

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**UNIDAD DE POSGRADO**

**Programa de control del mantenimiento proactivo y  
correctivo en equipos mecánicos del transporte de  
hidrocarburos en el Ecuador**

**TESIS**

Para optar el Grado Académico de Doctor en Ingeniería Industrial

**AUTOR**

**Ronal Elicio MOSCOSO JACOME**

Lima – Perú

2017

## **AGRADECIMIENTO**

Mi entera gratitud a esta prestigiosa institución y especialmente para la Facultad de Ingeniería Industrial y a la Escuela de Doctorado en Ingeniería Industrial, para los distinguidos profesores que con sus sabias enseñanzas compartidas han hecho de mí y de mis compañeros personas útiles para nuestra sociedad, dándonos las herramientas necesarias para colaborar con nuestro trabajo al desarrollo tecnológico, investigativo y productivo.

## **DEDICATORIA**

Al culminar esta etapa estudiantil, dedico todo el esfuerzo realizado a mi Esposa, hijas (Coylent y Megan), a mis queridos padres y hermanos que con su apoyo constante e incondicional no hubiese logrado alcanzar mi meta.

Y en memoria del que inspiro la creación de este programa el DR ELMER JAVIER CORDOVA ZAPATA quien falleció el 21 de octubre del 2016

A ustedes que me inculcaron el deber y la responsabilidad que uno debe tener como esposo, padre, hijo, alumno y como profesional para ustedes todo mi esfuerzo pasado y futuro.

## RESUMEN

La investigación realizada se justifica en la aplicación de un nuevo programa de gestión de mantenimiento de equipos mecánicos, para optimizar las operaciones de transporte de hidrocarburos por poliductos, con esto se da una nueva perspectiva para ver las situaciones de mantenimiento. El objetivo que se persigue es diseñar un programa de mantenimiento proactivo para disminuir el mantenimiento correctivo de los equipos mecánicos de transporte de hidrocarburos en Ecuador. Los métodos científicos utilizados, entre los que se encuentran tipo Aplicado y correlacional, la observación y la consulta a expertos permitieron la interpretación de los datos y la implementación en la práctica. Entre los resultados esenciales que aporta el trabajo se distingue: el diagnóstico y la reparación de los daños presentados en los Poliducto, y otros equipos mecánicos lo cual reducirá el mantenimiento correctivo en el transporte de hidrocarburos; este programa puede ser aplicado a diversas empresas, a la vez se considera los escenarios o campos de acción donde se ubican la organización y desenvuelve la tarea decisora, también se intenta encaminar hacia una misma dirección los criterios de actividades de los tipos de mantenimientos, con este programa se va a procurar mejorar la operación reduciendo los mantenimientos correctivos del transporte de hidrocarburos y optimizar los de recursos.

Palabras clave: mantenimiento proactivo, mantenimiento predictivo, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y programa.

## Summary

The research carried out is justified in the application of a new management program for the maintenance of mechanical equipment to optimize hydrocarbon transport operations by pipelines, giving a new perspective to view the maintenance situations. The objective is to design a proactive maintenance program to reduce the corrective maintenance of mechanical hydrocarbon transport equipment in Ecuador. The scientific methods used, including Applied and correlational type, observation and consultation of experts allowed the interpretation of data and implementation in practice. Among the essential results of the work is the diagnosis and repair of the damages presented in the Polyduct, and other mechanical equipment which will reduce corrective maintenance in the transport of hydrocarbons; This program can be applied to various companies, At the same time, it is considered the scenarios or fields of action where the organization is located. and the decision-making process is carried out. It is also tried to move towards the same direction the criteria for activities of the types of maintenance. With this program, Reducing the corrective maintenance of the transport of hydrocarbons and optimizing the resources.

Keywords: proactive maintenance, predictive maintenance, preventive maintenance, corrective maintenance and program.

## INDICE GENERAL

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>10</b>
1.1.	Situación problemática .....	10
1.2.	Formulación del problema .....	11
1.2.1.	Problema general.....	11
1.2.2.	Problemas específicos .....	11
1.3.	Justificación de la investigación.....	12
1.4.	Objetivos de la investigación .....	12
1.4.1.	Objetivo general .....	12
1.4.2.	Objetivos específicos .....	12
1.5.	Estructura de la investigación.....	12
<b>II.</b>	<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
2.1.	Marco filosófico y epistemológico del mantenimiento.....	15
2.1.1.	Tipos de mantenimiento.....	19
2.1.2.	Evolución del mantenimiento .....	21
2.1.3.	Nuevas expectativas de mantenimiento.....	22
2.1.4.	Nuevas Investigaciones de mantenimiento.....	23
2.1.5.	Nuevas técnicas de mantenimiento .....	23
2.1.6.	El mantenimiento predictivo .....	24
2.1.7.	Mantenimiento Correctivo.....	76
2.1.8.	Mantenimiento proactivo.....	79
2.2.	Antecedentes del Programa de gestión de mantenimiento en las operaciones de Transporte de hidrocarburos.....	86
2.3.	Bases teóricas del mantenimiento y la operación de transporte de hidrocarburos.....	89
2.3.1.	Bases prácticas sobre la operación y mantenimiento del transporte de hidrocarburos .....	92
2.3.2.	Operación y mantenimiento del transporte de hidrocarburos	94
2.3.3.	Fallas de operación por mantenimiento de equipos en el transporte de hidrocarburos. ....	94
2.3.4.	Tipos de programa de gestión de mantenimiento aplicados en la operación y mantenimiento del transporte de hidrocarburos. ....	96

2.3.5.	Sistema de control y supervisión del mantenimiento proactivo y mantenimiento correctivo.....	98
2.4.	Glosario de términos .....	99
2.5.	Hipótesis y Variables .....	103
2.5.1.	Hipótesis general .....	103
2.5.2.	Hipótesis específicas .....	103
2.6.	Identificación de las variables.....	104
2.7.	Matriz de consistencia .....	104
<b>III.</b>	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>107</b>
3.1.	Tipo y Diseño de Investigación.....	107
3.2.	Unidad de análisis .....	107
3.3.	Población de muestra.....	107
3.4.	Técnicas de recolección de Datos.....	108
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>109</b>
4.1.	Análisis de las escalas de medición de mantenimiento correctivo y proactivo (preventivo y predictivo) .....	109
4.2.	Evaluación del mantenimiento correctivo .....	110
4.3.	Contrastación de las hipótesis.....	113
4.4.	Implementación del Sistema de Mantenimiento Predictivo mediante diagnóstico vibracional para los motores y bombas de EP PETROECUADOR .....	120
4.4.1.	Descripción del Equipo .....	120
4.4.2.	Principio de Funcionamiento del Detector II.....	121
4.4.3.	Conexión del Detector II al Software TRENDLINE 2 .....	123
4.4.4.	Modo de Inspección con TRENDLINE.....	124
4.4.5.	Niveles de Vibración .....	125
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>127</b>
5.1.	Conclusiones .....	127
5.2.	Recomendaciones.....	128
<b>VI.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>130</b>
<b>VII.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>136</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estructura de la tesis.....	14
<b>Figura 2.</b> Movimiento Armónico Simple.....	30
<b>Figura 3.</b> Función Armónica. ....	31
<b>Figura 4.</b> Vibración. ....	32
<b>Figura 5.</b> Sistema Vibratorio masa – Resorte.....	33
<b>Figura 6.</b> Vibración Amortiguada.....	34
<b>Figura 7.</b> Transductor de Proximidad. ....	36
<b>Figura 8.</b> Transductor de Velocidad. ....	38
<b>Figura 9.</b> Acelerómetro.....	40
<b>Figura 10.</b> Tipos de desbalanceo.....	42
<b>Figura 11.</b> Tipos de desalineamiento .....	43
<b>Figura 12.</b> Excentricidades.....	44
<b>Figura 13.</b> Planos de medición.....	52
<b>Figura 14.</b> Armónicos.....	62
<b>Figura 15.</b> Espectro característico de Desbalanceo.....	64
<b>Figura 16.</b> Espectro característico de desalineamiento.....	64
<b>Figura 17.</b> Espectro característico de fallas en rodamientos.....	66
<b>Figura 18.</b> Espectro característico de holgura mecánica. ....	67
<b>Figura 19.</b> Espectro característico de defectos en bandas. ....	68
<b>Figura 20.</b> Espectro característico de defectos en engranajes.....	69
<b>Figura 21.</b> Espectro característico de defectos en motores eléctricos. ....	70
<b>Figura 22.</b> Espectro característico de defectos en chumaceras.....	71
<b>Figura 23.</b> Adquisición de datos, diagnóstico e indicadores.....	98
<b>Figura 24.</b> Esquema de investigación sobre el mantenimiento de máquinas. .....	99
<b>Figura 25.</b> Cajas del Número de Mantenimientos Correctivos según la presencia de los Mantenimientos proactivos - año 2016. ....	117
<b>Figura 26.</b> Equipo de medición – Detector II .....	121
<b>Figura 27.</b> La conexión del Detector al PC.....	123
<b>Figura 28.</b> Base de Datos creada en el TRENDLINE.....	124



## Índice de Cuadros

<b>Cuadro 1.</b> Valores admisibles de las vibraciones.....	58
<b>Cuadro 2.</b> Características de los defectos eléctricos .....	70
<b>Cuadro 3.</b> Características Generales de los Poliductos de Petroecuador...	90
<b>Cuadro 4.</b> Sistema de Transporte de Combustibles por Poliductos .....	90
<b>Cuadro 5.</b> Características Técnicas del Sistema de Poliductos de Petroecuador .....	91
<b>Cuadro 6.</b> Matriz de Consistencia .....	105
<b>Cuadro 7.</b> Pruebas de normalidad .....	110
<b>Cuadro 8.</b> Estadísticos descriptivos de los mantenimientos correctivos sin presencia de las medidas proactivas .....	111
<b>Cuadro 9.</b> Estadísticos descriptivos de los mantenimientos correctivos con presencia de las medidas proactivas .....	111
<b>Cuadro 10.</b> Análisis de la relación entre las variables con el coeficiente Rho de Spearman .....	112
<b>Cuadro 11.</b> Estadísticos descriptivos de las medidas correctivas sin presencia de las medidas proactivas .....	113
<b>Cuadro 12.</b> Estadísticos descriptivos de las medidas correctivas con presencia de las medidas proactivas .....	114
<b>Cuadro 13.</b> Pruebas de normalidad .....	115
<b>Cuadro 14.</b> Análisis de la relación entre las variables con el coeficiente Rho de Spearman .....	115
<b>Cuadro 15.</b> Estadístico de contraste hipótesis general .....	116
<b>Cuadro 16.</b> Rangos de la hipótesis general .....	117
<b>Cuadro 17.</b> Estadístico de contraste hipótesis específica 1 .....	118
<b>Cuadro 18.</b> Rangos de la hipótesis específica 1 .....	118
<b>Cuadro 19.</b> Estadístico de contraste hipótesis específica 2 .....	119
<b>Cuadro 20.</b> Rangos de la hipótesis específica 2 .....	119
<b>Cuadro 21.</b> Valores característicos del detector II.....	125
<b>Cuadro 22.</b> Niveles de vibración del detector II.....	126

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Situación problemática**

Se han aplicado una serie de tipos de mantenimientos tales como mantenimiento basado en la confiabilidad, mantenimiento predictivo, mantenimiento preventivo; además se contaba con programa de mantenimiento que daba problemas con la gestión del mantenimiento que no han disminuido el mantenimiento correctivo y por tal motivo no se han reducido las paradas de operación.

Se han implantado programa que recogen las medidas necesarias, así como los objetivos y metas para lograr una mejora en la operación de transporte de hidrocarburos en el Ecuador las cuales no han dado los resultados esperados.

El análisis de las investigaciones que se han realizado ha determinado una serie de programa de gestión de mantenimiento que tratan de mejorar la operatividad del transporte de hidrocarburos a niveles óptimos para que no existan paradas de operación por mantenimientos correctivos.

En el año 2015 han existido 91 mantenimientos correctivos en diferentes equipos mecánicos, esto han conllevado a una pérdida de recursos tanto económicos como de abastecimiento de combustibles en el Ecuador.

Estos mantenimientos correctivos generan paralizaciones del bombeo desde las otras estaciones inclusive desde Esmeraldas que es la cabecera del poliducto.

El cual se refleja en el abastecimiento de combustible del país, si en la actualidad el poliducto llegara obtener un colapso de su operación por fallas prolongadas de mantenimiento existiría desabastecimiento de combustible el cual genera un caos social y político ya que al ser un país petrolero no se

puede permitir que falte combustibles para las fábricas y automóviles que son nuestros principales clientes.

Los mantenimientos correctivos más comunes suceden en los motores de combustión interna (fallas en las membranas de los gobernadores, paso de aire por las válvulas de arranque, baja presión del motor, alta temperatura, vibración en los cojinetes, baja presión de combustible, paso de agua por las culatas, falla de inyectores, cambios bruscos de productos), y en las válvulas en su apertura y cierre.

En este contexto, se propone un PROGRAMA DE CONTROL DEL MANTENIMIENTO PROACTIVO Y CORRECTIVO EN EQUIPOS MECÁNICOS DEL TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS EN EL ECUADOR

## **1.2. Formulación del problema**

Por lo anteriormente fundamentado se plantea el problema bajo la siguiente interrogante:

### ***1.2.1. Problema general***

¿En qué medida un programa de mantenimiento proactivo de equipos mecánicos permite disminuir el mantenimiento correctivo del transporte de hidrocarburos en el Ecuador?

### ***1.2.2. Problemas específicos***

1. ¿Cómo determinar la relación entre el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo?
2. ¿Cómo determinar la relación entre el mantenimiento predictivo y el mantenimiento correctivo?

### **1.3. Justificación de la investigación**

El presente trabajo de investigación se justifica en la aplicación de un nuevo programa de gestión de mantenimiento de equipos mecánicos para optimizar las operaciones de transporte de hidrocarburos por poliductos, con esto se da una nueva perspectiva para ver las situaciones de mantenimiento, este programa puede ser aplicado a diversas EMPRESAS, a la vez se considera los escenarios o campos de acción donde se ubican la organización y desenvuelve la tarea decisora, también se intenta encaminar hacia una misma dirección los criterios de actividades de los tipos de mantenimientos, con este programa se va a procurar mejorar la operación reduciendo los mantenimientos correctivos del transporte de hidrocarburos y optimizar los de recursos.

### **1.4. Objetivos de la investigación**

#### ***1.4.1. Objetivo general***

Determinar la relación entre el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo de los Equipos mecánicos de transporte de hidrocarburos en el Ecuador, mediante una plataforma de supervisión de mantenimiento.

#### ***1.4.2. Objetivos específicos***

- Determinar la relación entre mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.
- Determinar la relación entre mantenimiento predictivo y mantenimiento correctivo

### **1.5. Estructura de la investigación**

La tesis está organizada en cinco capítulos que a continuación se describen:

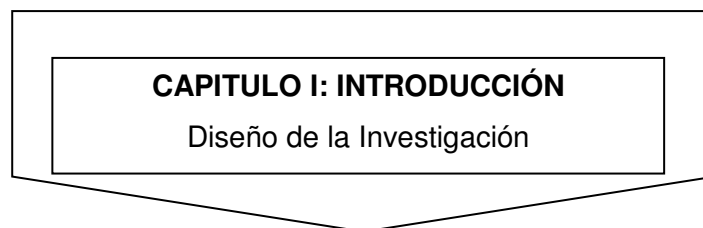
En el Capítulo 1, se incluye una introducción, donde se enfatizan aspectos relacionados con la situación problemática, la formulación del problema de investigación, la justificación y los objetivos.

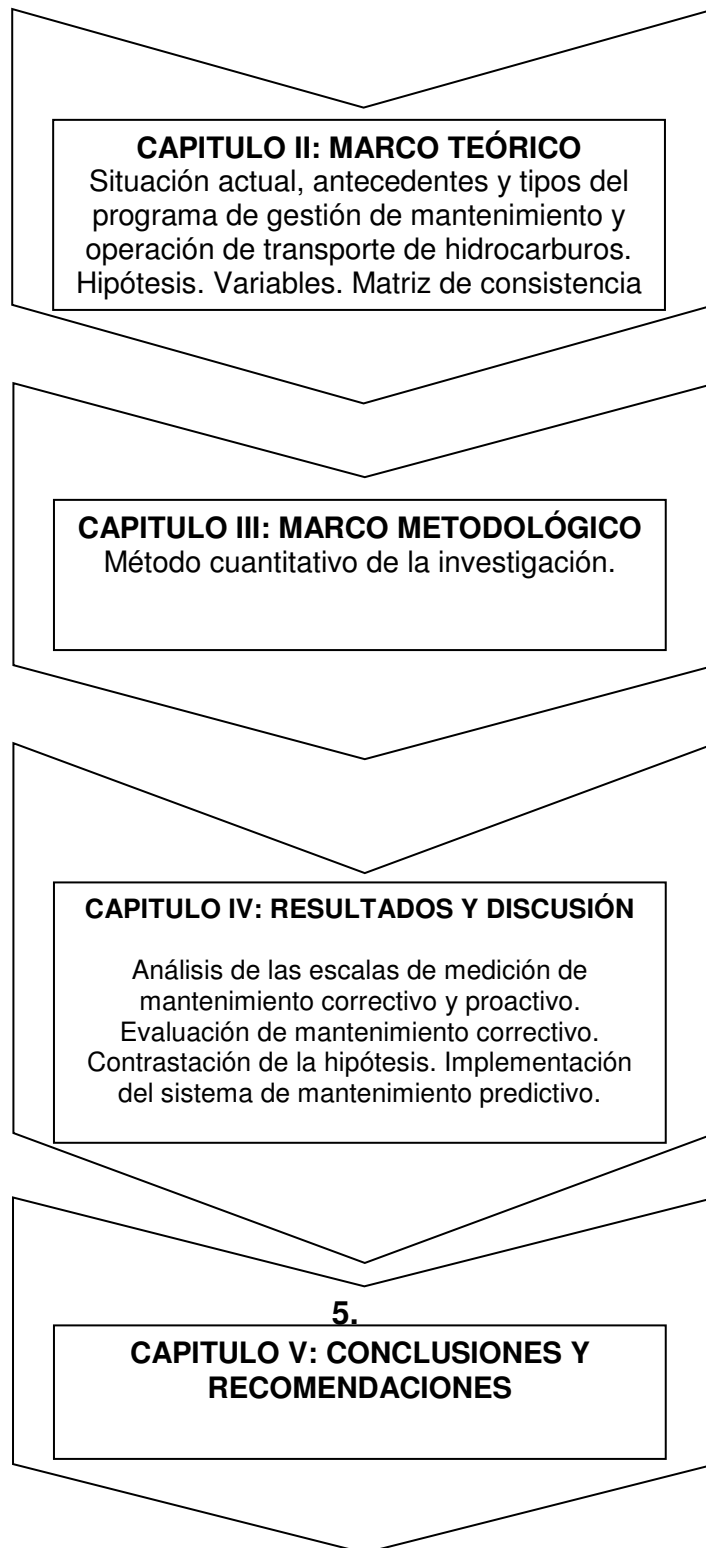
En el Capítulo 2, se aborda el marco teórico dentro del cual se presentan la situación actual del programa de gestión de mantenimiento en las operaciones de transporte de hidrocarburos, operación de transporte de hidrocarburos, glosario de términos, la hipótesis y variables y matriz de consistencia.

En el Capítulo 3, se describe el marco metodológico, los cuales permiten definir las variables y sus indicadores necesarios para la contrastación de las hipótesis.

En el Capítulo 4, se describen los resultados de la investigación. Comprende la implementación del sistema de mantenimiento predictivo mediante diagnóstico vibracional para los motores y bombas de EP PETROECUADOR, el diseño de un programa de mantenimiento para reducir los mantenimientos correctivos en el transporte de hidrocarburos, estructura del diseño del programa, la aplicación y resultados del software identificado, tiempos de paradas por mantenimiento correctivo sin o con programa y la comparación de los resultados.

En el Capítulo 5, se presentan las conclusiones y recomendaciones.





**Figura 1.** Estructura de la tesis.

**Fuente:** Elaboración propia

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Marco filosófico y epistemológico del mantenimiento

Husserl (Alemania, 1859-1938). El método fenomenológico influyó notablemente en autores interesados en la llamada “filosofía de la existencia” u ontología fenomenológica como Martin Heidegger (Alemania, 1889-1976), Jean-Paul Sartre (Francia, 1905-1980), quien hubo de subtítular “El ser y la nada”, su obra filosófica más emblemática, de la siguiente manera: “Ensayo de ontología fenomenológica” la filosofía de cómo realizar métodos para la elaboración de la teoría del proactivismo, y Maurice Merleau-Ponty (Francia, 1908-1961). La fenomenología husserliana también influyó en la filosofía de Ortega y Gasset (España, 1883-1955), en tanto que éste consideraba la necesidad de “salvarnos en las cosas mismas” y entendía que la coexistencia y/o mundo tenía el orden siguiente: yo soy con las cosas, en medio de ellas, frente a ellas, porque las cosas nos afectan, porque vivir es estar en el mundo y las cosas son para mí, es decir, para una conciencia, porque pienso las cosas.

El término de “filosofía de la existencia” ha de ser reservado para el campo particular de la filosofía sin ser por ello un terreno homogéneo ni en sus tesis ni en sus argumentos; en este campo cabe mencionar a figuras tan importantes en la historia de la filosofía como Martín Heidegger (Alemania, 1889-1976). Según esta corriente filosófica del método fenomenológico, existencialismo y coexistencia afectan nuestra forma de vivir; en tal sentido, el estudio busca formular una propuesta para entender el fenómeno del mantenimiento de equipos y cómo se puede reducir el número de mantenimientos correctivos en beneficio de la empresa.

El estructuralismo se impuso a mediados de los años sesenta del siglo XX en diversos campos del saber: desde la lingüística (Ferdinand de Saussure, Suiza 1857-1913), pasando por la antropología (Claude Levi-Strauss,

Francia 1908-2009) y la psicología (Jacques Lacan -Francia, 1901-1981), hasta llegar a la filosofía y la historia (Louis Althusser -Francia, 1918-1990- y Michel Foucault -Francia, 1926-1984). Es decir que mediante la corriente del estructuralismo en la tesis doctoral se busca demostrar a través de la estadística, cómo se relaciona las variables, mantenimiento predictivo, mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo.

Bunge (2007) sostiene que “una tecnología puede ser eficaz pero no eficiente, o sea que puede funcionar, pero sólo a un costo elevado”. El autor con esta frase trata de explicar que la tecnología por sí misma no resuelve los problemas, pues la tecnología (habilidades duras) deben ser complementadas con las habilidades blandas (cultura organizacional, procedimientos operativos), sin los cuáles la tecnología no funcionaría, es decir la reducción de los mantenimientos correctivos es una combinación de habilidades blandas y duras y que darán como resultado la disminución de los mantenimientos correctivos y mejores resultados económicos a favor de una organización, en la tesis se buscará llegar a lo que sostiene Bunge.

Adicionalmente Bunge (2007) sostiene que el método hipotético – deductivo se aplica de forma común a empiristas (inductivistas) y a racionalistas (deductivistas); sin embargo también afirma que las teorías no implican únicamente observaciones pues es necesario relacionar los conceptos con los indicadores observables pertinentes de los elementos inobservables a los que la teoría se refiere; es decir, debe existir coherencia entre lo indicado (concepto) y lo observado (indicador). En tal sentido en el trabajo de investigación se busca formular un programa de control del mantenimiento que muestre la relación del mantenimiento preventivo, correctivo y la mejora en los resultados empresariales.

Desde el principio de la humanidad, hasta finales del siglo XVII, las funciones de preservación y mantenimiento no tuvieron un gran desarrollo debido a la menor importancia que tenía la máquina con respecto a la mano de obra, ya que hasta 1880 el 90% del trabajo lo realizaba el hombre y la



máquina solo hacía el 10%. La conservación que se proporcionaba a los recursos de las empresas era solo mantenimiento correctivo (las máquinas solo se reparaban en caso de paro o falla importante).

Con la 1ª guerra mundial, en 1914, las máquinas trabajaron a toda su capacidad y sin interrupciones, por este motivo la máquina tuvo cada vez mayor importancia. Así nació el concepto de mantenimiento preventivo que a pesar de ser oneroso (caro), era necesario.

A partir de 1950 gracias a los estudios de fiabilidad se determinó que a una máquina en servicio siempre la integraban 2 factores: la máquina y el servicio que esta proporciona. De aquí surge la idea de preservar, o sea, cuidar que este dentro de los parámetros de calidad deseada. De esto se desprende el siguiente principio: “el servicio se mantiene y el recurso se preserva”

Por esto se hicieron estudios cada vez más profundos sobre fiabilidad y mantenibilidad. Así nació la “ingeniería de conservación” (preservación y mantenimiento). El año de 1950 es la fecha en que se toma a la máquina como un medio para conseguir un fin, que es el servicio que esta proporciona.

En 1970 el japonés Seichi Nakajima desarrolla el sistema TPM (Mantenimiento productivo Total), el cual destaca la importancia que tiene involucrar al personal de producción y al de mantenimiento en labores de mantenimiento productivo (PM) ya que esto arroja buenos resultados.

En la actualidad las máquinas realizan el 90% del trabajo y el hombre solo realiza el 10% restante.

“Bajo el enfoque moderno, el personal de conservación tiene la necesidad de poseer profundos y especializados conocimientos y no solo debe dominar su

técnica sino también la administración de esta, ya que con el tiempo puede llegar a dirigir esta función desde alto niveles empresariales.”

Los seres humanos somos de condición gregaria, lo cual nos impulsa a buscar la aprobación de nuestros pensamientos y actos ante nuestros semejantes. Todos tenemos necesidades físicas o psíquicas que debemos satisfacer para lograr nuestra permanencia en el mundo.

Debido a que todavía no existe un concepto claro de lo que es la conservación industrial, y que existe confusión con las diferencias entre conservación, preservación y mantenimiento, se presentan las siguientes situaciones:

Perdida de esfuerzos a nivel mundial (simposios, congresos, seminarios, mesas redondas, conferencias, cursos, etc.) ya que no existe una filosofía del mantenimiento industrial.

Fricciones frecuentes en las empresas entre el personal de producción y de mantenimiento ya que posiblemente ninguno de los 2 piensa en el cliente interno (operario de la máquina) y el externo (el que recibe el producto final).

La Organización de las Naciones Unidas para el desarrollo Industrial (ONUDI) desde 1969 han desarrollado un programa para ayudar a los países en vías de desarrollo, que consiste en el intercambio de conocimientos y prácticas de la ingeniería de mantenimiento por medio de diversas actividades, con un único inconveniente, la falta de un vocabulario común que obstaculiza el intercambio de experiencias. Este es, por lo tanto, el primer problema a resolver.

Otro punto importante que ha sido detectado por la ONUDI es que se debe poner especial empeño en mejorar las actividades de administración del mantenimiento y en fomentar un espíritu consciente de la necesidad de este en todos los niveles.

En la industria y la ingeniería, el concepto de mantenimiento tiene los siguientes significados:

“Cualquier actividad como comprobaciones, mediciones, reemplazos, ajustes y reparaciones necesarias para mantener o reparar una unidad funcional de forma que esta pueda cumplir sus funciones”. (Enciclopedia Culturalia, 2013)

Para materiales: Mantenimiento

“Todas aquellas acciones llevadas a cabo para mantener los materiales en una condición adecuada o los procesos para lograr esta condición. Incluyen acciones de inspección, comprobaciones, clasificación, reparación, etc”. (Asociación Española para la Calidad, 2016)

Es la actividad humana que conserva la calidad del servicio que prestan las máquinas, instalaciones y edificios en condiciones seguras, eficientes y económicas, puede ser correctivo si las actividades son necesarias debido a que dicha calidad del servicio ya se perdió y preventivo si las actividades se ejecutan para evitar que disminuya la calidad de servicio. (NEWBROUGH, 2010)

Rutinas recurrentes necesarias para mantener unas instalaciones (planta, edificio, propiedades inmobiliarias, etc.) en las condiciones adecuadas para permitir su uso de forma eficiente, tal como está designado.

### ***2.1.1. Tipos de mantenimiento***

En las operaciones de mantenimiento se puede diferenciar las siguientes definiciones:

- a. Mantenimiento de conservación: es el destinado a compensar el deterioro sufrido por el uso, los agentes meteorológicos u otras causas. En el mantenimiento de conservación pueden diferenciarse:

- Mantenimiento correctivo: que corrige los defectos o averías observados. Mantenimiento correctivo inmediato: es el que se realiza inmediatamente de percibir la avería y defecto, con los medios disponibles, destinados a ese fin.
  - Mantenimiento correctivo diferido: al producirse la avería o defecto, se produce un paro de la instalación o equipamiento de que se trate, para posteriormente afrontar la reparación, solicitándose los medios para ese fin. (Universidad de la Guajira, 2015)
- b. Mantenimiento preventivo: como el destinado a garantizar la fiabilidad de equipos en funcionamiento antes de que pueda producirse un accidente o avería por deterioro.
- En el mantenimiento preventivo podemos ver:
- Mantenimiento programado: como el que se realiza por programa de revisiones, por tiempo de funcionamiento, kilometraje, etc.
  - Mantenimiento predictivo: que realiza las intervenciones prediciendo el momento que el equipo queda fuera de servicio mediante un seguimiento de su funcionamiento determinando su evolución, y por tanto el momento en el que las reparaciones deben efectuarse.
  - Mantenimiento de oportunidad: que es el que aprovecha las paradas o periodos de no uso de los equipos para realizar las operaciones de mantenimiento, realizando las revisiones o reparaciones necesarias para garantizar el buen funcionamiento de los equipos en el nuevo periodo de utilización. (URUEN, 2015)
- c. Mantenimiento de actualización: cuyo propósito es compensar la obsolescencia tecnológica, o las nuevas exigencias, que en el momento de construcción no existían o no fueron tomadas en cuenta pero que en la actualidad si tienen que serlo. (MOROCHO, 2010)

### **2.1.2. Evolución del mantenimiento**

Históricamente, el mantenimiento ha evolucionado a través de tres generaciones, ha seguido una serie de etapas cronológicas que se han caracterizado por una metodología específica. Es conveniente destacar; que el alcanzar una etapa más avanzada no significa necesariamente que se abandonen por completo las metodologías anteriores, aun perdiendo peso, siguen complementando a las más actuales. (ROSALES, 2016)

**a. La Primera Generación de mantenimiento.** La primera generación cubre el período hasta la II Guerra Mundial. En esos días la industria no estaba muy mecanizada, por lo que los períodos de paradas no importaban mucho. La maquinaria era sencilla y en la mayoría de los casos diseñada para un propósito determinado. Esto hacía que fuera confiable y fácil de reparar. Como resultado, no se necesitaban sistemas de mantenimiento complicados y la necesidad de personal cualificado era menor que ahora. (ROSALES, 2016)

**b. La Segunda Generación de mantenimiento.** Durante la Segunda Guerra Mundial las cosas cambiaron drásticamente. Los tiempos de la Guerra aumentaron la necesidad de productos de toda clase mientras que la mano de obra industrial bajó considerablemente. Esto llevó a la necesidad de un aumento de mecanización. Hacia el año 1950 se habían construido equipos de todo tipo y cada vez más complejos. Las empresas habían comenzado a depender de ellos. (ROSALES, 2016)

Al aumentar esta dependencia, el tiempo improductivo de una instalación se hizo más evidente. Esto llevó a la idea de que las fallas se podían y debían prevenir, lo que dio como resultado el nacimiento del concepto del mantenimiento preventivo. En el año 1960 esto se basaba primordialmente en la revisión completa de los equipos a intervalos fijos.

El costo del mantenimiento comenzó también a elevarse mucho con relación a los otros costos de funcionamiento. Como resultado se comenzaron a implantar sistemas de control y planeación del mantenimiento. Estos han ayudado a poner el mantenimiento bajo control, y se han establecido ahora como parte de la práctica del mismo.

- c. La Tercera Generación de mantenimiento.** Desde mediados de los años setenta, la contribución de la industria aérea y una nueva concepción de los equipos han llevado a que el proceso de cambio en las empresas se dé a velocidades más altas. Los cambios pueden clasificarse bajo los títulos de: Nuevas expectativas, nuevas investigaciones y nuevas técnicas. (ROSALES, 2016)

### ***2.1.3. Nuevas expectativas de mantenimiento***

El crecimiento continuo de la mecanización significa que los períodos improductivos tienen un efecto más importante en la producción, costo total y servicio al cliente.

Esto se hace más claro con el movimiento mundial hacia los sistemas de producción justo a tiempo, en el que los reducidos niveles de inventario en curso hacen que pequeñas averías puedan causar el paro de toda una planta. Esta consideración está creando fuertes demandas en la función del mantenimiento.

Una automatización más extensa significa una relación más estrecha entre la condición de los equipos y la calidad del producto. Al mismo tiempo, se están elevando continuamente los estándares de calidad. Esto crea mayores demandas en la función del mantenimiento (MOROCHO, 2010)

Otra característica en el aumento de la mecanización es que cada vez son más serias las consecuencias de las fallas de una instalación para la seguridad y/o el medio ambiente. Al mismo tiempo los estándares en estos

dos campos también están mejorando en respuesta a un mayor interés del personal directivo, los sindicatos, los medios de información y el gobierno.

Finalmente, el costo del mantenimiento todavía está en aumento, en términos absolutos y en proporción a los gastos totales. En algunas empresas, es el segundo gasto operativo de costo más alto y en algunos casos incluso el primero. Como resultado de esto, en solo treinta años lo que antes no suponía casi ningún gasto se ha convertido en la prioridad de control de costo más importante.

#### ***2.1.4. Nuevas Investigaciones de mantenimiento***

Mucho más allá de las mejores expectativas, la nueva investigación está cambiando las creencias más básicas acerca del mantenimiento. En particular, se hace aparente ahora que hay una menor conexión entre el tiempo que lleva un equipo funcionando y sus posibilidades de falla.

La visión acerca de las fallas en un principio se entendía que cuando los elementos físicos envejecen tienen más probabilidades de fallar, mientras que un conocimiento creciente acerca del desgaste por el uso durante la Segunda Generación llevó a la creencia general en la “curva de la bañera”. Sin embargo, la investigación hecha por la Tercera Generación ha revelado que en la práctica actual no sólo ocurre un modelo de falla sino de diferentes maneras.

#### ***2.1.5. Nuevas técnicas de mantenimiento***

Se da un aumento intenso en los nuevos conceptos y técnicas del mantenimiento. Se cuentan decenas de ellos, y surgen más cada vez. Estos incluyen:

- Técnicas de monitoreo de condición
  - Sistemas expertos
  - Técnicas de gestión de riesgos

- Modos de fallas y análisis de los efectos
- Análisis de confiabilidad y mantenibilidad

El problema que enfrenta el personal del mantenimiento hoy en día no es sólo el aprender cuáles son esas nuevas técnicas, sino también el ser capaz de decidir cuáles son útiles y cuáles no lo son para sus propias compañías. Si se elige adecuadamente, es posible que se mejore en la práctica el mantenimiento y a la vez se contenga e incluso se reduzca el costo mismo. Si se elige mal, se crean más problemas que a la vez harán más graves los existentes.

### ***2.1.6. El mantenimiento predictivo***

El Mantenimiento Predictivo, según Álvarez (2004), es el conjunto de actividades programadas para detectar fallas de los equipos en base a ensayos de medición de manera que se toma acciones correctivas directas y necesarias para solucionar un problema que empieza a manifestarse, con los equipos en operación y sin perjuicio de la producción, usando aparatos de diagnóstico y pruebas no destructivas

La filosofía de este tipo de mantenimiento se basa en que normalmente las averías no aparecen de repente, tienen una EVOLUCIÓN. Un defecto con el tiempo puede causar una grave avería.

Lo más importante en una industria es que sus máquinas sean las más fiables, es por esto que el mantenimiento preventivo es en la actualidad la mejor técnica para el mantenimiento y no solo para esto si no para cualquier campo es por ejemplo tomar medidas preventivas es anticiparse a un a una posible erupción volcánica, sismo, tormentas, etc. Se está dando un aumento intenso en los nuevos conceptos y técnicas del mantenimiento.



El problema que enfrenta el personal del mantenimiento hoy en día no es sólo el aprender cuáles son esas nuevas técnicas, sino también el ser capaz de decidir cuáles son útiles y cuáles no lo son para sus propias compañías.

Si se elige adecuadamente, es posible que se mejore en la práctica el mantenimiento y a la vez se contenga e incluso se reduzca el costo mismo. Si se elige mal, se crean más problemas que a la vez harán más graves los existentes.

**a. Objetivos del mantenimiento predictivo.** El mantenimiento predictivo es la aplicación de la tecnología en el proceso de la detección temprana para verificar y detectar cambios de condiciones de la maquinaria y consecuentemente persigue los siguientes objetivos.

- Conocer la condición de la maquinaria de tal manera que se pueda determinar su operación de manera segura eficiente y con economía.
- Detectar las condiciones del equipo sin pérdida de tiempo reduciendo los paros del mantenimiento tradicional como el mantenimiento preventivo, abrir para inspeccionar.
- Monitorear y hacer el seguimiento al comportamiento y tendencia del equipo detectado con problemas, para que este siga trabajando sin riesgo para la operación, el equipo y el personal y llevarlo a una reparación planeada.
- Reducir los costos debido al uso máximo de los componentes que son diseñados para el desgaste y no a un cambio en una fecha determinada.
- Mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos.
- Detectar problemas en la maquinaria
- Evitar fallos catastróficos
- Pronóstico de utilidad. (LOPEZ, 2015)

**b. Métodos de diagnóstico.** Una parte fundamental para el desarrollo del Mantenimiento Predictivo es el empleo en forma consistente de los métodos de diagnósticos de máquinas, se pueden evitar daños severos y

elevados costos de reparación. Además, y aún más decisiva, la incidencia de roturas de máquinas puede ser reducida, y se puede minimizar las pérdidas de producción. El diagnóstico de máquinas, entendido como una herramienta de mantenimiento proporciona la información necesaria para:

- Evaluar el estado (condición actual) de la máquina,
- Reconocer los síntomas de un daño en progreso,
- Identificar la causa y los componentes dañados, y
- Pronosticar la vida útil en servicio remanente.

En forma general, existen varios métodos que están disponibles para el diagnóstico de máquinas, como son:

- Medida y Análisis de vibraciones
- Medida y Análisis de ruido
- Métodos de medida de Desplazamiento, expansión y Flujo

Con los métodos y mediciones modernos para el diagnóstico de máquinas, el estado actual de las máquinas puede ser medido, evaluado, y mejorado. La máquina controlada deberá operar sin inconvenientes hasta la próxima inspección programada. En el intervalo de operación entre inspecciones, las máquinas podrán:

- Funcionar sin ninguna medida precautoria adicional, o
- Ser vigiladas en su comportamiento.

