

Universidad de Matanzas sede “Camilo Cienfuegos”

Facultad de Ciencias Técnicas



***PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PARA COMPRESORES DE
AIRE MODELO PUSKA N-1300-2-500 DE LA EMPRESA CIMEX
DE MATANZAS***

Trabajo de Diploma en Ingeniería Mecánica

Autor: Reiniel Israel Martínez Ordoñez

Tutor: Ing. Lourdes Dueñas Oramas

Matanzas, 2020

Declaración de Autoridad

Por medio de la presente declaro que soy el único autor de este trabajo de diploma y, en calidad de tal, autorizo a la Universidad de Matanzas «Camilo Cienfuegos» a darle el uso que estime más conveniente.

Nota de Aceptación

Miembros del Tribunal:

_____	_____	_____
Presidente	Secretario	Vocal

Resumen

El siguiente trabajo trata acerca de los problemas del mantenimiento que presentan los compresores de aire modelo PUSKA N-1300-2-500, pertenecientes a la división Transporte Automotor de la empresa CIMEX ubicada en el municipio de Cárdenas, Matanzas; los cuales son equipos para mejorar la calidad del aire de los accionamientos neumáticos. Estos compresores, comenzaron a trabajar en la empresa desde el 2004 aproximadamente y han tenido un trabajo de forma continua hasta la fecha, trayendo como consecuencias diferentes fallas en el sistema debido a no haberse realizado el mantenimiento en el tiempo y de la forma correcta. Se realizó un minucioso estudio relacionado con el mantenimiento, sus conceptos, tendencias actuales y la importancia de la aplicación en la industria el cual permitió el análisis y evaluación del sistema de mantenimiento empleado por la empresa, así como las fallas más probables que se presentan en estas máquinas, proponiendo un adecuado mantenimiento para los compresores de aire modelo PUSKA N-1300-2-500. Esta situación es analizada con el apoyo de métodos científicos, como el analítico-sintético, el inductivo-deductivo, el histórico-lógico, el hipotético-deductivo, que sirvieron para el estudio de fuentes de información y el procesamiento de los fundamentos científicos de los diferentes autores que fueron consultados. Por su gran uso y efectividad en la práctica, se utiliza el Método de Diferenciación y Categorización de las Máquinas (Método de los Impactos), para la propuesta del Mantenimiento adecuado

Abstract

The following research is about the maintenance problems in air compressors PUSKA model N-1300-2-500 that belong to the Automotive Transport Subsidiary from CIMEX Company; located in Cardenas, Matanzas.

This equipment are used to improve the quality of the air to operate tires. These compressors have been used continually in the enterprise since 2004, and for this reason and the inapropiate maintenance several failures have appeared in the system. A meticulous study about maintenance, its tendencies and methods was made in order to analize and assess the maintenance system done by the enterprise, as well as to recognize the more common problems presented by these sort of equipments. This situation has been analized theoretically with the support of scientific methods such as: analytical–synthetic, inductive–deductive, historical–logical and hypothetic–deductive. All these methods were useful to study the information sources and to process thes cientifical foundation of the different consulted authors. Due to its efectivity in practice, the mehods of differentiation and classification (method of impact) were used in this research to suggest an appropriate maintenance program.

Índice

Introducción.....	1
<i>CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....</i>	<i>6</i>
1.1 Introducción	6
1.2 Evolución de los requisitos del mantenimiento en este siglo.	6
1.2.1 La actividad de mantenimiento ha tenido dos historias bien diferenciadas:	6
1.3 Análisis del concepto de mantenimiento	9
1.3.1 Criterios de algunos expertos con relación al mantenimiento.....	10
1.4 El Mantenimiento y su causa fundamental.....	14
1.5 Clasificación de los tipos de mantenimiento	15
1.6 A continuación se hace referencia a los principios básicos del aire comprimido y la importancia de su utilización:	23
1.6.1 ¿Qué ocurre cuando se comprime el aire?	24
1.6.2 ¿Por qué refinar el aire comprimido?	24
1.7 Compresor de aire	25
1.7.1 El funcionamiento básico de los compresores:.....	27
1.7.2 Propósito de los compresores:	27
1.8 Tipos de compresores. [28].....	28
<i>CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS</i>	<i>34</i>
2.1. Selección del sistema de mantenimiento a emplear para los compresores convencionales:	36
2.2 Método de Diferenciación y Categorización de las Máquinas (Método de los Impactos) [21].	37
2.2.1 Estructura del ciclo de reparación según el tipo de máquina y peso de la misma.	44
Conclusiones.....	47
Recomendaciones.....	47
Bibliografía	48
Anexos	52
Anexo1: Compresor de aire Puska Modelo N-1300-2-500.....	52

Introducción

Los antiguos herreros solían soplar para intensificar su fuego y de esta forma facilitaban forjar el hierro, y aunque no se consideren el primer antecedente a los compresores atmosféricos actuales, se puede decir que sí lo fueron. Los fuelles inhalaban aire en su expansión, que luego se exhalaba mediante una pequeña apertura al final, logrando controlar la cantidad de oxígeno a una locación específica. Con el tiempo se mejoró la forma de soplado, de modo que los griegos y romanos utilizaban fuelles para la forja de hierro y se sabe de diversos mecanismos hidráulicos y de fuelle para accionar órganos musicales

Durante el siglo diecisiete, el ingeniero físico alemán Otto von Guericke, experimentó y mejoró los compresores atmosféricos. En 1650, Guericke inventó la primera bomba de oxígeno, la cual podía producir un vacío parcial y él mismo usó esto para estudiar el fenómeno del vacío y el papel del oxígeno en la combustión y la respiración.

En 1829, la primera fase o componente del compresor atmosférico fue patentada. Dicho componente comprimía oxígeno en cilindros sucesivos. Para 1872, la eficiencia del compresor fue mejorada mediante el enfriamiento de los cilindros por motores de agua, que causó a su vez la invención de cilindros de agua.

Uno de los primeros usos modernos de los compresores atmosféricos fue gracias a los buzos de mares profundos, quienes necesitaban un suministro de la superficie para sobrevivir ya partir del 1943 encontraron la solución con el empleo de este tipo de compresor. Otro empleo de estos equipos corresponde a un grupo de mineros, quienes utilizaron motores de vapor para producir suficiente presión al operar sus taladros, incluso cuando dicho dispositivos probaban ser extremadamente peligrosos para los mineros.

Con la invención del motor de combustión interna, se creó un diseño totalmente nuevo para los compresores atmosféricos. En 1960 los lava-autos de auto-servicios, alta-presión y “hazlo tú mismo” se hicieron populares gracias a los

compresores atmosféricos. En la actualidad estos equipos pueden ser utilizados incluso para uso domésticos en sus versiones eléctrica o de gasolina

Un émbolo bombea aire comprimido dentro de un tanque a cierta presión, donde se mantiene hasta que es requerido para ciertas acciones tales como, hinchar llantas o apoyar el empleo de herramientas neumáticas.

El aire comprimido es una herramienta sumamente importante y hoy en día su eficiencia, la poca contaminación y su accesibilidad, le dan la popularidad que tienen en el mercado.

Los compresores pueden ser usados para aumentar la presión o flujo de un gas (aire, amoníaco, GNC, nitrógeno, CO₂, etc.). A veces esto es intermitente (un taller, gometría, restaurante, planta procesadora pequeña, etc.) a veces continuo (bombeo de gasoductos, embotelladoras de gaseosas o cerveza, sopladores de bolsas y envases plásticos, etc.). El uso para aumentar presión puede ser para uso directo como inflar neumáticos (llantas), limpiar piezas, desempolvar, etc., o para accionar algún equipo como sistema de lubricación neumática, equipos de perforación, válvulas de control, etc. Cada tipo de compresor tiene ventajas para aplicaciones específicas, y los materiales utilizados en su construcción son compatibles con ciertos gases y/o aceites, limitando su intercambiabilidad.

El trabajo que se presenta centra la atención en el uso directo de estos equipos que tienen gran demanda y utilidad en cualquier taller de reparación automotriz

En los últimos años el parque automotriz en nuestro país, cada día es mayor y también las demandas de reparaciones y mantenimientos, para ello fue creada una empresa especializada perteneciente a la corporación CIMEX S.A. Esta empresa cuenta a lo largo del país con 10 subsidiarias y 9 divisiones, cada una enfocada en cumplir con las demandas del cliente.

En el caso particular de la provincia de Matanzas se cuenta con 314 sucursales. La división Transporte Automotor de la provincia de Matanzas tiene como objetivo la distribución de mercancía a las sucursales, además del mantenimiento y reparación de vehículos de otras empresas.

Para la reparación y el mantenimiento la división cuenta con un taller dotado de los principales equipos necesarios para la realización de los trabajos, al mismo tiempo que cuida por la seguridad y comodidad del operario. Entre los equipos se encuentran los compresores de aire modelo PUSKA N-1300-2-500 que tienen gran demanda tanto a escala nacional como escala internacional.

Como se puede apreciar tanto el país, así como la provincia de Matanzas, cuenta con una estructura capaz de dar respuesta a las demandas de mantenimiento a su parque automotriz, pero el estado de funcionalidad de estos equipos, en esta Empresa, no garantiza cumplir con su demanda por las constantes interrupciones y roturas, por lo que se visualiza como punto de partida a la investigación la siguiente **Situación Problémica**. Los compresores de aire modelo PUSKA N-1300-2-500 pertenecientes a la empresa CIMEX de Matanzas han sido sometidos a un prolongado tiempo de trabajo continuo, sin que se les haya realizado el mantenimiento necesario, lo que provoca fallos sistemáticos que conducen a una deficiente disponibilidad, afectando su capacidad de trabajo, fiabilidad y la vida útil de los mismo

Es por ello que en el presente estudio se focalice la siguiente interrogante como:

Problema Científico

¿Cómo fundamentar la propuesta de mantenimiento adecuado para compresores de aire modelo PUSKA N-1300-2-500, pertenecientes a la empresa CIMEX que garantice la capacidad de trabajo, la fiabilidad y la vida útil de los mismos?

