



**DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL ALMACÉN Y
RECTIFICADORA LA HEROICA**

OSCAR VÉLEZ MÉNDEZ

ERASMO DE JESUS VILLA DELGADO

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.

2012



**DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL ALMACÉN Y
RECTIFICADORA LA HEROICA**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
MECATRÓNICO**

AUTORES

OSCAR VÉLEZ MÉNDEZ

ERASMO DE JESUS VILLA DELGADO

DIRECTOR

ME. MS. PHD. EUGENIO YIME RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERIA MECATRÓNICA

CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.

2012

Nota de aceptación:

Firma presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Cartagena, 5 de Junio de 2012.

DEDICATORIA

A nuestros padres Oscar Vélez, Magaly Méndez,

Erasmó Villa Mancera y María Delgado Gómez

Por darnos la mejor muestra de su amor,

Una buena educación.

AGRADECIMIENTOS

Como primera instancia le doy gracias a mi DIOS por ser mi guía y soporte durante todo este periodo de formación profesional gracias a él por darme el don de la vida y la oportunidad de seguir adelante ahora como ingeniero mecatrónico.

A mi madre, Magaly Méndez por su apoyo incondicional en todos los momentos amargos y felices, persona que al final comprendió el por qué debía estudiar con ahínco para alcanzar la meta, a ella en especial le dedico este triunfo.

A mi padre, Oscar Vélez por sus consejos, por compartir sus experiencias y asesorarme en los diferentes proyectos.

A mi hermana, Gisel Vélez por comprenderme, escucharme en todo momento, por ser también mi amiga y mi otra madre que siempre estuvo apoyándome incondicionalmente, siempre conté contigo a pesar de estar en el exterior, gracias!!

A toda mi familia por estar siempre animándome a seguir adelante.

A los profesores de la facultad de ingeniería mecánica y mecatrónica gracias por formar ingenieros en el día a día. Al Profesor Eugenio Yime por brindarnos su disponibilidad, tiempo, apoyo y conocimiento durante la ejecución del proyecto. Al profesor Ascanio Ferreira por compartir sus experiencias y conocimiento que enriquecen mi formación como profesional.

A mis compañeros por las experiencias vividas dentro y fuera de la universidad.

A mis amigos Sair, Gary , Darwin, Alfonso e Isaac gracias por brindarme su amistad.

Oscar Vélez Méndez

AGRADECIMIENTOS

Principalmente a Dios, por darme mucha sabiduría y entendimiento para realizar este trabajo y así lograr culminar con éxito.

A mis padres, Erasmo Villa Mancera y María Delgado Gómez, por su apoyo constante, lucha y sacrificio para brindarme lo mejor.

A mis hermanos, porque cada uno de ellos aportó en mi formación, siempre estuvieron en cada momento manifestando su apoyo.

A mis familiares y amigos que de una u otra manera estuvieron presentes en mi formación como profesional.

A nuestros profesores, por sus consejos y conocimientos que nos dieron en el transcurso de nuestra carrera, los cuales nos han servido para formarnos como profesionales.

A nuestro director de trabajo, Eugenio Yime Rodríguez por apoyarnos y guiarnos en este proceso.

Por último, a todas aquellas personas que nos desearon lo mejor y de las cuales aprendimos muchas cosas que hoy aplicamos a nuestra vida.

Erasmo de Jesús Villa Delgado

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
2. JUSTIFICACIÓN	17
3. OBJETIVOS	19
3.1 OBJETIVO GENERAL	19
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
4. DISEÑO METODOLÓGICO	20
5. MARCO TEÓRICO	21
5.1 MANTENIMIENTO	21
5.1.1 Función y objetivo del mantenimiento	22
5.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	23
5.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	24
5.3.1 Ventajas del mantenimiento preventivo	25
5.3.2 Desventajas del mantenimiento preventivo	26
5.4 MANTENIMIENTO CONDICIONAL	26
5.4.1 Técnicas del mantenimiento condicional	27
5.4.2 Ventajas del mantenimiento Condicional	28
5.4.3 Desventajas del mantenimiento condicional	28

5.5 MANTENIMIENTO Y RCM	28
5.5.1 Funciones	29
5.5.2 Fallas funcionales	29
5.5.3 Análisis de modo de fallas	29
5.5.4 Efectos de fallas	29
5.5.5 Consecuencias de fallas	30
6. INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN	31
6.1 INVENTARIO DE EQUIPOS DE LA EMPRESA	31
6.2 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS	31
6.2.1 Rectificadora de cigüeñales	31
6.2.2 Planeadora de superficies de culatas y bloques	33
6.2.3 Mandrinadora horizontal de cojinetes de bloques y árboles de levas	34
6.2.4 Mandrinadora de bloques de cilindros	35
6.2.5 Rectificadora de bielas	37
6.3 ANÁLISIS DE CRITICIDAD	38
6.4 FMEA MÁQUINA RECTIFICADORA DE CIGÜEÑAL	41
6.4.1 Hoja de información FMEA	43
6.5 CODIFICACIÓN DE EQUIPOS	49
6.5.1 Nombre de la planta	50
6.5.2 Identificación área de ubicación del equipo	50
6.5.3 Código del equipo	50
6.5.4 Numero de equipo	51

6.6 CODIFICACION FRECUENCIAS DE INSTRUCCIONES	51
6.7 INFORMACIÓN TÉCNICA	52
6.7.1 Rectificadora de cigüeñales	52
6.7.2 Planeadora de superficies de culatas y bloques	52
6.7.3 Mandrinadora bloques de cilindros	53
6.7.4 Mandrinadora bloques de cilindros neumática	54
6.7.5 Mandrinadora horizontal de cojinetes y árboles de levas	52
6.7.6 Rectificadora de bielas	55
6.8 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS	56
6.8.1 Rectificadora de cigüeñales	56
6.8.1.1 Mantenimiento rutinario	56
6.8.1.2 Mantenimiento programado	57
6.8.2 Planeadora de superficies de culatas y bloques	62
6.8.2.1 Mantenimiento rutinario	62
6.8.2.2 Mantenimiento programado	62
6.8.3 Mandrinadora horizontal de cojinetes de bloques y árboles de levas	64
6.8.3.1 Mantenimiento rutinario	64
6.8.3.2 Mantenimiento programado	65
6.8.4 Mandrinadora de bloques de cilindros	67
6.8.4.1 Mantenimiento rutinario	67
6.8.4.2 Mantenimiento programado	67
6.8.5 Mandrinadora de bloques de cilindros neumática	69

6.8.5.1 Mantenimiento rutinario	69
6.8.5.2 Mantenimiento programado	70
6.8.6 Rectificadora de bielas	72
6.8.6.1 Mantenimiento rutinario	72
6.8.6.2 Mantenimiento programado	72
6.9 TABLA DINÁMICA MANTENIMIENTO	74
6.9.1 Menú	74
6.9.2 Fichas técnicas	75
6.9.3 Frecuencia de mantenimiento rutinario	77
6.9.4 Frecuencia de mantenimiento programado	78
6.9.5 Mantenimiento a ejecutar	80
6.9.6 Orden de trabajo	81
6.9.7 FMEA rectificadora de cigüeñales	81
CONCLUSIONES	83
BIBLIOGRAFÍA	85
ANEXOS	87

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Inventario de equipos.....	31
Tabla 2. Clasificación de activos. Criticidad de equipos.....	38
Tabla 3. Clasificación de activos. Consecuencia de omisiones.....	39
Tabla 4. Clasificación de activos. Orden de prioridad.....	39
Tabla 5 Efect of task	40
Tabla 6. Resultado análisis de criticidad	41
Tabla 7. Desglose máquina rectificadora de cigüeñal.....	43
Tabla 8. Probabilidad de falla.....	45
Tabla 9.Criterio de severidad.....	46
Tabla 10. Probabilidad de detección de la falla.....	46
Tabla 11. Matriz de eventos frecuencia-severidad.....	48
Tabla 12.Codificaciones de equipos.....	51
Tabla 13. Mantenimiento rutinario rectificadora de cigüeñales.....	56
Tabla 14. Mantenimiento preventivo programado	57
Tabla 15. Mantenimiento rutinario planeadora de superficies de culatas y bloques.....	62
Tabla 16. Mantenimiento programado planeadora de superficies de culatas y bloques.....	62
Tabla 17. Mantenimiento rutinario mandrinadora horizontal de cojinetes de bloques y árboles de levas.....	64
Tabla 18. Mantenimiento programado mandrinadora horizontal de cojinetes de bloques y árboles de levas.....	6

Tabla 19. Mantenimiento rutinario mandrinadora de bloques de cilindros.....	67
Tabla 20. Mantenimiento programado mandrinadora de bloques de cilindros.....	67
Tabla 21 .Mantenimiento rutinario mandrinadora de bloques de cilindros neumática.....	70
Tabla 22. Mantenimiento programado mandrinadora de bloques de cilindros neumática.....	70
Tabla 23. Mantenimiento rutinario rectificadora de bielas.....	72
Tabla 24. Mantenimiento programado rectificadora de bielas.....	72

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Rectificadora de cigüeñales.....	32
Figura 2. Planeadora de superficies de culatas y bloques.....	33
Figura 3. Mandrinadora horizontal de cojinetes de bloques y árboles de levas.....	34
Figura 4. Mandrinadora de bloques de cilindros.....	35
Figura 5. Mandrinadora de bloques de cilindros neumática.....	36
Figura 6. Rectificadora de bielas.....	37
Figura 7. Esquema de codificación de equipos.....	49
Figura 8. Línea de rectificado.....	50
Figura 9. Punto de lubricación cabezal móvil rectificadora cigüeñal.....	58
Figura 10. Bomba de lubricación mesa transversal.....	58
Figura 11. Bomba de lubricación mesa longitudinal.....	59
Figura 12. Indicador de aceite del cabezal.....	59
Figura 13. Punto de lubricación.....	60
Figura 14. Depósito refrigerante.....	60
Figura 15. Sistema oleodinámico.....	61
Figura 16. Cilindro hidráulico de avance mesa transversal.....	61
Figura 17. Bomba de lubricación del cabezal.....	63
Figura 18. Depósito de aceite rieles de la mesa.....	63
Figura 19. Sistema de refrigeración.....	64
Figura 20. Punto de lubricación.....	65

Figura 21. Nivel de aceite	66
Figura 22. Bombas de lubricación.....	66
Figura 23. Punto de lubricación mandrinadora bloques de cilindros.....	68
Figura 24. Punto de lubricación mandrinadora de bloques de cilindros	68
Figura 25. Bomba mandrinadora bloques de cilindros	69
Figura 26. Mandrinadora de bloques de cilindros neumática	71
Figura 27. FRL filtro regulador y lubricador, unidad de mantenimiento neumático	71
Figura 28. Punto de lubricación maquina rectificadora de bielas	73
Figura 29. Punto de lubricación maquina rectificadora de bielas	73
Figura 30. Indicadores de nivel de aceite.....	74
Figura 31. Menú, tabla dinámica de mantenimiento.....	75
Figura 32. Fichas técnicas.....	76
Figura 33. Ficha técnica rectificadora de cigüeñales.....	76
Figura 34. Mantenimiento rutinario.....	77
Figura 35. Mantenimiento rutinario mandrinadora bloques de cilindros.....	78
Figura 36. Mantenimiento programado.....	79
Figura 37. Mantenimiento programado mandrinadora horizontal de cojinetes de bloques y árboles de levas.....	79
Figura 38. Mantenimiento a ejecutar.....	80
Figura 39. Mantenimiento programado planeadora de superficies.....	80
Figura 40. Formato orden de trabajo.....	81
Figura 41. FMEA rectificadora de cigüeñales.....	82

INDICE DE ABREVIATURAS

MTTO: Mantenimiento

RCM: Mantenimiento basado en confiabilidad

FMEA: Análisis de modos de fallas y efectos

OT: Orden de trabajo.