Utilizando los métodos de diagnóstico de máquinas, midiendo los síntomas de falla, y evaluando los valores globales, se determinará sí:

- La máquina puede continuar en operación sin tomar acción alguna
- Debería tomarse alguna acción de mantenimiento, y en qué momento en el tiempo (pronóstico de la reserva de daños)

- Deberá ejecutarse un estudio analítico para definir las causas de un daño en progreso, o la máquina debe ser parada de inmediato para evitar un daño inminente.

Básicamente en estos métodos podemos escoger cuatro formas de evaluación:

- Evaluación por comparación de los valores medidos con valores límite recomendados por una Guía o Norma Técnica.
- Evaluación por comparación de los valores obtenidos con valores límite recomendados por el fabricante de la máquina.
- Evaluación en base a la experiencia ganada por el operador en esa misma máquina o en máquinas similares.
- Evaluación de la variación de los valores medidos a lo largo del tiempo
- La corrección de los fallos se realiza cuando ya este se ha detectado y puede causar una parada catastrófica para la producción.

**c. Ventajas y desventajas.** Entre las ventajas se tiene:

- Reduce los tiempos de parada.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- Alta en la confiabilidad
- Alta en la disponibilidad
- Prolonga la vida útil de los equipos
- Reducción del número de accidentes
- Disminuye el inventario de repuestos
- La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico.
- Conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.

- Toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Confección de formas internas de funcionamiento o compra de nuevos equipos.
- Permitir el conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizada por el mantenimiento correctivo.
- Facilita el análisis de las averías.
- Permite el análisis estadístico del sistema.

Algunas desventajas importantes:

- Costo de inversión en los equipos es alto
- Costo de inversión en el servicio es alto
- Ocupa personal especializado y exclusivo
- Gran cuidado y calibración de equipos.

**d. Técnicas de mantenimiento predictivo.** Algunas de las técnicas de trabajo en Mantenimiento Predictivo que permiten disponer de medidas efectivas para la monitorización de máquinas y equipos son:

- ***Análisis de las vibraciones mecánicas***. La tecnología más implantada y la más fácil de percibir es el análisis de vibraciones. Resulta de gran interés, puesto que la mayoría de máquinas están sometidas a algún tipo de vibración, y no resulta difícil, en general, establecer relación medible e interpretable raciones y algún aspecto del estado del equipo. (GARCIA, 2013)

El hecho más significativo y de interés para evaluar el estado de un equipo sometido a una o varias actividades que dan lugar a vibraciones, es que procesos mecánicos diferentes de una máquina relacionados con aspectos a controlar, por ejemplo, desbalanceo, desalineamiento, o fallos en rodamientos, producen energía a diferentes frecuencias. Si esas frecuencias diferentes son separadas una de otra con el análisis espectral, entonces se puede identificar el fallo y su desarrollo.

Existen varios parámetros que permiten diagnosticar el estado de funcionamiento de una máquina, tales como rayos x, rayos gamma, ultrasonido, emisión acústica, ferrografía, presión, temperatura, medición de ruidos, vibración, impulsos de choque, termografía, contaminación de los lubricantes, etc.

Sin embargo, existe un parámetro común en todas las máquinas y que se correlacionan claramente con la condición de una maquinaria, esta es la vibración.

En la práctica, la vibración ocurre por la transmisión normal de fuerzas cíclicas través de mecanismos. Los elementos mecánicos de la máquina reaccionan unos con otros y la energía es disipada a través de la estructura en forma de vibración. Un buen diseño producirá bajos niveles de vibración, conforme que la máquina se desgasta. Sin embargo, sin importar la ubicación, la deformación de los elementos de las máquinas provoca cambios en las propiedades dinámicas.

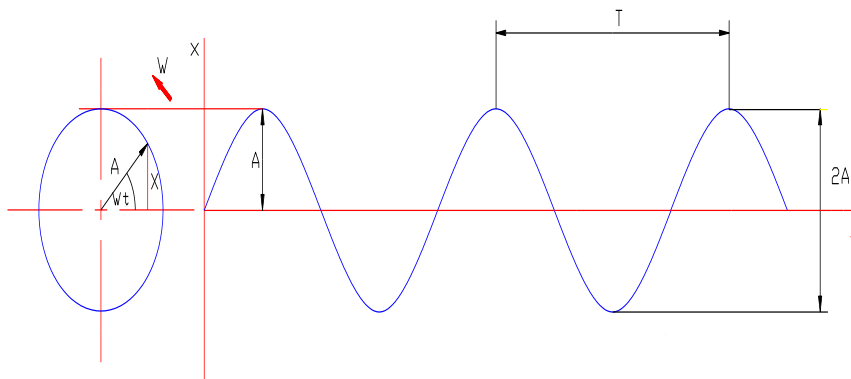
Los ejes empiezan a desalinearse, las partes empiezan a desgastarse, los rotores se desbalancean, etc. Todos estos factores incrementan la energía de vibración, pudiendo llegar hasta la resonancia.

En el pasado, los ingenieros de planta experimentados reconocían tocando o escuchando si una máquina está funcionando suavemente. En la actualidad, las máquinas trabajan a grandes velocidades, produciendo vibraciones a altas frecuencias; por lo que se necesita instrumentos para medirlas y compararlos con los estándares permisibles de vibración de las mismas, de tal manera que su control sea eficiente y confiable. Por eso, se ha desarrollado el método de mantenimiento predictivo tomando lecturas de niveles de vibración, basado en los siguientes puntos:

- Todas las máquinas vibran; debido a que en todas ellas existen partes móviles, las cuales generan fuerzas de inercia que se transmiten a sus alrededores.
- El aumento inusitado en el nivel de vibración implica que se están desarrollando internamente problemas mecánicos.
- Cada defecto mecánico produce una vibración característica, la cual puede ser identificada a través de un análisis de vibraciones.

Es de interés, analizar el Movimiento Armónico simple (MÁS) ya que es la base para el estudio de las Vibraciones periódicas.

- **Movimiento Armónico Simple.** El movimiento periódico más simple es el movimiento armónico simple (MÁS) graficado en la figura 2 y definido por la función armónica  $X = A \sin Wt$ .



**Figura 2.** Movimiento Armónico Simple.

**Fuente:** Elaboración propia

Donde:

$A$  = Amplitud de onda de medio pico (m, mils)

$W$  = Frecuencia circular o angular de oscilación (Rad./seg.)

$T = 2 \pi / W$  Periodo de oscilación (seg., min.)

$F = W/2 \pi$  Frecuencia de oscilación (cpm. Hz)

**Periodo (T).**- Es el tiempo requerido para que el sistema efectúe un ciclo completo, es decir cuando se demora un cuerpo en volver a su posición original con las condiciones iniciales, está expresado en minutos, segundos, etc.

**Frecuencia (F).**- Es el número de ciclos por unidad de tiempo medido en ciclos por minuto (cpm), ciclos por segundos (cps o Hz.) por tanto:

$$f = \frac{1}{T}$$

**Amplitud.**- Es el desplazamiento de la onda a partir de la referencia 0 medida como Pico-Pico o RMS.

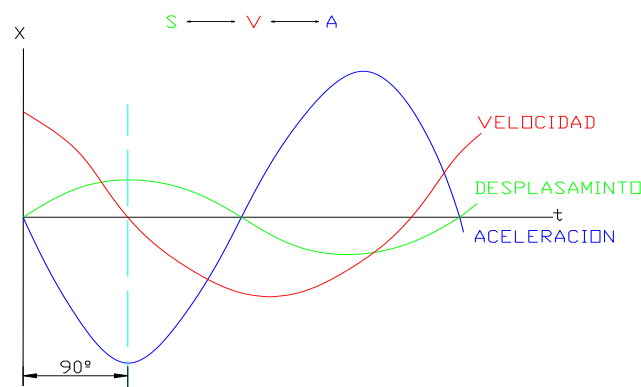
En la FUNCIÓN ARMÓNICA el valor promedio en un ciclo es cero, por eso se utiliza el valor eficaz o valor rms de la onda:

Valor pico (media onda) = Valor equivalente

Valor rms = Valor eficaz.

Valor rms = 0.707 Valor equivalente

En un movimiento armónico se puede definir, desplazamiento, velocidad, aceleración como se indica en la figura 3.



**Figura 3.** Función Armónica.

**Fuente:** Elaboración propia

Donde:

Desplazamiento  $X = A \cdot \text{Sen } W t$

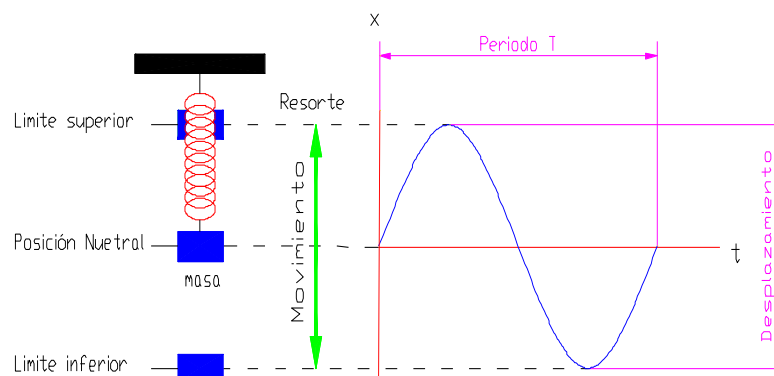
Velocidad	$V = A W \text{ Cos } W t$
Aceleración	$Ac = A W^2 \text{ Sen } W t$

El desplazamiento (X) se obtiene a partir del círculo trigonométrico en la que se considera un Angulo (Wt) como radio vector la amplitud (A) y como cateto opuesto (X), aplicando la función seno de esta forma se obtiene la amplitud de la onda. La velocidad constituye la Primera derivada del desplazamiento. La aceleración constituye la segunda derivada del desplazamiento o la primera derivada de la velocidad.

En la figura 3, se observa que cuando la masa de desplaza por el punto 0, la velocidad es máxima. Así mismo cuando el desplazamiento es máximo, la velocidad es 0. Esto ocurre para cualquier frecuencia. La aceleración tiene otra relación cuando el desplazamiento está en el punto máximo positivo la aceleración lo está en el máximo negativo. Cuando el desplazamiento pasa por 0, la aceleración también posee este valor.

Estos son los parámetros medibles en el movimiento armónico simple y que se aplican en las vibraciones ya que son periódicas y tienen sus mismas características.

- **Principios básicos de la Vibración**



**Figura 4.** Vibración.

**Fuente:** Elaboración propia



Es el movimiento oscilatorio de Vaivén de un cuerpo, a un lado y otro respecto a una posición de equilibrio. (SCHENCK, 1991).

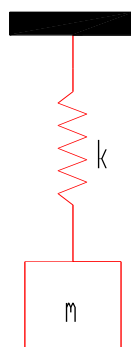
En la figura 4 se ve el conjunto masa resorte, actúa como el sistema vibratorio de una máquina en un ciclo de movimiento, la masa oscilante sube y baja, pasando por su posición de reposo. Observando la oscilación como una función del tiempo, la posición de un punto genera una onda senoidal.

El punto de inicio (Cuando la masa esta en reposo) es el punto 0. Un ciclo completo de la masa muestra un desplazamiento positivo y otro negativo respecto de la referencia 0.

- **Vibraciones en máquinas**

Para que una Vibración mecánica ocurra, se requiere por lo menos 2 elementos el elemento inercial (masa) y el elemento elástico (resorte). Durante la vibración ocurre un intercambio de energía entre estos elementos, se dice que “todo sistema que posea masa y elasticidad es capaz de oscilar o vibrar”.

El modelo vibratorio más simple es el que muestra en el figura 5, un sistema masa-resorte. La vibración puede ser de 2 tipos, libre o forzada.



**Figura 5.** Sistema Vibratorio masa – Resorte.

**Fuente:** Elaboración propia

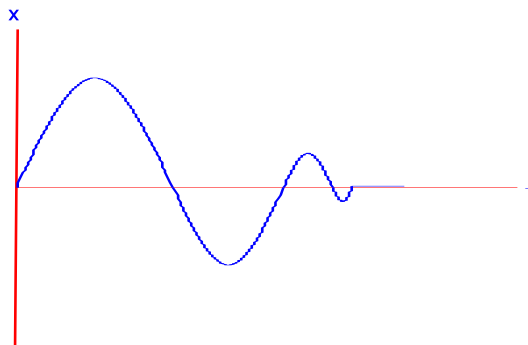
## - La Vibración Libre

Es aquella que se mantienen solamente con las fuerzas inherentes de sistema (su elasticidad e inercia), las fuerzas externas son nulas. Cuando esto ocurre la frecuencia de la vibración es la frecuencia natural que depende de la masa y elasticidad. Se produce vibración libre en una máquina como reacción a un golpe o efecto de golpe. La frecuencia natural es inherente a cada máquina, a cada sistema y de un valor dado por el diseño, construcción y montaje.

## - Vibraciones Amortiguadas.

Las consideraciones anteriores determinarían que la vibración libre es permanente, porque la función armónica no es decreciente en el tiempo, sin embargo ocurre que la vibración se va atenuando por el efecto llamado “amortiguamiento”.

Entonces el amortiguamiento cumple con un efecto de disipación de energía. Básicamente existen 3 tipos de amortiguadores: viscosos, de fricción e histeréticos. Por ejemplo tenemos el caucho, una madera que son elementos que retiran la energía de vibración nociva de un equipo. El efecto en vibración libre, es que la respuesta toma la forma de una senoide amortiguada, es decir la función armónica tiene un decrecimiento en el tiempo como se indica en la figura 6.



**Figura 6.** Vibración Amortiguada.

**Fuente:** Elaboración propia

## - La Vibración Forzada

Pueden ser de tipo periódico y no periódico, es excitada por fuerzas externas que se mantienen durante el movimiento. El cuerpo vibra a la frecuencia de la fuerza de excitación. Ocurre que, si la frecuencia de excitación es igual a la frecuencia natural, el sistema entra en resonancia (la vibración crece al infinito).

La vibración forzada en un sistema rotativo puede ser el desbalanceo, el desalineamiento, las fuerzas reactivas a los movimientos alternativos de pistones en motores de combustión, en compresores, etc.

### • **Clasificación y selección de Transductores (Sensores)**

#### - Transductores para sensar vibraciones

Un transductor de vibraciones es usualmente un dispositivo sensor que convierte una forma de energía (vibración mecánica) en otra forma de energía (energía eléctrica).

El método más primitivo para medir vibraciones es el tacto. Todavía se puede encontrar personal experimentado en una industria que, al tacto, hace una evaluación subjetiva de las vibraciones de una máquina y alerta cuando éstas “no se sienten bien”. Sin embargo, lo anterior no es una práctica recomendable en una industria moderna.

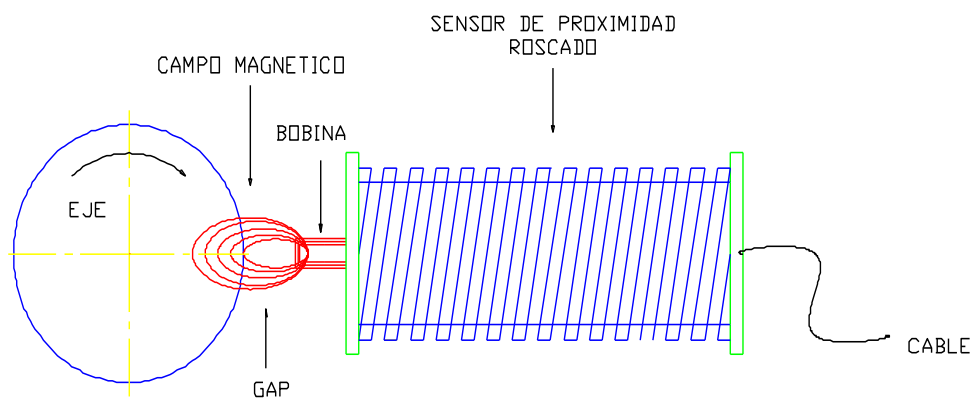
Lo normal es que la falla se haya desarrollado bastante antes de ser descubierta al simple tacto. Mientras más tarde se localice la falla menor será el tiempo disponible para planificar la parada de mantenimiento y mayores los costos de reparación. Por otro lado, se ha determinado que aún una persona muy experimentada sólo podrá hacer una interpretación fidedigna para vibraciones en un rango frecuencias entre 600 cpm y 7200 cpm.

La generación y transmisión de vibraciones a ser procesadas como señales eléctricas por el analizador de vibraciones requieren de transductores. Estos son de 3 tipos: de proximidad, de velocidad y de aceleración. El primero sensa directamente rotor los otros son de carcasa.

- Los transductores de proximidad

Los sensores de proximidad son también llamados sensores de no contacto. Consisten en una bobina alrededor de un núcleo ferroso que crea un campo magnético entre la punta del transductor y el eje, un cambio del espacio (gap) entre el transductor y el eje produce un cambio en el campo magnético por la generación de corrientes inducidas o parásitas de Eddy que modifican la señal proporcionalmente al desplazamiento del objeto medido. El eje debe ser electromagnético.

Este tipo de sensor, posee una bobina en la punta del transductor como en la figura 7. La fuente genera una señal AC de muy alta frecuencia (señal portadora). Esta señal hace que la bobina produzca un campo magnético en la punta del transductor.



**Figura 7.** Transductor de Proximidad.

**Fuente:** Elaboración propia

Cuando una superficie metálica (por ejemplo: un eje) se acerca o se aleja del transductor, el campo magnético se verá afectado y se producirá un cambio en la señal portadora. Este cambio instantáneo de la señal portadora es

detectado produciendo el instrumento una señal de salida que es proporcional a la amplitud de vibración.

Es comúnmente usado en cojinetes hidrodinámicos, de baja velocidad, la medición se realiza directamente sobre el eje. Requieren calibración y una fuente externa de energía para su funcionamiento. Tienen muy buena respuesta en baja frecuencia, de 0 a 400 Hz generalmente.

#### Ventajas

1. Son de tamaño pequeño.
2. De construcción robusta, no tienen partes móviles.
3. Respuesta a la frecuencia típica de 0 a 300000 rpm.

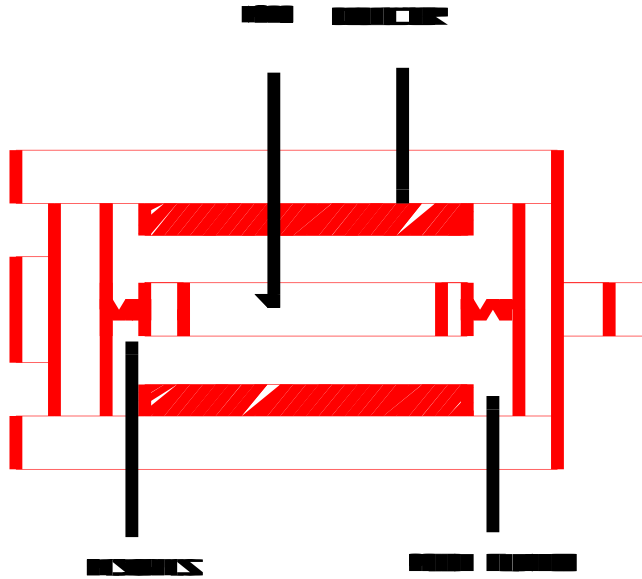
#### Desventajas

1. Es sensible a cambios en la superficie del eje. Puede requerirse de un bruñido superficial en la posición de los sensores.
2. Requiere fuente externa de poder.
3. Limitado a partes rotatorias con cojinetes de chapa. No se recomienda su uso en cojinetes de rodamiento.

#### - Transductores de Velocidad

Son también llamados sensores sísmicos. Está compuesto de una bobina cilíndrica y un imán permanente suspendido en resortes en la mitad en un medio fluido (figura 8).

Al colocarse el transductor en los soportes de rodamientos (chumaceras), la vibración transmitida produce oscilación en el magneto que induce una corriente eléctrica y diferencia de potencial en la bobina que es proporcional a la amplitud de vibración.



**Figura 8.** Transductor de Velocidad.

**Fuente:** Elaboración propia

Es de uso común, especialmente para mediciones en soportes de rodamientos (chumaceras), no requiere de fuente externa. Puede tener problemas de interferencia del campo magnético.

Su aplicación está especialmente en el rango de 2 Hz a 1 KHz., no es aplicable para altas frecuencias por su baja frecuencia natural. Sensores de velocidad. También llamados sensores sísmicos. La masa del sistema es una bobina soportada por resortes. Estos transductores son diseñados para medir vibraciones preferentemente a frecuencias mayores a la frecuencia natural del sistema masa- resorte., Un imán está firmemente unido a la carcasa a del sensor y provee un campo magnético alrededor de la bobina suspendida.

Cuando un conductor es movido a través de un campo magnético, o un campo magnético es movido a través de un conductor, se inducirá un voltaje en el conductor. La cantidad de voltaje generado dependerá de la rapidez (velocidad) con la cual el conductor es desplazado en el campo magnético.

Cuando la carcasa del sensor es adherida a la superficie vibrante el voltaje generado es directamente proporcional a la velocidad de la parte vibrante. De ahí que se denomina a este tipo de sensor como sensor de velocidad. La señal de este sensor es bastante fuerte y puede ser transmitida típicamente, sin amplificación, hasta 30 mts.

#### Ventajas

1. La velocidad es un excelente parámetro para determinar la condición mecánica de maquinaria.
2. Buena respuesta a bajas frecuencias. Inmejorable para procesos de equilibrio dinámico con registros tomados en carcasa.
3. Longitud del cable no es un factor crítico.

#### Desventajas

1. Comparativamente más pesados que otros transductores de vibración y también de mayor tamaño.
2. No es efectivo para sensor vibraciones de altas frecuencias.

#### - Acelerómetros

Un acelerómetro es un instrumento auto generativo que produce una señal de salida proporcional a la aceleración de la vibración. Consiste en un pedazo de cristal piezoeléctrico que se encuentra en contacto con una masa – figura 9 - Cuando se pone en contacto la armadura del sensor con el medio vibrante (chumaceras) la fuerza de excitación intenta deformar al cristal y este por sus propiedades piezoeléctricas genera una señal eléctrica como respuesta.



**Figura 9.** Acelerómetro.

**Fuente:** Elaboración propia

Son muy comunes, operan en una muy amplia gama de frecuencias, desde 0 hasta más de 400 KHz, son recomendables para maquinaria de alta velocidad y para detectar vibraciones de alta frecuencia en general.

#### Ventajas

1. Auto generativo
2. Amplia respuesta a la frecuencia
3. Es de tamaño pequeño y poco peso

#### Desventajas

1. No es confiable para mediciones a baja frecuencia.
2. Las mediciones no son fidedignas cuando el desplazamiento es calculado por doble integración.
3. Muy sensibles a los golpes.
4. Sensible a ruido externo.

El desarrollo tecnológico presenta ahora en el mercado transductores llamados acelerómetros triaxiales que tienen la capacidad de hacer mediciones en tres direcciones sin mover el transductor, con esto se logra ahorro de tiempo durante la inspección.



## - Selección de un Transductor

Para seleccionar el sensor de vibraciones más adecuado para un trabajo en particular, se debe considerar que parámetro se va medir ya sea desplazamiento, velocidad, o aceleración, cual es la velocidad de operación del equipo, que tipo de fallas es más probable que se produzcan y que tipo de construcción tiene la máquina (relación peso máquina/peso del rotor), frecuencias de respuesta, proporción de señal y ruido, sensibilidad del transductor y magnitud de la señal que va a ser medida.

El rango de frecuencias del transductor debe ser compatible con las frecuencias generadas por los componentes mecánicos de la máquina, de lo contrario se debe seleccionar otro transductor y la señal convertida a sus propias unidades de medición; por ejemplo, si la medición de velocidad es decidida para frecuencias superiores a 2,000 Hz, se debe seleccionar como transductor a un acelerómetro.

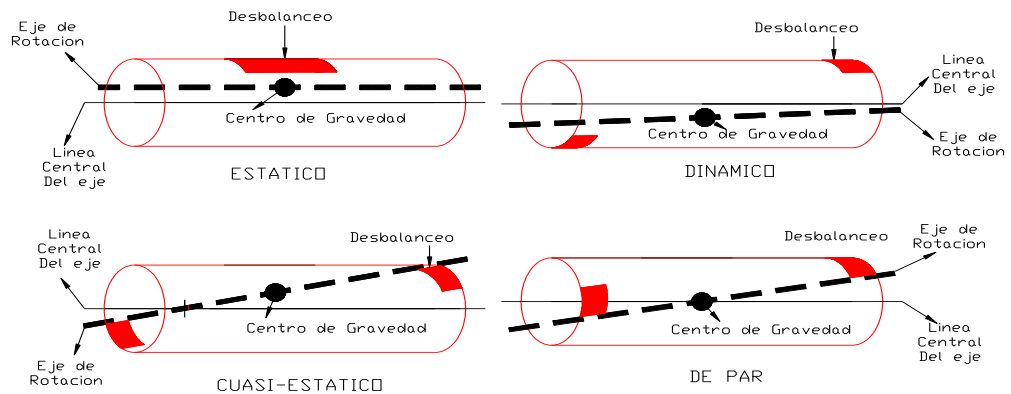
Para obtener velocidad se debe integrar la señal; si se desea la forma de onda de la velocidad. Entonces la señal debe ser adquirida de un transductor de velocidad o de una señal integrada a partir de un transductor de aceleración.

### • ***Causas de las Vibraciones en las Máquinas***

#### - Vibración debida a Desbalanceo

El desbalance o desequilibrio de la maquinaria es la causa más común de la vibración. En forma más general, se define desbalanceo cuando el centro de inercia no coincide con el eje de giro, una excitación saca al rotor de su posición de equilibrio, temporal o permanentemente, esta fuerza excitadora se transmite a través de los cojinetes a la carcasa y a la fundación. Se pueden dar los siguientes casos:

- a. *Desbalanceo Estático.* - Los ejes son paralelos, de manera que el centro de gravedad no está en el eje de giro.



**Figura 10.** Tipos de desbalanceo.

**Fuente:** Elaboración propia

- b. *Desbalanceo de Par.*- El eje central principal intercepta con el eje de giro en el centro de gravedad del rotor, se produce un efecto de par.
- c. *Desbalanceo Cuasi-Estático.*- El eje central principal intercepta al eje de rotación pero no en el centro de gravedad del rotor
- d. *Desbalanceo Dinámico.*- Es el caso más común, combinación de los anteriores en que los ejes no se cruzan y están en cualquier posición en el espacio.
- e. *Balanceo.*- Es añadir o remover pesos de corrección de manera que el eje principal de inercia se aproxime al de giro hasta que la vibración residual este dentro de los niveles considerados como admisibles

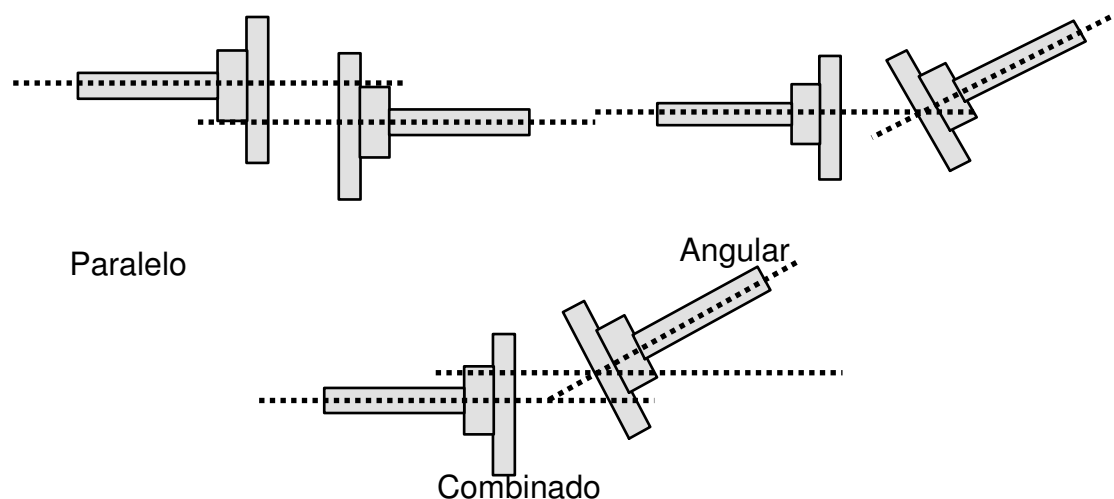
A un sistema giratorio se le denomina rotor rígido cuando la forma del rotor y el eje es prácticamente invariable en un rango de velocidades, bajo esta condición se puede balancear el sistema a baja velocidad y garantizar el funcionamiento a velocidad alta. En estos sistemas se requieren únicamente 2 planos de corrección y es el caso de la mayoría de maquinaria rotativa.

Existen rotores que únicamente pueden ser balanceados en las condiciones y velocidad de giro de trabajo, debido a que a diferentes velocidades van tomando diferentes modos de vibración de manera que las correcciones de desbalanceo a baja velocidad no son las mismas que en alta velocidad, estos se caracterizan por una mayor esbeltez y se denominan rotores flexibles. Se pueden requerir más de 2 planos para la corrección.

- Vibración debido a la falta de Alineamiento

Es la causa que tal vez supere la mitad de los problemas vibracionales de maquinaria rotativa, después del desbalanceo es la segunda en importancia, se presenta cuando los ejes de giro de 2 partes que se acoplan no coinciden. El desalineamiento puede ser angular, paralelo o una combinación de ambos

Una falta de alineamiento angular sujeta principalmente los ejes de las máquinas accionadora y accionada a vibración axial igual a la velocidad de rotación (rpm) del eje. La falta de alineamiento en paralelo produce principalmente vibración radial con una frecuencia igual al doble de la velocidad de rotación del eje.



**Figura 11.** Tipos de desalineamiento

**Fuente:** Elaboración propia

Las causas más comunes de desalineamiento son:

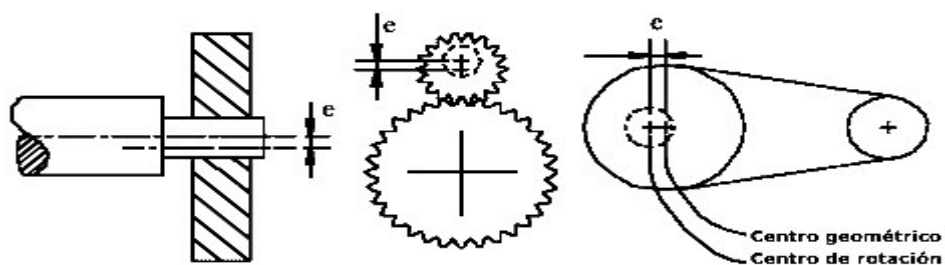
1. Defecto de acoplamiento de máquinas durante el montaje
2. Expansiones térmicas en el proceso de trabajo
3. Fuerzas transmitidas a la máquina desde tuberías y miembros de soporte
4. Fundaciones irregulares o que han cedido.
5. Bases débiles

Existen métodos de alineamiento como se ve a continuación.

1. Mediante la regla
2. Mediante reloj de carátula (método de relojes invertidos)
3. Mediante un sistema de alineamiento láser
4. Mediante un sistema de alineamiento dinámico

- Vibración debida a Excentricidad

La excentricidad es otra de las causas comunes de vibración en la maquinaria rotativa. Excentricidad en este caso no significa “ovalización”, sino que la línea central del eje no es la misma que la línea central del rotor - el centro de rotación verdadero difiere de la línea central geométrica.



**Figura 12.** Excentricidades.

**Fuente:** Elaboración propia

La excentricidad es en realidad una fuente común de desbalances, y se debe a un mayor peso de un lado del centro de rotación que del otro. La excentricidad en rodetes o rotores de ventiladores, sopladores, bombas y

compresores puede también crear fuerzas vibratorias. En esos casos las fuerzas son el resultado de fuerzas aerodinámicas e hidráulicas desiguales que actúan contra el rotor

- Vibración debido a defectos de Rodamientos.

Los rodamientos pueden dañarse en sus pistas, elementos rodantes o jaulas produciendo vibración de alta frecuencia. Los daños se producen en general por las siguientes razones:

1. Carga excesiva causada por desalineamiento y/o desbalanceo
2. Problemas de lubricación, que puede ser: falta de lubricante, lubricación no adecuada, excesiva lubricación o lubricante contaminado.
3. Tolerancia eje - agujero no recomendada
4. Defectos en los lugares de asentamiento en ejes y alojamientos
5. Fallas de montaje golpes es el 70 % de fallo
6. Paso de corriente eléctrica a través del rodamiento durante soldaduras.

Las fallas de rodamientos producen una vibración con frecuencia mucho más elevada que la velocidad de giro, son bastante inestables en intensidad y fase. La inestabilidad se produce porque los golpes que se originan entre los elementos del cojinete a causa del daño de una de sus partes, no tienen una frecuencia rígidamente ligada a la velocidad de rotación, además los golpes pueden excitar vibraciones de resonancia en los anillos del cojinete, el soporte, el rotor y en otras partes cercanas. Cada una de estas partes podría vibrar según su propia frecuencia natural.

- Vibración debida a la Holgura Mecánica

Cuando existen partes flojas o demasiado huelgo entre las partes, pequeños valores de desbalanceo pueden causar amplitudes muy intensas.

El aflojamiento de partes puede darse por:

1. Pernos de montaje flojos
2. Montaje de rodamientos sin la tolerancia adecuada, tanto en el eje como en los alojamientos.
3. Manguitos de montaje mal calibrados
4. Excesivo huelgo en cojinetes hidrodinámicos
5. Rotor flojo en la carcasa
6. Soportes débiles y / o fisurados

Normalmente la holgura da lugar a la presencia de mayores vibraciones de las que habría en otras condiciones; cualquier desequilibrio dinámico de pequeñas proporciones origina vibraciones intensas, cuya onda es de forma irregular, pues es la resultante de dos frecuencias, una con el valor equivalente a la velocidad de rotación y otra con el doble de ese valor.

- Vibración debida a las Bandas de Accionamiento

En la transmisión de potencia mediante bandas, puede ocurrir que se presente un defecto de elasticidad como puede ser una junta, una irregularidad en la superficie, un corte etc. o tal vez un problema de tensión de la banda. Cuando ocurre algún defecto, se produce una vibración especialmente en la dirección de la tensión a una frecuencia que se calcula como:

$$f = \pi \times d \times n / l$$

d = diámetro de la polea

n = velocidad de rotación de la polea en rpm

l = longitud de la banda en mm.

La vibración puede generarse en esta frecuencia y en múltiplos exactos.

- Vibración debida a problemas de Engranaje

Al entrar en contacto los dientes de 2 engranes, se produce vibración. Cuando los engranes están en buen estado y la carga no es elevada, la vibración producida en la frecuencia de paso de dientes, llamada también de contacto entre dientes es baja, pero existe.

Cuando se desgasta un engrane, la curva envolvente de sus dientes cambia en los lados de contacto, esta deformación del diente genera vibración en la segunda y posiblemente en la tercera armónica de la frecuencia de paso de dientes.

Las causas de un engrane defectuoso pueden ser:

1. Golpe general de los dientes
2. Interferencia no justa
3. Dientes no rectificadas o con acabado de mala calidad
4. Lubricación defectuosa
5. Material extraño entre los dientes
6. Desgaste
7. Desbalanceo, desalineamiento, excentricidad

La frecuencia de falla de engranes se calcula multiplicando el número de dientes del engrane por la velocidad de giro.

- Vibración debida a Fallas Eléctricas

Este tipo de vibración es normalmente el resultado de fuerzas magnéticas desiguales que actúan sobre el rotor o sobre el estator. Dichas fuerzas desiguales pueden ser debidas a:

1. Rotor que no es redondo
2. Chumaceras del inducido que son excéntricas
3. Falta de alineamiento entre el rotor y el estator; entrehierro no uniforme
4. Perforación elíptica del estator

5. Devanados abiertos o en corto circuito
6. Hierro del rotor en corto circuito

En líneas generales, la frecuencia de vibración resultante de los problemas de índole eléctrica será 1x las r.p.m, y por tanto se parecerá a un desbalance. Una manera sencilla de hacer la prueba para verificar la presencia eventual de vibración eléctrica es observar el cambio de la amplitud de la vibración total (filtro fuera) en el instante en el cual se desconecta la corriente de esa unidad.

Si la vibración desaparece en el mismo instante en que se desconecta la corriente, el problema con toda posibilidad será eléctrico. Si solo decrece gradualmente, el problema será de naturaleza mecánica.

- Vibración debido a Chumaceras Defectuosas

Tolerancia excesiva, carga inapropiada en la chumacera, y lubricación inadecuada puede resultar en altos niveles de vibración. Una chumacera con excesiva tolerancia permite que pequeñas fuerzas de excitación, tales como ligeros desbalances o desalineamientos, causen niveles de vibraciones significativas en las chumaceras.

*Latigazo de aceite.*- Latigazo de Aceite (Oil whip) o Remolino de Aceite (Oil Whirl) ocurre cuando la película de aceite, en una chumacera, con sistema lubricación a presión, ejerce una fuerza que empuja al eje alrededor dentro de la chumacera.

Bajo condiciones normales de operación, el eje cabalga en un lado de la chumacera sobre una cuña de aceite. A causa de la fricción, la velocidad de la película de aceite alcanza solo un 42% a 47% de la velocidad del eje. La fuerza de la película de aceite, sin embargo, es muy pequeña comparada con fuerzas normales en la máquina. El problema de los torbellinos de aceite normalmente se atribuye a diseño incorrecto del rodamiento, desgaste



excesivo del rodamiento, un aumento de la presión del lubricante o un cambio de la viscosidad del aceite, también puede darse el Torbellino de Histéresis.

#### - Resonancia

En este defecto no se genera vibración si no que se amplifican vibraciones de otras fuentes. Esta amplificación puede ser muy severa y crear situaciones de riesgo para cualquier parte de la máquina. Las fuerzas que dan origen a las vibraciones sufren cambios en intensidad, en su dirección, o en ambos factores.

La frecuencia con que la fuerza varía, es llamada frecuencia excitatriz y es la que determina la frecuencia de las vibraciones; cuando esta frecuencia es igual a la frecuencia natural de la máquina, se produce el fenómeno de resonancia.

Para mantenerse alejado de la Frecuencia de Resonancia se aconseja estar por lo menos entre un 10 y un 20% por encima o por debajo de la esta. Para cambiar la Frecuencia de Resonancia podemos.