El **Objeto de Estudio** se circunscribe: al Proceso de mantenimiento para compresores de aire modelo PUSKA N-1300-2-500

Objetivo general:

Proponer el mantenimiento adecuado para los equipos compresores de aire de la Empresa CIMEX de Matanzas, que contribuya a incrementar su capacidad de trabajo, fiabilidad y su vida útil.

Para darle cumplimiento a este objetivo, se realizarán los siguientes objetivos específicos:

- Analizar los antecedentes teóricos y metodológicos relacionados con la organización y planificación de los mantenimientos a compresores de aire, modelo PUSKA N-1300-2-500
- Analizar la situación existente del mantenimiento aplicado a los compresores de aire modelo PUSKA N-1300-2-500 de la Empresa CIMEX.
- Fundamentar la aplicación de un tipo de mantenimiento adecuado para lograr un buen funcionamiento de los compresores de aire modelo PUSKA N-1300-2-500 de la Empresa CIMEX.

Para el desarrollo del presente estudio, el autor se apoya en los siguientes grupos de métodos:

El materialista - dialéctico, como método general que muestra su expresión en los métodos del nivel teórico aplicados, entre los cuales se

encuentran: el analítico-sintético, el inductivo-deductivo, el histórico-lógico, el hipotético-deductivo y el método de análisis de documentos, que sirvieron para el estudio de fuentes de información y el procesamiento de los fundamentos científicos de los diferentes autores que fueron consultados para la definición del estado actual del problema, así como durante el análisis y discusión de los resultados en el plano teórico. El sistémico- estructural- funcional y la modelación fueron aplicados para el mantenimiento que se propone y establecer sus componentes, su estructura y su forma de control.

CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 Introducción

En este capítulo se trata minuciosamente el mantenimiento, su evolución, requisitos, conceptos, clasificación, ventajas y desventajas. A continuación, se hace referencia al aire comprimido como un recurso tecnológico trascendental, se precisan sus principios y su uso en varios equipos que humanizan el trabajo del hombre. Finalmente se abordarán los compresores de aire, como parte de la tecnología del aire comprimido, se darán a conocer los diferentes tipos y sus características fundamentales.

1.2 Evolución de los requisitos del mantenimiento en este siglo.

El mantenimiento surge desde que el hombre comienza a producir artículos y/o máquinas y las mismas, por su uso, tienen desperfectos.

Su inicio comienza justificado por una lógica aplastante: “hay que arreglar o reparar lo que se rompe”. [10].

Técnicamente, ya el mantenimiento incursionaba en la industria en el Siglo XI, cuando “el ferrer”, una especie de responsable de mantenimiento, era el encargado de la reparación de los utensilios y máquinas en la “**farga catalana**” (instalación dedicada a la obtención de hierro y acero de bajo carbono en los Pirineos Orientales).

1.2.1 La actividad de mantenimiento ha tenido dos historias bien diferenciadas:

La historia técnica, y la historia económica.

- ✓ El mantenimiento en su aspecto técnico nació con la primera herramienta, con la primera piedra afilada por el hombre primitivo y a partir de ese momento ha seguido una evolución técnica al lado de la evolución de la actividad productiva. [3]

- ✓ El mantenimiento en su aspecto económico nació con el taylorismo, a partir de introducir un elemento diferenciador entre la actividad productiva y la de mantenimiento, olvidando que ambas actividades, más que complementarias, son la misma cosa.

Al separar las dos actividades vinieron los economistas y administradores y se dedicaron al control de ambas independientemente [3]. Entonces a las necesidades económicas de la producción le asignaron el nombre de costos, mientras a las de mantenimiento el nombre de gastos que tiene connotaciones subvaloradas.

Esta separación contable fue ganando terreno en el mundo industrial con una rapidez desigual y de ahí procede el error conceptual de atribuirle al mantenimiento una evolución diferente de la actividad productiva.

Cuando se habla de que el mantenimiento se hace importante después de mediados del siglo XX se está en un error; ha tenido importancia siempre, y ha sido igual a la de los utensilios y máquinas que acompaña, con las consecuencias que pudieran derivarse de un fallo.

El mantenimiento se tecnificó después de la Segunda Guerra Mundial y tuvo que hacerlo en la medida en que evolucionaron una serie de aspectos tales como:

- El desarrollo técnico de las máquinas y el socio cultural de la población.
- El desarrollo de la población.
- La situación político-militar del mundo.
- El desarrollo de la ciencia y la técnica (la física, la electrónica, la computación, etc.).
- La protección del medio ambiente.

- El conjunto de estos factores obligó al mantenimiento a un mejoramiento continuo para poder cumplir con las exigencias que le iba imponiendo el desarrollo industrial.

En la Figura 1 se puede observar la evolución de los requisitos del mantenimiento con el transcurso del tiempo.



Fuente: F. Arenas

Figura 1: Evolución de los requisitos al mantenimiento.

Hasta mediados de siglo XX, el éxito del mantenimiento se lograba reparando con calidad y rapidez las afectaciones.

En el tercer cuarto de siglo XX comienza la preocupación por la durabilidad y la disponibilidad de las máquinas, evitándose a toda costa los fallos catastróficos. Es en esta etapa donde nace y comienza el desarrollo de la Teoría de la Fiabilidad, la Electrónica y la Computación.

Ya en el último cuarto de siglo aumentan las exigencias y se amplía la gama de aspectos que debe garantizar el mantenimiento.

Ante estas exigencias y siempre relegando a un plano de inferioridad en el organigrama de cualquier industria, el mantenimiento al decir de un reconocido especialista “se convierte en un castillo asediado” por el resto de los departamentos de la organización. De este “Castillo” huyen excelentes técnicos

y buenos profesionales “para unirse a los sitiadores”, entregándoles todas sus energías y afán de servicio.[3].

No obstante, el mantenimiento ha desarrollado nuevos sistemas de trabajo que han tratado de responder a las exigencias impuestas y que persiguen los siguientes objetivos:

- Reducir los costos, mejorar la calidad y elevar la disponibilidad de las máquinas, reduciendo averías accidentales.
- Reducir el ritmo de deterioro de las máquinas, elevarles su vida útil y evitar producciones defectuosas. Incluye devolución de capacidades de trabajo, o sea, asegurar la disponibilidad, en condiciones óptimas, de los equipos instalados para la producción.
- Proteger el medio ambiente y garantizar seguridad en el trabajo.
- Vincularse con diseñadores y fabricantes para con su experiencia mejorar la concepción y fabricación de las máquinas.
- Garantizar la seguridad del personal, y preservar el medio ambiente.

1.3 Análisis del concepto de mantenimiento

Según [24]., describe al mantenimiento como "Aquel que permite alcanzar una reducción de los costos totales y mejorar la efectividad de los equipos y sistemas". El Centro Internacional de Educación y Desarrollo (CIED), filial de [5]., define al mantenimiento como: “El conjunto de acciones orientadas a conservar o restablecer un sistema y/o equipo a su estado normal de operación, para cumplir un servicio determinado en condiciones económicamente favorable y de acuerdo a las normas de protección integral.”

Para[18]., el mantenimiento significaba “Acciones dirigidas a asegurar que todo elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas”. [24].

“La Misión del Mantenimiento, es garantizar la disponibilidad de la función de los equipamientos e instalaciones con la finalidad de atender un proceso de producción o de servicio, con confiabilidad, seguridad, preservación del medio ambiente a costos adecuados”,[16]., este concepto, que no escapa de la realidad si presenta muchas limitaciones, como, por ejemplo:

¿Qué nivel de disponibilidad es necesario garantizar?, ¿es correcto “atender un proceso de producción o servicio”, si no se tienen definidos los procesos?, y el más importante, ¿Qué son “costos adecuados”? Como se puede apreciar, quedan muchas preguntas sin responder.

“Mantenimiento, es un Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente”.[8].

1.3.1 Criterios de algunos expertos con relación al mantenimiento.

Entre estos criterios tenemos[25].

Eric Domínguez Saura: es miembro del equipo de dirección técnica facultativa de obras en Riazú, S.A.

Juan Artero Oliver: es jefe de mantenimiento general y medio ambiente en NISSAN Motor Iberia.

Pedro Paredes Navarro: es director técnico de Roca Radiadores.

Pedro Rodríguez Darnes: es director adjunto de Vizcondesa Barcelona y miembro del comité de la Asociación Española de Mantenimiento (AEM).

¿Mantenimiento, un factor más de productividad?

Pedro Paredes Navarro.

“El mantenimiento es una rama de la ingeniería cuyo fin es el de mantener en condiciones adecuadas de disponibilidad y facilidad las instalaciones objeto del mismo.”

Juan A. Artero Oliver.

“El mantenimiento, ya hoy, pero mucho más en el próximo decenio, se verá condicionado por la necesidad y tan proclamada competitividad de las empresas. Competitividad que en términos de mantenimiento se traduce en reducir gastos a la vez que se aumenta la disponibilidad de los equipos. También otros vectores presionarán, y no precisamente en la dirección deseable que facilite las cosas: exigencias legales, de seguridad, medio ambientales, calidad de producción, automatización y sofisticación de los equipos de coste y plantilla, de forma que gastos fijos se conviertan en variables en función de la producción (demanda). Todo esto exigirá un esfuerzo formativo, tanto en los aspectos técnicos y reglamentarios de las instalaciones como en gestión y control del taller”.

Pedro Rodríguez Darnes.

