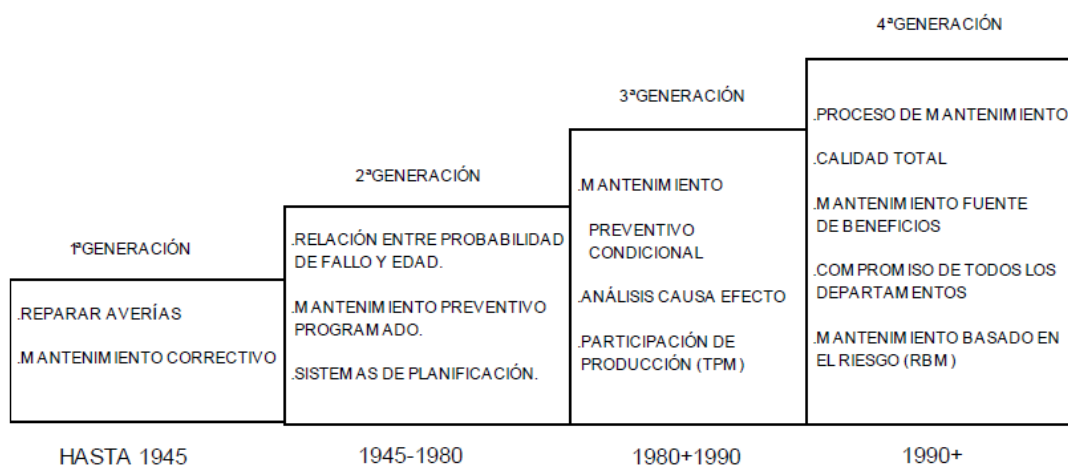


Figura No. 2 Cuatro generaciones del concepto de mantenimiento.

I.1.3.Áreas de acción del mantenimiento

De lo dicho hasta aquí se deducen las tareas de las que un servicio de mantenimiento, según el contexto, puede ser responsable:

- Mantenimiento de equipos.
- Realización de mejoras técnicas.
- Colaboración en las nuevas instalaciones: especificación, recepción y puesta en marcha.
- Recuperación y nacionalización de repuestos.
- Ayudas a fabricación (cambios de formato, proceso, etc.).
- Aprovisionamiento de útiles y herramientas, repuestos y servicios (subcontratación).
- Participar y Promover la mejora continua y la formación del personal.
- Mantener la Seguridad de las instalaciones a un nivel de riesgo aceptable.
- Mantenimientos generales (Jardinería, limpiezas, vehículos, etc.).

Todo ello supone establecer:

- La Política de Mantenimiento a aplicar
- Tipo de mantenimiento a efectuar.
- Nivel de preventivo a aplicar.
- Los Recursos Humanos necesarios y su estructuración
- El Nivel de Subcontratación y tipos de trabajos a subcontratar.
- La Política de stocks de repuestos a aplicar.

De lo que se deduce la formación polivalente requerida para el técnico de mantenimiento.

I.1.4. Organización del mantenimiento

Antes de entrar en otros detalles concretos del mantenimiento abordaremos dos aspectos que afectan a la estructuración del mantenimiento:

- Dependencia Jerárquica.
- Centralización y/o descentralización.

I.1.5. Dependencia Jerárquica

En cuanto a su dependencia jerárquica es posible encontrarnos con departamentos dependientes de la dirección y al mismo nivel que fabricación:

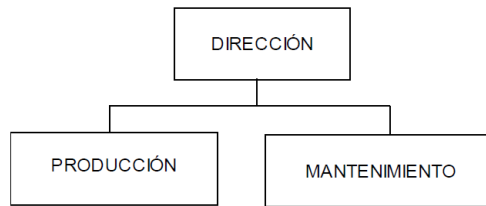


Figura No. 3 Dependencia jerárquica con departamentos independientes.

ó, integrados en la producción para facilitar la comunicación, colaboración e integración:

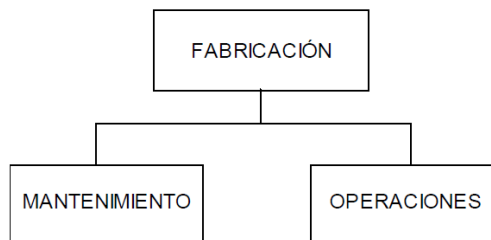


Figura No. 4 Dependencia jerárquica con departamentos de colaboración.

I.1.6. Centralización y/o descentralización

Nos referimos a la posibilidad de una estructura piramidal, con dependencia de una sola cabeza para toda la organización ó, por el contrario, la existencia de diversos departamentos de mantenimiento establecidos por plantas productivas ó cualquier otro criterio geográfico.

Del análisis de las ventajas e inconvenientes de cada tipo de organización se deduce que la organización ideal es la "Centralización Jerárquica junto a una descentralización geográfica".

La Centralización Jerárquica proporciona las siguientes ventajas:

- Optimización de Medios
- Mejor dominio de los Costos
- Procedimientos Homogéneos
- Seguimiento de Máquinas y Averías más homogéneo
- Mejor Gestión del personal

Mientras que la Descentralización Geográfica aportaría éstas otras ventajas:

- Delegación de responsabilidad a los Jefes de áreas
- Mejora de relaciones con producción

- Más eficacia y rapidez en la ejecución de trabajos
- Mejor comunicación e integración de equipos polivalentes

De lo anterior se deduce un posible organigrama tipo:

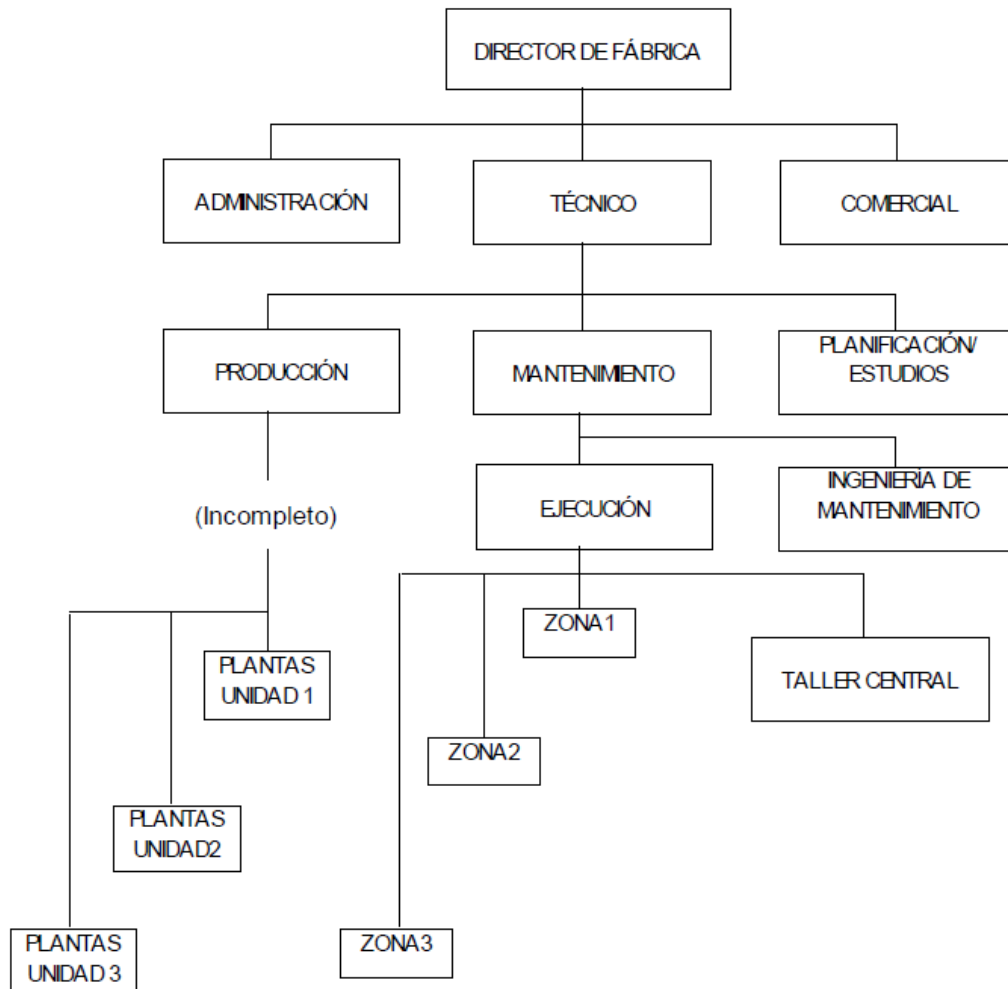


Figura No. 5 Centralización/descentralización jerárquica.

Del que caben hacer los siguientes comentarios:

- Producción y Mantenimiento deben estar al mismo nivel, para que la política de mantenimiento sea racional.
- La importancia de los talleres de zonas, que aportan las siguientes ventajas:
 - Equipo multidisciplinar
 - Mejor coordinación y seguimiento del trabajo
 - Facilita el intercambio de equipos
 - Clarifica mejor las responsabilidades.

La necesidad de la unidad “ingeniería de mantenimiento”, separada de la ejecución, permite atender el día a día sin descuidar la preparación de los trabajos futuros, analizar los resultados para conocer su evolución y, en definitiva, atender adecuadamente los aspectos de gestión sin la presión a que habitualmente se encuentran sometidos los responsables de ejecución.

I.1.7. Tipos y niveles de mantenimiento

Los distintos tipos de Mantenimiento que hasta ahora hemos comentado quedan resumidos en la Figura:

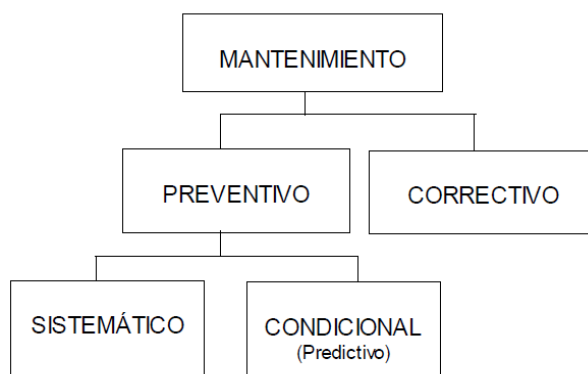


Figura No. 6 Tipos y niveles de mantenimiento.

I.1.8. El Mantenimiento Correctivo, efectuado después del fallo, para reparar averías

El Mantenimiento Preventivo, efectuado con intención de reducir la probabilidad de fallo, del que existen dos modalidades:

El Mantenimiento Preventivo Sistemático, efectuado a intervalos regulares de tiempo, según un programa establecido y teniendo en cuenta la criticidad de cada máquina y la existencia ó nó de reserva.

El Mantenimiento Preventivo Condicional o según condición, subordinado a un acontecimiento predeterminado.

El Mantenimiento Predictivo, que más que un tipo de mantenimiento, se refiere a las técnicas de detección precoz de síntomas para ordenar la intervención antes de la aparición del fallo.

Un diagrama de decisión sobre el tipo de mantenimiento a aplicar, según el caso, se presenta en la figura:

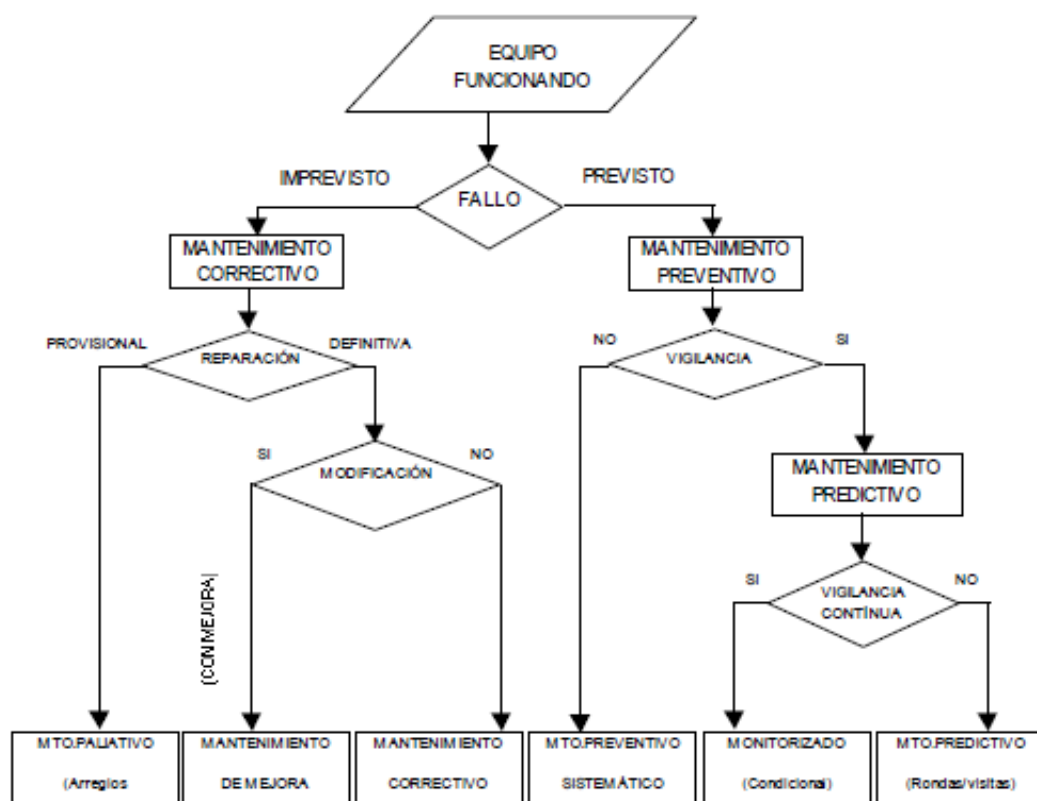


Figura No. 7 Diagrama de decisión para efectuar mantenimiento.

En cuanto a los distintos niveles de intensidad aplicables se presenta un resumen en el cuadro siguiente:

Tabla No. 1 Niveles de intensidad para efectuar un mantenimiento.

NIVEL	CONTENIDO	PERSONAL	MEDIOS
1	-AJUSTES SIMPLES PREVISTOS EN ÓRGANOS ACCESIBLES. -CAMBIO ELEMENTOS ACCESIBLES Y FÁCILES DE EFECTUAR.	OPERADOR, IN SITU	UTILLAJE LIGERO
2	-ARREGLOS POR CAMBIO ESTANDAR -OPERACIONES MENORES DE PREVENTIVO (RONDAS/GAMAS).	TÉCNICO HABILITADO, IN SITU	UTILLAJE LIGERO + REPUESTOS NECESARIOS EN STOCK.
3	-IDENTIFICACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE AVERÍAS. -REPARACIÓN POR CAMBIO DE COMPONENTES Y REPARACIONES MECÁNICAS MENORES.	TÉCNICO ESPECIALIZADO, IN SITU O TALLER.	UTILLAJE + APARATOS DE MEDIDAS + BANCO DE ENSAYOS, CONTROL, ETC.
4	-TRABAJOS IMPORTANTES DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO.	EQUIPO DIRIGIDO POR TÉCNICO ESPECIALIZADO (TALLER).	UTILLAJE ESPECÍFICO + MATERIAL DE ENSAYOS, CONTROL, ETC.
5	-TRABAJOS DE GRANDES REPARACIONES, RENOVACIONES, ETC.	EQUIPO COMPLETO, POLIVANTES, EN TALLER CENTRAL.	MÁQUINAS-HERRAMIENTAS Y ESPECÍFICAS DE FABRICACIÓN (FORJA, FUNDICIÓN, SOLDADURA, ETC.)

I.1.9. Ventajas, inconvenientes y aplicaciones de cada tipo de mantenimiento.

I.1.9.1.Mantenimiento Correctivo

Ventajas:

- No se requiere una gran infraestructura técnica ni elevada capacidad de análisis.
- Máximo aprovechamiento de la vida útil de los equipos.

Inconvenientes:

- Las averías se presentan de forma imprevista lo que origina trastornos a la producción.
- Riesgo de fallos de elementos difíciles de adquirir, lo que implica la necesidad de un “stock” de repuestos importante.
- Baja calidad del mantenimiento como consecuencia del poco tiempo disponible para reparar.

Aplicaciones:

- Cuando el coste total de las paradas ocasionadas sea menor que el coste total de las acciones preventivas.
- Esto sólo se da en sistemas secundarios cuya avería no afectan de forma importante a la producción.
- Estadísticamente resulta ser el aplicado en mayor proporción en la mayoría de las industrias.
- La Función Mantenimiento en la Empresa.

I.1.9.2. Mantenimiento Preventivo

Ventajas:

- Importante reducción de paradas imprevistas en equipos.
- Solo es adecuado cuando, por la naturaleza del equipo, existe una cierta relación entre probabilidad de fallos y duración de vida.

Inconvenientes:

- No se aprovecha la vida útil completa del equipo.
- Aumenta el gasto y disminuye la disponibilidad si no se elige convenientemente la frecuencia de las acciones preventivas.

Aplicaciones:

- Equipos de naturaleza mecánica o electromecánica sometidos a desgaste seguro
- Equipos cuya relación fallo-duración de vida es bien conocida.

I.1.9.3. Mantenimiento Predictivo

Ventajas:

- Determinación óptima del tiempo para realizar el mantenimiento preventivo.
- Ejecución sin interrumpir el funcionamiento normal de equipos e instalaciones.
- Mejora el conocimiento y el control del estado de los equipos.

Inconvenientes:

- Requiere personal mejor formado e instrumentación de análisis costosa.
- No es viable una monitorización de todos los parámetros funcionales significativos, por lo que pueden presentarse averías no detectadas por el programa de vigilancia.
- Se pueden presentar averías en el intervalo de tiempo comprendido entre dos medidas consecutivas.

Aplicaciones:

- Maquinaria rotativa
- Motores eléctricos
- Equipos estáticos
- Aparamenta eléctrica
- Instrumentación

II. Técnicas de mantenimiento predictivo

II.1. Definición y principios básicos

Se llama Mantenimiento Predictivo, Mantenimiento Condicional o Mantenimiento Basado en la Condición el mantenimiento preventivo subordinado a la superación de un umbral predeterminado y significativo del estado de deterioro de un bien.

Se trata de un conjunto de técnicas que, debidamente seleccionadas, permiten el seguimiento y examen de ciertos parámetros característicos del equipo en estudio, que manifiestan algún tipo de modificación al aparecer una anomalía en el mismo.

La mayoría de los fallos en máquinas aparecen de forma incipiente, en un grado en que es posible su detección antes que el mismo se convierta en un hecho consumado con repercusiones irreversibles tanto en la producción como en los costes de mantenimiento. Se precisa para ello establecer un seguimiento de aquellos parámetros que nos pueden avisar del comienzo de un deterioro y establecer para cada uno de ellos qué nivel vamos a admitir como normal y cuál inadmisible, de tal forma que su detección desencadene la actuación pertinente.

La figura muestra éste proceso. Se le denomina curva P-F porque muestra cómo un fallo comienza y prosigue el deterioro hasta un punto en el que puede ser detectado (el punto P de fallo potencial). A partir de allí, si no se detecta y no se toman las medidas oportunas, el deterioro continúa hasta alcanzar el punto F de fallo funcional:

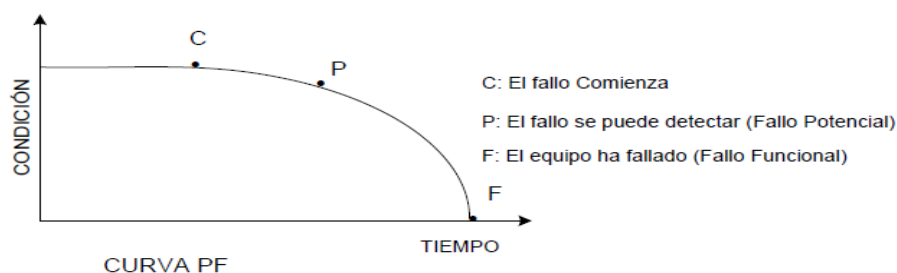


Figura No. 8 Curva P-F.

