



**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PARA EL LABORATORIO DE MECANICA DE FLUIDOS UTB**

ORLANDO NOLASCO SALAS CASTILLA

VICTOR MANUEL HERNANDEZ GOMEZ

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
PROGRAMA DE INGENIERÍAS MECANICA Y MECATRÓNICA
CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.**

2006



**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PARA EL LABORATORIO DE MECANICA DE FLUIDOS UTB**

ORLANDO NOLASCO SALAS CASTILLA

VICTOR MANUEL HERNANDEZ GOMEZ

Monografía para optar el título de Ingeniero Mecánico

Director

ALFREDO ABUCHAR CURI

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
PROGRAMA DE INGENIERÍAS MECANICA Y MECATRÓNICA
CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.**

2006

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C. DICIEMBRE DEL 2006

CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C. DICIEMBRE DEL 2006

Señores:

Comité de grado

Programa de Ingeniería Mecánica

Universidad Tecnológica de Bolívar

Ciudad

Con la presente me permito someter para su estudio, consideración y aprobación la monografía titulada “Implementación de un programa de Mantenimiento Preventivo para el laboratorio de Mecánica de fluidos de la UTB”, realizada por los estudiantes Orlando Nolasco Salas Castilla y Víctor Manuel Hernández Gómez, para obtener el título de Ingeniero Mecánico.

Cordialmente,

Orlando Nolasco Salas Castilla

Víctor Manuel Hernández Gómez

**ARTICULO 107 DEL REGLAMENTO ACADEMICO DE LA UNIVERSIDAD
TECNOLOGICA DE BOLIVAR**

La Universidad se reserva el derecho de propiedad intelectual de todos los trabajos de grado aprobados, los cuales no pueden ser explotados comercialmente sin autorización.

AUTORIZACIÓN

Cartagena de Indias D.T Y C. Diciembre de 2006

Yo Orlando Nolasco Salas Castilla, identificado con la cedula de ciudadanía numero 73.213.362 de Cartagena (Bolívar) y Víctor Manuel Hernández Gómez identificado con la cedula de ciudadanía 73.190.990. de Cartagena (Bolívar) autorizamos a la Universidad Tecnológica de Bolívar para hacer uso de nuestro trabajo de grado y publicarlo en el catalogo online de la biblioteca.

Orlando Nolasco Salas Castilla
C.C # 73.213.362 de Cartagena

Víctor Manuel Hernández Gómez
C.C # 73.190.990 de Cartagena

CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C. DICIEMBRE DEL 2006

Señores:

Comité de grado

Programa de Ingeniería Mecánica

Universidad Tecnológica de Bolívar

Apreciados señores

Por medio de la presente me permito informarles que la monografía titulada **“Implementación de un programa de Mantenimiento Preventivo para el laboratorio de Mecánica de fluidos UTB”**, ha sido desarrollada de acuerdo con los objetivos.

Como director del proyecto considero que el trabajo es satisfactorio y amerita ser presentado para su evaluación

Atentamente,

Ing. Alfredo Miguel Abuchar Curi

RESUMEN

El laboratorio de mecánica de fluidos de la Universidad Tecnológica de Bolívar es la base fundamental para desarrollar y aplicar nuestra investigación. Uno de los puntos de partida es averiguar el estado de cada uno de los equipos que lo conforman, para lo cual se necesita un diagnóstico general y particular de cada elemento.

Nuestra tarea se facilitará con una codificación de los equipos lo cual nos llevará a una fácil identificación de ellos. Esta codificación estará estructurada, partiendo desde lo más general a lo más específico, es decir, el laboratorio se dividirá en sistemas y cada sistema en los elementos que lo componen. Después de haber echo esta codificación y habiendo tenido en cuenta los procedimientos estándar, identificamos los tipos de equipos que posee el laboratorio (rotativo, estático, eléctrico. Etc.), y con esto hacemos las recomendaciones de mantenimiento generales para cada uno de ellos de acuerdo con sus características. Con el historial de cada equipo y la verificación de fallas pertinentes, se darán recomendaciones específicas para un determinado activo, teniendo en cuenta los procesos de mantenimiento que se le aplicaban anteriormente para que en caso de un bajo rendimiento de dicho programa pueda ser renovado, actualizado o cambiado del todo.

La investigación también buscará su norte en los programas de mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas, escudriñando qué sección teórica representa un alto grado de importancia en los procesos de aprendizaje y esté desamparada en lo experimental. De esta forma generaremos una lista de peticiones de equipos que complementen nuestro laboratorio, dejando la opción del diseño y construcción a una tesis de grado o la adquisición por parte de la universidad.

La implementación de un software facilitara la programación de las tareas de mantenimiento, brindando la oportunidad al encargado de los laboratorios de

mejorar sus rutinas y optimizar el funcionamiento de los equipos, además será una excelente herramienta para profesores y estudiantes que utilizan el laboratorio. Como otro tipo de apoyo se dejaron afiches con recomendaciones elementales sobre el cuidado y mantenimiento de los equipos.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

1. RESEÑA HISTORICA DEL MANTENIMIENTO	16
2. GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO	19
2.1. CONCEPTOS GENERALES DEL MANTENIMIENTO	19
2.2. MANTENIMIENTO CORRECTIVO	22
2.3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO	23
2.4. MANTENIMEINETO PREDICTIVO	25
2.5. MANTENIMIENTO MEJORATIVO	26
2.6. MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)	26
2.7. MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO (TPM)	30
3. PRESENTACIÓN DEL LABORATORIO	32
4. PLANEACIÓN	32
4.1. INVENTARIO	33
4.2. LISTADO DE EQUIPOS RECOMENDADOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL LABORATORIO	33
4.3. CODIFICACIÓN DE EQUIPOS	34
4.4. MODOS DE FALLA	40
4.5. DETERMINACIÓN DE LA CRITICIDAD	42
4.5.1. CRTICIDAD DE LOS EQUIPOS	42
4.5.2. CRITICIDAD DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO	44
4.6. NIVELES DEL MANTENIMIENTO	45
4.7. JERARQUIA DE LAS TAREAS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	48
4.8. LISTADO DE LAS TAREAS DEL MANTENIMIENTO Y SU FRECUENCIA	49
5. SOFTWARE PARA LA EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO	54
5.1. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE	54
5.2. INSTRUCCIONES DE USO Y CAPACITACIÓN	54

6. SUGERENCIAS	56
6.1. DETERMINACIÓN Y METODOLOGIA PARA DETERMINAR LA FRECUENCIA ÓPTIMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	56
7. CONCLUSIONES	57
GLOSARIO	
BILIOGRAFIA	
ANEXOS	

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Figura 1: Evolución del Mantenimiento.

Figura 2: Clasificación de las Fallas

Figura 3: Esquema de Codificación

Figura 4: Esquema de la Organización del Software

Figura 5: Pasos para la determinación de la frecuencia óptima de mantenimiento preventivo

Tabla 1: Generaciones del mantenimiento

Tabla 2: Ventajas y Desventajas del Mantenimiento Correctivo

Tabla 3: Listado y codificación de equipos

Tabla 4: Listado y codificación de sistemas

Tabla 5: Codificación de equipos sistema 1

Tabla 6: Codificación de equipos sistema 2

Tabla 7: Codificación de equipos sistema 3

Tabla 8: Codificación de equipos sistema 4

Tabla 9: Codificación de equipos sistema 5

Tabla 10: Codificación de equipos sistema 6

Tabla 11: Codificación de equipos sistema 7

Tabla 12: Codificación de equipos sistema 8

Tabla 13: Modos de falla Motores

Tabla 14: Modos de falla Bombas

Tabla 15: Modos de Falla Bomba de Desplazamiento Positivo

Tabla 16: Modos de Falla Equipo Eléctrico y Electrónico

Tabla 17: Modos de falla Válvulas

Tabla 18: Modos de falla Tuberías y Mangueras

Tabla 19: Modos de falla Manómetros

Tabla 20: Modos de falla tanques

Tabla 21: Modos de falla Compresor

Tabla 22: Niveles de criticidad de los Equipos

Tabla 23: Recomendaciones de mantenimiento Bomba Centrífuga

Tabla 24: Recomendaciones de mantenimiento Bombas de Desplazamiento Positivo

Tabla 25: Recomendaciones de mantenimiento Motores

Tabla 26: Recomendaciones de mantenimiento Compresores

Tabla 27: Recomendaciones de mantenimiento Tuberías, Mangueras y Tanques

Tabla 28: Recomendaciones de mantenimiento Equipo Eléctrico y Electrónico

Tabla 29: Recomendaciones de mantenimiento Manómetros

INTRODUCCIÓN

A menudo nos encontramos con casos de grandes pérdidas de dinero en las diferentes industrias mundiales debido a distintos tipos de fallas en plantas por descuidos en rutinas simples de mantenimiento; por eso, cada día las empresas invierten más en este campo, y nos da una idea de la magnitud de la importancia de él. Aparentemente no es este el caso que a continuación vamos a postular, pues las consecuencias no se ven en lo económico, sino en lo humano-profesional.

El acreditado programa de ingeniería mecánica y mecatrónica de la Universidad Tecnológica de Bolívar, posee en su infraestructura una diversidad de laboratorios, que de una u otra forma contribuyen al desarrollo de sus estudiantes; el estado de estos es de vital importancia para la calidad del aprendizaje de los ingenieros en desarrollo que en ellos, tienen un encuentro cercano a lo que en la industria se maneja. La dotación de equipos del laboratorio de fluidos, es el resultado de varios trabajos de grado a través del tiempo, por lo tanto, cada autor otorgó a la universidad las descripciones de diseño, construcción e implementación de cada uno, incluyendo además sencillas formas de mantenimiento. El problema no radica en una mala implementación de estos procesos, sino más bien en la poca eficiencia de los mismos, por eso, partiendo de lo recomendado por cada autor, se busca mejorar cada proceso de mantenimiento para conseguir un alto estándar en nuestros laboratorios.