- Añadir masa - baja la frecuencia de Resonancia
- Añadir Rigidez - levanta la frecuencia de Resonancia.
- Amortiguación - Amortigua la vibración, absorbiendo la energía.

#### - Otras Causas

Puede haber muchas causas que produzcan problemas vibratorios además de los mencionados, por ejemplo:

1. En sistemas que trabajan con dos velocidades similares y tienen desbalanceo, o una máquina en un piso con frecuencia natural cercana a

la frecuencia de excitación se puede presentar el problema llamado pulsación.

2. En máquinas reciprocantes o sistemas sujetos a golpes, se excitan vibraciones a frecuencias naturales de las partes.
3. Los defectos de montaje de sistemas giratorios pueden producir excentricidades que generan vibración síncrona.
4. Ejes torcidos también producen una respuesta síncrona.
5. Ejes muy flexibles, presentan vibración síncrona y componentes en armónicos superiores, especialmente en el segundo.
6. El avance transversal de una fisura en un eje genera una vibración intensa en un segundo armónico.
7. En los cojinetes de deslizamiento se puede presentar inestabilidad hidrodinámica.
8. Cuerpos rotantes con paletas como ventiladores y bombas, producen una vibración en frecuencias en múltiplos a la velocidad de giro por las reacciones de los canales del rotante al impacto con el fluido.

### **Guías para la Medición y para la Evaluación**

Las vibraciones relativas de los ejes pueden ser evaluados en base a dos criterios:

- *Criterio I:* Las vibraciones relativas no deben exceder ciertos valores máximos.
- *Criterio II:* Los cambios en el valor vibratorio de los ejes referidos a un valor inicial no deben exceder ciertos límites.

La operación fiable de las máquinas requiere por una parte que la vibración relativa de los ejes no supere valores máximos prescritos. Por otra parte, aún variaciones en los valores vibratorios por debajo de esos valores máximos pueden indicar algún daño o irregularidad incipiente. Por lo tanto, ambos criterios deben ser considerados como igualmente importantes

## - Configuración de las Mediciones

Es imperativo que los datos colectados sean comprensibles y repetitivos. La confianza en la precisión de los datos, permitirá al analista detectar cambios en la performance de las máquinas, el diagnóstico de síntomas de fallas mecánicas y de sus causas raíz. La repetibilidad de datos puede ser correcta, sólo si el proceso de medición captura la verdadera vibración en las condiciones de operación correcta. La consistencia entre datos es esencial.

Las mediciones deben tomarse en el mismo lugar para comparación (moviendo unos centímetros el sensor, suele haber diferencias significativas). Cuando se mide con sensores magnéticos o portátiles, se deben marcar los puntos con tintas permanentes, o taladrando un pequeño cono, o montando discos de medición permanentes (preferido).

El ángulo del sensor siempre será un ángulo recto con respecto de la superficie de medición. Se deben realizar las mediciones en operación normal, es decir cuando las temperaturas de los cojinetes alcancen los valores normales y estables, como asimismo los valores de corriente, caudal, presión o carga.

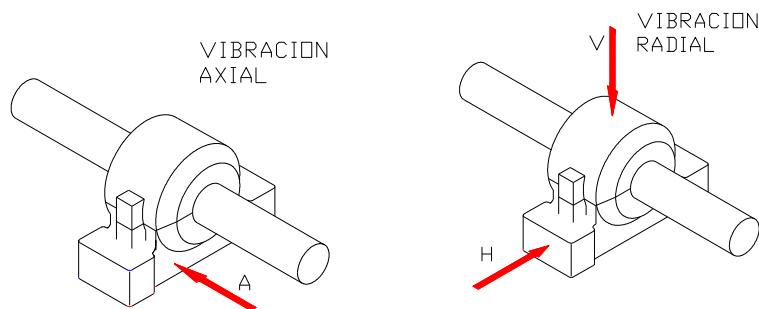
En máquinas con variación de velocidad o carga, se deben prever distintas mediciones, una para cada condición. La identificación debe ser clara. La descripción del punto, ayuda a comprender la denominación de la identificación del punto. BOMBA1-I V V - Lado opuesto acople, vertical, velocidad

## - Rutas de Medición

Antes de configurar los puntos de medición, se deben realizar las siguientes etapas para asegurar una estructura correcta de la base de datos:

- *Posicionamiento.*- se recorrerá el área de la planta donde se encuentran los equipos a ser monitoreados, determinando su ubicación, los puntos de medición y secuencia de la mismas (rutas), particularidades y opciones de rutas, aspectos de seguridad, accesibilidad, identificaciones.
- *Desarrollo de las planillas de datos.*- se establecerá qué máquinas van a ser monitoreadas, y completar una planilla de datos para cada una de ellas. La planilla de datos provee información necesaria sobre cada elemento rotante, a fin de identificarlas
- Planos de Medición

Es recomendable montar el sensor de vibración orientado en los sentidos horizontal, vertical y axial



**Figura 13.** Planos de medición.

**Fuente:** Elaboración propia

El montaje radial es el más común. Se debe evitar las posiciones con variaciones de temperaturas o excesiva condensación, y en el caso de acelerómetros, el flujo de aire / fluidos sobre el sensor. Dado que se conoce cómo los problemas crean vibraciones en cada plano, la lectura en tres sentidos puede ayudar a interpretar el origen de las mismas.

1. *Tangencial.*- El desbalanceo es la causa más común de vibraciones en el plano radial (horizontal y vertical). Normalmente las máquinas son más

elásticas en el plano horizontal, por lo tanto, el desbalanceo se manifiesta generalmente en este sentido.

2. *Radial*.- Normalmente es menor que en el plano horizontal, debido a la diferencia de rigidez mencionada, y a la acción de la gravedad.
3. *Axial*.- En condiciones ideales presenta valores más bajos que las radiales, dado que las fuerzas generalmente son perpendiculares al eje. Sin embargo, los problemas de desalineaciones crean vibraciones en este sentido.

Esta es una guía de casos generales. Equipos montados verticalmente, o con rotores en voladizo, u otros casos particulares, pueden mostrar diferentes respuestas. Es importante resaltar que el sensor tiene mayor sensibilidad en la dirección en el cual es montado. También se debe tomar la lectura, lo más cerca posible del cojinete. Evitar posicionar el sensor sobre partes muy delgadas, pues pueden presentar resonancias o flojedades.

#### - Detección de Problemas

Para la medición y evaluación mediante diagnóstico vibracional a más de lo dicho anteriormente se debe utilizar un enfoque sistemático para simplificar la detección de problemas en las máquinas.

1. Determine qué datos son necesarios para realizar un análisis apropiado.
2. Utilice las apropiadas técnicas de recolección de datos.
3. Sea observador y pregunte.

#### - Definir los requerimientos de datos

Primero, utilice la lista de fallas y causas posibles y aplíquelas a la máquina en particular que se desea monitorear. Se puede ganar sabiendo que puede estar malo. Una vez que se entienda lo que puede estar malo, se pueden obtener datos que indicarían donde puede estar el problema. Se puede

utilizar la hoja de datos que se muestra en las siguientes páginas. Registre toda la información listada a continuación que se podría conseguir.

1. Disposición General

- Pesos estimados del rotor
- Diámetros del eje
- Tipos de Rodamientos: Cojinetes o Antifricción

2. Conocer las frecuencias operativas

3. Motor: frecuencias de barras, ranuras, deslizamiento, polos, etc.

4. Numero de alabes, etc.

5. Información de correas o cadenas.

6. Distancia entre Centros

- Diámetros Primitivos (Pitch diameters)
- Número de correas

7. Información de Acoples

8. Información de Engranajes

- Esquema del Tren de Engranajes
- Tipos de engranajes (rectos, o helicoidales)
- Número de dientes

- Recolección de Datos

Para tener un excelente programa de Mantenimiento Predictivo, se debe recolectar datos en el plano correcto y de manera repetitiva y confiable. Algunas fallas muestran sus mayores amplitudes en la dirección radial y otras se muestran en la dirección axial. Donde sea posible, recolecte dos mediciones radiales y una axial en cada punto de medición.

- Camino de la Transmisión

Se necesita saber dónde colocar el sensor cuando se tomen lecturas en el casing (carcasa). Seleccione una posición en la carcasa en donde usted pueda la mejor transmisión de datos. No coloque el sensor en el extremo del

motor (Tapa del Motor). Las tapas de un motor no son rígidas y no suministran una buena transmisión de datos.

#### - Orientación Del Transductor

Para lecturas radiales, siempre se dirige el sensor hacia el centro del eje. Se debe colocar el sensor tan cerca del plano horizontal o vertical como sea posible. Una pequeña desviación de ángulo ( $\pm 10^\circ$ ) no afecta sus datos significativamente si se mantiene el sensor apuntando hacia el centro del eje. Datos recolectados inapropiadamente pueden conducir a análisis incorrectos o errados. Se debe informar al analista si ciertos datos fueron recolectados de una forma poco ortodoxa. Para lecturas axiales, siempre se debe colocar el sensor tan cerca como sea posible del eje. Si es necesario, una pequeña desviación de ángulo ( $\pm 10^\circ$ ) no afecta los datos significativamente.

#### - Consistencia de los Datos

Recolecte los datos de la misma manera cada vez. Esta consistencia permitirá realizar tendencias a las condiciones de la máquina y juzgar apropiadamente la progresión de las fallas. Para asegurar la consistencia de los datos y que se puedan repetir, se requiere adjuntar una placa con descripción del punto y de la máquina en el punto de medición, o el suministro de un diagrama detallado identificando la ubicación exacta.

#### Ayudas Importantes

1. Siempre utilizar la máxima precaución durante la recolección de datos, para prevenir accidentes. La recolección de datos requiere ir a todas las áreas de la planta y monitorear muchos tipos de maquinaria. Ningún tipo de datos justifica un accidente.

2. Se debe permitir que se normalice el sensor para tomar una buena lectura. Puede tomar de 3 a 5 segundos después de colocar el sensor en la carcasa. Puede haber recibido un impacto en el momento de colocarlo.
3. No permitir que el cable del sensor se mueva durante la recolección de datos.

- Inspección por la Planta

Antes de intentar el diagnóstico de un problema, se necesita realizar una inspección alrededor de la máquina. Durante el recorrido, se debe registrar la condición general de la máquina. La lista a continuación, contiene algunas sugerencias para tener en cuenta y preguntarse:

1. ¿La máquina, luce bien mantenida?
2. ¿Cómo está el grouting en la fundación?
3. ¿Está la estructura de la máquina en buena condición, montaje del motor, montaje de la bomba etc.?
4. ¿Hay soldaduras fracturadas?
5. ¿Hay fugas? Y si las hay, ¿de qué tipo?
6. ¿Cómo luce la instrumentación instalada? ¿Las presiones, temperaturas y flujos están en rangos aceptables?

- Verificar con el Operador o con Mantenimiento

Antes de intentar el diagnóstico de un problema, se debe hablar con el operador, o con el grupo de mantenimiento para clarificar lo que se está viendo en los datos de vibración. Es necesario explorar algunas de las áreas listadas a continuación:

¿Qué fue lo último que se le hizo a la máquina?

¿Cuál es el historial de la máquina?

¿Debe obtener información general de:



- Rodamientos: tolerancias, cambios, fijos o flotantes, características, procedimientos de lubricación.
- Tipo de material del eje
- Trabajos realizados en los ejes
- Trabajos realizados en los engranajes
- Trabajos realizados en los acoples.
- Trabajos realizados en las correas.

Alineación. ¿Cómo y cuándo se realizó el trabajo de alineación?

- Se realizó este trabajo como consecuencia de una fuerte vibración.

### **Niveles aceptables de Vibraciones en Máquinas**

- Severidad de Vibración

Un punto importante a la hora de hablar de vibraciones es conocer la severidad de vibración, ella indica la gravedad que puede tener un defecto. La amplitud de la vibración expresa la gravedad del problema, pero es difícil establecer valores límites de la vibración que detecten un fallo.

La finalidad del análisis de vibraciones es encontrar un aviso con suficiente tiempo para poder analizar causas y forma de resolver el problema ocasionando el paro mínimo posible en la máquina.

Una vez obtenido un histórico de datos para cada elemento de las máquinas que se estudian, el valor medio refleja la normalidad en su funcionamiento. Desviaciones continuas o excesivas indicarán un posible fallo que será identificado después, teniendo en cuenta la frecuencia a la que se producen las mayores vibraciones.

Cuando no se posee un histórico de datos de una máquina, puede analizarse la severidad de vibración, mediante normas de control de vibraciones de maquinaria en donde se han ordenado eventos con las fallas

más comunes que pueden ocurrir vs los cambios característicos presentes en el giro del eje, ya sea en el dominio del tiempo o en el dominio de las frecuencias, y son las llamadas “Cartas de severidad”, Estas cartas son basadas en las normas ISO 2372 y 2373, o las normas alemanas VDI 2056, DIN 45.665, o en las británicas BS 4675, en nuestro trabajo hemos utilizado las normas Alemanas VDI 2056 .

#### - Intensidad de la Vibración

La intensidad de la vibración ayudará en el análisis porque es una referencia que se tiene para comparar los datos obtenidos del monitoreo y tener una idea del estado de la máquina. El valor A es la intensidad de la vibración y se mide normalmente en unidades de velocidad de vibración en mm/s.

Los diferentes tipos de máquinas tienen de acuerdo a las normas diferentes valores admisibles de vibración, por ejemplo, se observa en el cuadro 1:

**Cuadro 1.** Valores admisibles de las vibraciones.

Máquinas y Elementos	Valores Admisibles de Vibración
Turbinas de gás, de vapor, hidráulicas:	2.5 mm/s
Motores eléctricos, bombas Ventiladores asentados en el piso (equipos comunes)	4.5 mm/s
Ventiladores asentados en resortes	7.1 mm/s
Motores de combustión interna	12.5 mm/s
Llanta de un auto	40 mm/s

**Fuente:** Elaboración propia

Es importante señalar que el primer criterio de nivel admisible lo determina el fabricante, si no es explícito, se utiliza la recomendación de la norma. La experiencia y la investigación han permitido que se establezcan una guía de fallas de vibración.

## **Fallas Mecánicas más comunes en Maquinaria Rotativa Industrial que puedan ser identificadas por un Analizador de Vibración**

1. Cada falla genera una vibración típica y específica de esa falla.
2. La frecuencia de la vibración está determinada por la configuración de la máquina y su velocidad de operación.
3. Una simple medición de vibración nos suministra información relacionada con múltiples componentes.

### - Diagnóstico de Fallas

1. Desbalanceo
2. Desalineamiento
3. Juego Mecánico o Looseness
4. Defectos en Rodamientos
5. Defectos en Engranajes
6. Motores Eléctricos
  - 6.1 Motores Eléctricos, Problemas de Rotor
  - 6.2 Motores Eléctricos, Problemas de Estator
7. Defectos en Correas
8. Defectos en Chumaceras
  - 8.1 Defectos en Chumaceras, Tolerancia Excesiva  
(Sin Remolino de Aceite)
  - 8.2 Defectos en Chumaceras  
Remolino de Aceite y Latigazo de Aceite
  - 8.3 Defectos en Chumaceras  
Rozamientos Intermitentes
  - 8.4 Defectos en Chumaceras  
Rozamientos Continuos
9. Defectos en Alabes e Impulsores
10. Resonancia
  - 10.1 Resonancia I, Resonancia Estructural
  - 10.2 Resonancia II, Ejes / Velocidades Críticas de Rotor

## 11. Beat

### **Análisis de Señales y Análisis de Espectros**

Hay una gran diferencia entre detectar un problema en una máquina, y analizar la causa del problema de la máquina. Cambiando un cojinete que muestra desgaste por una vibración excesiva, se podrá o no resolver el problema de vibraciones. Normalmente, otro problema es la causa del desgaste prematuro del cojinete. Para resolver el problema, se debe resolver la causa raíz (por ejemplo, lubricación inadecuada, desalineación, flojedad, desbalanceo). Si no se hace, el nuevo cojinete también tendrá desgaste prematuro. Si se corrige el síntoma y la causa, la vida y eficiencia de la máquina se optimiza, por lo cual se maximiza la producción.

*Detección.-* Para que un Mantenimiento predictivo tenga éxito, el requerimiento mínimo es la detección precisa de las fallas. Usando el sistema de monitoreo periódico, la configuración de las alarmas de cada punto de medición, y el seguimiento de las tendencias, tendremos posibilidad de detectar problemas en etapas iniciales.

*Análisis.-* Una vez detectada una falla, el análisis de las mediciones excepcionales nos brindará información sobre el problema mismo, y de la raíz de falla. Usando herramientas de análisis y experiencia, seremos capaces de identificar los problemas específicos de las máquinas por su característica vibratoria (dirección de la vibración, espectro, relación de fase, etc.).

#### - Análisis de Datos

Los datos se pueden analizar mediante los siguientes procesos de señal:

1. Análisis Espectral, Señal de dominio de la frecuencia.
2. Análisis de la señal del dominio del tiempo

3. Análisis Orbital De La Forma De Onda
4. Análisis de las Bandas Laterales.
5. Diagramas de Cascada, etc.

Siendo el análisis espectral, el método más utilizado junto con el análisis en el dominio en el tiempo. En la actualidad los analizadores de vibraciones ya cuentan con todas estas opciones de análisis.

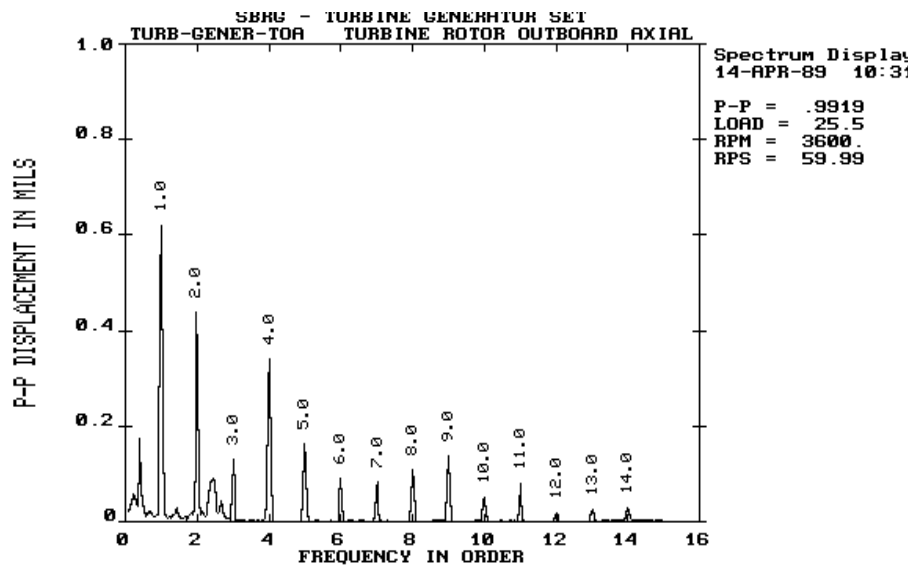
- Análisis de Datos Espectrales

Se divide el dominio de la frecuencia, o espectro, en tres grandes áreas de interés:

1. Componentes Sincrónicos.-  $N \times \text{RPM}$  (N es un entero) donde N= Múltiplo de las RPM, por ejemplo  $5X$  es equivalente a cinco veces la velocidad de giro
2. Componentes Subsincrónicos.-  $< 1 \times \text{RPM}$ , Pueden ser Submúltiplos de las rpm
3. Componentes No-sincrónicos. -  $F \times \text{RPM}$  ( $F > 1.0$  pero no un entero), No Armónicos de las rpm

RPM (también llamada velocidad de giro): la frecuencia de rotación del eje en el punto de medición donde se recolectan los datos.

- *Armónicos*: Son sencillamente múltiplos de cualquier frecuencia hallada en el espectro, ósea  $1 \times f$ ,  $2 \times f$ ,  $3 \times f$ ,  $4 \times f$ , etc. También se puede referir a múltiplos de la Velocidad de Giro o TS. Los datos espectrales muestran armónicos sincrónicos.



**Figura 14.** Armónicos.

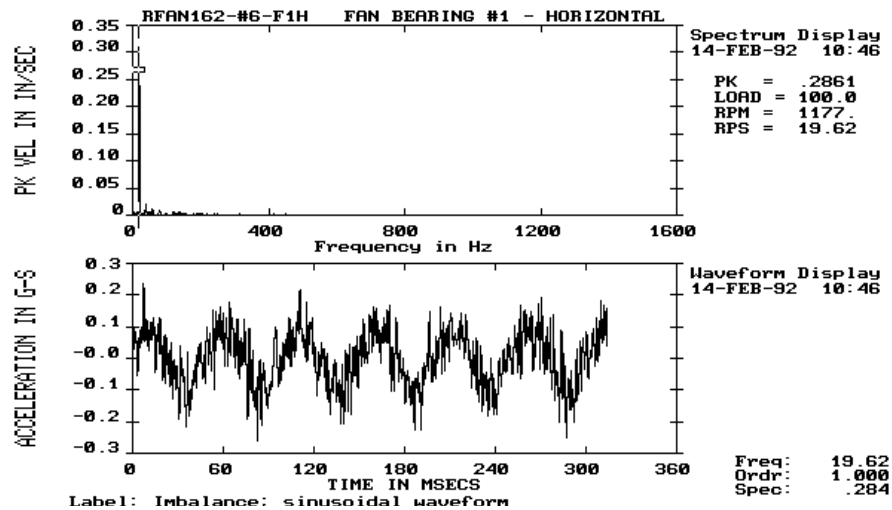
**Fuente:** Elaboración propia

- Causas de frecuencias subsincrónicas en los espectros: Estas frecuencias ocurren por debajo de  $1 \times \text{RPM}$  del eje de rotación. Causas más probables para que se presenten componentes subsincrónicos incluyen:
  - Otro componente en la misma máquina.
  - Otra máquina
  - Maquinas con correas y que presenten frecuencia primaria de correas y a menudo  $2 \times$  frecuencia de la correa.
  - Inestabilidad Hidráulica como Latigazo de Aceite (Oil Whip) o Remolino de Aceite (Oil Whirl).
  - Rozamiento de Rotor, de eje o de una rueda de un compresor.
  - Frecuencia de canastilla en rodamientos antifricción.

Estas frecuencias están relacionadas con la velocidad de giro de la máquina. Los defectos siempre serán múltiplos exactos de las RPM ( $N \times \text{RPM}$ , donde  $N$  es un entero).

1. Múltiplos Bajos  $N = 1$  a  $8$

- Desbalanceo
  - Desalineamiento
  - Eje Torcido
  - Juego Mecánico
  - Paso de Alabes
  - Movimiento Reciprocante
2. Múltiplos Altos  $N = > 8$
- Engranajes
  - Paso de Alabes (compresores o turbinas)
  - Frecuencia de Ranuras de motores
- Causas de componentes no-sincrónicos en los espectros: Estas frecuencias ocurren por encima de la frecuencia de la velocidad de giro, pero no son íntegros de la velocidad de giro ( $F \times \text{RPM}$ , donde  $F > \text{RPM}$ , pero no un íntegro).
- Componente en otra maquina
  - Múltiplos de la frecuencia de correas
  - Rodamientos Antifricción
  - Resonancias
  - Equipos Eléctricos
  - Cadenas
  - U-joints
  - Embragues Centrífugos
  - Bombas de Lubricación
  - Detonación
  - Superficie Deslizante
- Espectros y Datos característicos de los defectos detectados por Vibración
- *Desbalanceo*: El desbalanceo ocurre cuando el centro de masa difiere del centro de rotación.



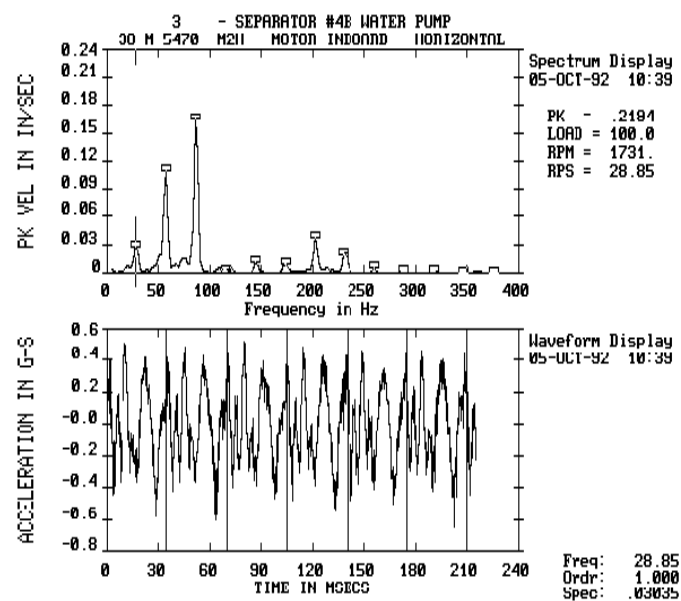
**Figura 15.** Espectro característico de Desbalanceo.

**Fuente:** Elaboración propia

*Frecuencia Dominante.*- Se caracteriza por la forma senoidal a  $1 \times TS$  pico de la pieza desbalanceada. TS= Turning Speed (Velocidad de Giro)

*Plano Dominante.*- Las mayores amplitudes ocurren típicamente en la dirección RADIAL; específicamente, en el plano horizontal para equipos instalados horizontalmente. Rotores en voladizo pueden mostrar mayores amplitudes en el plano AXIAL.

○ *Desalineamiento*



**Figura 16.** Espectro característico de desalineamiento.

**Fuente:** Elaboración propia



Se tienen tres tipos de desalineamiento, el paralelo, el angular y la combinación de los dos.

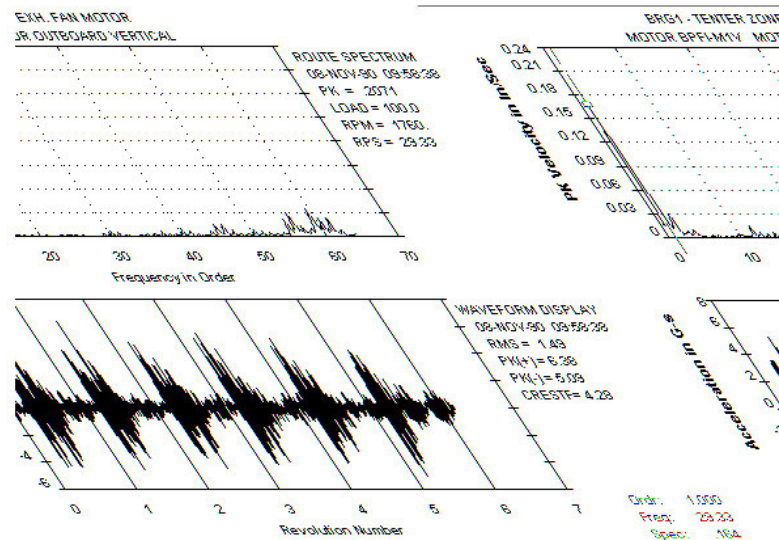
*Frecuencia Dominante.*- Un pico alto a 2xTS caracteriza el desalineamiento paralelo (offset); un pico alto a 1xTS significa un desalineamiento angular. Ambas clases de desalineamiento frecuentemente se combinan para mostrar picos en el espectro a 1xTS y a 2xTS, y puede aparecer una 3xTS en casos de una grave falta de alineamiento. La Forma de Onda aparece muy repetida y periódica con uno o dos picos por revolución.

*Plano Dominante.*- Amplitudes del desalineamiento paralelo (Offset) típicamente aparecen mayores en dirección del plano RADIAL; amplitudes de desalineamiento angular típicamente aparecen mayores en el plano AXIAL. Cuando se combinan, los picos a 1xTS y a 2xTS aparecen en ambos planos.

Otras Consideraciones:

En general, el desalineamiento genera empuje axial.

- Análisis de fase a través del acople o entre rodamientos mostrando una diferencia significativa de fase ( $180^\circ$ ) confirma el desalineamiento.
- Este seguro de chequear en la dirección axial, con el acelerómetro orientado en la misma dirección.
- Cada vez que la amplitud de la vibración axial sea mayor que la mitad de la lectura radial más alta hay un buen motivo para sospechar desalineamiento.
  - Defectos en Rodamientos



**Figura 17.** Espectro característico de fallas en rodamientos.

**Fuente:** Elaboración propia

*Frecuencia Dominante.*- Existen 4 frecuencias de fallas calculadas. Armónicos de picos no sincrónicos en el espectro e impactando en la forma de onda son características de defectos en pistas de rodamientos.

Defectos en Bolas/rodillos también son picos no sincrónicos, pero aparecen a unas frecuencias más bajas que las frecuencias de pistas. Defectos en la canastilla típicamente aparecen en el espectro a  $0.4 \times TS$ . Por ejemplo, las frecuencias de falla calculadas para un rodamiento SKF 6405 son: FTF (canastilla)  $0.356 \times TS$ ; BSF (bolas/rodillos)  $1.596 \times TS$ ; BPFO (pista exterior)  $2.494 \times TS$ ; BPF1 (pista interior)  $4.506 \times TS$ .

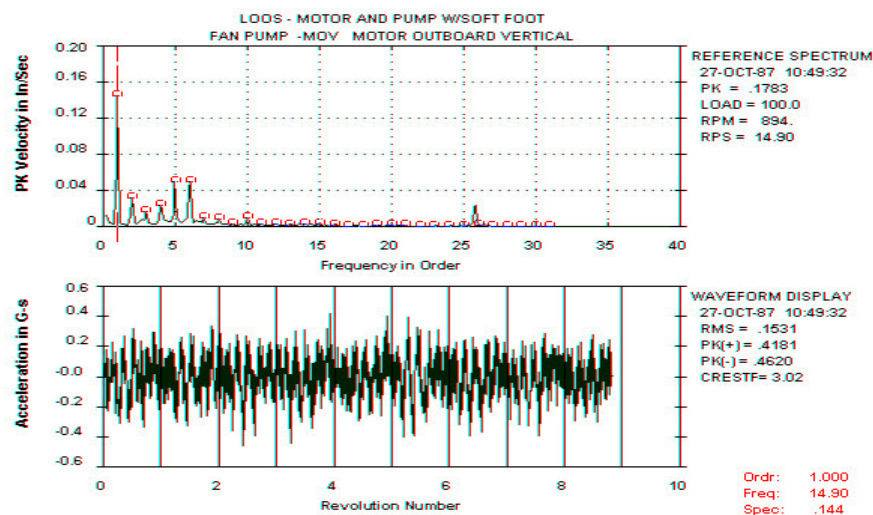
*Plano Dominante.*- Las mayores amplitudes típicamente ocurren en la dirección RADIAL. Rodamientos de empuje pueden exhibir mayores amplitudes en el plano AXIAL.

Otras Consideraciones:

- Armónicos de defectos de una falla en pista, típicamente van acompañados por bandas laterales de la velocidad de giro.

- Pequeños defectos generan picos de baja amplitud. Para ver picos a altas frecuencias, se recomienda tomar espectros en unidades de aceleración.
- A medida que el rodamiento se deteriora, más armónicos se vuelven visibles en el espectro, y la energía de impacto incrementa en la forma de onda. Otras fallas de componentes pueden también aparecer a medida que el rodamiento se deteriora.
  - Holgura Mecánica

*Frecuencia Dominante.*- Se caracteriza por una serie de armónicos de la velocidad de giro y una forma de onda irregular con impactos ósea, 3x, 3.5x ,4x, 5.5x, 6x.TS. Etc.



**Figura 18.** Espectro característico de holgura mecánica.

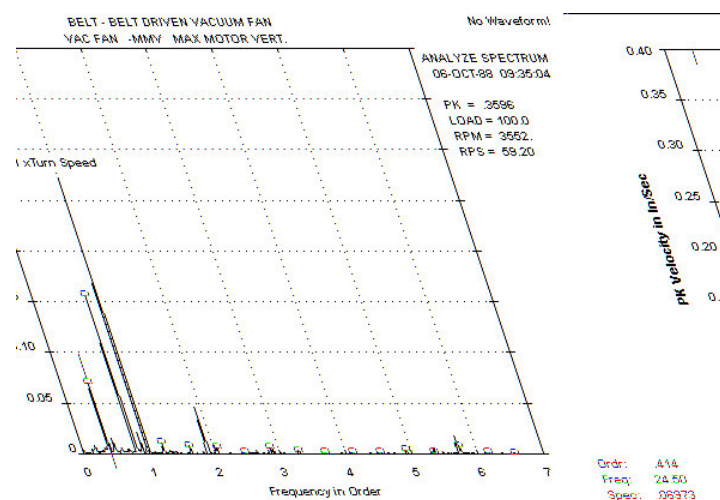
**Fuente:** Elaboración propia

*Plano Dominante.*- Las mayores amplitudes ocurren típicamente en la dirección RADIAL; específicamente, en el plano vertical para equipos instalados horizontalmente.

Otras Consideraciones:

- El número de armónicos de la velocidad de giro y sus amplitudes incrementan con la severidad del problema.

- Fase inestable es una característica del juego mecánico. Armónicos Fraccionales ( $1/4$ ,  $1/3$ ,  $1/2$ ) pueden aparecer si el rozamiento aparece como resultado del juego mecánico.
  - Defectos en Bandas de Accionamiento
    - *Cursor Primario*.- (cursor en un pico marca  $1x$  frecuencia de la correa)
    - *Frecuencia Dominante*.- Picos Subsincrónicos y sus armónicos son característicos de defectos en bandas (bandas gastadas). La frecuencia dominante típicamente es  $2x$  frecuencia de la banda. Aparecen múltiplos de  $2x$  a través del espectro, porque la correa defectuosa pasa a través de las poleas.
    - *Plano Dominante*.- Las mayores amplitudes típicamente ocurren en la dirección RADIAL; específicamente, en línea con las bandas.



**Figura 19.** Espectro característico de defectos en bandas.

**Fuente:** Elaboración propia

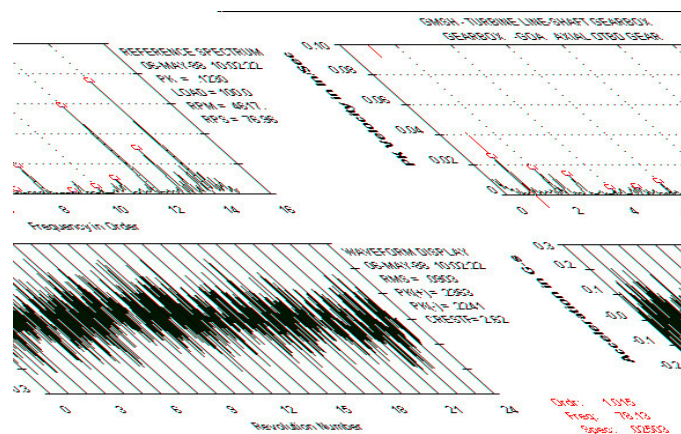
Otras Consideraciones:

1. Resolución espectral adecuada es crítica para encontrar este problema.
2. Poleas desalineadas crean vibración axial a  $1xTS$  de la polea.

3. Poleas excéntricas producen vibración radial a  $1xTS$  de la polea excéntrica.
4. Luz estroboscópica puede ser muy útil para determinar la severidad del defecto de la correa.
  - Defectos en Engranajes

*Frecuencia Dominante.*- Alta Frecuencia de Engrane (GMF) con Bandas Laterales a la velocidad del engranaje defectuoso, y con impactos de alta magnitud en la forma de onda, normalmente caracterizan los defectos en engranajes.

*Plano Dominante.*- Las mayores amplitudes típicamente ocurren en la dirección RADIAL para engranajes rectos y AXIAL para engranajes helicoidales.



**Figura 20.** Espectro característico de defectos en engranajes.

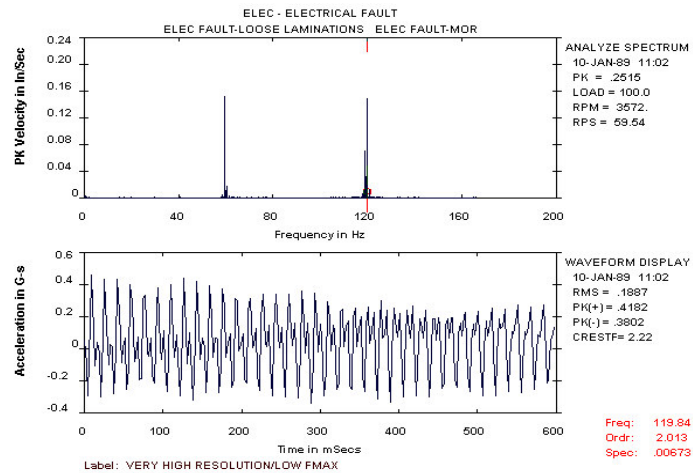
**Fuente:** Elaboración propia

Otras Consideraciones:

$GMF = \# \text{ dientes en el engranaje} \times TS$

- El número de bandas laterales de la velocidad de giro y sus amplitudes incrementan con la severidad del problema.
- La GMF está siempre presente, y la amplitud es dependiente de la carga.

- La frecuencia natural del engranaje típicamente es excitada por un diente partido o fracturado. La frecuencia natural usualmente es menos que la mitad de la GMF.
- Defectos en Motores Eléctricos



**Figura 21.** Espectro característico de defectos en motores eléctricos.

**Fuente:** Elaboración propia

A continuación, tenemos una tabla característica de fallas en motores eléctricos.

**Cuadro 2.** Características de los defectos eléctricos

Problemas Eléctricos	Frecuencia Dominante	Plano Dominante
Hierro Suelto	2 x frecuencia línea (LF)	Radial
Problemas estator	2 x LF	Radial
Desbalance fase	2x LF	Radial
Estator suelto	2x LF	Radial
Barra rota rotor	2 x LF a 1 x TS /bandas laterales	Radial
Rotor excéntrico	2xLF a 1xTS /bandas laterales	Radial
Ranura suelta	2xLF, frec. Ranuras + bandas lat.	Radial
Paso de polos	1xTS /B.L. = # de polos x Frec.Des.	Radial

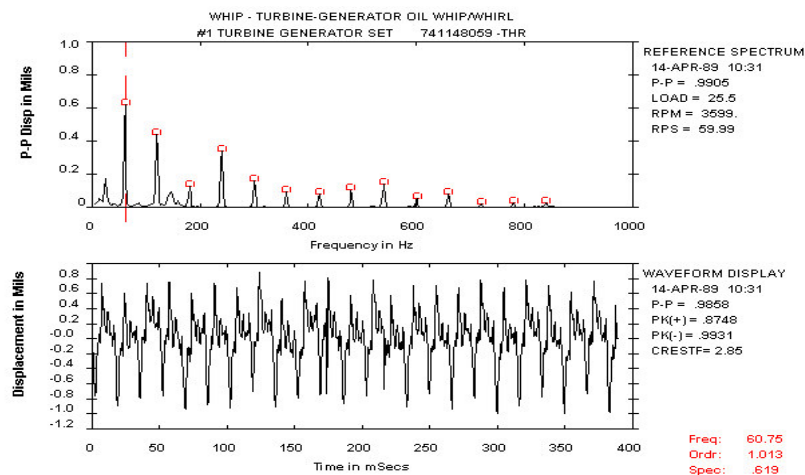
**Fuente:** Elaboración propia

## Otras Consideraciones.

1. Si se sospecha que es falla eléctrica, chequear Espectro o Forma de Onda en Modo Monitor.
2. Si la falla es eléctrica, el pico que se sospecha es la falla desaparecerá inmediatamente si se corta la corriente en el motor.
3. Si la falla es mecánica el pico permanecerá en el espectro e ira disminuyendo su amplitud suavemente hasta que el motor se detenga.
  - Defectos en Chumaceras

Tolerancia excesiva, carga inapropiada en la chumacera, y lubricación inadecuada puede resultar en altos niveles de vibración.