RPN: Numero de riesgos prioritarios

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. MATRIZ DE EVENTO FRECUENCIA-SEVERIDAD.....	88
ANEXO B. MATRIZ DE EVENTO FRECUENCIA-DETECTIBILIDAD.....	89

RESUMEN

La actividad productiva de una empresa como un proceso físico de transformación de unos elementos a otros, requiere de un procedimiento que permita optimizar los resultados requeridos en un plazo mínimo y al menor costo posible, para ello es necesario asegurarse de que su desarrollo obedezca a las funciones de revisión, arreglos de instalaciones, manutención de materiales y planificación de la producción. Siendo las actividades de mantenimiento uno de los aspectos esenciales para el funcionamiento de las empresas, se propone el diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de la empresa ALMACÉN Y RECTIFICADORA LA HEROICA, observando los estándares de calidad actuales.

Para el diseño de dicho plan se hizo en primera instancia la identificación y análisis de los equipos de la empresa en mención a partir de un inventario, luego con base en la información arrojada se enfocó el plan de mantenimiento propuesto; en la segunda fase se realizó un análisis de criticidad para identificar los equipos que más impactan en el proceso de producción estudiando así con mayor profundidad las actividades que se deben adelantar para garantizar su funcionamiento y evitar aquellos eventos que afecten su normal funcionamiento. Finalmente, a partir de los manuales del fabricante, consultas a operadores, ayudantes y gerentes de la empresa (en ausencia de registros de actividades de mantenimiento) se estudiaron las frecuencias de mantenimiento de los equipos y se estructuró el plan de mantenimiento preventivo que permitirá una planeación adecuada del mantenimiento acorde a las necesidades de la empresa.

PALABRAS CLAVES: mantenimiento preventivo, rectificación, sistema de producción, plan de mantenimiento, criticidad.

ABSTRACT

The productive activity of a company as a physical process of transformation of some elements to others, requires a procedure to optimize the desired results with minimum delay and at the lowest possible cost, for this is necessary be sure that the development reflect the review functions, repair of facilities, handling of materials and production planning. Maintenance activities being one of the essentials for the operation of enterprises, it is proposed to design a maintenance plan for the ALMACÉN Y RECTIFICADORA LA HEROICA equipment, observing today's quality standards.

To design such a plan was made in the first instance the identification and analysis of company equipment with an inventory, then based on the information thrown has focused the proposed maintenance plan, in the second phase was conducted criticality analysis to identify the machine that most impact have in the production process, studying here the activities that must be carried to ensure operation and prevent events that affect the process normal functioning. Finally from the manufacturer's manuals, consultation with operators, assistants and managers of the company (in the absence of records of maintenance activities) has been studied the frequency of maintenance of equipment and has been structured the preventive maintenance plan that will allow planning proper maintenance according to the needs of the company.

KEY WORDS

Preventive maintenance, production system, maintenance plan, rectification, criticality.

INTRODUCCIÓN

Se ha comprobado que en un sistema de producción muchos de los problemas presentados son ocasionados por averías o mal funcionamiento de los equipos, afectando así la productividad y la calidad de los productos y/o servicios prestados por las empresas. Sin embargo, estas se ven obligadas a ofrecer garantías y cumplir con la satisfacción de las necesidades para lograr una buena aceptación entre los clientes.

Las estrategias de mantenimiento preventivo utilizadas comúnmente permiten de manera acertada encaminar esfuerzos y capitales hacia los equipos que representen en un mayor grado el funcionamiento en la línea de producción de la empresa, pero tampoco, dejando de lado las otras partes del sistema.

Con las exigencias del mercado, que cada día demandan más competitividad, es necesario acercar los procesos de producción de la empresa a un modelo de cero fallas; que permitan la entrada de la misma a los mayores estándares actuales debido a la calidad de los productos y servicios que ofrece.

En el ALMACÉN Y RECTIFICADORA LA HEROICA dedicado a prestar el servicio de fabricación de bujes, reparación y reconstrucción de motores para automotores en general; no se está exento de los requerimientos y exigencias del mercado, es por ello que se diseñará un plan de mantenimiento preventivo con las características antes citadas; este tipo de mantenimiento en lugar de ser considerado un gasto, es visto como un ahorro económico significativo, garantizando una mayor confiabilidad de sus equipos y la producción o prestación del servicio.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

EL ALMACÉN Y RECTIFICADORA LA HEROICA es una empresa de 32 años de experiencia con una red amplia de clientes, dedicada a prestar el servicio de fabricación de bujes, reparación y reconstrucción de motores para automotores en general.

Actualmente los equipos de la empresa presentan fallas que afectan en gran medida la disponibilidad de las máquinas, pues dichos eventos, generan paradas no programadas y altos costos de reparaciones. Esto es debido, principalmente, a la inexistencia de controles o entes preventivos que garanticen condiciones óptimas de trabajo o que mitiguen el impacto de las fallas que afectan el buen funcionamiento de los equipos.

La falta de disponibilidad de equipos, producidas por las paradas no programadas se traduce para el ALMACÉN Y RECTIFICADORA LA HEROICA en atrasos de producción por los tiempos muertos (los tiempos de normalización después de una falla han sido más prolongados durante el último año a causa de la complejidad electrónica y mecánica de los equipos) y pérdidas en la rentabilidad de la empresa.

El **mantenimiento preventivo** en la empresa jugará un papel importante, dejando de ese modo, la posibilidad de fallas debidas principalmente a factores externos. No contar con un sistema de gestión de activos expone a los equipos a presentar una mayor probabilidad de falla.

Con base a lo expuesto se cuestiona sobre cual serían las características del diseño de un plan de mantenimiento preventivo que se adapte a los requerimientos de los equipos de la empresa ALMACÉN Y RECTIFICADORA LA HEROICA.

2. JUSTIFICACIÓN

Para disminuir el impacto generado por las fallas de los equipos en el proceso de producción en la empresa debido a la ausencia de un sistema de gestión de activos que garantice un aumento de la disponibilidad de las máquinas y que entregue las condiciones óptimas para el buen funcionamiento de ellas; se propone como solución desarrollar una estrategia de mantenimiento preventivo que se sintetiza en un plan de mantenimiento preventivo el cual permitirá aumentar la probabilidad de que las maquinas funcionen sin fallar, reducir los tiempos muertos por parada de los equipos y alargar la vida útil de los mismos, buscando siempre conservar en óptimas condiciones las máquinas antes y después de su funcionamiento a través de las actividades de lubricación, ajustes de piezas y limpiezas que implica la inspecciones de los estado de los equipos, reduciendo así las reparaciones costosas por el total deterioro de los componentes.

El diseño del plan de mantenimiento preventivo de la empresa ALMACÉN Y RECTIFICADORA LA HEROICA permitiría una restauración y una rápida acción de reparación de los equipos para que la producción no se vea afectada en términos de entrega de productos y el ahorro de gastos destinados a actividades correctivas, cumpliendo además con los estándares de calidad para satisfacción de los clientes de la empresa. Todas estas medidas que se obtendrán del diseño de una estrategia de mantenimiento que se sintetiza en el documento de plan de manejo preventivo ayudará a la empresa a ser más competitiva en el mercado, al mismo tiempo la estrategia a desarrollar busca crear una cultura de mantenimiento y de esta manera incentivar al personal, fortalecer y organizar el área de mantenimiento en el ALMACÉN Y RECTIFICADORA LA HEROICA.

Por lo mencionado se entiende que el proyecto de diseño del plan de mantenimiento de la empresa ALMACÉN Y RECTIFICADORA LA HEROICA es útil.

El proyecto que se propone es además pertinente en el entendido en que el área de mantenimiento de los equipos forma parte de los contenidos de la ingeniería mecatrónica, y el diseño de un plan de mantenimiento para los equipos de una empresa implica manejo de conocimientos en el área; otro punto que toca con la pertinencia es la originalidad del proyecto, ya que la empresa ALMACÉN Y RECTIFICADORA LA HEROICA que lleva 32 años de funcionamiento en la ciudad de Cartagena, no presenta antecedentes de actividades de mantenimiento coordinadas y planificadas, que se respalden en un estudio serio de las características de los equipos con los que cuenta la misma. Es un proyecto viable ya que se cuenta con personal capacitado en el área de estudio, con capacidades de análisis y síntesis y habilidades investigativas, además de la asesoría de un docente especializado en el área y con alta formación investigativa.

3. OBJETIVOS

3.1 General

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo en EL ALMACÉN Y RECTIFICADORA LA HEROICA.

3.2 Específicos

- Realizar las respectivas valoraciones y diagnósticos del estado de los diferentes equipos por medio de un inventario.
- Desarrollar un análisis de criticidad para identificar los equipos que más impactan en la producción de la empresa.
- Implementar análisis de modos de fallas y efectos al equipo crítico identificado.
- Codificar los equipos de la empresa ALMACÉN Y RECTIFICADORA LA HEROICA.
- Definir las frecuencias de las tareas de mantenimiento preventivo de los equipos de la empresa.
- Elaborar una estrategia de mantenimiento que satisfaga las necesidades de los equipos de la empresa ALMACÉN Y RECTIFICADORA LA HEROICA.

4. DISEÑO METODOLÓGICO

La investigación que se emprende es cualitativa, de campo, de tipo exploratorio y descriptiva, ya que a pesar de utilizar técnicas y herramientas numéricas propias de la investigación cuantitativa, como lo son inventario, lista de verificación y chequeo, tablas de análisis de criticidad, entre otros; son técnicas interpretadas que representan sólo una primera fase de la investigación, ya que el cumplimiento del objetivo de la investigación sólo será posible trascendiendo al análisis de los resultados arrojados en esta primera fase, logrando una armonización de los mismos con otras técnicas como la entrevista a los operadores que laboran en la empresa ALMACÉN Y RECTIFICADORA LA HEROICA, permitiendo así el diseño del plan de mantenimiento acorde a las exigencias y necesidades de la misma.

El desarrollo de este trabajo se basa en métodos de investigación empíricos, entendiendo por estos los modelos de investigación basados en la experiencia y pruebas sobre el objeto de estudio, reconociendo características y relaciones esenciales de los elementos considerados en este, lo que dará las bases para estudios descriptivos.

5. MARCO TEORICO

5.1 MANTENIMIENTO

“El papel de mantenimiento es el de incrementar la confiabilidad de los sistemas de producción al realizar actividades tales como planeación: organización, control y ejecución de métodos de conservación de los equipos. Sus funciones van más allá de las reparaciones; su valor se aprecia en la medida en que éstas disminuyan como resultado de un trabajo planificado y sistemático con apoyo y recursos de una política integral de los directivos.”