El seguimiento y control de los parámetros se puede hacer mediante vigilancia periódica, en cuyo caso es importante establecer una frecuencia tal que nos permita detectar el deterioro en un momento entre P y F, y que no sea demasiado tarde para reaccionar.

Asimismo se puede hacer mediante monitorizado en continuo lo que evita el inconveniente anterior, pero no siempre es factible y, en cualquier caso, es más costoso. De manera que finalmente los parámetros a controlar y la forma depende de factores económicos:

- Importancia de la máquina en el proceso productivo
- Instrumentación necesaria para el control

Los equipos a los que actualmente se les puede aplicar distintas técnicas de control de estado con probada eficacia son básicamente los siguientes:

- Máquinas rotativas
- Motores eléctricos
- Equipos estáticos
- Aparamenta eléctrica
- Instrumentación

Las ventajas que aporta este tipo de mantenimiento son que, al conocerse en todo momento el estado de los equipos, permite detectar fallos en estado incipiente, lo que impide que éste alcance proporciones indeseables. Por otra parte permite aumentar la vida útil de los componentes, evitando el reemplazo antes de que se encuentren dañados. Y por último, al conocerse el estado de un defecto, pueden programarse las paradas y reparaciones previéndose los repuestos necesarios, lo que hace disminuir los tiempos de indisponibilidad.

II.2. Parámetros para control de estado

Los parámetros utilizados para el control de estado de los equipos son aquellas magnitudes físicas susceptibles de experimentar algún tipo de modificación repetitiva en su valor, cuando varía el estado funcional de la máquina.

Existen muchos parámetros que se pueden utilizar con este fin, siempre que se cumplan las condiciones expresadas:

- Que sea sensible a un defecto concreto
- Que se modifica como consecuencia de la aparición de alguna anomalía
- Que se repite siempre de la misma forma

Así las distintas técnicas utilizadas para el mantenimiento preventivo se pueden clasificar en dos grupos básicos:

Técnicas directas, en las que se inspeccionan directamente los elementos sujetos a fallo: entre ellas cabe mencionar la inspección visual (la más usada), inspección por líquidos penetrantes, por partículas magnéticas, el empleo de ultrasonidos, análisis de materiales, la inspección radiográfica, etc.

Técnicas indirectas, mediante la medida y análisis de algún parámetro con significación funcional relevante. Entre ellos el más usado es el análisis de vibraciones, aunque también existen numerosos parámetros que cada vez son más utilizados conjuntamente con el análisis de vibraciones, como puede ser el análisis de lubricantes, de ruidos, de impulsos de choque, medida de presión, de temperatura, etc.

En las tablas siguientes se resumen las técnicas y parámetros utilizados actualmente para el control de estados para distintos tipos de equipos:

Tabla No. 2 Equipos dinámicos.

PARÁMETRO INDICADOR	TÉCNICAS
•Inspección visual	•Uso de endoscopios, mirillas, videos
•Vibraciones	•Análisis espectral y de tendencias
•Presión, caudal, temperatura	•Seguimiento de evolución
•Ruido	•Análisis del espectro
•Degradación y contaminación de lubricantes	•Análisis físico-químicos, ferrografía
•Estado de rodamientos	•Impulsos de choque
•Estado de alineación	•Laser de monitorización
•Control de esfuerzos, par y potencia	•Extensometría, torsiómetros
•Velocidades críticas	•Amortiguación dinámica

Tabla No. 3 Equipos estáticos.

PARÁMETRO INDICADOR	TÉCNICAS
•Observación Visual	•Testigos, Endoscopios
•Corrosión	•Testigos, Rayos X, Ultrasonidos
•Fisuración	•Líquidos Penetrantes, Partículas Magnéticas, Rayos X, Ultrasonidos, Corrientes Parásitas.
•Estado de Carga	•Entensometria, Células De Carga
•Desgaste	•Ultrasonidos, Corrientes Inducidas, Flujo magnético
•Fugas	•Ultrasonidos, Ruidos, Control Atmósfera por medida de gases

Tabla No. 4 Equipos eléctricos.

PARÁMETRO INDICADOR	TÉCNICAS
•Equilibrio de fases	•Medidas de tensión e intensidad
•Consumos anómalos	•Medidas de intensidad y potencia
•Estado de devanados, excentricidad, desequilibrio	•Espectros de corriente y vibración
•Severidad de servicio	•Control y recuento de arranques y maniobras
•Resistencia de aislamiento	•Medida de resistencias, índice de polarización
•Contaminación de devanados	•Corriente de absorción y fuga
•Temperatura de devanados	•Medidas de temperatura, termografías
•Estado de escobillas	•Termografías, análisis estroboscópico
•Fallos de aislamiento	•Factor de pérdidas dieléctricas, análisis de descargas parciales

Tabla No. 5 Equipos electrónicos.

PARÁMETRO INDICADOR	TÉCNICAS
•Función o respuesta	•Medidas eléctricas, simulación, sistemas expertos
•Calentamiento	•Avisos sonoros, termografía

II.3. Establecimiento de un sistema de mantenimiento predictivo

El fundamento del mantenimiento predictivo es la medida y valoración periódica de una serie de variables de estado (parámetros de control) lo que implica el manejo de una ingente cantidad de datos que requieren medios:

- Físicos (hardware)
- De gestión (software)
- Humanos

Los medios físicos son los instrumentos de medida y los de captura y registro de datos. Los programas de gestión informáticos manejan los datos captados elaborando informes y gráficos de evolución. Finalmente los medios humanos incluyen el personal que hace las medidas rutinarias, que deben ser profesionales cualificados y con conocimientos específicos del tipo de equipos a tratar y, además, el personal técnico altamente cualificado capaz de desarrollar análisis y diagnóstico de averías.

La implantación requiere unos pasos sucesivos:

- 1.- Preparación inicial
- 2.- Implantación propiamente dicha
- 3.-Revisión de resultados

II.3.1. Preparación inicial

- La preparación inicial supone desarrollar las siguientes tareas:
- Definición de las máquinas
- Identificación, estudio, de sus características y calificación de su importancia en el proceso productivo.
- Determinar los parámetros y técnicas de medidas

Para cada máquina crítica en particular y para cada familia de máquinas genéricas se determinan los parámetros y técnicas más adecuados a utilizar para llevar a cabo el control:

- Estructurar la base de datos

- Para cada máquina se decide y cargan los siguientes datos:
- Frecuencia de chequeo o medida
- Alcance de las medidas de cada parámetro
- Definición de rutas
- Definición de alarmas, para cada parámetro
- Formación del personal

II.3.2. Implantación

Supone, una vez realizada toda la preparación, llevar a cabo las medidas periódicas acordadas, con las rutas y frecuencias previstas, lo que implica:

- Chequeos y medidas periódicas
- Registro y volcado de datos en el sistema
- Valoración de niveles que indican un comportamiento anómalo
- Análisis y diagnóstico de anomalías

II.3.3. Revisión de resultados

Una vez implantado todo el sistema se debería llevar a cabo periódicamente (al menos anualmente) un análisis crítico de resultados:

- Historial de medidas rutinarias y averías.
- Análisis de resultados y dispersión de datos.
- Cambio de parámetros o niveles de alarma así como de las frecuencias de chequeo, si es necesario.

III. Técnicas de aplicación para el mantenimiento predictivo

A continuación se describen brevemente las principales técnicas utilizadas para un mantenimiento predictivo:

III.1. Inspección Visual

Abarca desde la simple inspección visual directa de la máquina hasta la utilización de complicados sistemas de observación como pueden ser microscopios, endoscopios y lámparas estroboscópicas.

Se pueden detectar fallos que se manifiestan físicamente mediante grietas, fisuras, desgaste, soltura de elementos de fijación, cambios de color, etc. Se aplica a zonas que se pueden observar directamente y, cada vez más, se diseñan las máquinas para poder observar partes inaccesibles sin necesidad de desmontar (como las turbinas de gas, por ejemplo, mediante el uso de endoscopios).

III.2. Líquidos penetrantes

Se trata de una inspección no destructiva que se usa para encontrar fisuras superficiales o fallos internos del material que presentan alguna apertura en la superficie.

La prueba consiste en la aplicación de una tintura especial sobre la superficie que previamente se ha limpiado concienzudamente. Se deja transcurrir un cierto tiempo para que penetre bien en todos los posibles defectos. A continuación se elimina la tintura mediante limpieza superficial. Finalmente se trata de nuevo la superficie con un líquido muy absorbente que extrae toda la tintura que quedó atrapada en poros o grietas superficiales, revelando la presencia y forma de tales defectos.

Existen así mismo tinturas fluorescentes que se revelan con el uso de una luz ultravioleta (álabes de turbinas).

III.3. Partículas magnéticas

Se trata de otro ensayo no destructivo que permite igualmente descubrir fisuras superficiales así como no superficiales.

Se basa en la magnetización de un material ferromagnético al ser sometido a un campo magnético. Para ello se empieza limpiando bien la superficie a examinar, se somete a un campo magnético uniforme y, finalmente, se esparcen partículas magnéticas de pequeña dimensión. Por efecto del campo magnético éstas partículas se orientan siguiendo las líneas de flujo magnético existentes. Los defectos se ponen de manifiesto por las discontinuidades que crean en la distribución de las partículas.

III.4. Inspección radiográfica

Técnica usada para la detección de defectos internos del material como grietas, burbujas o impurezas interiores. Especialmente indicadas en el control de calidad de uniones soldadas.

Como es bien conocido consiste en intercalar el elemento a radiografiar entre una fuente radioactiva y una pantalla fotosensible a dicha radiación.

III.5. Ultrasonidos

Los ultrasonidos son ondas a frecuencia más alta que el umbral superior de audibilidad humana, en torno a los 20 kHz. Es el método más común para detectar grietas y otras discontinuidades (fisuras por fatiga, corrosión o defectos de fabricación del material) en materiales gruesos, donde la inspección por rayos X se muestra insuficiente al ser absorbidos, en parte, por el material.

El ultrasonido se genera y detecta mediante fenómenos de piezoelectricidad y magnetostricción. Son ondas elásticas de la misma naturaleza que el sonido con frecuencias que alcanzan los 10⁹ Hz. Su propagación en los materiales sigue casi las leyes de la óptica geométrica.

Midiendo el tiempo que transcurre entre la emisión de la señal y la recepción de su eco se puede determinar la distancia del defecto, ya que la velocidad de propagación del ultrasonido en el material es conocida.

Tiene la ventaja adicional de que además de indicar la existencia de grietas en el material, permite estimar su tamaño lo que facilita llevar un seguimiento del estado y evolución del defecto.

También se está utilizando esta técnica para identificar fugas localizadas en procesos tales como sistemas de vapor, aire o gas por detección de los componentes ultrasónicos presentes en el flujo altamente turbulentos que se generan en fugas (válvulas de corte, válvulas de seguridad, purgadores de vapor, etc.).

III.6. Análisis de lubricantes

El aceite lubricante juega un papel determinante en el buen funcionamiento de cualquier máquina. Al disminuir o desaparecer la lubricación se produce una disminución de la película de lubricante interpuesto entre los elementos mecánicos dotados de movimiento relativo entre sí, lo que provoca un desgaste, aumento de las fuerzas de rozamiento, aumento de temperatura, provocando dilataciones e incluso fusión de materiales y bloqueos de piezas móviles. Por tanto el propio nivel de lubricante puede ser un parámetro de control funcional. Pero incluso manteniendo un nivel correcto el aceite en servicio está sujeto a una degradación de sus propiedades lubricantes y a contaminación, tanto externa (polvo, agua, etc.) como interna (partículas de desgaste, formación de lodos, gomas y lacas). El control de estado mediante análisis físico-químicos de muestras de aceite en servicio y el análisis de partículas de desgaste contenidas en el aceite (ferrografía) pueden alertar de fallos incipientes en los órganos lubricados.

III.7. 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.

III.8. Medida de la presión

Dependiendo del tipo de máquina puede ser interesante para confirmar o descartar ciertos defectos, utilizada conjuntamente con otras técnicas predictivas.

Se suele utilizar la presión del proceso para aportar información útil ante defectos como la cavitación, condensación de vapores o existencia de golpes de ariete. En otros casos es la presión de lubricación para detectar deficiencias funcionales en los cojinetes o problemas en los cierres por una presión insuficiente o poco estable.

III.9. Medida de temperatura

El control de la temperatura del proceso no suele utilizarse desde el punto de vista predictivo. Sin embargo se utiliza muy eficazmente el control de la temperatura en diferentes elementos de máquinas cuya variación siempre está asociada a un comportamiento anómalo.

Así se utiliza la temperatura del lubricante, de la cual depende su viscosidad y, por tanto, su poder lubricante. Un aumento excesivo de temperatura hace descender la viscosidad de modo que puede llegar a romperse la película de lubricante. En ese caso se produce un contacto directo entre las superficies en movimiento con el consiguiente aumento del rozamiento y del calor generado por fricción, pudiendo provocar dilataciones y fusiones muy importantes.

En los rodamientos y cojinetes de deslizamiento se produce un aumento importante de temperatura de las pistas cuando aparece algún deterioro. Asimismo se eleva la temperatura cuando existe exceso o falta de lubricante. También aumenta la temperatura ante la presencia de sobrecargas. Por todo ello se utiliza frecuentemente la medida de temperatura en rodamientos y cojinetes, junto con otras técnicas, para la detección temprana de defectos y su diagnóstico.

La temperatura en bobinados de grandes motores se mide para predecir la presencia de fallos como sobrecargas, defectos de aislamiento y problemas en el sistema de refrigeración.

Por último también puede aportar información valiosa la temperatura del sistema de refrigeración. En efecto, cualquier máquina está dotada de un sistema de refrigeración más o menos complejo para evacuar el calor generado durante su funcionamiento. La elevación excesiva de la temperatura del refrigerante denota la presencia de una anomalía en la máquina (roces, holguras inadecuadas, mala combustión, etc.) o en el propio sistema de refrigeración.

III.10. Termografía

La termografía es una técnica que utiliza la fotografía de rayos infrarrojos para detectar zonas calientes en dispositivos electromecánicos. Mediante la termografía se crean imágenes térmicas cartográficas que pueden ayudar a localizar fuentes de calor anómalas.

Así se usa para el control de líneas eléctricas (detección de puntos calientes por efecto Joule), de cuadros eléctricos, motores, máquinas y equipos de proceso en los que se detectan zonas calientes anómalas bien por defectos del propio material o por defecto de aislamiento o calorifugación.

Para ello es preciso hacer un seguimiento que nos permita comparar periódicamente la imagen térmica actual con la normal de referencia.

III.11. Impulsos de choque

Dentro de las tareas de mantenimiento predictivo suele tener un elevado peso el control de estado de los rodamientos por ser éstos elementos muy frecuentes en las máquinas y fundamentales para su buen funcionamiento, al tiempo que están sujetos a condiciones de trabajo muy duras y se les exige una alta fiabilidad.

Entre las técnicas aplicadas para el control de estado de rodamientos destaca la medida de los impulsos de choque.

Proporcionan una medida indirecta de la velocidad de choque entre los elementos rodantes y las pistas de rodadura, es decir, la diferencia de velocidad entre ambos es el momento del impacto. Esos impactos generan, en el material, ondas de presión de carácter ultrasónico llamadas “impulsos de choque”. Se propagan a través del material y pueden ser captadas mediante un transductor piezoeléctrico, en contacto directo con el soporte del rodamiento. El transductor convierte las ondas mecánicas en señales eléctricas que son enviadas al instrumento de medida. Para mejorar su sensibilidad y, como quiera que el tren de ondas sufre una amortiguación en su propagación a través del material, el transductor se sintoniza eléctricamente a su frecuencia de resonancia.

Los impulsos de choque, aunque presentes en cualquier rodamiento, van aumentando su amplitud en la medida en que van apareciendo defectos en los rodamientos, aunque éstos defectos sean muy incipientes.

Por ello es utilizada la medida de la amplitud como control de estado de los rodamientos en los que, tras la realización de numerosas mediciones, se ha llegado a establecer los valores “normales” de un rodamiento en buen estado y los que suponen el inicio de un deterioro aunque todavía el rodamiento no presente indicios de mal funcionamiento por otras vías.

CAPITULO II SITUACIÓN ACTUAL DEL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

AGR-RACKEND planta Tula, no cuenta con una base de datos interna de control o planeación de mantenimiento confiable para su maquinaria en general dentro del proceso de producción de partes automotrices de suspensión y dirección conforme a la normatividad interna.

De tal manera que en la planta esta información era insuficiente se siguió trabajando así por mucho tiempo, donde principalmente se detectaban problemas en la línea de producción generando cuellos de botella por falta de disponibilidad de las maquinas, haciendo el proceso de transformación de la materia prima más largo e insuficiente.

De tal manera que la dirección de AGR-RACKEN planta Tula y el personal involucrado de mantenimiento, toman la decisión de recopilar la poca información de algunas áreas en donde se había generado esta. Del mismo modo se utilizo la información de la base de datos que se tenía en los historiales por maquina independientes tales como: troqueles, prensas hidráulicas, electroforjas, prensas electroforjas, tornos convencionales, taladros de columna, sierras cintas, brochadoras, tornos de control numérico etc.

Sin embargo derivado de una recomendación interna de planeación de mantenimiento en la planta se estableció un nuevo registro, seguimiento y control para la planeación y confiabilidad del mantenimiento mediante un paquete informático establecido por la dirección. Ya que fue necesaria la readecuación de la información para así tener un control de cada máquina en específico de cada área de trabajo para tener una disponibilidad de las mismas apegada en un 100%.

Como primera etapa para validar el mantenimiento preventivo. Sabiendo que la empresa no contaba con información concreta de las maquinas, se realizo un listado de las maquinas. En el cual se incluyen las que se encuentran fuera de y en operación, seguido de esto se realizo una clasificación de las mismas para observar la situación de la operación en la línea, evidenciándonos si son críticas para el proceso, ver qué tipo de maquinaria y con qué actividad son las que intervienen, cuales son las actividades que agregan valor (aquellas actividades que contribuyen en la transformación del producto).

II.1.Listado de maquinas

Para realizar este listado se considero lo siguiente:

- Ubicación de la maquinaria.
- Identificar las líneas principales de producción.
- Identificar el tipo de proceso (intermitente, continuo, etc.)
- Maquinaria que interviene en las actividades.

Los traslados que se presentan desde que llega la materia prima en el proceso y al tener el producto terminado.

Las demoras. Son los tiempos en que se lleva un proceso, o bien el tiempo para pasar de un proceso a otro.

La elaboración de un listado de maquinaria muestra que control puede tener un proceso, dado que es una guía que indica que y como hacer, cuánto tiempo lleva, que materia y que maquinaria interviene.

II.2.Análisis de maquinas

Una vez listadas y clasificadas las maquinas según el tipo y la importancia que estas tienen se procedió a realizar el análisis de cada una de ellas.

El análisis se realizo de la siguiente manera:

- Primero se realizaron formatos para cada máquina, obteniendo información acerca de las horas de operación de las maquinas por día, ficha técnica y descripción del proceso que realiza en la empresa.
- Después se hizo un listado de los daños o desperfectos en la maquina, para esto fue necesario apoyarnos con personal de experiencia que labora en la empresa.
- Y por último, se realizo un reporte de fallas y desperfectos encontrados en las maquinas.

II.3.Estandarización de formatos

En AGR-RACKEND planta Tula fue necesario estandarizar los formatos que permitieron evidenciar datos acerca del mantenimiento, la eficiencia y eficacia con la que las maquinas estaban operando debido a que no se contaba con un sistema de control del mantenimiento. Para ello se tiene que considerar que no todos los formatos de mantenimiento pueden aplicar para las empresas de diferentes sectores, se debe de realizar el formato que se ajuste a las necesidades de la empresa, las actividades/proceso que se realiza, el nivel de personal; el formato debe ser sencillo pero debe tener la información que se necesite para el debido mantenimiento. Al mismo tiempo debe ser claro, sencillo y preciso para el llenado por el personal de mantenimiento para una buena disponibilidad de las maquinas de la línea de producción.