” Cuando se está hablando de que el mantenimiento es uno de los diez factores que más influyen en la competitividad industrial, es evidente que participa en la productividad. Están íntimamente ligados los conceptos competitividad, productividad y calidad. Y no es que se deba considerar una nueva cultura de empresa, ya que cualquiera de ellas que se precie debe haberlos tenido en especial consideración en todo momento si ha querido destacar en el mercado de su ámbito. Otra cuestión es la que con la implantación de las normas ISO 9000, haya querido dejar constancia de ello”.

“Es obvio que el mantenimiento, hoy es factor de productividad. Pero antes es importante definir el concepto de productividad para evitar confusiones. La productividad puede definirse de muchas maneras y está en función del objeto que definamos. En una empresa industrial la productividad es todo lo que nos ayuda a mejorar el objetivo de la organización. Si el mantenimiento ayuda en esta

dirección, entonces es un factor de productividad si no, es solo un espejismo. Permitidme que ponga un ejemplo. En una carrera de fórmula 1, un buen mantenimiento debe producir al coche y su piloto a ganarla. ¿De qué serviría un coche impecable, pero que técnicamente no tuviese, en cuenta las circunstancias y peculiaridades del circuito a recorrer? Pienso que este es uno de los mayores errores que se cometen a la hora de diseñar un plan de mantenimiento. Nos encerramos en el despacho y diseñamos una estrategia de mantenimiento y luego pretendemos aplicarla en la planta, ignorando las circunstancias y las realidades. Y lo más grave es que a veces intentamos cambiar esta realidad, con tal de establecer el plan.

Sobre esto en particular Pedro Paredes Navarro señala que:

“El mantenimiento es, sin duda, un factor más de la productividad ya que, si es eficaz, garantiza la calidad y disponibilidad necesarias de las instalaciones de producción. En el fondo, un buen mantenimiento es una garantía de la inversión realizada. La seguridad es uno de los factores que un mantenimiento adecuado debe garantizar. Respecto a la calidad total, sin duda un adecuado mantenimiento es un factor más dentro de la cadena que permitirá alcanzar dicha meta”.

Otro autor que también hace referencia a la temática es Eric Domínguez Saura cuando señala:

“Obviamente el mantenimiento es un factor de productividad. La productividad del mantenimiento se mide con la disponibilidad y la fiabilidad de las instalaciones. Dentro de estos grandes conceptos están todos los parámetros de tasas de error, tiempo entre averías, tiempo de duración de averías, etc., que ya todos conocemos, y el conseguir unos índices en los dos primeros apartados que sean satisfactorios y que encajen en los objetivos de la empresa, implica conseguir la productividad establecida como sub-objetivo dentro del entorno de mantenimiento”.

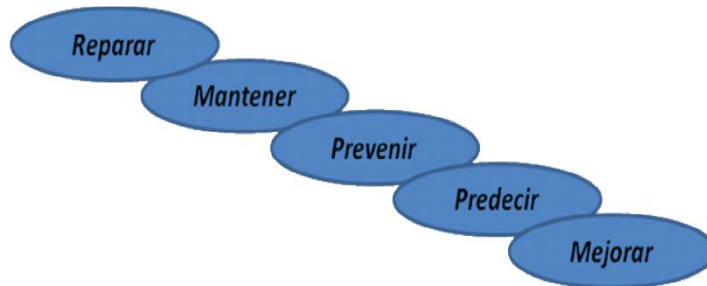
Después de haber abordado los conceptos anteriores de diferentes especialistas, el autor da su propia definición de mantenimiento, el cual se puede definir como: Es un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones civiles, e instalaciones, asegurando así que continúe desempeñando las funciones deseadas, donde su objetivo principal es preservar la función, las buenas condiciones de operabilidad, optimizar el rendimiento y aumentar el período de vida útil de los activos.(Elaboración propia, a partir de los conceptos de los autores citados).

Los **objetivos generales** de todos los Departamentos de Mantenimiento deben ser los mismos [6]., y deben incluir:

- Lograr la satisfacción total del cliente con el servicio brindado, y/o producto final.
- Cumplimiento de las normas de seguridad y otras disposiciones obligatorias.
- Seguimiento, corrección, adecuación y ejecución de los planes de mantenimiento a equipos/activos/sistemas e inmuebles,
- Gestión de los recursos energéticos disponibles,
- Evitar la ocurrencia de averías incensarías, y su rápida solución, en cumplimiento de los planes emergentes. Eliminación de estas a la mínima expresión posible,
- Disponibilidad, Confiabilidad y Fiabilidad de la instalación, así como los sistemas productivos/servicios,
- Análisis de los Modos de Fallos y nivel de probabilidad de Ocurrencia.
- Garantizar la gestión de la Información histórica de las instalaciones para la Toma de Decisiones,
- Mantener las condiciones ambientales según sus normas y regulaciones,
- Lograr la reducción de los costos de mantenimiento tanto como sea posible.

1.4 El Mantenimiento y su causa fundamental

Las necesidades de la industria en el período analizado pueden resumirse en la secuencia que se muestra en la figura 2



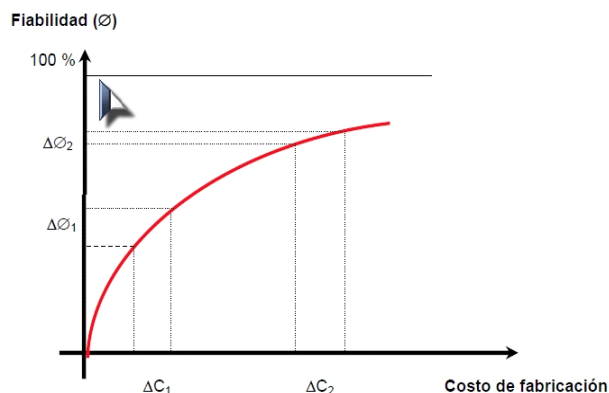
Fuente: F. Arenas

Figura 2: Evolución de las necesidades de la industria.

Véase como desde la simple necesidad de reparar se ha pasado a la de mejorar las instalaciones, es decir, hasta modificar lo mal diseñado o lo diseñado no acorde totalmente con las condiciones de trabajo.

Cabe preguntarse, ¿por qué el Mantenimiento es el único que lleva el mayor peso en el cumplimiento y satisfacción de estas necesidades y no se resuelven estos aspectos desde el punto de vista del diseño?

La respuesta a esta interrogante se tiene al analizar la relación fiabilidad-costos que se muestra en la figura 3



Fuente: F. Arenas. Figura 3: Relación fiabilidad / costo de fabricación de los artículos.

Si las máquinas se produjeran con niveles elevadísimos de fiabilidad (zona 2 del gráfico de la figura 3), muchos requisitos estarían satisfechos automáticamente sin necesidad del esfuerzo del mantenimiento. Sin embargo, estas máquinas serían sumamente costosas para estas condiciones e incluso un incremento de costos de producción ($\Delta C2$) no ofrece un incremento significativo de su fiabilidad ($\Delta \emptyset 2$).

La maquinaria en general se concibe y se produce con costos medios (zona 1 del gráfico), donde aún los esfuerzos por incrementar el costo de producción ($\Delta C1$) se ven recompensados por un incremento importante de fiabilidad ($\Delta \emptyset 1$). Por ello, la acción del mantenimiento es vital para garantizar la parte de la fiabilidad que se realiza en la explotación y que es de gran magnitud en la mayoría de las máquinas convencionales.

1.5 Clasificación de los tipos de mantenimiento

Existen cuatro tipos reconocidos de mantenimiento, los cuales están en función del momento en el tiempo en que se realizan, el objetivo particular para el cual son puestos en marcha, y en función a los recursos utilizados, así tenemos: mantenimiento **Correctivo** o de **Imprevisto**, mantenimiento **Preventivo**, mantenimiento **Predictivo** y mantenimiento **Proactivo**. [27].

I- Mantenimiento correctivo

Este mantenimiento también es denominado mantenimiento de imprevisto, consiste en el reacondicionamiento o sustitución de partes en un equipo una vez que han fallado, es la reparación de la falla (falla funcional), ocurre de urgencia o emergencia. Consiste en intervenir con una acción de reparación cuándo el fallo se ha producido, restituyéndole la capacidad de trabajo a la máquina. [27].

Concibe también acciones de limpieza y lubricación con carácter preventivo y acorde con recomendaciones del fabricante. [4].

Se considera válido si se aplica en equipos no críticos o secundarios, donde la seguridad o producción no se vea comprometida.

El mantenimiento correctivo no requiere de estudios o investigaciones que justifiquen su accionar, ya que éste no es programado sino eventual, en correspondencia con la aparición de los fallos y deterioros.

El mismo comprende:

- **Mantenimiento contra averías:** Es el que se le realiza a un equipo después que se haya producido la avería, dejándolo en condiciones óptimas de funcionamiento.
- **Mantenimiento de emergencia:** Es el que se le realiza a un equipo de forma inmediata para así evitar males mayores, cuando este ha empezado a dar síntomas de una alta degradación, y solo logra mejorar en algo sus parámetros de trabajo, no lo deja en condiciones óptimas.
- **Mantenimiento de urgencia:** Es el que se realiza de forma inmediata y con el objetivo de poner al equipo en funcionamiento a cualquier precio, y generalmente este queda bajo pésimas condiciones.

Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

- Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas,
- Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior, • Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado,
- La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible,

- Brinda poca seguridad en la operación del equipo,
- Ambiente de trabajo desfavorable por vibraciones y ruidos,
- Riesgo de falla de partes de difícil adquisición,

Como aspectos positivos se le señalan: La no necesidad de un personal de alta calificación, ni detener las máquinas con ninguna frecuencia prevista, como tampoco velar por el cumplimiento de las acciones programadas.