Una chumacera con excesiva tolerancia permite que pequeñas fuerzas de excitación, tales como ligeros desbalanceos o desalineamientos, causen niveles de vibraciones significativas en las chumaceras.



**Figura 22.** Espectro característico de defectos en chumaceras.

**Fuente:** Elaboración propia

*La frecuencia predominante.-* de la vibración puede ocurrir a  $1xTS$ ,  $2xTS$ ,  $3xTS$ , o aún mayores armónicos, dependiendo del diseño de la chumacera y sus aplicaciones.

*Plano Dominante.*- Lecturas en sentido RADIAL usualmente suministran la mejor información en chumaceras. Se debe comparar las lecturas verticales con las horizontales.

Las lecturas verticales dan la mejor indicación de tolerancia excesiva en las chumaceras. Lecturas axiales son las mejores para analizar problemas en chumaceras de empuje.

#### Otras Consideraciones

1. Se puede detectar el latigazo de aceite a  $1/2 \times \text{rpm}$  de la velocidad del eje. Bajo condiciones normales de operación.
2. Cambios en la presión del aceite de lubricación o en la viscosidad incrementan la posibilidad del latigazo de aceite.
3. La vibración debida a torbellinos de aceite a menudo es muy pronunciada, pero se reconoce fácilmente por su frecuencia fuera de lo común.
4. La vibración debido al torbellino de Histéresis, ocurre a frecuencias diferentes, cuando el rotor gira entre la primera y la segunda velocidad crítica.

***Análisis de muestras de lubricantes.*** La técnica más común es el test de muestras de lubricantes. Por ejemplo, la presencia de partículas muy pequeñas de arena y polvo puede ser detectada en un lubricante y evitar que cause deterioro a las partes más delicadas del equipo por las que circula dicho lubricante.

Entre los aspectos a controlar en las muestras de lubricantes están las variaciones de viscosidad, la presencia de productos extraños (contaminantes) y la presencia, también, de partículas procedentes del deterioro de alguna parte de la máquina (por ejemplo, polvo o partículas metálicas). Es corriente que este análisis se haga fuera de la planta producción.



- a. Termografía.** Con la utilización de cámaras de imágenes térmicas pueden obtenerse mapas de distribución de temperatura, buscando por ejemplo puntos calientes de conexiones eléctricas perdidas. Actualmente es utilizada para estudiar el estado de las tuberías y recipientes, así como cojinetes y acoplamientos. Además, la interpretación de los datos requiere poca formación en comparación con otras técnicas.
- b. Análisis de las respuestas acústicas.** Con una metodología bastante sencilla, pueden analizarse, a partir de los sonidos, problemas como defectos en rodamientos, donde algún elemento de los mismos puede estar causando algún defecto en una pista o creando descargas y picos de energía.

Estas técnicas suelen utilizar transductores similares y ubicados en los mismos lugares que el análisis de vibraciones. Así, se pueden utilizar estas técnicas de forma combinada con el análisis de vibraciones.

- c. Prueba de líquidos penetrantes.** Se emplea esta prueba para detectar defectos tales como poros, grietas, cavidades en la superficie de una pieza y otros defectos similares. Una condición previa es que las fallas empiecen en la superficie de trabajo.

Es imposible detectar fallas por debajo de las superficies con el método de líquidos penetrantes, aun cuando la distancia sea de sólo una fracción de milímetro no sirve para realizar inspecciones más profundas.

- d. Prueba de partículas magnéticas.** Todos los materiales ferromagnéticos pueden examinarse por medio de esta prueba. La pieza de trabajo tiene que ser magnetizada o puesta dentro de un campo magnético fuerte y las partículas magnéticas aplicadas a él en forma de polvo o fluido con las partículas magnéticas en suspensión. Se puede hacer por corrientes inducidas o por emisión acústica.

- e. Prueba de radiografía.** El método de prueba no destructivo que se conoce por más tiempo es el que emplea radiación de rayos X o rayos gamma. Con este método, los rayos de onda corta se generan por una fuente de rayos X o rayos gamma colocados antes de la pieza de trabajo, la penetran y revelan una película colocada detrás.

En la película revelada cualquier falla presente, tales como poros, cavidades e incrustaciones, es visible como manchas oscuras o parches, debido al debilitamiento de la radiación, es del tamaño original y está en su lugar.

- f. Prueba de ultrasonido.** Las ondas ultrasónicas son ondas de sonidos, es decir vibraciones mecánicas con frecuencia arriba del límite del oído humano por encima de 25 Khz.

Estas ondas son adecuadas para probar piezas de trabajo ya que poseen una muy alta penetración y que se propagan libremente. La velocidad de propagación depende del espesor del material que se examina y del tipo de ondas. Se hace una distinción entre ondas longitudinales las cuales son ondas de presión que se usan cuando el ángulo de incidencia es de 90 grados, y las ondas transversales, las cuales son ondas tangenciales que entran formando un ángulo con la pieza de trabajo.

- g. El método por impulso de choque.** Un método basado en el monitoreo del impacto mecánico causado por el daño en los rodamientos y condiciones de operación, conocido como "Shock Pulse Method" está actualmente disponible y se usa ampliamente. Esta técnica permite que la condición del rodamiento puede ser probado a lo largo de la vida útil, sin estar influenciada por el diseño, tamaño o vibración de la máquina. El método SPM detecta el desarrollo de una onda de choque mecánico causada por el impacto entre dos masas. En el momento del impacto, ocurre un contacto molecular y se desarrolla una onda de compresión (choque) en cada una de las masas.

**h. Prueba de presión sonora.** A menudo, los problemas en los equipos y las máquinas industriales se reconocen solamente como “ruido”. En muchos casos, son de una magnitud mucho mayor el trastorno de las vibraciones de la máquina o del equipo mismo.

Para determinar el alcance de las fuerzas relacionadas con estos trastornos, para que pueda tomarse medidas para proteger los equipos contra las mismas, las presiones sonoras tienen que convertirse en valores de desplazamiento o de aceleración.

**i. Equipos para la detección de problemas.** El Mantenimiento Predictivo, se basa en la utilización de un conjunto de equipos y aparatos que, al ser empleados periódicamente, es posible identificar condiciones que requieren corrección antes de que susciten mayores fallos o problemas dentro de una maquinaria.

Entre los diversos equipos que existen para la detección de problemas se tienen los siguientes:

- Analizador Portátil y medidas de amplitud.
- Equipo de ultrasonido para espesores de paredes delgadas.
- Sensores.
- Espectro fotómetro de absorción atómica, para análisis de aceites.

Monitores para:

- Desplazamiento axial.
- Contracción.
- Alineamiento.
- Precisiones convencionales.
- Vacío.
- Temperatura.
- Flujo

Y otros equipos que sirven para cada actividad específica que se quiera hacer en el mantenimiento predictivo.

### ***2.1.7. Mantenimiento Correctivo***

El mantenimiento representa una inversión que a mediano y largo plazo trae ganancias no sólo para el empresario, que invierte en mejoras para la producción, también representa un arma importante en seguridad laboral, ya que al prevenir accidentes se cuenta con trabajadores sanos e índices de accidentalidad bajos.

Se entiende por mantenimiento correctivo a la corrección de las averías o fallas, cuando éstas se presentan. Es la habitual reparación tras una avería que obligó a detener la instalación o máquina afectada por la falla.

Los sistemas productivos han generado diversas formas de ver al mantenimiento, por lo que actualmente puede ser: preventivo sistemático, predictivo, proactivo, basado en fiabilidad, etc. Y, aun así, las empresas basan su mantenimiento exclusivamente en la reparación de averías que surgen, incluso algunas importantes empresas sostienen que esta forma de actuar es la más rentable. (HERNANDEZ, 2016)

Como su nombre lo indica, el mantenimiento correctivo indica que este mantenimiento solo se realiza para hacer la corrección de una falla, de esta forma la máquina opera continuamente hasta que presenta una falla; o se puede hacer mantenimiento programado para corregir una falla. Una vez que presente la falla es que se realiza el mantenimiento, de lo contrario no se realiza y se espera a que falle. El tiempo de parada de la producción aumenta en este tipo de mantenimiento, esto debido que al presentarse una falla la máquina, se debe ubicar el fallo, una vez realizado este paso es que se procede a repararla, esto trae como consecuencia el aumento del tiempo de parada. Adicionalmente el costo de este mantenimiento es mayor, debido que la falla de una pieza implica la compra de una nueva, también se debe

considerar que, al trabajar la maquinaria con la pieza dañada, esta pudo haber causado daños en otras piezas de la máquina.

**Tipos de correctivo.** Existen dos formas diferenciadas de mantenimiento correctivo: el programado y no programado. La diferencia entre ambos radica en que mientras el no programado supone la reparación de la falla inmediatamente después de presentarse, el mantenimiento correctivo programado o planificado supone la corrección de la falla cuando se cuenta con el personal, las herramientas, la información y los materiales necesarios y además el momento de realizar la reparación se adapta a las necesidades de producción. La decisión entre corregir un fallo de forma planificada o de forma inmediata suele marcarla la importancia del equipo en el sistema productivo: si la avería supone la parada inmediata de un equipo necesario, la reparación comienza sin una planificación previa. Si en cambio, puede mantenerse el equipo o la instalación operativa aún con ese fallo presente, puede posponerse la reparación hasta que llegue el momento más adecuado.

La distinción entre correctivo programado y correctivo no programado afecta en primer lugar a la producción. No tiene la misma afección el plan de producción si la parada es inmediata y sorpresiva que si se tiene cierto tiempo para reaccionar. Por tanto, mientras el correctivo no programado es claramente una situación indeseable desde el punto de vista de la producción, los compromisos con clientes y los ingresos, el correctivo programado es menos agresivo con todos ellos.

### ***El Correctivo como Base del Mantenimiento***

Muchas empresas optan por el mantenimiento correctivo, es decir, la reparación de averías cuando surgen, como base de su mantenimiento: más del 90% del tiempo y de los recursos empleados en mantenimiento se destinan a la reparación de fallas. Este enfoque tiene las siguientes ventajas:

- No genera gastos fijos
- No es necesario programar ni prever ninguna actividad
- Sólo se gasta dinero cuanto está claro que se necesita hacerlo
- A corto plazo puede ofrecer un buen resultado económico
- Hay equipos en los que el mantenimiento preventivo no tiene ningún efecto, como los dispositivos electrónicos. No obstante, estas empresas olvidan que el correctivo también tiene importantes inconvenientes:
  - La producción se vuelve impredecible y poco fiable.
  - Las paradas y fallas pueden producirse en cualquier momento.

Desde luego, no es en absoluto recomendable basar el mantenimiento en las intervenciones correctivas en plantas con un alto valor añadido del producto final, en plantas que requieren una alta fiabilidad, las que tienen unos compromisos de producción con clientes sufriendo importantes penalizaciones en caso de incumplimiento o las que producen en campañas cortas.

Hay tareas que siempre son rentables en cualquier tipo de equipo. Difícilmente puede justificarse su no realización en base a criterios económicos: los engrases, las limpiezas, las inspecciones visuales y los ajustes. Determinados equipos necesitan además de continuos ajustes, vigilancia, engrase, incluso para funcionar durante cortos periodos de tiempo. Basar el mantenimiento en la corrección de fallas supone contar con técnicos muy calificados, una cantidad de refacciones importante, con medios técnicos muy variados, etc.

En la mayor parte de las empresas difícilmente las ventajas del correctivo puro superarán a sus inconvenientes. La mayor parte de las empresas que basan su mantenimiento en las tareas de tipo correctivo no han analizado en profundidad si esta es la manera más rentable y segura de abordar el mantenimiento, y actúan así por otras razones.

### ***Orden de Trabajo***

El conjunto de las órdenes de trabajo proporciona acceso a toda la información necesaria para la planificación y programación detallada del trabajo, incluyendo costos, equipos, operaciones, mano de obra, materiales y herramientas, y así como el análisis de fallas. Permite la Introducción diaria de requisiciones de trabajo de mantenimiento, así como el análisis de costos y horas de trabajo estimados contra reales.

### ***Lluvia de Ideas***

La lluvia de ideas, también denominada tormenta de ideas, es una herramienta de trabajo grupal que facilita el surgimiento de nuevas ideas sobre un tema o problema determinado. Donde un grupo para generar ideas originales en un ambiente relajado, en la búsqueda de ideas creativas resultó en un proceso interactivo que genera más y mejores ideas de las que los individuos pueden producir trabajando de forma independiente; dando oportunidad de hacer sugerencias sobre un determinado asunto y aprovechando la capacidad creativa de los participantes.

La principal regla del método es aplazar el juicio, ya que en un principio toda idea es válida y ninguna debe ser rechazada. En esta técnica se busca tácticamente la cantidad sin pretensiones de calidad y se valora la originalidad. Cualquier persona del grupo puede aportar cualquier idea de cualquier índole, la cual crea conveniente para el caso tratado. Un análisis ulterior explota estratégicamente la validez cualitativa de lo producido con esta técnica.

#### ***2.1.8. Mantenimiento proactivo***

El mantenimiento proactivo busca crear solidaridad, colaboración, iniciativa propia y trabajo en equipo en la empresa en que se implemente, de esta forma todos los miembros de la empresa, junta directiva, técnicos,

profesionales y ejecutivos estarán relacionados directa o indirectamente en el mantenimiento, y conscientes de las actividades que se realizan en esta área. Esto trae como consecuencia que cada miembro actúe con el conocimiento de la prioridad que el mantenimiento implica. Este mantenimiento busca hacer el análisis causa – raíz, el cual se basa en descubrir porque algo falla o puede fallar. De esta forma no solo se estima el tiempo en que algo falla, si no se descubre porque falla para luego atacar la causa principal. Este programa resalta la realidad que cuando hay una falla, solo se busca de cambiar lo que falló, asumiendo que falla por sí sola, pero la verdad es que ésta presenta falla por mala operación, descuidos, sobrecarga, contaminación, exceso de vibraciones, falta de lubricación entre otras cosas. Si logramos eliminar la causa, la falla se postergará. (ACEVEDO, 2012)

Según Widman (2004), el mantenimiento proactivo está basado en tres principios:

- Mejorar los procedimientos antes de que causen fallas
- Evitar paradas del equipo para mantenimiento correctivo
- Aumentar el intervalo entre intervalos para mantenimiento preventivo

### ***Índice de Mantenimiento Programado***

Porcentaje de horas invertidas en realización de Mantenimiento Programado sobre horas totales.

$$IMP = \frac{\text{Horas dedicadas a mantenimiento programado}}{\text{Horas totales dedicadas a mantenimiento}}$$

### ***Índice de Correctivo***

Porcentaje de horas invertidas en realización de Mantenimiento Correctivo sobre horas totales.



$$IMC = \frac{\text{Horas dedicadas a mantenimiento correctivo}}{\text{Horas totales dedicadas a mantenimiento}}$$

El Mantenimiento Proactivo, es una filosofía de mantenimiento, dirigida fundamentalmente a la detección y corrección de las causas que generan el desgaste y que conducen a la falla de la maquinaria. Una vez que las causas que generan el desgaste han sido localizadas, no se debe permitir que éstas continúen presentes en la maquinaria, ya que, de hacerlo, su vida y desempeño, se verán reducidos.

La longevidad de los componentes del sistema depende de que los parámetros de causas de falla sean mantenidos dentro de límites aceptables, utilizando una práctica de "detección y corrección" de las desviaciones según el programa de Mantenimiento Proactivo. Límites aceptables, significa que los parámetros de causas de falla están dentro del rango de severidad operacional que conducirá a una vida aceptable del componente en servicio. (TRUJILLO, 2002)

En sistemas mecánicos operados bajo la protección de lubricantes líquidos, controlar cinco causas de falla plenamente reconocidas, puede llevar a la prolongación de la vida de los componentes en muchas ocasiones hasta de 10 veces con respecto a las condiciones de operación actuales. Estas cinco causas críticas a controlar son:

- Partículas
- Agua
- Temperatura
- Aire
- Combustible o compuestos químicos

Cualquier desviación de los parámetros de las causas de falla anteriores, dará como resultado deterioro del material del componente, seguido de una

baja en el desempeño del equipo y finalizando con la pérdida total de los componentes o la funcionalidad del equipo.

Las condiciones de uso de los equipos que conducen a fallas (condicionales de falla), producen deterioro material (falla incipiente), que es la causa directa de la pérdida en el desempeño del equipo (falla operacional) y que finalmente resulta en la falta de funcionalidad del equipo (falla catastrófica)

Para poder detectar y corregir las causas de falla, se debe establecer métodos de control y seguimiento que permitan identificar su nivel y comportamiento. En la diaria actividad del mantenimiento, es común encontrarnos con condiciones de "convivencia" con los problemas en vez de utilizar una técnica real de detección y solución de las causas de falla.

El Mantenimiento Proactivo utiliza técnicas especializadas para monitorear la condición de los equipos basándose fundamentalmente en el análisis de aceite para establecer el control de los parámetros de causa de falla. Muchas de las empresas más importantes utilizan actualmente programas de análisis de aceite usado para establecer la condición de sus equipos y tomar decisiones de Mantenimiento Preventivo (cambiar el aceite) o de Mantenimiento Correctivo (cambiar la pieza que se encuentra dañada). El análisis de aceite está conceptualizado como una herramienta para "salvar" equipos y determinar cuándo una pieza está por fallar, para programar su reparación antes de una falla catastrófica.

El Mantenimiento Proactivo, establece una técnica de detección temprana, monitoreando el cambio en la tendencia de los parámetros considerados como causa de falla, para tomar acciones que permitan al equipo regresar a las condiciones establecidas que le permitan desempeñarse adecuadamente por más tiempo.

El análisis de aceites tradicionalmente se le conoce como una técnica del Mantenimiento Predictivo, ya que permite predecir la falla de un

componente, sin embargo, existen preguntas como: ¿Por qué esperar a que la pieza falle o aparezca desgaste para tomar una acción que permita extender la vida de servicio? Al analizar los resultados de desgaste de metales - comúnmente reportados en p.p.m. (partes por millón) - sólo se toma una acción cuando los resultados exceden los límites de advertencia o críticos establecidos. La cantidad de p.p.m. de hierro que aparece en el reporte de laboratorio, nunca regresará al componente, es decir, la vida del componente ha sido acortada.

Es necesario hacer una comparación entre el Mantenimiento Industrial y el Mantenimiento del cuerpo humano: Quienes se encuentran operando en "servicio severo" (viajes, largas jornadas de trabajo, presiones, estrés, mala alimentación, poco ejercicio, etc.) se está ante el riesgo de un infarto. En este caso, el Mantenimiento correctivo, sería la falla del corazón, lo que dejaría inservibles, el Mantenimiento Preventivo sería una operación, que instalara un by-pass o un marcapaso, el Mantenimiento Predictivo, sería un análisis completo de sangre, niveles de colesterol, etc., que indicará la condición del organismo y la posibilidad de un infarto.

La técnica del Mantenimiento Proactivo consistiría en un monitoreo de esos parámetros y un "cambio de hábitos", que permitan reducir esos factores que se conocen como la causa de falla; implica hacer más ejercicio, el comer menos carne roja, mas vegetales, organizar el tiempo, en fin, una nueva vida.

En el Mantenimiento Industrial ese "cambio de hábitos" significa el modificar en gran parte nuestra forma de ver los lubricantes, las partículas, el agua, la temperatura, el combustible y el aire. Significa una lucha contra lo invisible, las partículas que más afectan a los componentes de maquinaria rotatoria, son aquellas en el rango de las 10 micras (el ojo humano es capaz de ver partículas mayores a 40 micras), el agua, el aire y el combustible, son difíciles de detectar a simple vista y estamos acostumbrados a convivir con ellos.

Adicionalmente, se requiere de la estructura de un programa de Mantenimiento Proactivo, en el que se establezcan los equipos críticos a los que deberá enfocarse esta tecnología, efectuar un análisis de sus modos de falla, consecuencias, síntomas y efectos y determinar nuestros objetivos de control para cada una de ellas, los tipos de análisis que se efectuarán en base rutinaria y por condición y las medidas que deberán ser tomadas (métodos de exclusión, y de filtración) para regresar los parámetros a la condición establecida.

La recompensa será entonces la obtención de ahorros tan significativos como los obtenidos en gran cantidad de empresas que se han apegado a estos programas y que pueden llegar a la ampliación de la vida de los componentes de hasta 10 veces y hasta 6 veces mayor vida de los lubricantes. En el mantenimiento correctivo es muy importante que todos los procesos de trabajo queden registrados.

Esta información es de gran utilidad para analizar la avería en caso de que se vuelva a repetir y estudiar los costes económicos de estos fallos. Si nos encontramos con una avería de instrumentación o una avería electrónica, que se resuelve en el propio taller de mantenimiento, todo el proceso quedará recogido en los siguientes documentos básicos:

- Orden de trabajo.
- Vale de almacén.
- Parte del operario: el personal de mantenimiento cumplimentará una ficha en la que explicará el trabajo realizado.
- Ficha histórica de mantenimiento: documento en el que se van anotando a lo largo del tiempo las averías de la máquina.

El análisis en el tiempo de reparación de una avería es muy importante para la empresa. De este estudio se extrae información sobre los tiempos que más repercusión económica han ocasionado, y así prevenirlos en el futuro.

Los pasos que se dan en una operación de reparación son:

- Tiempo de información: tiempo que se tarda en informar sobre la avería.
- Tiempo de diagnóstico: tiempo que se tarda en diagnosticar qué le sucede a la máquina o equipo.
- Tiempo logístico: tiempo que se tarda en conseguir los repuestos, en el caso que fuesen necesarios. Éste es un punto débil para las empresas, ya que puede durar meses en algunos casos y afectar gravemente a la producción. La empresa debe contar con un almacén de repuestos, pero existirán determinadas piezas que no suelen tenerse almacenadas y que el fabricante no tiene en stock y deben ser fabricadas.
- Tiempo de reparación: tiempo que se tarda en reparar la parte afectada.
- Tiempo de prueba: hasta que la máquina no está probada, no se da por válida.
- Tiempo pasivo de la reparación: este tiempo no es aplicable a todas las instalaciones. Como ejemplo, una máquina térmica mientras está caliente no puede ser reparada; una vez reparada, habrá que esperar a que se caliente para que entre en funcionamiento. Ambos periodos de tiempo son considerados como pasivos.

El objetivo de una empresa es que el mantenimiento correctivo sea el mínimo posible, pero esto es una utopía, ya que este tipo de mantenimiento no se puede eliminar en su totalidad, pero sí conseguir rebajarlo hasta un nivel óptimo de rentabilidad.

La clave del éxito de un buen mantenimiento correctivo es una buena organización, una mano de obra cualificada y contar con repuestos suficientes que eviten depender del servicio del fabricante.

Cuando se detecta un daño en un ducto, se debe evaluar su resistencia permanente a fin de determinar las acciones de mantenimiento predictivo, preventivo o correctivo, que restablezcan el factor de seguridad, basado en probabilidades de falla aceptados por la industria petrolera internacional.

## **2.2. Antecedentes del Programa de gestión de mantenimiento en las operaciones de Transporte de hidrocarburos.**

Estudios sobre mantenimiento industrial.

Los diferentes trabajos de investigación hacen aportes importantes referentes al programa de control del mantenimiento.

Rivera (2011), propone el fundamento teórico de un Sistema de Mantenimiento industrial, que agrupa ciclo de vida, personas, instalaciones, entre otros elementos, basado en la Norma UNE-EN- 13460. Considera que "Si identificamos una variable "medible", su evolución indicará el estado de la máquina".

Espinoza (2012), desarrolló en este trabajo una novedosa herramienta que permite jerarquizar las acciones de mejoramiento de las condiciones actuales de la organización, que se ve enfrentada a un proceso de innovación, basado en una evaluación de los factores fuentes de riesgos y la definición de las acciones que podrían minimizar esos riesgos, pero hay que ser acucioso en la definición del alcance de cada acción de mejoramiento para no introducir nuevas fuentes de riesgos en el desarrollo del proyecto. Los resultados revelan informaciones sobre los puntos críticos de las fallas de los equipos.

Viveros y Otros (2013), proponen un modelo de gestión del mantenimiento, considerando las restricciones reales y la aplicación de las nuevas tecnologías TIC en todas las etapas dentro de un ciclo de mejora continua. Con la aplicación de nuevas tecnologías de mantenimiento, el concepto "e-maintenance" emerge como componente del concepto "e-manufacturing", el cual promueve el beneficio de las nuevas tecnologías de la información y comunicación para crear entornos corporativos y distribuidos multiusuario. "E-Maintenance" puede ser definido como un soporte de mantenimiento que incluye recursos, servicios y/o gestión, factores necesarios para desarrollar

la correcta ejecución de un proceso proactivo de toma de decisiones en el área de mantenimiento. Este soporte no sólo incluye tecnologías como Internet, sino también actividades "e-maintenance" (operaciones y procesos) como es el caso del "e-monitoring", "e-diagnosis", "e-prognosis, entre otras.

Olarte y Botero (2011), en su estudio se explica la técnica de detección de ultrasonido utilizada por el mantenimiento predictivo para localizar de manera exacta fallas incipientes en los equipos que hacen parte de las plantas productivas aprovechando las propiedades de las ondas sonoras.

Buenrostro (2010), diseña un software que ayuda a las pequeñas y medianas empresas de la Ciudad de México a programar sus mantenimientos. Con la finalidad de hacerlo practico y sencillo se programa en visual Basic V 6.0 para su uso dentro del entorno Windows, el mismo que se presenta en cuadros con código fuente el cual explica de manera práctica el funcionamiento de varias partes de este sencillo software.

Teutónico (2011), propone la implementación de un Sistema de Gestión de Integridad SGI, que permite un nivel seguro de operación del sistema de ductos, mitigando las amenazas detectadas, en función de los recursos disponibles, mantener un nivel de riesgo dentro de lo considerado por la industria como aceptable, disminución de costos operativos y de mantenimiento de los ductos, asociado a la disminución o eliminación de las contingencias por pérdidas de producto o Salidas de Servicio No Programadas.

Aeroterra (2006), organización enfocada a proveer servicios geoespaciales mediante la implementacion de Sistemas de Información Geográfica - GIS, integrando un completo sistema para la gestión de la integridad de ductos basado en tecnologías GIS. En cuanto al mantenimiento, da apoyo a los ingenieros en la planificacion y control de las intervenciones realizadas y a realizar a lo largo de la traza de un ducto. Esta herramienta permite evaluar

las anomalías y averías para proyectar un plan de intervenciones, como también controlar la planificación.

Gracia (2015), manifiesta que, en los últimos años, el tema del mantenimiento industrial está cobrando una importancia cada vez mayor debido a varias razones, el escenario que se presenta en la actualidad es que en las empresas hay cada vez mayor número de máquinas y los procesos de mantenimiento, limpieza, desmontaje, etc. son cada vez más complejos. Por tal razón, se ha empleado una aplicación de Realidad Aumentada (see-through) aplicada al mantenimiento industrial donde se puede apreciar ventajas como: el guiado paso a paso interactivo, la sobreimpresión 3D para mostrar las partes interiores y la posibilidad de añadir etiquetas digitales y comentarios sobre la máquina real.

Gómez (2010) considera que la tendencia actual en el mantenimiento integral se orienta a reducir al mínimo el mantenimiento correctivo, optimizar el sistemático y potenciar el predictivo. Los sistemas de Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO) buscan aumentar y fiabilizar la producción, evitar las pérdidas por averías y sus costes asociados.

En la actualidad la inclinación sobre los programas GMAO presentan soluciones mediante la informatización. GMAO Prisma3 Sisteplant es una herramienta informática que ofrece soluciones verticales para la industria, empresas de servicios de mantenimiento, infraestructuras o edificios. Está basado en la gestión de conocimiento e inteligencia artificial. Desarrollado con las herramientas más sólidas del mercado en tecnología '.net' y con utilidades de integración estándar mediante web services.

EP PETROECUADOR es una empresa estatal, creada el 26 de septiembre de 1989, se encarga de la explotación, refinación, transporte y comercialización de hidrocarburos directamente o por contratos de asociación con terceros asume la exploración y explotación de los yacimientos de hidrocarburos en el territorio nacional y mar territorial.



Desde hace muchos años la empresa más grande del país es encargada del transporte de productos limpios (gasolina súper, gasolina extra, diésel 2, diésel Premium, y jet fuel a lo largo del país, en las actuales condiciones y por los constantes cambios industriales la demanda de combustible se ha elevado a niveles críticos que la empresa los ha ido resolviendo a lo largo del tiempo.

En el año 2014 se contaba con un programa de gestión de mantenimiento (Main Traker, sistema AS400) el cual daba muchos problemas en la actualidad se ha implantado un nuevo sistema de gestión del mantenimiento, el problema de paradas de operación por gestión de mantenimiento no se han disminuido por lo cual se propone la evaluación del nuevo programa de mantenimiento para saber en qué está fallando el nuevo programa si es posible corregir estos problemas o se buscaría un nuevo programa para que solucione los problemas para mejorar la operación del transporte de hidrocarburos y poder garantizar al país el normal abastecimiento de combustibles.

### **2.3. Bases teóricas del mantenimiento y la operación de transporte de hidrocarburos.**

**Poliductos:** Los poliductos son redes de tuberías destinados al transporte de hidrocarburos o productos terminados.

Los poliductos transportan una gran variedad de combustibles procesados en las refinerías: keroseno, naftas, gas oíl etc. que son entregados en las terminales de recepción o en estaciones intermedias ubicadas a lo largo de la ruta.

Un poliducto puede contener cuatro o cinco productos diferentes en distintos puntos de su recorrido EP PETROECUADOR cuenta con una red de poliductos ubicados estratégicamente e interconectados entre sí, que

atraviesan las tres regiones del Ecuador Continental a través de 9 diferentes líneas, abastecen a todos los sectores sociales y productivos del país.

Aproximadamente 1300 kilómetros de poliducto, cuya capacidad de bombeo, permite transportar alrededor de 6 millones de galones diarios de combustible.

**Cuadro 3.** Características Generales de los Poliductos de Petroecuador

Poliducto	Longitud (KM)	Diámetro de Tubería (PULG)	Capacidad Bombeo (BLS/DIA)	Volumen empaq. Línea (BLS)	Caudal Máximo (BLS/HORA)
Esmeraldas - Sto Domingo	163,9	16	60.000	121.800	2.500
Sto Domingo - Quito	89	12	48.000	42.800	2.000
Sto Domingo - Pascuales	276	10	38.400	91.800	1.600
Quito - Ambato	111	6	12.000	13.572	500
Shushufindi - Quito	305	6-4	10.800	37.000	450
Libertad - Pascuales	128	10	21.600	42.300	900
Libertad - Manta	170	6	8.400	21.500	350
Tres Bocas - Pascuales	20	12	108.000	10.000	4.500
Tres Bocas - Fuel Oil	5,6	14	48.000	2.700	2.000
Tres Bocas - Salitral	5,5	8-6	36.000	900	1.500

**Fuente:** eppetroecuador.ec, 2016

**Cuadro 4.** Sistema de Transporte de Combustibles por Poliductos

Poliducto	Extensión (KM)	Diámetro (PULG)	Transporte (BLS/DIA)	Productos
Esmeraldas - Quito	252,9	16/12	48.000	Gasolinas Súper y Extra Diésel y Destilado 1 Diésel

				Premium y Jet Fuel
Shushufindi – Quito	305	6/4	10.800	GLP, Nafta, Diésel y Destilado 1 Quito - Ambato 111 6 12.000 Gasolina Extra, Diésel y Destilado 1
Santo Domingo - Pascuales	247	10	38.400	Gasolinas Súper y Extra Diésel y Destilado 1
Libertad - Pascuales	128	10	21.600	Gasolina Súper, Nafta, Diésel, Destilado 1, Jet Fuel
Libertad - Manta	170	6	8.400	Gasolina Extra, Diésel Destilado 1
Tres Bocas - Pascuales	20	12	108.000	Gasolina Súper, Extra Diésel, Destilado 1
Tres Bocas - Fuel Oil	5,6	14	48.000	Fuel Oil Tres
Bocas - Salitral	5,5	8/6	30.000	GLP

**Fuente:** eppetroecuador.ec, 2016

**Cuadro 5.** Características Técnicas del Sistema de Poliductos de Petroecuador

Poliducto	Estación de Bombeo	Ubicación	Altura (M)	Potencia (HP)	Distancia (Km)
Esmeraldas- Quito	Esmeraldas	Esmeraldas	20	3106	0
	Santo	Sto.	550	3106	163+944
	Domingo	Domingo	1450	3552	192+850
	Faisanes	Vía Aloag			
	Corazón	Sto Domingo	2650	3552	228+650
	Reductora	Vía Aloag			
	Beaterio	Sto Domingo			

		Quito	2950		252+970
Quito-Ambato	Bombeo	Quito	2950		0
	Beaterio				
	Reductora	Ambato	2760		111
	Ambato				
Shushufindi Quito	Shushufindi	Prov. Sucumbios	215	1080	0
	Quijos	Prov. Sucumbios	887	1080	122+007
	Osayacu	Prov. Napo	1840	1680	207+011
	Chalpi	Papallacta	2860	1680	242+137
	Reductora Beaterio	Quito	2950		304+815
Santo Domingo- Pascuales	Santo Domingo Pascuales	Santo	550	3106	0
		Domingo Guayaquil	200		246+497
Libertad Pascuales	Libertad Reductora Pascuales	Prov. Guayas Guayaquil	200	1.120	128
Libertad Manta	Libertad Reductora Manta	Prov. Guayas Prov. Manabí		800	170
Tres Bocas – Pascuales		Guayaquil Guayaquil		2.200	20
Tres Bocas – Salitral GLP		Guayaquil Guayaquil		400	5.5
Tres Bocas – Fuel Oil		Guayaquil Guayaquil		700	5.6

**Fuente:** eppetroecuador.ec, 2016

POLIDUCTO ESMERALDAS – QUITO. Siendo este un poliducto que se abastece de la refinería estatal Esmeraldas los productos que son transportados dependen de la producción de esta refinería. Este poliducto es el más importante de todos, debido a que es el que abastece el sector comprendido entre las regiones de la sierra y de la costa.

### ***2.3.1. Bases prácticas sobre la operación y mantenimiento del transporte de hidrocarburos.***

Mantenimiento del Poliducto

- Mantenimiento de línea: se encarga del cuidado de la parte externa del poliducto consta con cuatro patrullas militares que se encargan del recorrido diario para precautelar y evitar robos de combustible en la línea de tubería

#### Actividades

- Control de crecimiento de vegetación (desbroce)
- Reparación del revestimiento de tubería, bayonetas, full-raps.
- Corrección y reposición de marcos H, reparación, limpieza y pintura de puentes.
- Limpieza de alcantarillas, cunetas y drenajes.
- Mantenimiento de letreros y puntos de señalización.
- Mantenimiento de válvulas y canastillas,
- Mantenimiento y cuidado del derecho de vía.
- Construcción de obras de protección.
- Mantenimiento Eléctrico-mecánico
- Mantenimiento programado, correctivo y predictivo de todos los equipos y accesorios que intervienen en el bombeo de combustibles en la estación de bombeo Faisanes - Corazón.

Las actividades que se realizan son:

- Mantenimiento de equipos cada 500, 1000, 2000, 6000, 12000, y 24000 horas de funcionamiento.
- Overhaul completo de motores de combustión incrementadores de velocidad y bombas centrífugas.
- Reparaciones de contadores de flujo Smith meter, compresores de aire, bombas booster, bombas de trasiego, bombas horizontales, y la reparación de todas las válvulas que componen el sistema.

La capacidad de transporte varía y depende del tamaño de la tubería, entre más grande sea el diámetro, mayor la capacidad.

### **2.3.2. Operación y mantenimiento del transporte de hidrocarburos**

Debido mantenimiento. Esto es especialmente relevante en industrias como la aeroespacial, instalaciones militares, grandes complejos industriales o navieras. Una de las funciones de este programa es la configuración de un conjunto de materiales, haciendo listados de las partes correspondiente a ingeniería y a manufactura y actualizándolas de “entregadas” a “mantenidas” y finalmente a “utilizadas”.

Otra función es la planificación de proyectos logísticos, como por ejemplo la identificación de los elementos críticos de una lista que deben ser llevados a cabo (inspección, diagnóstico, localización de piezas y servicio) y el cálculo de tiempos de respuesta.

Otras tareas que este programa puede gestionar son:

- Planificación de proyectos,
- Gestión de la ejecución de proyectos
- Gestión de activos (partes, herramientas e inventario de equipos)
- Gestión del conocimiento en temas como: Histórico de mantenimiento
- Número de serie de partes y material

Datos sobre fiabilidad: tiempo medio entre fallos y tiempo medio entre cambios.

Documentación y mejores prácticas (Best Practices) sobre mantenimiento

Documentos sobre garantías.

### **2.3.3. Fallas de operación por mantenimiento de equipos en el transporte de hidrocarburos.**

#### **Causas.**

Son diferentes las causas dentro de una industria para que se produzca una falla en los equipos, estas están vinculadas con el desempeño del equipo.

Tenemos fallas físicas y fallas funcionales:

- Fallas físicas. Están relacionadas con las magnitudes físicas como temperatura, presión, etc.
- Falla funcional. Están relacionadas con la función que desempeñan dentro de la industria.
- Las fallas se pueden corregir, pero no todas, dependerán del uso y de las inspecciones básicas que se les realice, el operador debe estar atento al desempeño del equipo.
- En el análisis de fallas está ligado íntimamente con la criticidad en donde se debe codificar el equipo para priorizar las actividades de mantenimiento preventivo.
- En la industria se debe implementar un plan de contingencia de fallas que contenga partes, piezas, repuestos, material de los equipos de alta criticidad.