Para la implementación de un formato o documento dentro de un sistema, se le da seguimiento a esta metodología. De tal manera que hay que tener en consideración que el formato que diseñe puede no ser el más adecuado o funcional ya que se encuentran abiertos a la mejora continua conforme a normatividades.

La estructura y diseño del formato depende de las necesidades de la empresa, cabe mencionar que para implementar el formato que actualmente se usa, fue necesario realizar ejemplares de prueba para su validación.

Dentro de los datos que se obtuvieron son:

- Fecha

- Hora de arranque y paro de operaciones.
- Nombre o código de la maquina.
- Tipo de mantenimiento que se va a realizar.
- Observaciones.

II.4.Mantenimiento programado

Dentro del mantenimiento programado, el conocer el estado de funcionamiento de la máquina permite planificar en qué momento se debe realizar el mantenimiento y también puede prevenir alguna condición de falla a la que se encuentra expuesta.

La idea de este tipo de mantenimiento es prevenir la falla, realizando la mantención en base a un programa pre-establecido, debiendo coordinar la detención de la máquina para realizar la acción de mantenimiento.

El mantenimiento programado es el más usado en las industrias, pero muchas veces no es el mejor método ni el más eficiente, ya que se puede dar el caso de que la máquina no necesitara mantenimiento, pero si éste está dentro del programa de mantenimiento se deberá realizar según este dentro del control de la planeación estandarizada, de la misma manera aplica este para la planeación de la ejecución y validación de las cartas de lubricación.

La eficiencia de un programa de mantenimiento preventivo dependerá de los siguientes factores:

- La existencia de registro preciso de las mantenciones previas.
- La vida útil de las máquinas y/o equipos.
- La cantidad de horas de uso de las máquinas y/o equipos
- Los conocimientos de quien realiza las acciones de mantenimiento.

Sabiendo que los planes de mantenimiento se dejan abiertos a la mejora continua por personal especializado en el área, un programa de mantenimiento preventivo se implementa de la siguiente manera: La mantención preventiva es una actividad planificada que, independientemente del grado de refinamiento con que se desarrolle su programa realiza, de manera sistemática, las siguientes actividades básicas fundamentales:

- Inspecciones y revisiones generales de los equipos e instalaciones de la planta, orientadas a descubrir las condiciones que conducen a paros imprevistos o depreciación anticipada de los activos.
- Conservar los activos mediante reparaciones, reemplazos, lubricaciones, limpiezas, etc., con el fin de corregir los defectos detectados cuando estos aun se encuentran en una etapa incipiente.

- Cualquier proyecto que se desarrolle para establecer un sistema de mantención preventiva debe considerar que “sin planeamiento y programación no se puede aplicar mantenimiento preventivo”.
- Los planes que deben elaborarse y desarrollarse coordinadamente para concretar en forma efectiva el mantenimiento preventivo son:
- Plan matriz de inspecciones, elaborado considerando todas las máquinas y equipos presentes en la faena
- Programa de trabajo, elaborado de manera específica para cada equipo o máquina.

II.5.Registro de actividades (historiales de cada máquina.)

Para registrar la información y respaldar los historiales es necesario registrar toda actividad de mantención preventiva y/o correctiva, como mínimo en un cuaderno tipo bitácora, sin embargo existen algunos formatos de tarjetas que se pueden utilizar y que a continuación se muestran.

Tarjeta de maquina: Se registra la historia o vida de una máquina o equipo, desde que ésta fue adquirida hasta la fecha actual, en esta tarjeta se señalan sus partes y se registran las inspecciones de acuerdo a las especificaciones que entregue el fabricante.

El registro debe considerar:

- Fabricante: País de procedencia y razón social del fabricante.
- Representante: Se debe indicar el nombre de la empresa que tiene la representación del equipo en Chile y en la zona.
- Máquina o Equipo: Se registra el nombre de la máquina.
- Tipo o Modelo: Se indica el tipo o modelo de máquina.
- Número de Registro: Se anota el número que corresponde al registro de la máquina o equipo en el inventario.
- Características Técnicas del Equipo: Se registran las medidas de tamaños, capacidades, tales como capacidades, potencia, torque, etc.
- Número de Serie: Se obtiene de la placa del equipo.
- Ubicación: se señala la sección donde se encuentra el equipo, en caso de que sea un equipo estacionario.
- Adquisición: se registra la fecha de adquisición y el valor de compra del equipo.
- Gastos de Instalación: Comprende todo lo invertido por concepto de materiales y mano de obra utilizada en la instalación del equipo.

Teniendo la información de la planeación del mantenimiento se clasifico esta en archivos diferentes en formato con extensión .xls y Word para su estandarización interna, Ejemplo: para identificar cada máquina y así tener separada una de otra, en orden específico para poder cargar la información de la maquina en la base de datos interna reflejándose en el sistema de red local controlada por Logmein Hamachi. Una software local de AGR-RACKEND planta Tula instalado hace unos días atrás, ya que para este procedimiento se analizo en una serie de reuniones para orientar a los involucrados en el mantenimiento de ejecución y planeación.

Para el control de esta información se interviene desde la base de datos generada internamente controlada en red por el servidor y el software Hamachi. Donde se lleva el control total de toda la información de la planta, sabiendo que este proyecto solo está basado en la implementación de la información para la confiabilidad y disponibilidad de las maquinas para eficientar el proceso. En donde este paquete informático solo tiene acceso personal autorizado de confianza para la captura de información, manejo de la misma, planeación y confidencialidad para manejarla.

II.6. Clasificación de trabajos en el área de mantenimiento

Para que los trabajos se puedan realizar con la eficiencia deseada es preciso:

- Concretar el trabajo a realizar.
- Estimar los medios necesarios (mano de obra, materiales)
- Definir las normas de Seguridad y Procedimientos aplicables.
- Obtener el permiso de trabajo.

Se trata, por tanto, de hacer la preparación tanto de la mano de obra como de los materiales (repuestos, grúas, andamios, máquinas-herramientas, útiles, consumibles, etc.), y por ello podemos decir que es una actividad imprescindible para una adecuada programación. Esto nadie lo duda. La única cuestión opinable es si debe ser realizado por un órgano staff o, por el contrario, que sean realizados por los propios responsables de ejecución.

Preparación de la mano de obra:

- Normas, Procedimientos, Guías de trabajo aplicables. Sobre todo debe estar detallado en trabajos muy repetitivos
- Calificación y formación necesaria de los ejecutores. Número.
- Horas de trabajo necesarias.
- Permisos de trabajo a obtener. Condiciones a reunir por la instalación para obtener el permiso para trabajar.

Preparación de Materiales:

- Repuestos necesarios. Su disponibilidad. Vale de salida del almacén.

- Materiales de consumo y otros no almacenados. Propuesta de compra.
- Transportes, grúas, carretillas necesarias.
- Andamios y otras actividades auxiliares.

Evidentemente no todos los trabajos requieren igual preparación. Se aceptan los siguientes grados de preparación en mantenimiento, para justificarla económicamente:

- 10% de los trabajos no requiere ninguna preparación (pequeños , no repetitivos).
- 60% de los trabajos se hará una preparación general, incidiendo más en los materiales que en la mano de obra (trabajos normales).
- 30% de los trabajos se hará una preparación exhaustiva (grandes reparaciones, larga duración, parada de instalaciones).

Los procedimientos de trabajo deben ser útiles y fáciles de manejar por los interesados (no son manuales para técnicos sino guías para operarios). Deben contener:

- Las operaciones necesarias y su orden de ejecución
- Los instrumentos, útiles y herramientas especiales necesarias
- El número de personas necesarias para cada operación Gestión de Trabajos
- Las indicaciones de seguridad en las tareas que revisten un cierto riesgo

Para conocer los tiempos de trabajo es necesario:

- Programarlos
- Medir la eficacia de los equipos humanos
- Mejorar los métodos
- Implantar un sistema de incentivos individual ó colectivo

Cuando hablamos de eficacia del servicio nos referimos a comparar los tiempos reales de ejecución con los tiempos previstos ó asignados a cada trabajo. En ello influye de gran manera el método de trabajo utilizado, de forma que diferencias importantes entre tiempo asignado y tiempo real apuntan generalmente a los trabajos cuyo método deben ser investigados, con vistas a su mejora.

En cuanto a la implantación de un sistema de incentivos, además de necesitar una estimación de tiempos más precisa, puede ser contraproducente en mantenimiento: La sofisticación y especialización creciente de las intervenciones de mantenimiento exige cada vez mayor profesionalidad y motivación, por lo que el mantenedor no debe estar coartado por el instrumento

discriminante del incentivo. Lo anterior no descarta la posibilidad de incentivos de grupo en función de resultados globales (producción, disponibilidad, etc.)

En el análisis de tiempos hay que considerar el ciclo completo del trabajo (todas las especialidades y todos los tiempos):

- Tiempo de desplazamiento
- Tiempo de preparación
- Tiempo de ejecución
- Tiempo de esperas, imprevistos

Constituyendo en muchos casos el tiempo de ejecución una pequeña porción del trabajo completo (depende de la naturaleza de trabajo y tipo de industria).

La precisión necesaria, asumiendo que no aplicamos incentivos, podría ser de $\pm 10\%$ al $\pm 30\%$ en trabajos generales y $\pm 5\%$ en trabajos muy repetitivos. Su cálculo correcto se podría hacer por análisis estadístico de una serie de datos representativos, recogidos en el archivo histórico de intervenciones.

Dentro de la clasificación de los trabajos, para asignar tiempos a los trabajos puede ser una valiosa ayuda proceder previamente a la clasificación de los mismos. Una posible clasificación, en este sentido, sería la siguiente:

1. Pequeños trabajos no rutinarios: De menos de 4 horas de duración. No es rentable la obtención de tiempos.
2. Trabajos rutinarios: Repetitivos y previsibles, ejecutados por un equipo fijo asignado a cada instalación. Es útil disponer de tiempos asignados y procedimientos de trabajo.
3. Trabajos de mantenimiento diversos: Son la mayor parte de los trabajos de mantenimiento, aparecen con cierta repetitividad y no con una gran variabilidad. Es necesario tener tiempos (con la precisión indicada) y procedimientos de trabajo escritos.
4. Trabajos de ayuda a producción: Ajustes, cambios de formato, etc. Se deben tener procedimientos y tiempos para los repetitivos. Para los no repetitivos basta con los tiempos.
5. Trabajos de mantenimiento extraordinario: Grandes revisiones ó reparaciones. Interesa disponer de procedimientos escritos y tiempos de intervención.

En definitiva no se precisa disponer ni de tiempos ni de procedimientos escritos para el 100% de las actividades, aunque si es importante disponer de ellas en los casos indicados.

Las características tan diferentes de los distintos trabajos que tiene que realizar el mantenimiento obliga a distintos niveles de programación:

1º.- Ya a nivel de Presupuesto Anual, se han de definir, lo que podríamos llamar, "trabajos extraordinarios". Se trata de grandes reparaciones previstas en el presupuesto anual o paradas/revisiones programadas, sean de índole legal o técnicas.

Se trata de una programación a largo plazo (1 año o más). El trabajo se puede cuantificar, prever medios necesarios, tiempo de ejecución e incluso se dispone de elementos de juicio para determinar la fecha de comienzo.

2º.- Existe una programación a medio plazo (semanal, mensual) en la que se puede prever:

- Carga de mantenimiento preventivo, resultante de dividir la carga total anual en bloques homogéneos para cada período. Normalmente, esta programación se suele hacer semanalmente.
- El resto lo constituye la carga de mantenimiento correctivo, no urgente, que por tanto, debe ser cuantificado en horas y preparado adecuadamente para asegurar su duración y calidad.

3º.- Por último, es imprescindible realizar una programación diaria (corto plazo, turno o jornada) dónde se desarrolla y concreta el programa anterior (semanal/mensual) y en el que se insertan los trabajos urgentes e imprevistos. Para ellos, se estima un 20% de los recursos programables, aunque depende del tipo de trabajo.

Albañilería y demás auxiliares no deben pasar del 10%, mientras que en máquinas-herramientas suele llegar, incluso, al 50%.

En cualquier caso, dada la variabilidad de los tiempos y la importancia en el logro de los objetivos de mantenimiento, es imprescindible para que funcione adecuadamente la programación:

1º.- Una autoridad adecuada para tomar decisiones por el programador y ser cumplidas.

2º.- Disponer de una información adecuada para lo que su comunicación con los distintos niveles de mantenimiento y fabricación debe ser muy fluida.

3º.- Seguir día a día la evolución de los trabajos y la carga pendiente, de manera que la planificación esté permanentemente actualizada y sea un documento vivo y eficaz.

Existen diversos modelos cada uno de los cuales se adaptarán mejor o peor según el tipo de industria, producción, etc. Un modelo bastante general y que puede ser visualizado de manera sencilla y adaptado a la realidad es el representado en la figura de: diagrama de planificación o programación del trabajo:

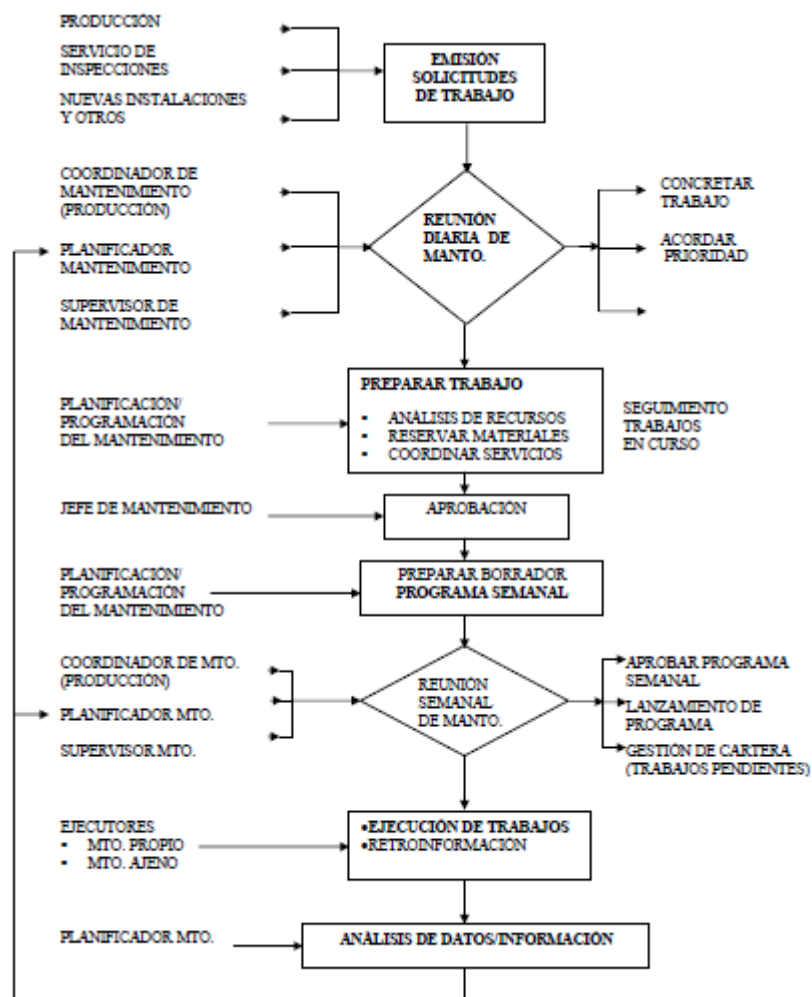


Figura No. 9 Diagrama de planificación o programación del trabajo

II.7. Orden de trabajo (OT) para ejecutar un mantenimiento

Existen programas mecanizados adaptados para la programación de grandes obras y/o proyectos y otros específicos aplicables a trabajos de mantenimiento.

En cualquier caso, para que la programación sea fiable y eficaz, es preciso valorar los tiempos de las órdenes de trabajo (ver anexo E, orden de trabajo.), tarea que constituye una de las más importantes de la preparación de trabajos.

Dentro de la ejecución de los trabajos, documentos y niveles de urgencia el proceso completo de realización de trabajos incluye los siguientes pasos:

- Identificación del trabajo
- Planificación
- Programación
- Asignación
- Ejecución

- Retroinformación

En el esquema siguiente se resumen los documentos que se suelen manejar:

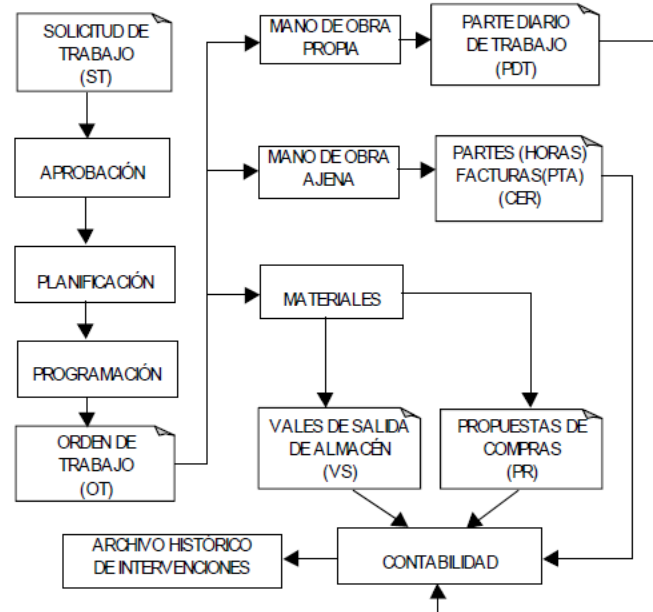


Figura No. 10 Manejo de documentos para mantenimiento

Los documentos usados son:

- ST Solicitud de Trabajo
- OT Orden de Trabajo
- PDT Parte Diario de Trabajo
- CER Certificaciones
- VS Vales de Salida
- BR Bonos de Recepción

Los niveles de prioridad, indicados en cada ST e imprescindibles para una adecuada programación, suelen ser:

- Prioridad I: Trabajos urgentes, de emergencia, para evitar daños a la propiedad o a las personas. No programados. Intervención inmediata.
- Prioridad A: Trabajos urgentes, para evitar pérdidas de producción o para asegurar la calidad. Programados. Intervención en 24 horas.
- Prioridad B: Trabajos normales, para asegurar la disponibilidad.
- Programados. Intervención en una semana.
- Prioridad C: Trabajos de parada. Se deben realizar en la próxima parada programada.

El proceso indicado es el típico del mantenimiento correctivo. Para el mantenimiento preventivo se simplifica ya que se lanzan directamente las OT'S (no existen ST'S). En cuanto a las prioridades, que se deben acomodar al tipo de fabricación, se han indicado igualmente las usadas en mantenimiento correctivo, ya que en mantenimiento preventivo serán todas de prioridad "B" o "C".

Actividades dentro de la programación del mantenimiento preventivo.

- Preparación de Trabajos
- Estimación de tiempos
- Estimación de la mano de obra
- Estimación de materiales
- Estimación de medios auxiliares
- Procedimiento de trabajo
- Permisos de trabajo

II.8. Diagrama de Causa-Efecto

El diagrama Causa-Efecto o espina de pescado, es una representación gráfica de las relaciones lógicas existentes entre las causas que producen un efecto bien definido.

Sirve para visualizar, en una sola figura, todas las causas asociadas a una avería y sus posibles relaciones. Ayuda a clasificar las causas dispersas y a organizar las relaciones mutuas. Es, por tanto, una herramienta de análisis aplicable en la fase B (determinación de las causas).

Tiene el valor de su sencillez, poder contemplar por separado causas físicas y causas latentes (fallos de procedimiento, sistemas de gestión, etc.) y la representación gráfica fácil que ayuda a resumir y presentar las causas asociadas a un efecto concreto.