Como aspectos negativos están: La ocurrencia aleatoria del fallo y la estadía correspondiente en momentos indeseados, la menor durabilidad de las máquinas, su menor disponibilidad y la posible ocurrencia de fallos catastróficos, lo que traería consigo daños ambientales provocando impactos negativos. El mantenimiento correctivo era el más utilizado prácticamente hasta mediados del siglo pasado.

Este tipo de mantenimiento es el más caro y la norma **ISO 9001:2000** plantea que desde el punto de vista de la calidad es inaceptable. [19].

II- Mantenimiento preventivo

Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento planificado”, tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza a razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos. [27].

Este tipo de mantenimiento reduce hasta en un 30% [1]. los costos del mantenimiento correctivo. Esta filosofía de mantenimiento está basada en el conocimiento de que las máquinas se desgastan con el tiempo.

El mismo se desarrolla de manera creciente a partir de la segunda guerra mundial y se aplica el concepto de cambio de piezas con un número de horas de funcionamiento [22]. Con el conocimiento de equipos y registros históricos, se ejecutan planes de mantenimientos con frecuencias específicas [12].

Este mantenimiento concibe la realización de intervenciones con carácter profiláctico según una programación con el objetivo de disminuir la cantidad de fallos aleatorios. No obstante, éstos no se eliminan totalmente. Con el accionar preventivo se introducen nuevos costos, pero éstos se reducen en las reparaciones, las cuales disminuyen en cantidad y complejidad. [3]. Son intervenciones típicas de éste mantenimiento la limpieza, lubricación, ajustes, aprietes, regulaciones y los cambios de elementos, siempre que sean planificado previamente, aumentando la seguridad del equipo y reduciendo la probabilidad de fallas mayores; pero no se excluye el mantenimiento que a diario debe realizar el operador del equipo (ejemplo: limpieza de electrodos en el desfibrilador, procedimientos de auto calibración en equipos computarizados, etc.) [4].

Las acciones de reparación se pueden clasificar en:

- Pequeñas.
- Medianas.
- Generales.

Las reparaciones pequeñas, se corresponden con trabajos que se realizan sin desmontar la máquina, pudiendo ser ajustes, regulaciones, limpieza, cambio de piezas de fácil acceso, etc., siempre que exija una pequeña laboriosidad.

Las reparaciones medias, exigen el desmontaje parcial de la máquina, reparando o cambiando piezas deterioradas y ejecutando otras acciones de las mencionadas para reparaciones pequeñas, pero con una laboriosidad mayor.

Durante las reparaciones generales, se desmonta y desarma toda la máquina, reparando y cambiando las partes necesarias y devolviendo la capacidad de trabajo a un nivel más cercano al nominal con costos racionales.

Este mantenimiento requiere de un personal de mayor nivel para ejecutar las investigaciones y estudios que justifiquen las acciones que se programan, su periodicidad y su realización.

Este logra una mayor vida útil de las máquinas y les incrementa su eficiencia y calidad en el trabajo que realizan. Incrementa la disponibilidad, la seguridad operacional y el cuidado del medio ambiente. También garantiza la planificación de los recursos para la ejecución de las operaciones. Presenta las siguientes características. [27].

- Se realiza en un momento en que no se está produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta,
- Se lleva a cabo siguiente un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios “a la mano”,
- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa,
- Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta,
- Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos,
- Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva.

Ventajas del mantenimiento preventivo: [29].

- Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento
- Disminución de existencias en almacén y por lo tanto sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo
- Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos/máquinas
- Mayor duración, de los equipos e instalaciones
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento debido a una programación de actividades,
- Menor costo de las operaciones.

Como aspectos negativos se le señalan:

- El costo del accionar obligatorio del plan, las afectaciones en mecanismos y sistemas que se deterioran por los continuos desmontajes para garantizar las operaciones profilácticas y la limitación de la vida útil de elementos que se cambian con antelación a su estado límite, generando residuos que provocan impactos negativos al medio ambiente. [13-14-17-23].

Fases del mantenimiento preventivo: [29].

- Inventario técnico, con manuales, planos, características de cada equipo,
- Procedimientos técnicos, listados de trabajos a efectuar periódicamente,
- Control de frecuencias, indicación exacta de la fecha a efectuar el trabajo,

- Registro de reparaciones, repuestos y costos que ayuden a planificar.

III.Mantenimiento predictivo

Consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la máquina examinada, mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo. El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en la aplicación de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico, que juntos pueden brindar información referente a las condiciones del equipo. Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y por no producción. La implementación de este tipo de métodos requiere de inversión en equipos, en instrumentos, y en contratación de personal calificado. Técnicas utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo: [27].

- Analizadores de Fourier (para análisis de vibraciones), [26].
- Endoscopia (para poder ver lugares ocultos)
- Ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros)
- Termovisión (detección de condiciones a través del calor desplegado)
- Medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.)

Los objetivos de este tipo de mantenimiento son:

- Disminución de averías,
- Elevar la confiabilidad y seguridad del trabajo de los equipos industriales
- Disminución del consumo de piezas de repuesto,
- Evitar el desmontaje innecesario de agregados o partes del equipo; disminuyendo el factor de riesgo de error humano,

- Disminución de los gastos laborales en el mantenimiento y reparación de equipos debido fundamentalmente a la disminución de las reparaciones,
- Ahorro en tiempo en la realización de servicios técnicos, y de hecho en el tiempo estadía para estos fines, lo que implica una mayor explotación del equipo,
- Optimizar el ciclo de mantenimiento de los equipos,
- Alargar la vida útil de los equipos y de los elementos que lo conforman.

Este mantenimiento es el que garantiza el mejor cumplimiento de las exigencias en los últimos años, pues se logran las menores estadías, la mayor calidad y eficiencia en las máquinas, garantiza la seguridad y protección del medio ambiente, reduce el tiempo de las acciones de mantenimiento al indicar las que son realmente necesarias.

IV Mantenimiento proactivo

Este mantenimiento tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, de modo tal que todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento deben conocer la problemática del mantenimiento, es decir, que tanto técnicos, profesionales, ejecutivos, y directivos deben estar conscientes de las actividades que se llevan a cabo para desarrollar las labores de mantenimiento. Cada individuo desde su cargo o función dentro de la organización, actuará de acuerdo a este cargo, asumiendo un rol en las operaciones de mantenimiento, bajo la premisa de que se debe atender las prioridades del mantenimiento en forma oportuna y eficiente. El mantenimiento proactivo implica contar con una planificación de operaciones. Este mantenimiento a su vez debe brindar indicadores (informes) hacia la gerencia, respecto del progreso de las actividades, los logros, aciertos, y también errores. [27].

1.6A continuación se hace referencia a los principios básicos del aire comprimido y la importancia de su utilización:

Con frecuencia se describe el aire comprimido como **la cuarta energía** y, aunque no sea tan omnipresente como la **electricidad**, el **petróleo** y el **gas**, juega un papel fundamental en el mundo moderno. La principal diferencia es que los usuarios generan su propio aire y, de este modo, disponen de la opción de elegir el modo en que se genera el aire.

Con frecuencia, se pasa por alto la importancia del aire comprimido, pero juega un papel vital en la mayor parte de los procesos de fabricación modernos y de nuestra civilización.

Aunque quizás no lo sepamos, la mayoría de los productos que utilizamos hoy en día no podrían fabricarse sin el aire comprimido.

El aire comprimido supone aproximadamente el 10% de la energía total utilizada en la industria de hoy en día.

Con tantas aplicaciones, en diferentes entornos, que dependen del aire comprimido, los compresores no sólo tienen que comprimir el aire a una presión específica, con un flujo determinado, sino que también tienen que proporcionar la calidad correcta. Para muchas personas, un compresor es todo lo que se necesita para comprimir el aire, pero para obtener la calidad correcta del aire comprimido, en muchos casos se necesitan más equipos. Con frecuencia, se necesitan Filtros y Secadores para eliminar el aceite y el agua antes de su entrada en la aplicación.

1.6.1 ¿Qué ocurre cuando se comprime el aire?

El aire comprimido es **limpio, seguro, simple y eficaz**. No se producen humos de escape u otros productos derivados peligrosos cuando se usa el aire comprimido como energía. Se trata de una energía no contaminante.

Cuando un compresor comprime mecánicamente aire a presión atmosférica, la transformación del aire a 1 bar (presión atmosférica) en aire con una presión mayor (hasta 414 bar.) está determinada por las leyes de la termodinámica. Afirman que un incremento en la presión supone un aumento del calor y el aire en compresión crea un incremento proporcional del calor. La ley de Boyle explica que, si se divide a la mitad un volumen de gas (aire) durante la compresión, se duplica la presión. La ley de Charles establece que el volumen de un gas cambia en proporción directa a la temperatura. Estas leyes explican que la presión, volumen y temperatura son proporcionales, se cambia una variable, y también cambian las otras dos, de acuerdo con esta ecuación:

$$(P_1 V_1) / T_1 = (P_2 V_2) / T_2$$

Donde P=Presión V=Volumen y T=Temperatura del gas, siendo 1 un estado inicial antes de la carga, y siendo 2 el estado final después de una carga.

Cuando se aplica esto a un compresor, el volumen del aire (o caudal) y la presión del aire se pueden controlar y aumentarse hasta un nivel adecuado al modo en que se está utilizando. Normalmente, el aire comprimido se utiliza en valores de presión de 1 a 414 bar (14 a 6004 psi) con diferentes velocidades de flujo, desde 0,1m³ (3.5 cfm– pies cúbicos por minuto) y superiores.

1.6.2 ¿Por qué refinar el aire comprimido?

El aire es una mezcla incolora, inodora e insípida de muchos gases, principalmente nitrógeno e hidrógeno. El aire se contamina naturalmente con

partículas sólidas, del tipo de polvo, arena, hollín y cristales de sal. Esta contaminación varía con los diferentes entornos y la altitud.