El programa de mantenimiento preventivo para el laboratorio de fluidos podrá ser utilizado como apoyo para nuestros docentes, estudiantes y encargados del mantenimiento del laboratorio, haciendo así análisis sobre los tipos de fallas que se puedan presentar, obteniendo además una hoja de vida de los equipos y poder mejorar su desempeño. El esquema de la guía puede también contribuir a cualquiera que fuere a desarrollar un programa de mantenimiento como un formato adecuado para esto.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Diseñar un programa de mantenimiento preventivo para mantener el laboratorio de Fluidos en condiciones aptas para los ensayos, pruebas y experimentos que los estudiantes de ingeniería mecánica y mecatrónica realizan en su desarrollo profesional

Objetivos Específicos:

- Realizar un mantenimiento general, previniendo o reparando las fallas en los elementos de los laboratorios de fluidos.
- Realizar una guía práctica de mantenimiento para los equipos que conforman el laboratorio.
- Desarrollar e Implementar un software como apoyo y facilitador en la programación del mantenimiento del laboratorio.
- Optimizar y actualizar los procesos de mantenimiento implementados en el laboratorio de fluidos.

1. RESEÑA HISTORICA DEL MANTENIMIENTO

La historia de mantenimiento acompaña el desarrollo Técnico-Industrial de la humanidad. Al final del siglo XIX, con la mecanización de las industrias, surgió la necesidad de las primeras reparaciones.

Hasta 1914, el mantenimiento tenía importancia secundaria y era ejecutado por el mismo personal de operación o producción.

Con el advenimiento de la primera guerra mundial y de la implantación de la producción en serie, fue instituida por la compañía Ford-Motor Company, fabricante de vehículos, las fábricas pasaron a establecer programas mínimos de producción y, en consecuencia, sentir la necesidad de crear equipos de que pudieran efectuar el mantenimiento de las máquinas de la línea de producción en el menor tiempo posible.

Así surgió un órgano subordinado a la operación, cuyo objetivo básico era la ejecución del mantenimiento, hoy conocida como mantenimiento correctivo. Esa situación mantuvo hasta la década del año 30, cuando en función de la segunda guerra mundial, y de la necesidad de aumentar la rapidez de la producción, la alta administración industrial se preocupó, no solo en corregir fallas, sino evitar que estos ocurriesen, y el personal técnico de mantenimiento, pasó a desarrollar el proceso del mantenimiento preventivo, de las averías que, juntamente con la corrosión, completaban el cuadro general de mantenimiento como de la operación o producción.

Por el año de 1950, con el desarrollo de la industria para atender a los esfuerzos de la post-guerra, la evolución de la aviación comercial y de la industria electrónica, los gerentes de mantenimiento observan que, en muchos casos, el tiempo de para de la producción, para diagnosticar las fallas, eran mayor, que la ejecución de la reparación; el da lugar a seleccionar un equipo de especialistas

para componer un órgano de asesoramiento a la producción que se llamó - Ingeniería de Mantenimiento- y recibió los cargos de planear y controlar el mantenimiento preventivo y analizar causas y efectos de las averías.

A partir de 1966 con el fortalecimiento de las asociaciones nacionales de mantenimiento, creadas al final del periodo anterior, y la sofisticación de los instrumentos de protección y medición, la ingeniería de mantenimiento, pasa a desarrollar criterios de predicción o previsión de fallas, visando la optimización de la actuación de los equipos de ejecución de mantenimiento.

Esos criterios, conocidos como mantenimiento PREDICTIVO O PREVISIVO, fueron asociados a métodos de planeamiento y control de mantenimiento. Como así también hay otros tipos de mantenimiento, de precisión, mantenimiento clase mundial, (pro activo) y hoy mejora continua.

La siguiente tabla, resume de manera sencilla, como ha sido la evolución del mantenimiento hasta nuestros días:

Generación del mantenimiento	Evolución
Antes de 1914	El mantenimiento tenía importancia secundaria
Iniciación de 1914 hasta 1930	Surgió la necesidad de las primeras reparaciones
Primera generación Entre 1930-1950	Gestión de mantenimiento hacia la máquina
Segunda generación Entre 1950 - 1960	Gestión de mantenimiento hacia la producción
Tercera generación Entre 1960 – 1980	Gestión de mantenimiento hacia la productividad

Cuarta generación Entre 1980 – 1999	Gestión de mantenimiento hacia la competitividad
Quinta generación Entre 2000 – 20xx	Gestión de mantenimiento hacia la organización e innovación tecnológica industrial (terotecnología)
Sexta generación Entre 2003 -	Gestión del mantenimiento en busca de la mejora continua.

Tabla 1: Generaciones del Mantenimiento

La evolución del mantenimiento de maquinaria ha progresado de la siguiente manera:

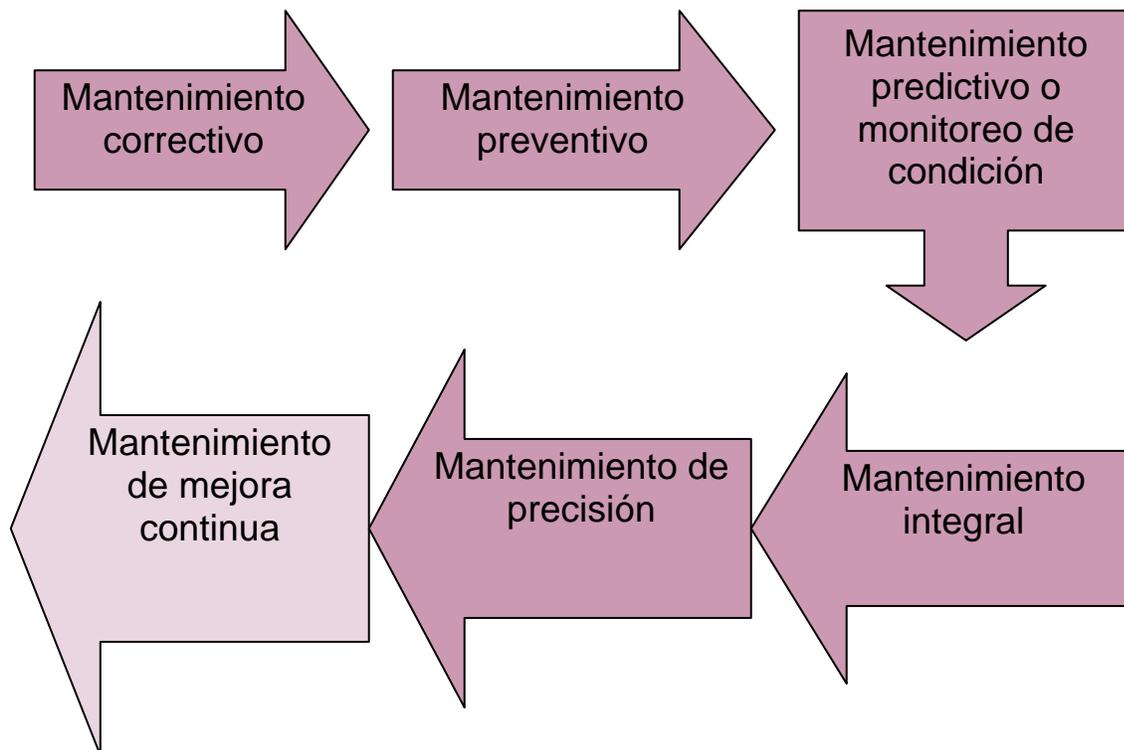


Figura 1: Evolución del Mantenimiento

2. GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO

2.1. Conceptos generales del mantenimiento

El mantenimiento en general está definido como un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones civiles, instalaciones o en otras palabras en cualquier activo.

Es evidente entonces que el concepto de mantenimiento está totalmente relacionado con la confiabilidad, esa es la esencia de esta actividad, la confiabilidad en que la planta funcionará continuamente sin paradas indeseadas con las consecuentes pérdidas económicas. Un equipo que opera en forma segura, funcional y mantiene una buena apariencia da beneficios económicos y permite mantener una productividad real a la empresa.

Los principales objetivos del mantenimiento son entonces evitar, reducir y en su caso reparar las fallas sobre los bienes precipitados, además disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar, así como también evitar paradas de planta o maquinaria indeseadas, evitar accidentes e incidentes aumentando la seguridad de las personas, conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación, balancear el costo de mantenimiento con el correspondiente al lucro cesante y alcanzar o prolongar la vida útil de los activos.

El mantenimiento adecuado, tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallas.

Decimos que algo falla cuando deja de brindarnos el servicio que debía darnos o cuando aparecen efectos indeseables, según las especificaciones de diseño con las que fue construido o instalado el bien en cuestión.

Las fallas podemos clasificarlas de la siguiente forma:

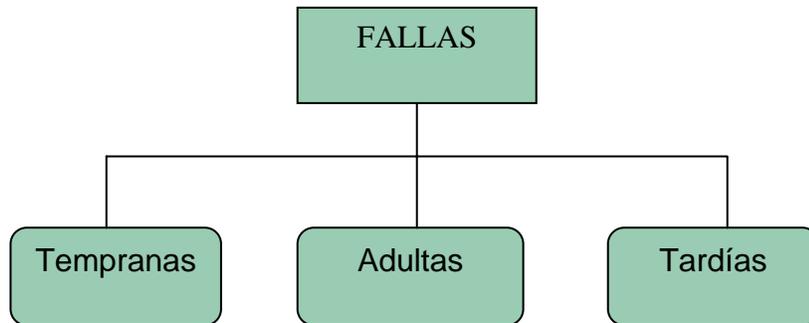


Figura 2: Clasificación de las Fallas

Fallas Tempranas

Ocurren al principio de la vida útil y constituyen un porcentaje pequeño del total de fallas. Pueden ser causadas por problemas de materiales, de diseño o de montaje.

Fallas adultas

Son las fallas que presentan mayor frecuencia durante la vida útil. Son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más lentamente que las anteriores (suciedad en un filtro de aire, cambios de rodamientos de una máquina, etc.).

Fallas tardías

Representan una pequeña fracción de las fallas totales, aparecen en forma lenta y ocurren en la etapa final de la vida del bien (envejecimiento del aislamiento de un pequeño motor eléctrico, pérdida de flujo luminoso de una lámpara, etc.).

Existen además otros términos relacionados con el mantenimiento de manera estrecha, que son de gran importancia para el manejo del término global “MANTENIMIENTO”, dichos conceptos son los de *disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad*.