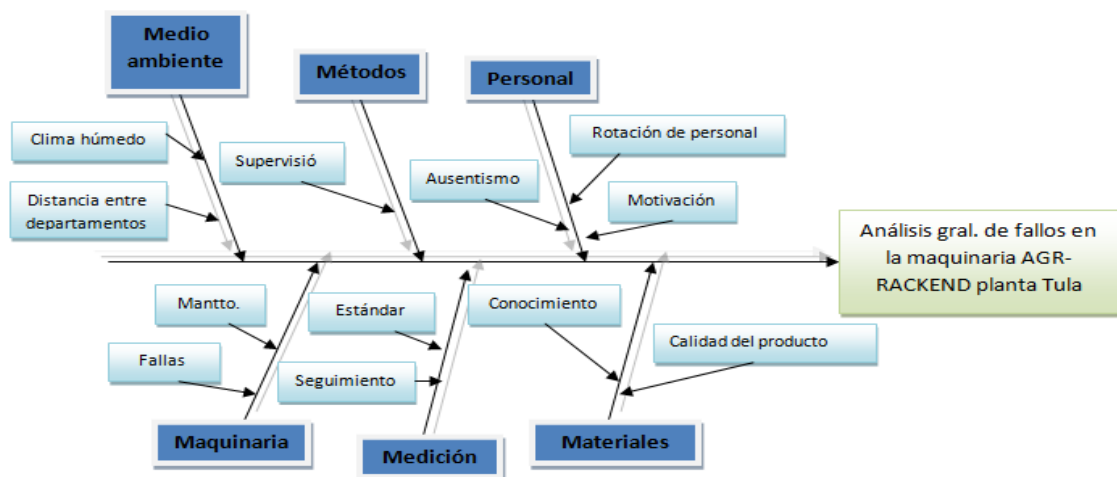


Figura No. 11 Diagrama general, causas asociadas a un efecto concreto.

Los pasos a seguir para su construcción son:

1. Precisar bien el efecto: Es el problema, avería o fallo que se va a analizar.
2. Subdividir las causas en familias. Se aconseja el método de las 4M (métodos, máquinas, materiales, mano de obra), para agrupar las distintas causas, aunque según la naturaleza de la avería puede interesar otro tipo de clasificación.
3. Generar, para cada familia, una lista de todas las posibles causas. Responder sucesivamente ¿Por qué ocurre? hasta considerar agotadas todas las posibilidades.

A continuación se presenta un ejemplo del diagrama de Ishikawa para el fallo de causas posibles en las máquinas de AGR-RACKEND planta Tula enfocado a un rodamiento:

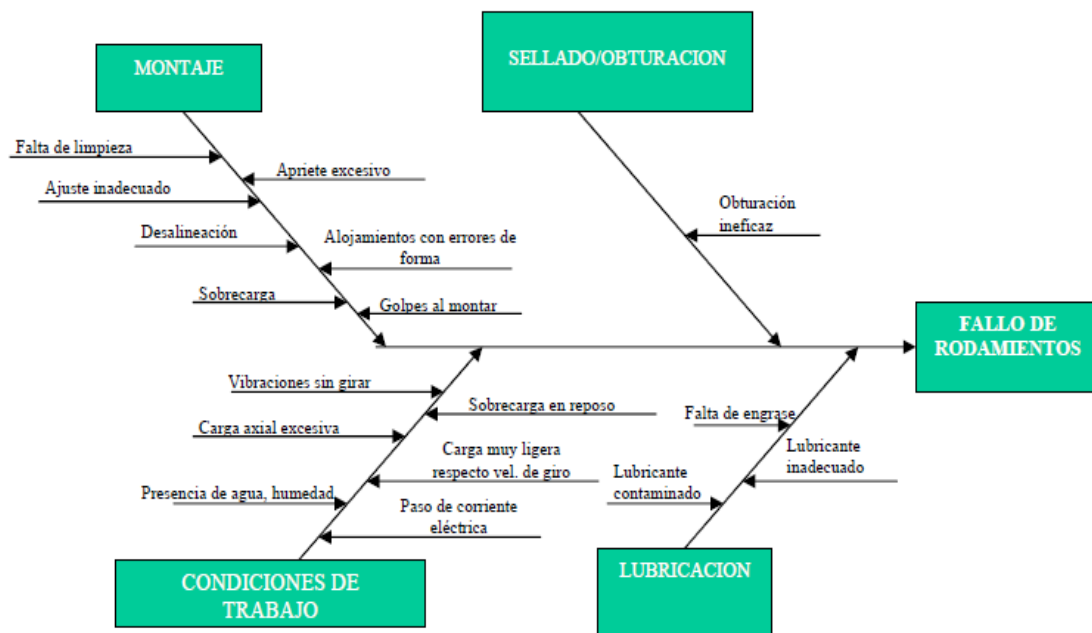


Figura No. 12 Diagrama de Ishikawa, fallo de un rodamiento

Del conjunto de elementos mecánicos de las máquinas de procesos en AGR-RACKEND planta Tula, se han seleccionado aquellos componentes más expuestos a averías y que suelen estar implicados en la mayoría de los fallos de los equipos:

- Rodamientos
- Cojinetes
- Engranajes
- Acoplamientos

- Cierres mecánicos

II.9.Averías en rodamientos

Las averías en rodamientos se encuentran entre los componentes más importantes de las máquinas. En condiciones normales el fallo de un rodamiento sobreviene por fatiga del material, resultado de esfuerzos de cortadura que surgen cíclicamente debajo de la superficie que soporta la carga. Después de algún tiempo, estos esfuerzos causan grietas que se extienden hasta la superficie. Conforme los elementos rodantes alcanzan las grietas, provocan roturas del material (desconchado) y finalmente deja el rodamiento inservible.

Sin embargo la mayor parte de los fallos en rodamientos tienen una causa raíz distinta que provoca el fallo prematuro. Es el caso de desgaste apreciable por presencia de partículas extrañas o lubricación insuficiente, vibraciones excesivas del equipo y acanalado por paso de corriente eléctrica. La mayor parte de los fallos prematuros son debidos a defectos de montaje.

Dentro de los modos de fallo, sus causas posibles son:

Fallos prematuros por montaje:

- Falta de limpieza
- Presión de montaje en aro equivocado
- Montaje muy ajustado
- Juego interno excesivo
- Montaje inclinado sobre aros
- Ajuste en asientos flojos / oval
- Asientos desalineados golpes al montar

Fallos prematuros por condiciones de trabajo:

- Vibraciones sin girar
- Sobrecarga en reposo
- Cargas axiales excesivas
- Carga muy ligera en relación con velocidades de rotación
- Presencia de agua, humedades, etc
- Paso de corriente eléctrica

Fallos prematuros por lubricación:

- Ineficaz falta de engrase
- Lubricante inadecuado
- Lubricante contaminado

Mientras que los modos de fallos son:

Desgaste:

- Por partículas abrasivas
- Desgaste especular
- Acanaladuras o cavidades

Indentaciones:

- En ambas pistas, en espacios iguales a distancia entre elementos
- En pistas y elementos rodantes

Adherencias:

- Extremos de rodillos y pestañas dañadas
- Patinado de rodillos
- Intervalos iguales entre rodillos en rodamientos axiales de bolas
- De superficies externas
- Fatiga (pequeñas grietas de superficie)

Corrosión:

- Oxido profundo
- Corrosión de contacto
- Estrías oscuras en aros y rodillos

Desconchado:

- Por precarga
- Por compresión oval

- Por compresión axial
- Por desalineación
- Por indentación
- Por adherencias
- Por oxido profundo
- Por corrosión de contacto
- Cráteres/acanaladuras

Grietas:

- Maltrato
- Ajuste excesivo
- Por adherencias
- Por corrosión de contacto

II.10.Fallos típicos por averías en cojinetes

Los modos de fallos típicos por averías en cojinetes son:

Por fractura:

- Maltrato
- Ajuste excesivo
- Por adherencias
- Por corrosión de contacto

Por deformación:

- Deformación de cajera
- Indentaciones
- Abolladuras
- Recalcado / fluencia
- Pista ensanchada
- Pista sesgada

- Pista cargada desigual
- Cráteres / estrías

Por desgaste:

- Desgaste de cajera
- Desgaste abrasivo
- Recalentado / quemado

Por corrosión:

- Corrosión
- Corrosión de contacto
- Oxidación (cambio de color)

Las causas están relacionadas con los siguientes aspectos:

Por montaje:

- Excesiva aplicación de calor
- Martillazos
- Herramienta inadecuada
- Holgura excesiva
- Cajera deformada
- Desequilibrio de rotor
- Desalineación

Por condiciones de trabajo:

- Vibración
- paso de corrientes eléctricas
- Fatiga
- Sobrecarga
- Error de diseño

Por sellado:

- Contaminación
- Entrada de humedad

Por lubricación:

- Falta de lubricante
- Exceso de lubricante
- Lubricante inadecuado

II.11.Averías en engranajes

Las averías en los engranajes se presentan fenómenos de rodadura y deslizamiento simultáneamente. Como consecuencia de ello, si la lubricación no es adecuada, se presentan fenómenos de desgaste muy severo que le hacen fallar en muy poco tiempo. Los modos de fallos en estos componentes son pues desgaste, deformación, corrosión y fractura o separación. Las causas están relacionadas con las condiciones de diseño, fabricación y operación así como con la efectividad de la lubricación.

Los modos de fallos más frecuentes son los asociados al desgaste, casi todos relacionados con un defecto de lubricación.

Modo de fallo por fractura en diente:

- Sobrecarga
- Fatiga
- Rotura
- Picadura inicial
- Picadura avanzada
- Desconchado

Modo de fallo por fractura en el flanco:

- Sobrecarga
- Fatiga
- Rotura
- Picadura inicial
- Picadura avanzada
- Desconchado
- Desgaste
- Rayado
- Escariado

Modo de fallo por deformación:

- Fluencia plástica

- Fluencia térmica
- Corrosión

Causas por condiciones de trabajo, fabricación y diseño:

- Problemas de fabricación
- Sobrecarga por desalineación
- Ciclos de carga frecuentes
- Diseño a fatiga
- Condiciones de servicio (velocidad / carga)
- Causas de lubricación por:
 - Viscosidad
 - Calidad
 - Cantidad
 - Contaminación

II.12.Análisis de averías en forma general

El análisis de averías en forma genérica para los síntomas que alertan, son similares en los distintos tipos de máquinas de procesos en la línea de producción de partes de dirección y suspensión, como:

- Compresores
- Ventiladores
- Bombas
- Motores eléctricos
- Motor térmico
- Reductores
- Sistema de lubricación
- Sistemas eléctricos
- Sistemas mecánicos
- Sistemas neumáticos
- Sistemas hidráulicos
- Etc.

Dentro de los síntomas generales en las maquinas del proceso son:

- Cambio en eficiencia
- No impulsa
- Insuficiente capacidad
- Presión anormal
- Consumo excesivo
- Energía
- Fugas
- Ruidos anormales
- Sobre calentamiento
- Golpeteo
- Temperatura de descarga alta
- Falla al arranque
- Falla al disparo
- Falta de potencia
- Consumo excesivo vapor/combustible
- Fallo automatismos control/seguridad
- Velocidad anormal
- Vibraciones altas

El diagnóstico de averías no se debe limitar a los casos en que el equipo ha fallado, por el contrario, los mayores esfuerzos se deben dedicar al diagnóstico antes de que el fallo se presente. Es lo que hemos definido como mantenimiento predictivo. Recordemos que se fundamenta en que el 99% de los fallos de maquinaria son precedidos por algún síntoma de alarma antes de que el fallo total se presente. Dependiendo de la forma de la curva P-F, para el fallo en cuestión, tendremos más o menos tiempo para analizar los síntomas y decidir el plan de acción.

En cualquier caso debemos aplicar una metodología o procedimiento sistemático, como:

Señales o síntomas de observación directa:

- Sobre calentamiento
- Vibración

- Ruido
- Alta temperatura en cojinetes
- Fugas, humo, etc.

Síntomas de observación indirecta:

- Cambios en algún parámetro
- Presión
- Temperatura
- Caudal
- Posición
- Velocidad
- Vibración
- Cambios en las prestaciones
- Relación de compresión
- Relación de temperaturas
- Demanda de potencia
- Rendimientos

Listado de posibles causas o hipótesis.

Analizar la relación entre síntomas y causas.

Aplicar, si es posible, el orden de probabilidad en la relación síntoma/causa para diagnosticar el fallo.

Indicar la solución o acción a tomar.

En la sección siguiente se indican, en forma matricial para cada tipo de equipo, los síntomas, sus posibles causas y remedios.

Estadística de fallos típicos por averías en bombas:

Causa de fallos de distribución en %:

- Cierre Mecánico 34.5
- Cojinetes 20.2
- Vibraciones 2.7
- Fuga por empaquetadura/cierre 16.3
- Problemas en eje/acoplamiento 10.5

- Fallo líneas auxiliares 4.8
- Fijación 4.3
- Otras causas 6.7
- Obteniendo un total=100%

Sólo los fallos en cierre mecánico y cojinetes representan más del 50% de las causas de fallo.

Haciendo ejecución del mantenimiento preventivo, planificación en campo y ejecutando la validación del mismo conformándolo con las cartas de lubricación. Se parte a realizar la implementación del mantenimiento predictivo para dar confiabilidad y disponibilidad en la maquinaria de la línea de producción de la planta, aunándolo conforme a los puntos mencionados anteriormente de medición y monitoreo para dar el seguimiento correspondiente a la nueva etapa basada en condición.

CAPÍTULO III PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

AGR-RACKEND planta Tula, implementa los planes de mantenimiento predictivo o bien el mantenimiento basado en condición con el fin de dar confiabilidad a la maquinaria de la línea de producción de autopartes automotrices de dirección y suspensión, eficientando así el proceso con las disponibilidad de las mismas.

Para la implementación del mantenimiento predictivo aplicado en AGR-RACKEND planta Tula se desarrollaron en conjunto técnicas de mantenimiento que debidamente seleccionadas permiten el seguimiento y examen de ciertos parámetros característicos del equipo en estudio, que manifiestan algún tipo de modificación al aparecer una anomalía en el mismo.

La mayoría de fallas en las máquinas aparecen de forma incipiente como lo son: Holgura mecánica, resonancias estructurales, grietas, desgaste o daños en rodamientos, cavitación de flujo, lubricación contaminada, fricción excesiva de rodamientos, contacto de flechas en acoplamientos, microfricciones, sobrecargas dinámicas, movimiento vertical en elementos rodantes, movimientos horizontales en elementos rodantes, movimientos axiales en elementos rodantes, ejes doblados, inestabilidad hidrodinámica, roce, desalineación en transmisión por movimiento, roturas, fatiga, frecuencia de engrane, desgaste, excentricidades, defectos en bandas/correas, desequilibrios, fallas en baleros, corrosión, aumento de temperaturas, caídas de presión, etc. en un grado en que es posible su detección antes que el mismo se convierta en un hecho consumado con repercusiones irreversibles tanto en la producción como en los costes de mantenimiento. Se precisa para ello establecer un seguimiento de los parámetros que nos pueden avisar del comienzo de un deterioro y establecer para cada uno de ellos qué nivel vamos a admitir como normal y cuál inadmisible, de tal forma que su detección desencadene la actuación pertinente.

Dentro de las técnicas predictivas para dar confiabilidad y disponibilidad en las máquinas de las diferentes áreas de producción tales como: troquelación, forjado, fosfatizado, prensado, corte, maquinado, fresado, troquelado, etc. Se realizaron las siguientes técnicas independientes para cada máquina en el cual se mencionan: Prueba de concentración de la solución, análisis de vibraciones, análisis de degradación y contaminación del aceite, inspección visual, análisis de elementos eléctricos y sistemas de control electrónico.

III.1. Inspección visual

Se desarrollara la Inspección visual para la maquinaria en general donde se realiza el análisis superficial de defectos que se pueden corregir al instante, por lo que la inspección visual y la óptica utilizan la energía de la porción visible del espectro electromagnético. La detección puede realizarse o puede ser resaltada mediante el uso de espejos, amplificadores (magnificadores), boroscopios y otros accesorios o instrumentos visuales.

El cual nos apoyaremos de la herramienta checklist para la recolección de datos para determinar las características que se piden como inspección visual en campo.

El checklist o la hoja de verificación es una forma que se usa para registrar la información en el momento en que se está recabando.

Esta forma puede consistir de una tabla o gráfica, donde se registre, analice y presente resultados de una manera sencilla y directa.

Para qué sirve:

- Proporciona un medio para registrar de manera eficiente los datos que servirán de base para subsecuentes análisis.
- Proporciona registros históricos, que ayudan a percibir los cambios en el tiempo.
- Facilita el inicio del pensamiento estadístico.
- Ayuda a traducir las opiniones en hechos y datos.
- Se puede usar para confirmar las normas establecidas.

Por consiguiente se determino un formato estandarizado por el control interno de la dirección para realizar la inspección en campo de la maquinaria en AGR-RACKEND planta Tula. Esto para tener control, planeación y darle confiabilidad al proceso mediante la ejecución de un mantenimiento programado. (Ver anexo D mantenimiento predictivo, técnica de inspección visual.)

III.2.Análisis de vibraciones mecánicas

Para la implementación del mantenimiento predictivo mediante la técnica de análisis de vibraciones, se partió desde el anclaje de cada máquina. Ya que ninguna se encuentra bajo especificaciones estando sujetas a vibraciones, por lo que se determino a realizar un análisis para ver la situación en que se encuentran operando. Por consiguiente se realizo en cada una de ellas medición, diagnósticos y análisis de fallas de vibraciones, haciendo uso de los instrumentos electrónicos de medición. De tal manera que las maquinas rotativas se encuentran sometidas a vibraciones ya sea por sus mismas cargas de trabajo o por resonancias externas. Por lo que hoy en nuestros días nos lleva a ejecutar mantenimientos predictivos para asegurar la disponibilidad de las maquinas basado en la confiabilidad para el aseguramiento de la calidad en el proceso. Sabiendo que el recurso humano proactivo es la clave y la tecnología es la principal herramienta de esta gestión de diagnósticos.

Vibración: En términos muy simples una vibración es un movimiento oscilatorio de pequeña amplitud (movimiento oscilatorio sobre mismo eje). Todos los cuerpos presentan una señal de vibración en la cual plasman cada una de sus características. Entonces las máquinas presentan su propia señal de vibración y en ella se encuentra la información de cada uno de sus componentes. Por tanto, una señal de vibración capturada de una máquina significa la suma vectorial de la vibración de cada uno de sus componentes.

De tal forma que también nos encontramos con vibraciones simples por lo tanto la base principal de las señales de vibración en el dominio del tiempo son las ondas senoidales, estas son las más simples y estas son la representación de las oscilaciones puras.

Sabiendo que de las vibración simples o la suma de estas obtenemos una vibración compuesta, por lo que una señal compuesta es una señal de varias señales senoidales que comprende cada uno de los componentes que se encuentran en la maquina, mas todos los golpeteos y vibraciones aleatorias el resultado de la vibración compuesta es como se muestra a continuación.

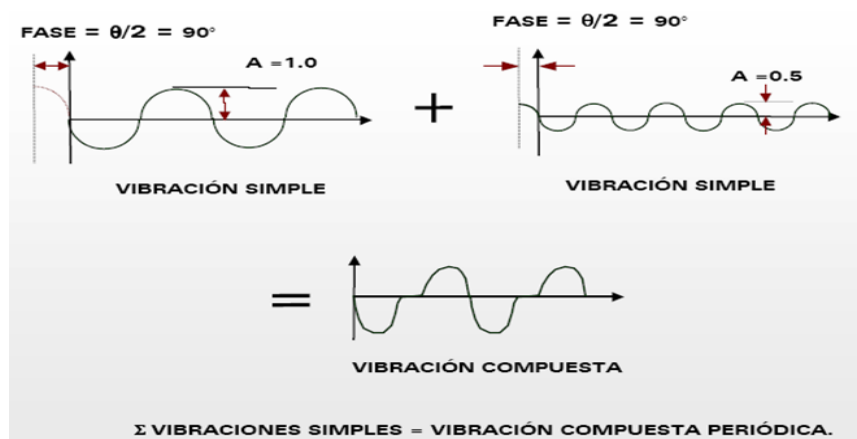


Figura No. 13 Señales de vibraciones.