El vapor de agua es otro ingrediente natural que se puede encontrar en cantidades variables en el aire. La cantidad de vapor de agua y la contaminación del aire juegan un papel vital en el proceso de compresión y en la calidad del aire suministrado por el compresor.

Las propiedades para causar daños y la corrosión del agua son bien conocidas. El aire sin tratar a presión atmosférica contiene importantes cantidades de agua y otros contaminantes, del tipo de gotas de aceite y partículas de polvo.

Cuando se comprime el aire, aumenta la concentración de humedad y otros contaminantes. Si permanece en el sistema, esta mezcla tiene un efecto negativo sobre los equipos neumáticos, causando paradas de producción innecesarias, productos arruinados y reducción de la vida útil de los equipos.

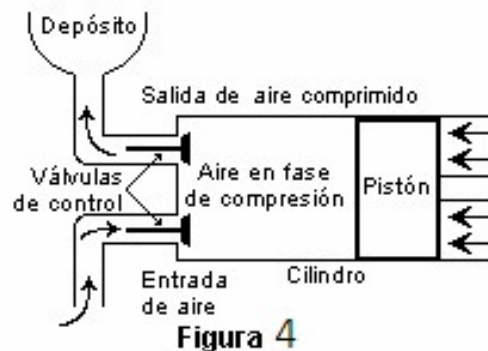
Los filtros de aire comprimido eliminan los contenidos de aceite y suciedad, mientras las secadoras de aire comprimido eliminan el vapor de agua antes de que el aire alcance el punto de utilización.

1.7 Compresor de aire

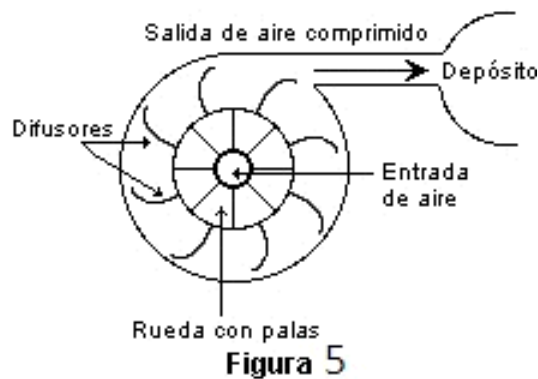
El compresor de aire, también llamado bomba de aire, máquina que disminuye el volumen de una determinada cantidad de aire y aumenta su presión por procedimientos mecánicos. El aire comprimido posee una gran energía potencial, ya que, si eliminamos la presión exterior, se expandiría rápidamente.

El control de esta fuerza expansiva proporciona la fuerza motriz de muchas máquinas y herramientas, como martillos neumáticos, taladradoras, limpiadoras de chorro de arena y pistolas de pintura.

En general hay dos tipos de compresores: **alternativos y rotatorios**. Los compresores alternativos o de desplazamiento (ver fig. 4), se utilizan para generar presiones altas mediante un cilindro y un pistón. Cuando el pistón se mueve hacia la derecha, el aire entra al cilindro por la válvula de admisión; cuando se mueve hacia la izquierda, el aire se comprime y pasa a un depósito por un conducto muy fino.



Los rotativos (ver fig. 5), producen presiones medias y bajas. Están compuestos por una rueda con palas que gira en el interior de un recinto circular cerrado. El aire se introduce por el centro de la rueda y es acelerado por la fuerza centrífuga que produce el giro de las palas. La energía del aire en movimiento se transforma en un aumento de presión en el difusor y el aire comprimido pasa al depósito por un conducto fino.



El aire, al comprimirlo, también se calienta. Las moléculas de aire chocan con más frecuencia unas con otras si están más apretadas, y la energía producida por estas colisiones se manifiesta en forma de calor. Para evitar este calentamiento hay que enfriar el aire con agua o aire frío antes de llevarlo al depósito. La producción de aire comprimido a alta presión sigue varias etapas de compresión; en cada cilindro se va comprimiendo más el aire y se enfría entre etapa y etapa. [9].

1.7.1 El funcionamiento básico de los compresores:

En su forma más simple el inflador de bicicleta es un compresor. Al empujar un lado, el aire en el otro lado es comprimido si la salida es tapada o conectada al neumático. El aire frío entra al compresor donde la energía usada para comprimirlo es convertida a un aumento de presión y temperatura, reduciendo el volumen final.

1.7.2 Propósito de los compresores:

Los compresores pueden ser usados para aumentar la presión o flujo de un gas (aire, amoníaco, GNC, nitrógeno, CO₂, etc.). A veces esto es intermitente (un taller, gometría, restaurante, planta procesadora pequeña, etc.) a veces continuo (bombeo de gasoductos, embotelladoras de gaseosas o cerveza, sopladores de bolsas y envases plásticos, etc.). El uso para aumentar presión puede ser para uso directo como inflar neumáticos (llantas), limpiar piezas, desempolvar, etc., o para accionar algún equipo como sistema de lubricación neumática, equipos de

perforación, válvulas de control, etc. Cada tipo de compresor tiene ventajas para aplicaciones específicas, y los materiales utilizados en su construcción son compatibles con ciertos gases y/o aceites, limitando su intercambiabilidad.

Los compresores en general son similares a bombas que utilizamos para bombear líquidos. Por lo que en general los líquidos no pueden ser comprimidos utilizando un equipo similar al compresor la bomba aumenta presión o flujo en una relación directa. [28].

1.8 Tipos de compresores.[28].

El inflador de bicicleta es un tipo de compresor de **desplazamiento positivo**. Las dimensiones son fijas. Por cada movimiento del eje de un extremo al otro tenemos la misma reducción de volumen y el correspondiente aumento de presión (y temperatura). Normalmente son utilizados para altas presiones o poco volumen.

También existen **compresores dinámicos**. El más simple es un ventilador que usamos para aumentar la velocidad del aire de nuestro entorno y refrescarnos. Se utiliza cuando se requiere mucho volumen de aire a baja presión.

El compresor de desplazamiento positivo:

Estos compresores son los más conocidos y comunes. Para verlos aquí y observar sus diferencias los dividimos en dos tipos diferentes. Los **rotatorios** (lóbulos, tornillo o paleta) y los **alternativos** (pistones).

Compresores rotativos de lóbulos: los compresores de lóbulos tienen dos rotores simétricos en paralelo sincronizados por engranajes.

Características:

- Producen altos volúmenes de aire seco a relativamente baja presión,
- Este sistema es muy simple y su funcionamiento es muy parecido a la bomba de aceite del motor de un auto donde se requiere un flujo constante,
- Tienen pocas piezas en movimiento,
- Son lubricados en general en el régimen de lubricación hidrodinámica aunque algunas partes son lubricadas por salpicaduras de aceite. A veces los rodamientos o cojinetes pueden estar lubricados por grasas.

Compresores rotativos tipo tornillo: Los compresores a tornillo (ver fig. 9) tienen dos tornillos engranados que rotan paralelamente con un juego o luz mínima, sellado por la mezcla de aire y aceite.

Característica:

- Silencioso, pequeño, bajo costo,
- Flujo continuo de aire,
- Fácil mantenimiento,
- Presiones y volúmenes moderados.

Operación: al girar los tornillos, el aire entra por la válvula de admisión con el aceite. El espacio entre los labios es progresivamente reducido al correr por el compresor, comprimiendo el aire atrapado hasta salir por la válvula de salida.

En los compresores a tornillo **húmedos** los engranajes y tornillos son lubricados por el aceite que actúa también como sello. Típicamente tienen filtros coalescentes para eliminar el aceite del aire o gas comprimido.

Los compresores a tornillo **secos** (oil-free) requieren lubricación de sus engranajes, cojinetes y/o rodamientos, pero los tornillos operan en seco. Los tornillos normalmente operan en el régimen de lubricación límite y mixta mientras los engranajes trabajan con lubricación hidrodinámica.

🕒 **Lubricación:** Los compresores lubricados con inyección de aceite utilizan aceites **R&O** (resistentes a oxidación por lo que trabaja entre 80 °C y 120 °C y con aditivos contra la corrosión) y aceites hidráulicos **AW** (anti desgaste). Los engranajes son lubricados por salpicaduras con aceite **R&O**. Típicamente utilizan viscosidades entre **ISO32** e **ISO 68** de acuerdo a la temperatura del ambiente, la velocidad de giro y el tamaño de sus tornillos y luz.

El aceite tiene que tener una buena capacidad antiespumante y buenas características de enfriamiento por la alta velocidad y temperatura de operación.

El índice de viscosidad natural del aceite tiene que ser alto para evitar cizallamiento y sellar los tornillos. Un aceite que utiliza muchos polímeros para mantener su índice de viscosidad sufrirá más cizallamiento y no sellará tanto como uno con índice natural alto (grupo II, sintetizado o sintético tradicional)

Los aceites hidráulicos (AW) formulados con aceite básico **API** grupo I no deberían ser utilizados sobre 70 °C por su oxidación. Caso contrario se tendrá que cambiar aceite con mayor frecuencia y limpiar los residuos de oxidación,

resinas y polímeros de las superficies y cojinetes. Estos depósitos son muy difíciles de eliminar de los enfriadores (intercambiadores de calor) del aceite.

En sistemas que tienen cojinetes de plata no se debe usar aceites AW con aditivos tradicionales de zinc y fósforos por el daño que hace el zinc a la plata.

Compresores rotativos tipo paletas: En el compresor rotativo a paletas el eje gira a alta velocidad mientras la fuerza centrífuga lleva las paletas hacia la carcasa (estator) de afuera. Por la carcasa ovalada, continuamente entra y salen por canales en su rotor. Este sistema es parecido a la bomba hidráulica a paletas como la bomba utilizada en la dirección hidráulica de los autos. Por la excentricidad de la cámara, los compartimentos llenos de aire entre las paletas se achican entre el orificio de entrada y el de salida, comprimiendo el aire.