Disponibilidad: Al referirnos a una máquina tiene que ver con la relación de tiempo que está operando o en capacidad de hacerlo en condiciones seguras comparado con el tiempo total, Como un ejemplo podemos decir que la disponibilidad de la máquina empastadora de libros fue del 75% en el mes de junio del año 2000. Quiere decir que estuvo un 25% del tiempo mensual en mantenimiento o reparaciones.

También se aplica el término Disponibilidad a la capacidad técnico administrativa de tener en existencia un material (repuesto o insumo), listo para su uso o en el lugar y el momento oportuno.

Confiabilidad: Probabilidad de que un equipo o sistema no falle dentro del tiempo y condiciones de operación previstas. Su valor se da relacionado con un nivel confianza. Los motores MTU tienen una confiabilidad muy alta, llegando casi cien por cien. Quiere decir que son motores que en condiciones normales difícilmente presentarán fallas o daños. Se puede concluir que es el grado de seguridad de que algo funcione o vaya a funcionar de acuerdo con lo esperado

Mantenibilidad: Es la probabilidad de que a un equipo o sistema se le pueda dar el mantenimiento planeado en su diseño, incluyendo materiales, tiempo y mano de obra. Dicho de otra forma es la economía y la facilidad para dar mantenimiento Se busca que sea en el menor tiempo posible, con el mínimo de materiales y con la menor y menos calificada mano de obra. Se dice que la *mantenibilidad* es alta cuando el mantenimiento requerido por la máquina es mínimo, obteniéndose una excelente economía. Los motores Caterpillar tienen un alto grado de mantenibilidad, ya que los repuestos son pocos y económicos, se hacen intervenciones en poco tiempo y con personal del nivel básico de entrenamiento.

2.2. Mantenimiento Correctivo

Se define como aquel que se realiza cuando las fallas han ocurrido. No se puede prever cuando ocurrirá.

En este tipo de mantenimiento las maquinas operan en forma continua, sin interrupción. Pero cuando las fallas ocurren, pueden ser muy severas y pueden causar daños a otros componentes, es decir se llega a los que se conoce como una falla catastrófica. Este tipo de mantenimiento por lo general requiere de mayor cantidad de mano de obra y lo más probable, es un pago excesivo por compra de repuestos, así como la perdida de producción de la maquina. Esta forma de mantenimiento es la más cara y según datos internacionales su costo aproximado es de \$ 17-18/hp/año.

Por ejemplo: al cambiar un rodaje roto en una maquina, hay que tener conciencia de que otros componente han podido ser dañados (ejes, sellos, engranajes, etc.).

Este mantenimiento se puede clasificar en dos, uno planificado y otro no planificado.

No Planificado:

Es el mantenimiento de emergencia (reparación de roturas). Debe efectuarse con urgencia ya sea por una avería imprevista a reparar lo más pronto posible o por una condición imperativa que hay que satisfacer (problemas de seguridad, de contaminación, de aplicación de normas legales, etc.).

Planificado:

Se sabe con antelación qué es lo que debe hacerse, de modo que cuando se pare el equipo para efectuar la reparación, se disponga del personal, repuesto y documentos técnicos necesarios para realizarla correctamente.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
1, Se obtiene hasta el último rendimiento de las partes	1, No da confiabilidad
2, No requiere planeamiento	2, No permite planear las paradas de la planta
3, No requiere un stock cuidadoso de repuestos	3, No se pueden calcular los costos en los que
4, Es menos costoso (relativamente)	se incurrirá cuando una falla se presente
	4, Puede causar daños de partes correlacionadas con la averiada
	5, No permite planear adecuadamente el recurso humano
	6, Pueden presentarse fallas que afecten al personal

Tabla 2: Ventajas y Desventajas del Mantenimiento Correctivo

2.3. Mantenimiento Preventivo.

Se realiza con el fin de evitar fallas basándose en parámetros de diseño como producto del estudio juicioso de los fabricantes de partes y del conjunto en general del equipo. Se sustenta en estudios estadísticos y en los criterios de diseño (vida útil).

Este tipo de mantenimiento reduce hasta en un 30% los costos de mantenimiento. Esta filosofía de mantenimiento está basada en el conocimiento de que las maquinas se desgastan con el tiempo, y con dicho conocimiento requerido en los equipos.

Además, este tipo de mantenimiento tiene el problema fundamental que esta basado en el tiempo, con el cual, una maquina puede fallar antes del servicio y tendríamos una falla catastrófica, o se puede cambiar un rodaje cuando ya se cumplió el tiempo, estando el rodaje aún en muy buenas condiciones.

Esta forma de mantenimiento nos genera un costo de aproximadamente \$ 11-12/hp/año.

Por ejemplo: lubricar un rodamiento cada determinado tiempo, pudiendo aún no necesitar grasa, o hace varios días, la grasa que tenía ha dejado de ser efectiva.

La insuficiencia o el exceso de Mantenimiento Preventivo aplicado a los equipos tendrá consecuencias negativas que afectaran tanto a Disponibilidad de los mismos como a la Confiabilidad en la operación, por lo anterior es de vital importancia determinar la frecuencia optima de Mantenimiento a los equipos y evitar caer en un submantenimiento o en un sobremantenimiento que en ambos casos reflejan altos costos y baja disponibilidad.

En el caso de caer en submantenimiento se obtiene un bajo costo de Mantenimiento Preventivo pero un alto costo de Mantenimiento Correctivo, lo que produce perdidas productivas por baja disponibilidad a causa de fallas en el equipo y así mismo incurre en un alto costo por consumo e inventario de refacciones.

En el otro caso un sobremantenimiento produce un alto costo de Mantenimiento Preventivo y un bajo costo de Mantenimiento Correctivo de esta manera se obtienen pérdidas productivas por baja disponibilidad debido al exceso de paros programados de mantenimiento al equipo.

Un buen programa de mantenimiento preventivo debe incluir:

- Inspecciones periódicas de los activos de la planta y de sus equipos con el objetivo de descubrir condiciones que puedan causar fallas en los equipos o una depreciación perjudicial.

- Efectuar el mantenimiento necesario para arreglar o corregir tales condiciones mientras están en la etapa no peligrosa y antes de que alcancen mayores proporciones.
- Un programa de mantenimiento preventivo rendirá beneficios muy superiores a su costo
- Un buen programa de mantenimiento preventivo dará como resultado, menos horas de parada de producción como resultado de menores paradas de la maquinaria o los equipos
- Menor conservación de los activos y aumento de su vida promedio como resultado de la eliminación del reemplazo prematuro de la maquinaria y de los equipos
- Reducción del costo de las reparaciones
- Mejor control de los inventarios de repuesto mediante la utilización de los mismos repuestos
- Mejores relaciones industriales al disminuir paradas que producen pérdidas de tiempo y de incentivo.

2.4. Mantenimiento Predictivo.

Busca prevenir fallas mediante observaciones que indican tendencias. Existen varios métodos los cuales son especializados y requieren una preparación apropiada. Entre ellos están La medición de vibraciones mecánicas, el análisis eléctrico, termografía infrarroja, tribología y análisis de aceites, entre otros.

Esta filosofía se basa en el hecho de que cuando un equipo ha empezado a gastarse, sus condiciones de operación, tales como vibración, temperatura, condición del aceite, presión, etc. Empezarán a cambiar; razón por el cual este tipo de mantenimiento propone un monitoreo frecuente de la condición del tiempo (monitoreo de condición), precisamente para detectar el cambio, analizar la causa del cambio y dar la solución correcta "**justo antes**" de que se produzca la falla catastrófica.

Este tipo de mantenimiento nos genera un costo menor que los anteriores, llegando a \$ 7-8/hp/año.

Por ejemplo: monitorear la condición del rodamiento para detectar si existe un cambio y dar la solución adecuada y precisa.

2.5. Mantenimiento Mejorativo.

Consiste en la modificación o cambio de las condiciones originales del equipo o instalación. No es tarea de mantenimiento propiamente dicho, aunque lo hace mantenimiento.

Con este tipo de mantenimiento se busca optimizar los procesos que efectúa un determinado equipo aplicando procesos de diseño ya sea a una de las partes o a un sistema en general

2.6. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM).

RCM se llama Mantenimiento centrado en la Confiabilidad porque reconoce que el mantenimiento no puede hacer más que asegurar que los elementos físicos continúan consiguiendo su capacidad incorporada confiabilidad inherente.

No se puede lograr mayor confiabilidad que la diseñada al interior de los activos y sistemas que la brindada por sus diseñadores. Cada componente tiene su propia y única combinación de modos de falla, con sus propias intensidades de falla. Cada combinación de componentes es única y las fallas en un componente pueden conducir a fallas en otros componentes. Cada sistema opera en un ambiente único consistente de ubicación, altitud, profundidad, atmósfera, presión, temperatura, humedad, salinidad, exposición a procesar fluidos o productos, velocidad, aceleración, entre otros.

La función determinada de cualquier equipo puede definirse de muchas formas dependiendo exactamente de dónde y cómo se esté usando (el contexto operacional). Como resultado de esto, cualquier intento de formular o revisar las

políticas de mantenimiento deberían comenzar con las funciones y los estándares de funcionamiento asociados a cada elemento en su contexto

Operacional presente. Esto lleva a la siguiente definición formal de RCM:

Es un proceso que se usa para determinar los requerimientos del mantenimiento de los elementos físicos en su contexto operacional Una definición más amplia de RCM podría ser “un proceso que se usa para determinar lo que debe hacerse para asegurar que un elemento físico continúa desempeñando las funciones deseadas en su contexto operacional presente”.

El RCM se centra en la relación entre la organización y los elementos físicos que la componen. Antes de que se pueda explorar esta relación detalladamente, se necesita saber qué tipo de elementos físicos existentes en la empresa, y decidir cuáles son las que deben estar sujetas al proceso de revisión del RCM. En la mayoría de los casos, esto significa que se debe de realizar un registro de equipos completo si no existe ya uno. Más adelante, RCM hace una serie de preguntas acerca de cada uno de los elementos seleccionados, como sigue:

- ¿Cuáles son las funciones?
- ¿De qué forma puede fallar?
- ¿Qué causa que falle?
- ¿Qué sucede cuando falla?
- ¿Qué ocurre si falla?
- ¿Qué se puede hacer para prevenir las fallas?
- ¿Que sucede si no puede prevenirse el falla?