Cundo se va a realizar el análisis de vibración de una maquina es necesario tener a la mano dicha maquina, tipo de movimiento, tipo de rodamientos, velocidad, etc. En donde se podrán medir los tres tipos de amplitudes velocidad, aceleración y desplazamiento para hacer un buen diagnostico. Sabiendo que dentro de la grafica de magnitudes se puede fácilmente visualizar lo que es la utilización del parámetro de vibración en desplazamiento. En donde esto se ve reflejado en las frecuencias bajas y la aceleración de las frecuencias altas.

Dentro del Método de medición estándar encontramos: vibración global, fase, aceleración envolvente, tecnología SEE (Energia espectral emitida), detecciones a las altas frecuencias (HFD High Frecuency detection). La vibración global es la vibración total de la energía medida dentro de un rango de frecuencia determinada, lo cual nos indica la condición actual, debido a una vibración mayor a la normal en condiciones dinámicas tales como: anclaje, desalineación, desbalanceo, holgura mecánica, resonancias estructurales, desgate en rodamientos, condiciones de trabajo y cavitación. En la maquinaria rotativa para que sea aceptable el nivel de vibración se debe basar en: fabricante, historial, experiencia en caso de no contar con lo antes mencionado se basara en una tabla de severidad de vibraciones ISO- 2372.

El rango de frecuencia para la cual se lleva a cabo las lectoras de vibración global normalmente son determinadas por el tipo de equipo de monitoreo, lo

cual la escala de amplitud son: cero a pico, pico a pico, promedio, RMS, basado en la tabla de equivalencias.

Medición de fase: no es método de procesamiento. La medición de fase es la diferencia angular entre una marca de referencia en un eje rotatorio y la señal de la vibración del eje.

Angulo de fase: es el ángulo de retraso del vector del desplazamiento, con respecto al vector de la fuerza de excitación. En la práctica de balanceo se conoce como el ángulo de fase. El cual es el ángulo donde se localiza el punto más alto de la vibración con respecto a una marca de referencia fija. Existiendo así dos medios principales para la medición del ángulo de fase relativo a una referencia fija que son: por medio de una lámpara estroboscópica y por medio de un generador de pulsos síncronos. Medición por medio de la lámpara estroboscópica, es un elemento que lanza destellos en forma intermitente, cada destello es lanzado cuando una señal de disparo (trigger) acciona al mecanismo del disparador, mientras que la medición del ángulo de fase utilizando un ventilador generador de pulsos síncronos, se puede obtener un pulso síncrono mediante el uso de un transductor de desplazamiento y una marca en el eje normalmente se utiliza la cuña. Cada vez que la cuña pase frente al transductor de desplazamiento se producirá un pulso.

Tecnología SEE: esta tecnología proporciona la detección de falla o defecto en rodamientos y engranes en sus etapas tempranas mediante mediciones de emisiones acústicas. Defectos de rodamientos, cavitación de flujo, lubricación contaminada, fricción de rodamientos, contacto de flechas de acoplamiento, micro fricciones, ruido eléctrico y sobre cargas dinámicas.

Las detecciones de altas frecuencias (HFD) índice también problemas tempranos. El procesamiento de la detección de altas frecuencias despliega un valor numérico global de vibración generadas por pequeños defectos.

Posición de medición del transductor: siempre que es posible las medidas deben ser tomadas en tres direcciones verticales, horizontales y axiales. Las mediciones horizontales: típicamente muestran el mayor valor de vibración debido a que la máquina es más flexible en su plano horizontal, ejemplo: si es en una máquina rotatoria el diagnóstico será el desbalance. La medición vertical: típicamente muestra menos vibraciones que las horizontales debido a que en este plano existe mayor rigidez por lo que el valor de la vibración es menor comparada con la de las otras dos direcciones y normalmente cuando esta condición se presente esta relaciona con pérdida mecánica. Bajo condiciones ideales las mediciones axiales pueden mostrar poca vibración ya que todas las fuerzas son generadas perpendicularmente al eje, sin embargo la desalineación por un eje pandeado genera vibración axial.

- Posición-vertical: aflojamiento fisuras
- Posición-Horizontal: desbalance
- Posición: Axial: desalineación

Para el análisis de vibraciones se realiza un diagnóstico mediante el equipo: Transductor con conector rápido (terminales), para mediciones de impulso de

choque (spm) y transductor con palpador, lo cual se describe a continuación, características y utilización:

- 1.-Lector de proximidad
- 2.-Pantalla 4x16 caracteres
- 3.-Escala de medición
- 4.-Tipo de instrumento
- 5.-Indicador de pico
- 6.-Sensor de luminosidad
- 7.-Tecla de medición
- 8.-Teclas arriba/abajo
- 9.-Teclas izq/dch
- 10.-Tecla ENTER
- 11.-Tecla SET
- 12.-Conectores de entrada

ENT+M=lectura continua

Manteniendo presionada cualquier tecla durante un segundo, conecta al instrumento en la última función utilizada. La pantalla indicadora, 4 líneas de 16 caracteres cada una muestra el menú activo. Las técnicas de medición se seleccionan con las teclas IZQ/DCH, los puntos de medición (si han sido cargados en el modo de colector de datos) con las teclas ARR/ABJ. Los menús para medición de temperatura y R.P.M. aparecen cuando se conectan sus respectivos sensores

Las marcas verdes, amarillo y rojo al lado de la pantalla indicadora conforman las escalas de condición. Después de una medición normalizada SPM o una medición de VIB. Con entrada de clase de máquina, una flecha apunta a uno de los colores.

PEAK es una luz indicadora activa durante las mediciones SPM. El agujero redondo de la derecha es un sensor de luz que controla la iluminación trasera de la pantalla indicadora de cristal líquido. En el extremo superior, una flecha marca la situación del lector de proximidad que recibe los datos ID de los puntos codificados de medición.

Las funciones del teclado varían, dependiendo del menú activo los instrumentos actuales disponen de demasiadas funciones para dedicar cada tecla a una función única. La excepción es la tecla M, utilizada exclusivamente para indicar las mediciones presionando.

Las teclas M y ENT simultáneamente se inicia la lectura continua, los resultados de la medición son actualizados hasta que se presione la tecla ENT y se mantiene presionada hasta interrumpir este modo.

La tecla ENT. Confirma las selecciones, guarda valores y posicionamientos, y abandona funciones. Las otras teclas se utilizan principalmente para cambiar el tipo de pantalla indicadora: las teclas ARR/ABJ aumentan/disminuyen los valores marcados.

Los instrumentos tienen tres conectores de entrada diferentes:

Spm: un conector TNC para un transductor de impulsos de choque (palpador, transductor, de conexión rápida, o el cable de un terminal de medición).

Ext: un enchufe modular para un sensor de temperatura, tacómetro, auricular, o el cable de un modulo de comunicación para transferencia de datos.

Vib: un conector BNC para un transductor de vibraciones TRV-12 (TVR-13)

Dentro de la configuración general, las funciones del instrumento están disponibles en el menú de configuración (SETUP), y se selecciona mediante las teclas de flecha ARR/ABJ. Utilice la tecla SET para marcar las funciones deseadas, y la tecla ENT para abrir, archivar y cerrar.

Comprobación de pilas y versión muestra directamente los datos, y no es necesario ningún ajuste. También es recomendable que el equipo se verifique constantemente de la pila ya que es primordial en cualquier circunstancia, que por lo contrario en mediciones de largo tiempo no se alcanzaran a medir todas y no se podrá salvar ninguna información completa.

Existe cierto número de lenguajes almacenado permanentemente. Cuando marque la línea de lenguaje y utilice las teclas ARR/ABJ para desplazarse por los lenguajes disponibles hasta mostrar el lenguaje deseado. La línea OFF muestra el tiempo transcurrido entre la pulsación de cualquier tecla y la desconexión automática. Cuando la línea está marcada, tecla ARR/ABJ cambia el tiempo en intervalos de 10 seg.

Los diámetros de los rodamientos pueden indicarse en mm o pulgadas, y la velocidad de vibraciones en mm/s o pul/seg. Utilice la tecla SET para ir mas allá de la línea OFF a la línea de medición de longitud y cambie con ARR o ABJ: en la posición siguiente se puede conmutar entre las unidades de temperatura en °C o °F.

Las posiciones bajo configuración actual se archivan al presionar la tecla ENT para abandonar el menú.

Los menús para comunicación; hora, fecha y ajuste de pantalla indicadora se describen separadamente.

Dentro de la utilización del transductor se utiliza lo siguiente: para los puntos de medición SPM existen unas reglas de selección de los puntos de medición el cual tienen un propósito práctico. En donde se intenta capturar señales de baja energía que se van haciendo más débiles cuando más se desplaza y más veces son reflejadas en el interior de una pieza de metal. Sabemos que pierden

energía cuando pasa a través del intersticio existente entre dos piezas metálicas (el aceite entre ambas piezas puede mejorar la transmisión). No es posible conocer, para todas las aplicaciones de los rodamientos, que cantidad de energía de la señal emitida por el rodamiento alcanzara el punto de medición. De todas formas, por necesidad se trata de aplicar reglas generales de evaluación, es decir, considerar todas las señales medidas como si fuera de la misma calidad.

Las reglas para los puntos de medición SPM, tratan de asegurar que muchas de ellas estén, con suficiente precisión, y que las zonas de condición verde-amarillo-rojo sean válidas, por lo tanto:

- 1.- el recorrido de la señal entre el rodamiento y el punto de medición debe ser lo más corto y rectilíneo posible.
- 2.- el recorrido de la señal debe contener solo un interfaz mecánica, la existente entre el rodamiento y su soporte.
- 3.- el punto de medición debe estar situado en la zona de carga del rodamiento.

Corto quiere decir a 75 mm (3in.), pero esto depende también de lo rectilíneo que sea el trayecto: las curvaturas ocasionarían reflexiones y deflexiones cuyos defectos son difíciles de juzgar. La zona de carga es la mitad del soporte del rodamiento sobre la que actúa la carga, generalmente la mitad inferior. Téngase en cuenta el tiro de las correas u otras fuerzas que puedan trasladar la carga hacia un lado. Utilícese el palpador para localizar el punto de máxima señal. Cuando un punto de medición no puede estar conforme a las reglas (porque un punto ideal no puede lograrse), tolérela como una señal débil.

Los puntos de medición para los palpadores deben estar claramente marcados. La medición debe realizarse siempre en el mismo punto. Además el palpador se utiliza para medir en cualquier parte de la máquina, en caso de que sea necesario localizar otras fuentes de impulso de choque o partes en rozamiento.

La punta del palpador está provista de un muelle y se mueve dentro de un manguito de goma dura. Para mantener una presión constante de la punta, se debe presionar el palpador contra el punto de medición hasta que el manguito de goma esté en contacto con la superficie. También se debe de mantener el palpador firmemente para evitar el rozamiento entre la punta y la superficie. El palpador es directamente sensitivo. Debe apuntarse directamente hacia el rodamiento. El centro de la punta del palpador debe estar en contacto con la superficie. Evitar presionar la punta del palpador contra cavidades o ángulos que sean menores que la punta.

La única parte que puede desgastarse es el manguito de goma de la punta del palpador. Está hecho de goma de neopreno y tolera 110 °C (230 °F).

Para la técnica dBm/dBc la cual ha sido aplicada con éxito durante mucho tiempo y continúa siendo ampliamente utilizada. Es muy adecuada para la monitorización industrial de la condición, porque esta funciona con pocos datos de entrada y salida que son fáciles de entender con resultados de precisión.

Cabe mencionar que es ampliamente distinguible lo que es la diferencia entre los valores máximos de los rodamientos malos y buenos. Por lo tanto las menores imprecisiones en los datos de entrada (RPM y de diámetro de eje) tienen muy poco efecto en la evaluación de los resultados de medición.

La condición de lubricación está indicada por el valor delta, es decir la diferencia entre dBm y dBc. Lecturas altas y un valor reducido de delta indica una lubricación pobre o funcionamiento en seco. Esto es suficiente para los procesos de mantenimiento.

dBm y dBc se mide durante un intervalo de tiempo fijo y son de inmediatamente presentados en la pantalla indicadora. Después el instrumento continúa midiendo mientras el transductor esté conectado. El indicador de valor de pico luce intermitentemente cuando se detectan impulsos mayores que el nivel presentado en la pantalla indicadora.

Los auriculares se utilizaran para escuchar el sonido de los impulsos de choque en caso de sospecha o ver lecturas de alto valor. Esto y la posibilidad de localizar fuentes de impulso de choque con el transductor palapador. Esto nos sirve para verificar los resultados de la medición y causa en los datos en pantalla.

Para lecturas normalizadas el nivel absoluto de choque de un rodamiento, medido en dBsv (decibel shock value) o valor de choque en decibelios, es una función de la velocidad de rodadura y de la condición del rodamiento. Para neutralizar el defecto de la velocidad de rodadura en el valor medio el transductor debe de ser programado con el diámetro del eje (en milímetros o pulgadas) y con la velocidad rotacional en RPM.

El transductor entonces calcula el valor inicial de dBi, el punto de arranque de la escala de condición de un rodamiento particular. Se puede introducir el dBi directamente. La escala de condición esta graduada en valores normalizados de impulsos de choque en dBn.

Por consiguiente el transductor muestra del computo de impulsos de choque durante un periodo de tiempo y muestra:

El valor máximo dBm para el menor número de impulsos de choque fuertes.

El valor de carpeta dBc para el mayor numero de impulsos de choque más débiles.

Una flecha indicando en la escala de condición:

Verde para dBm hasta 20 dBn= en buenas condiciones

Amarillo para 21-34 dBn=precaucion

Rojo para 35 dBn y mas =mala condición

El máximo valor dBm define la posición del rodamiento en escala de condición. La diferencia entre dBm y dBc se utiliza para análisis mas precisos de las causas de una condición mala o reducida.

Cuando se colocan los dBi en “—” (debajo de-9) el transductor toma una lectura no normalizada, en dBsv (valores de choque absolutos.) las zonas de condición no son de aplicación. Este método se utiliza para la lectura comparativa de diferentes rodamientos u otras fuentes de impulso de choque.

Para la entrada de datos en la medición de impulsos de choque, se va al menú SPM (A) con IZQ/DCH. La tecla set presenta la pantalla de los datos básicos del rodamiento (B).

Para una lectura normalizada de la condición del rodamiento con el transductor, se necesita el valor inicial dBi. Dada la velocidad rotacional en RPM en este caso es de 3525 y el diámetro del eje D igual a 40 mm obtenido por el cálculo antes presentado. El transductor por consiguiente calcula y muestra en pantalla el dBi. La figura B muestra el ajuste cuando se han introducido las RPM y el diámetro del eje en mm. Si se cambian los dBi directamente, lo cual es mas rápido cuando se conoce este dato de registro previo, se obtendrá la pantalla mostrada en el punto C. Para lecturas no normalizadas, se desplazara verticalmente mas alla de -9 a “—”, como se ve en la figura D. entonces se podrá medir en dBsv y obtener indicación sin medición

Para cambiar el ajuste, se pasa a la línea con SET, IZQ/DCH mueve el cursor a números individuales, ARR/ABJ desplaza verticalmente el numero y conecta y desconecta TLT. SET nos lleva a la próxima línea, y ENT envuelve el menú SPM.

Cuando se activa el ensayo TLT, el instrumento muestra el resultado del ensayo de una línea de transductor para los datos introducidos, por lo tanto se puede comprobar la calidad de la línea de transmisión entre el transductor y el instrumento, los valores por debajo de 15 no son aceptables y se debe comprobar la existencia de malas conexiones y humedad en cables conectores. Cuando los valores se deterioran a partir de un valor previo más alto, se debe comprobar también la línea de transmisión.

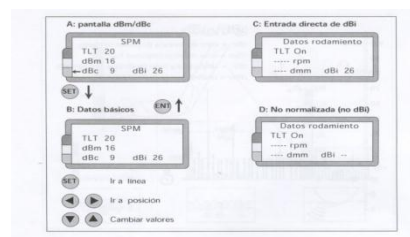


Figura No. 14 Datos en pantalla.

Instalación de transductores, en general, existen cinco métodos para la instalación se menciona a continuación:

- Montaje con perno
- Montaje con pegamento
- Montaje con imán
- Conexión rápida
- Manuales.

Montaje con perno: para las aplicaciones de transductor de instalación fija se emplea el montaje con perno, pues proporciona el rango de repuesta de frecuencia más alto y es un medio efectivo para mantener el transductor en su lugar. A veces se usa un pegamento junto con el montaje con perno para evitar que el transductor se separe del perno. Sin embargo cuando se requiere mediciones de frecuencia muy alta ($>3,000,000$ cpm ó $50,000$ Hz) será necesario emplear montajes con perno en esos sitios de colección de datos.

Montaje con Pegamento: la instalación con pegamento también tiene un rango de respuesta de frecuencia muy bueno, siempre que se use el tipo y espesor de pegamento adecuado (si es demasiado grueso, aumentará el amortiguamiento y degradará el rendimiento de alta frecuencia del montaje). Se usan en ocasiones en rutas de Mantenimiento predictivo cuando es necesario reunir datos concernientes a la alta frecuencia ($>750,000$ cpm o $12,500$ Hz).

Montaje con imán: es el método más empleado en los programas de mantenimiento predictivo y en la recopilación de datos de diagnóstico. Su rango de respuesta es casi siempre adecuada para los programas de mantenimiento predictivo y las necesidades de diagnóstico (fluctúa de $120,000$ a $450,000$ cpm ó $2,000$ a $7,500$ Hz). Sin embargo, es importante advertir que algunas máquinas, como las compresoras centrífugas tienen las frecuencias de engrane y armónicas que comienzan en $900,000$ cpm ($15,000$ Hz) y llegan a $4,000,000$ cpm (casi $70,000$ Hz).

Los montajes de conexión rápida: también son ideales para reunir datos de ruta de un mantenimiento predictivo, pues se les puede instalar fácilmente y permiten un rango de frecuencia relativamente grande con el que se pueden detectar los problemas más comunes de maquinaria que ocurren en las altas frecuencias, para detectar frecuencias superiores a $420,000$ cpm ($7,000$ Hz).

Transductores sostenidos manualmente: este método de montaje es el menos recomendable. El rango de frecuencia útil llega como máximo de $30,000$ cpm (500 a $1,000$ Hz), sin que importe la longitud, el diámetro o el material del transductor. De acuerdo con la longitud del transductor empleado.

Al término de realizar el estudio para el análisis de vibraciones dio como resultado un nuevo formato que no se tenía en existencia para el control interno de mantenimiento. Este nuevo formato (Ver Anexo A mantenimiento predictivo, técnica de análisis de vibraciones mecánicas.) dio confiabilidad al proceso, ya que las emisiones de vibraciones y defectos por las mismas redujeron evolucionaron de manera positiva.

III.3.Prueba de concentración de la solución

Dentro de este análisis de refractometría en AGR-RACKEND planta Tula se encontraron muchos desperfectos, ya que la solución o bien el soluble aplicado se encontraba fuera de rango. La unidad de medida rebasaba o estaba por debajo del por ciento en brix, seguido se dio por estandarizar la unidad de medida observando el cambio de mejora. Esto se reflejó en la producción ya que le dio más vida a la herramienta de corte y al mismo soluble. De tal manera que los refractómetros son instrumentos de medición, en los que éste fenómeno de la refracción de la luz se pone en práctica. Ellos se basan en el

principio por el cual, cuando aumenta la densidad de una sustancia (por ejemplo: cuando se disuelve el azúcar en el agua), el índice de refracción aumenta proporcionalmente. Existen dos tipos de refractómetros en función de la detección del índice de refracción; sistemas transparentes y sistemas de reflexión. Los refractómetros portátiles y los refractómetro Abbe usan los sistemas transparentes, mientras que los refractómetros digitales usan los sistemas de reflexión.