ALBERTO MORA, 1999.

Los elementos comunes encontrados en los países nórdicos indican que la gestión de mantenimiento necesita tener unos parámetros comunes para su buen funcionamiento, tales como: definir unos objetivos claros para su mejor funcionamiento, tener adecuados sistemas de información para la toma de decisiones, planear y controlar las actividades relevantes de mantenimiento, entrenar e investigar mucho alrededor de la gestión tecnológica de mantenimiento, etc.; todos con el fin de alcanzar niveles óptimos en sus procesos de mantenimiento industrial. La prolongación o la recuperación de las funciones de la maquinaria está directamente relacionada con el mantenimiento; sus objetivos son prevenir eventos indeseables y evitarlos, recobrar para el servicio los mecanismos que han fallado y, en general, asegurar la disponibilidad apropiada para la producción. La labor que cumple mantenimiento, es la de procurar el buen estado de los equipos para la adecuada función de producir bienes en las organizaciones, mediante la sistematización de la información, como el medio eficaz para el buen desempeño de la organización.

5.1.1 Función y objetivo del mantenimiento.

“Maximizar la disponibilidad que se requiere para la producción de bienes y servicios, al preservar el valor de las instalaciones, para minimizar el deterioro de los equipos; lográndolo con el menor costo posible y a largo plazo.”

E.T NEWBROUGH, 2009.

El objetivo de mantenimiento es: *“conseguir un determinado nivel de disponibilidad de producción en condiciones de calidad exigible, al mínimo coste, con el máximo nivel de seguridad para el personal que lo utiliza y lo mantiene y con una mínima degradación del medio ambiente. Al conseguir todos estos puntos se está ante una buena gestión integral de mantenimiento”*¹, si bien es cierto que esta definición tiene un buen cubrimiento, deja por fuera aspectos tan importantes como la libertad del cliente para optar por un mantenimiento propio o subcontratado, además de que no contempla el enfoque de mantenimiento frente al estado de avance de la organización y es indiferente al nivel tecnológico de los equipos, a pesar de que enuncia la palabra integral no dimensiona la posibilidad de que el servicio de mantenimiento atienda clientes externos e internos no tradicionales como aprovisionamiento y distribución. La función de mantenimiento según la fuerza marítima de los Estados Unidos definida a través de la oficina de operaciones navales de la marina de guerra en 1969 en su documento 3M, como la ejecución de todas las actividades inherentes de mantenimiento que contribuyan al funcionamiento continuo de los sistemas productivos, de los equipos de proceso, dentro de las características originales de diseño, conservándolos en un estado óptimo corporal para una utilización más racional, mediante un uso efectivo y eficiente del presupuesto y del personal de ingeniería de conservación.

¹Navarro, Luis y otros. *Gestión integral del mantenimiento*. Marcombo S.A. España. 1997. pág. 116

Se puede sintetizar la misión principal de mantenimiento, como: garantizar que el parque industrial esté con la máxima disponibilidad cuando lo requiera el cliente (interno o externo) o usuario, con la máxima confiabilidad y fiabilidad, durante el tiempo solicitado para operar, con las velocidades requeridas de los equipos, en las condiciones técnicas y tecnológicas exigidas previamente por el demandante, para producir bienes o servicios que satisfagan necesidades, deseos o requerimientos de los compradores o usuarios, con los niveles de calidad, cantidad y tiempo solicitados, en el momento oportuno al menor costo posible y con los mayores índices de productividad y competitividad, para optimizar su rentabilidad y generar ingresos, involucrar siempre el mejoramiento continuo en todas las facetas, al utilizar las mejores prácticas internacionales y científicas, centrado en el servicio al cliente con la mayor oportunidad, por razón de la investigación y el desarrollo de la tecnología de mantenimiento con base en la ciencia, al establecer habilidades y competencias, con la administración de sistemas de costeo que permitan una facturación adecuada a precios más competitivos que los del medio y tener en cuenta la posibilidad de subcontratación en mantenimiento.

5.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Se entiende por mantenimiento correctivo la corrección de las averías o fallas, cuando éstas se presentan. Es la habitual reparación tras una avería que obligó a detener la instalación o máquina afectada por el fallo. Históricamente, el mantenimiento nace como servicio a la producción. Lo que se denomina Primera Generación del Mantenimiento cubre el periodo que se extiende desde el inicio de la revolución industrial hasta la Primera Guerra Mundial. En estos días la industria no estaba altamente mecanizada, por lo que el tiempo de paro de máquina no era de mayor importancia. Esto significaba que la prevención de las fallas en los equipos no era una prioridad para la mayoría de los gerentes. A su vez, la mayoría de los equipos eran simples, y una gran cantidad estaba sobredimensionada. Esto hacía que fueran fiables y fáciles de reparar. Como resultado no había necesidad

de un mantenimiento sistemático más allá de limpieza y lubricación, y por ello la base del mantenimiento era puramente correctiva.

Las posteriores generaciones del mantenimiento trajeron el preventivo sistemático, el predictivo, el proactivo, el mantenimiento basado en fiabilidad, etc. Y aun así, una buena parte de las empresas basan su mantenimiento exclusivamente en la reparación de averías que surgen, e incluso algunas importantes empresas sostienen que esta forma de actuar es la más rentable. En otras muchas, las tareas correctivas suponen un alto porcentaje de su actividad y son muy pocas las empresas que han planteado como objetivo reducir a cero este tipo de tareas (objetivo cero averías) y menores las que lo han conseguido.

5.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

La programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido y no a una demanda del operario o usuario; también es conocido como Mantenimiento Preventivo Planificado. Su propósito es prever las fallas manteniendo los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos.

La característica principal de este tipo de Mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno. Con un buen mantenimiento preventivo, se obtiene experiencias en la determinación de causas de las fallas repetitivas o del tiempo de operación seguro de un equipo, así como a definir puntos débiles de instalaciones, máquinas, etc.

Este programa se basa principalmente en las siguientes actividades:

- Inspecciones programadas: busca evidencias de fallas en los equipos e instalaciones con el fin de anticiparse y poder programar las reparaciones necesarias evitando una parada imprevista de producción.

- Actividades repetitivas: actividades de inspecciones, lubricación (ajuste de niveles, o cambios), limpieza, y ajuste de piezas y/o equipos. Establecer frecuencias para la programación de las actividades que dependerán de factores tales como recomendaciones del fabricante del equipo de nuestra experiencia y conocimiento, pudiendo determinar actividades diarias, semanales, quincenales, mensuales, bimensuales, trimestrales, semestrales, y anuales entre otras.
- Programación de actividades repetitivas en fecha calendario definidas, teniendo en cuenta las frecuencias establecidas con el objetivo de estimar los trabajos que se deben realizar y determinar la asignación de recursos y personal.
- Control de esas actividades repetitivas mediante el uso de formatos debidamente diseñados, usando ordenes de trabajo, valiéndose de información registrada en la hoja de vida de las máquinas, planes de trabajo, programas de inspección, de lubricación, calibraciones, y muestreos.

5.3.1 Ventajas del mantenimiento preventivo

- Minimiza costos de mantenimiento.
- Permite flexibilidad en el ajuste de la periodicidad de mantenimiento.
- Aumenta el ciclo de vida de los componentes y del equipo.
- Reduce las fallas del equipo.
- 12% a 18% de ahorro en el costo comparado con un programa netamente correctivo.

5.3.2 Desventajas del mantenimiento preventivo.

- No elimina las fallas catastróficas.
- Se requiere de una mano de obra más calificada.

- Incluye desarrollo de actividades de mantenimiento innecesarias que tienen el potencial de daño a los componentes.

5.4 MANTENIMIENTO CONDICIONAL

Tradicionalmente, las políticas de mantenimiento preventivo y correctivo han sido preferidas por los directores de mantenimiento. Sin embargo, durante los últimos veinte años, muchas organizaciones industriales han reconocido los inconvenientes de estos métodos. Por tanto, la necesidad de proporcionar seguridad y de reducir el costo de mantenimiento, ha llevado a un interés creciente en el desarrollo de políticas de mantenimiento alternativas. Entonces, el método que parece ser más atractivo para minimizar las limitaciones de las tareas de mantenimiento existentes es la política de mantenimiento condicional, COT (Conditional Maintenance Task). Este procedimiento de mantenimiento reconoce que la razón principal para realizar el mantenimiento es el cambio en la condición y/o en las prestaciones, y que la ejecución de las tareas de mantenimiento preventivo debe estar basada en el estado real del elemento o sistema. De esta forma, mediante la vigilancia de ciertos parámetros sería posible identificar el momento más conveniente en que se deben realizar las tareas de mantenimiento preventivo. Consecuentemente, la tarea de mantenimiento condicional representa una tarea de mantenimiento que se realiza para conseguir una visión de la condición del elemento o sistema, o descubrir un fallo oculto, a fin de determinar, desde el punto de vista del usuario, el curso de acción posterior para conservar la función del elemento o sistema. La tarea de mantenimiento condicional se basa en actividades de vigilancia de la condición que se realizan para determinar el estado físico de un elemento o sistema. Por tanto, el objetivo de la vigilancia de la condición, sea cual sea su forma, es la observación de los parámetros que suministran información sobre los cambios en la condición y/o en las prestaciones del elemento o sistema. La filosofía de la vigilancia de la condición es por tanto la evaluación de la condición en ese momento del elemento o sistema, mediante el

uso de técnicas, para determinar la necesidad de realizar una tarea de mantenimiento preventivo, que pueden variar desde los simples sentidos humanos hasta un instrumental complejo.

5.4.1 Técnicas de mantenimiento condicional.

- **Análisis de vibraciones:** el cual consiste en monitorear los movimientos de las maquinarias rotativas y reciprocas para estudiar su comportamiento. La vibración excesiva es una de las maneras más comunes de predecir la falla de un equipo. Algunos expertos afirman que simplemente escuchando el zumbido o sintiendo el pulso del equipo cada día, se puede descubrir los problemas mecánicos inminentes. Un acercamiento más sofisticado es comparar las lecturas actuales con los valores óptimos de frecuencia, amplitud y fase para determinar que problemas están ocurriendo.
- **Tribología:** analiza los fenómenos relacionados con la fricción y el desgaste obteniendo resultados del análisis físico químico de los aceites lubricantes de las maquinarias.
- **La termografía:** Consiste en el monitoreo de las temperaturas de operación de los sistemas mecánicas y eléctricos a través de rayos infrarrojos. Todo equipo tiene un rango de temperatura normal de operación, si este rango se excede, se debe corregir. Las cámaras infrarrojas pueden tomar una foto del calor del equipo mostrando las bandas de temperatura coloreadas en forma diferente.
- **Los ensayos no destructivos:** consisten en el análisis interno y superficial de los materiales que componen un equipo sistemas basados en los análisis por ultrasonido, aplicaciones
- químicas (líquidos penetrantes) y físicas (partículas magnéticas).

5.4.2 Ventajas del mantenimiento condicional.

- Aumenta la vida operacional y disponibilidad.
- Permite anticipar las fallas.
- Disminuye el tiempo fuera de servicio.
- Mejora la seguridad del trabajador y del medio ambiente.