Una gran ventaja del RCM es el modo en que provee criterios simples, precisos y fáciles de comprender para decidir (si hiciera falta) qué tarea sistemática es técnicamente posible en cualquier contexto, y si fuera así para decidir la frecuencia en que se hace y quien debe de hacerlo. Estos criterios forman la mayor parte de los programas de entrenamiento del RCM. El RCM también ordena

las tareas en un orden descendiente de prioridad. Si las tareas no son técnicamente factibles, entonces se debe tomar una acción apropiada, como se Describe a continuación.

Además de preguntar si las tareas sistemáticas son técnicamente factibles, el RCM se pregunta si vale la pena hacerlas. La respuesta depende de cómo reaccione a las consecuencias de las fallas que pretende prevenir. Al hacer esta pregunta, el RCM combina la evaluación de la consecuencia con la selección de la tarea en un proceso único de decisión, basado en los principios siguientes:

- Una acción que signifique prevenir la falla de una función no evidente sólo valdrá la pena hacerla si reduce el riesgo de una falla múltiple asociado con esa función a un nivel bajo aceptable. Si no se puede encontrar una acción sistemática apropiada, se debe llevar a cabo la tarea de búsqueda de fallas. En el caso de modos de falla ocultos que son comunes en materia de seguridad o sistemas protectores no puede ser posible monitorear en busca de deterioro porque el sistema está normalmente inactivo. Si el modo de falla es fortuito puede no tener sentido el reemplazo de componentes con base en el tiempo porque usted podría estar reemplazando con otro componente similar que falla inmediatamente después de ser instalado. En estos casos la lógica RCM pide explorar con pruebas para hallar la falla funcional. Estas son pruebas que pueden causar que el dispositivo se active, demostrando la presencia o ausencia de una funcionalidad correcta. Si tal prueba no es posible se debe rediseñar el componente o sistema para eliminar la falla oculta. Las tareas de búsqueda de fallas consisten en comprobar las funciones no evidentes de forma periódica para determinar si ya han fallado. Si no se puede encontrar una tarea de búsqueda de fallas que reduzca el riesgo de falla a un nivel bajo aceptable, entonces la acción “a falta de” secundaria sería que la pieza debe rediseñarse.

- Una acción que signifique el prevenir una falla que tiene consecuencias en la seguridad o el medio ambiente merecerá la pena hacerla si reduce el riesgo de esa falla en sí mismo a un nivel realmente bajo, o si lo suprime por completo. Si no se puede encontrar una tarea que reduzca el riesgo de falla a un nivel bajo aceptable, el componente debe rediseñarse. Si la falla tiene consecuencias operacionales, sólo vale la pena realizar una tarea sistemática si el costo total de hacerla durante cierto tiempo es menor que el costo de las consecuencias operacionales y el costo de la reparación durante el mismo período de tiempo. Si no es justificable, la decisión “a falta de” será el no mantenimiento sistemático. (Si esto ocurre y las consecuencias operacionales no son aceptables todavía, entonces la decisión “a falta de” secundaria sería rediseñar de nuevo). En otras palabras en el caso de fallas que no están ocultas y en las que no se puede predecir con suficiente tiempo para evitar la falla funcional y no se puede prevenir la falla a través del uso o realizar reemplazos con base en el tiempo es posible diseñar o aceptar la falla y sus consecuencias. Si no hay consecuencias que afecten la operación pero hay costos de mantenimiento, se puede optar por una elección similar. En estos casos la decisión está basada en las economías – es decir, el costo de rediseñar contra el costo de aceptar las consecuencias de la falla (tal como la producción perdida, costos de reparación, horas extras, etc.).
- De forma similar, si una falla no tiene consecuencias operacionales, sólo vale la pena realizar la tarea sistemática si el costo de la misma durante un período de tiempo es menor que el de la reparación durante el mismo período. Si no son justificables, la decisión inicial “a falta de” sería de nuevo el no mantenimiento sistemático, y si el costo de reparación es demasiado alto, la decisión “a falta de” secundaria sería volver a diseñar de nuevo.

Si una falla tiene consecuencias significativas en los términos de cualquiera de estas categorías, es importante tratar de prevenirlas. Por otro lado, si las consecuencias no son significativas, entonces no merece la pena hacer cualquier tipo de mantenimiento sistemático que no sea el de las rutinas básicas de lubricación y servicio. Por eso en este punto del proceso del RCM, es necesario preguntar si cada falla tiene consecuencias significativas. Si no es así, la decisión normal a falta de ellas es un mantenimiento que no sea sistemático. Si por el contrario fuera así, el paso siguiente sería preguntar qué tareas proceso de selección de la tarea no puede ser revisado significativamente sin considerar primero el modo de falla y su efecto sobre la selección de los diferentes métodos de prevención.

2.7. Mantenimiento Total Productivo (TPM).

Este es un método japonés cuya finalidad es la de reducir los costos de producción. Se puede catalogar como la versión de oriente del Mantenimiento Productivo. La técnica aplicada por el método se considera de las más avanzadas hasta el momento en lo que respecta al mantenimiento preventivo, sistemático y condicional. Introduce el concepto de "Costo del Ciclo de Vida", donde se analiza no solamente los costos de adquisición de los equipos, sino además el valor del mantenimiento y de la operación del mismo. El esquema pasa a ser muy amplio y las cifras que se revisan estadísticamente son mucho más significativas.

Se pueden identificar las siguientes características en el método

1. Se busca optimizar la utilización de las máquinas (Rendimiento sintético de equipos).
2. Se analiza el costo de los equipos a lo largo de su ciclo de vida, desde una visión Integral y total (Life Cycle Cost).

3. Se integra la participación de las áreas de producción, mantenimiento y planeación de la empresa.
4. Se busca la participación de la Gerencia General en el proceso de mejoramiento,
5. Creación de pequeños grupos orientados hacia la búsqueda de mejoras (Aplicación práctica de los círculos de calidad).

El método ha sido introducido en Europa como una evolución de la política industrial esencialmente orientada hacia la reducción de costos de producción. Se trata de un método que se aplica principalmente en equipos automatizados. Según Nakajima (1988), es un mantenimiento productivo llevado a cabo por todos los empleados a través de la actividad de grupos pequeños. En el TPM el operador de la máquina es responsable del mantenimiento de la misma, así como de su operación. Se obtienen ganancias al lograrse una mayor productividad de la maquinaria.

También es aplicable en empresas que deseen:

- Reducir costos de manufactura.
- Reducir tiempos muertos no planificados.
- Reducir atascamientos en la producción.
- Mejorar la efectividad del equipo.
- Motivar e involucrar a los empleados.
- Implementar o mejorar el mantenimiento preventivo.
- Introducir mantenimiento predictivo.

3. PRESENTACIÓN DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE FLUIDOS UTB

La unidad de laboratorios de la universidad tecnológica de bolívar posee entre sus filas las instalaciones pertinentes para un laboratorio de Mecánica de fluidos; dicho laboratorio es la base fundamental para desarrollar y aplicar nuestra investigación, además de brindar al estudiantado la posibilidad de afianzar los conocimientos dados en las materias relacionadas con la mecánica de fluidos. Dentro de el encontramos una variedad de equipos donde se destaca el uso de bombas, elemento fundamental dentro de las máquinas hidráulicas.

Las prácticas más representativas que se llevan a cabo en el laboratorio, son las de medición de viscosidad, Reynolds, pérdidas en tuberías, bombas en serie y paralelo, cavitación, medición de caudal, diferencia entre impulsores (número de alabes) y prácticas con circuitos neumáticos y electroneumáticos.

Nombre: Laboratorio de mecánica de fluidos Universidad Tecnológica de Bolívar

Ubicación: Universidad Tecnológica de Bolívar; Km. 1 vía Turbaco.

Ciudad: Cartagena

Teléfono: 6535200

Encargado: Edgar Humberto Escobar

4. PLANEACIÓN

Es el proceso mediante el cual se determinaran los pasos necesarios o requeridos antes de empezar a desarrollar el plan de mantenimiento, en esta etapa es necesario tener información básica de los activos de la empresa como, fallas mas comunes de los equipos, mantenimiento que se esta realizando, y tener información provenientes de expertos en la materia.

4.1. Inventario

- Diseño y construcción de un banco de prueba para ensayos de cavitación y altura neta positiva de aspiración para bombas centrífugas. (Sistema 1)
- Diseño y construcción de un sistema para medir perdidas y variables de un flujo a través de redes, accesorios y válvulas. (Sistema 2)
- Diseño y construcción de un banco de prueba para el estudio de bombas centrífugas en serie y paralelo. (Sistema 3)
- Unidad de pruebas hidrostáticas. (Sistema 4)
- Diseño, construcción y montaje de un banco de prueba para la medición del caudal en placa de orificio y vertedero. (Sistema 5)
- Construcción y montaje del aparato Osborne Reynolds para el uso del laboratorio de la Universidad Tecnológica de Bolívar. (Sistema 6)
- Diseño y construcción de un banco de prueba para el estudio de la influencia del número de alabes (Z), espesor de alabes (S) y ángulo de salida (B2) del impulsor sobre la eficiencia de bombas centrífugas de baja capacidad. (Sistema 7)
- Diseño, construcción y montaje de un banco de pruebas de bombas de desplazamiento positivo. (Sistema 8)

*El número que determina el sistema dentro del laboratorio (Sistema x) es el que aparece en la codificación de los equipos.