### ***Criticidad.***

Es la herramienta de orientación efectiva para la toma de decisiones a que equipo o parte de la industria priorizo actividad de mantenimiento. La criticidad consiste en determinar o clasificar los equipos existentes según la importancia que tienen para cumplir los objetivos de la industria.

Los equipos críticos, son aquellos que al fallar pueden afectar la seguridad del personal, el entorno ambiental, provocar un paro de la producción o incrementar el costo de mantenimiento. El objetivo es priorizar el esfuerzo de mantenimiento, enfocado a la satisfacción del cliente, favoreciendo y promoviendo el aprovechamiento de los recursos del área en las actividades de mayor valor. Para determinar la criticidad dentro de la planta es necesario asignar valores a la máquina o equipo de cero a diez a cada ítem en consideración.

Los criterios para analizar la criticidad pueden ser los siguientes:

- Seguridad.
- Medio ambiente.
- Producción
- Costos.
- Tiempo medio para reparar.
- Frecuencia de falla.
- Calidad.
- Toma de decisiones.

Al llegar a este punto, se está en la capacidad de tomar decisiones para un buen desempeño de la industria teniendo en cuenta la información de cada uno de los equipos, su historial, su criticidad, etc. Son parámetros que hay que tener en cuenta para la planificación del mantenimiento y gestión de recursos, materiales, repuestos, etc.

#### ***2.3.4. Tipos de programa de gestión de mantenimiento aplicados en la operación y mantenimiento del transporte de hidrocarburos.***

Tradicionalmente, se han distinguido seis tipos de tareas de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen:

*Tareas de mantenimiento correctivo:* lo componen el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son normalmente comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.

*Tareas de mantenimiento programado:* lo componen el conjunto de tareas de mantenimiento que tienen por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las revisiones e intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suelen tener un carácter sistemático, es decir, se interviene, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.



*Mantenimiento predictivo:* lo componen el conjunto de tareas que persiguen conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este tipo de tareas de mantenimiento, es necesario identificar variables físico-químicas (composición, temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y a veces de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y técnicos.

*Mantenimiento 'cero horas':* lo componen el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva.

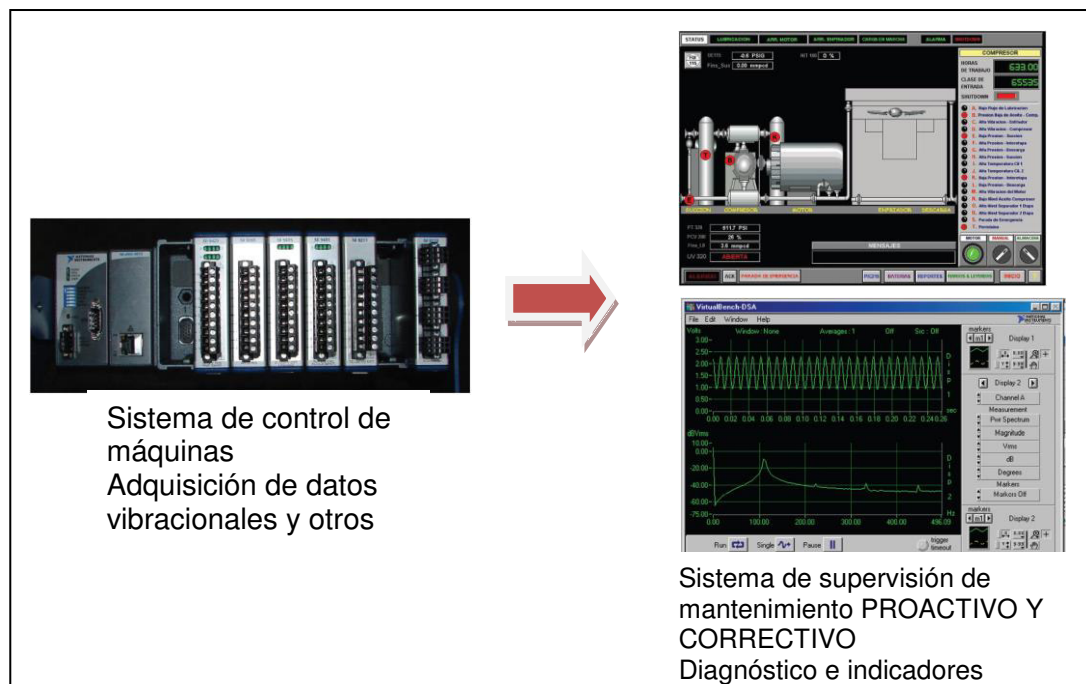
La aplicación de este conjunto de tareas tiene como objetivo dejar el equipo a cero horas de funcionamiento, es decir, como si éste fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reacondicionan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad, un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano. A veces se denomina a estas intervenciones Paradas u Overhaul.

*Mantenimiento conductivo:* es el conjunto de tareas de mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo. Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino tan solo un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la base del TPM (Total Productive Maintenance, Mantenimiento Productivo Total). (GARCIA, 2012)

*Mantenimiento modificativo:* Consiste en modificar la instalación para evitar que sucedan determinadas averías. Es cuestionable si realmente se trata de tareas de mantenimiento u otro tipo de actividad. En muchas instalaciones, no obstante, para conseguir los objetivos de disponibilidad y fiabilidad, es imprescindible modificar la instalación para corregir o mejorar un diseño.

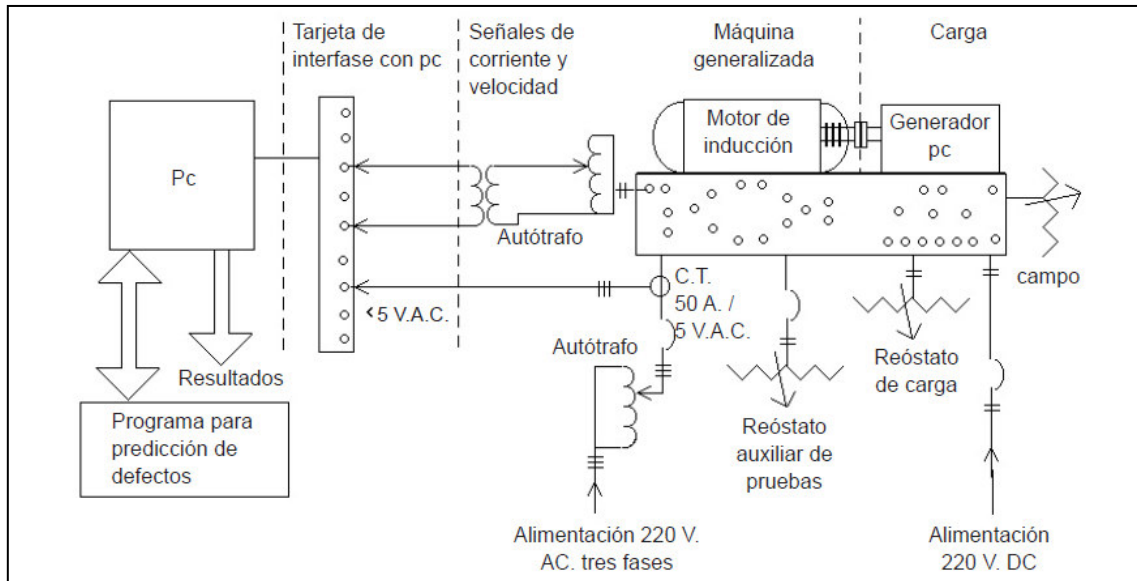
### **2.3.5. Sistema de control y supervisión del mantenimiento proactivo y mantenimiento correctivo.**

El control de procesos toma en cuenta la medición y el análisis de las variables que determinan el funcionamiento de un proceso, así como la toma de decisiones y la ejecución de acciones de control para gobernar dicho proceso. Aun cuando el control del proceso se realice con fines netamente operativos, siempre es posible capturar y almacenar información, que puede ser eficientemente procesada con fines de mantenimiento, como es el caso del mantenimiento predictivo. Asimismo, se acostumbra instrumentar máquinas y equipos de proceso para adquirir datos exclusivos para estos fines. Como una opción más, se pueden automatizar las tareas de mantenimiento.



**Figura 23.** Adquisición de datos, diagnóstico e indicadores.

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 24.** Esquema de investigación sobre el mantenimiento de máquinas.

**Fuente:** Elaboración propia

## 2.4. Glosario de términos

### **Abolladura.**

Depresión en la superficie del tubo.

### **Accesorios.**

Válvulas, actuadores, sistemas de inyección de inhibidores, rectificadores, medidores, etc.

### **Ánodo.**

Elemento emisor de corriente eléctrica (electrodo) en el cual ocurre el fenómeno de oxidación.

### **Anomalía.**

Cualquier daño mecánico, defecto o condiciones externas que puedan poner o no en riesgo la integridad del ducto.

### **Camisas mecánicas**

Dispositivos como grapas, abrazaderas de fábrica ó envoltentes atornilladas o soldadas en la sección de la tubería.

**Conexiones.**

Aditamentos que sirven para unir o conectar tubería, tales como: Tes, bridas, reducciones, codos, "tredelets", "weldolets", "socolets", etc.

**Corrosión.**

Proceso electroquímico por medio del cual los metales refinados tienden a formar compuestos (óxidos, hidróxidos, etc.) termodinámicamente estables debido a la interacción con el medio.

**Daño mecánico.**

Es aquel producido por un agente externo, ya sea por impacto, rayadura o presión y puede estar dentro o fuera de norma.

**Defecto.**

Discontinuidad de magnitud suficiente para ser rechazada por las normas o especificaciones.

**Derecho de vía.**

Es la franja de terreno donde se alojan los ductos, requerida para la construcción, operación, mantenimiento e inspección de los sistemas para el transporte y distribución de hidrocarburos.

**Ducto.**

Sistema de tubería con diferentes componentes tales como: válvulas, bridas, accesorios, espárragos, dispositivos de seguridad o alivio, etc., sujeto a presión y por medio del cual se transportan los hidrocarburos (Líquidos o Gases).

**Ducto enterrado.**

Es aquel ducto terrestre que está alojado bajo la superficie de un suelo seco o húmedo.

**Ducto sumergido.**

Es aquel ducto terrestre que debido a su trayectoria puede encontrarse enterrado o en el lecho de un cuerpo de agua (pantano, río, laguna, lago, etc.).

**Esfuerzo.**

Es la relación entre la fuerza aplicada y el área de aplicación, se expresa en N/mm<sup>2</sup> o lb/pulg<sup>2</sup>.

**Esfuerzo tangencial o circunferencial.**

Es el esfuerzo ocasionado por la presión de un fluido en la pared interna de la tubería actuando de manera circunferencial en el plano perpendicular al eje longitudinal del tubo.

**Grieta.**

Discontinuidad que se presenta como una abertura perceptible a simple vista.

**Fisura.**

Discontinuidad que se presenta como una abertura pequeña no perceptible a simple vista.

**Junta de aislamiento.**

Accesorio intercalado en el ducto, constituido de material aislante que sirve para seccionar eléctricamente el ducto por proteger.

**Mantenimiento correctivo.**

Acción u operación que consiste en reparar los daños o fallas en los ductos para evitar riesgos en su integridad o para restablecer la operación del mismo.

**Mantenimiento preventivo.**

Acción u operación que se aplica para evitar que ocurran fallas, manteniendo en buenas condiciones y en servicio continuo a todos los elementos que integran un ducto terrestre, a fin de no interrumpir las operaciones de este; así como de corrección de anomalías detectadas en su etapa inicial producto de la inspección al sistema, mediante programas derivados de un plan de mantenimiento, procurando que sea en el menor tiempo y costo.

**Tramo muerto (Dead Legth).**

Componentes de un sistema de tubería que normalmente no tienen un flujo significativo, como por ejemplo: ramales de desfogue, tuberías con válvulas de bloqueo normalmente cerradas, tuberías con un desfogue final, piernas

de soporte inactivas presurizadas, tubería de derivación con válvula de control de estancamiento, tubería con bomba de reserva, bridas de nivel, cabezales de entrada y salida con válvulas de alivio, ventilación en puntos altos, puntos simples de drenaje, purgadores e instrumentos de conexión.

### **El mantenimiento proactivo**

Está basado en los métodos predictivos más los preventivos, para identificar y corregir las causas de los fallos en las máquinas, es necesaria una implicación del personal de mantenimiento.

Estos sistemas sólo son viables si existe detrás una organización adecuada de los recursos disponibles, una planificación de las tareas a realizar durante un periodo de tiempo, un control exhaustivo del funcionamiento de los equipos que permita acotar sus paradas programadas y el coste a él inherente, y una motivación de los recursos humanos destinados a esta función, acordes al sostenimiento de la actividad industrial actual.

### **Presión de diseño.**

Es la presión interna a la que se diseña el ducto y es igual o mayor a la presión de operación máxima.

### **Presión de operación máxima (MAOP).**

Es la presión máxima a la que un ducto es sometido durante su operación.

### **Reparación Definitiva.**

Es el reemplazo de la sección cilíndrica del tubo que contiene el defecto.

### **Reparación Permanente.**

Es el reforzamiento de una sección de tubería que contiene el defecto, mediante la colocación de una envolvente no metálica o metálica soldada longitudinalmente y donde la correspondiente soldadura circunferencial es opcional.

### **Temperatura de Operación.**

Es la temperatura máxima del ducto en condiciones normales de operación.

### **Tubería.**

Componente de diferentes materiales que se utilizan dentro de un sistema de ductos.

**Tubo.**

Porción cilíndrica que se utiliza estructuralmente o como parte de un sistema de conducción.

**Válvula de alivio.**

Es un accesorio relevador automático de presión, actuando por presión estática aplicada sobre la válvula.

**Válvula de seccionamiento.**

Accesorio que se utiliza para seccionar tramos de tubería para reparación, mantenimiento o emergencia del ducto y que se encuentra espaciada de acuerdo a su clase de localización.

**Velocidad de corrosión.**

Es la relación del desgaste del material metálico con respecto al tiempo, en mm/año (pulg/año)

**2.5. Hipótesis y Variables****2.5.1. Hipótesis general**

- $H_0: Me_1 = Me_2$ : No existe diferencia significativa en los mantenimientos correctivos del año 2015 (sin presencia de mantenimientos proactivos) con respecto al año 2016 (con presencia de mantenimientos proactivos)
- $H_1: Me_1 \neq Me_2$ : Si existe diferencia significativa en los mantenimientos correctivos del año 2015 (sin presencia de mantenimientos proactivos) con respecto al año 2016 (con presencia de mantenimientos proactivos)

**2.5.2. Hipótesis específicas**

- $H_0: Me_1 = Me_2$ : No existe diferencia significativa en los mantenimientos preventivos del año 2015 (sin presencia de mantenimientos proactivos) con respecto al año 2016 (con presencia de mantenimientos proactivos)

- H1:  $Me1 \neq Me2$ : Si existe diferencia significativa en los mantenimientos preventivos del año 2015 (sin presencia de mantenimientos proactivos) con respecto al año 2016 (con presencia de mantenimientos proactivos)
- Ho:  $Me1 = Me2$ : No existe diferencia significativa en los mantenimientos predictivos del año 2015 (sin presencia de mantenimientos proactivos) con respecto al año 2016 (con presencia de mantenimientos proactivos)
- H1:  $Me1 \neq Me2$ : Si existe diferencia significativa en los mantenimientos predictivos del año 2015 (sin presencia de mantenimientos proactivos) con respecto al año 2016 (con presencia de mantenimientos proactivos)

## **2.6. Identificación de las variables**

- Variable dependiente: Mantenimientos correctivos de Equipos Mecánicos de transporte de hidrocarburos.
- Variable independiente: Mantenimiento proactivo

## **2.7. Matriz de consistencia**

A continuación, se muestra el cuadro 6, la matriz de consistencias:



Cuadro 6. Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	U. DE ANÁLISIS
<p><b>Problema General</b></p> <p>¿En qué medida un programa de mantenimiento proactivo de equipos mecánicos permite disminuir el mantenimiento correctivo del transporte de hidrocarburos en el Ecuador?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <p>¿Cómo determinar la relación entre el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo?</p> <p>¿Cómo determinar la relación entre el mantenimiento predictivo y el mantenimiento correctivo?</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Determinar la relación entre el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo de los Equipos mecánicos de transporte de hidrocarburos en el Ecuador, mediante una plataforma de supervisión de mantenimiento.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>Determinar la relación entre mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.</p> <p>Determinar la relación entre mantenimiento predictivo y mantenimiento correctivo</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>Ho: Me1 = Me2: No existe diferencia significativa en los mantenimientos correctivos del año 2015 (sin presencia de mantenimientos proactivos) con respecto al año 2016 (con presencia de mantenimientos proactivos)</p> <p>H1: Me1 ≠ Me2: Si existe diferencia significativa en los mantenimientos correctivos del año 2015 (sin presencia de mantenimientos proactivos) con respecto al año 2016 (con presencia de mantenimientos proactivos).</p> <p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p>1. Presencia de mantenimientos proactivos) con respecto al año 2016 (con presencia de mantenimientos proactivos)</p> <p>H1: Me1 ≠ Me2: Si existe diferencia</p>	<p><b>Variable dependiente:</b></p> <p>Mantenimientos correctivos de Equipos Mecánicos de transporte de hidrocarburos.</p> <p><b>Variable independiente:</b></p> <p>Mantenimiento proactivo</p>	<p>EMPRESAS DE TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS</p> <p>S</p>

		<p>significativa en los mantenimientos preventivos del año 2015 (sin presencia de mantenimientos proactivos) con respecto al año 2016 (con presencia de mantenimientos proactivos)</p> <p>2. Ho: <math>Me_1 = Me_2</math>: No existe diferencia significativa en los mantenimientos predictivos del año 2015 (sin presencia de mantenimientos proactivos) con respecto al año 2016 (con presencia de mantenimientos proactivos)</p> <p>H1: <math>Me_1 \neq Me_2</math>: Si existe diferencia significativa en los mantenimientos predictivos del año 2015 (sin presencia de mantenimientos proactivos) con respecto al año 2016 (con presencia de mantenimientos proactivos)</p>		
--	--	--	--	--

**Fuente:** Elaboración propia

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y Diseño de Investigación

La investigación es de tipo Aplicado y correlacional (Sánchez y Pongo, 2014).

Para poder evaluar si el nuevo programa de mantenimiento se tiene que describir que tipos de mantenimientos en base a datos obtenidos, se han realizado durante todo el año y esto describirá de manera tal, que se tome en cuenta las paradas de operación que se obtuvieron en el año.

Investigar las necesidades que la gente de mantenimiento necesita para ingresar los datos al para disminuir mantenimientos correctivos en el transporte de hidrocarburos. Vamos a ingresar los datos recolectados en el programa.

#### 3.2. Unidad de análisis

La unidad de análisis se centra en el mantenimiento mecánico semanal para el transporte de hidrocarburos.

#### 3.3. Población de muestra

**Población:** Son todos los mantenimientos semanales que se han realizado para el transporte de hidrocarburos.

**Muestra:** Son los mantenimientos realizados durante **96 semanas** para el transporte de hidrocarburos. (Los cuales fueron distribuidos en **48** semanas con mantenimientos proactivos y **48** semanas sin mantenimientos proactivos).

**Comprobándose que la muestra es suficiente** para la investigación utilizando un muestreo aleatorio simple para proporciones con tamaño poblacional infinito y con una proporción de 0.50, un error de 0.1 y con un nivel de significación del 5% ( $\alpha = 0.05$ )

$$n = Z^2_{(1-\alpha/2)} * p*(1-p) / E^2 = 1.96^2*0.5*(1-0.5) / 0.1^2 = 96$$

Al realizar el ***ajuste proporcional del 50% para la distribución de los dos grupos se obtiene 48 semanas***, con el cual justifica la aplicación durante un periodo de un año con mantenimientos proactivos y sin mantenimientos proactivos.

### 3.4. Técnicas de recolección de Datos

Esta investigación se dará mediante la observación directa de las operaciones con equipos in situ y también de los parámetros en los cuales se encuentra operando la gestión de mantenimiento, además de las encuestas a los operadores de mantenimiento y otros actores que intervienen en la operación y manipulación de las variables.

Entre los pasos para la recolección de datos se tomará en cuenta lo siguiente:

- Determinar las paradas por mantenimiento correctivo del año 2015
- Determinar las paradas por mantenimientos correctivos del año 2016 con el nuevo programa.
- Evaluar las características determinantes del nuevo programa con relación al año anterior
- Determinamos que defectos encontraron las personas que intervienen en la operación transporte de hidrocarburos y en la manipulación del programa de mantenimiento que se han implantado.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. Análisis de las escalas de medición de mantenimiento correctivo y proactivo (preventivo y predictivo)

Tal como se ha mencionado anteriormente los mantenimientos proactivos se dieron en el año 2016 refiriéndose a la presencia de mantenimientos correctivos y mantenimientos predictivos, ya que anterior a 2016 específicamente el 2015 el trabajo estaba basado en mantenimientos preventivos y escasamente mantenimientos predictivos no siendo este aún considerado fundamental en el desarrollo formal de los procesos, ya en esta investigación se propone darle vital importancia bajo la hipótesis que esta combinación reduciría los mantenimientos correctivos, es por ello que se presenta evidencias del análisis comparativo entre el 2015 y 2016 basados en los procedimientos realizados según explicó en líneas anteriores con el mantenimiento proactivo en el cual será considerado como una variable cualitativa dicotómica (Ausencia, Presencia) pero ha sido evaluado cuantitativamente a través de las escalas de medición mantenimientos predictivos y mantenimientos preventivos.

En el análisis de las escalas mencionadas: mantenimientos correctivos, preventivos, y predictivos se realizó las pruebas de normalidad con los test de Kolmogorov – Smirnov y también de Shapiro Wilk donde se encontró que no tienen comportamiento normal (Ver Cuadro 7), motivo por el cual es recomendable utilizar pruebas estadísticas no paramétricas ya que estas no se ven afectadas por la ausencia de la normalidad y darían resultados más confiables debido al comportamiento de nuestras variables, en el análisis se aplicaron coeficientes de correlación como *Rho de Spearman* (correlación no paramétrica basadas en rangos) y para el desarrollo de las hipótesis se utilizaron las pruebas no paramétricas U de Mann-Whitney.

También se analizó el comportamiento de las variables a partir de la prueba de Kolmogorov-Smirnov en el cual se obtuvo p valores de cero o aproximadamente cero, concluyéndose que estas no tienen comportamiento lineal, el cual permite realizar los análisis correspondientes que no se vean afectados por la ausencia de la normalidad, como son técnicas estadísticas no paramétricas.

**Cuadro 7.** Pruebas de normalidad

Variables	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Número de Mantenimientos Correctivos.	.279	96	.000	.773	96	.000
Número de Mantenimientos preventivos	.340	96	.000	.636	96	.000
Mantenimiento Predictivo	.405	96	.000	.613	96	.000

**Fuente:** Elaboración propia se realiza esta prueba para descartar la normalidad en los datos.

#### 4.2. Evaluación del mantenimiento correctivo

A partir del cuadro 8, se tiene que los mantenimientos correctivos cuando no hubo presencia de los mantenimientos proactivos se obtuvieron en el año 2015 entre cero y ocho medidas correctivas con un promedio de aproximadamente 2 medidas correctivas a la semana y una desviación estándar de 1.98.

Mientras que a partir del cuadro 9, se tiene que los mantenimientos correctivos cuando sí hubo presencia de los mantenimientos proactivos se obtuvo en el año 2016 entre 0 y 2 medidas correctivas con un promedio de aproximadamente 1 (0.83) medida correctiva a la semana y una desviación estándar de 0.75, observándose que a nivel de la mediana coinciden siendo

este aún un análisis previó las pruebas hipótesis desarrolladas en el siguiente punto fueron necesarias para la presente investigación.

**Cuadro 8.** Estadísticos descriptivos de los mantenimientos correctivos sin presencia de las medidas proactivas

N	Válidos	48
	Perdidos	0
<b>Media</b>		<b>1.896</b>
Mediana		1.000
Moda		1.0
<b>Desv. típ.</b>		<b>1.9812</b>
Asimetría		1.230
Curtosis		1.136
<b>Mínimo</b>		<b>0.0</b>
<b>Máximo</b>		<b>8.0</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Se puede ver a través de la Curtisis que aumenta la altura de la muestra.

**Cuadro 9.** Estadísticos descriptivos de los mantenimientos correctivos con presencia de las medidas proactivas

N	Válidos	48
	Perdidos	0
<b>Media</b>		<b>0.833</b>
Mediana		1.000
Moda		1.0
<b>Desv. típ.</b>		<b>0.7532</b>
Asimetría		0.289
Error típ. de asimetría		0.343
Curtosis		-1.157
Error típ. de curtosis		0.674
<b>Mínimo</b>		<b>0.0</b>
<b>Máximo</b>		<b>2.0</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Para poder analizar la relación entre las variables independientes con la variable dependiente se ha comprobado con diferentes coeficientes de correlación como son el coeficiente de correlación lineal de Pearson en el cual se obtuvieron relaciones significativas e inclusive superiores al que presentaremos sin embargo es importante tomar en cuenta la distribución de nuestras variables no provienen de una distribución normal entonces las medias utilizadas por Pearson pueden verse afectadas por ello se prefiere utilizar un coeficiente de correlación no paramétrico como Rho de Spearman por ser un indicador más robusto ante la ausencia de normalidad por su proceso interno que realiza al trabajar con rangos.

**Cuadro 10.** Análisis de la relación entre las variables con el coeficiente Rho de Spearman

Variables	Número de Mantenimiento Correctivos
Mantenimiento Preventivo Planificado	-0.25 (0.01)
Mantenimiento Predictivos	-0.22 (0.03)

**Fuente:** Elaboración propia

Existe evidencia estadística suficiente para afirmar que el número de mantenimientos preventivos están relacionados con el número de mantenimientos correctivos en sentido inverso ( $r = -0.25$ ) de manera significativa ( $p$  valor 0.01), es decir a medida que se incrementan los mantenimientos preventivos disminuyen los mantenimientos correctivos.

El número de Mantenimiento Predictivos está relacionado con el número de mantenimientos correctivos en sentido inverso ( $r = -0.22$ ) de manera significativa ( $p$  valor 0.03), es decir a medida que aumentan los mantenimientos predictivos disminuye el número de mantenimientos correctivos.



Se analizó las medidas correctivas presentadas con la presencia de los mantenimientos proactivos y su ausencia con la prueba estadística no paramétrica U. Mann Whitney.

### 4.3. Contrastación de las hipótesis

Se realizó un análisis comparativo entre las medidas correctivas dadas según periodo (años: 2015 - 2016) siendo esta variable mencionada de vital importancia para la presente investigación la cual ha sido observada cuando no estaba presente los mantenimientos proactivos y con la presencia de los mantenimientos proactivos, este análisis se realizará primero con estadísticas descriptivas siendo un preámbulo de resultados para seguidamente proceder al análisis del comportamiento de la variable y el desarrollo de coeficientes de asociación y/o correlación que permitan conocer cómo se relacionan las variables independientes con la variable dependiente y finalmente se probó la existencia de evidencia estadística suficiente para afirmar que estas diferencias son significativas.

**Cuadro 11.** Estadísticos descriptivos de las medidas correctivas sin presencia de las medidas proactivas

N	Válidos	48
	Perdidos	0
Media		1.896
Mediana		1.000
Moda		1.0
Desv. típ.		1.9812
Asimetría		1.230
Error típ. de asimetría		.343
Curtosis		1.136
Error típ. de curtosis		.674
Mínimo		.0
Máximo		8.0

**Fuente:** Elaboración propia

**Cuadro 12.** Estadísticos descriptivos de las medidas correctivas con presencia de las medidas proactivas

N	Válidos	48
	Perdidos	0
Media		.833
Mediana		1.000
Moda		1.0
Desv. típ.		.7532
Asimetría		.289
Error típ. de asimetría		.343
Curtosis		-1.157
Error típ. de curtosis		.674
Mínimo		.0
Máximo		2.0

**Fuente:** Elaboración propia

A partir del cuadro 7 se tiene que los mantenimientos correctivos cuando no hubo presencia de los mantenimientos proactivos se obtuvieron en el año 2015 entre cero y ocho medidas correctivas con un promedio de aproximadamente 2 medidas correctivas a la semana y una desviación estándar de 1.98. mientras que a partir del cuadro 8, se tiene que los mantenimientos correctivos cuando si hubo presencia de los mantenimientos proactivos se obtuvo en el año 2016 entre 0 y 2 medidas correctivas con un promedio de aproximadamente 1 (0.83) medida correctiva a la semana y una desviación estándar de 0.75.

También se analizó el comportamiento de las variables a partir de la prueba de kolmogorov Smirnov en el cual se obtuvo p valores de cero o aproximadamente cero, concluyéndose que estas no tienen comportamiento lineal, el cual permite realizar los análisis correspondientes que no se vean afectados por la ausencia de la normalidad, como son técnicas estadísticas no paramétricas.

**Cuadro 13.** Pruebas de normalidad

Variables	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Número de Mantenimientos Correctivos.	.279	96	.000	.773	96	.000
Número de Mantenimientos preventivos	.340	96	.000	.636	96	.000
Mantenimiento Predictivo	.405	96	.000	.613	96	.000

**Fuente:** Elaboración propia

Para poder analizar la relación entre las variables independientes con la variable dependiente se ha comprobado con diferentes coeficientes de correlación como son el coeficiente de correlación lineal de Pearson en el cual se obtuvieron relaciones significativas e inclusive superiores al que presentaremos sin embargo es importante tomar en cuenta la distribución de nuestras variables y estas no provienen de una distribución normal entonces las medias utilizadas por Pearson pueden verse afectadas por ello se prefiere utilizar un coeficiente de correlación no paramétrico como Rho de Spearman por ser un indicador más robusto ante la ausencia de normalidad por su proceso interno que realiza al trabajar con rangos.

**Cuadro 14.** *Análisis de la relación entre las variables con el coeficiente Rho de Spearman*

Variables	Número de Mantenimiento Correctivos
Mantenimiento Preventivo Planificado	-0.25 (0.01)
Mantenimiento Predictivos	-0.22 (0.03)

**Fuente:** Elaboración propia

Existe evidencia estadística suficiente para afirmar que el número de mantenimientos preventivos están relacionados con el número de

mantenimientos correctivos en sentido inverso ( $r = -0.25$ ) de manera significativa ( $p$  valor 0.01), es decir a medida que se incrementan los mantenimientos preventivos disminuyen los mantenimientos correctivos.

El número de Mantenimiento Predictivos está relacionado con el número de mantenimientos correctivos en sentido inverso ( $r = -0.22$ ) de manera significativa ( $p$  valor 0.03), es decir a medida que aumentan los mantenimientos predictivos disminuye el número de mantenimientos correctivos. Se analizó las medidas correctivas presentadas con la presencia de los mantenimientos proactivos y su ausencia con la prueba estadística no paramétrica U. Mann Whitney.

### HIPÓTESIS GENERAL

Ho:  $Me_1 = Me_2$ : No existe diferencia significativa en los mantenimientos correctivos del año 2015 (sin presencia de mantenimientos proactivos) con respecto al año 2016 (con presencia de mantenimientos proactivos)

H1:  $Me_1 \neq Me_2$ : Si existe diferencia significativa en los mantenimientos correctivos del año 2015 (sin presencia de mantenimientos proactivos) con respecto al año 2016 (con presencia de mantenimientos proactivos)

Nivel de significación: alfa 0.05

**Cuadro 15.** Estadístico de contraste hipótesis general

Medidas	Mantenimiento Correctivo
U de Mann-Whitney	832.000
Sig. asintót. (bilateral)	.014

**Fuente:** Elaboración propia

**Cuadro 16.** Rangos de la hipótesis general

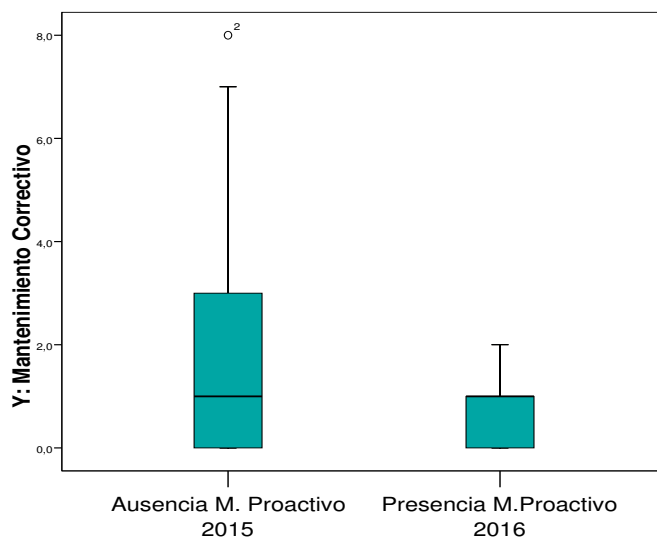
M. Proactivo	N	Rango promedio	Suma de rangos
Ausencia	48	55.17	2648.00
Presencia	48	41.83	2008.00
Total	96		

**Fuente:** Elaboración propia

## Conclusión

Con un nivel de significación del 5% se rechaza la  $H_0$  es decir, si existe diferencia significativa en los mantenimientos correctivos del año 2015 (sin presencia de mantenimientos proactivos) con respecto al año 2016 (con presencia de mantenimientos proactivos).

Con la presentación de los rangos promedio y la replicación de la prueba de hipótesis unilateral se concluye que los mantenimientos correctivos se reducen de manera significativa en el año 2016 cuando se aplicó los mantenimientos proactivos, es decir con la combinación de los mantenimientos preventivos y predictivos.



**Figura 25.** Cajas del Número de Mantenimientos

En el diagrama de cajas se puede observar que los mantenimientos correctivos del año 2016 no llega alcanzar a la media de los mantenimientos correctivos del año 2015

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 25, se aprecia que existe los mantenimientos correctivos toma puntuaciones superiores en el año 2015 comparado con los obtenidos en el año 2016. De la misma manera se puede ver que hay una mayor dispersión en el año 2015 comparado con el año 2016.

#### HIPÓTESIS ESPECIFICA 1

Ho:  $Me_1 = Me_2$ : No existe diferencia significativa en los mantenimientos preventivos del año 2015 (sin presencia de mantenimientos proactivos) con respecto al año 2016 (con presencia de mantenimientos proactivos)

H1:  $Me_1 \neq Me_2$ : Si existe diferencia significativa en los mantenimientos preventivos del año 2015 (sin presencia de mantenimientos proactivos) con respecto al año 2016 (con presencia de mantenimientos proactivos)

Nivel de significación: alfa 0.05

**Cuadro 17.** Estadístico de contraste hipótesis específica 1

Medidas	Mantenimiento Preventivos
U de Mann-Whitney	1077.500
Sig. asintót. (bilateral)	.585

**Fuente:** Elaboración propia

**Cuadro 18.** Rangos de la hipótesis específica 1

M. Proactivo	N	Rango promedio	Suma de rangos

Ausencia	48	46.95	2253.50
Presencia	48	50.05	2402.50
Total	96		

**Fuente:** Elaboración propia

### Conclusión

Con un nivel de significación del 5% No se rechaza la  $H_0$  es decir, no existe diferencia significativa en los mantenimientos preventivos del año 2015 con respecto al año 2016

### HIPÓTESIS ESPECIFICA 2

$H_0$ :  $Me_1 = Me_2$ : No existe diferencia significativa en los mantenimientos predictivos del año 2015 (sin presencia de mantenimientos proactivos) con respecto al año 2016 (con presencia de mantenimientos proactivos)

$H_1$ :  $Me_1 \neq Me_2$ : Si existe diferencia significativa en los mantenimientos predictivos del año 2015 (sin presencia de mantenimientos proactivos) con respecto al año 2016 (con presencia de mantenimientos proactivos)

Nivel de significación: alfa 0.05

**Cuadro 19.** Estadístico de contraste hipótesis específica 2

Medidas	Mantenimientos Predictivos
U de Mann-Whitney	893.000
Sig. asintót. (bilateral)	.026

**Fuente:** Elaboración propia

**Cuadro 20.** Rangos de la hipótesis específica 2

M. Proactivo	N	Rango promedio	Suma de rangos

Ausencia	48	43.10	2069.00
Presencia	48	53.90	2587.00
Total	96		

**Fuente:** Elaboración propia

## **Conclusión**

Con un nivel de significación del 5% se rechaza la  $H_0$  es decir, existe diferencia significativa en los mantenimientos predictivos del año 2015 con respecto al año 2016.

## **4.4. Implementación del Sistema de Mantenimiento Predictivo mediante diagnóstico vibracional para los motores y bombas de EP PETROECUADOR**

### **4.4.1. Descripción del Equipo**

El equipo utilizado para la inspección y determinación del estado técnico mecánico de las motores y bombas MWM 440 TBD específicamente en sus elementos rotativos como motores eléctricos, mediante el análisis de vibraciones, en la presente investigación del trabajo fue proporcionado por El DETECTOR II

1. El Detector II es un instrumento de medición portátil, de fabricación estadounidense de la marca FAG Industrial Services, desarrollado con el software de PC Trendline 2 para la comparación de los datos para los sistemas de vigilancia desconectados. Es fácil usar y a la luz además de eso.





**Figura 26.** Equipo de medición – Detector II

2. El Trendline 2 software es el programa del servidor para el Detector II. El propio Detector se diseña para grabar los datos que se midió. Toda la administración de los datos y las tareas de la evaluación se llevan a cabo por Trendline 2 software.

El software configura el monitoreo de un sistema y evalúa, análisis y almacena los datos medidos al sistema del Detector. Además, Trendline 2 software controla los datos que se intercambian entre el Detector-computador con el Trendline 2 software se corre, los datos procesados.

3. Una computadora como mínimo Pentium 3 para cargar el software Trendline 2 donde se establece el nombre de la planta, área y las máquinas a medir, sus puntos respectivos, las tolerancias de acuerdo a los equipos que se analizará; las rutas de medición y se configura el sensor a utilizar en este caso el Acelerómetro Rainger IP-M con una sensibilidad de 100 mV/g

#### ***4.4.2. Principio de Funcionamiento del Detector II***

El Detector II es un instrumento de mantenimiento predictivo, su principal función es la de medir la intensidad de vibración total o global. El detector II es un instrumento de medición portátil con los datos la de función grabados para el monitoreo desconectado de sistemas y maquinaria.

Para este propósito, el instrumento mide los sentidos de las vibraciones en puntos pre-determinados usando un sensor y trabaja fuera los RMS-valores de velocidad de vibración, aceleración en la vibración y la demodulación, los valores característicos llamado, para la caracterización de la maquina o la condición del componente. Además, el Detector II puede medir temperaturas usando un sensor infrarrojo.