5.4.3 Desventajas del mantenimiento condicional.

- Costos de la inversión por compra o alquiler de equipos de diagnóstico.
- Costo del mantenimiento de los equipos de diagnóstico y de reposición.
- Costo de la inversión por entrenamiento del personal.

5.5 MANTENIMIENTO Y RCM

Todo activo físico es puesto en funcionamiento porque alguien quiere que haga algo, en otras palabras, se espera que cumpla una función o ciertas funciones específicas. Por ende al mantener un activo, el estado que debemos preservar es aquel en el que continúe haciendo aquello que los usuarios quieren que haga.

Mantenimiento: Asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que los usuarios quieren que haga. Los requerimientos de los usuarios van a depender de donde y como se utilice el activo (contexto operacional). Esto lleva a la siguiente definición formal del mantenimiento centrado en confiabilidad:

Mantenimiento centrado en confiabilidad es un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que los usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual.

5.5.1 Funciones

El análisis de RCM comienza con la redacción de las funciones deseadas; Una función en el mantenimiento es lo que los usuarios esperan que los activos sean capaces de hacer. Antes de poder aplicar un proceso se debe determinar que debe hacerse para que cualquier activo físico continúe haciendo aquello que sus usuarios quieren que haga. Se pueden dividir en:

Funciones primarias: razón principal por la cual el adquirido el activo físico.

Funciones secundarias: son aquellas actividades o funciones adicionales que los activos físicos cumplen además de la primaria.

5.5.2 Fallas funcionales.

Se define como la incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario, una pérdida parcial de función casi siempre proviene de modos de falla diferentes de los que provocan una pérdida total, y las consecuencias casi siempre son diferentes. Por tanto deben registrarse todas las fallas asociadas a cada función.

5.5.3 Análisis de modo de fallas

El análisis modo de fallas consiste en identificar los modos de fallas que sean posibles causales de cada falla funcional y determinar los efectos de fallas asociados con cada modo de falla. La importancia de realizar este análisis radica en identificar las tareas proactivas que se debería ejecutar para cada tipo de falla.

5.5.4 Efectos de fallas

Describen que pasa cuando ocurre la falla. La descripción de estos efectos debe incluir toda la información necesaria para ayudar en la evaluación de las consecuencias de las fallas. Concretamente, al describir los efectos de una falla debe hacerse constar lo siguiente:

- La evidencia(si la hubiera) de que se ha producido la falla
- Las maneras(si las hubiera) en que la falla supone una amenaza
- Las maneras(si las hubiera) en que afecta la producción o a las operaciones
- Lo que debe hacerse para reparar la falla.

5.5.5 Consecuencias de fallas

Es la manera en la que los dueños y los usuarios de los activos creerán que tan importante es la falla; es decir, las consecuencias describen como y cuando importa la falla.

Una tarea proactiva merece la pena si reduce las consecuencias del modo de falla asociado a un grado tal que justifique los costos directos e indirectos de hacerla. La falla de un equipo puede afectar a sus usuarios de distintas formas:

- Poniendo en riesgo la seguridad de las personas (“consecuencias de seguridad”)
- Afectando al medio ambiente(“consecuencias al medio ambiente”)
- Incrementando los costos o reduciendo el beneficio económico de la empresa (“consecuencias operacionales”).
- Ninguna de las anteriores(“consecuencias no operacionales”)

6. INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

6.1 INVENTARIO DE EQUIPOS

Previamente al iniciar el plan de mantenimiento es necesario conocer e identificar los equipos objetos de estudio, a continuación vemos la representación de los equipos con su referencia y la cantidad en la tabla de inventarios de equipos, tabla 1.

Tabla 1. Inventario de equipos

ALMACÉN Y RECTIFICADORA LA HEROICA		
INVENTARIO DE EQUIPOS		
EQUIPOS	CANTIDAD	REFERENCIA
Rectificadora de cigüeñales	1	BERCO RTM 270
Planeadora de superficies de culatas y bloques	1	BERCO SM 1300A
Mandrinadora horizontal de cojinetes de bloques y árboles de leva	1	BERCO BC 4A
Mandrinadora de bloques de cilindros neumática	1	BERCO ACP 155-2
Rectificadora de bielas	1	BERCO ARB 651
Mandrinadora de bloques de cilindros	1	BERCO AC 650

6.2 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS

6.2.1 Rectificadora de cigüeñales

Máquina que tiene como función recuperar los ejes de los cigüeñales del bloque del motor por medio de la abrasión comúnmente utilizados en motores de

automóviles, autobuses o barcos. Las medidas más comunes a las cuales se rectifica un eje de cigüeñal son 0.25 centésimas de milímetro (0.010 de pulgada), 0.50 centésimas de milímetro (0.020 de pulgada), 0.75 centésimas de milímetro (0.030 de pulgada), y en algunas marcas de motores se puede rectificar los muñones centrales de biela, hasta una medida de 1 milímetro (0.040 de pulgada).

Partes principales de la máquina:

- Cabezal fijo
- Cabezal móvil
- Contrapeso
- Bancada
- Cabezal portamuela
- Panel de comando eléctrico
- Mando mecánico
- Sistema de refrigeración
- Sistema hidráulico

En la figura 1 se observa la máquina rectificadora de cigüeñales de la empresa en estudio.

Figura 1. Rectificadora de cigüeñales.



6.2.2 Planeadora de superficies de culatas y bloques

Máquina utilizada para cepillar superficies de culatas y bloques, se rectifica con cuchillas o muelas dependiendo del material de la culata, durante este proceso normalmente se rectifica en un rango de 0.20 mm y 0.25mm de acuerdo a los daños que presenta la culata.

Partes principales del equipo:

- Bancada.
- Mesa.
- Panel de control.
- Cabezal vertical.
- Columna cabezal.
- Sistema de refrigeración.
- Gabinete eléctrico.

Se observa en la figura 2 la máquina planeadora de superficies de culatas y bloques de la empresa en estudio la cual es tipo CNC.

Figura 2. Planeadora de superficies de culatas y bloques



6.2.3 Mandrinadora horizontal de cojinetes de bloques y árboles de levas

Máquina encargada de dar una superficie maquinada a la parte donde se coloca el cojinete del eje del cigüeñal en el bloque de cilindro. Para volverle a la medida correcta a la bancada se coloca la tapadera de cada bancada de manera correspondiente; las tapaderas deben estar marcadas para evitar problemas de equivocación, el cual al momento de armar el motor no permite girar el eje de cigüeñal. El diámetro interno de la circunferencia que forma la bancada del bloque de cilindro y su respectiva tapadera, debe ser una medida aproximada al muñón del eje de cigüeñal respectivo de cada bancada.

Componentes principales:

- Bancada.
- Soportes.
- Barras alineadora de bancada.
- Mando mecánico.
- Mando eléctrico.
- Bases.
- Motor eléctrico.

La mandrinadora horizontal de cojinetes de bloques y árboles de levas se ilustra en la figura 3.

Figura 3. Mandrinadora horizontal de cojinetes de bloques y árboles de levas



6.2.4 Mandrinadora de bloques de cilindros

La función principal de esta máquina, consiste en cortar las paredes del cilindro, utilizando una herramienta de corte, a una medida mayor de la que da el fabricante como medida estándar. Las medidas comunes a trabajar, son medidas mayores a las de fábrica, éstas son 0.50 centésimas de milímetro (0.020 pulgada), 0.75 centésimas de milímetro (0.030 pulgada) y 1 milímetro (0.040 pulgada).

Componentes principales mandrinadora de bloques de cilindros:

- Bancada
- Mando de accionamiento eléctrico
- Cabezal vertical
- Husillo
- Mando mecánico
- Motor eléctrico

En la figura 4 se observa la mandrinadora de bloques de cilindros de la empresa en estudio.

Figura 4. Mandrinadora de bloques de cilindros



La línea de rectificado de la empresa presenta dos máquinas mandrinadoras de bloques de cilindros una de las cuales es neumática. La máquina mandrinadora neumática difiere en la máquina mandrinadora convencional ya que el movimiento vertical del mandril ocurre por presión de aire y este equipo se utiliza para motores de buses y camiones.

Componentes principales mandrinadora de bloques de cilindros neumática:

- Bancada
- Mando de accionamiento eléctrico
- Husillo
- Electroválvula

La figura 5 muestra la mandrinadora de bloques de cilindros neumática.

Figura 5. Mandrinadora de bloques de cilindros neumática.



6.2.5 Rectificadora de bielas

La función de esta máquina consiste en rectificar el diámetro de la parte inferior de la biela, formado por el pie de biela y la tapadera de bancada de biela.

Elementos principales de la máquina rectificadora de bielas:

- Soporte fijación de bielas.
- Bancada.
- Mando eléctrico.
- Mando mecánico.
- Cabezal de mandrinado.
- Cabezal de rectificado.
- Motores eléctricos.

La rectificadora de bielas de la empresa en estudio se ilustra en la figura 6.

Figura 6. Rectificadora de bielas



6.3 ANÁLISIS DE CRITICIDAD

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional. En este trabajo se realiza este análisis para identificar ese equipo crítico, implementar el análisis de modo de falla y efectos (FMEA), garantizar la disponibilidad del equipo y evitar situaciones no deseadas en la empresa.

Para llevar a cabo el estudio de criticidad a los equipos del ALMACÉN Y RECTIFICADORA LA HEROICA se tomaron los criterios que se muestran en las siguientes tablas:

Se observa en la tabla 2 la clasificación de los equipos de la empresa y su nivel de criticidad.

Tabla 2. Clasificación de activos. Criticidad de equipos

Criticidad equipo	Descripción
1	Equipo crítico, riesgo para la seguridad
2	Operación crítica, riesgo para la operación total de la planta
3	Equipo crítico para la continuidad del proceso principal
4	Sistema auxiliar para el proceso principal de producción
5	Equipo crítico para la continuación del producto secundario
6	Sistema auxiliar para el proceso secundario
7	Unidad de reserva para sistemas críticos
8	Unidad de reserva para un equipo no crítico
9	Equipo secundario

La tabla 3 muestra en letras la representación de las consecuencias de las omisiones, a cada letra le corresponde una descripción en la segunda columna de la tabla.

Tabla 3. Clasificación de activos. Consecuencia de omisiones

Consecuencias de la omisión	Descripción
A	Inmediata amenaza para la seguridad de las personas
B	Inmediata amenaza para la seguridad de la planta
C	Limita la posibilidad de obtener las principales metas
D	Limita la posibilidad de obtener las metas secundarias
E	Situación peligrosa para personas, en máquinas no inmediatamente
F	Afectaría la operación después de un tiempo
G	Actividades dedicadas al mejoramiento de eficiencia
H	Restauración de la integridad técnica de la planta
I	Mejoramiento general a la operación, seguridad o mejoramiento de metas

La clasificación de activos en su orden de prioridad se muestra en la tabla 4 indicando además, que cada prioridad obedece a un tiempo de inicio determinado.