4.2. Listado de equipos recomendados para el mejoramiento del laboratorio

- **Dispositivo para el estudio del principio de Bernoulli:** Este es un aparato básico para el afianzamiento de una de las partes mas importantes del programa de mecánica de fluidos; con el los estudiantes de dicha asignatura podrán realizar pruebas que sin duda aclararan los conceptos dados en clase; en la parte de máquinas hidráulicas también

se puede usar como inicio de programa para ir familiarizándose con estos principios. Este dispositivo puede ser adquirido por medio de la empresa Electroequipos Colombia LTDA. y su referencia es HM 150.07

- **Módulo básico para la operación de turbinas:** En el laboratorio si brinda una capacitación importante acerca de bombas, pero hay deficiencias en la parte referente a las turbinas hidráulicas. Actualmente la universidad no cuenta con ninguno de estos elementos, que debido a la importancia que estos tienen en la industria, es justificable la adquisición de estos, además que se complementa el programa de máquinas hidráulicas añadiendo otra prueba de laboratorio. Con este equipo se pueden realizar ensayos de definición de potencia hidráulica y mecánica en las turbinas además registro de líneas características de las turbinas. A través de Electroequipos Colombia LTDA. puede ser adquirido dicho elemento, su referencia es HM 365.32
- **Módulo experimental con turbina Pelton y Francis:** Estas son dos de los tipos de turbinas mas importantes a nivel de turbinas hidráulicas, y con ellas se logrará sin duda un excelente complemento al módulo básico de turbinas ya descrito y por supuesto también un apoyo fundamental para el desarrollo de la carrera. Puede ser adquirida gracias a la empresa Electroequipos de Colombia LTDA. con una referencia HM 365.31

4.3. Codificación de equipos

La codificación está estructurada, partiendo desde lo más general a lo más específico, es decir, el laboratorio se dividirá en sistemas y cada sistema en los elementos que lo componen. Después de haber echo esta codificación y habiendo tenido en cuenta los procedimientos estándar, identificamos los tipos de equipos que posee el laboratorio (rotativo, estático, eléctrico. Etc.). El laboratorio será en este caso nuestra planta y de ahí se derivarán todas las subdivisiones.

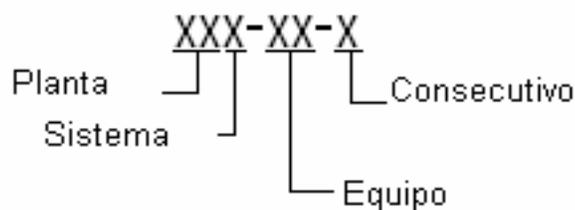


Figura 3: Esquema de Codificación

LMF: Laboratorio de mecánica de fluidos Universidad Tecnológica de Bolívar

Nombre del equipo	Código
Motores	MT
Bomba Centrifuga	BC
Bomba de desplazamiento positivo	BP
Motobomba	MB
Compresor	CM
Válvulas	VV
Medidor de caudal	MC
Manómetro	MN
Tanques, depósitos y recipientes	TK
Alimentación eléctrica	AE
Tableros Electrónicos	TE
Controlador lógico programable	PLC
Electroválvula	EV
Red de tuberías	TB
Red de Mangueras	MG
Cilindros de Doble Efecto	CD

Tabla 3: Listado y codificación de equipos

*Los tableros electrónicos están compuestos por varios elementos que debido a la similitud de su mantenimiento lo integramos en un solo ítem.

Abreviaciones de los sistemas:

Ubicación	Sistema No:	Abreviación
LMF1	Sistema 1	Ensayo de cavitación
LMF2	Sistema 2	Pérdidas en tuberías
LMF3	Sistema 3	Bombas en serie y paralelo
LMF4	Sistema 4	Pruebas hidrostáticas
LMF5	Sistema 5	Medición de caudal
LMF6	Sistema 6	Reynolds
LMF0	Sistema 7	Impulsores
LMF8	Sistema 8	Bombas de desplazamiento positivo

Tabla 4: Listado y codificación de sistemas

*para conocer el nombre completo de cada sistema, remitirse al inventario de equipos.

Codificación de equipos por sistemas:

Sistema 1: Ensayo de cavitación:

Nombre	Código	Cantidad
Motobomba	LMF1 – MB – 01	1
Compresor	LMF1 – CM – 01	1
Alimentación Eléctrica	LMF1 – AE – 01	1
Tanque	LMF1 – TK – 01	1
Válvulas	LMF1 – VV – 01	11
Red de Tuberías	LMF1 – TB – 01	1
Manómetros	LMFI – MN - 01	4

Tabla 5: Codificación de equipos sistema 1

Sistema 2: Pérdidas en tuberías

Nombre	Código	Cantidad
Motobomba	LMF2 – MB - 01	1
Válvulas	LMF2 – VV - 01	52
Tanque	LMF2 – TK - 01	1
Red de Tubería	LMF2 – TB - 01	1
Manómetro	LMF2 – MN - 01	5

Tabla 6: Codificación de equipos sistema 2

Sistema 3: Bombas en serie y paralelo:

Nombre	Código	Cantidad
Motor	LMF3 – MT – 01	2
Bomba Centrifuga	LMF3 – BC – 01	2
Medidor de Caudal	LMF3 – MC – 01	2
Válvulas	LMF3 – VV – 01	6
Alimentación Eléctrica	LMF3 – AE – 01	1
Tanque	LMF3 – TK – 01	1
Red de Tubería	LMF3 – TB - 01	1
Manómetros	LMF3 – MN - 01	4

Tabla 7: Codificación de equipos sistema 3

Sistema 4: Pruebas Hidrostáticas:

Nombre	Código	Cantidad
Tanque	LMF4 – TK – 01	2
Válvulas	LMF4 – VV - 01	2

Red de Mangueras	LMF4 – MG - 01	1
------------------	----------------	---

Tabla 8: Codificación de equipos sistema 4

Sistema 5: Medición de caudal:

Nombre	Código	Cantidad
Motobomba	LMF5 – MB – 01	1
Tanque	LMF5 – TK – 01	2
Válvulas	LMF5 – VV – 01	6
Manómetro	LMF5 – MN – 01	1
Red de Tubería	LMF5 – TB - 01	1

Tabla 9: Codificación de equipos sistema 5

Sistema 6: Reynolds:

Nombre	Código	Cantidad
Tanque	LMF6 – TK – 01	3
Red de Tubería	LMF6 – TB – 01	1
Red de Mangueras	LMF6 – MG – 01	1
Válvulas	LMF6 – VV - 01	4

Tabla 10: Codificación de equipos sistema 6

Sistema 7: Impulsores:

Nombre	Código	Cantidad
Motobomba	LMF7 – MB – 01	1
Red de Tubería	LMF7 – TB – 01	1
Tanque	LMF7 – TK – 01	1

Alimentación Eléctrica	LMF7 – AE – 01	1
Manómetros	LMF7 – MN – 01	4
Válvulas	LMF7 – VV - 01	5

Tabla 11: Codificación de equipos sistema 7

Sistema 8: Bombas de desplazamiento positivo:

Nombre	Código	Cantidad
Motor	LMF8 – MT – 01	1
Bomba de Desplazamiento Positivo	LMF8 – BP – 01	1
Válvulas	LMF8 – VV – 01	3
Manómetro	LMF8 – MN – 01	2
Medidor de Caudal	LMF8 – MC - 01	1
Red de Tuberías	LMF8 – TB – 01	1
Mangueras	LMF8 – MG – 01	1
Tanque	LMF8 – TK – 01	1

Tabla 12: Codificación de equipos sistema 8

4.4. Modos de Falla

Motores
<ul style="list-style-type: none">• Rodamientos.• Ventilador.• Conexión eléctrica.• Embobinado.

Tabla 13: Modos de falla Motores

Bombas
<ul style="list-style-type: none">• Rodamientos• Sellos o Empaques• Impulsor• Sistema de lubricación

Tabla 14: Modos de falla Bombas

Bomba de Desplazamiento Positivo
<ul style="list-style-type: none">• Falla del impulsor

Tabla 15: Modos de Falla Bomba de Desplazamiento Positivo

Equipo Eléctrico y Electrónico
<ul style="list-style-type: none"> • Irregularidades de voltaje • Sulfatación en los contactos

Tabla 16: Modos de Falla Equipo Eléctrico y Electrónico

Válvulas
<ul style="list-style-type: none"> • Ensuciamiento • Empaques

Tabla 17: Modos de falla Válvulas

Tuberías y Mangueras
<ul style="list-style-type: none"> • Ensuciamiento • Empaques en las uniones • Escapes • Rotura

Tabla 18: Modos de falla Tuberías y Mangueras

Manómetros
<ul style="list-style-type: none"> • Descalibración • Sistema Neumático

Tabla 19: Modos de falla Manómetros

Tanques
<ul style="list-style-type: none"> • Corrosión • Ensuciamiento

Tabla 20: Modos de falla Tanques

Compresor
<ul style="list-style-type: none"> • Válvulas de succión y Descarga

Tabla 21: Modos de falla Compresor

4.5. Determinación de la Criticidad

No existe un método exacto para determinar la criticidad de un equipo o las tareas del mantenimiento como de los equipos. En la mayoría de las organizaciones la carga de trabajo es dinámica y las prioridades son monitoreadas y cambiadas pero sin embargo podemos utilizar un método bastante válido el cual fue basado en lo dado en el manual de mantenimiento y puede ser usado en laboratorios para determinar esta prioridad como lo es la criticidad.

El método se basa en identificar cuatro grupos, y a cada uno se le asigna un valor que va de 1 a 4 siendo el cuatro el de menor prioridad.

4.5.1. Criticidad de los Equipos

Teniendo en cuenta que el plan de mantenimiento se le está aplicando a un laboratorio, los niveles de criticidad definidos estándares para la industria, no aplican de manera que la forma en que vamos a definir es la siguiente:

- **Tipo 1:** Si la avería del equipo produce lesiones o daños a personas.
- **Tipo 2:** Si el daño en el equipo inhabilita **todos** los procesos del sistema.
- **Tipo 3:** Si la falla del equipo produce bajas en los procedimientos.
- **Tipo 4:** Si la falla no afecta o interviene en el proceso principal del sistema, es decir el sistema trabaja normalmente pero el objeto dañado es necesario para un proceso alterno pero simultáneo.

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente presentamos la lista de los equipos con su respectiva criticidad:

Nombre del equipo	Código	Criticidad
Motores	MT	Tipo 1
Bomba Centrifuga	BC	Tipo 1
Bomba de desplazamiento positivo	BP	Tipo 1
Motobomba	MB	Tipo 1
Compresor	CM	Tipo 2
Válvulas	VV	Tipo 3
Medidor de caudal	MC	Tipo 4
Manómetro	MN	Tipo 4
Tanques, depósitos y recipientes	TK	Tipo 4
Alimentación eléctrica	AE	Tipo 1
Tableros Electrónicos	TE	Tipo 2
Red de tuberías	TB	Tipo 3
Mangueras	MG	Tipo 2

Tabla 22: Niveles de criticidad de los Equipos

Justificación de los niveles de criticidad:

Debido a lo ya antes explicado acerca del porque no se deben usar los mismos niveles de criticidad, a continuación puntualizaremos lo que se tuvo en cuenta para crear los nuevos niveles:

1. El plan de mantenimiento se le esta aplicando a un laboratorio universitario, por lo tanto el manejo de los equipos es muy distinto al de los niveles industriales.
2. En el laboratorio no se maneja una línea de producción por lo tanto los equipos bajan su criticidad.
3. Los daños que estos elementos pueden ocasionar al personal de trabajo o experimentación es muy bajo.
4. Catalogamos como nivel mas critico, el que causa daños al personal, haciendo caso a los estándares con respecto al cuidado del individuo.