El lubricante sella las paletas en el rotor y contra el anillo de la carcasa.

🕒 Características:

- Silencioso y pequeño,
- Flujo continuo de aire,
- Buen funcionamiento en frío,
- Sensibles a partículas y tierra,
- Fácil mantenimiento,
- Presiones y volúmenes moderados.

Compresores de movimiento alternativo tipo pistón: El compresor a pistón es semejante al motor de combustión del auto y puede ser de efecto **simple** para baja presión o **doble** para alta presión.

Los pistones, cojinetes y válvulas requieren lubricación.

Características:

- Ruidoso y pesado,
- Fluido de aire intermitente,
- Funciona en caliente (hasta 220 °C),
- Necesita mantenimiento costoso periódico, - Alta presión con moderado volumen.

Son divididos en dos clases:

- Los de efecto simple: Baja presión, normalmente usados en talleres para pintar, soplar, inflar neumáticos, operar herramientas neumáticas, etc.
- Los de doble efecto (Dúplex): Usados para altas presiones en sistemas de compresión de gases a licuados, etc.

Los compresores dinámicos: Los compresores dinámicos pueden ser **Radiales** (centrífugos) o de **Flujo Axial**. Una de las ventajas que tienen ambas es que su flujo es continuo. Estos compresores tienen pocas piezas en movimiento, reduciendo la pérdida de energía con fricción y calentamiento.

Compresores Radiales (Centrífugos): Una serie de paletas o aspas en un solo eje que gira, chupando el aire/gas por una entrada amplia acelerándolo por fuerza centrífuga para botarlo por el otro lado. Funciona en seco. La única lubricación es de sus cojinetes o rodamientos.

Características:

- El gas o aire sale libre de aceite,
- Un flujo constante de aire,

- Caudal de flujo es variable con una presión fija,
- El caudal es alto a presiones moderadas y bajas.

Compresores de Flujo Axial: Contiene una serie de aspas rotativas en forma de abanico que aceleran el gas de un lado al otro, comprimiéndolo. Esta acción es muy similar a una turbina. Funciona en seco. Solo los cojinetes requieren lubricación.

Características:

- Gas/Aire libre de aceites,
- Flujo de aire continuo,
- Presiones variables a caudal de flujo fijo,
- Alto caudal de flujo. Presiones moderadas y bajas.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El rasgo fundamental que caracteriza el estudio que se presenta, es el ordenamiento y dosificación de la información recopilada, mediante la consulta a la literatura especializada. Es por ello que se distinguen los métodos del nivel teórico, entre los cuales, se precisó del **Histórico-Lógico** para el estudio de la evolución histórica de las diversas concepciones teóricas y criterios de los autores abordados, sobre los compresores de aire, el modelo PUSKA N-1300-2-500 en particular, además de establecer la relación entre los aspectos teóricos y metodológicos para la concepción de la propuesta. Permitió indagar sobre el proceso de desarrollo de la evolución de estos equipos y sus características; así como su variabilidad, tendencias y antecedentes que se relacionarán con el presente estudio, al mismo tiempo que se valoraron concepciones, fundamentos y opiniones de autoridades en el tema, que permitieron fundamentar teóricamente la propuesta del autor. Se tuvo en cuenta el **Analítico sintético**: su participación en el estudio está relacionado con el análisis y el procesamiento de diferentes documentos relacionados con los compresores de aire, bibliografías especializadas, que permitieron fundamentar la propuesta, así como el análisis de los aspectos a tener en cuenta sobre los fundamentos relacionados con el mantenimiento, sus tipos y sus procedimientos de elección de acuerdo a las características del equipo, todos estos fueron integrados en un todo para la confección del programa propuesto. El **Inductivo-deductivo**: es otro método teórico que fue abordado, el mismo permitió la determinación del problema científico, las tareas investigativas, a partir de inferencias lógicas deductivas, sobre la base de los fundamentos teóricos a los cuales se pudo arribar, así como las generalizaciones que permitieron elaborar el programa propuesto. El método **Análisis de documentos**: se realizó una revisión de la información especializada sobre compresores de aire y programas de mantenimiento, documentos normativos emitidos por la empresa CIMEX, observando cómo unidades de análisis los protocolos, la dosificación y las metodica de aplicación; ventajas y desventajas, así como sus niveles de

eficiencia, vida útil y de conservación. Otro método de interés es el **Sistémico-estructural-funcional**: permitió el estudio detallado del objeto de estudio, para determinar los componentes y la estructura del mantenimiento propuesto a partir de la bibliografía consultada y de las necesidades concretas de la empresa en particular.

Se darán a conocer a continuación las características del compresor de aire modelo PUSKA N-1300-2-500, se emplea y explica detalladamente el análisis del Método de Diferenciación y Categorización de las Máquinas (Método de los Impactos), como fundamento de la propuesta del plan de Mantenimiento Preventivo

Características del compresor convencional modelo PUSKA N-1300-2-500: [30].

- Cabezal de fundición.
- Diseño exclusivo para funcionar a baja velocidad (605 a 975 rpm).
- Motor IP55, aislamiento clase F, para una larga vida útil, un alto rendimiento y una gran fiabilidad en condiciones de trabajo difíciles.
- Transmisión por correa con protector de acero, con acceso para realizar el mantenimiento de las correas con la máxima seguridad.
- Bajo nivel sonoro, 69 a 78 dB(A).
- Capacidad: 500 litros
- Presión: 10 bar
- Potencia: 10 Hp (7,5 KW)
- Revoluciones: 808 rpm
- Caudal: 1300 l/m
- Alimentación: Trifásico 400/3/50
- Dimensiones: 620 x 1971 x 1220 mm
- Peso: 308,5 Kg

2.1. Selección del sistema de mantenimiento a emplear para los compresores convencionales:

¿Qué hacer o qué método emplear?

En la actualidad, la acción del mantenimiento sobre las máquinas tiene un cierto nivel de intensidad.

Por intensidad se puede entender la cantidad de operaciones que se planifican y la periodicidad con que se ejecutan. No es tarea fácil, determinar la intensidad que debe tener el mantenimiento programado sobre una máquina dada.

Existen 3 líneas de trabajo para solucionar este asunto.

1. La aceptación de las recomendaciones del fabricante para establecer las operaciones y sus periodicidades. Esta es la fórmula más fácil, pero puede ser la más alejada de lo racional, toda vez que el fabricante no puede conocer las posibles condiciones de explotación de sus equipos. Otro inconveniente es que el fabricante no ofrece todas las gamas que pueden resultar necesarias para las máquinas o partes de ellas. Además el fabricante recomienda estos datos para cuando el equipo está en garantía ya que debo cumplir extintamente lo que dice el mismo y en la realidad hay que valorar si realmente es necesario o no aplacar estas recomendaciones y tener en cuenta siempre que este es el que provee las piezas de repuesto y en ocasiones propone hasta los lubricantes que el mismo fabrica y la gran mayoría de estos son importados.
2. Otra línea de trabajo es la búsqueda de puntos óptimos que detecten el nivel adecuado de la intensidad del mantenimiento. El comportamiento de los costos del accionar preventivo y del correctivo para diferentes niveles de intensidad del mantenimiento. Ante incrementos del accionar preventivo, se elevan sus costos, pero disminuyen los causados por acciones correctivas. Existe un valor de la abscisa para el cual los costos totales son mínimos, esta intensidad óptima es la que debe ser utilizada. Debido a las condiciones económicas

actuales de nuestro país lo que se necesita obtener es un consenso entre el costo y los resultados finales.

3. Otra línea de trabajo es la **Diferenciación y Categorización** de las máquinas para asignarle la atención necesaria de mantenimiento acorde con sus características.

2.2 Método de Diferenciación y Categorización de las Máquinas (Método de los Impactos)[21].

Como es conocido por todos, la actividad de mantenimiento es multifacética, compleja y requiere de una estricta planificación para su exitoso cumplimiento. Resulta lógico inferir que muchas de las actividades del mantenimiento están relacionadas, es decir, se encuentran en estrecha dependencia. De hecho, prácticamente cualquier conjunto de tareas de la empresa o cuya ejecución conduzca a un determinado objetivo se hallarán entrelazadas y será necesario establecer los vínculos, poner en evidencia sus dependencias para poder planificar adecuadamente la ejecución, para alcanzar el objetivo deseado.

A este efecto, es importante disponer de un método que, constituyendo una herramienta de trabajo, permita planificar, programar y controlar los conjuntos de tareas a ejecutar. En este trabajo, para la selección del sistema de mantenimiento nos basamos en el Método de Diferenciación y Categorización de las Máquinas (Método de los Impactos), el cual se rige por los siguientes indicadores prácticos:

1. **Intercambiabilidad**: Posibilidad que posee un equipo de ser sustituido por uno similar o por otro de características y funciones similares.

(P) Irreemplazable: Cuando su labor no puede ser sustituida por ninguna otra máquina.

(S) Reemplazable: Cuando su labor puede ser sustituida por una o dos máquinas.

(A) Intercambiable: Cuando su labor puede ser sustituida por varias máquinas.

Importancia productiva: Indicador que denota la necesidad del equipo dentro del taller.

(P) Imprescindible: Equipos que al paralizarse afectan en más de un 50% el proceso en el que participan.

(S) Limitantes: Máquinas que al paralizarse afectan entre un 10% y 50% el proceso en el que participan.

(A) No afecta: Equipos que al paralizarse afectan hasta un 10% el proceso en el que participan.

3. Régimen de operación: Este nos muestra el régimen al cual está sometido el equipo de acuerdo a la participación que tenga en el proceso productivo.