Una vez finalizada una ronda de medición una, los valores característicos medidos pueden ser grabados, se transfieren a una computadora dónde son evaluados, analizados y gráficamente pintado usando el Trendline 2 software. La situación exacta del punto de la medición dentro del sistema para ser supervisado es guardada en la configuración. Allí, la sensibilidad del sensor para cada punto de la medición y el umbral valora para la alarma principal o preliminar y también se guarda.

La configuración es creada usando el Trendline 2 software y transferido al Detector II antes de la medición. Para medir, el sensor de vibración es fijado a un punto de la medición pre-determinado con la ayuda de un pegado de imán. Si éste no puede ser fijado debido al material (ejm. Aluminio), mediante el pegado magnético. Este tiene que ser pegado al punto de medición con la ayuda de un superglue duro (por ejemplo, los acrílicos azules).

La configuración del punto de la medición se selecciona en el Detector II y se empieza la medición. El Detector II archiva el sensor señala banda ancha y trabajos fuera de los valores característicos. Estos valores característicos se guardan y transfirieron a la computadora una vez terminada la ronda de medición.

Para cada punto de la medición Trendline 2 software compara el re-medido de los valores característicos contra los valores límites puestos para este punto de la medición para la alarma principal o preliminar respectivamente. Cualquier pico que se exceda será desplegado. Los valores característicos

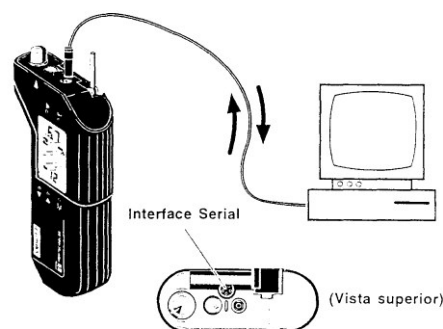
establecidos son guardados. Ellos pueden pintarse gráficamente dependiendo de la medición del punto en el tiempo.

#### **4.4.3. Conexión del Detector II al Software TRENDLINE 2**

El detector II está diseñado para trabajar conjuntamente con el Software Trendline 2, previamente se deberá establecer una base de datos y fijar la ruta de medición creada, con lo que se estará en condiciones de poder empezar a trabajar con el Detector II de la siguiente manera.

- Instalar el software en la PC
- Crear la configuración de la planta en el Software (base de datos)
- Conectar el Detector II al PC y encenderlo
- Enviar la configuración al Detector II
- Enviar la ruta(s) de medición al Detector II
- Tomar mediciones con el Detector II a lo largo de la ruta
- Importar las mediciones a Trendline 2.

Detector II puede ser fácilmente conectado a la interface serial del PC standard si se usa el cable suministrado en el paquete de Trendline 2, como se muestra en la figura 27.

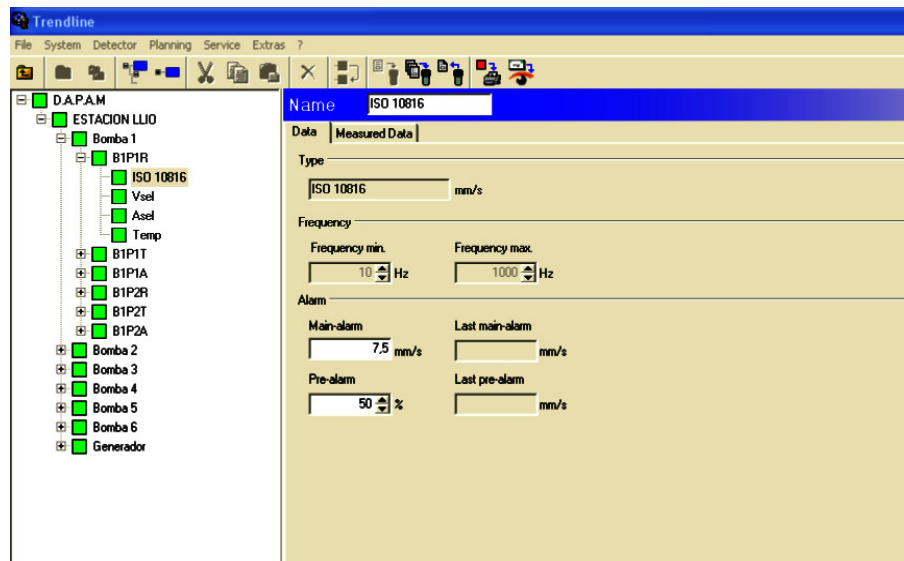


**Figura 27.** La conexión del Detector al PC

Con el Trendline se podrá a continuar verificando las mediciones con respecto a excesos de alarma y desplegar a su vez gráficamente las mediciones para un análisis de tendencia que se observará más adelante.

#### 4.4.4. Modo de Inspección con TRENDLINE

Después de haber instalado el software TRENDLINE en nuestro PC, procedemos a realizar una inspección visual de las maquinas a ser monitoreadas, luego con nuestro programa de mantenimiento predictivo empezamos creando una base de datos como se ve en la figura 28.



**Figura 28.** Base de Datos creada en el TRENDLINE.

**Fuente:** Elaboración propia

En la base de datos se obtiene un conjunto de información contenida en una estructura ordenada, necesitamos conocer cuatro cosas específicas lo cual se lo puede introducir en este software las cuales son:

- El nombre de la Planta en la cual tendrán las mediciones
- El nombre de la sección o área de la maquina en cuestión
- El nombre de la máquina y
- La localización de medición en la máquina.

Después de tener creada la base de datos, el software trabaja conjuntamente con el Detector II este conectamos al PC para introducir la configuración, ruta y configuración del sensor creada a la memoria de este, como se observa en la figura 4.2, para proceder a realizar las mediciones.

Una vez realizada la medición nosotros importamos los datos de Detector II al software Trendline el cual nos permitirá realizar el análisis del estado de la máquina, obteniendo un reporte del estado del motor, rodamientos, eje del motor de la bomba.

*Valores Característicos:* El detector II pueden almacenar hasta 4 diferentes los valores característicos por medir en un punto. Los valores característicos siguientes pueden seleccionarse:

**Cuadro 21.** Valores característicos del detector II

<b>Characteristic value</b>	<b>Legend</b>
<b>ISO 10816</b>	RMS-value of vibration velocity Frequency range: 10 Hz to 1 kHz Unit: mm/s
<b>v<sub>sel</sub></b>	RMS-value of vibration velocity with freely selectable upper and lower limiting frequency Frequency range: 2 Hz to 1 kHz Unit: mm/s
<b>a<sub>eff</sub></b>	RMS-value of acceleration in vibration Frequency range: 2 kHz to 20 kHz Unit: g
<b>a<sub>sel</sub></b>	RMS-value of acceleration in vibration with freely selectable upper and lower limiting frequency Frequency range: 2 Hz to 20 kHz Unit: g
<b>d<sub>eff</sub></b>	Demodulation signal of acceleration in vibration with settable low-pass Frequency range: 0 Hz to 100 Hz/ 1 kHz Unit: g
<b>d<sub>sel</sub></b>	RMS-value of acceleration in vibration with freely selectable upper and lower limiting frequency Frequency range: 0 Hz to 100 Hz/ 1 kHz Unit: g
<b>T</b>	Temperature Range: -15°C to +250°C Unit: °C

**Fuente:** Elaboración propia

**4.4.5. Niveles de Vibración:** Para establecer los niveles de vibración en este tipo de máquinas, en vista de que no se tiene establecido niveles admisibles específicos para poder de velocidad, aceleración, frecuencia,

decibeles se procedió a tomar referencias de la Tabla General de juicio de vibración, Norma VDI 2056, Guía de Severidad de Vibración en Maquinaria de DLI. Además de las relaciones y conversiones siguientes:

**Cuadro 22.** Niveles de vibración del detector II

<b>RELATIONSHIPS AND CONVERSIONS</b>			
<b>D</b> = Displacement in (pk-pk)	$D = .318 \frac{V}{f} = .0716 \frac{A}{f^2}$	<b>dB</b>	<b>RATIO</b>
<b>V</b> = Velocity in/s (pk)			
<b>A</b> = Acceleration in/s <sup>2</sup> (rms)	$V = .225 \frac{A}{f} = 3.14 f D$		
<b>f</b> = Frequency Hz			
<b>g</b> = Gravity = 386 in/s <sup>2</sup>	$A = 14.0 f^2 D = 4.44 f V$		
<b>VELOCITY DECIBELS</b>		<b>ACCELERATION DECIBELS</b>	
Ref: 0 VdB = 5.568 x 10 <sup>-7</sup> in/s (pk)		Ref: 0 AdB = 3.861 x 10 <sup>-4</sup> in/s <sup>2</sup> (rms)	
VdB = 20 log <sub>10</sub> $\left( \frac{V \times 10^7}{5.568} \right)$	AdB = 20 log <sub>10</sub> $\left( \frac{A \times 10^4}{3.861} \right)$	1	1.12
V(pk) = 5.568 x 10 <sup>(VdB-140)/20</sup>	A (rms) = 3.861 x 10 <sup>(AdB-80)/20</sup>	2	1.26
		3	1.41
		4	1.58
		5	1.78
		6	1.99
		7	2.24
		8	2.50
		9	2.82
		10	3.16
		15	5.63
		20	10.00
		40	100.00

**Fuente:** Elaboración propia

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- Con un nivel de significación del 5% se rechaza la  $H_0$  es decir, si existe diferencia significativa en los mantenimientos correctivos del año 2015 (sin presencia de mantenimientos proactivos) con respecto al año 2016 (con presencia de mantenimientos proactivos).
- Con la presentación de los rangos promedio y la replicación de la prueba de hipótesis unilateral se concluye que los mantenimientos correctivos se reducen de manera significativa en el año 2016 cuando se aplicó los mantenimientos proactivos, es decir con la combinación de los mantenimientos preventivos y predictivos.
- Con un nivel de significación del 5% No se rechaza la  $H_0$  es decir, no existe diferencia significativa en los mantenimientos preventivos del año 2015 con respecto al año 2016.
- Con un nivel de significación del 5% se rechaza la  $H_0$  es decir, existe diferencia significativa en los mantenimientos predictivos del año 2015 con respecto al año 2016
- El programa de mantenimiento ha permitido reducir los mantenimientos correctivos en el transporte de hidrocarburos en un 44%.
- A partir de las evidencias presentadas en la presente investigación se puede concluir que la implementación del software fue efectiva ya que redujo las medidas correctivas. Es decir, cuando los mantenimientos proactivos no estuvieron presentes (sin la implementación del software) se obtuvo un rango de 55.17 medidas correctivas en promedio mientras que cuando si hubo presencia de los mantenimientos proactivos (cuando

ya se implementó el software para las tomas de decisiones y programación de aplicar los mantenimientos preventivos y predictivos) se obtuvo un rango de 41.83 medidas correctivas en promedio (Ver Tabla N°11). Los mantenimientos correctivos disminuyeron de manera significativa presentándose que con la implementación del software se obtuvo una reducción del rango de 13.34 medidas correctivas en promedio.

- Se ha hecho una validación por el personal técnico operativo de la EPPETROECUADOR y se ha concluido que el software de manteniendo proactivo a reducido costo y tiempo de mantenimiento al estar en la actualidad en uso, se valida que el software está funcionando al 100% de su capacidad.

## **5.2. Recomendaciones**

- Se debe seguir con este programa para poder tener más datos de control como picos de vibraciones, análisis de aceite, termografía y poder reducir aún más el mantenimiento correctivo.
- Se requiere que en el mantenimiento predictivo se indique relaciones de pronóstico de fallas según su nivel de obsolescencia.
- Se debe incluir el mantenimiento eléctrico y electrónico.
- Analizar los costos que se ahorraría si se incluye los mantenimientos eléctricos y electrónicos.
- Este programa tiene es un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo (RTU) o cliente/servidor (TCP/IP), diseñado en 1979 por Modicon para su gama de controladores lógicos programables (PLCs). Convertido en un protocolo de comunicaciones estándar de facto en la industria, es el que



goza de mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales.

Las principales razones por las cuales el uso de Modbus en el entorno industrial se ha impuesto a otros protocolos de comunicaciones son:

Se diseñó teniendo en cuenta su uso para aplicaciones industriales

Es público y gratuito

Es fácil de implementar y requiere poco desarrollo

Maneja bloques de datos sin suponer restricciones

Modbus permite el control de una red de dispositivos, por ejemplo un sistema de medida de temperatura y humedad, y comunicar los resultados a un ordenador. Modbus también se usa para la conexión de un ordenador de supervisión con una unidad remota (RTU) en sistemas de supervisión adquisición de datos (SCADA). Existen versiones del protocolo Modbus para puerto serie y Ethernet (Modbus/TCP).

Cada dispositivo de la red Modbus posee una dirección única. Cualquier dispositivo puede enviar órdenes Modbus, aunque lo habitual es permitirlo sólo a un dispositivo maestro. Cada comando Modbus contiene la dirección del dispositivo destinatario de la orden. Todos los dispositivos reciben la trama pero sólo el destinatario la ejecuta (salvo un modo especial denominado "Broadcast"). Cada uno de los mensajes incluye información redundante que asegura su integridad en la recepción. Los comandos básicos Modbus permiten controlar un dispositivo RTU para modificar el valor de alguno de sus registros o bien solicitar el contenido de dichos registros.

Existe gran cantidad de modems que aceptan el protocolo Modbus. Algunos están específicamente diseñados para funcionar con este protocolo. Existen implementaciones para conexión por cable, wireless, SMS o GPRS. La mayoría de problemas presentados hacen referencia a la latencia y a la sincronización. Se ha probado en la actualidad con controladores como Rodwell pero es factible para comunicarse con cualquier plc ya que necesita entradas, salidas analógicas y digitales para su comunicación se recomienda probarlo con Labview.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

ACEBEDO, A. (2013). *Modelo conceptual de las 4 Dimensiones para la resolución de problemas en el mundo de la empresa*. (Tesis Doctoral). Universidad Mayor de San Marcos, Lima-Perú. [Fecha de Consulta: 25 de Mayo de 2016]

AEROTERRA, (2006, Noviembre 27). Sistema de Integridad de Ductos. Obtenido de [www.aeroterra.com/PDF/ASA\\_Integridad\\_Ductos.pdf](http://www.aeroterra.com/PDF/ASA_Integridad_Ductos.pdf)

ALVAREZ, R. (2004). *Curso de vibraciones mecánicas*. [Fecha de Consulta: 13 de Octubre de 2016]. Quito - Ecuador.

AMENDOLA, L. (2002). “*Modelos Mixtos de confiabilidad*”. [Fecha de Consulta: 13 de Octubre de 2016]. Publicado por Datastream. [www.mantenimientomundial.com](http://www.mantenimientomundial.com).

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CALIDAD. (2016). *Mantenimiento* . [Fecha de Consulta: 20 de Abril de 2016]. Obtenido de: <http://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/mantenimiento>

BECERRA, G. (2005) “Sistema Integral de Confiabilidad Operacional para el área de servicios industriales de la Cervecería Bavaria S. A. [Fecha de Consulta: 10 de Agosto de 2016]. Trabajo de Grado de Ingeniería Electromecánica. UPTC Sede Duitama. Boyacá-Colombia. Mayo

BUENROSTRO, L. (2010). *Diseño y aplicación de software de mantenimiento para la industria nacional*. INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL. México.

CALLONI, J. (1968). *Curso Industrial de Mantenimiento Preventivo*, [Fecha de Consulta: 11 de Noviembre de 2016]. Editorial Alsina, Argentina.

CÁCERES, B. (2004). "Como Incrementar la Competitividad Mediante Estrategias para Gerenciar Mantenimiento". [Fecha de Consulta: 28 de Agosto de 2016]. VI Congreso Internacional de Mantenimiento. ACIEM. Bogotá. Colombia.

CUADRADO, E. (2012). *Mantenimiento Industrial*. [Fecha de Consulta: 20 de Abril de 2016]. Riobamba.

CUATRECASAS, L. (2010). *Total Productive Maintenance*. [Fecha de Consulta: 12 de Octubre de 2016]. Barcelona.

CHUNG, A. (2012). *Prospectiva estratégica aplicada a la Universidad Pública*. [Fecha de Consulta: 6 de Julio de 2016]. Lima-Perú

DURÁN, J. (2000). ¿Qué es Confiabilidad Operacional? Revista Club Mantenimiento. Año 1. Nº 2. Septiembre. [Fecha de Consulta: 19 de Noviembre de 2016]. club\_mantener@sinectis.com.ar.

ELECTROINDUSTRIA. *Mantenimiento predictivo. La ventaja de anticiparse a las fallas*. (2006, Junio). Edición Digital. Obtenido de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=505&tip=1&xit=mantenimiento-predictivo-la-ventaja-de-anticiparse-a-las-fallas>

ENCICLOPEDIA CULTURALIA. (21 de Enero de 2013). *Mantenimiento*. [Fecha de Consulta: 22 de Junio de 2016]. Obtenido de <https://edukavital.blogspot.com/2013/01/definicion-de-mantenimiento.html> eppetroecuador.ec.

EPSILON, (2013, Diciembre). *Mantenimiento preventivo vs correctivo*. DataCenter Dynamics. [Fecha de Consulta: 25 de Enero de 2017], Obtenido de: <http://www.datacenterdynamics.es/>

ESPINOZA, F. DIAZ, A., & SALINAS, G (Agosto, 2012). *Un procedimiento para evaluar el riesgo de la innovación en la gestión del mantenimiento industrial*. *Ingeniare*, 20(2). pp. 242-254. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052012000200011>

GARCIA, S. (2012). *TPM - TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE*. [Fecha de Consulta: 18 de Septiembre de 2016]. Obtenido de <http://www.mantenimientopetroquimica.com/tpm.html>.

GARCIA, S. (2013, Diciembre). *Tipos de Mantenimiento*. [Fecha de Consulta: 27 de Enero de 2017]. Renovetec Ecuador. Obtenido de: <http://www.renovetec.com/tiposdemantenimiento.html>

GARCIA, S. (2013). *Análisis de vibraciones: Una tecnología clave del mantenimiento predictivo*. Obtenido de <http://www.energiza.org/mantenimiento-de-plantas/19-mantenimiento-de-plantas/516-analisis-de-vibraciones-una-tecnologia-clave-del-mantenimiento-predictivo>

GARCIA, L. (2008, Marzo). *Vista general del mantenimiento preventivo*. *Virtual Pro*, [Fecha de Consulta: 05 de diciembre de 2016], Número 74. Obtenido de: <http://www.revistavirtualpro.com/revista/mantenimiento-industrial/11>

GRACIA, M. (21, Abril 2015). *Realidad Aumentada (RA) aplicada al mantenimiento industrial*. Obtenido de <http://www.itainnova.es/blogs/visualizacion-inmersiva-e-interactiva-para-industria/realidad-aumentada-ra-aplicada-al-mantenimiento-industrial>

GÓMEZ, R. (22, Abril 2010). *Programa GMAO: Soluciones informáticas al mantenimiento industrial*. Obtenido de: <http://www.interempresas.net/Mantenimiento/Articulos/39774-Programas-GMAO-soluciones-informaticas-al-mantenimiento-industrial.html>

GUTTMANN, H., SWAIN, A. (1983). "*Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications*". [Fecha de Consulta: 19 de Septiembre de 2016]. Albuquerque, NM: Sandia National Laboratories.

HUERTA, Rosendo. (2004). "*Curso Confiabilidad Operacional: Uso de Técnicas y Herramientas de Aplicación*". [Fecha de Consulta: 9 de Mayo de 2016]. Seminario Customer Care, Datastream. Bogotá-Colombia.

LANTOS, E. (2010, Diciembre). *Ingeniería de Mantenimiento*. TBN-Ingeniería del Mantenimiento Industrial y Servicios Integrales de Lubricación. Edición Digital. Obtenido de <http://www.tbn.es>

LENZANA, E. (2010). *Curso Superior de Mantenimiento Industrial*. México. [Fecha de Consulta: 20 de Abril de 2016]. Manuales y Documentación de la empresa Ecuaceramica. Riobamba.

LOPEZ, F. (2015). *Manual de Mantenimiento basado Condición Mbc Programa Monitoreo Condición Tecnológicas*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/304637177/Manual-Mantenimiento-Basado-Condicion-Mbc-Programa-Monitoreo-Condicion-Integración-Tecnológicas>.

MATHER, D. (2002). *CMMS: A Timesaving Implementation Process*. [Fecha de Consulta: 11 de Agosto de 2016]. Klaron SA de CV. CRC Press. [www.Klaron.net](http://www.Klaron.net).

MOROCHO, M. (2010). *Administración del mantenimiento*. [Fecha de Consulta: 26 de Octubre de 2016]. Ecuador. Docucentro.

MOTT, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. [Fecha de Consulta: 27 de Noviembre de 2016]. 4ta. Edición. Editorial PEARSON, pág. 334. México

MPIA, (2013). *Transporte de Derivados a través de Poliductos*. [Fecha de Consulta: 17 de Abril de 2016]. Obtenido de: [http://eppintranet.eppetroecuador.ec/idc/groups/public/documents/peh\\_otros/000579.pdf](http://eppintranet.eppetroecuador.ec/idc/groups/public/documents/peh_otros/000579.pdf)

NEWBROUGH, E. P. (2010). *Administración de Mantenimiento Industrial*. [Fecha de Consulta: 30 de Noviembre de 2016]. México. Obtenido de Administración de Mantenimiento Industrial. Edición 12<sup>a</sup>. México.

PETROQUIMICA. *Reducción de los costos operativos y aumento de la confiabilidad de procesos con una Revisión de Estrategia de Mantenimiento*. Edición Digital. Obtenido de <http://revistapetroquimica.com/>

RIVERA, E. M. (2011). *Sistema de gestión del mantenimiento industrial*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima - Perú

ROS, A. (2013). *Congreso Internacional de Confiabilidad y Mantenimiento*. [Fecha de Consulta: 15 de Diciembre de 2016]. México

ROSALES, D. (2016). *Mantenimiento mecánico*. [Fecha de Consulta: 12 de Diciembre de 2016]. Obtenido de <http://dmrrmanteniminetomecanico.blogspot.com/2016/08/evolucion-del-mantenimiento-mecanico.html>

ROSALER, R. (2010). *Manual del Ingeniero de Planta*. [Fecha de Consulta: 15 de Diciembre de 2016]. Editorial. Mac-Graw-hill/Interamericana de Editores S.A.

SALVATIERRA, G. (2015, Abril). *Escuche los problemas en sus maquinarias*. Fiabilidad & Mantenimiento Un equilibrio perfecto. Editorial PM Servicios Empresarios S.R.L.

SCHENCK, T. (1995). *Diagnóstico de Máquinas, equilibrado en el sitio*. [Fecha de Consulta: 22 de Septiembre de 2016]. New York-USA

SOLUMANT. (2010, Enero). *Soluciones en Mantenimientos para máquinas, equipos y activos*. Edición *Virtual*. [Fecha de Consulta: 08 de Febrero de 2017], Obtenido de: <https://solumant.com/revista-especializada-en-mantenimiento/>

SOTUYO B., Santiago. (2001). "OIM: Optimización integral de Mantenimiento". [Fecha de Consulta: 14 de Agosto de 2016]. Ellmann, Sueiro S. A. [www.ellmann.net](http://www.ellmann.net). [www.confiableidad.net](http://www.confiableidad.net).

TEUTÓNICO, M. (2011, Marzo 22). Sistema de Integridad de Ductos. Obtenido de [www.giegroup.net/dcp/articulos/Articulo%20MT%20de%20SGI.pdf](http://www.giegroup.net/dcp/articulos/Articulo%20MT%20de%20SGI.pdf)

URUÉN, A. (2015). *Mantenimiento Industrial*. [Fecha de Consulta: 11 de Agosto de 2016]. Obtenido de: <http://www.proased.com/index.php/industria/mantenimiento-industrial/>

ZAMORA C, FEITO R. (1984), *El Mantenimiento Fabril su Planificación y Organización*, [Fecha de Consulta: 15 de Enero de 2017]. Editorial Científico — Técnica, La Habana.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Tiempos de paradas por mantenimiento correctivo sin el programa

AÑO 2015 SIN EL PROGRAMA												
t(semanas)	Mantenimiento CORRECTIVO	TIEMPO DE PARADA (MINUTOS)	TIEMPO TOTAL POR PARADAS DE MANTENIMIENTO	Mantenimiento PREVENTIVO PLANIFICADO	Mantenimiento PREVENTIVO EJECUTADO	TIEMPO MANTENIMIENTO PREVENTIVO (MINUTOS)	Mantenimiento PREDICTIVO	TIEMPO POR ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO (MINUTOS)	Mantenimiento PROACTIVO	P-401	P-402	P-403
1	4	52	208	10	3	180	0	0	0	1	1	2
2	8	15	120	10	13	880	0	0	0	3	3	2
3	6	28	168	10	7	420	0	0	0	2	2	2
4	1	13	13	10	17	1220	1	0	0	0	1	0
5	0	0	0	10	8	480	0	1330	0	0	0	0
6	5	30	150	10	11	769	0	0	0	1	1	3
7	2	45	90	10	9	540	0	0	0	1	1	0
8	0	0	0	10	12	732	1	0	0	0	0	0
9	2	45	90	10	5	300	0	0	0	1	1	0
10	1	52	52	10	8	480	0	540	0	0	0	1
11	4	35	140	10	7	420	0	0	0	2	1	1
12	0	0	0	10	20	1500	1	0	0	0	0	0
13	1	56	56	10	6	360	0	0	0	0	1	0
14	2	28	56	10	14	840	0	450	0	0	1	1
15	4	16	64	10	10	600	0	0	0	2	0	2
16	0	0	0	10	10	600	1	0	0	0	0	0
17	2	27	54	10	8	480	0	0	0	1	0	1
18	7	43	301	10	12	934	0	0	0	2	4	1
19	0	0	0	10	4	240	0	230	0	0	0	0
20	3	52	156	10	16	1180	1	0	0	1	1	1
21	0	0	0	10	6	360	0	0	0	0	0	0
22	3	46	138	10	8	480	0	0	0	1	1	1
23	1	33	33	10	11	660	0	180	0	0	0	1
24	4	26	104	10	15	1020	1	0	0	1	2	1
25	1	16	16	10	10	600	0	20	0	1	0	0
26	4	38	152	10	4	240	0	0	0	1	1	2
27	4	40	160	10	16	1043	0	0	0	2	1	1
28	3	29	87	10	10	600	1	0	0	1	1	1
29	1	52	52	10	9	540	0	0	0	0	1	0
30	4	59	236	10	9	540	0	32	0	2	1	1
31	1	45	45	10	11	560	0	0	0	1	0	0
32	1	39	39	10	11	660	1	0	0	0	1	0
33	0	32	0	10	6	360	0	0	0	0	0	0
34	1	52	52	10	3	180	0	340	0	1	0	0
35	0	0	0	10	17	1440	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	10	14	1239	1	0	0	0	0	0
37	1	38	38	10	10	600	0	0	0	0	0	1
38	0	0	0	10	5	300	0	221	0	0	0	0
39	1	52	52	10	9	540	0	0	0	0	0	1
40	1	89	89	10	16	954	1	0	0	0	0	1
41	1	43	43	10	9	540	0	0	0	1	0	0
42	1	47	47	10	7	420	0	335	0	0	1	0
43	2	47	94	10	11	660	0	0	0	0	0	2
44	0	0	0	10	13	780	1	0	0	0	0	0
45	1	45	45	10	13	780	0	0	0	0	0	1
46	3	52	156	10	12	720	0	12	0	1	0	2
47	0	0	0	10	15	1340	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	10	0	300	1	0	0	0	0	0
91	91	1457	3396	480	480	31611	3	3690	0	30	30	31

Fuente: Elaboración propia



**Anexo 2. Tiempos de paradas por mantenimiento correctivo con el programa**

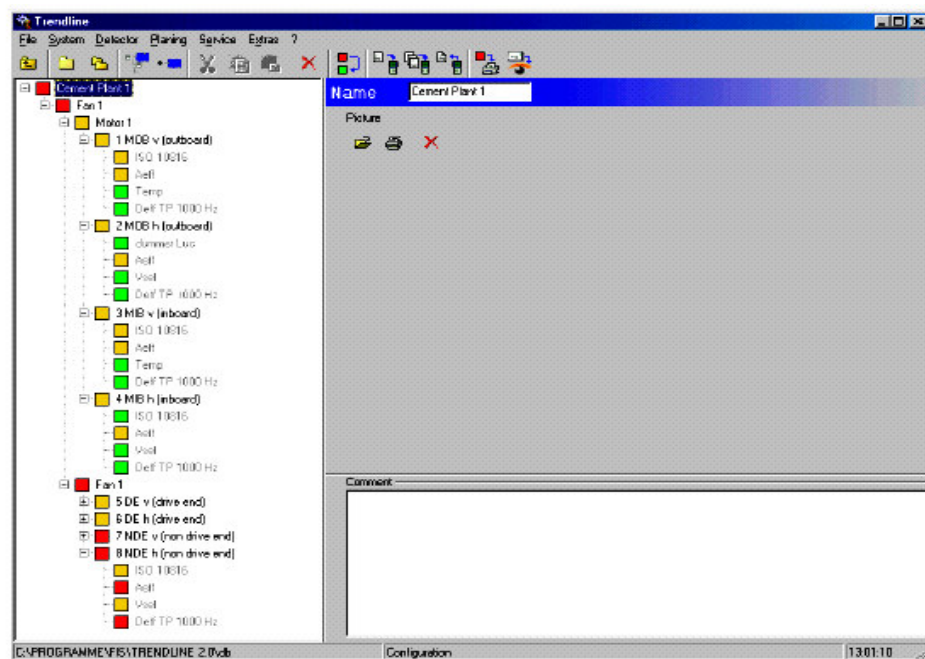
AÑO 2016 CON EL PROGRAMA												
t(semanas)	Mantenimiento CORRECTIVO	TIEMPO DE PARADA (MINUTOS)	TIEMPO TOTAL POR PARADAS DE MANTENIMIENTO	Mantenimiento PREVENTIVO PLANIFICADO	Mantenimiento PREVENTIVO EJECUTADO	TIEMPO MANTENIMIENTO PREVENTIVO (MINUTOS)	Mantenimiento PREDICTIVO	TIEMPO POR ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO (MINUTOS)	Mantenimiento PROACTIVO	P-401	P-402	P-403
1	1	47	47	12	12	648	0		1	0	0	1
2	2	45	90	12	6	324	1		0	1	1	0
3	2	54	108	12	14	756	0	450	1	0	1	1
4	1	45	45	12	12	648	1		0	1	0	0
5	1	34	34	12	11	594	0	240	1	0	0	1
6	2	46	92	12	11	594	1		0	0	0	2
7	2	45	90	12	14	756	0	180	1	0	2	0
8	2	56	112	12	14	756	1		0	0	0	2
9	2	45	90	12	8	432	0	333	1	1	1	0
10	1	52	52	12	5	270	1		0	1	0	0
11	2	35	70	12	19	1026	0	120	1	0	0	2
12	1	53	53	12	16	864	1		0	1	0	0
13	2	56	112	12	12	648	0	54	1	1	1	0
14	0	28	0	12	7	378	1		0	0	0	0
15	2	56	112	12	11	594	0	132	1	1	1	0
16	0	0	0	12	18	972	1		0	0	0	0
17	1	47	47	12	11	594	0	154	1	0	0	1
18	1	43	43	12	9	486	1		0	0	1	0
19	1	37	37	12	13	702	0	312	1	1	0	1
20	1	48	48	12	15	810	1		0	1	0	0
21	1	45	45	12	15	810	0	523	1	0	1	0
22	2	46	92	12	14	756	1		0	1	1	0
23	1	33	33	12	17	918	0	345	1	0	0	1
24	0	0	0	12	2	108	1		0	0	0	0
25	0	0	0	12	5	270	0	15	1	0	0	0
26	0	0	0	12	15	810	1		0	0	0	0
27	1	40	40	12	9	486	0	45	1	0	1	0
28	0	0	0	12	19	1026	1		0	0	0	0
29	0	0	0	12	10	540	0	56	1	0	0	0
30	1	59	59	12	13	702	1		0	1	0	0
31	0	0	0	12	11	594	0	32	1	0	0	0
32	0	0	0	12	14	756	1		0	0	0	0
33	0	0	0	12	7	378	0	53	1	0	0	0
34	1	52	52	12	10	540	1		0	0	1	0
35	0	0	0	12	9	486	0	132	1	0	0	0
36	1	56	56	12	22	1188	1		0	0	1	0
37	0	0	0	12	8	432	0	165	1	0	0	0
38	1	56	56	12	16	864	1		0	1	0	0
39	0	0	0	12	12	648	0	368	1	0	0	0
40	0	0	0	12	12	648	1		0	0	0	0
41	0	0	0	12	10	540	0	43	1	0	0	0
42	1	47	47	12	14	756	1		0	0	0	1
43	1	38	38	12	6	324	0	52	1	0	0	0
44	0	0	0	12	18	972	1		0	0	0	0
45	1	45	45	12	18	972	0	65	1	0	0	1
46	0	0	0	12	15	810	1		0	0	0	0
47	0	0	0	12	14	756	0	132	1	0	0	0
48	1	56	56	12	3	54	1		0	1	0	0
	40	1445	1901		576	30996		4001		13	13	14

### **Anexo 3: Interfaz del Sistema de Mantenimiento**

El software de mantenimiento Trendline 2, incluye una ventana principal donde se encuentra la barra del menú sobre las funciones del programa. Las funciones frecuentemente usadas pueden activarse vía los botones en la barra de herramientas debajo del menú de la barra principal.

En el lado izquierdo de la ventana se estructura la configuración para el sistema para ser monitoreado se pinta un directorio en forma de árbol. Las Configuraciones, se hacen en el orden descendente en los diferentes niveles “La sección”, “la Máquina” y “punto de medición”.

Así, un punto de la medición dentro de una configuración se define claramente por esta denominación, así como la especificación y situación de la máquina el lugar medido será encontrado fácilmente, como se muestra.



Ventana principal. TRENDLINE 2 Software

Al lado de la denominación de cada elemento de la configuración y estructura del sistema encontrará un campo marcado en color. Este indica la condición de la alarma para esta parte del sistema.

<b>Color de leyenda</b>
Verde: para este nivel de la estructura del sistema no se marca alarma.
Amarillo: para este nivel de la estructura del sistema se marca una alarma preliminar
Rojo: para este nivel de la estructura del sistema se marca una alarma principal

En el lado diestro al lado de la configuración y estructura del sistema se puede insertar una imagen. Al nivel más alto usted encontrará el recuadro dónde se puede ajustar las escenas de los puntos de medición individuales.

**La Barra de Menú.** La barra del menú permite el acceso a las funciones siguientes del Trendline 2 software:

Menú            Menú ítems y su función

File            New

Crea un nuevo archivo.

Open

Abre un archivo que ya existe.

Import

Carga a Trendline 1.x-archivo a un archivo exportado usando Trendline 2.x.

Export

Exporta parte de la estructura de un punto de medición actual

Close

Cierra el Trendline 2 software.

System        To root level

Toma su posición actual en el árbol en seguida regresa al principio, todo el tiempo.

Rename

Permite cambiar el nombre de un elemento seleccionado

New item

Inserta un elemento en la estructura de la configuración en el mismo nivel actual como desplegó.

#### New subitem

Inserta un elemento en la estructura de la configuración dentro del nivel más alto como subnivel.

#### Expand

Despliega todos los componentes del elemento seleccionado dentro de la configuración.

#### Close

Cierra la estructura del árbol completa.

#### Cut

Corta fuera el elemento actual del árbol.

#### Copy

Realiza copias del elemento actual del árbol.

#### Paste

Pega el elemento en el portapapeles en la posición actual en el árbol.

#### Delete item

Borra la entrada actual al árbol con todos los subalternos-entrada.

#### Delete measured data

Borra los datos de medición de la posición actual. La estructura de la configuración no es cambiada

#### Reset alarm status

Restablece todas las alarmas para el elemento de la configuración la estructura del sistema seleccionado.

#### Detector

#### Send configuration

Envía todos los puntos de la medición del elemento actualmente seleccionado de la PC hacia el Detector.

#### Send route

Envía una de las rutas pre-seleccionadas de la PC al

#### Detector

#### Load data from Detector

Abre una conexión al Detector y transmite todos los datos guardado en el Detector.

#### Configure Detector

Permite poner todas las opciones al Detector registrado.

#### Sensor

Agrega, revisa y anula los sensores.

#### Planning

##### Route

Edita las rutas para trabajos fuera (en campo)

##### Template

Define y revisa las medidas de la configuración que pueden usarse.

#### Service

##### EService

Envía los datos seleccionados para el análisis extenso.

##### Alarm report
















Crea un informe de la alarma.

##### Route report

Crea un informe de la ruta.

### ***Barra de Herramientas***

Las funciones frecuentemente usadas de Trendline 2 software puede usarse vía el toolbar(barra de herramientas).

	Go to root element
	Create New item
	Create new sub-item
	Expand tree entries
	Close selected element
	Cut
	Copy
	Paste
	Delete
	Reset Alarm Status
	Send configuration to detector
	Send route to detector
	Download data from detector
	Alarm Report
	Eservices

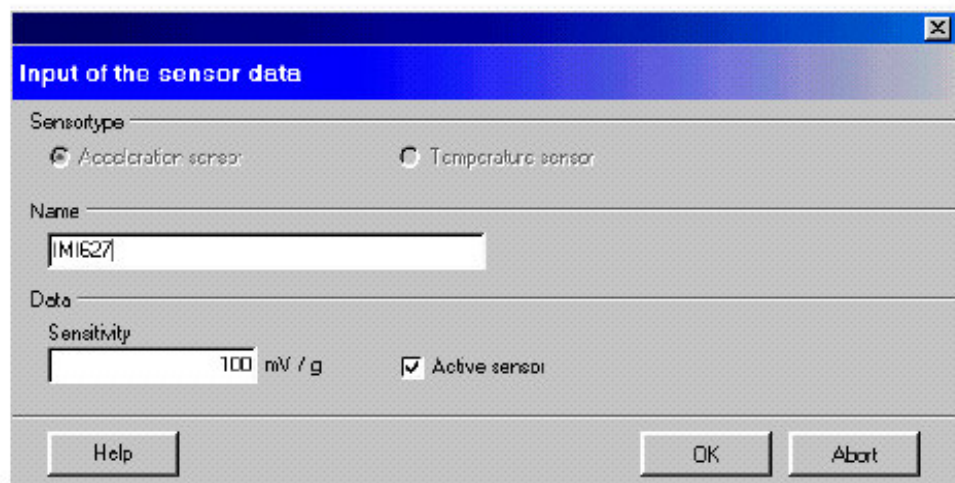
### ***Configuración y Registro de Sensores***

#### - Primeros Pasos

##### Colocando los sensores

Antes de configurarlo se tendrá que definir los sensores que le gustaría usar. Algunos sensores son pre-definidos como el sensor de temperatura que usted puede pedir con el Detector II. Para crear un nuevo sensor de aceleración, proceda como sigue:

- Click en Detector ➡ Sensor ➡ Add en la barra del menú. Una nueva ventana es abierta.