Tabla 4. Clasificación de activos. Orden de prioridad

Tiempo de atención de la OT	Tiempo inicio	Color	Usar prioridad
	24 hrs		1
	48 hrs		2
	72 hrs		3
	3 semanas		4
	3 semanas +		5

La tabla 5 muestra la consecuencia en relación con el orden de prioridad y la criticidad.

Tabla 5. Effects of task

	Effects of task								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	1.A.	1B	1C	1D	1E	1F	1G	1H	1I
2	2.A.	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H	2I
3	3.A.	3B	3C	3D	3E	3F	3G	3H	3I
4	4.A.	4B	4C	4D	4E	4F	4G	4H	4I
5	5.A.	5B	5C	5D	5E	5F	5G	5H	5I
6	6.A.	6B	6C	6D	6E	6F	6G	6H	6I
7	7.A.	7B	7C	7D	7E	7F	7G	7H	7I
8	8.A.	8B	8C	8D	8E	8F	8G	8H	8I

Teniendo en cuenta las tablas anteriores y los desempeños de los equipos estudiados, el procedimiento para realizar el análisis de criticidad se hizo de la siguiente manera:

Se consideró que la máquina rectificadora de cigüeñales interviene con gran importancia en el proceso productivo de la empresa y siendo este criterio comprobado con visitas a la empresa obtuvimos como resultado una criticidad de 3; además, este equipo pone en riesgo la seguridad de las personas recibiendo una calificación de A; por lo tanto, el orden de prioridad de este equipo es 3A.

De igual manera se realizó el procedimiento a los demás equipos de la empresa como se puede observar en la tabla 6, clasificando el nivel de criticidad desde A como el más crítico y D como el menos crítico con rangos numéricos variables al interior de cada clasificación.

Tabla 6. Resultado análisis de criticidad

EQUIPOS	CRITICIDAD
RECTIFICADORA DE CIGÜEÑALES	3A
MANDRINADORA HORIZONTAL PARA COJINETES DE BLOQUES Y ARBOLES DE LEVAS	3C
PLANEADORA DE SUPERFICIES DE CULATAS Y BLOQUES	3C
MANDRINADORA DE BLOQUES DE CILINDROS NEUMÁTICA	4D
RECTIFICADORA DE BIELAS	3C
MANDRINADORA DE BLOQUES DE CILINDROS	3C
RECTIFICADORA ASIENTO DE CULATA	3C

Se puede observar en la tabla anterior que el equipo más crítico de la rectificadora la heroica es la máquina rectificadora cigüeñal; equipo a la cual se implementará un análisis de modos de fallas y efectos. Se recomienda a la empresa por lo menos iniciar las actividades de prevención con este equipo, a medida que se desarrolle y ejecute el plan programado se verán los resultados; por otra parte, las actividades de mantenimiento ayudarán a prevenir catástrofes o accidentes que pueda provocar una determinada falla y así mitigar la peligrosidad para el operador.

6.4 FMEA MÁQUINA RECTIFICADORA DE CIGÜEÑALES

De acuerdo con el resultado de análisis de criticidad, se dedujo que la máquina rectificadora de cigüeñales es el equipo crítico de la empresa, es decir, si este equipo pierde la totalidad de su función ocasionará efectos negativos en la producción, es por ello que se desarrolla el análisis FMEA para identificar las posibles fallas antes de que ocurran y buscar acciones que eviten en gran medida

estos eventos. El análisis FMEA estudiará aquellos componentes que han generado preocupación a la empresa por la ocurrencia y por la disminución de la funcionalidad de la máquina, como es el caso de los motores eléctricos que son los componentes principales de los subsistemas de cabezal y del cabezal portamuela y que son objetos de estudio en el FMEA desarrollado. Antes de dar inicio al análisis FMEA es importante conocer el equipo sus subsistemas y componentes que lo conforman.

Pasos básicos implementados en el FMEA:

- Definición de función - equipo.
- Identificación subsistemas y componentes.
- Análisis de modos de fallas y efectos.
- Análisis de causas de fallas.
- Evaluación de criticidad de fallas.
- Planteamiento de actividades de mantenimiento.

6.4.1 Hoja de información FMEA

Se explicará el llenado de la hoja FMEA con un modo de falla para entender el procedimiento:

- Equipo:
Máquina rectificadora de cigüeñales
- Subunidades:

Los subsistemas y componentes del equipo se ilustran en la tabla 7. Para demostrar el análisis, se mostrará y explicará el subsistema del cabezal principal y el componente objeto de estudio motor eléctrico el cual pertenece a este subsistema.

Tabla 7. Desglose máquina rectificadora de cigüeñales

Equipo	RECTIFICADORA DE CIGÜEÑALES		
Subunidad	Cabezal principal	Portamuela	Refrigeración
Componente	Motor eléctrico Sistema de poleas Rodamientos Husillo Cabezal móvil	Muela abrasiva Motor eléctrico de la muela Sistema de poleas Motor eléctrico de las poleas Eje de la muela Cojinetes	Deposito refrigerante Motor eléctrico de la bomba

Tabla 7. Desglose máquina rectificadora de cigüeñales (continuación)

Equipo	RECTIFICADORA DE CIGÜEÑALES		
Subunidad	Hidráulico	Equipamiento eléctrico	Bancada y mesa
Componente	Cilindro hidráulico Tanque Motor eléctrico Válvula Bombas de lubricación	Switches Contactores Fusibles	Guías Volante de avance Bomba hidráulica Caja de mando eléctrico

- **Función subsistema:**
La función del cabezal principal es permitir la rotación de la pieza de trabajo en torno a su propio eje
- **Falla funcional subsistema:**
Incapacidad de rotación del cabezal
- **Modo de falla:**
Elevada temperatura en el motor eléctrico (carcasa)
- **Efecto potencial de la falla:**
Corto circuito en las bobinas del estator.
- **Causas potenciales:** ventilador del motor no funciona, sobrecarga en el motor.
Pérdida del aislamiento en las bobinas, partes del motor con partículas.
- **Evaluación de la criticidad de la falla:**
Para evaluar la criticidad de las fallas se tiene presente los criterios de probabilidad de ocurrencia, severidad y probabilidad de detección de la falla.
La valoración proporciona una estimación numérica de los respectivos parámetros.

A continuación se observa en la tabla 8 la probabilidad de la falla con relación a la medición.

Tabla 8. Probabilidad de falla

PUNTOS	PROBABILIDAD DE FALLA	MEDICIÓN
1	REMOTA O RARO : No es razonable que este modo de falla ocurra	Fallas mayores a 3 años
2	MUY BAJA O AISLADO: Basado en diseños similares, se tiene un número de fallas bajo.	1 / 10000 horas
3	BAJA O ESPORADICO: Basado en diseños similares que han experimentado fallas esporádicas	1 / 1000 horas
4	CONCEBIBLE: Basado en diseños similares que han causado problemas.	1/100 horas
5	RECURRENTE: Hay certeza que las fallas se repetirán	1/ 10 horas

Los criterios de severidad ya sea porque se afecte a las personas, el proceso, el medio ambiente, los clientes o la imagen de la empresa se muestran en la tabla 9.

Tabla 9. Criterio de severidad

CRITERIO DE SEVERIDAD					
Puntos	Personas	Proceso	Medio ambiente	Clientes	Imagen
1	Lesión leve	No hay	Efecto leve	No hay efecto	Impacto leve
2	Lesión menor	Fastidio	Efecto menor	Fastidio individual	Impacto limitado
3	Lesión mayor	Inestabilidad	Efecto localizado.	Insatisfacción varios	Impacto mayor
4	Una muerte	Alta inestabilidad	Efecto mayor	Pérdida individual	Impacto nacional
5	Varias muertes	Graves daños	Efecto masivo	Pérdida masiva	Impacto internacional

En la tabla 10 se muestra la probabilidad de detección de falla medida en porcentaje y descrita en palabras.

Tabla 10. Probabilidad de detección de la falla

Puntos	Probabilidad de detección de la falla	% detección falla
1	Muy alta probabilidad de detección de la falla hasta que ocurra. Casi siempre hay señales de precaución.	80% - 100%
2	Alta probabilidad de detección de la falla hasta que esta ocurra. La mayoría de las veces está precedida por una señal de precaución.	60% - 80%
3	Probabilidad de detección moderada de la falla hasta que esta ocurra. Cerca del 50% de oportunidad de tener una señal de precaución.	40% - 60%
4	Baja probabilidad de detección de la falla hasta que esta ocurra. La mayoría de las veces hay una pequeña o ninguna señal de precaución.	20% - 60%
5	Remota probabilidad de detección de la falla hasta que esta ocurra. Siempre sin ninguna señal de precaución.	0% - 20%

De acuerdo a las tablas 8, 9 y 10 el modo de falla identificado recibe el siguiente puntaje:

- Probabilidad de falla: 2
- Criterio de severidad:4
- Probabilidad de detección: 3

La probabilidad de falla y criterio de severidad se ubican en una matriz de eventos de frecuencia-severidad la cual permite identificar el nivel de impacto que produce esta falla en la máquina y como afecta a la empresa en general permitiendo estudiar las acciones de mantenimiento que se debe implementar a determinada falla, por otra parte la probabilidad de detección ayuda a plantear las actividades de mantenimiento. La ubicación del modo de falla estudiado se ubica en una de las casillas verdes de la matriz lo cual significa para la empresa un riesgo bajo. Por la ausencia de registro de fallas la evaluación de probabilidades de fallas fue muy reservada lo cual se pretende con la estrategia del plan de mantenimiento tener un control de estos eventos y posteriormente seguir con el estudio base planteado.

Para obtener la información de criticidad se multiplican los criterios mencionados obteniendo un resultado de veinte y cuatro.

$$RPN = Prob. \text{ocurrencia} * prob. \text{severidad} * prob. \text{deteccion}$$

La tabla 11 muestra la matriz de evento la cual debe ser interpretada de la siguiente manera según el color:

Tabla 11. Matriz de eventos frecuencia-severidad

Frecuencia					Severidad	
1	2	3	4	5		
						5
	Falla estudiada					4
						3
						2
					1	

Casillas en verde: significa riesgo bajo para el negocio, nivel de atención normal sin generar esfuerzos parciales que interrumpan en mayor medida el trabajo de los involucrados. En el caso del modo de falla analizado da como resultado un riesgo bajo para el negocio.

Casillas en amarillo: significa riesgo medio para el negocio, nivel de atención importante y esfuerzos parciales dentro de la rutina diaria de trabajo.

Casillas en rojo: significa riesgo alto para el negocio, nivel de atención inmediata y esfuerzos dedicados y exclusivos para el análisis.

- Planteamiento de actividades de mantenimiento

Para evitar el calentamiento de la carcasa del motor se recomienda inspeccionar el funcionamiento del ventilador del motor, limpiar carcasa del motor y verificar aislamientos de los devanados.

Para mayor ilustración ver desarrollo de la hoja de información FMEA en la tabla dinámica de mantenimiento que se entrega en un CD con el documento final. Ver

matrices de frecuencia-severidad, frecuencia-detectibilidad en el ANEXO A y ANEXO B.