(P) Continuo: Para máquinas que participan en líneas continuas de producción.

(S) Intermitentes: Para máquinas que participan en líneas intermitentes de producción.

(A) Reserva: Para máquinas que no participan en líneas de producción.

4. Nivel de utilización: Indicador que nos mostrará la utilización que se le da al equipo dentro del proceso productivo.

(P) Equipos muy utilizados: Son utilizados al máximo de su capacidad.

(S) Equipos de media utilización: Se utilizan pero no al máximo de sus capacidades, por lo general.

(A) Equipos de utilización esporádica: Equipos que rara vez se utilizan al máximo de su capacidad.

5. Parámetro principal: Es el parámetro característico de cada máquina que se debe garantizar, para que esta funcione adecuadamente sin perder su capacidad de trabajo. **(P) Elevado.**

(S) Medio.

(A) Bajo.

6. Mantenibilidad: Determina la facilidad de realizarle mantenimiento a los equipos, de acuerdo a la accesibilidad que permitan sus características constructivas internas y externas.

(P) Alta complejidad: Equipos de difícil acceso, compleja reparación o desarme.

(S) Media complejidad: Posee algunos mecanismos de difícil acceso o algunos elementos difíciles de armar, desarmar o reparar.

(A) Baja complejidad: Equipos de fácil acceso y de reparación sencilla.

7. Conservabilidad: Indicador que determina la sensibilidad de la resistencia a las condiciones ambientales.

(P) Condiciones especiales: Equipos que requieren de condiciones especiales, de acuerdo a sus características y mecanismos, locales cerrados, aire acondicionado, etc.

(S) Protegidos: Son aquellos equipos que requieren de condiciones normales para su buen funcionamiento y conservación de los mecanismos.

(A) Normal: Equipos que pueden estar sometidos a condiciones ambientales severas, por sus mecanismos y formas constructivas, por ejemplo: altas temperaturas, humedad, corrosión, etc.

(B) 8. Automatización:

(P) Automática: Máquinas con control numérico, computarizado, o completamente automatizado de forma tal que todo su ciclo de operaciones no dependa de la acción del operario.

(S) Semiautomáticas: Máquinas que tienen más de una función accionada, controlada eléctricamente, neumática e hidráulicamente, o al menos una de ellas es automática y que necesitan al menos en una operación la acción del operario.

(A) Mecánicas: Máquinas que son operadas manualmente en su totalidad.

9. Valor de la máquina: Precio de adquisición de la máquina y su incidencia en la gestión económica de la entidad.

(P) Alto: Máquina cara.

(S) Medio: Máquina de valor moderado.

(A) Bajo: Máquina barata.

10. Facilidad de adquisición de piezas de repuesto: Parámetro que determina la disponibilidad en el mercado de piezas de repuesto, teniendo en cuenta el año de fabricación y el precio actual de las piezas de repuesto.

(P) Difícil: Piezas de repuesto caras o indisponibilidad de estas en el mercado, las mismas son caras debido a su fecha de fabricación, generalmente esto ocurre cuando llevan más de 6 años de fabricados o su serie o modelo se han dejado de producir; también pueden ser caras por su complejidad o materiales que se utilicen para su fabricación.

(S) Regular: Piezas de repuesto de precios moderados con 3 o 5 años de fabricado el equipo y con menos disponibilidad en el mercado que el anterior, y su fabricante sigue garantizando sus piezas de repuesto o manutención.

(A) Fácil: Piezas de repuesto baratas y de fácil adquisición en el mercado, generalmente son piezas normalizadas (como los rodamientos) y pueden ser adquiridos con diferentes proveedores o fabricantes.

11. Seguridad operacional: Indicador que tiene en cuenta que las características constructivas puedan afectar a los operarios o personal adyacente.

(P) Peligrosos: Equipos que de acuerdo a sus características constructivas o de funcionamiento ofrecen una exposición del operario, o a trabajadores en general, a condiciones inseguras o de alto riesgo.

(S) Influyentes: Equipos que ofrecen menores condiciones inseguras para el operario o trabajadores, de acuerdo a sus características constructivas o de funcionamiento.

(A) Poco influyentes: No ofrecen condiciones inseguras para el operario o trabajadores, teniendo en cuenta tan solo el acto inseguro que puedan realizar los mismos.

12. Régimen de trabajo:

(P) Pesado: Cuando el equipo trabaja las 24 horas del día.

(S) Medio: Cuando el equipo trabaja 16 horas al día.

(A) Bajo: Cuando el equipo trabaja 8 horas al día.

13. Operatividad: Es la propiedad de mantener ininterrumpidamente la capacidad de trabajo durante un tiempo prefijado, bajo condiciones de operación sin roturas, averías o mantenimientos continuos.

(P) Baja: No puede trabajar un espacio grande de tiempo sin que ocurra una avería.

(S) Media: Puede trabajar un espacio no muy grande de tiempo sin que ocurra una avería.

(A) Alta: Puede trabajar un espacio grande de tiempo sin que ocurra una avería.

14. Consumo de energía:

(P) Elevado: Posee un consumo de energía mayor de 10 kW.

(S) Medio: Posee un consumo de energía entre 1 y 10 kW

(A) Bajo: Su consumo de energía es menor de 1 kW

15. Afectaciones: Su rotura, avería o variación de los parámetros de trabajo provocan malestares o riesgos directos al servicio.

(P) Directa: Equipos cuya interrupción causa serios problemas en el servicio, poniendo en duda la calidad de la producción.

(S) Media: Equipos cuya avería, rotura o variación de los parámetros de trabajo en el equipo, no influyen decisivamente en la producción, pero si

ocurren con frecuencia pueden influir en la misma o afectan directa o indirectamente.

(A) Baja: De ocurrir una avería, rotura o variación de los parámetros de trabajo en el equipo, no provocan serios problemas.

Tras haber analizado los indicadores prácticos, a los mismos se les asignarán valores, los auxiliares **(A)** tomarán el valor de uno **(1)**, los secundarios **(S)** de dos **(2)** y los principales **(P)** de tres **(3)**. Se suman todos los puntos y de esta forma se determinará el tipo de mantenimiento a aplicar al equipo de la siguiente manera:

1. **Intercambiabilidad:** Según su intercambiabilidad es principal, ya que es irremplazable por otro equipo de la instalación. (3)
2. **Importancia productiva:** Por su importancia productiva es secundaria, al paralizarse afecta entre el 10% y el 50% el proceso productivo en el que participa. (2)
3. **Régimen de operación:** El régimen de operación es principal por participar en líneas continuas de producción. (3)
4. **Nivel de utilización:** En cuanto a su nivel de utilización es principal, se utiliza al máximo de su capacidad. (3)
5. **Parámetro principal:** De acuerdo a su parámetro principal es secundario. (2)
6. **Mantenibilidad:** Según su mantenibilidad es auxiliar, equipo de fácil acceso. (1)
7. **Conservabilidad:** Equipo que puede estar sometido a condiciones ambientales severas, por sus mecanismos y formas constructivas, ejemplo: altas temperaturas, humedad, corrosión, etc., por lo tanto es auxiliar. (1)
8. **Automatización:** Máquina con control numérico (CNN), computarizado, o completamente automatizado de forma tal que todo su ciclo de operaciones no dependa de la acción del operario, por lo tanto es principal. (3)
9. **Valor de la máquina:** El valor del equipo es secundaria, máquina de valor moderado. (2)

- 10. Facilidad de adquisición de piezas de repuesto:** Las piezas de repuesto son de difícil acceso, debido al bloqueo económico impuesto por los Estados Unidos, por lo que es principal. (3)
- 11. Seguridad operacional:** Según su seguridad operacional es auxiliar, porque no ofrece condiciones inseguras de trabajo. (1)
- 12. Régimen de trabajo:** Por su régimen de trabajo es principal, el equipo trabaja 24 horas diarias. (3)
- 13. Operatividad:** En cuanto a su operatividad es auxiliar, porque trabaja un espacio grande de tiempo sin avería. (1)
- 14. Consumo de energía:** Por su consumo de energía es secundario, consume entre 1 y 10 kW. (2)
- 15. Afectaciones:** Por sus afectaciones es principal, equipo cuya interrupción causa serios problemas en el servicio, poniendo en duda la calidad de la producción. (3)

Hasta 24 puntos.	Mantenimiento Correctivo.
De 25 a 39 puntos .	Mantenimiento Preventivo Planificado
De 40 a 45 puntos.	Mantenimiento Predictivo. (más del 88 % de sus características son principales)

La suma de los puntos correspondientes es 33, que se encuentra en el intervalo de 25 a 39, por lo que se le debe realizar mantenimiento preventivo planificado, coincidiendo como sistema con el mantenimiento desarrollado por la empresa a la máquina, pero no coincidiendo con los kits de servicios ni con el esquema e intervalos de servicios y mantenimiento propuestos por el fabricante, ya que en la empresa se lleva a cabo una reparación mediana tres veces al año,

es decir, cada cuatro meses, que no es lo correcto. Una de las causas o la causa fundamental por lo que no se le da cumplimiento a lo asignado por el fabricante acerca del mantenimiento a desarrollar es que Empresa del CIMEX de Matanzas no presenta las piezas de repuestos necesarias para la sustitución de estas en el tiempo previsto entre cada intervención o reparación.

2.2.1 Estructura del ciclo de reparación según el tipo de máquina y peso de la misma.

Ciclo de reparación: Se denomina al período de tiempo de trabajo de la máquina, expresado en horas-máquinas, entre dos reparaciones en generales consecutivas o en una máquina nueva, desde su puesta en marcha hasta la primera reparación en general.