4.5.2. Criticidad de las Tareas de Mantenimiento

La criticidad de las tareas de mantenimiento se determina en base a los siguientes cinco grupos:

- **ASEO:** en este grupo se localizan todas aquellas tareas de mantenimiento enfocadas a las tareas de limpieza, aseo, pintura, mantenimiento de baños, en general. A este grupo se le asigna un valor de 1.
- **MANTENIMIENTO DE RUTINA O MANTENIMIENTO DE EQUIPO BACKUP:** como su nombre lo indica en este grupo se encuentra todas aquellas tareas de mantenimiento preventivo de rutina, al igual que de los equipos que se encuentran en stand by. También se incluye el chequeo rutinario de seguridad y trabajos mejorativos. A este grupo se le asigna un valor de 2

- **MANTENIMIENTO PREVENTIVO:** como su nombre lo indica en este grupo se encuentran aquellas tareas de mantenimiento programadas al igual que aquellas tareas que se realizan durante la producción, para asegurar que la cantidad y calidad de la producción se mantenga. A este grupo se le asigna un valor de 3.
- **FALLA DE PLANTA CRÍTICA:** en este grupo se encuentran aquellas tareas de mantenimiento en equipos donde se haya presentado una falla o que tenga el potencial de causar una parada o problemas de calidad. A este grupo se le asigna un valor de 4.
- **TAREAS CONCERNIENTES A LA SEGURIDAD:** en este grupo se encuentran aquellas tareas de mantenimiento donde se haya presentado una falla en un equipo que cause un riesgo a la seguridad del personal o del producto. A este grupo se le asigna un valor de 5.

4.6. Niveles de Mantenimiento

En general las empresas no están en capacidad de montar infraestructuras de mantenimiento excesivamente costosas y cuya utilización genere tiempos largos de baja utilización. Por este motivo se busca jerarquizar los trabajos en niveles de acuerdo con su importancia, grado de dificultad, conocimientos requeridos para su ejecución y el tipo de talleres y herramientas especializadas que se deben utilizar.

Se puede hablar de cinco niveles de mantenimiento. Cada empresa debe decidir hasta que nivel estará en capacidad de atender por si misma y que niveles contratará por aparte basándose en criterios de costo beneficio.

NIVEL I (Nivel operador, Técnicos del nivel aprendiz):

Aquellos rutinarios que garantizan la operación permanente y previene daños al poderse detener el equipo inmediatamente se detectan. Prácticamente se hacen mediante la observación directa del operador.

- Limpieza rutinaria
- Inspección diaria
- Revisión de aceite y líquidos consumibles
- Engrases rutinarios
- Detección de ruidos anormales

NIVEL II (Operador experimentado, Técnico intermedio con curso básico del equipo):

Aquellos que además requieren de operaciones sencillas de mantenimiento por parte de un técnico entrenado en el equipo. No exigen paradas prolongadas y su finalidad es garantizar la operación confiable.

- Chequeo de tensión de correas
- Relleno de líquidos
- Limpieza de filtros de aire

NIVEL III (Técnico de más alto nivel en la empresa con varios años de experiencia y cursos avanzados sobre el equipo):

Trabajos especializados en sitio y son de carácter básicamente rutinario.

- Cambios de aceite y filtro
- Calibraciones rutinarias
- Verificación de parámetros de servicio
- Cambio de partes

NIVEL IV (Grupo de trabajo con experiencia previa, conformado por técnicos de varias disciplinas bajo la dirección de un ing. de campo):

Nivel de taller especializado, consumen bastante tiempo y requieren de herramienta especializada para su ejecución.

- Despiece parcial de mantenimiento
- Calibraciones especializadas
- Revisión de tolerancias
- Ajustes detallados
- Soldadura y revisión

NIVEL V (Labores de planeación):

Trabajos de más alto nivel. Requieren de personal altamente calificado y en ocasiones de apoyo del fabricante. Contempla los llamados mantenimientos totales, de alta planeación y programación.

- Despiece total
- Pruebas destructivas y no destructivas
- Calibraciones con instrumentos especiales

Los niveles I, II y III, normalmente se efectúan por personal de planta de los departamentos de mantenimiento, los niveles IV y V corresponden a niveles muy especializados por lo cual muchas empresas prefieren hacerlo por contrato con talleres o entidades especializadas, reservándose desde luego el derecho de la interventora. Como se mencionó anteriormente los costos marcan las políticas de cada empresa sobre sus capacidades para el nivel seleccionado. Lo que si es claro es que las empresas no quieren invertir en personal y herramientas que solo se vayan a utilizar muy esporádicamente.

Algunas empresas prefieren agrupar en solo tres niveles para lo cual tienen el I: como el de nivel del operador, nivel II: especializado, pero con personal de la misma empresa y el nivel III aquel que requiere personal y herramientas muy especializados.

4.7. JERARQUIA DE LAS TAREAS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Al seleccionar las tareas del MP se debe utilizar la siguiente jerarquía de mantenimiento:

- Predictivo (como el monitoreo de condición). Desarmado para verificar.
- Predictivo (como el monitoreo de condición).
- No-invasivo (como un cambio de aceite). Invasivo Preventivo (como el desarmado para verificar desgaste).
- Renovación (como el reemplazo de un rodamiento).

En la decisión de las tareas de MP se debe seguir la siguiente jerarquía en cuanto al ejecutor:

- Acciones que los operadores pueden hacer como parte de su rutina normal.
- (observaciones dirigidas) - No es considerado MPO.
- Acciones que no son parte de la rutina normal del operador (como un ensayo funcional).

- Acciones que requieren una mínima habilidad técnica (como la lubricación simple).
- Acciones que requieren un operario especializado (como una inspección detallada).
- Mantenimiento programado (recorrida programada).

4.8. LISTADO DE LAS TAREAS DEL MANTENIMIENTO Y SU FRECUENCIA

Con base al estudio de los diferentes modos de falla para cada equipo, se procede a decidir las tareas de mantenimiento a realizar.

Junto a un estudio para estimar la frecuencia, llegamos a obtener una lista de tareas

Pero para un mejor entendimiento de las tareas, estas se han clasificado en varios Grupos los cuales se definen como:

- Actividades para el cuidado básico del equipo: son todas aquellas tareas que son realizadas muy frecuentemente, llevadas a cabo por el mismo operador, y no requieren de un nivel avanzado de preparación.
- Actividades programadas: Son actividades que se realizan a periodos mayores de tiempo, y por lo general necesitan un mayor grado de especialización para ser llevadas a cabo.

Debido a la sencillez de las actividades de mantenimiento que se deben llevar a cabo en el Laboratorio de Mecánica de Fluidos, ambas actividades pueden ser llevadas a cabo por el mismo operador.

Las siguientes son las recomendaciones básicas generales para los equipos críticos de cada sistema del laboratorio:

Bombas

Modo de falla	Recomendación de mantenimiento	Frecuencia
Rodamientos	Inspección Auditiva y Visual	Cada vez que opere el equipo
Sellos o Empaques	Verificar estado	Trimestral
Impulsor	Verificar estado	Semestral
Sistema de lubricación	Verificar nivel	Mensual
Acoples	Verificar alineación	Semestral

Tabla 23: Recomendaciones de mantenimiento Bomba Centrífuga

*Los empaques, impulsor y aceite, deben ser cambiados cuando la verificación indique un deterioro considerable. Las recomendaciones anteriores aplican para todos los tipos de bomba con los que cuenta el laboratorio.

Bomba de desplazamiento positivo

Modo de falla	Recomendación de mantenimiento	Frecuencia
Falla en el Impulsor	Verificar presión de Descarga	Cada vez que opere el equipo

Tabla 24: Recomendaciones de mantenimiento Bombas de Desplazamiento Positivo

* La Bomba de Desplazamiento Positivo funciona con aceite, el impulsor tiene un doble funcionamiento el cual es el siguiente hacer que circule el aceite y también actúa como sello debido a eso el impulsor se va desgastando y va perdiendo su función de sello por eso se debe revisar la presión de descarga cada vez que el equipo este. Operando.

Motores

Modo de falla	Recomendación de mantenimiento	Frecuencia
Rodamientos	Lubricar	Mensual
Ventilador	Limpieza	Trimestral
Conexión Eléctrica	Aislamiento y limpieza de contactos	Trimestral
Embobinado	Verificar estado	Anual

Tabla 25: Recomendaciones de mantenimiento Motores

* El aislamiento puede ser respaldado con el uso de un estabilizador para evitar las fluctuaciones del voltaje y de esta forma proteger al equipo.

*Para el mantenimiento de las MOTOBOMBAS se deben tener en cuenta las recomendaciones tanto de las bombas como de los motores.

Compresor sellado

Modo de falla	Recomendación de mantenimiento	Frecuencia
Válvulas de succión y Descarga	Limpieza y Ajuste de Válvulas	Trimestral

Tabla 26: Recomendaciones de Mantenimiento Compresores Sellados

* Otro ítem que se debe de tener en cuenta para el compresor es la revisión periódica del nivel del aceite y como ya se dijo antes la limpieza y ajuste de las válvulas debido a la gran importancia que tiene para su buen funcionamiento.

Red de Tuberías y Mangueras, Tanques

Modo de falla	Recomendación de mantenimiento	Frecuencia
Ensuciamiento	Limpieza	Semestral
Empaques	Verificación de estado	Semestral
Rotura	Inspección visual	Semanal

Tabla 27: Recomendaciones de mantenimiento Tuberías, Mangueras y Tanques

* El cambio de cualquier sección de tubería o manguera debe hacerse cuando se presente la falla y durante tiempo muerto. Los tanques también deben ser intervenidos cuando la falla se presente.