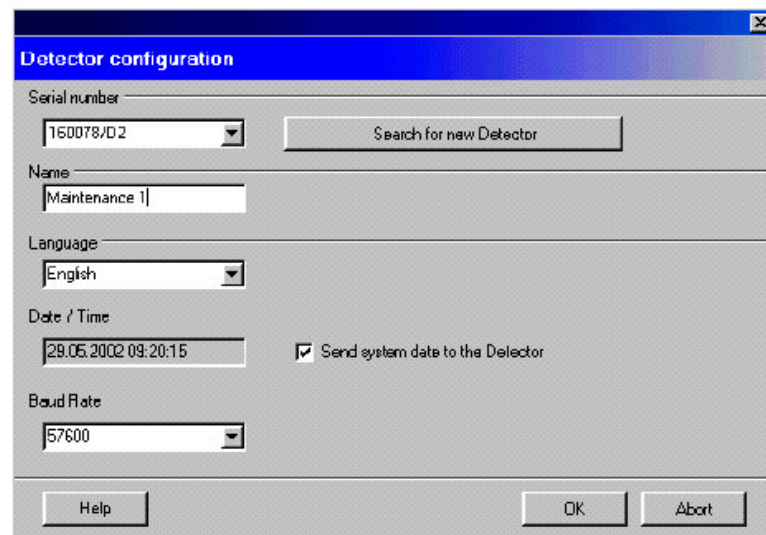
Ventana para agregar nuevos sensores. TRENDLINE 2 Software

- Nombre del sensor, por ejemplo "IMI 627."
- Entrar la sensibilidad del sensor. Esto está impreso hacia el sensor o provisto en la configuración del software (datasheet). Normalmente, es 100 mV/g.
- Verifique el campo "Sensor Activo." Haciendo que el voltaje de suministro de sensor del Detector se encienda en un alto-paso se conecta para filtrarse fuera del voltaje que proporcione la medición.
- Click OK para guardar el nuevo sensor.

Registro del nuevo detector.

El Trendline 2 software tiene una base de datos por administrar todos los Detectores que usa con su programa. Antes de enviar los datos la primera vez al Detector para, ser registrado a Trendline 2 software. Para hacer que, se conecten el Detector II al puerto serial de su computadora se usa el cable de transmisión de datos proporcionado y se enciende el Detector. Ahora se sigue la secuencia mostrada abajo.

Click en Detector → Configure Detector.



Ventana del Detector. TRENDLINE 2 Software

Conecte el Detector a su PC y lo enciende. Haga clic en la Búsqueda para el nuevo Detector para registrar el nuevo Detector adelante el programa.

#### Creación de Rutas

Para la creación de las rutas tenemos que tomar en cuenta algunos factores tales como:

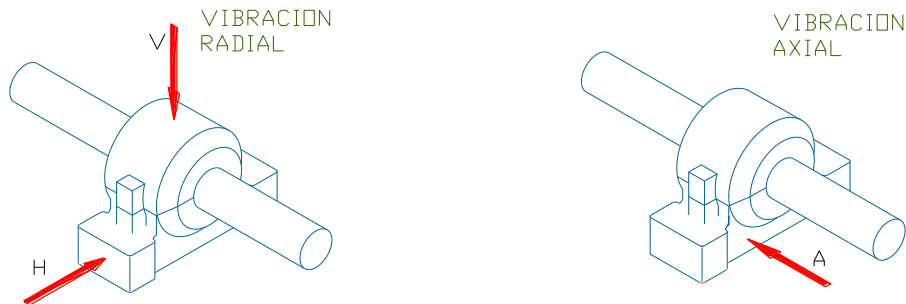
*Posicionamiento.*- Recorra el área de la planta donde se encuentran los equipos a ser monitoreados, determinando su ubicación, los puntos de medición y secuencia de las mismas (rutas), particularidades y opciones de rutas, aspectos de seguridad, accesibilidad, identificaciones.

*Desarrollo de las planillas de datos.*- Establecer qué máquinas van a ser monitoreadas, y completar una planilla de datos para cada una de ellas. La planilla de datos provee información necesaria sobre cada elemento rotante, a fin de identificar las Frecuencias características, los puntos de medición, datos de reparaciones.



## ***Sentidos de Mediación***

Es recomendable montar el sensor de vibración orientado en los sentidos tangencial, radial y axial.



## **Sentidos de mediación**

Hay que evitar las posiciones con variaciones de temperaturas o excesiva condensación, y en el caso de acelerómetros, el flujo de aire / fluidos sobre el sensor.

Dado que conocemos cómo los problemas crean vibraciones en cada plano, la lectura en tres sentidos puede ayudarnos a interpretar el origen de las mismas.

- Tangencial.- El desbalanceo es la causa más común de vibraciones en el plano radial (horizontal y vertical). Normalmente las máquinas son más elásticas en el plano horizontal, por lo tanto, el desbalanceo se manifiesta generalmente en este sentido.
- Radial.- Normalmente es menor que en el plano horizontal, debido a la diferencia de rigidez mencionada, y a la acción de la gravedad.
- Axial.- En condiciones ideales presenta valores más bajos que las radiales, dado que las fuerzas generalmente son perpendiculares al eje. Sin embargo, los problemas de desalineaciones crean vibraciones en este sentido.

Esta es una guía de casos generales. Equipos montados verticalmente, o con rotores en voladizo, u otros casos particulares, pueden mostrar diferentes respuestas. Es importante resaltar que el sensor tiene mayor sensibilidad en la dirección en el cual es montado. También se debe tomar la lectura, lo más cerca posible del cojinete. Evitar posicionar el sensor sobre partes muy delgadas, pues pueden presentar resonancias o flojedades.

### ***Frecuencias de Mantenimiento***

Las frecuencias de mantenimiento las hemos establecido mediante los historiales de máquinas y equipos similares de empresas que si cuentan con programas de mantenimiento y que funcionan bajo similares condiciones. Además de ello se determinó en base a la condición (criticas sin respaldo) que tiene cada uno de los equipos.

Lo ideal es que se lleve un control estricto de cada falla, cuál fue su causa, que complicaciones causo, que tiempo se tardó en reparar, con cuanto personal, etc. Para sacar el TMEF y el TMER que es el medio más aconsejable para establecer frecuencias. Con esto se pone como recomendación el seguimiento y tabulación de cada falla por más pequeña que esta sea.

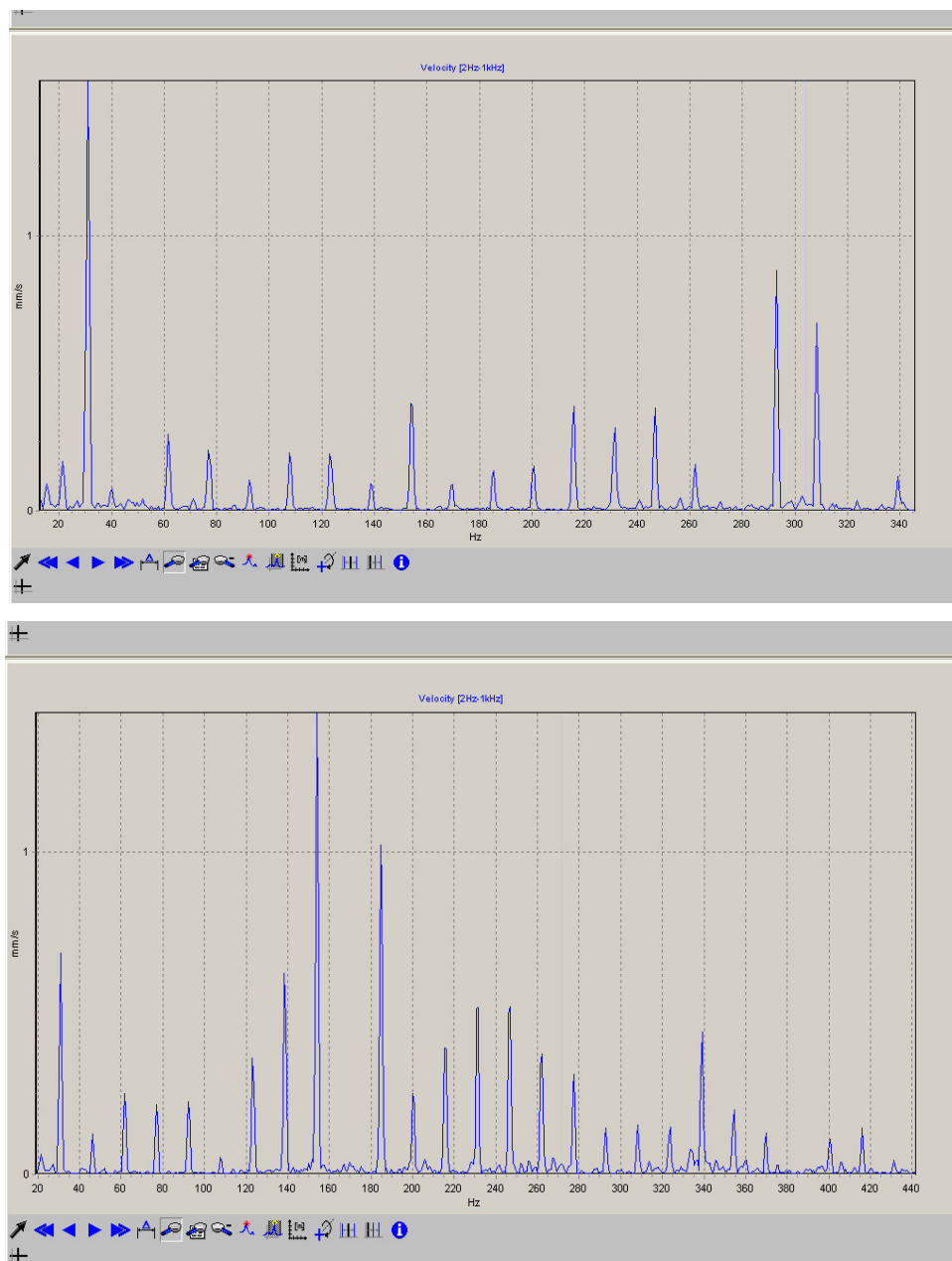
### ***Plan de Mantenimiento***

Es el uso de un método sistemático y organizado que nos permitirá cumplir las diversas tareas a realizarse en la maquinaria o equipos empleando de modo más racional los recursos humanos y materiales.

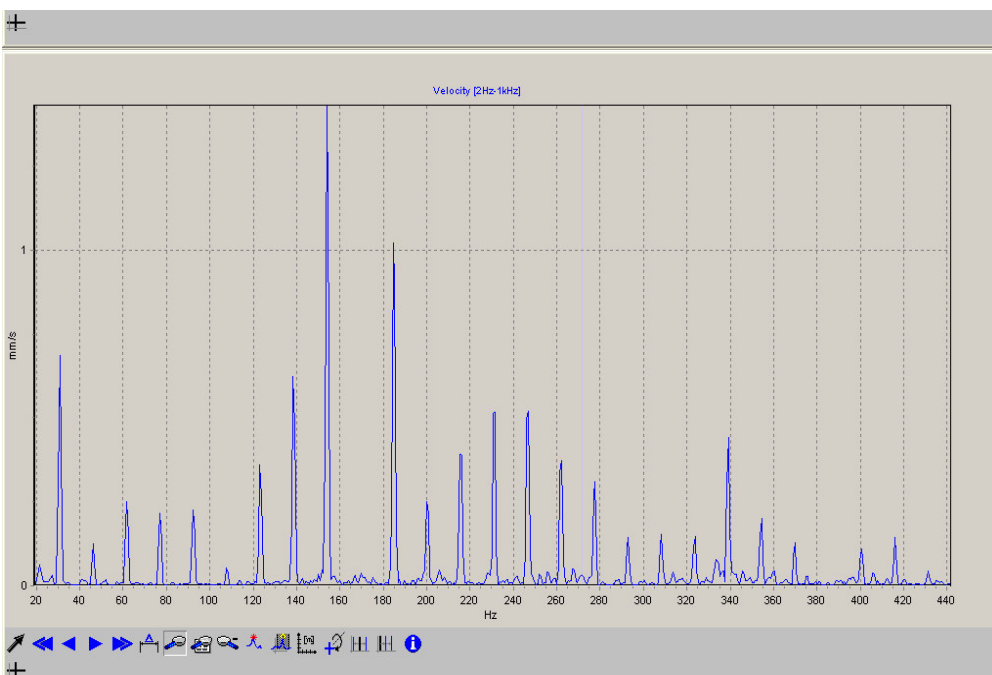
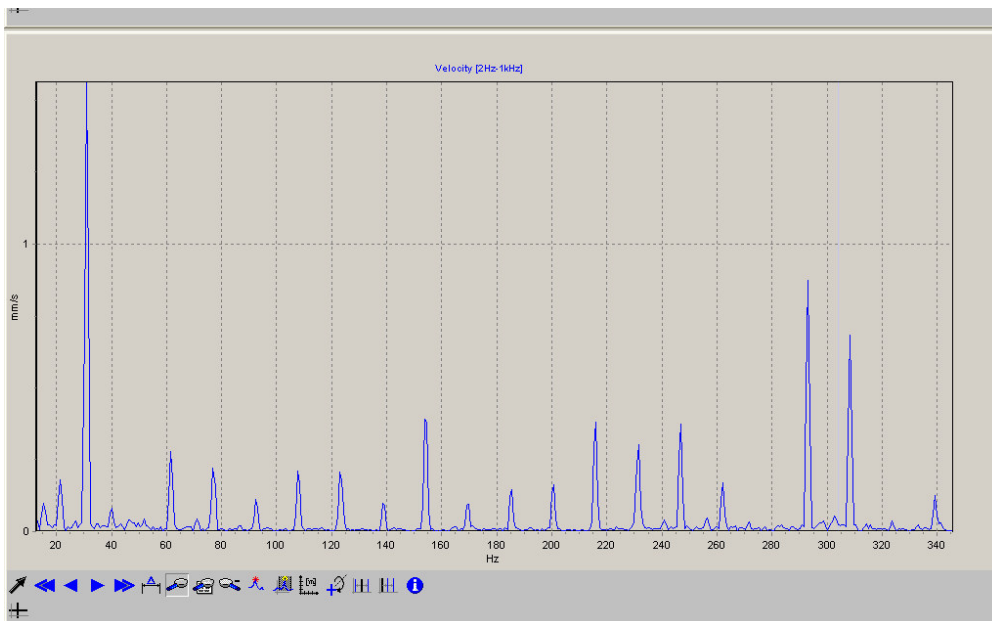
Como resultado de la evaluación del análisis anterior, los especialistas, inspectores, mecánicos, y eléctricos, formulan un plan de mantenimiento que consta de:

- La prioridad en función de la criticidad
- La propuesta de solución para la ejecución de las tareas

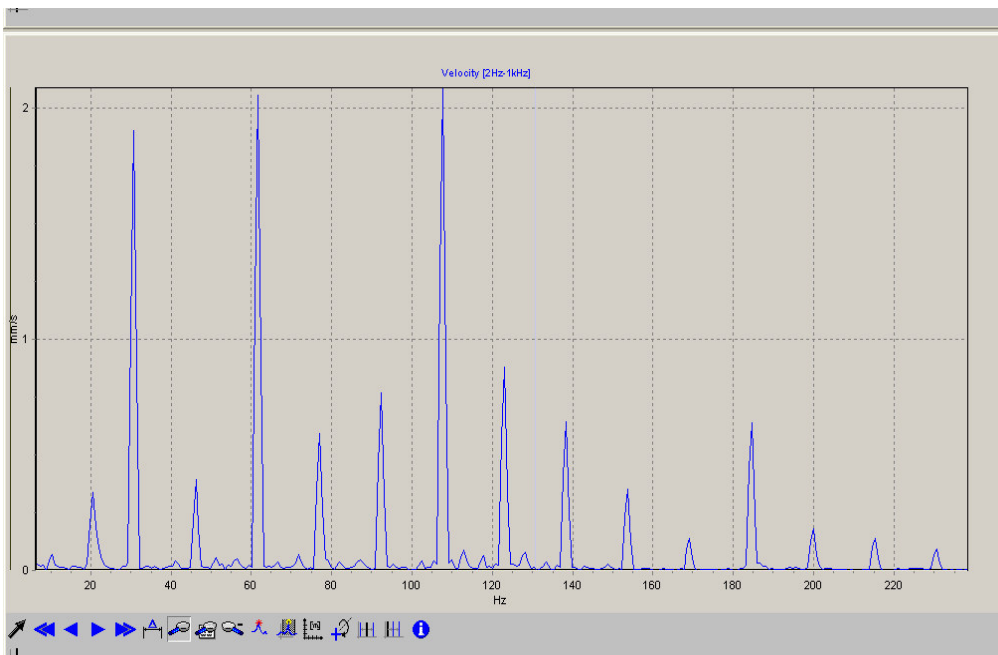
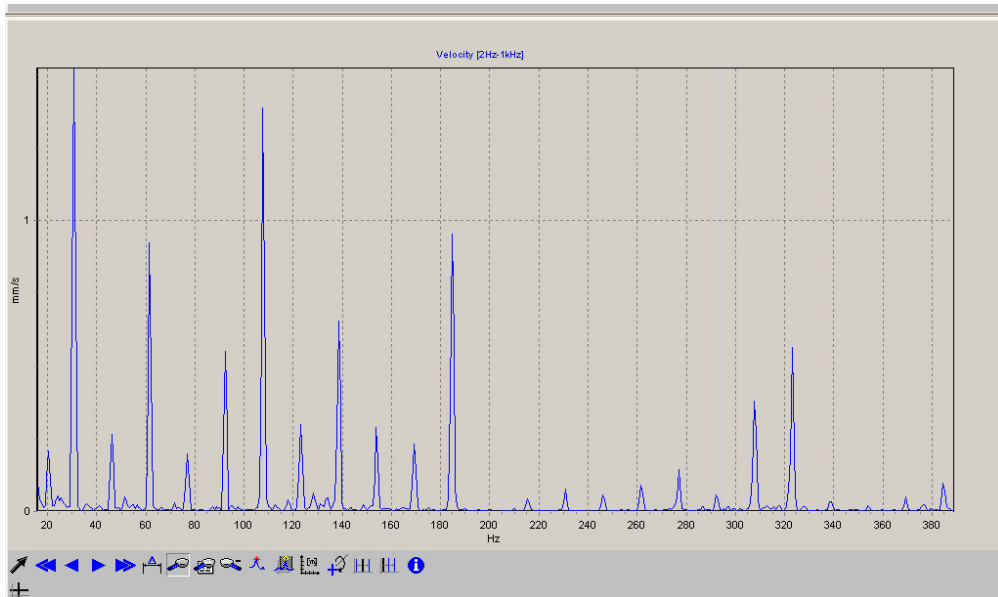
- Las necesidades de construcción en el taller.
- Las posibilidades mejoras a incorporar.



Análisis de Vibraciones P-401. TRENDLINE 2 Software



Análisis de Vibraciones P-402. TRENDLINE 2 Software



Análisis de Vibraciones P-403. TRENDLINE 2 Software

### ***Plataforma de mantenimiento Neobook***

Neobook es un Software de autor de gran difusión en el ámbito educativo, que goza de mucha popularidad debido a su facilidad de uso y bajo costo.

En el campo informático se entiende como herramienta de autor, a todo software que permite crear aplicaciones independientes del software que lo

generó. Estas aplicaciones son programas o archivos ejecutables (del tipo \*.EXE).

Hoy día la definición es más restrictiva, puesto que se sobreentiende que una herramienta de autor puede manejar elementos multimedia (texto, imagen estática, imagen dinámica, sonidos y vídeos) y enlaces hipertextuales (hipertextos e hipervínculos).

De esta forma, un documento de Word, de Word Perfect o una imagen, no son el resultado de utilizar una herramienta de autor.

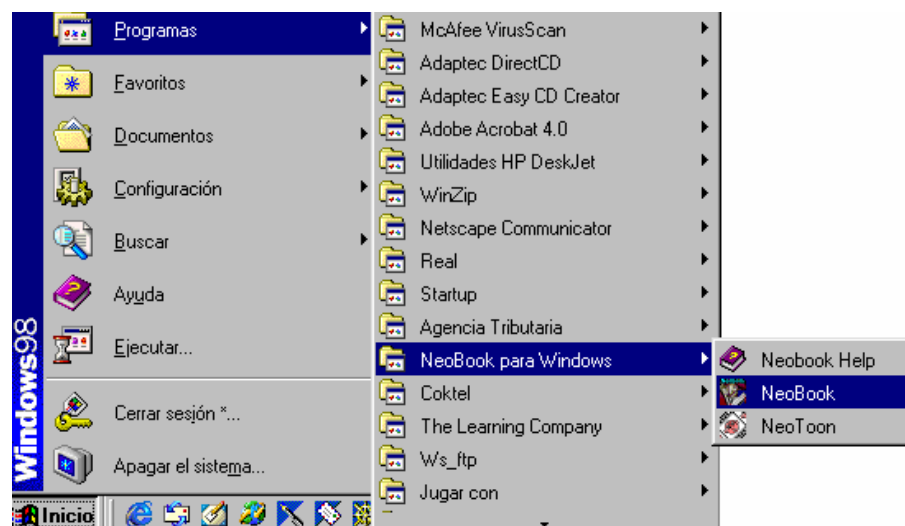
En resumen, el elemento común a las herramientas de autor es el hecho de crear ejecutables que corren independientes del software que los generó, habiendo un proceso de compilado de por medio.

### ***Características de programación.***

Inicio del Programa.

Para arrancar Neobook debes ejecutar:

Inicio-Programas-Neobook para Windows-Neobook



Arranque de Neobook. Neobook

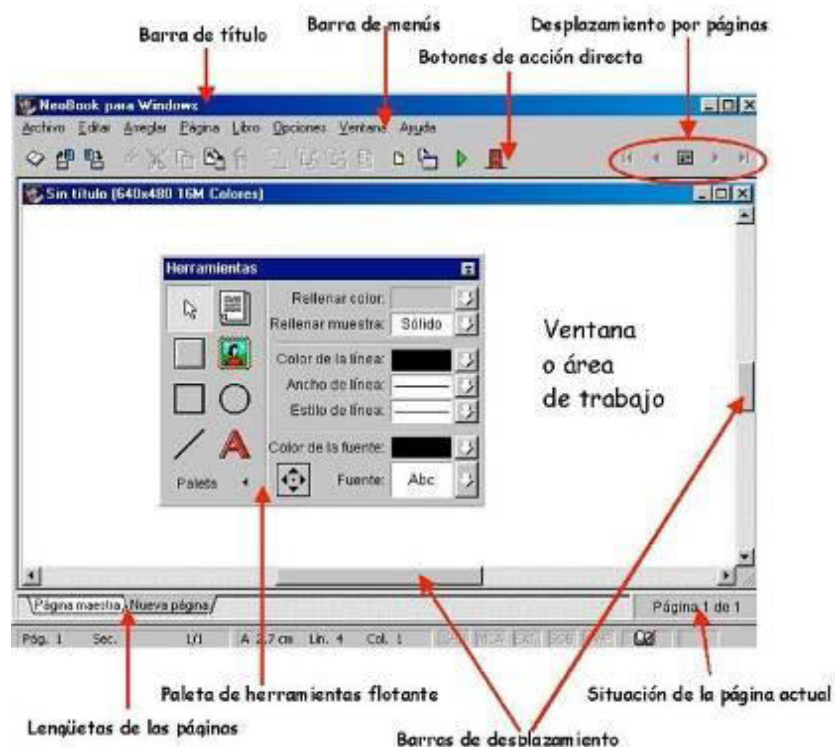
La primera vez que inicies el programa deberás introducir tus datos personales y el número de serie de producto, en caso contrario no te dejará

continuar.


### ***La pantalla de NeoBook.***

Al iniciar Neobook, la primera pantalla que aparece es un documento en blanco. Esta pantalla está dividida en las siguientes partes:

Esta pantalla es similar a la de cualquier otra aplicación que funcione bajo Windows. Sus partes son:



Pantalla NeoBook. Neobook

- Barra de título. Es la barra situada en la parte superior de la ventana, aparece sombreada y muestra el nombre del programa (Neobook para Windows). A la izquierda de esta barra aparece el menú de control y a la derecha encontramos los botones que permiten modificar el tamaño de la ventana  (minimizar, restaurar y cerrar).
- Menú principal o barra de menú. Está situada debajo de la barra de título. Presenta unas opciones que nos dan acceso a todas las funciones

del programa.



- Barra de acceso directo o barra de herramientas. Está situada debajo de la barra de menú y contiene unos botones que nos dan acceso a las opciones más frecuentes de Neobook.




- Para ver la función de un botón, coloca el puntero del ratón sobre él y aparecerá una etiqueta con la misma.



- Botones de navegación. Están situados a la derecha de la barra de herramientas y permiten respectivamente: ir a la primera página de la publicación, ir a la página anterior de la tengo en pantalla actualmente, ir a la página maestra, ir a la siguiente página y el botón de la derecha me lleva a la última página de la publicación.



- Área de trabajo. Ocupa casi toda la pantalla y es la zona donde el usuario irá creando las diferentes páginas que contenga su publicación. En la parte superior del área de trabajo aparece una barra que nos muestra el título de la publicación que tenemos abierta. La publicación de la pantalla se llama Sin título, hasta que la guardemos y le asignemos un nombre. Podemos ampliar el área de trabajo haciendo clic sobre el botón maximizar  de esta barra.
- Lengüetas de las páginas o marcadores. Las lengüetas están colocadas en la parte inferior de la ventana y muestran el título de las páginas que contiene nuestra publicación. Estas lengüetas nos permiten saltar de una página a otra, basta con hacer clic sobre ellas. También podemos ordenar las páginas de nuestra publicación arrastrando las lengüetas a



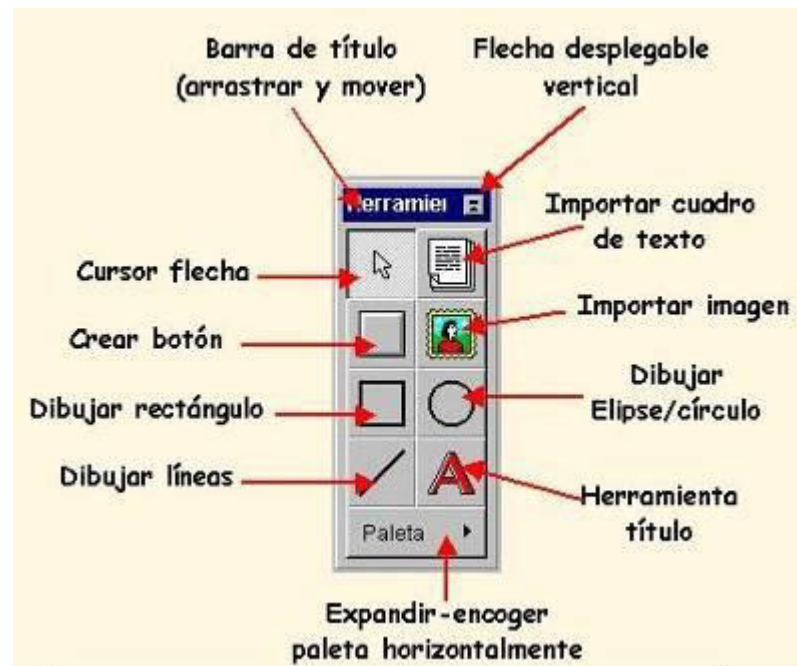
otras posiciones. Neobook asigna un nombre por defecto a las páginas, aunque el usuario puede modificarlo.

- Paleta flotante de herramientas. Esta paleta está compuesta por una serie de herramientas necesarias para crear nuestras publicaciones. Arrastrando su barra de título puedes llevar la paleta a otra posición de la pantalla. Además, contiene botones que permiten reducir su tamaño.
- Barras de desplazamiento. Están situadas a la derecha y debajo del área de trabajo y permiten desplazar el campo visual de la página a otras zonas que actualmente no aparecen en pantalla.
- Ubicación de la página actual. Aparece en la zona inferior derecha de la pantalla y nos indica la página en la que nos encontramos dentro del total de páginas de la publicación.

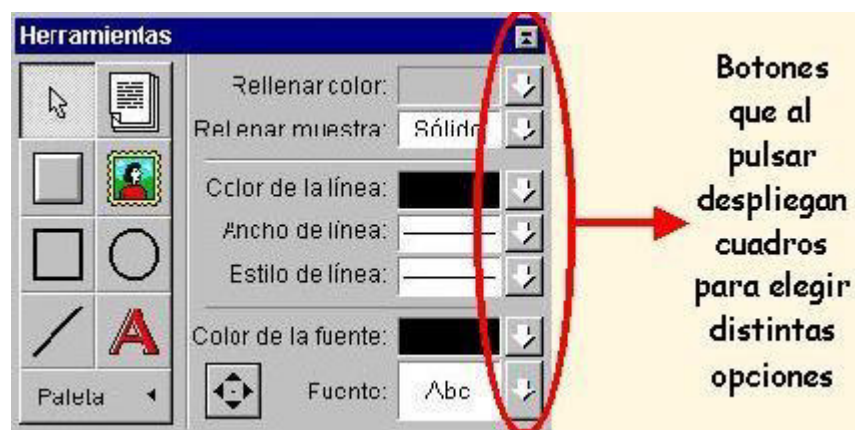
### **La paleta de herramientas.**

La paleta de herramientas de Neobook está dividida en dos secciones por medio de una línea vertical. A la izquierda se encuentran las herramientas propiamente dichas, y a la derecha encontramos los atributos que podemos aplicar a las mismas.

Este capítulo te explica cómo se utilizan estas herramientas para editar las publicaciones.



Herramientas para editar publicaciones. *NeoBook*



Botones de despliegue. *NeoBook*

- Barra de título. Permite cambiar la ubicación de la paleta, basta con hacer clic sobre ella y arrastrarla hasta la nueva posición. Esto se suele hacer cuando la paleta nos impide manipular objetos que están detrás. Desplaza la paleta a otra posición de la pantalla.
- Menú desplegable vertical. Al pulsar sobre este botón se reducirá el tamaño de la paleta y sólo permanecerá la barra de título. Si la paleta está reducida se desplegará.
- Herramienta línea. Se utiliza para trazar líneas rectas en la página. Para

dibujar una línea:

1. Haz clic sobre la herramienta línea para seleccionarla.
2. Desplaza el puntero del ratón hasta el punto donde desees iniciar la línea.
3. Haz clic y arrastra hasta el punto donde desees que finalice.

Obtendrás rectas verticales, horizontales o con una inclinación de 45° si mantienes pulsada la tecla de Mayúsculas (tecla Shift), mientras trazas la línea. Dibuja también algunas líneas verticales, horizontales o inclinadas 45°.

- Herramienta rectángulo. Es la herramienta que permite realizar rectángulos. Para trazar un rectángulo:

1. Selecciona la herramienta rectángulo.
2. Sitúa el puntero del ratón en el punto donde desees situar el vértice superior izquierdo.
3. Arrastra en diagonal hasta el vértice inferior derecho.

Si pulsas la tecla Control (mientras arrastras), obtienes un rectángulo con los bordes redondeados.

Puedes dibujar cuadrados “perfectos” manteniendo pulsada la tecla de Mayúsculas mientras dibujas el objeto. Como es lógico, manteniendo pulsadas las teclas Control y Mayúsculas obtenemos cuadrados con los bordes redondeados.



Las figuras que obtenemos tienen los atributos (relleno, ancho de línea, color, estilo, etc.) que estén definidos, aunque podrán modificarse posteriormente. Dibuja rectángulos y cuadrados en la pantalla.

- Cursor flecha. Esta herramienta se utiliza para seleccionar los objetos en la página, mover un objeto (o un grupo de objetos) o cambiar el

tamaño de los objetos.

Para seleccionar un objeto:

1. Selecciona la herramienta flecha.
2. Haz clic sobre el objeto y al instante aparecerán unos ocho marcadores a su alrededor que indican que el objeto está seleccionado.

Para mover un objeto basta con seleccionarlo y arrastrarlo hasta la posición deseada. Si se desea cambiar el tamaño de un objeto, selecciónalo y arrastra uno de los marcadores que lo rodean. Pulsando la tecla Mayúsculas, mientras modificas el tamaño, puedes restringir su forma.

Puedes seleccionar varios objetos si mantienes pulsada la tecla Mayúsculas a la vez que vas haciendo clic sobre los objetos que deseas seleccionar.

Para mover un grupo basta con seleccionar los objetos y arrastrar el grupo hasta la posición deseada. Si seleccionas varios objetos puedes agruparlos en uno sólo ejecutando

Arreglar-Agrupar

Haz clic un objeto de la pantalla para seleccionarlo.

Cambia la posición de algún objeto que tienes en la pantalla.

Modifica el tamaño de una recta y de un cuadrado.


Selecciona un rectángulo, y arrastra un vértice. Pulsa la tecla de Mayúsculas mientras arrastras y observa cómo se transforma en un cuadrado.

Selecciona tres objetos y arrástralos hasta otra posición de la pantalla. Selecciona tres objetos y agrúpalos en uno sólo. Observa su comportamiento. Selecciona el objeto agrupado y ejecuta Arreglar-Desagrupar

Rellenar color.

Pulsa la flecha que aparece a la derecha de este campo para asignar otro color del objeto seleccionado en la actualidad. Aparecerá la paleta de colores, para elegir un color basta con hacer clic sobre él. El número de colores de la paleta estará en función de la resolución de la pantalla que yo tenga asignada a mi ordenador y de la configuración de colores de mi libro.

La paleta de la figura se corresponde con la de un libro configurado a 16 millones de colores. También puedes seleccionar los colores ajustando los controles RGB, que se corresponden con rojo, verde y azul respectivamente. Aplica diferentes colores a los objetos de la pantalla.

El color seleccionado en el campo Rellenar, será ahora el color activo y se le  asignará a todos los objetos nuevos que dibujes, hasta que selecciones un Nuevo color de relleno.

- Rellenar muestra. Pulsa la flecha que aparece a la derecha de este campo para asignar un diseño al interior del objeto seleccionado. Selecciona “H” para que el objeto aparezca hueco y sin relleno. Activando “S” el objeto dispondrá de un relleno sólido según el color de relleno seleccionado en la actualidad. Marca la casilla Transparente para permitir que los objetos que están debajo del actual se vean a través del diseño seleccionado.

### **Aplicar diferentes tramas a los objetos.**

- Color de la línea. Pulsa la flecha que aparece a la derecha de este campo para aplicar otro color de línea al objeto seleccionado. Modifica el color de la línea de algún objeto.
- Ancho de la línea. Pulsa la flecha que aparece a la derecha de este campo para seleccionar entre los distintos anchos de líneas disponibles para el objeto seleccionado. Si eliges Ninguno, no se verá ningún borde.



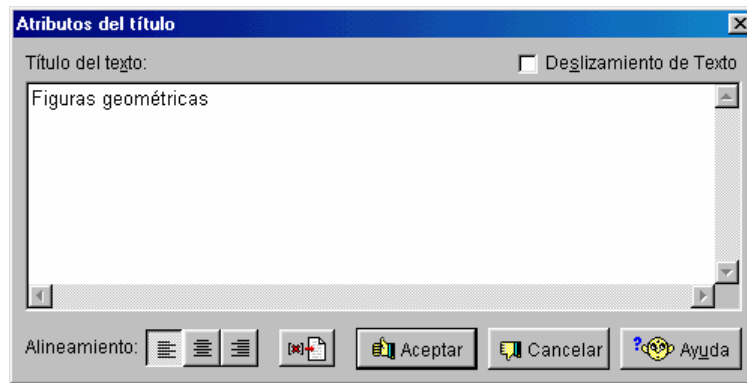
- Estilo de línea. Pulsa la flecha que aparece a la derecha de este campo para seleccionar otro estilo de línea (continua, discontinua, etc.). Modifica el estilo de las líneas de algunos de los objetos.



- Herramienta elipse/círculo. Para trazar una elipse:
  1. Selecciona la herramienta.
  2. Sitúa el puntero del ratón en el punto donde desees iniciar la elipse.
  3. Arrastra en diagonal hasta el punto donde desees que finalice.

Los círculos se obtienen manteniendo pulsada la tecla de Mayúsculas mientras lo dibujas. Dibuja elipses y círculos de diferentes tamaños y colores en la pantalla.

- Herramienta títulos. Usaremos esta herramienta para insertar textos cortos (como por ejemplo un título) en la página que tenemos en la pantalla. Para insertar un título:
  1. Selecciona la herramienta.
  2. Haz clic en la pantalla.
  3. Aparecerá el cuadro de diálogo Atributos del título para que tecleemos el texto deseado.



Los botones Alineados y situados en la parte inferior sirven para controlar la justificación del texto (izquierda, centro y derecha, respectivamente).



Pulsa sobre el botón Insertar código de texto especial para insertar códigos de variables especiales (nombre de la página, fecha, etc.) o el contenido de una variable que haya definido el autor.



Por último, pulsa sobre Aceptar para validar los cambios o sobre Cancelar para volver a NeoBook sin realizar ningún cambio.

### Inserta un título en la publicación

- Color de la fuente. Pulsando sobre la flecha situada a la derecha de este campo, aparecerá la paleta de colores, que te permite aplicar un color al texto.
- Fuente. Al pulsar sobre la flecha situada a la derecha de este campo, aparecerá el cuadro de diálogo Fuente, que te permite seleccionar una de las fuentes que tienes instaladas en tu ordenador.

Desde esta ventana también se puede aplicar un Estilo y un Tamaño a la fuente seleccionada.

La fuente elegida será aplicada al texto que se tenga seleccionado. Además,

ahora será la fuente activa y se les asignará a todos los textos que introduzcamos en la aplicación, hasta que seleccionemos una nueva fuente.

Si se aumenta el tamaño de la fuente, es posible que necesites aumentar el tamaño del cuadro de texto, para ello selecciona la herramienta flecha, haz clic sobre el título y arrastra una de las marcas que lo rodea.