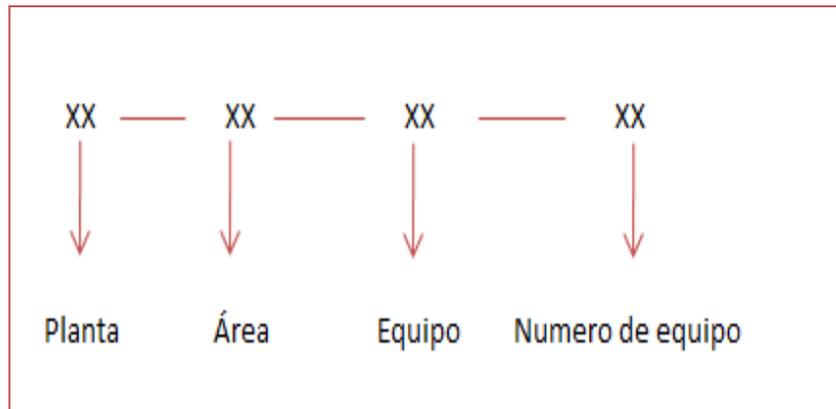
6.5 CODIFICACIÓN DE EQUIPOS

Para codificar los diferentes equipos de la empresa se siguieron los siguientes pasos:

1. Nombre de la Planta
2. Identificación del área de ubicación del equipo
3. Código del equipo
4. Numero de equipo

El sistema de codificación de equipos es una combinación numérica que corresponde a la planta, área, equipo y número de equipo. El esquema de codificación de equipos se aprecia en la figura 7.

Figura 7. Esquema de codificación de equipos.



6.5.1 Nombre de la planta

ALMACÉN Y RECTIFICADORA LA HEROICA: RH

6.5.2 Identificación área de ubicación del equipo

Los equipos objeto de estudio se encuentran ubicados en la línea de producción de rectificado ilustrado en la figura 8 lugar en el cual se reparan los motores.

La línea de rectificado el siguiente código: LR

Figura 8. Línea de rectificado



6.5.3 Código del equipo

- Rectificadora de cigüeñal: RCI
- Planeadora de superficies: PSU
- Mandrinadora de bloques de cilindros: MCI
- Mandrinadora horizontal de cojinetes de bloques y árboles de levas: MHO
- Rectificadora de bielas: RBI

6.5.4 Número de equipo

- Máquina Rectificadora de cigüeñales: 01
- Máquina planeadora de superficies de culatas y bloques: 01
- Mandrinadora de bloques de cilindros: 01
- Mandrinadora de cilindro de bloques neumática: 02
- Mandrinadora horizontal de cojinetes de bloques y árboles de leva: 01
- Máquina Rectificadora de bielas: 01

Finalmente la codificación de los equipos se muestra en la tabla 12.

Tabla 12. Codificaciones de equipos

Equipo	Código
Rectificadora de cigüeñales	RH-LR-RCI-01
Planeadora de superficies de culatas y bloques	RH-LR-PSU-01
Mandrinadora bloques de cilindros	RH-LR-MCI-01
Mandrinadora bloques de cilindros Neumática	RH-LR-MCI-02
Mandrinadora horizontal de cojinetes y árboles de levas	RH-LR-MHO-01
Rectificadora de bielas	RH-LR-RBI-01

6.6 CODIFICACIÓN FRECUENCIAS DE INSTRUCCIONES

- Diaria: D
- Semanal: W
- Mensual: M
- Trimestral: T
- Semestral: S
- Cada quince días: Q
- Anual: A

6.7 INFORMACIÓN TÉCNICA

La información técnica especifica el nombre, marca, modelo, las características más sobresalientes de los equipos.

6.7.1 Rectificadora de cigüeñales

- Código: RH-LR-RCI-01
- Marca: BERCO
- Modelo: RTM 270
- Espesor estándar muela de rectificado: 25 mm(1")
- Espesor mínimo muela de rectificado: 20 mm(25/32")
- Máx. Excentricidad de los cabezales: 120 mm(4* 23/32")
- Máx. Diámetro admitido en la luneta: 140 mm(5*33/64")
- Mín. Diámetro admitido en la luneta: 30 mm(1*11/64")
- Rapidez del cabezal portamuela por giro de la rueda mecánica: 1 mm (0.040")
- Avance mesa micrométrica por giro de la rueda mecánica: 5.84 mm(0.23")
- Velocidad mesa transversal por minuto: 6 mm(236")
- Velocidades de rotación mesa de trabajo rpm: 16-22-30-40-52-70
- Potencia motor cabezal portamuela: 4 kW(5.5HP)
- Potencia motor cabezal principal: 0.45/0.24 kW(0.6/0.32HP)
- Potencia motor sistema de refrigeración: 0.15 kW
- Potencia motor sistema hidráulico: 0.15 kW
- Altura centro de la mesa: 270mm(10*5/8)
- Peso aproximado sin carga: 3400 kg(7496 lb)

6.7.2 Planeadora de superficies de culatas y bloques.

- Código: RH-LR-PSU-01
- Marca: BERCO
- Modelo: SM 1300 A
- Diámetro de corte. 406 mm

- Capacidad máx. Mesa transversal: 1300mm
- Capacidad máx. Cabezal: 680mm
- Velocidades de rotación husillo rpm: 700/ 1400
- Velocidad de avance cabezal : 650/min
- Velocidad avance mesa: 0-400mm/min
- Velocidad de avance cabezal, arriba y abajo, por minuto(1): 1200 mm
- Potencia motor husillo: 3.6-0.6 kW
- Potencia motor mesa de trabajo: 0.24 kW
- Longitud: 4500mm(101")
- Ancho: 970 (46.25")
- Altura aproximada: 2160 mm
- Peso aproximado sin pieza de trabajo: 1220 kg

6.7.3 Mandrinadora bloques de cilindros.

- Código: RH-LR-MCI-01
- Marca: BERCO
- Modelo: AC 650
- Longitud en milímetros: 2570
- Ancho en milímetros: 1175
- Altura en milímetros: 1920
- Capacidad de mandrinado: 31-155 mm
- Profundidad máxima de mandrinado: 350 mm
- Trayectoria máxima del cabezal del mandril: 530 mm
- Distancia máxima del mandril: 335 mm
- Superficie útil de la bancada: 400x1000 mm
- Traslación máxima admisible bancada: 830 mm
- Movimiento transversal máximo admisible bancada: 70 mm
- Velocidades de rotación del mandril en rpm: 105, 210, 280, 390, 550, 780
- Avance de trabajo del cabezal del mandril: 0.06, 0.17, 0.18 mm

- Potencia del motor para el avance rápido del cabezal del mandril hacia arriba y hacia abajo por minuto 1200 mm
- Potencia del motor para el avance de trabajo del cabezal del mandril y rotación del mismo 1.2/0.9 kw
- Potencia del motor para el esmerilador de herramientas 0.19 kw

6.7.4 Mandrinadora bloques de cilindros neumática.

- Código: RH-LR-MCI-02
- Marca: BERCO
- Modelo: ACP-155-2
- Longitud 1300
- Ancho 1065 mm
- Altura 2100 mm
- Altura de la base 950 mm
- Diámetro máximo y mínimo de operación permitido: 75-155 mm
- Velocidad del eje a 50 Hz: 180-360 r.p.m.
- Velocidad del eje a 60 Hz: 220-440 r.p.m.
- Avance rápido vertical 50 Hz por minuto: 0.61-1.22 mm
- Avance rápido vertical a 60 Hz por minuto: 0.73-1.46 mm
- Alimentación de operación del eje por revolución: 0.08-0.162 mm
- Potencia del motor a 50 Hz: 0.8-0.6 kw
- Potencia del motor a 60 Hz: 0.96-0.72 kw

6.7.5 Mandrinadora horizontal de cojinetes de bloques y árboles de levas

- Código: RH-LR-MHO-01
- Marca: BERCO
- Modelo: BC4A
- Dimensiones
- Longitud: 3473 mm
- Ancho: 740 mm

- Altura: 1600 mm
- Capacidad de mandrinado: 28-150 mm
- Avance máximo del husillo: 430 mm
- Mínima distancia entre la cama y la barra de rectificar: 525 mm
- Máximo de bloque de cilindro admitido 1600 mm
- Rotación velocidad husillo rpm: 50-62-75-95-105-165-220-270-335-425-465-715
- Avance de trabajo husillo automático por revolución: 0.05 y 0.10 mm
- Potencia del motor: 0.75/0.48 kw

6.7.6 Rectificadora de bielas

- Código: RH-LR-RBI-01
- Marca: BERCO
- Modelo: ARB 651
- Capacidad de mandrinado (min and max.dia): 17-125 mm(43/64"-5")
- Capacidad de rectificado(min and max.dia): 30-12(1.3/16"-5")
- Velocidades de rotación husillo de mandrinado rpm:200-315-530-415-650-1090
- Velocidades de rotación husillo de rectificado rpm: 3000-6000-9100
- Max. Mesa transversal: 400 mm(15.47/64")
- Motor de avance(2) KW:0.15 y 0.9(0.2 y 12HP)
- Motor cabezal de mandrinado (2) kW: 0.55 y 0.3(0.75 y 4 HP)
- Motor movimiento planetario del cabezal de rectificado kW: 0.37(0.5 HP)
- Motor del husillo del cabezal de rectificado: 0.55 kW(0.75 HP)
- Motor del sistema de refrigeración kW: 0.1(0.12HP)
- Longitud: 1385mm(54.17/32")
- Ancho sin sistema de refrigeración: 905 (35.5/8")
- Ancho con sistema de refrigeración: 1275 (50.3/16")
- Peso aproximado: 784 kg

6.8 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS.

Las actividades de mantenimiento preventivo se encuentran divididas en dos sesiones:

➤ Mantenimiento rutinario

Entiéndase por mantenimiento rutinario aquellas actividades realizadas por el operador como ajuste de piezas, lubricación y limpieza del equipo. Este mantenimiento aunque parezca fácil es de gran importancia para tener el equipo en óptimas condiciones para su funcionamiento.

➤ Mantenimiento programado

El mantenimiento programado es el mantenimiento preventivo sistemático apoyado con las recomendaciones de los manuales del fabricante de los equipos.

6.8.1 Rectificadora de cigüeñales

6.8.1.1 Mantenimiento rutinario

A continuación se observa en la tabla 13 el mantenimiento rutinario de la rectificadora de cigüeñales.