Descripción del sistema transparente:

En la Figura No. 11 para el sistema transparente, la detección es hecha utilizando el fenómeno refractivo producido en el límite del prisma. El índice de refracción del prisma es mucho mas grande que el del ejemplo.

si la muestra es de baja concentración, el ángulo de refracción es grande (vea "A") debido a la gran diferencia en el índice de refracción entre el prisma y la muestra

Si la muestra es concentrada, el ángulo de refracción es pequeño (vea "B") debido a la pequeña diferencia en el índice de refracción entre el prisma y la muestra.

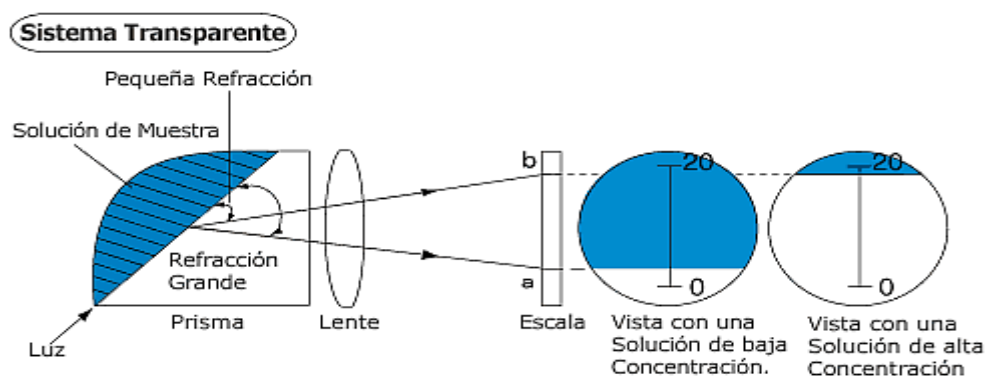


Figura No. 15 Sistema transparente.

El sistema de refracción para el refractómetro digital (sistema de reflexión) se determina por un haz de luz A, que incide desde la parte baja izquierda del prisma, no es reflejada por el límite, pero pasa a través de la muestra. El haz de luz B se refleja por la cara derecha, directamente a lo largo del límite del prisma. El haz de luz C, incide en un ángulo demasiado grande para pasar a través de la muestra, si no que es totalmente reflejado hacia el lado bajo y derecho del prisma. Como resultado, la línea límite es producida dividiendo la luz y la sombra en el otro lado de la línea punteada B en la figura. El ángulo de reflexión de esta línea es proporcional al índice de refracción, la posición de la línea límite entre la luz y los campos oscuros son captadas por un sensor y convertidas en índices refractivos.

Sistema de Reflexión

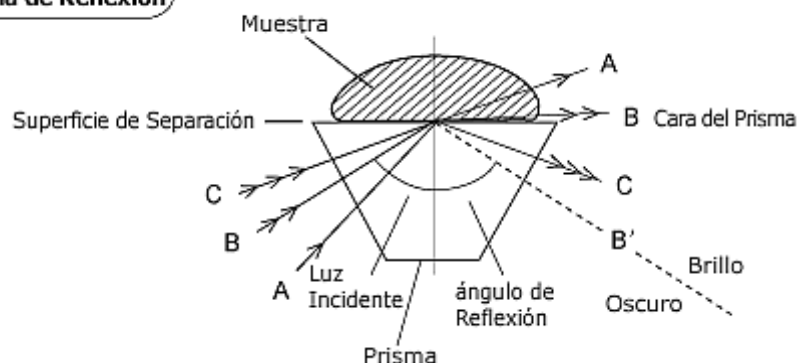


Figura No. 16 Sistema de reflexión.

Para determinar la escala de medición (%) muestra el porcentaje de concentración de los sólidos solubles contenidos en una muestra (solución de agua). El contenido de los sólidos solubles es el total de todos los sólidos disueltos en el agua, incluso el azúcar, las sales, las proteínas, los ácidos, etc., y la medida leída es el total de la suma de éstos. Básicamente, el porcentaje Brix (%) se calibra a la cantidad de gramos de azúcar contenidos en 100g de solución de azúcar. Así, al medir una solución de azúcar, Brix (%) debe ser perfectamente equivalente a la concentración real. Con soluciones que contienen otros componentes, sobre todo cuando uno quiere saber la concentración exacta, una tabla de conversión es necesaria.

Para determinar los grados Brix en la gestión del control del soluble en las máquinas de control numérico, se utilizó el refractómetro portable modelo RHB-32ATC para determinar el grado de concentración realizando registros en el nuevo formato (Ver Anexo C mantenimiento predictivo, técnica de análisis de concentración de la solución.) de control interno de mantenimiento predictivo. Este formato determina el grado de concentración para óptimas condiciones de operación el cual permite realizar registros de pruebas para tener historiales que nos permiten darle confiabilidad al proceso de producción en serie.



Figura No. 17 Refractómetro RHB-32ATC.

Los refractómetros de temperatura compensada evitan la dependencia de la temperatura de las medidas de la gravedad específica y requieren solamente una gota o dos de la muestra para tomar una lectura.

III.4. Análisis de degradación y contaminación del aceite

Para el diagnóstico de averías, por análisis de la degradación y contaminación del aceite los sistemas de lubricación juegan un papel muy importante en el funcionamiento de cualquier tipo de máquina y tienen encomendadas una serie de funciones, por el cual en AGR-RACKEND planta Tula se realizó el análisis de lubricantes para brindar confiabilidad al proceso mediante la implementación del mantenimiento predictivo utilizando esta técnica para detectar averías y puntos claves para mejora entre los que destacan:

Lubricar las partes sometidas a fricción (reducir el rozamiento y, por tanto, el desgaste y la energía consumida por este concepto).

Disipar el calor generado por fricción.

Reducir fugas internas (sellado de piezas, etc.).

Proteger las piezas de la corrosión.

Arrastrar partículas, condensados y sedimentos limpiando y controlando la formación de barro.

Para que el aceite pueda cumplir todas estas funciones satisfactoriamente debe mantenerse limpio, químicamente estable y libre de contaminantes. Por ello los síntomas que sirven para controlar el estado del sistema de lubricación son la degradación y la contaminación del aceite. Además de esto es fundamental que la presión, temperatura y caudal de aceite se mantengan dentro de los valores apropiados en cada caso. La degradación del aceite es el proceso por el que se reduce su capacidad para cumplir sus funciones por alteración de sus propiedades.

La contaminación del aceite se debe a la presencia de sustancias extrañas, tanto por causas externas como internas:

Elementos metálicos, procedentes de desgaste de piezas sometidas a fricción y que producen a su vez desgaste abrasivo.

Óxidos metálicos, procedentes de la oxidación de piezas y desgaste de las mismas que originan igualmente desgaste abrasivo.

Polvo y otras impurezas que se introducen en el sistema de lubricación y proceden del medio exterior (filtros rotos, orificios, respiraderos, etc.)

Agua procedente de los sistemas de refrigeración y/o condensación de humedad atmosférica.

Combustibles, que diluyen el aceite.

Productos procedentes de la degradación de los aceites, como barnices y lacas que resultan del proceso de envejecimiento del aceite.

La contaminación y degradación del aceite están íntimamente relacionadas, ya que la contaminación altera las propiedades físicas y químicas del aceite

acelerando su degradación. Por otra parte, la degradación produce sustancias no solubles en el aceite que facilitan el proceso de desgaste.

La viscosidad es la propiedad física más importante del lubricante, ya que fija las pérdidas por fricción y la capacidad de carga de los cojinetes.

La viscosidad del aceite depende de la temperatura. Para expresar la tendencia del aceite a cambiar su viscosidad con la temperatura se utiliza el índice de viscosidad, que se obtiene de la comparación de la viscosidad del aceite en SSU a 100° F con la de otros dos aceites en las mismas condiciones, pero uno de ellos tiene poca variación de la viscosidad con la temperatura (base parafínica, al que se asigna arbitrariamente el valor 100) y otro cuya variación es muy elevada (base nafténica, al que se asigna el valor 0).

El índice de viscosidad es menos significativo como parámetro de diagnóstico que la viscosidad, ya que la disminución del índice de viscosidad por degradación de los aditivos correspondientes no es detectable en la mayoría de los casos.

La viscosidad se mide mediante viscosímetros, distinguiéndose diversos métodos:

Medición de la viscosidad mediante el tiempo de escurrimiento del aceite a través de un capilar. Son los llamados viscosímetros cinemáticos (Ostwal, etc.).

Medición de la viscosidad mediante el tiempo de escurrimiento del aceite a través de un pequeño tubo u orificio. Entre ellos se encuentran los viscosímetros Saybolt, Redwood y Engler.

Medición del efecto de cizallamiento producido en el aceite contenido entre dos superficies, sometidas a un movimiento relativo. Son los viscosímetros dinámicos (Mac Michel, etc.)

Medición de la viscosidad mediante el tiempo de desplazamiento de un objeto sólido a través del aceite. Los de bolas poseen dos tubos que se llenan de aceites nuevo y usado. Utilizan dos bolas similares para medir la diferencia de viscosidad entre los dos aceites. Son los llamados viscosímetros comparativos.

Los efectos de los fallos sobre la viscosidad del aceite en servicio pueden aumentar, disminuir o permanecer constante su viscosidad.

La viscosidad disminuye normalmente por contaminación con el combustible (motores térmicos), mezcla con condensables del gas comprimido (compresores de gas combustible), contaminación con otro aceite menos viscoso, etc.

La viscosidad aumenta normalmente por oxidación del aceite, que da lugar a la formación de productos de descomposición más viscosos, partículas carbonosas y otros contaminantes. Ello puede ocurrir por contaminación tanto interna como externa, tanto de partículas sólidas como agua. Algunos fallos típicos son:

- Filtro de aire de admisión obstruido

- Desgaste excesivo en los conjuntos camisa-segmentos
- Fallos en sistema de refrigeración que producen fugas de agua
- Filtro de aceite sucio ó obstruido.

Si la viscosidad permanece constante no significa siempre que las propiedades del aceite no se han alterado, ya que pueden coexistir fallos que tienden a disminuir la viscosidad junto con otros que tienen a aumentarla, compensándose ambos efectos.

Los parámetros de diagnóstico asociados a la viscosidad del aceite son la medida de la misma, por los diversos métodos:

Viscosidad absoluta ó dinámica (μ), medida directamente con viscosímetros dinámicos:

Su ecuación de dimensiones: $[\mu] = [F] [T] [L]^{-2}$

Su unidad en el S.I. es el $N.s/m^2 = 1 \text{ Pa} \cdot s$

Todavía se usa la unidad del sistema c.g.s.: $1 \text{ dina.s/cm}^2 = 1 \text{ P (Poise)}$ y su submúltiplo el centipoise: $1 \text{ cP} = 10^{-2} \text{ P}$

Es la medida que se debe usar para aceites usados

Viscosidad cinemática $\nu = \mu/\rho$

Su ecuación de dimensión: $[\nu] = [L]^2 [T]^{-1}$

Su unidad en S.I. es $1 \text{ m}^2/\text{s}$.

Se sigue utilizando la unidad del sistema c.g.s.: $1 \text{ cm}^2/\text{s} = 1 \text{ St (Stoke)}$ y su submúltiplo el centistoke: $1 \text{ cSt} = 10^{-2} \text{ St}$.

Viscosidad en otras unidades empíricas: grados Engler, segundos Saybolt, segundos Redwood, etc.

Dentro de la desviación admisible se considera un aceite en servicio degradado y sin capacidad para realizar bien su función si su viscosidad ha variado $\pm 20\%$ de la del nuevo.

El punto de inflamación es la temperatura mínima a la que se desprenden vapores combustibles capaces de inflamarse en presencia de una llama.

Está muy relacionado con la viscosidad, de forma que cuando el punto de inflamación baja también lo hace la viscosidad y viceversa.

Se determina calentando una muestra contenida en un pequeño vaso y aplicando una pequeña llama en la proximidad de la superficie. La temperatura a la cual se inflama momentáneamente representa el punto de inflamación de la muestra (Métodos Normalizados ASTM D92 de vaso abierto y ASTM D93 de vaso cerrado).

Dentro del efecto de los fallos sobre el punto de inflamación del aceite, el punto de inflamación de un aceite en servicio, puede aumentar ó disminuir, como ocurre con la viscosidad.

El aumento del punto de inflamación del aceite usado es debido al tiempo de utilización, debido a la vaporización de las partes volátiles.

La reducción del punto de inflamación del aceite usado es debido a la presencia de combustible (motores térmicos) los cuales provocan un descenso muy acusado.

La desviación admisible se considera inadmisibles cuando el punto de inflamación ha disminuido un 30% ó si baja de 180°C.

En un aceite el grado de acidez ó alcalinidad puede expresarse por el número de neutralización respectivo, el cual se define como la cantidad de base ó ácido, expresado en mgr. de KOH, que se requiere para neutralizar el contenido ácido ó base de un gramo de muestra, en condiciones normalizadas.

La acidez ó alcalinidad de un aceite nuevo da información sobre el grado de refinado y aditivación; mientras que el de uno usado da información sobre los contaminantes y fundamentalmente sobre la degradación del mismo.

Existen métodos normalizados para medir tanto la acidez como la basicidad. (Métodos ASTM D-943 y ASTM D-974).

Los fallos que producen un aumento de la acidez del aceite producen simultáneamente una reducción en la basicidad propia del aceite. El aumento de la acidez está asociado a su oxidación y a la contaminación por los ácidos provenientes de la combustión (motores térmicos). Los más importantes son:

- Bomba de inyección.
- Filtro de aire obstruido.
- Sobrecalentamientos por fallo de la refrigeración.
- Filtro obstruido ó ineficiente.

Los parámetros de diagnóstico para la acidez/basicidad del aceite son:

TAN (Número de ácido total). Representa los mgr de KOH necesarios para neutralizar todos los constituyentes ácidos presentes en 1 gramo de muestra de aceite.

Se utiliza poco porque su medida depende de los aditivos presentes en el aceite. Además, experimentalmente se puede comprobar que existe una relación entre la reducción del número de base total y el aumento del TAN, por lo que se prefiere seguir la evolución del primero por ser más significativo para evaluar un aceite y diagnosticar causas de fallos.

TBN (Número de base total). Representa los mgr. equivalentes de KOH necesarios para neutralizar sólo a los constituyentes alcalinos presentes en un gramo de muestra.

Además de estar íntimamente relacionados el TAN y TBN, existe una relación directa entre la reducción del TBN y el desgaste, según se aprecia en la figura. Se inicia un desgaste anormal por corrosión cuando el valor del TAN cruza el TBN.

Dentro de la desviación admisible en la evaluación de un aceite motor, se aconseja el cambio de aceite cuando el TBN es inferior al 60% del TBN inicial, ó se encuentra por debajo del valor recomendado por el fabricante del motor. El TBN de un aceite de motor nuevo debe ser mayor cuanto mayor sea el contenido en azufre del carburante.

En cuanto al TAN es aconsejable el cambio cuando éste llega a un valor del 80% del TBN medido.

En los insolubles varios de los productos de la degradación de los aceites son sólidos insolubles en el aceite base, formando lacas, barnices y lodos. El resto queda disuelto en el aceite aumentando su viscosidad.

Su conocimiento es interesante para el diagnóstico ya que están relacionados directamente con la degradación del aceite, la eficacia de los filtros, el desgaste y en el caso de aceites detergentes con la saturación de su capacidad dispersante.

Los insolubles se miden mediante métodos basados en la sucesiva solubilidad ó insolubilidad en diversos disolventes. El método consiste en disolver una parte de la muestra del aceite en un disolvente y posteriormente se separa la parte insoluble por filtración y centrifugación.

Los insolubles en pentano representan la casi totalidad de insolubles del aceite y están formados por contaminantes externos y por productos de la degradación del mismo que se separan fácilmente. Los insolubles en tolueno representan productos de contaminación externa, de la corrosión, del desgaste, carbón formado en la combustión incompleta y posible coquización del aceite. La diferencia entre los insolubles en pentano y los insolubles en tolueno son los óxidos orgánicos que es lo que se trata de determinar.

Los insolubles se forman por oxidación, combustión, desgaste y contaminación externa. Los fallos más importantes que producen aumento de insolubles son:

- Desgaste de componentes del motor.
- Filtro de aire roto u obstruido.
- Aceite degradado, ya que la degradación produce insolubles.
- Filtro de aceite obstruido ó ineficiente.

La desviación admisible en un valor superior al 3% de insolubles indica que el aceite está degradado.

La propiedad detergente de los aceites se refiere a su capacidad para evitar ó reducir la formación de depósitos carbonosos en alojamientos (de segmentos, guías, etc.), originados por las altas temperaturas. Los aceites detergentes mantienen en suspensión los depósitos producidos.

La dispersividad de los aceites se refiere a su capacidad para mantener dispersos, es decir, evitar la aglomeración de los lodos húmedos originados en el funcionamiento en frío del motor, que son compuestos complejos de carbón, óxidos y agua.

La detergencia y la dispersividad se reducen con la degradación y el consumo de los aditivos correspondientes que están formados por compuestos de calcio, magnesio y bario en los detergentes y por compuestos orgánicos (carbón e hidrógeno) en los dispersantes.

El método más sencillo y utilizado para la evaluación de la detergencia y dispersividad por su sencillez y rapidez es el análisis de la mancha de aceite, que se explica mas adelante. Los aditivos que confieren la detergencia y dispersividad tienen carácter básico por lo que son estos aditivos los que se cuantifican cuando se determina el TBN. Por tanto, para evaluar la detergencia y dispersividad lo mejor es controlar el TBN. Asimismo se pueden determinar elementos por espectroscopia.

Los fallos que degradan el aceite, hacen reducir su detergencia y dispersividad.

En la contaminación del aceite la presencia de materias extrañas en el aceite, sean de origen interno o externo, provocan la contaminación del aceite y degradación de sus propiedades.

Las más frecuentes fuentes de contaminación son:

- Presencia de agua
- Presencia de materia carbonosa
- Presencia de polvo atmosférico
- Presencia de metales de desgaste interno

La materia carbonosa en un aceite de motor la presencia de materia carbonosa es el resultado del paso de los productos de la combustión al aceite. Estos productos además de producir espesamiento del aceite cambiando su viscosidad, producen depósitos en las superficies internas del motor.

Se mide mediante un fotómetro el cual compara la opacidad de una solución en benceno del aceite usado con una serie de filtros de opacidad conocida. Los filtros están graduados directamente en porcentaje de materia carbonosa, de 0,2 en 0,2%. Se considera un aceite contaminado cuando se alcanza un 3% de materia carbonosa.

También se mide mediante la valoración de insolubles y con el método de la mancha de aceite.

Diagnóstico de Averías por Análisis de la Degradación y Contaminación del Aceite

Efecto de los fallos sobre la contaminación con materias carbonosas en el aceite.

Los fallos que producen un aumento anormal de materias carbonosas en el aceite de un motor son:

- Fallos del sistema de inyección.
- Filtro de aire obstruido.

Que están asociados a una combustión anormal. Además hay otros tipos de fallos que favorecen este tipo de contaminación, como son:

- Desgaste excesivo del conjunto segmentos-camisas.
- Degradación del aceite.
- Filtro de aceite obstruido o ineficiente.

La contaminación con agua procede, en un motor, de la condensación en el interior por bajas temperaturas o aumento de la presión en el cárter. También las puede producir las posibles fugas del sistema de refrigeración. El efecto del agua sobre el aceite es su degradación y corrosión de los metales.

Existen varios métodos para su medida:

Método de la crepitación en plancha caliente, el más utilizado como indicador cualitativo de presencia de agua en cantidades superiores a 0,05%. Consiste en dejar caer una gota de aceite en una plancha caliente y observar si se produce crepitación. La intensidad del ruido de crepitación es una indicación de la cantidad de agua contaminante.

La medida de la constante dieléctrica también detecta cualitativamente concentraciones de agua superiores al 0,1%.