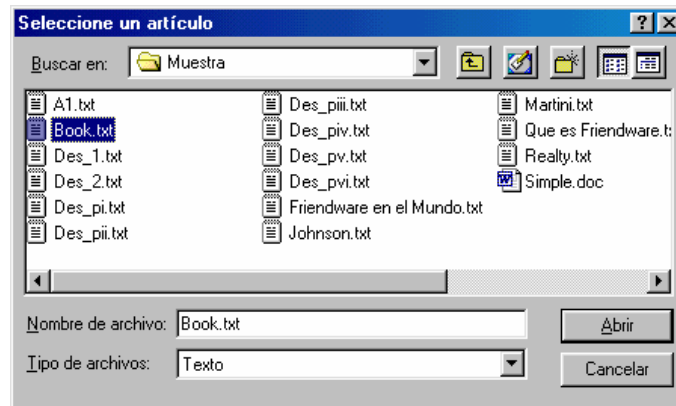
- Herramienta desplazar. Sirve para mover el objeto u objetos seleccionados píxel a píxel (punto a punto) hacia la dirección indicada por la punta de la flecha. Usa esta herramienta para realizar alineaciones y ajustes finos. Estos mismos ajustes se pueden realizar pulsando sobre los cursores del teclado.



- Ampliar/reducir paleta. Al pulsar sobre este botón se reducirá el tamaño de la paleta y únicamente se mostrarán las herramientas principales de la izquierda. Cuando la paleta está reducida, este mismo botón permite ampliarla y mostrarla completa.
- Herramienta importar texto. Usa esta herramienta para importar archivos de texto ASCII o ANSI a tu publicación. Estos archivos se pueden crear con la mayoría de los editores o procesadores de textos (Bloc de Notas, WorPad, Works, Word, etc.), tan sólo debes tener la precaución de guardarlo en formato txt.
- Para insertar un texto:
  1. Seleccione la herramienta.
  2. Arrastre en diagonal sobre la zona donde se desee que quede situado el contenido del texto.



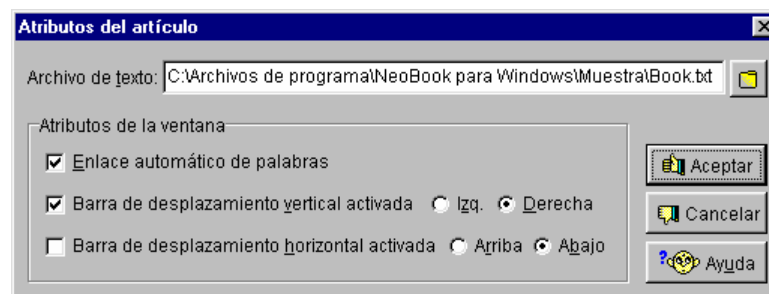
3. Al crear el cuadro del texto aparece la ventana Seleccione un artículo, que te permite elegir el fichero de texto que deseas importar.




Selecciona el fichero y haz clic sobre Abrir.

Selecciona el artículo Book.txt que se encuentra en la carpeta Muestra que está dentro de la carpeta en la que tienes instalado Neobook. Usando las herramientas de la derecha de la paleta, se puede cambiar el color de relleno, la línea, la fuente, el tamaño, etc.

Haciendo clic derecho sobre el cuadro de texto aparece la ventana Atributos del artículo:



Pulsando sobre el botón  puedes cambiar el artículo que deseas importar. Además, puedes marcar la casilla Enlace automático de palabras, si has incluido vínculos hipertexto. Las dos casillas restantes permiten fijar las barras de desplazamiento.

Haciendo clic derecho sobre cualquier elemento que tengas en la pantalla, te aparecerá un cuadro de diálogo para que modifiques sus atributos.

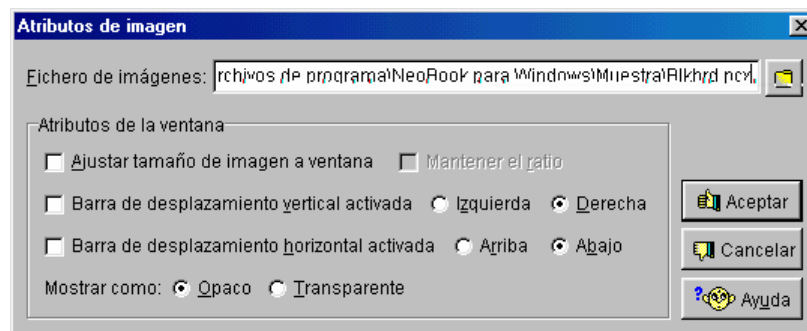



- Herramienta importar imagen. Usa esta herramienta para insertar archivos de imágenes en tu publicación. Neobook permite importar imágenes de los formatos más conocidos: bmp, pcx, tif, png, gif, jpeg, etc.

Para insertar una imagen:

1. Selecciona la herramienta.
2. Arrastrar en diagonal sobre la zona donde desees que quede situada la imagen.
3. Aparecerá el cuadro de diálogo Seleccione una imagen, que te permite elegir el fichero que desees importar.
4. Selecciona la imagen Blkbrd.pcx que se encuentra en la carpeta Muestra que está dentro de la carpeta en la que tienes instalado Neobook.

Haciendo clic derecho sobre la imagen aparece el cuadro de diálogo Atributos de la imagen:



Pulsando sobre el botón  puedes cambiar la imagen que desees importar.

Marca la casilla Ajustar tamaño de imagen a ventana, si tu imagen es muy grande y sobrepasa los límites de la zona donde desees insertar el dibujo. Al marcar esta casilla se activará.

Mantener el ratio, que puedes activarla si desees mantener las proporciones de la imagen original.

Las dos casillas siguientes permiten fijar las barras de desplazamiento

(si la imagen es mayor que la ventana).

La última opción te permite fijar la imagen como opaca o transparente.

Haz clic derecho sobre la imagen y marca la casilla Ajustar tamaño de imagen a ventana.

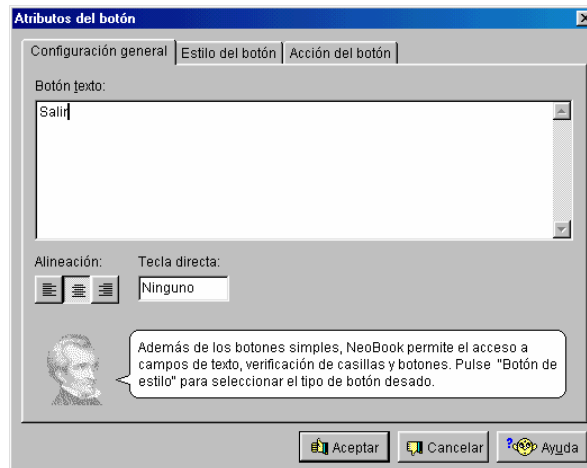
Haz clic derecho y marca Mantener el ratio.

Haz clic derecho sobre la imagen, quita la marca de ajustar tamaño y activa las barras de desplazamientos.

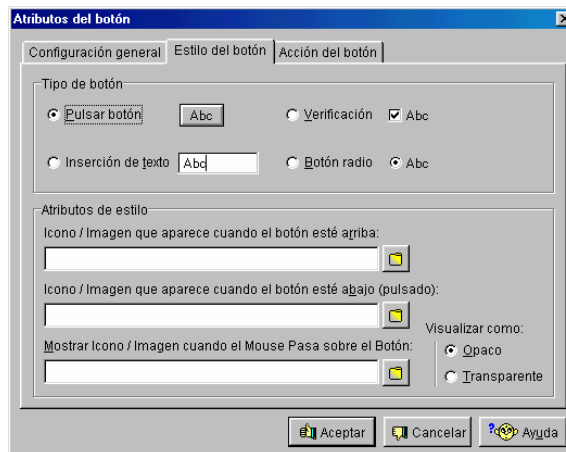
- Crear un botón o punto de acción. Con esta herramienta puedes crear un botón que más tarde se usará como control de una acción de la publicación.

Para insertar un botón:

- Selecciona la herramienta.
- Arrastra en diagonal sobre la zona donde desees que quede situado el botón.
- Selecciona la herramienta Crear botón.
- Arrastra para crear un botón de una superficie aproximada de 2X1.
- Completa la ficha Configuración general así:



4. Haz clic sobre la pestaña Estilo del botón. En esta ficha selecciona la opción Pulsar botón y en Visualizar como: Opaco.



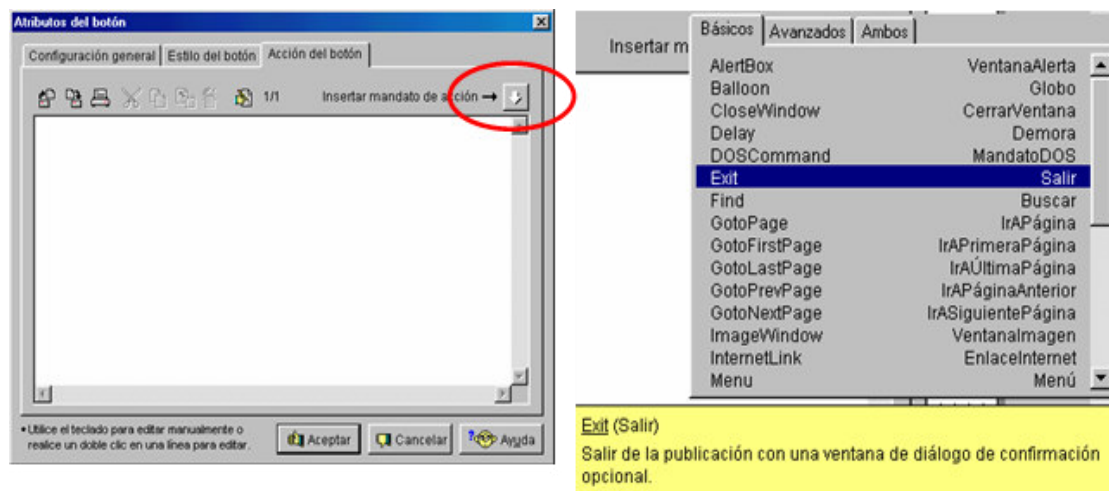
5. Haz clic sobre la pestaña Acción del botón y sigue este proceso (observa las imágenes correspondientes a cada paso):

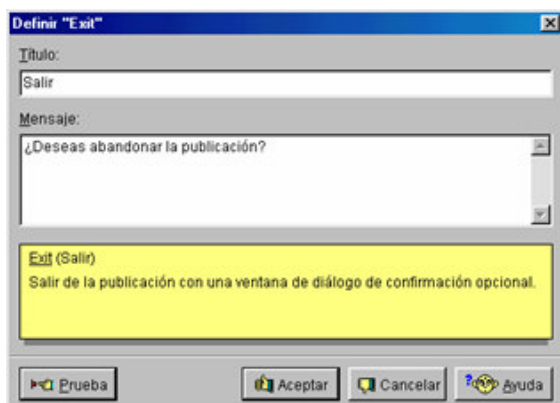
A. Pulsa sobre la flecha que aparece a la derecha del campo Insertar mandato de acción.

B. Aparecerá una ventana que tiene clasificados los mandatos en: Básicos, Avanzados y Ambos. Dentro de los mandatos básicos, selecciona Salir.

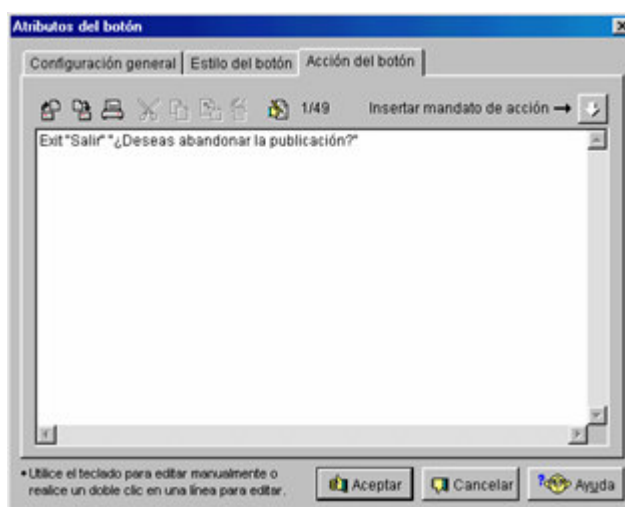
**A**


**B**





- D. Al pulsar sobre Aceptar aparece de nuevo el cuadro de diálogo Atributos del botón, que te permite seguir introduciendo nuevos mandatos o modificar el existente. Pulsa sobre Aceptar porque el botón ya está configurado, y se insertará el botón en tu publicación.



Haz clic sobre el botón ejecutar para comprobar  el funcionamiento del botón.



Cuando se está comprobando una publicación se puede regresar a la pantalla de edición pulsando sobre el botón Detener.

Salir de Neobook (Archivo-Salir) sin guardar los cambios.

#### **Anexo 4. Diseño del programa**

Publication File List (170 files)

Publication:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\MANTENIMIENTO MECANICO 2015.pub

Text:

C:\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\Diciembre de 2007.rtf \*

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\TAREA C-301 150h.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HERRAMIENTAS C-150H.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\PROCEDIMIENTO C-150h.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\MATERIALES C-150h.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\NOMENCLATURA.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\LUBRICACION MOV-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HERRAMIENTAS PARA LUBRICACION MOV-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\TAREA CNX-311.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HERRAMIENTAS PARA MONTAJE Y DESMONTAJE CNX-311.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS300hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDEHORAS2.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDEHORAS3.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDEHORAS1.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\INVENTARIO DE EQUIPOS DE ESTACION FAISANES POLIDUCTO E.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HERRAMIENTAS DE FAISANES.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HERRAMIENTAS 300hTBD440-8k.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\MATERIALES 300hTBD440-8k.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\Procedimiento para cambio de aceite del cárter del motor MWM TBD 440-8.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\Hoja de vida actualizada.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\REPUESTOS PARA EL PROGRAMA DE 27000h EN EL MOTOR MWM TBD 440-8.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HERRAMIENTAS PARA PROGRAMA DE 27000h MWM TBD 440.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HERRAMIENTAS C-300H.rtf

#### Images:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\SELLO.jpg

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DSC08798.JPG

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\MOV301.JPG

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\MOV302.JPG

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\MOV-303.JPG

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\MOV-304.JPG

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\MOV-305.JPG

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\MOV-311.JPG

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\MOV-312.JPG

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\MOV-321.JPG

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\MOV-322.JPG

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\MOV-331.JPG

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\MOV-332.JPG

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\VCH-01.JPG

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\VCH-02.JPG

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\VCH-05.JPG  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\VCH-06.JPG  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\VCH-07.JPG  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\VCH-08.JPG  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\VCH-09.JPG  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\VF-01.JPG  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\VF-02.JPG  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\VF-03.JPG  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\VB-10.JPG  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\VB-09.JPG  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\VB-11.JPG  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\FOTO 1.jpeg

Sound/Music:

None

Video/Animation:

None

Flash Files:

None

HTML Files:

None

Fonts:

MS Sans Serif \*\*  
Tahoma (tahoma.ttf)  
Arial (arial.ttf)  
Times New Roman (times.ttf)  
Calibri (calibri.ttf)  
Symbol (symbol.ttf)

Help Files:

C:\Software Educativo con Visual Basic\help\helpIE.chm \*

Function library files:

None



## External Applications:

None

## Miscellaneous:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\PROGRAMA DE 300h P-301.xls

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE500hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE500hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE500hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE600hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE600hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE600hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE1000hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE1000hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE1000hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE1500hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE1500hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE1500hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE3000hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE3000hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE3000hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE9000hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE9000hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE9000hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE27000hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE27000hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE27000hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE300hP-302.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE300hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE300hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE300hP-301.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE300hP-301.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\ADMISIONDE300hP-301.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE300hP-301.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoADE300hP-301.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSADE300hP-301.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSADE300hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\ADMISIONDE300hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoADE300hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSADE300hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\ADMISIONDE300hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoADE300hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE500hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE500hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE500hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE600hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE600hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE600hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE1000hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE1000hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE1000hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE1500hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE1500hP-302.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE1500hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE3000hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE3000hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE3000hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE9000hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE9000hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE9000hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE27000hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE27000hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE27000hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\1DATOSDE300hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE300hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE300hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE500hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE500hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE500hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE600hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE600hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE600hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE1000hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE1000hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE1000hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE1500hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE1500hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE1500hP-303.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE3000hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE3000hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE3000hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE9000hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE9000hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE9000hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE27000hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE27000hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE27000hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDEMOV301.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS500hP-301.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\ADMISIONSUMADAS600hP-301.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\ADMISIONSUMADAS600hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\ADMISIONSUMADAS600hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS600hP-301.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS1000hP-301.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS1500hP-301.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS3000hP-301.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS9000hP-301.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS2700hP-301.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS300hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS500hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS600hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS1000hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS1500hP-302.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
 PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS3000hP-302.rtf  
 C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
 PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS9000hP-302.rtf  
 C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
 PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS2700hP-302.rtf  
 C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
 PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS300hP-303.rtf  
 C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
 PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS500hP-303.rtf  
 C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
 PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS600hP-303.rtf  
 C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
 PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS1000hP-303.rtf  
 C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
 PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS1500hP-303.rtf  
 C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
 PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS3000hP-303.rtf  
 C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
 PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS9000hP-303.rtf  
 C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
 PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS2700hP-303.rtf  
 C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
 PETROCOMERCIAL\DATOSDEHORAS.rtf  
 C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
 PETROCOMERCIAL\PM-CAMBIO DE ACEITE DEL MOTOR.xls  
 C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
 PETROCOMERCIAL\PM-P301 24000 h.xls

Required Plug-Ins:

None

Plug-In Dependant Files:

None

Publication File List (170 files)

Publication Files:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
 PETROCOMERCIAL\MANTENIMIENTO MECANICO 2015.pub  
 C:\Software Educativo con Visual Basic\help\helpIE.chm \*  
 MS Sans Serif \*\*

Master Page:

Tahoma

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
 PETROCOMERCIAL\SELLO.jpg

portada:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
 PETROCOMERCIAL\DSC08798.JPG

Arial

## CREDITOS:

None

## C-301 150h:

C:\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
PETROCOMERCIAL\Diciembre de 2007.rtf \*

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
PETROCOMERCIAL\TAREA C-301 150h.rtf

Times New Roman

## C-301 300h:

None

## C-301 300h 1:

None

## C-302 150h:

None

## C-302 300h:

None

## P-301 500h:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
PETROCOMERCIAL\PROGRAMA DE 300h P-301.xls

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
PETROCOMERCIAL\DATOSDE500hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
PETROCOMERCIAL\HORASDE500hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
PETROCOMERCIAL\proximoDE500hP-301.rtf

## P-301 600h:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
PETROCOMERCIAL\DATOSDE600hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
PETROCOMERCIAL\HORASDE600hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
PETROCOMERCIAL\proximoDE600hP-301.rtf

## P-301 1000h:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
PETROCOMERCIAL\DATOSDE1000hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
PETROCOMERCIAL\HORASDE1000hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
PETROCOMERCIAL\proximoDE1000hP-301.rtf

## P-301 1500h:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
PETROCOMERCIAL\DATOSDE1500hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE1500hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE1500hP-301.rtf

P-301 3000h:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE3000hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE3000hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE3000hP-301.rtf

P-301 9000h:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE9000hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE9000hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE9000hP-301.rtf

P-301 27000h:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE27000hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE27000hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE27000hP-301.rtf

P-302 300h:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE300hP-302.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE300hP-302.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE300hP-302.rtf

P-301 300h:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE300hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE300hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\ADMISIONDE300hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE300hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoADE300hP-301.rtf

ADMISION 300h:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSADE300hP-301.rtf

## ADMISION 302:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSADE300hP-302.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\ADMISIONDE300hP-302.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoADE300hP-302.rtf

## ADMISION 303:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSADE300hP-303.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\ADMISIONDE300hP-303.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoADE300hP-303.rtf

## P-302 500h:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE500hP-302.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE500hP-302.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE500hP-302.rtf

## P-302 600h:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE600hP-302.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE600hP-302.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE600hP-302.rtf

## P-302 1000h:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE1000hP-302.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE1000hP-302.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE1000hP-302.rtf

## P-302 1500h:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE1500hP-302.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE1500hP-302.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE1500hP-302.rtf

## P-302 3000h:



C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE3000hP-302.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE3000hP-302.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE3000hP-302.rtf

P-302 9000h:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE9000hP-302.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE9000hP-302.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE9000hP-302.rtf

P-302 27000h:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE27000hP-302.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE27000hP-302.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE27000hP-302.rtf

P-303 300h:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\1DATOSDE300hP-303.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE300hP-303.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE300hP-303.rtf

P-303 500h:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE500hP-303.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE500hP-303.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE500hP-303.rtf

P-303 600h:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE600hP-303.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE600hP-303.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE600hP-303.rtf

P-303 1000h:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE1000hP-303.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE1000hP-303.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE1000hP-303.rtf

P-303 1500h:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE1500hP-303.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE1500hP-303.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE1500hP-303.rtf

P-303 3000h:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE3000hP-303.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE3000hP-303.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE3000hP-303.rtf

P-303 9000h:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE9000hP-303.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE9000hP-303.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE9000hP-303.rtf

P-303 27000h:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDE27000hP-303.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASDE27000hP-303.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\proximoDE27000hP-303.rtf

HERRAMIENTAS C-150h:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HERRAMIENTAS C-150H.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\PROCEDIMIENTO C-150h.rtf

PROCEDIMIENTOS C-150h:

None

REPUESTOS C-150h:

None

MATERIALES C-150h:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
PETROCOMERCIAL\MATERIALES C-150h.rtf  
Calibri

MOV-301:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
PETROCOMERCIAL\MOV301.JPG  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
PETROCOMERCIAL\DATOSDEM301.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
PETROCOMERCIAL\NOMENCLATURA.rtf

MOV-302:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
PETROCOMERCIAL\MOV302.JPG

MOV-303:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
PETROCOMERCIAL\MOV-303.JPG

MOV-304:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
PETROCOMERCIAL\MOV-304.JPG

MOV-305:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
PETROCOMERCIAL\MOV-305.JPG

MOV-311:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
PETROCOMERCIAL\MOV-311.JPG

MOV-312:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
PETROCOMERCIAL\MOV-312.JPG

MOV-321:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
PETROCOMERCIAL\MOV-321.JPG

MOV-322:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
PETROCOMERCIAL\MOV-322.JPG

MOV-331:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
PETROCOMERCIAL\MOV-331.JPG

MOV-332:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
PETROCOMERCIAL\MOV-332.JPG

VCH-01:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\VCH-01.JPG

VCH-02:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\VCH-02.JPG

VCH-05:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\VCH-05.JPG

VCH-06:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\VCH-06.JPG

VCH-07:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\VCH-07.JPG

VCH-08:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\VCH-08.JPG

VCH-09:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\VCH-09.JPG

VF-01:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\VF-01.JPG

VF-02:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\VF-02.JPG

VF-03:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\VF-03.JPG

V1-301:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\VB-10.JPG

V2-301:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\VB-09.JPG

V1-302:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\VB-11.JPG

V2-302:

None

LUBRICACION MOV-301:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\LUBRICACION MOV-301.rtf

HERAMIENTAS Y MATERIALES C-301:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HERRAMIENTAS PARA LUBRICACION MOV-301.rtf

CNX-311:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\TAREA CNX-311.rtf

HERRAMIENTAS Y MATERIALES CNX-311:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HERRAMIENTAS PARA MONTAJE Y DESMONTAJE CNX-311.rtf

P-301:

None

HORAS DE LOS PROGRAMAS REALIZADOS:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS300hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDEHORAS2.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDEHORAS3.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDEHORAS1.rtf

EQUIPOS:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\INVENTARIO DE EQUIPOS DE ESTACION FAISANES POLIDUCTO E.rtf

HERRAMIENTAS FAISANES:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HERRAMIENTAS DE FAISANES.rtf

GLOSARIOS:

None

FAISANES:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\FOTO 1.jpeg

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS500hP-301.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\ADMISIONSUMADAS600hP-301.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\ADMISIONSUMADAS600hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\ADMISIONSUMADAS600hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS600hP-301.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS1000hP-301.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS1500hP-301.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS3000hP-301.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS2700hP-301.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS300hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS500hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS600hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS1000hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS1500hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS9000hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS2700hP-302.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS300hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS500hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS600hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS1000hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS1500hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS3000hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS9000hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HORASSUMADAS2700hP-303.rtf  
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\DATOSDEHORAS.rtf

ACCESOS WEB:

None

HERRAMIENTAS 300h-MWM4440-8K:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HERRAMIENTAS 300hTBD440-8k.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\PM-CAMBIO DE ACEITE DEL MOTOR.xls

HERRAMIENTAS 600h-MWM4440-8K 1:

None

MATERIALES 300hMWM440-8K:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\MATERIALES 300hTBD440-8k.rtf

PROCEDIMIENTO 300h TBD440 8-K:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\Procedimiento para cambio de aceite del cárter del motor MWM TBD 440-8.rtf

Symbol

hoja de vida Ing Ronal Moscoso:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\Hoja de vida actualizada.rtf

REPUESTOS PARA PROGRAMA DE 27000h D:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\REPUESTOS PARA EL PROGRAMA DE 27000h EN EL MOTOR MWM TBD 440-8.rtf

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\PM-P301 24000 h.xls

PROCEDIMIENTO PARA EL PROGRAMA DE 2:

None

HERRAMIENTAS 27000h MWM 440 8-K:

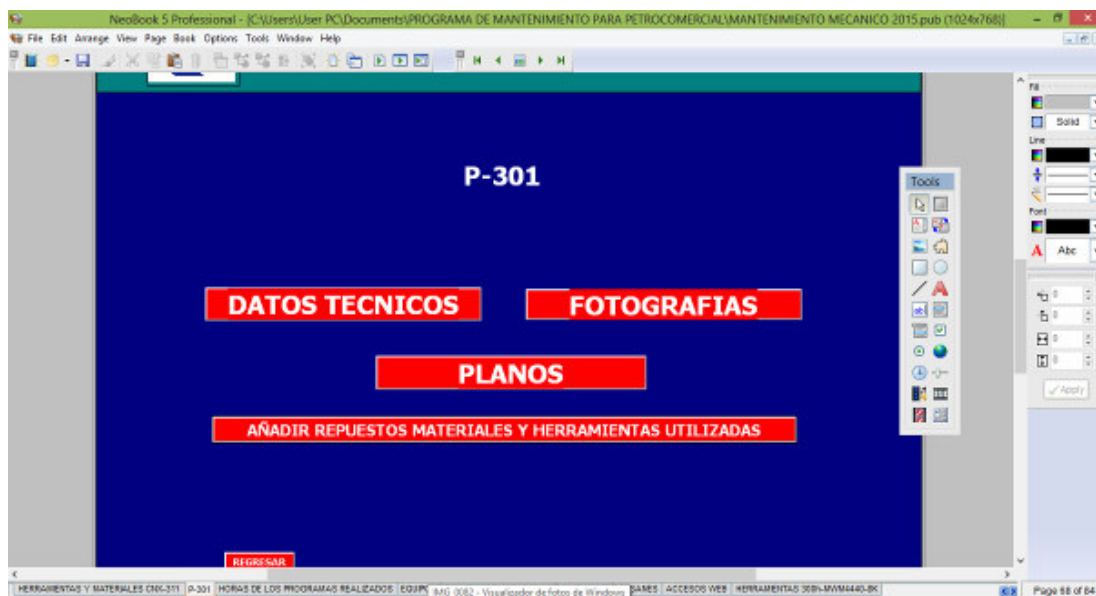
C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HERRAMIENTAS PARA PROGRAMA DE 27000h MWM TBD 440.rtf

HERRAMIETAS:

C:\Users\User PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\HERRAMIENTAS C-300H.rtf

ALINEACIÓN:

None



Pantalla de P-301.NeoBook 5 Professional (2015)

NeoBook 5 Professional - [C:\Users\User\PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\MANTENIMIENTO MECANICO 2015.pub (1024x768)]

File Edit Arrange View Page Book Options Tools Window Help

HORAS DE LOS PROGRAMAS

PROGRAMA	ANTERIOR	PROXIMO	PROGRAMA	ANTERIOR	PROXIMO	HORAS ACTUALES P-301
PROGRAMA DE 300h P-301	89078	89378	ADMISSION P-301	89078	89678	
PROGRAMA DE 500h P-301	88870	89370				
PROGRAMA DE 600h P-301	89006	89606				
PROGRAMA DE 800h P-301	88727	89727				
PROGRAMA DE 1500h P-301	88355	89855				
PROGRAMA DE 3000h P-301	80639	89639				
PROGRAMA DE 9000h P-301	80563	89563				
PROGRAMA DE 27000h P-301	71697	98697				
HORAS ACTUALES P-302						
PROGRAMA DE 300h P-302	89067	89367	ADMISSION P-302	88763	89363	
PROGRAMA DE 500h P-302	88779	89279				
PROGRAMA DE 600h P-302	89076	89606				
PROGRAMA DE 800h P-302	88933	89933				
PROGRAMA DE 1500h P-302	88112	89612				
PROGRAMA DE 3000h P-302	86908	89908				
PROGRAMA DE 9000h P-302	80820	89820				
PROGRAMA DE 27000h P-302	80820	107820				
HORAS ACTUALES P-303						
PROGRAMA DE 300h P-303	89508	89808	ADMISSION P-303	88901	89501	
PROGRAMA DE 500h P-303	88901	89401				
PROGRAMA DE 600h P-303	89089	89689				
PROGRAMA DE 800h P-303	89105	90105				
PROGRAMA DE 1500h P-303	88726	89726				
PROGRAMA DE 3000h P-303	89112	92112				
PROGRAMA DE 9000h P-303	86003	95003				

REGRESAR

HERRAMIENTAS Y MATERIALES (CIV-311) P-301 HORAS DE LOS PROGRAMAS REALIZADOS EQUIP MAG\_002 - Visualizador de fotos de Windows BARRAS ACCESOS WEB HERRAMIENTAS 308-MMM440-BK Page 88 of 84

Pantalla de horario de los programas. NeoBook 5 Professional (2015)



NeoBook 5 Professional - [C:\Users\User\PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\MANTENIMIENTO MECANICO 2015.pub (1024x768)]

File Edit Arrange View Page Book Options Tools Window Help

### LISTADO DE EQUIPOS

#### INVENTARIO DE EQUIPOS DE ESTACION FAISANES POLIDUCTO E-Q

CODIGO	VALVULAS	SERIE	MARCA	DIAMETRO	ANSI
VAD - 01	COMPUERTA	EBM-97	SPRAX	2"	150
VB - 01	COMPUERTA	517375-7	GROVE	3"	150
VS - 01	SEGURIDAD	PSY-301	ANDERSON	2"	300
VB - 02	COMPUERTA	517375-4	GROVE	3"	150
VS - 02	SEGURIDAD	PSY-302	ANDERSON	2"	300
VB - 03	COMPUERTA	517375-4	GROVE	3"	150
VS - 03	SEGURIDAD	PSY-303	ANDERSON	2"	300
MOV - 301	COMPUERTA	3555-7	M & J	12"	300
MS - 01	MICRO SWITCH	LSXYABAL			
MOV - 302	BOLA	517485-3	GROVE	10"	300
VCH - 01	CHECK	1246-1-1	WHEATLEY	12"	300
MOV - 303	BOLA	517485-4	GROVE	10"	300
MS - 02	MICRO SWITCH	LSXYABAL			
MOV - 304	BOLA	M-228330-2	GROVE	10"	300
VCH - 02	CHECK	C-31580-2	WHEATLEY	12"	300
MOV - 305	BOLA	M-228330-1	GROVE	10"	300
VAD - 2	ALMO DIRECTO	EBM-95	SPRAX	2"	300
VB - 04	COMPUERTA	EBM-95	SPRAX	2"	300
VB - 05	COMPUERTA	EBM-94	SPRAX	2"	300
VS - 04	SEGURIDAD	PSY-304	ANDERSON	2"	300

**REDESAR**

HERRAMIENTAS Y MATERIALES CRO-311 | P-301 | HORAS DE LOS PROGRAMAS REALIZADOS | EQUIPOS | **MS** | AS FAISANES | OLOSARROS | FAISANES | ACCESOS WEB | HERRAMIENTAS 308N-MVM440-8K | Page 70 of 84

Pantalla de listado de equipos. NeoBook 5 Professional (2015)

NeoBook 5 Professional - [C:\Users\User\PC\Documents\PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PETROCOMERCIAL\MANTENIMIENTO MECANICO 2015.pub (1024x768)]

File Edit Arrange View Page Book Options Tools Window Help

### LISTADO DE HERRAMIENTAS

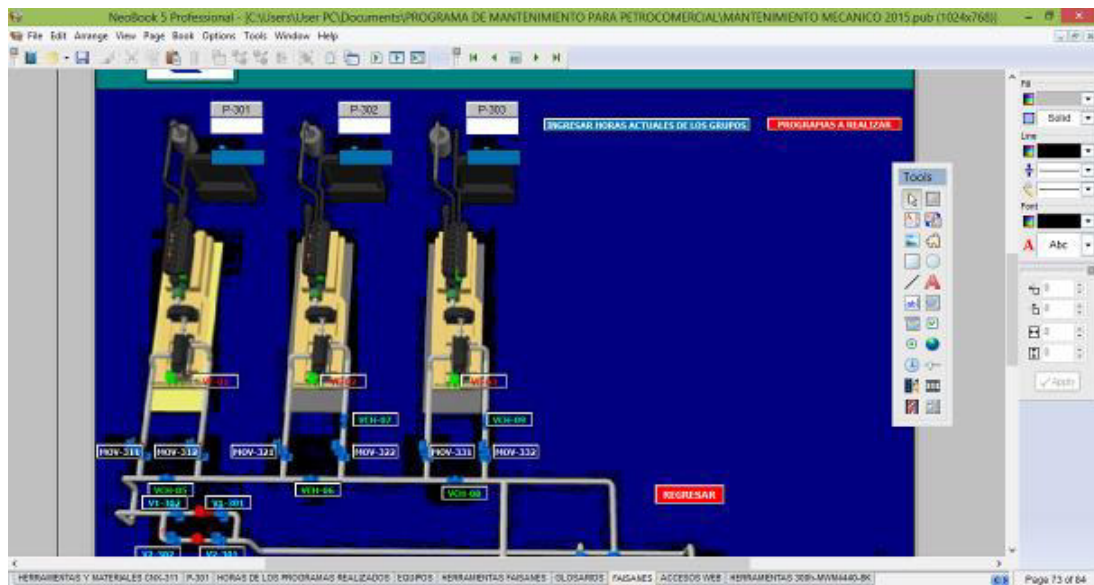
#### INVENTARIO DE HERRAMIENTAS

CANTIDAD	DESCRIPCION	MEDIDA	PAG: 1 MARCA
1	MASCARA PARA SOLDAR		
2	ESMERIL ESTACIONARIO	1030134	JBG-BA
1	TALADRO DE PEDESTAL		AGUAMA
1	COMPROBADOR DE INYECTORES		
1	BANCO DE TRABAJO HIERRO MADERA		
1	MASCARA PARA ESMERIL		
1	ENTENALLAS	12222-175	FAODM
1	MESA TRIPODE CON CADENA	450	REXGD
1	ANALIZADOR DE AGUA		
1	ASISTERA		
2	ENGRASADORA MANUALES	1 MAL ESTADO	SAMCA
1	ENGRASADORA ALTA PRESION		
1	JUEGO TARRAJA CON 6 DADOS	1/2 A 2"	REXGD
1	CORTADORA DE TUBOS	2"	REXGD
1	TABLERO DE EXTRACTORES	41 PIEZAS	SNAP-ON
2	ENGRASADORAS CON TANQUES	1 MAL ESTADO	
2	TECLAS	3 TONELADAS	ETN
1	PALANCA TORQUE	AB59059	SNAP-ON
1	GRABADOR	321	NORWUELD
1	RAYADOR	321	NORWUELD
1	EQUIPO SUELO AUTOGENA	8 BOQUILLAS	NORWUELD
1	BOQUILLA DE CONITE	ACETILENO	NORWUELD

**HERRAMIENTAS**

HERRAMIENTAS Y MATERIALES CRO-311 | P-301 | HORAS DE LOS PROGRAMAS REALIZADOS | EQUIPOS | **MS** | AS FAISANES | OLOSARROS | FAISANES | ACCESOS WEB | HERRAMIENTAS 308N-MVM440-8K | Page 71 of 84

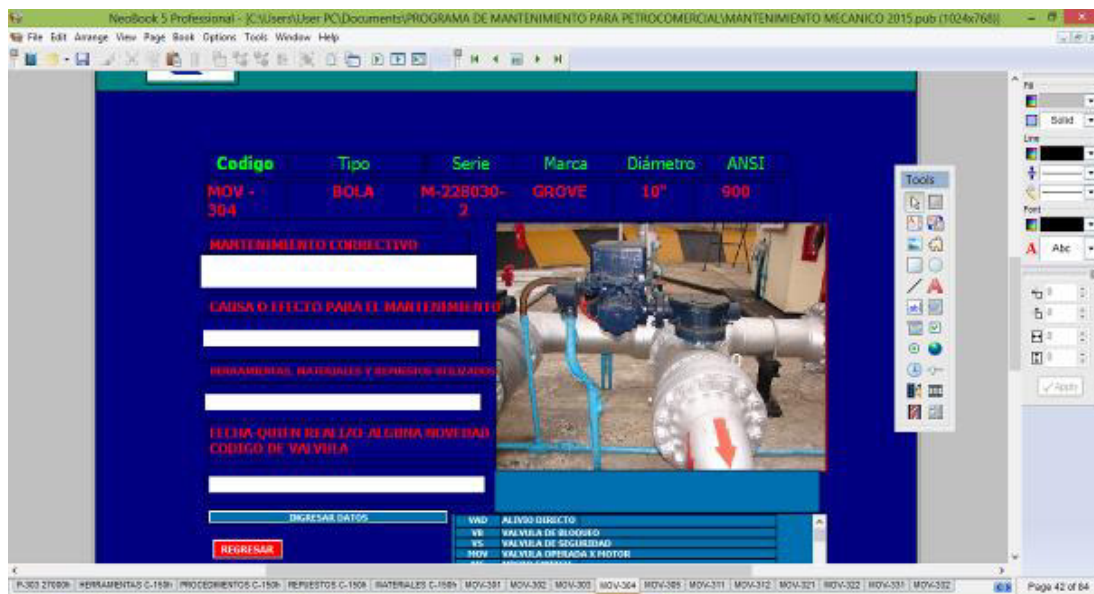
Pantalla de listado de herramientas. NeoBook 5 Professional (2015)



Pantalla de Mantenimiento Mecánico del Poliducto E-Q-M. NeoBook 5 Professional (2015)



Programa de 600h en P-301 Lavada de Radiador del Motor 440 TBD8K. NeoBook 5 Professional (2015)



MOV-304. NeoBook 5 Professional (2015)