Tabla 13. Mantenimiento rutinario rectificadora de cigüeñales

Descripción	Frecuencia
Limpiar la máquina antes de iniciar	D
Pulir la muela abrasiva	D
Lubricar guías mesa transversal	D
Lubricar engranes cabezal portamuela	D
Lubricar Rodamientos plato cabezal	D
Inspección de la muela abrasiva	D
Limpiar cabezal portamuela	D
Lubricar guías de la mesa del cabezal fijo	D

6.8.1.2 Mantenimiento programado

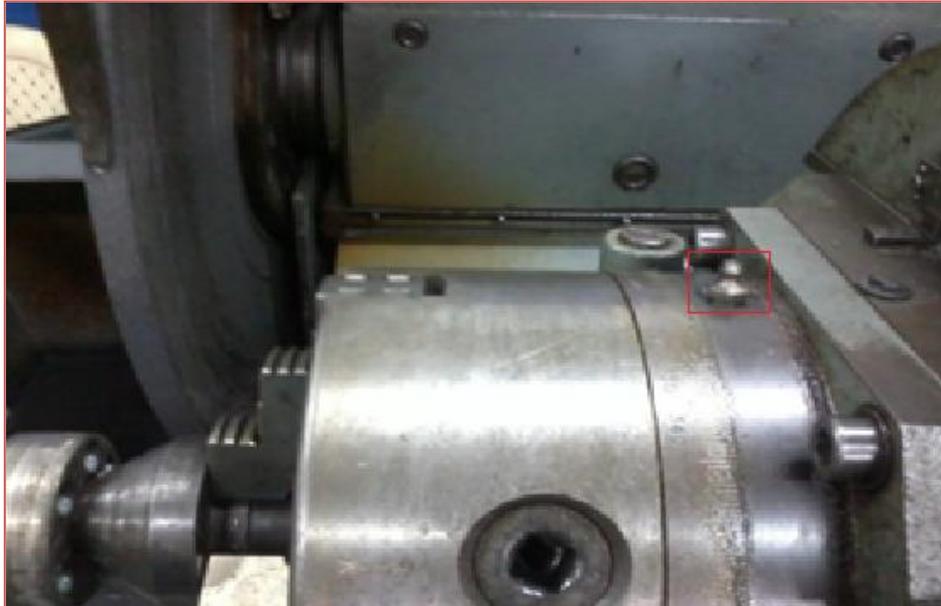
Se observa en la tabla 14 el mantenimiento preventivo programado a ejecutar de la máquina rectificadora de cigüeñales.

Tabla 14. Mantenimiento preventivo programado

Descripción	Frecuencia
Lubricar eje del cabezal portamuela	S
Verificar nivel de aceite sistema neumático	M
Verificar presión sistema hidráulico	M
Limpiar depósito sistema hidráulico	A ½
Cambiar lubricante sistema hidráulico	A ½
Cambiar filtro refrigerante	S
Verificar bombas de lubricación	S
Lubricar cabezal principal	T
Cambiar refrigerante	Q
Limpiar depósito refrigerante	Q
Inspeccionar cabezal portañuela	M
Verificar aislamiento bobinas motor eléctrico	S
Limpiar aletas de refrigeración y ventilador motor eléctrico	T
Verificar estado de las borneras y cables motor eléctrico	T
Revisar tensión y desgastes del sistema de poleas	T
Análisis de vibraciones motor eléctrico	A ½
Limpiar equipo en general	W
Asear lugar de trabajo	W

La figura 9 muestra punto que permite engrasar los rodamientos del plato de arrastre ubicado en el cabezal móvil del equipo.

Figura 9. Punto de lubricación cabezal móvil rectificadora cigüeñal



La bomba de lubricación de la mesa transversal (guías y engranes) de la máquina rectificadora de cigüeñal se ilustra en la figura 10.

Figura 10. Bomba de lubricación mesa transversal



Se observa en la figura 11 la bomba encargada de lubricar la mesa del cabezal principal (guías y cojinetes) de la máquina rectificadora de cigüeñales.

Figura 11. Bomba de lubricación mesa longitudinal



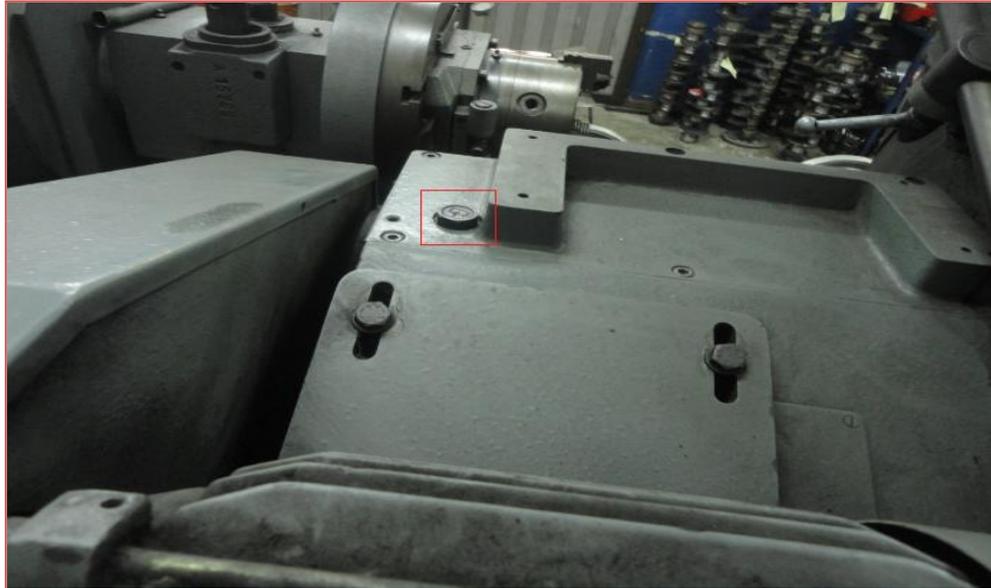
La figura 12 ilustra el indicador de nivel de aceite ubicada en el cabezal portamuela que se encuentra ubicada en la mesa transversal de la máquina rectificadora de cigüeñal.

Figura 12. Indicador de aceite del cabezal



El cabezal portamuela posee un punto de lubricación como se muestra en la figura 13.

Figura 13. Punto de lubricación



Se observa en la figura 14 el depósito de refrigerante que actúa durante el proceso de rectificado controlado por una bomba.

Figura 14. Depósito refrigerante



La figura 15 ilustra el sistema hidráulico el cual tiene como función accionar la bomba de lubricación de la mesa transversal y suministrar aceite a presión a las bombas de lubricación de las mesas; además, envía aceite a presión al cilindro hidráulico que controla el avance de la mesa transversal que se muestra en la figura 16.

Figura 15. Sistema hidráulico



Figura 16. Cilindro hidráulico de avance mesa transversal.



6.8.2 Planeadora de superficies de culatas y de bloques

6.8.2.1 Mantenimiento rutinario

Las actividades de mantenimiento rutinario de la planeadora de superficies de culatas y bloques se puede apreciar en la tabla 15.

Tabla 15. Mantenimiento rutinario planeadora de superficies de culatas y bloques

Descripción	Frecuencia
Limpiar bancada	D
Limpiar mesa de trabajo	D
Revisar nivel de aceite de la bomba del cabezal	D

6.8.2.2 Mantenimiento programado

A continuación se observa en la tabla 16 las descripciones del mantenimiento programado de la planeadora de superficies de culatas y bloques.

Tabla 16. Mantenimiento programado planeadora de superficies de culatas y bloques

Descripción	Frecuencia
Revisar tensión y desgaste sistema de poleas	T
Revisar bomba de lubricación cabezal	S
Cambiar refrigerante	T
Limpiar depósito de aceite	T
Limpiar deposito refrigerante	T
Inspeccionar estado del fuelle	T
Asear equipo en general	W
Asear lugar de trabajo	W

Se ilustra en la figura 17 la bomba de lubricación del cabezal de la máquina planeadora de superficies apoyada en la columna del equipo.

Figura 17. Bomba de lubricación del cabezal



Los depósitos de aceite que lubrican los rieles de la mesa de trabajo del equipo se muestran en la figura 18 .

Figura 18. Depósito de aceite rieles de la mesa



El sistema de refrigeración del equipo tiene como función mantener una temperatura ideal en el proceso de rectificado con piedra para evitar daños en las estructuras de los motores (culatas). Este sistema se compone de un depósito que contiene el refrigerante y una bomba la cual suministra el líquido al cabezal. Se muestra en la figura 19 el sistema de refrigeración.

Figura 19. Sistema de refrigeración



6.8.3 Mandrinadora horizontal de cojinetes de bloques y árboles de levas

6.8.3.1 Mantenimiento rutinario

Se establecen los parámetros de mantenimiento rutinario para la máquina mandrinadora horizontal de cojinetes y árboles de levas en la tabla 17.

Tabla 17. Mantenimiento rutinario máquina mandrinadora horizontal de cojinetes de bloques y árboles de levas

Descripción	Frecuencia
Limpiar bancada	D
Limpiar barra de alineamiento	D
Revisar nivel de aceite del cabezal	D

6.8.3.2 Mantenimiento programado

Se observa en la tabla 18 las descripciones de las tareas de mantenimiento programado a la máquina en mención.

Tabla 18. Mantenimiento programado máquina mandrinadora horizontal de cojinetes de bloques y árboles de levas

Descripción	Frecuencia
Limpiar bombas de aceite	S
Cambiar aceite de las bombas	S
Verificar bombas de lubricación	S
Inspeccionar estado correas y poleas	S
Verificar conexiones eléctricas	S
Verificar desgaste sistema de poleas	S
Limpiar equipo en general	W
Asear lugar de trabajo	W

En la figura 20 se observa un punto de lubricación que tiene como función aceitar el cabezal principal del equipo.

Figura 20. Punto de lubricación



La figura 21 ilustra el indicador de nivel de aceite del cabezal principal de la máquina mandrinadora horizontal de cojinetes de bloques y árboles de levas.

Figura 21. Nivel de aceite



Se observa en la figura 22 las bombas de lubricación que se encargan de lubricar los soportes de la barra de alineamiento del equipo.

Figura 22. Bombas de lubricación



6.8.4 Mandrinadora de bloques de cilindros

6.8.4.1 Mantenimiento rutinario

A continuación se muestra en la tabla 19 las diferentes tareas de mantenimiento rutinario de la mandrinadora de bloques de cilindros.

Tabla 19. Mantenimiento rutinario mandrinadora de bloques de cilindros

Descripción	Frecuencia
Limpiar bancada	D
Limpiar mesa de trabajo	D
Lubricar guías	D
Lubricar volantes de avance	D

6.8.4.2 Mantenimiento programado

Las descripciones de las actividades de mantenimiento programado del equipo se muestran a continuación en la tabla 20.

Tabla 20. Mantenimiento programado mandrinadora de bloques de cilindros

Descripción	Frecuencia
Lubricar reductor de velocidad	S
Revisar bomba de lubricación	S
Verificar conexiones eléctricas	S
Limpiar bomba de lubricación	S
Lubricar e inspeccionar caja de cambios	S
Limpiar equipo en general	W
Asear lugar de trabajo	W

Se observa en la figura 23 el punto de lubricación de la mesa de trabajo de la mandrinadora de bloques de cilindros señalado con un recuadro rojo.

Figura 23. Punto de lubricación mandrinadora de bloques de cilindros



La figura 24 muestra punto de lubricación de los volantes de avance longitudinal, transversal y guías de la bancada.

Figura 24. Punto lubricación mandrinadora bloques de cilindros 2



La bomba de lubricación de guías verticales del cabezal de la mandrinadora de bloques de cilindros se ilustra en la figura 25.

Figura 25. Bomba mandrinadora bloques de cilindros



6.8.5 Mandrinadora de bloques de cilindros neumática

6.8.5.1 Mantenimiento rutinario

Las actividades rutinarias de mantenimiento de la mandrinadora de bloques de cilindros neumática se muestran en la tabla 21.