La duración del ciclo de reparación en horas-máquinas depende de las características constructivas del equipo y condiciones de explotación, tipo de producción, etc. El ciclo de reparaciones constituye la parte más importante del MPP. La elección de un ciclo adecuado significa un mejor aprovechamiento del equipo, seguridad para el flujo de producción, ahorro de tiempo, ahorro de piezas, materiales, mano de obra, etcétera. [14].

Datos:

Peso del equipo: 0,14 t.

Tiempo de explotación: 7 años

Régimen de trabajo: pesado

R: revisión

P: reparación pequeña

M: reparación mediana

G: reparación general

By: coeficiente que contempla el régimen de trabajo.

A: duración teórica del ciclo.

N_m: número de reparaciones medianas.

N_p: número de reparaciones pequeñas.

N_r: número de revisiones.

Estructura del ciclo de reparación para el compresor

Después de varias revisiones bibliográficas y consultas con especialistas de la rama del mantenimiento, debido a no tener una bibliografía actualizada acerca de la estructura del ciclo de reparación de compresores, se asumió ésta para el compresor de aire modelo Puska N-1300-2-500 la de todos los equipos con 4 o menos grados de complejidad del texto [37], ya que el compresor objeto de estudio no es un equipo de gran complejidad.

M-R-R-P-R-R-P-R-R-P-R-R-P-R-R-P-R-R-P-R-R-P-R-R-M

O sea, R = 18, P = 8, M = 1, G = 0.

Cálculo del tiempo de duración del ciclo de reparación:

$$T = B_y * A$$

A: duración teórica del equipo.

B_y: coeficiente que contempla el régimen de trabajo

Para el compresor objeto de estudio cuyo régimen de trabajo es pesado, después de realizar varias revisiones bibliográficas y de haber consultado con diferentes especialistas del tema, debido a la no existencia de una bibliografía actualizada, asumimos el mismo valor de B_y de la grúa puente en régimen de trabajo pesado.

$$B_y = 1,5$$

$$A = 27\ 000$$

$$T = 1,5 * 27\ 000$$

$$T = 40\ 500\ h$$

Periodo entre intervenciones: Se denomina al período de tiempo de trabajo del equipo entre 2 intervenciones, o sea, entre 2 revisiones inmediatas o entre una reparación y una revisión inmediatas. Para el cálculo de la duración entre intervenciones se utiliza la fórmula:

$$t_o = \frac{T}{(Nm + Np + Nr + 1)}$$

$$t_o = \frac{40500 \text{ h}}{(1 + 8 + 18 + 1)}$$

$$t_o = \frac{40500}{28}$$

$$t_o = 1446.43 \text{ h}$$

Tiempo entre reparaciones: Se denomina al período de trabajo del equipo en horas-máquinas entre 2 reparaciones planificadas. Para el cálculo de la duración del mismo se procede por la fórmula:

$$t_r = \frac{T}{(Nm + Np + 1)}$$

$$t_r = \frac{40500 \text{ h}}{(1 + 8 + 1)}$$

$$t_r = \frac{40500}{10}$$

$$t_r = 4050 \text{ h}$$

Como resultado de estos cálculos puedo plantear que:

- a) Cada 1 446,43 h (aproximadamente 2 meses) es necesario realizar un trabajo de mantenimiento en el equipo, que puede ser una revisión o alguna reparación.
- b) Cada 4 050 h (aproximadamente 6 meses) es necesario realizar una reparación. Debe tenerse en cuenta que:

-Las horas a que se refieren todos los cálculos son horas trabajadas por el equipo.

-El estado técnico del equipo para determinar por donde comenzar el ciclo.

CONCLUSIONES

1. Se logra fundamentar desde la teoría, una propuesta de mantenimiento adecuado, basado en Método de Diferenciación y Categorización de las Máquinas (Método de los Impactos) para los compresores de aire Modelo Puska N-1300-2-500 de la Empresa CIMEX de Matanzas, que contribuirá a incrementar la capacidad de trabajo, fiabilidad, así como la vida útil de las mismas.

2. Se logra mediante las consultas a la literatura especializada, el análisis de los antecedentes teóricos y metodológicos sobre la organización y planificación de los mantenimientos) para los compresores de aire Modelo Puska N-1300-2-500. El estudio de las diferentes fuentes de información facilitó la fundamentación durante el análisis y discusión de los resultados.

3. El análisis y la valoración del Mantenimiento centrado en Método de Diferenciación y Categorización de las Máquinas (Método de los Impactos), como metodología puso en evidencia todos los posibles escenarios en los que podían fallar en los compresores, así como las formas de evitarlos y como consecuencia sugerir las piezas y partes que deben ser cambiadas para mejorar el funcionamiento de estos equipos.

RECOMENDACIONES

1. Sugerir a la división Transporte Automotor de la provincia de Matanzas aplicar la propuesta así poder demostrar su validez en la práctica.
2. Mejorar y actualizar la documentación existente sobre el registro de fallos los compresores de aire.
3. Organizar una capacitación para los operarios de la base que laboran en los talleres para la implementación del plan que se propone.
4. Transferir, con los respectivos ajustes, esta experiencia a otras instituciones de la corporación CIMEX. S.A.

Bibliografía

1. ACS Evolución del mantenimiento en la gestión hospitalaria. Asociación Chilena de Seguridad. 2005.

2. Armas, J. F. D. Propuesta de Indicador General para el Control y Evaluación de la Gestión del Mantenimiento Hotelero. Turismo. Matanzas, Tutor: Ing. Emilio Fernández Arenas. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos", 2009. p.
3. Asencio, C. O. Mantenimiento., CUJAE, 2004.
4. Blanco, S. L. Perfeccionamiento de la gestión de mantenimiento en los hospitales del MINSAP. Tesis de Especialidad, ISPJAE. Ciudad habana, 2001p.100.
5. Chourio, J.; Flores, M.; Aguiar, H.; Huerta, R.; López, J.; Narváez, E.; Sarno, E.; Pabón, J.; y Tovar, C. Introducción a la Confiabilidad Operacional. Curso dictado en el Centro Internacional de Educación y Desarrollo (CIED), filial de PDVSA, Caracas. Venezuela, 2000.
6. Colectivo de autores. Curso "Gestión Integral del Mantenimiento." CEIM/CUJAE, 2006.
7. Cubalub. Manual de productos lubricantes; 4ªEdición; La Habana; 2003.
8. Drale. Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española. ENCARTA, E. M., 2008
9. Enciclopedia Encarta del 2008, Microsoft ® Encarta ® 2008. © 1993--2007 Microsoft Corporation. Disponible en:<http://intraweb.umcc.cu>.
10. Fernández, A.E. Procedimiento de Evaluación y Control para Gestión del Mantenimiento en Hoteles, mediante Indicador General. Tesis de Maestría, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos", 2009.
11. Fernández Arenas, Emilio, Ing., Revista Retos Turísticos, UMCC, Matanzas, Cuba, 2008. "El Mantenimiento Preventivo Planificado en las Instalaciones Hoteleras, una prioridad insoslayable, pero ¿cómo está?",

12. Fernández, J.; J. MATOS y R. PRIM. Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado. Primera Reimpresión. La Habana, Cuba, Pueblo y Educación, 1986. 337
13. Fernández, J. R. Sistema de mantenimiento preventivo planificado. Editorial Pueblo y Educación, 1988.
14. Fernández, Jorge., Matos, Julio., Prim, Raúl. Ingenieros (1983). Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado. Ciudad de La Habana: Científica Técnica.
15. Heintzelman, J. E. Manual de la Administración del Mantenimiento. Lineal Publishing Company, Fort Lauderdale, 1988. p.150
16. Kardec, N. A.; Nascif, J. "Mantenimiento: Función Estratégica." Edición en Español. Brasil, 2002.
17. MORROW, C. L. Manual de Mantenimiento Industrial. Editorial Continental S.A. México, 1991.
18. MOUBRAY, J. Applying and Implementing Risk-based Inspection Programs. Maintenance&Reliability. Hydrocarbon Processing, 1997. p.43.
19. PEREIRO, J. Gestión del Mantenimiento de las Infraestructuras según ISO 9001:2000., 2005. [Disponible en: <http://portalcalidad.com>]
20. Portuondo, Pichardo (2007). Introducción a la teoría de los costos....: .
21. Ruíz, Armando (2006). Mantenimiento y Reparación de Equipos Industriales.
22. S.A. Control de gestión para procesos de apoyo hoteleros. Universidad del Zulia. Revista Venezolana de Gerencia., 2000: 17.

23. SÁNCHEZ, A. J. “Desarrollo y aplicación del diagnóstico y pronóstico técnico al mantenimiento de los sistemas centralizados de aire acondicionado”, Tesis doctoral, Universidad de Matanzas, 1999.
24. Sardiña, Duniesky. (2010). Creación de un Plan de Mantenimiento Integral a las calderas de la Universidad de Matanzas (Tesis licenciado, Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos).
25. Sotomayor, Dariel. (2010). Análisis crítico, técnico – económico y explotativo del pich up trucklarge chino Great_Wall (Tesis licenciado, Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos).
26. S. Roa, Singiresu (2009). Mechanical Vibrations. La Habana: Félix Varela. S. Roa, Singiresu (2009). Mechanical Vibrations. La Habana: Félix Varela.

Sitios Web:

27. Mantenimiento Preventivo Planificado. . Consultado en Mayo15, 2020 en <http://www.leanmanufacturing.org>.
28. Widman.biz/boletines_informativos/56.pdf. Consultado en Mayo 15, 2020 en <http://www.widman.biz>.
29. Consultado en mayo 2020, 2011 en http://www.solomantenimiento.com/m_preventivo.htm.
30. Puska Consultado en Mayo 20, 2020 en <http://www.puska.com>.

Anexos

Anexo1: Compresor de aire Puska Modelo N-1300-2-500