* Para la limpieza es recomendable usar detergentes industriales de bajo costo en el caso de alta suciedad, de lo contrario puede usarse agua sin inconvenientes.

Equipo Eléctrico y Electrónico

Modo de falla	Recomendación de mantenimiento	Frecuencia
Fluctuaciones de voltaje	Controlar fluctuaciones de voltaje	Cada vez que se encienda el equipo
Sulfatación en los contactos	Limpieza	Trimestral

Tabla 28: Recomendaciones de mantenimiento Equipo Eléctrico y Electrónico

* Para controlar las caídas y bajas de voltaje, es recomendable usar un estabilizador de voltaje. Los componentes solo deben ser cambiados cuando se haya presentado una falla.

Manómetro

Modo de falla	Recomendación de mantenimiento	Frecuencia
Descalibración	Calibrar	Cuando ocurra la falla
Sistema Neumático	Verificar escape	Cuando haya irregularidades en las mediciones

Tabla 29: Recomendaciones de mantenimiento Manómetros

* En caso de imposibilidad de calibración, se recomienda cambiar los manómetros cuando fallen.

Nota importante: Es recomendable encender todos los equipos por lo menos una vez a la semana, esto para evitar asentamientos en los elementos mas críticos en cada equipo, por ejemplo rodamientos, y para mantener las características de los lubricantes en buen estado para el correcto funcionamiento de los equipos.

Los rodamientos que se utilizan en todos los equipos del laboratorio, son rodamientos sellados por lo tanto no requieren lubricación, estos además tienen una vida útil aproximada de 2000 horas, por lo cual debido al bajo nivel de operación de los equipos, no están sometidos al uso para el que están diseñados entonces su falla esta prevista para que se de en varios años.

La limpieza de la tubería galvanizada se debe hacer con un químico detergente llamado **Benzel** con una frecuencia semestral.

5. SOFTWARE PARA LA EJECUCION DEL MANTENIMIENTO

5.1 Descripción del software.

El programa de mantenimiento preventivo para el laboratorio de mecánica de fluidos de la universidad tecnológica de bolívar, será soportado por un software diseñado para programar las tareas de mantenimiento básicas que se llevan a cabo en dichas instalaciones. Este software, llamado **PMP v.1** (programa de mantenimiento preventivo versión 1), es básicamente un cronograma de actividades asistido por computador, y está estructurado de una manera sencilla organizando las actividades para los equipos de cada sistema de una determinada planta, o sea que para este caso la planta es el Laboratorio de Mecánica de fluidos pero es aplicable para cualquier otra planta es decir en el caso de la universidad toda la variedad de laboratorios con la que contamos.

A continuación les presentamos un breve esquema que indica como está organizado el software:

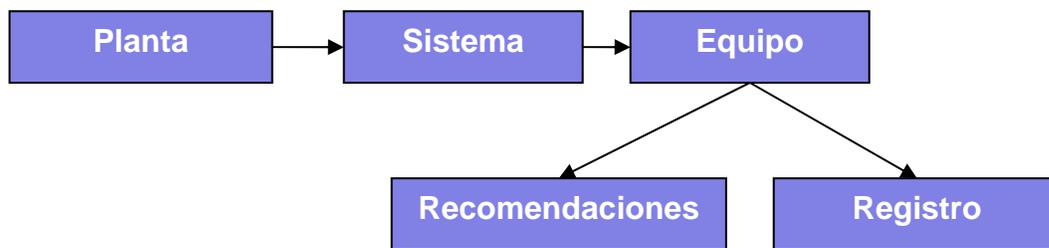


Figura 4: Esquema de la Organización del Software

5.2 Instrucciones de uso.

Primero que todo, el programa no presenta dificultades a la hora de ser usado sin embargo a continuación haremos una breve descripción de cómo se debe manejar:

Inicialmente el programa pide que se le introduzca una contraseña para ingresar a sus acciones, luego de esto se empieza a alimentar la base de datos del mismo; se debe empezar añadiendo la planta a la cual se le va a implementar las actividades, luego de esto se deben definir los sistemas que hacen parte de la misma. Pasado esto, se deben incluir los equipos que pertenecen a cada sistema para luego definir las recomendaciones de mantenimiento. Cada vez que un equipo sea intervenido, se debe diligenciar el formato de Registro de mantenimiento disponible para cada equipo, con el fin de ir creando un historial del activo. Para la anterior función se debe ingresar por la planta a la que pertenece el sistema donde se encuentra el equipo intervenido, en el espacio de "equipo" se debe usar la opción de Registro y luego detallar lo que se hizo.

Cada vez que se quiera incluir un nuevo activo, o sistema o incluso planta, se usa la opción "nuevo" y se crea lo que se desee.

La imagen del programa la encuentra en los anexos.

6. SUGERENCIAS

6.1 Determinación y metodología de la frecuencia óptima de mantenimiento preventivo.

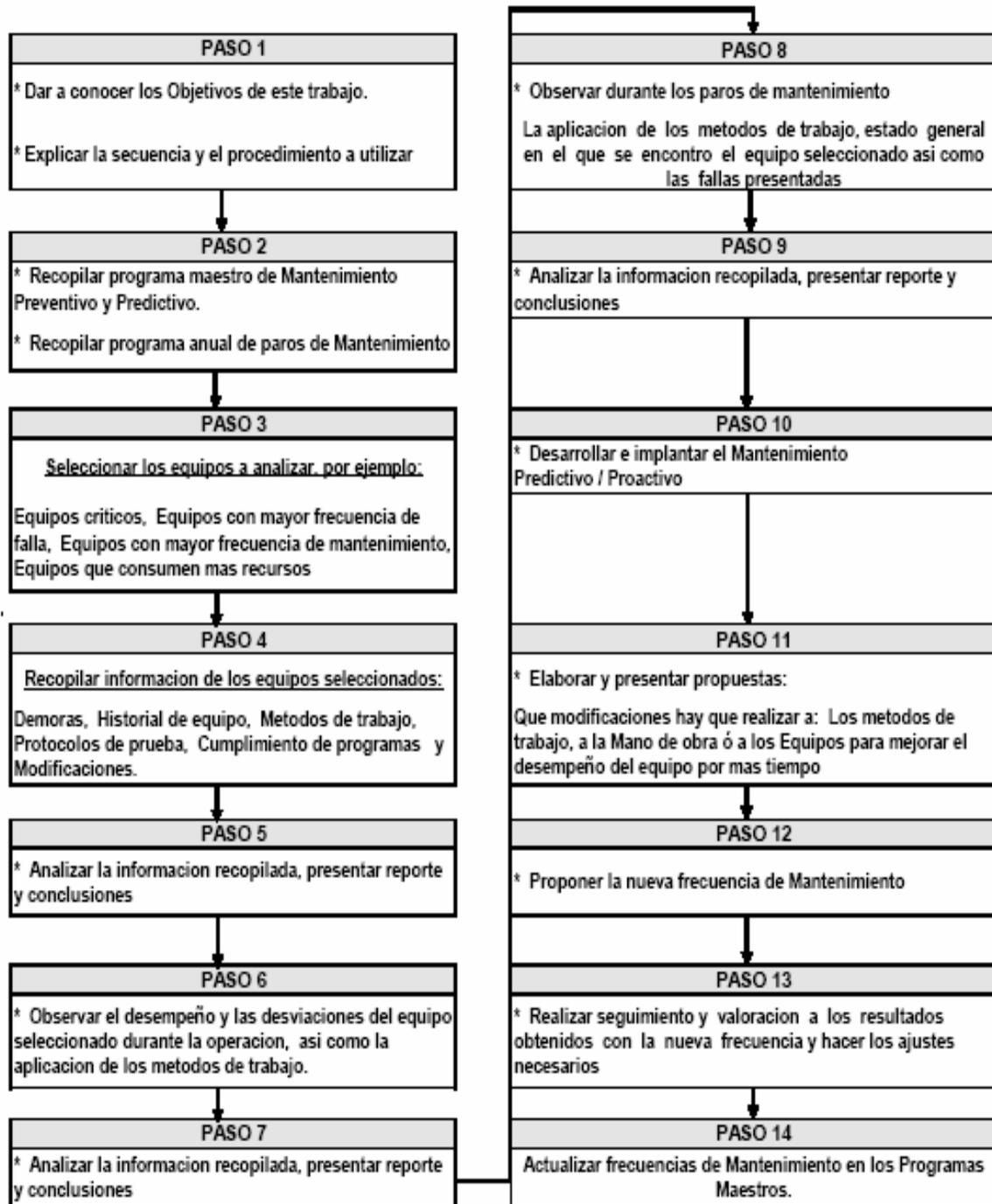


Figura 5: Pasos para la determinación de la frecuencia óptima de mantenimiento preventivo.

7. CONCLUSIONES

- Debido al trabajo intermitente realizado por los equipos que pertenecen al laboratorio de mecánica de fluidos de la universidad tecnológica de bolívar, el mantenimiento preventivo es la mejor decisión para preservar los activos que allí se encuentran puesto que los niveles de criticidad de ellos comparados con los estándares de mantenimiento son significativamente bajos.
- Después de haber hecho las consultas pertinentes encontramos que aparte de las actividades básicas de mantenimiento como lubricación o limpieza la preservación de los elementos es casi limitada hasta donde ellos están diseñados, es decir no se alarga su vida útil salvo equipos como compresores o tanques.
- La implementación de un software para la organización de las actividades de mantenimiento es sin duda una herramienta excepcional y piloto en los laboratorios que esperamos además logre los objetivos previstos en cuanto a eficiencia y facilidad se refiere.
- Habiendo analizado que elementos como rodamientos, manómetros o empaques están sometidos prácticamente a mantenimiento correctivo concluimos que sería adecuado tener dentro del laboratorio un inventario de repuestos evitando tener largas esperas debido a la inhabilitación de un equipo por falta de un repuesto.
- Luego de analizar los programas académicos de asignaturas como mecánica de fluidos, termodinámica, máquinas hidráulicas entre otras podemos apuntar que el laboratorio aunque tiene una variedad importante de bancos de pruebas necesita equipos que certeramente complementarán los conceptos, principios y leyes que teóricamente vemos en los salones de clase; estos equipos son descritos en el contenido de la monografía.