El método de la mancha de aceite, aunque con este método solo se detectan concentraciones muy elevadas (superiores al 5%).

Los principales fallos asociados con el aumento del contenido en agua del aceite son todos aquellos que producen fugas internas de refrigerante al aceite.

Se considera que un aceite tiene una contaminación de agua inadmisibles y, por tanto, debe ser sustituido cuando se alcanza más de un 0,5%.

Entre diversos contaminantes en el aceite o elementos metálicos o no (hierro, cobre, sílice, boro, etc.) que entran al aceite provenientes tanto de fuentes externas como internas.

Su análisis alertan, por tanto, tanto del posible desgaste de elementos internos como sobre otras posibles fuentes de contaminación.

Derivado del análisis del aceite se determinó un nuevo formato (Ver Anexo B mantenimiento predictivo, técnica de análisis de degradación y contaminación del aceite.) para controlar el estado del mismo en las máquinas en general. Donde esto da confiabilidad sin riesgo en el proceso de producción contando con disponibilidad de las máquinas.

CAPÍTULO IV ESTUDIO COSTO-BENEFICIO

En AGR-RACKEND planta Tula, se obtuvieron mejoras en el sector productivo gracias a la validación e implementación de la planeación del mantenimiento basado en confiabilidad y disponibilidad de las maquinas. Ya que es benéfica para la planta en general por lo cual la misma ayuda al control total de la producción sin paros inesperados por fallos.

Dentro de los costos de producción que se pierden al quedar fuera de operación las maquinas en la línea de transformación de la materia prima, tales como: Tornos de control numérico, troqueles, prensas, electroforjas, etc. Generan un costo de producción por maquina equivalente a \$350 en una hora. Ocasionado por no tener equipos auxiliares o secundarios en el proceso, de tal manera que si se encuentra parada una maquina en un turno de ocho horas nos genera un monto de \$2800. Sabiendo que la línea general de producción está conformada por 21 equipos para el proceso de partes de dirección y suspensión, dando como resultado el paro total de la línea de producción un monto de \$58,800 en una jornada laboral.

El tener un mantenimiento basado en condición, genera beneficios en un 100% reduciendo los costos de producción, estando así obligado el personal de mantenimiento a realizar sus procedimientos con normatividad vigente. Siguiendo normas de seguridad para evitar acciones en condiciones inseguras.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El proyecto antes mencionado en AGR-RACKEND planta Tula, resolvió problemas de carácter general del control de la planeación de mantenimiento basado en confiabilidad y disponibilidad de las maquinas que había impedido o retardado los procesos en el sector productivo.

La información de los datos de planeación del mantenimiento no había sufrido modificaciones, hasta que esta fue sujeta a cambios por la dirección.


De tal manera que en la línea de producción, para que las maquinas del proceso de partes de dirección y suspensión operen en condiciones normales. Fue necesario implementar los planes de mantenimiento preventivo en general, hasta llegar a la validación de los mismos. Por lo tanto, la información inconclusa que se tenía fue el fundamento de partida para la ejecución en campo conformada con las cartas de lubricación. Esta información se implemento para predecir fallas en el proceso. Seguido de esto al tener una planeación eficiente, se realizo el monitoreo de las maquinas mediante la implementación del mantenimiento basado en condición haciendo referencia en sus técnicas de aplicación, donde se obtuvieron resultados en las maquinas dando confiabilidad y prediciendo fallos de carácter específico en las mismas ofreciendo calidad en el proceso.

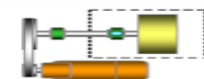
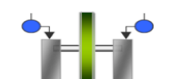
Para ello la información de la planeación fue cargada en la base de datos y controlada por el software Logmein Hamachi., según el procedimiento basado en la normatividad interna. Sabiendo que para realizar el levantamiento oficial de datos para las fichas técnicas de las maquinas en general, se tuvieron que analizar las fallas y causas específicas de las maquinas para dar confiabilidad y disponibilidad en el proceso mediante las técnicas de aplicación del mantenimiento basado en condición.

Con ello se realizaron una serie de implementaciones dentro de la documentación que esta planta tenía inconclusa. Obteniendo como resultado, modificaciones de los datos de la planeación en el control de la misma. De tal manera que con este procedimiento, en AGR-RACKEND planta Tula nos aproximamos al 100% en la disponibilidad de las maquinas para el proceso de producción, dando calidad al mismo, reduciendo los costos de operación y mantenimiento.

Los conceptos e información de los datos técnicos plasmados en este proyecto, no parten del trabajo alejado de una práctica, surgen de la experiencia y trabajo en la planta por parte de los empleados y encargados del área de mantenimiento.

.


 "COMPROMETIDOS CON LA CALIDAD"	MANTENIMIENTO PREDICTIVO			
	TECNICA: ANALISIS DE VIBRACIONES MECANICAS			
	NUM. ORDEN DE TRABAJO:		REPORTE NUMERO:	
	FECHA:			
PLANTA	AGR-RACKEND TULA		AREA	
MAQUINA			PROCESO	
MARCA		MODELO	NO. SERIE	

NO	DESCRIPCIÓN	S	I	N	O	N	A	OBSERVACIONES-IMAGEN
1	Anclaje							
2	Holgura mecánica							
3	Resonancias estructurales, grietas							
4	Desgaste o daños en rodamientos							
5	Condiciones de trabajo							
6	Cavitación de flujo							
7	Lubricación contaminada							
8	Fricción de rodamientos							
9	Contacto de flechas en acoplamientos							
10	Microfricciones							
11	Sobrecargas dinámicas							
12	Movimiento vertical en elementos rodantes							
13	Movimiento horizontal en elementos rodantes							
14	Movimientos axiales en elementos rodantes							
15	Ejes doblados							
16	Inestabilidad hidrodinámica							
17	Roce							
18	Desalineación en transmisión por movimiento							
20	Fatiga superficial en elementos							
21	Roturas, fatiga							
22	Frecuencia de engrane							
23	Desgaste, excentricidades							
24	Defectos en bandas/correas							
25	Desequilibrios							
26	Excentricidad							
27	Fallas en baleros							

OBSERVACIONES GENERALES:
Marque con una equis la situación presente de la maquina (SI= si, NO= no, NA=no aplica)

Supervisor especialista: _____

Anexo A Mantenimiento predictivo, técnica análisis de vibraciones mecánicas


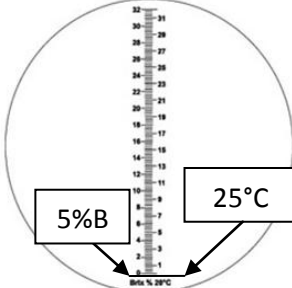

 "COMPROMETIDOS CON LA CALIDAD"	MANTENIMIENTO PREDICTIVO		
	TECNICA: ANALISIS DE LUBRICANTES		
	NUM. ORDEN DE TRABAJO:	REPORTE NUMERO:	FECHA:
PLANTA	AGR-RACKEND TULA	AREA	
MAQUINA		PROCESO	
MARCA	MODELO	NO. SERIE	

NO	DESCRIPCIÓN	S I	N O	N A	OBSERVACIONES
1	Lubricar las partes sometidas a fricción (si es necesario)				Lubricar según el periodo de cartas de lubricación.
2	Disipar el calor generado por fricción				Los elementos lubricados se deben encontrar con una ventilación moderada atmosférica.
3	Reducir fugas internas				Eliminar goteos/fugas generadas por desgaste para un buen sellado de piezas lubricadas.
4	Proteger las piezas de la corrosión				Los elementos lubricados deben estar protegidos en un 100% con sus respectivas guardas.
5	Retirar elementos metálicos				Evitar el contacto en elementos rodantes o correderas con virutas metálicas p/evitar abrasión.
6	Presencia por óxidos metálicos				Retirar en un 100% la oxidación de cualquier metal para evitar contaminación en el lubricante.
7	Presencia por polvos y otras impurezas				Evitar contacto directo en el lubricante con partículas de polvo para no generar abrasión.
8	Agua procedente de los sistemas de refrigeración				Evitar fugas y condensaciones ene los sistemas de refrigeración.
9	Presencia de combustibles, productos de degradación, barnices, etc.				Evitar el contacto con elementos que generen combustión para evitar explosiones internas.
10	Aceite degradado/contaminado				Retirar aceite contaminado y degradado para evitar mala lubricación provocando daños sec.
11	Filtros de aceite ineficiente				Se utilizan filtros no correspondientes a la maquina bajo especificaciones del fabricante.
12	Filtro de aceite sucios o obstruidos				Lavar y limpiar filtros para evitar bloqueos de aceites en elementos lubricados.
13	Presencia de agua				Evitar la condensación en el interior de las maquinas por diferencia de temperaturas
14	Presencia de materia carbonosa				Evitar hacer combustión en el interior de los elementos para no crear sedimentos.
15	Presencia de materia atmosférica				Evitar o eliminar en un 100% la materia carbonosa proveniente del exterior.
16	Contaminación del aceite con ácidos				Evitar la mezcla de aceite con ácidos para evitar modificar las propiedades de los lubricantes.
17	Punto de inflamación del aceite (aceite quemado)				Retirar el aceite quemado para tener una película de lubricante eficiente.
18	Desgaste en elementos mecánicos				Lubricar y mantener una película eficiente en los elementos para evitar fricción y desgaste.
20	Aumento de fuerzas de rozamiento				Reducir cargas en un solo punto en los elementos rodantes para evitar fatiga.
21	Aumento de temperaturas				Evitar calentamiento en los elementos con una buena lubricación sin generar desgaste.
22	Contaminación interna				Evitar contaminación al momento de lubricar y cambiar elementos nuevos.
23	Contaminación externa				Evitar contaminación al momento de lubricar y cambiar elementos nuevos.
24	Desgaste de componentes de la maquina				Retirar las partículas o virutas de desgaste en el interior y superficie de la maquina.
25	Alto porcentaje de aire				En caso de pretendencia de burbujas de aire en el lubricante se recomienda remplazarlo.
26	Alto contenido de sedimentos				En caso de encontrar alto contenido de sedimentos se recomienda realizar limpieza total.
27					

OBSERVACIONES GENERALES:
Marque con una equis la situación presente de la maquina (SI= si, NO= no, NA=no aplica)

Supervisor especialista: _____

Anexo B Mantenimiento predictivo, técnica de análisis de lubricantes

		PRUEBA DE CONCENTRACION DE LA SOLUCION/M-PREDICTIVO										LEVANTAMIENTO DE DATOS																																							
		ELABORO:		T.S.U: ADRIAN CRUZ JASSO								PRUEB		1RA		SUM Its		2DA		SUM Its.		OBSERVACIONES																													
		REVISO:		J.M.:JAVIER CARBAJAL ALCANTARA								TCN-1		%B		T		A		S																															
AUTORIZO:		ING: GUSTAVO SERRANO ALCANTARA								L		3		23		10		1		4		24		0		0		NO TIENE INDICADOR																							
REFRACTOMETRO P/PRUE. MODELO:		RHB-32ATC								M																																									
RANGO: 0-32%BRIX		DIV. MIN: 0.2%BRIX								M																																									
COMPENSACION DE TEMPERATURA:		20 °C A 31 °C SEGÚN EL RHB-32ATC								J																																									
APLICACIÓN:		FLUIDO DE CORTE/SOLUBLE								V																																									
FLUIDO:		ACEITE SEMISINTETICO SRW 20 AL								S																																									
CLASIFICACIÓN DE RIESGO EN EL ACEITE/SOLUBLE												TPC																																							
AZ: R SALUD 1		R: R INFLAM. O		AM: R REAC. 0				B: PEL. ESPEC. A				TCN-2		%B		T		A		S		%B		T		A		S		OBSERVACIONES																					
MUESTREOS DE PRUEBA												L		5		25		20		2		5		25		0		0		SUM. P/COMP. NIV.																					
1ER/2DA PRUEBA		TANQUE DE SOLUBLE Its.								M																																									
 RHB-32ATC VISOR DE REFRACTANTE		 NIVEL P/O.C.O. TCN1,2,3,4 EN 80 Its.								REALIZADO EN CAMPO POR:																																									
										DEL:																																									
										HASTA:																																									
										TPC																																									
										TCN-3		%B		T		A		S		%B		T		A		S										OBSERVACIONES															
																												FUERA DE OPERACIÓN																							
CONTROL DEL SUMINISTRO DIARIO DEL SOLUBLE												M																																							
INDICADOR DE CANTIDA ACTUAL P/SOLUBLE EN Its.												M																																							
T		C		L		M		M		J		V		S		J																																			
N		A		D		A		D		A		D		A		D		V																																	
1		NA		NA														S																																	
IMG. P/O.C O. TCN-1,2,3,4		2		40		60												TPC																																	
%BRIX		TCN-4		3		20		60										TCN-4		%B		T		A		S		OBSERVACIONES																							
5%		25°C		4		60		60										L		5		25		0		0		5		25		0		0		NO SE SUM.															
RESULTADOS DE PRUEBA P/OPTIMAS CONDICIONES DE OPERACIÓN												M																																							
APLICA PARA: TCN-1,2,3 Y 4												M																																							
Nomenclatura: O.C.O= optimas condiciones de operación %B=%Brix, T=temperatura												J																																							
N.MIN. Its.=nivel mínimo en litros, N.MED Its.=nivel medio en litros N. MAX. Its=nivel máximo en litros												V																																							
SUM=suministro, A=agua, S=soluble PRUEBA E=excedida O.C.O.=optimas condiciones de operación, B=baja TPC= total pruebas y consumo, TQM= tanques de la maquina												S																																							
SUMINISTRO SEMANAL DE SOLUBLE POR MAQUINA																																																			
TAG		SEGÚN PRUEBA E,O.C.O.,B EN %B		TOTAL CONS.		N.MIN. Its.						N.MED Its.						N. MAX. Its						SUMINISTRO Its																											
TCN-1		E		O.C.O.		B				L		M		M		J		V		S		D		L		M		M		J		V		S		D		L		M		M		J		V		S		D	
TCN-2		E		O.C.O.		B				L		M		M		J		V		S		D		L		M		M		J		V		S		D		L		M		M		J		V		S		D	
TCN-3		E		O.C.O.		B				L		M		M		J		V		S		D		L		M		M		J		V		S		D		L		M		M		J		V		S		D	
TCN-4		E		O.C.O.		B				L		M		M		J		V		S		D		L		M		M		J		V		S		D		L		M		M		J		V		S		D	

Supervisor especialista: _____

Anexo C Mantenimiento predictivo, prueba de concentración de la solución.

	MANTENIMIENTO PREDICTIVO			
	TECNICA: INSPECCION VISUAL			
	NUM. ORDEN DE TRABAJO:		REPORTE NUMERO:	
PLANTA	AGR-RACKEND TULA		AREA	
MAQUINA				PROCESO
MARCA		MODELO		NO. SERIE

NO	DESCRIPCIÓN	SI	NO	NA	OBSERVACIONES
1	LIMPIEZA GENERAL DE LA MAQUINA				Se encuentran excedentes de contaminantes en la superficie, periferia de la maquina y elementos de sistemas.
2	LUBRICACION				Mal estado del lubricante, goteos, escurrimientos, niveles bajos en tanques.
3	SISTEMA ELECTRICO				Mal enclavamiento en ON/OFF, falsos de corriente, bornes sueltos, cortos circuitos, voltaje bajo.
4	SITEMA ELECTRONICO				Se encienden alarmas, el panel de control se encuentra sucio, botones en mal estado.
5	SISTEMA NEUMATICO				Fugas de aire, caídas de presión en manómetros, no se realizan purgas, la unidad de mantto. Esta sucia.
6	SISTEMA MECANICO				Mal estado de rodamientos, guías, correderas, manivelas, etc. Transmisión de movimiento en mal estado.
7	SISTEMA ELECTROMECHANICO				Las transmisiones de movimiento se encuentran dañadas ya sean por cadena, banda o por engranes.
8	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO/SHILLER				Caídas de presión en manómetros, el termostato no acciona, serpentín y panel saturado superficialmente de polvo
9	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO PARA CORTE				El sistema de bombeo es esencial para el enfriamiento idóneo de la herramienta de corte en la pza. a maquinar.
10	SISTEMA HIDRAULICO				La línea hidráulica muestra presión baja por goteos y/o fugas en acoplamientos reflejado en los manómetros de presión.
11	ANCLAJE				La maquina no se encuentra anclada y presenta vibraciones severas afectando sistemas la misma.
12	TORNILLERIA				La tornillería no se encuentra completa en la maquina, no es la adecuada o se encuentra floja emitiendo vibraciones.
13	DISPOSITIVOS DE SUJECION				Los dispositivos presentan fracturas, fisuras o están dañados en su totalidad.
14	DISPOSITIVOS DE CORTE, EMBUTIDO, TROQUELADO, ETC.				Los dispositivos para sujeción de herramental presentan fracturas, fisuras o están dañados en su totalidad.
15	UBICACIÓN DE LA MAQUINA				La ubicación de la maquina es correcta y se encuentra presente conforme a la distribución de planta de la empresa.
16	INFRAESTRUCTURA DE LA MAQUINA				La maquina se encuentra dañada por razones operacionales o por terceros.

OBSERVACIONES GENERALES:

Marque con una equis la situación presente de la maquina (SI, NO, NA=no aplica)

Supervisor especialista: _____

Anexo D Mantenimiento predictivo, técnica de inspección visual



OT IMPRESA EL DIA:		OT PROGRAMADA P/DIA:	
ORDEN DE TRABAJO NO:			

SOLICITA:	
AREA:	
UBICACIÓN DE LA EJECUCION:	

EQUIPO/TAG/NOMBRE:		
CRITICIDAD DEL EQUIPO:		
TIPO DE LA OT:		ESPECIALISTA DE MANTTO:
REALIZARA:	AGR RACKEND	HRS. ESTIMADAS: hrs.

DESCRIPCION DEL TRABAJO:

REQUERIMIENTOS				
NOMBRE/S DE LOS TRABAJADORES:		HORAS REALES	HORAS EXTRAS	HORAS TOTALES
CODIGO	CONSUMIBLES/RECURSOS	UNIDAD/MEDIDA	CANTIDAD ESTIMADA	CANTIDAD RELAL

ACCION CORRECTIVA:

Consecuencia/falla:		Tiempo FO:	hrs.
REQUIERE-FIRMA OPERARIO	ORDENA-FIRMA RESPONSABLE	FIRMA DE INICIO MANTTO.	FIRMA DE TERMINO MANTTO.
Fecha y hora inicio de trabajo:		Fecha y hora fin de trabajo:	
Firma entrega operación:		Firma recibe operación:	

Anexo E Orden de trabajo

GLOSARIO

Aceleración: El índice de cambio de velocidad que a menudo se representa como "g", o bien en "mm/s²" en el sistema métrico o "in/sec²" en el sistema imperial. La aceleración no es constante pero varía a través del ciclo de vibración, y alcanza los niveles máximos cuando la velocidad alcanza su valor mínimo. Esto ocurre normalmente cuando una masa particular ha decelerado hasta detenerse y está a punto de comenzar a acelerar de nuevo.

Acelerómetro: Un transductor cuya salida eléctrica responde directamente a la aceleración. Los acelerómetros suelen abarcar un rango de frecuencias mucho más amplio, para recoger señales que no estén presentes en otro tipo de transductores. Debido al rango de frecuencias, los acelerómetros son perfectos para la mayoría de tipos de equipos giratorios, lo cual les convierten en los transductores más empleados para las medidas de vibración.

Acero de medio-carbón: Contiene a partir carbón y menos de 1.00% el manganeso 0.30% a 0.60%. Puede ser hecho por cualquiera de los procesos estándares.

Aceros de carbón bajo: Contener a partir 0.10 a 0.30% carbón y menos de 0.60% manganeso. (el producto del oxígeno básico, de Bessemer, del hogar abierto o de procesos eléctricos.)

Actividad que no agrega valor: Cualquier actividad que suma costo sin sumar valor al producto o al proceso.