- Para el diseño e implementación de Programas de Mantenimiento es muy importante el historial y la hoja de vida de los equipos a trabajar; en este caso este tipo de ayuda no había sido implementada por lo cual nosotros la incluimos en nuestro plan de mantenimiento.

GLOSARIO

TÉRMINO	DEFINICIÓN
Falla	Finalización de la habilidad de un ítem para desempeñar una función requerida.
Defecto	Eventos en los equipos que no impiden su funcionamiento, todavía pueden a corto o largo plazo, provocar su indisponibilidad.
Mantenimiento Predictivo	Servicios de seguimiento del desgaste de una o más piezas o componente de equipos prioritarios a través de análisis de síntomas, o estimación hecha por evaluación estadística, tratando de extrapolar el comportamiento de esas piezas o componentes y determinar el punto exacto de cambio.
Backlog	Período de tiempo necesario para que un grupo de mantenimiento ejecute todas las actividades pendientes, suponiendo que durante ese tiempo ningún servicio nuevo va a ser solicitado a ese grupo.
Equipo Clase A	Equipo cuya parada interrumpe el proceso productivo llevando a la pérdida de producción y a el cese de la obtención de utilidades
Equipo Clase B	Equipo que participa del proceso productivo, pero su parada, por algún tiempo no interrumpe la producción.
Equipo Clase C	Equipo que no participa en el proceso productivo
Inspección	Servicios de Mantenimiento Preventivo, caracterizado por la alta frecuencia (baja periodicidad) y corta duración, normalmente efectuada utilizando instrumentos simples de medición (termómetros, tacómetros, voltímetros etc.) o los sentidos humanos y sin provocar indisponibilidad.
Mantenimiento Correctivo	Servicios de reparación en ítems con falla.
Parada General	Lo mismo que Reparación General.
Reparación Mayor	Servicio de mantenimiento de los equipos de gran porte, que interrumpen la producción.
Revisión de garantía	Examen de los componentes de los equipos antes del término de sus garantías, tratando de verificar sus condiciones en relación a las exigencias contractuales.
Lubricación	Servicios de Mantenimiento Preventivo, donde se realizan adiciones, cambios, complementaciones, exámenes y análisis de los lubricantes.
Mantenimiento	Acciones necesarias para que un ítem sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición especificada.
Pieza	Cada una de las partes de un conjunto o de un todo (en este caso equipo).

Mantenibilidad	Facilidad de un ítem en ser mantenido o recolocado en condiciones de ejecutar sus funciones requeridas.
Mantenimiento Preventivo	Servicios de inspección, control, conservación y restauración de un ítem con la finalidad de prevenir, detectar o corregir defectos, tratando de evitar fallas.
Mantenimiento Preventivo por Tiempo	Mantenimiento efectuado a partir de un programa pre-establecido.
Mantenimiento Preventivo Sistemático	Servicios de Mantenimiento Preventivo, donde cada equipo para después de un período de funcionamiento, para que sean hechas mediciones, ajustes y si es necesario, cambio de piezas en función de un programa preestablecido a partir de la experiencia operativa, recomendaciones de los fabricantes.
Mantenimiento Preventivo Periódico	Lo mismo que Mantenimiento Preventivo Sistemático.
Mantenimiento Preventivo por Estado	Mantenimiento efectuado a partir de la condición de funcionamiento del equipamiento.
Equipo	Conjunto de componentes interconectados, con los que se realiza materialmente una actividad de una instalación.
Mantenimiento Previsivo	Lo mismo que mantenimiento predictivo
Mantenimiento de Rutina	Lo mismo que inspección.
Mantenimiento Selectivo	Servicios de cambio de una o más piezas o componentes de equipos prioritarios, de acuerdo con recomendaciones de fabricantes o entidades de investigación.
Nuevas instalaciones	Instalaciones de nuevos equipos para ampliación de la producción; modificación en equipos para mejorar su desempeño o facilitar el mantenimiento, sustitución de equipos antiguos por otros mas modernos las pruebas de aceptación de nuevos equipos.
Ítem	Término general para indicar un equipo, obra o instalación.
Prioridad de Emergencia	Mantenimiento que debe ser hecho inmediatamente después de detectada su necesidad.
Prioridad de Urgencia	Mantenimiento que debe ser realizado a la brevedad posible, de preferencia sin pasar las 24 horas, después de detectar su necesidad.
Prioridad Normal	Mantenimiento que puede ser postergado por algunos días.
Componente	Ingenio esencial al funcionamiento de una actividad mecánica, eléctrica o de otra naturaleza física que, conjugado a otro(s), crea(n) el potencial de realizar un trabajo.
Revisión General	Lo mismo que Reparación general.

Servicios de Apoyo	De seguridad, mejorar las condiciones de trabajo, atender a otros sectores Servicios hechos por el personal de mantenimiento tratando de mejorarlas condiciones no ligados a la producción.
Sistema Operacional	Conjunto de equipos necesarios para realizar una función de una instalación.
Unidad de Producción	Planta, Fábrica, Usina o cualquier unidad fabril de una empresa donde son producidos o generados sus productos o servicios.
Confiabilidad	BS 5760: Es la probabilidad de que un ítem opere de una forma predeterminada por un tiempo predeterminado bajo unas condiciones predeterminadas si sufrir falla
Integridad Técnica	Estado en el que un activo, bajo unas condiciones específicas, no tiene riesgo de falla
Disponibilidad	Es el porcentaje de tiempo en que un equipo presenta su plena capacidad de operación
Factor de Utilización	Es el porcentaje de tiempo en que un equipo es operado

BIBLIOGRAFIA

1. Diseño y construcción de un banco de prueba para ensayos de cavitación y altura neta positiva de aspiración para bombas centrífugas.
Ref.: 621.67/B187
2. Diseño, construcción y montaje de un banco de prueba para la medición del caudal en placa de orificio y vertedero.
Ref.: 621.2/v335
3. Unidad de pruebas hidrostáticas.
Ref.: 532/077
4. Diseño y construcción de un sistema para medir perdidas y variables de un flujo a través de redes, accesorios y válvulas.
Ref.: 532.053/B928
5. Construcción y montaje del aparato Osborne Reynolds para el uso del laboratorio de la Universidad Tecnológica de Bolívar.
Ref.: 620.0042/L181
6. Diseño y construcción de un banco de prueba para el estudio de bombas centrífugas en serie y paralelo.
Ref.: 621.67/M843
7. Diseño, construcción y montaje de un banco de pruebas de bombas de desplazamiento positivo.
Ref.: 621.252/F111
8. Diseño y construcción de un banco de prueba para el estudio de la influencia del número de alabes (Z), espesor de alabes (S) y ángulo de salida (B2) del impulsor sobre la eficiencia de bombas centrífugas de baja capacidad.
Ref.: 621.67 / B533
9. Memorias Minor en Mantenimiento Industrial UTB.
10. Memorias X Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería Mecánica, Universidad EAFIT, Medellín.
11. Memorias IV Congreso de Servicios de Confiabilidad y Fabricación de Partes para Bienes de Capital, Centro de Convenciones, Cartagena.

12. Mantenimiento y seguridad industrial - Monografias_com.mht.
13. Tesis y monografías de la biblioteca de la Universidad Tecnológica de Bolívar
14. GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Principios de mantenimiento. Ref. 620.0046 / G643p.
15. TAMAYO DOMÍNGUEZ, Carlos Mario. Mantenimiento preventivo. Ref. 620.0046 / T153.
16. DUFFUAA, Salih O. Sistemas de mantenimiento: planeación y control. Ref. 620.0046 / D855
17. www.amtce.com.mx/config.
18. www.mantenimiento.com
19. www.mailxmail.com/curso/vida/mantenimientohospitalario/capitulo2.htm
20. www.emagister.com

ANEXOS

LABORATORIO DE MECANICA DE FLUIDOS UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR



Sistema 1:





Sistema 2:





Sistema 3:

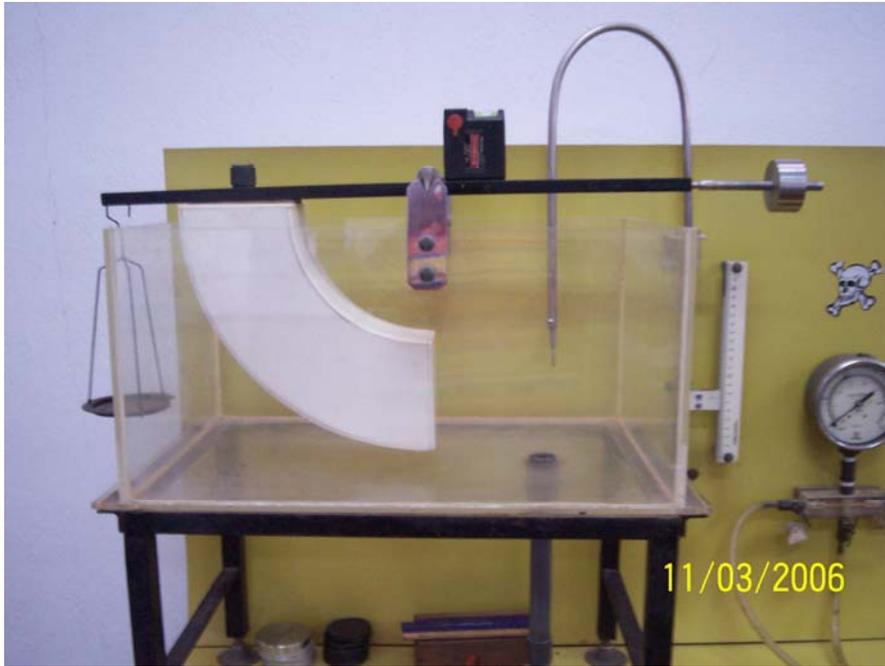






Sistema 4:





Sistema 5:





Sistema 6:





Sistema 7:





Sistema 8:





STAND DE REPUESTOS



EQUIPO DE CÓMPUTO



FORMATO PARA EL REGISTRO DE MANTENIMIENTO

 Universidad Tecnológica de Bolívar <small>CARRASENA DE INDIAS</small>	Registro de Mantenimiento	N° DE SOLICITUD:
Nombre del responsable		Fecha:
Nombre del Equipo		
Código del Equipo		
Ubicación del Equipo:		
Descripción del Trabajo: 		