Aislamiento: Una reducción en la intensidad del movimiento, normalmente por un soporte elástico. Un soporte elástico o aislante atenúa los golpes. Un montaje antivibratorio o aislante atenúa la vibración estable.

Alineación: Un estado en el que los componentes de una transmisión están en paralelo o perpendicular, según los requisitos de diseño. El comprobador puede diagnosticar estados de alineación incorrecta en los que los componentes ya no están alineados según los requisitos de diseño, lo cual provoca un desgaste excesivo de los rodamientos y aumenta el consumo de alimentación de la máquina.

Análisis cuantitativo: Un análisis de objetos o de procesos, que es referido a temperaturas que miden o a niveles de energía radiantes asignando valores numéricos a las características de la escena exhibida.

Análisis de valor: Evaluación del plazo de entrega total y del tiempo que agrega valor para identificar el porcentual de actividades que agregan valor.

Análisis del origen de los problemas: Determinación de la causa real de un fallo.

Armónico: Una cantidad sinusoidal con una frecuencia que es un múltiplo integral (2, 3, etc.) de una frecuencia fundamental (1). En la señal de salida de un dispositivo, se trata de la distorsión causada por la presencia de frecuencias que no están presentes en la señal de entrada.

Autonomación: Traducción de la palabra "Jidoka". Significa conceder inteligencia humana a una máquina para que pueda automáticamente parar frente a un problema.

Axial: Uno de los tres ejes de vibración (radial, tangencial y axial); el plano axial es paralelo a la línea central de un eje o un eje giratorio de una pieza giratoria.

Backlog: Período de tiempo necesario para que un grupo de mantenimiento ejecute todas las actividades pendientes, suponiendo que durante ese tiempo ningún servicio nuevo va a ser solicitado a ese grupo.

Cambio en un toque: Reducción de las actividades de preparación de la matriz a un sólo paso.

Campo visual instantáneo (ifov): El ángulo en miliradianes derivó dividiendo el tamaño del elemento activo del detector por la longitud focal eficaz del sistema.

Características mecánicas: Esas características de un material que revelan la reacción elástico e inelástica cuando se aplica la fuerza, o que implican la relación entre la tensión y la tensión; por ejemplo, el módulo de la elasticidad, de la fuerza extensible y del límite de la fatiga. Estas características se han señalado a menudo como "características físicas," pero el término "características mecánicas" es mucho que se preferirá. Las características mecánicas del acero son dependientes en su microestructura.

Ciclo de Vida: Plazo de tiempo durante el cual un Item conserva su capacidad de utilización. El periodo va desde su compra hasta que es substituido o es objeto de restauración.

Confiabilidad: Es la probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un período determinado. El estudio de confiabilidad es el estudio de fallos de un equipo o componente.

Coste del Ciclo de Vida: Coste total de un Item a lo largo de su vida, incluyendo los gastos de compra, Operaciones de Mantenimiento, mejora, reforma y retirada.

Cuello de botella: Un área o estación de trabajo en un ambiente de manufactura que limita la capacidad de todo el proceso.

Defecto: Eventos en los equipos que no impiden su funcionamiento, todavía pueden a corto o largo plazo, provocar su indisponibilidad.

Defecto: Eventos en los equipos que no impiden su funcionamiento, todavía pueden a corto o largo plazo, provocar su indisponibilidad.

Desequilibrio: Distribución desigual de la masa en un rotor. La línea central de la masa no coincide con la línea central de la rotación o la línea central geométrica. También se conoce como inestabilidad.

Desequilibrio: Un estado del equipo giratorio en el que el centro de la masa no yace en el centro de la rotación. El desequilibrio puede reducir en gran medida

la vida útil de los rodamientos y producir vibraciones excesivas en las máquinas.

Desplazamiento: Al medir la vibración de la maquinaria, el desplazamiento representa la distancia real por la que la vibración provoca el movimiento de la pieza en cuestión. Se mide en milésimas partes de pulgada (mils) en el sistema imperial y en milímetros (mm) en el sistema métrico.

Diferencia equivalente de la temperatura del ruido (NEDT): Es la diferencia de la temperatura en la cual la amplitud de la señal iguala el ruido total. Que es cuando $SNR = 1$.

Disponibilidad: La disponibilidad es una función que permite calcular el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado. La disponibilidad de un ítem no implica necesariamente que esté funcionando, sino que se encuentra en condiciones de funcionar.

Dominio de frecuencia: Dado que la vibración existe dentro del dominio de tiempo, una señal de vibración se representa como una forma de onda de tiempo si se ve mediante un osciloscopio. Si se representa gráficamente, la forma de onda de tiempo representaría un gráfico de amplitud frente a tiempo. Si la forma de onda se transforma a dominio de frecuencia, el resultado sería un espectro que representa un gráfico de amplitud frente a frecuencia.

El patentar: Tratamiento del acero, generalmente en la forma del alambre, en la cual el metal se calienta gradualmente alrededor a 1830F, con refrescarse subsecuente, generalmente en aire, en un baño del plomo fundido, o en una mezcla fundida de la sal sostenida entre 800F y 1050F.

Equilibrio (Mecánico): Ajuste de la distribución de masa en un elemento giratorio para reducir las fuerzas vibratorias generadas por la rotación.

Equipo: Conjunto de componentes interconectados, con los que se realiza materialmente una actividad de una instalación.

Fabrica Balanceada: Una fábrica donde toda la capacidad disponible está balanceada exactamente con la demanda de mercado.

Factor de Utilización: Relación entre el Tiempo de Operación de un ítem y su Tiempo Disponible.

Falla: Finalización de la habilidad de un ítem para desempeñar una función requerida.

Fallo: El evento, o estado inviable, en el cual cualquier elemento o pieza de un elemento no funciona según lo especificado.

Flujo de Una Pieza: Una filosofía de manufactura que soporta el movimiento del producto de una estación de trabajo a la siguiente - una pieza por vez - sin permitir que aumente el stock entre las estaciones.

Fotografía: Técnica de producir imágenes permanentes en superficies sensibilizadas por medio de la acción fotoquímica de la luz o de otras formas de energía radiante.

Frecuencia: El número de eventos que ocurre en un periodo de tiempo fijo; la frecuencia también se calcula como el valor recíproco del tiempo (por ejemplo, uno dividido por el intervalo de tiempo). La frecuencia se suele expresar en hercios (Hz), pero también se puede expresar en ciclos por minuto (cpm) o revoluciones por minuto (rpm) al multiplicar los hercios por 60. También se puede representar como múltiplo de velocidad de giro, u "órdenes", donde la frecuencia en rpm se divide por la velocidad de giro de la máquina.

Hercios:(Se escribe en minúscula, pero se abrevia como Hz). Unidad de frecuencia.

IEC: International Electric Commission

infrarrojo (ir): Radiación electromagnética que ocupa la banda a partir de 0.7 micrón a 100 micrones La radiación infrarroja está entre el espectro y la radiación visibles de la microonda. Emisión de la energía como ondas electromagnéticas en la porción del espectro apenas más allá del límite de la porción roja de radiación visible

Indisponibilidad del equipo: Relación expresada en porcentaje %, entre el T. de Mantenimiento en Parada y la suma del T. de Operación + el T. de Mantenimiento en Parada.

Informe de Trabajo: Comunicación escrita informando del trabajo realizado y del estado en que queda el ítem objeto de una intervención de mantenimiento o reparación.

Infrarrojo mediados de (mwir): El espectro infrarrojo medio, (ventana) generalmente a partir 2.4 a 7.0 micrones.

Infrarrojo pasivo: La forma normal de sistema infrarrojo en uso comercialmente. Un sistema pasivo no genera una fuente termal para iluminar la escena, él se actúa solamente sobre. Un sistema de la voz pasiva supervisa el flujo de los fotones que son generados ya por la escena dentro de su campo visual.

Ingeniería de Mantenimiento: Organismo consultivo que constituye el sistema de control de la dirección de Mantenimiento para corregir y mejorar su gestión. Su tarea es perfeccionar la organización y los métodos y procedimientos de trabajo, favoreciendo la implantación de una más adecuada Política de Mantenimiento.

Inspección Tareas/Servicios de Mantenimiento Preventivo: caracterizados por la alta frecuencia y corta duración, normalmente efectuada utilizando instrumentos de medición electrónica, térmica y/o los sentidos humanos, normalmente sin provocar indisponibilidad del equipo.

Inspección: Servicios de Mantenimiento Preventivo, caracterizado por la alta frecuencia (baja periodicidad) y corta duración, normalmente efectuada

utilizando instrumentos simples de medición (termómetros, tacómetros, voltímetros etc.) o los sentidos humanos y sin provocar indisponibilidad.

JIT/Just In Time: Sistema de distribución de partes, accesorios, etc JUSTO A TIEMPO, por el que la distribución se realiza en pequeñas cantidades o lotes, en función de la programación previa de la producción.

Kelvin: Escala termodinámica de la temperatura. El Kelvin cero es - el °C 273.16 (centígrado o centígrado) o - el °F 459.7 (Fahrenheit). Una escala de la temperatura usada a menudo en ciencias tales como astronomía.

Laser: El laser es siglas para la amplificación ligera al lado de la emisión estimulante de la radiación. Es un dispositivo que produce una viga coherente de la radiación óptica por transiciones electrónicas, iónicas, o moleculares el estimular a niveles más altos de modo que cuando vuelven a niveles de energía más bajos emitan energía.

Lubricación: Servicios de Mantenimiento Preventivo, donde se realizan adiciones, cambios, y análisis de lubricantes.

Mantabilidad: Probabilidad y/o facilidad de devolver un equipo a condiciones operativas, en un cierto tiempo y utilizando los procedimientos prescritos.

Mantenimiento correctivo: Tareas de reparación de equipos o componentes averiados

Mantenimiento en Parada: Tareas de Mantenimiento que solamente pueden realizarse cuando el ítem está parado y/o fuera de servicio.

Mantenimiento predictivo: Tareas de seguimiento del estado y desgaste de una o más piezas o componente de equipos prioritarios a través de análisis de síntomas, o análisis por evaluación estadística, que determinen el punto exacto de su sustitución.

Mantenimiento preventivo: Tareas de inspección, control y conservación de un equipo/componente con la finalidad de prevenir, detectar o corregir defectos, tratando de evitar averías en el mismo.

Mantenimiento selectivo: Servicios de cambio de una o más piezas o componentes de equipos prioritarios, de acuerdo con recomendaciones de fabricantes o entidades de investigación.

Mantenimiento: Tareas necesarias para que un equipo sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición especificada.

Mecanismo de fallo: Las piezas mecánicas o físicas que ocasionan un fallo.

Mejora Continua: El compromiso de diariamente mejorar los productos, el ambiente de trabajo y los negocios.

Mercosur: Estándar para el mercado común del sur -- cmn (comité de la normalización), organización regional de Mercosur de la normalización del Mercosur, integrada por los organismos nacionales de la normalización de los

países que pertenecen al mercado común: ABNT para el Brasil, INTN para el Paraguay, la UNIDAD para el Uruguay e IRAM para la Argentina. También, han adherido recientemente a los organismos respectivos de Chile y de Bolivia.

Mesopic: Intensidades de la luz bajo las cuales las barras y los conos funcionan

Micrón (m): Una medida de la longitud en la sistema métrico apropiada para las longitudes de onda infrarrojas de la radiación que miden. 1.000.000 micrones de iguales un metro

Microonda: Radiación electromagnética que tiene una longitud de onda larga (entre 1 milímetro y 30 centímetros). Las microondas se pueden utilizar para estudiar el universo, para comunicarse con los satélites en órbita de la tierra, y para cocinar las palomitas.

Miliradianes: Una medida de ángulos pequeños. Dos miliradianes mil-pi se pueden medir en un círculo completo. Hay los mrads 17.4 por el grado del ángulo.

Modtran: Modelo de la transmisión. Es absorción atmosférica lo más extensamente posible usada.

Módulo de elasticitydad(tension): Fuerzas que serían requeridas estirar una sustancia para doblar su longitud normal, en la asunción que seguiría siendo perfectamente elástico, es decir, obedecer la ley de Hooke a través de la prueba. El cociente de la tensión a la tensión dentro de la gama perfectamente elástico.

Nanómetro: Es una unidad de medida de la longitud de onda ligera. Un nanómetro es un millonésimo de un milímetro.

NETD: Diferencia equivalente de la temperatura del ruido.

Orden de Trabajo: Instrucción detallada y escrita que define el trabajo que debe realizarse por la organización de Mantenimiento en la Planta.

Órdenes: En máquinas giratorias, las órdenes son múltiplos o armónicos de la velocidad de giro (o de un componente de referencia asociado).

Parada General: Situación de un conjunto de Items a los que se efectúa periódicamente revisiones y/o reparaciones concentradas y programadas en un determinado período de tiempo

Paso: Giro en el plano del movimiento directo, por el eje izquierdo-derecho.

Pirómetro: Un instrumento de los varios tipos usados para medir temperaturas

Plan de Mantenimiento: Relación detalla de las actuaciones de Mantenimiento que necesita un Item o elemento y de los intervalos temporales con que deben efectuarse.

Plasticidad: La capacidad de un metal de ser deformado extensivamente sin la ruptura. La deformación plástica es el alargamiento que ocurre eso no será

recuperado con el retiro del canal del alambre del tirón de la carga el dado duro. También refrescaban el alambre.

Preparación Externa (SMED): Elementos de preparación de herramientas que pueden ser ejecutados con seguridad mientras la máquina esté funcionando.

Preparación Interna (SMED): Elementos de preparación de herramientas que deben ocurrir mientras la máquina está parada

Proceso: Un proceso es el trabajo que hacemos para producir un producto o servicio, en el intervienen entradas, transformación y salidas. En otras palabras "Un proceso le agrega valor a una serie de insumos". Las entradas son (Mano de obra, Materiales, Máquinas, Métodos, Medio ambiente) y las salidas son siempre medibles. Siendo un sistema un conjunto de procesos relacionados entre si.

Productividad: Es la relación que existe entre las entradas y salidas de un proceso.

Prueba de vibraciones: Movimiento mecánico alrededor de un punto de referencia de equilibrio.

Radiación de ionización: Generalmente, cualquier radiación que pueda formar los iones, directamente o indirectamente, mientras que viaja a través de una sustancia. Sobre luz visible y comenzar en las frecuencias ultravioletas, la radiación de ionización tiene suficiente capacidad de romper un vínculo químico y de tal modo desestabiliza un átomo.

Radial: Uno de los tres ejes de vibración (radial, tangencial y axial); el plano radial representa la dirección desde el transductor al centro del eje del equipo giratorio. En el caso de las máquinas verticales típicas, el eje radial equivale al eje vertical. En el caso de las máquinas horizontales, el eje radial se refiere al eje horizontal al que el acelerómetro está fijado.

Repetibilidad: La desviación máxima de la media de los puntos de datos correspondientes que se han tomado en condiciones idénticas. La diferencia máxima en la salida de los estímulos repetidos idénticamente cuando no hay cambios en otras condiciones de medida.

Reproducción: Medida que reproduce un historial específico.

Resolución: El menor cambio de entrada que produce un cambio perceptible en la salida de un instrumento.

Restricción: Una estación de trabajo o un proceso que limita la capacidad de todo el sistema.

Ruido: Las fluctuaciones al azar que se asocian siempre a una medida que se repita muchas veces encima. Estas fluctuaciones no representan ninguna fuentes verdadera de la radiación infrarroja de la blanco, sino son causadas algo por las imperfecciones del sistema.

Seguimiento de las condiciones: La medida, el registro y el análisis de los parámetros (por ejemplo, la aceleración) de la maquinaria para determinar el

estado de la máquina. El estado actual se compara con el estado de la máquina cuando era nueva. También se conoce como seguimiento del estado de la maquinaria.

Sensibilidad: La relación entre la señal eléctrica (salida) y la cantidad mecánica (entrada).

Sensor de estado sólido: Sensor sin partes móviles.

Sistema Global de producción: Expansión del Sistema de Producción Toyota; se trata de la estrategia que habilita una manufactura lean, utilizando la metodología Kaizen.

Soportabilidad: Calidad de poder atender una determinada solicitud de mantenimiento en el tiempo de espera prefijado y bajo las condiciones previstas.

Soporte de conexión: Los soportes de conexión (de bronce o acero inoxidable) se pueden colocar en los puntos de medida adecuados de las máquinas con un adhesivo industrial. El acelerómetro triaxial se conecta a estos soportes para recabar medidas. El soporte puede incluir una muesca de alineación para garantizar la orientación constante del acelerómetro con los tres ejes de vibración (radial, tangencial y axial). El soporte garantiza una buena transferencia de los datos de vibraciones al transductor, ya que proporciona una ubicación de montaje resistente y constante.

Tangencial: Uno de los tres ejes de vibración (radial, tangencial y axial); el plano tangencial se encuentra a 90 grados con respecto al plano radial, y se ejecuta en la tangente con respecto al eje de accionamiento. En el caso de las máquinas horizontales típicas, el eje tangencial equivale al eje horizontal. En el caso de las máquinas verticales, el eje tangencial equivale al segundo eje horizontal perpendicular al lugar de montaje del acelerómetro.

Tiempo medio antes de fallos: Una medida básica de fiabilidad de elementos que no se pueden reparar; el número total de unidades de vida útil de un elemento dividido por el número total de fallos en esa población, durante un intervalo de medida particular en condiciones indicadas.

Tiempo medio entre fallos: Intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la aparición de un fallo. Mientras mayor sea su valor, mayor es la confiabilidad del componente o equipo.

Tiempo medio entre fallos: Una medida de fiabilidad para elementos que se pueden reparar; el número medio de unidades de vida útil durante la cual todas las piezas del elemento funcionan dentro de los límites especificados, durante un intervalo de medida particular en condiciones indicadas.

Tiempo promedio para reparar: Es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema. Este indicador mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado. El Tiempo Promedio para Reparar es un parámetro de medición asociado a la mantenibilidad.

Utilización: La utilización, o factor de servicio, mide el tiempo efectivo de operación de un equipo durante un período determinado.

Valor Agregado: Cualquier actividad que transforme un producto o servicio para satisfacer la necesidad del cliente.

Velocidad de funcionamiento: La velocidad, normalmente expresada en revoluciones por minuto (rpm), a la cual funciona una máquina giratoria. También se puede expresar en hercios si se dividen las rpm por 60.

Velocidad: La velocidad es el índice de cambio de posición, medida en distancia por unidad de tiempo. Al medir las señales de vibración, la velocidad también representa la tasa de cambio en desplazamiento y se expresa en pulgadas (in) o en milímetros (mm) por segundo.

Vibración forzada: La vibración de un máquina causada por alguna excitación mecánica. Si la excitación es periódica y continua, el movimiento de respuesta finalmente se convierte en estable.

BIBLIOGRAFIA Y FUENTES DE INFORMACION

- DOUNCE, E. la productividad del mantenimiento industrial. México D.F. CECSA. 1998.
- KELLY, A. y HARRIS, M. J. Gestión del mantenimiento industrial. Madrid, España. Fundaciones REPSOL 1998.
- NEWBROUG, E. administración de mantenimiento industrial, México, Diana.
- Gestión del Mantenimiento. Francis Boucly. AENOR (1998)
- Management of Industrial Maintenance. A. Kelly.
- Improving Machinery Reliability. Heinz P. Bloch. Gulf Publishing Co. Houston (1988)
- <http://www.amtce.com.mx/config>.
- <http://www.mantenimiento/mundial>.
- <http://www.ing.unlp.edu.ar/sisplot/libros/le-gro/termogra.htm>,
- http://www.solomantenimiento.com/m_predictivo.htm,
- <http://www.elprisma.com/apuntes/apuntes.asp?page=18&categoria=604>,
- <http://www.assme.com.mx/?gclid=CMLguzA5agCFQkCbAodszhKEQ>
- <http://www.bluemetric.mx/vibrometros96.html?gclid=CLvxpvjA5agCFQcBbAodwEkxDA>
- <http://www.aaende.org.ar/sitio/biblioteca/material/CONFCHILE.pdf>