Tabla 21. Mantenimiento rutinario mandrinadora de bloques de cilindros neumática

Descripción	Frecuencia
Limpiar mesa de trabajo y bancada	D

6.8.5.2 Mantenimiento programado

El listado de las tareas de mantenimiento programado para la mandrinadora de bloques de cilindros neumática se muestra en la tabla 22.

Tabla 22. Mantenimiento programado mandrinadora de bloques de cilindros neumática

Descripción	Frecuencia
Lubricar asiento husillo	Q
Verificar conexiones eléctricas	S
Limpieza carcasa del motor	T
Verificar conexiones eléctricas del motor	S
Verificar funcionamiento sistema neumático	M
Lubricar tornillo rotación	Q
Lubricar eje husillo	W
Asear lugar de trabajo	W

La mandrinadora de bloques de cilindros neumática consta de un motor eléctrico que se encuentra acoplado al tornillo de rotación la cual tiene como función transmitir movimiento rotatorio al husillo del equipo como se puede apreciar en la figura 26.

Figura 26. Mandrinadora de bloques de cilindros neumática



A continuación se muestra en la figura 27 la unidad de mantenimiento neumática del equipo, ubicada en la parte trasera.

Figura 27. FRL filtro regulador y lubricador unidad de mantenimiento neumático



6.8.6 Rectificadora de bielas

6.8.6.1 Mantenimiento rutinario

Ver frecuencias de las tareas de mantenimiento rutinario de la rectificadora de bielas tabla 23.

Tabla 23. Mantenimiento rutinario rectificadora de bielas

Descripción	Frecuencia
Lubricar rieles	D
Verificar nivel de aceite Cabezal de rectificado	D
Verificar nivel de aceite cabezal de mandrinado	D
Limpiar bancada	D

6.8.6.2 Mantenimiento programado

Las actividades de mantenimiento programado planteados para la rectificadora de bielas se muestran en la tabla 24.

Tabla 24. Mantenimiento programado rectificadora de bielas

Descripción	Frecuencia
Verificar conexiones eléctricas	S
Verificar desgaste correas	S
Verificar limpieza carcasa motor	T
Lubricar caja de cambios	S
Limpiar equipo en general	W
Asear lugar de trabajo	W

La rectificadora de bielas se encuentra constituido por motores eléctricos de los cuales dos se muestran en la figura 28, cada motor pertenecen al cabezal de

mandrinado y rectificado respectivamente, además se aprecia un punto de lubricación del cabezal de rectificado.

Figura 28. Punto de lubricación máquina rectificadora de bielas



La figura 29 muestra el punto de lubricación del cabezal de mandrinado y se observa el mando mecánico y eléctrico de la mesa de la mesa longitudinal.

Figura 29. Punto de lubricación máquina rectificadora de bielas 2



Las mirillas de nivel de aceite del equipo se pueden apreciar en la figura 30 resaltadas en los recuadros de color rojo.

Figura 30. Indicadores de nivel de aceite



6.9 TABLA DINAMICA MANTENIMIENTO

Para el manejo del mantenimiento es necesario contar con un software, en este proyecto se proponen formatos en Excel que ayudarán a organizar la planeación y gestión del mantenimiento. La información recolectada de los equipos durante el proceso de investigación fue plasmada en tabla, una tabla dinámica que se entrega en un CD. Cada una de las actividades de mantenimiento se encuentra con sus descripciones, herramientas a utilizar, responsable y frecuencia.

6.9.1 Menú

Es el entorno donde se encuentra las diferentes acciones que el usuario desee realizar ver la figura que se presenta a continuación. El menú se muestra en la figura 31.

Figura 31. Menú tabla dinámica de mantenimiento



Se observan las diferentes opciones, dándole click a cada uno llevará al usuario al entorno correspondiente:

1. Fichas técnicas.
2. Frecuencia mantenimiento rutinario.
3. Frecuencia mantenimiento programado.
4. Mantenimiento a ejecutar.
5. Planilla OT.
6. FMEA rectificadora de cigüeñales.

6.9.2 Fichas técnicas

En fichas técnicas aparecen diferentes opciones de selección de equipo, al dar click a un cuadro dirigirá al usuario a la información técnica del equipo. En la figura que se presenta a continuación se ilustran estas fichas. La figura 32 muestra el entorno de las fichas técnicas.

Figura 32. Fichas técnicas



La figura 33 ilustra el formato aplicado a las fichas técnicas de los equipos de la empresa, además se puede observar dos recuadros los cuales son opciones para regresar al menú y fichas técnicas.

Figura 33. Ficha técnica rectificadora de cigüeñales



6.9.3 Frecuencia mantenimiento rutinario

Opción presente en el menú, aquí se encuentra la información de mantenimiento rutinario de los diferentes equipos, materiales y herramientas a utilizar, frecuencia y responsable. La figura 34 muestra entorno del mantenimiento rutinario de la tabla Excel de mantenimiento.

Figura 34. Mantenimiento rutinario



El formato de información de mantenimiento rutinario del equipo mandrinadora horizontal se puede apreciar en la figura 35. Las opciones menú y MTTO rutinario permiten regresar al entorno deseado.

Figura 35. Mantenimiento rutinario mandrinadora bloques de cilindros

MANTENIMIENTO RUTINARIO						
MÁQUINA: MANDRINADORA BLOQUE DE CILINDRO			MARCA: BERCO		CRITICIDAD: 3C	
CODIGO: RH-LR-MCI-01			MODELO: AC 650			
No	PARTE	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	MATERIALES, HTAS	RESPONSABLE	TIEMPO	FREC
1	BACANDA	Limpiar antes de iniciar operación	Trapo con gasoil	OPERADOR	5'	D
2	MESA DE TRABAJO	Limpiar antes de iniciar operación	Cepillo o brocha	OPERADOR	10'	D
3	COLUMNA CABEZAL	Limpiar las cortinas antes de iniciar operación	Cepillo o brocha	OPERADOR	5'	D
4	MESA Y GUÍAS	Lubricar los puntos ubicados en la mesa	Grasera, lubricar con MOBIL VACTRA OIL No. 2	OPERADOR	5'	D
5	COLUMNA Y GUÍAS CABEZAL	Lubricar guías accionando la bomba, se recomienda accionar tres al día	Lubricar con MOBIL VACTRA OIL No.2	OPERADOR	2'	D

6.9.4 Frecuencia mantenimiento programado

Información de mantenimiento programado que se debe ejecutar a cada uno de los equipos; se describe las actividades, herramientas, responsables y frecuencia. Las opciones para acceder a la información de mantenimiento programado de cada equipo se ilustra en la figura 36.

Figura 36. Mantenimiento programado



Cada uno de los equipos presentan un formato de mantenimiento programado. La figura 37 muestra el mantenimiento programado de la mandrinadora horizontal de cojinetes.

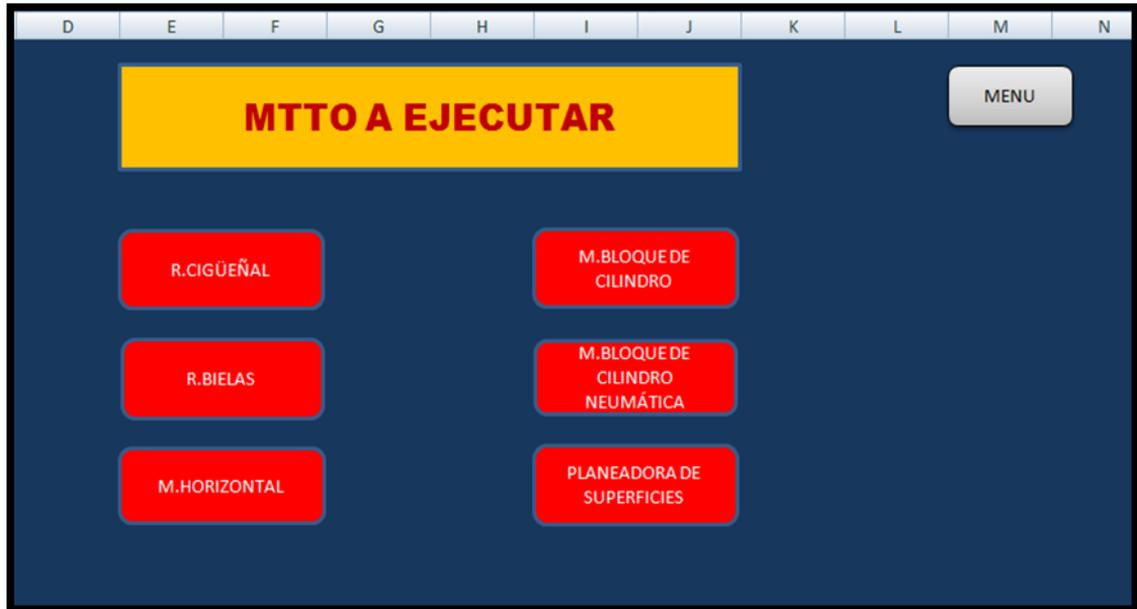
Figura 37. Mantenimiento programado mandrinadora horizontal de cojinetes y árboles de levas

MANTENIMIENTO PROGRAMADO						
MÁQUINA: MANDRINADORA HORIZONTAL			MARCA: BERCO		CRITICIDAD: 3C	
CODIGO: RH-LR-MHO-01			MODELO: BC-4A			
No	PARTE	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	MATERIALES, HTAS	RESPONSABLE	TIEMPO	FREC
1	MÁQUINA EN GENERAL	Limpiar	Escobas, trapo de algodón, cepillos	OPERADOR	45'	W
2	PUESTO DE TRABAJO	Asear sitio de trabajo	Escobas, trapo de algodón	OPERADOR	20'	W
3	BOMBAS DE ACEITE	Limpiar y cambio de aceite	Paño de tela, Solvente, aceitera	OPERADOR	20'	S
4	BOMBAS DE ACEITE	Revisar funcionamiento	Accionar la bomba manualmente	OPERADOR	2'	S
5	SISTEMA DE POLEAS	Verificar desgaste	Observación	MÉCANICO	20'	S
6	CONEXIONES ELÉCTRICAS	Verificar estado de los cables	Multimetro, cintas aislante, pinzas, cautín	Eléctrico	30'	S

6.9.5 Mantenimiento a ejecutar

Entorno donde se encuentra las frecuencias y las fechas de implementación de mantenimiento programado. Ver mantenimiento a ejecutar figura 38.

Figura 38. Mantenimiento a ejecutar



Al ingresar en una de las opciones aparecerá la información de mantenimiento del equipo seleccionado. Se muestra el mantenimiento programado de la planeadora de superficies de culatas y bloques en la figura 39.

Figura 39. Mantenimiento programado planeadora de superficies

MANTENIMIENTO PROGRAMADO								Días del mes													
MÁQUINA: PLANEADORA DE SUPERFICIES			MARCA: BERCO		CRITICIDAD: 3C			JUNIO													
CODIGO: RH-LR-PSU-01			MODELO: SM 1300-A					X : Programado R : Realizado													
No	PORTE	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	MATERIALES, HTAS	RESPONSABLE	TIEMPO	FREC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	MAQUINA EN GENERAL	Limpiar	Escobas, trapo de algodón, cepillos	OPERADOR	45'	W															
2	PUESTO DE TRABAJO	Asear sitio de trabajo	Escobas, trapo de algodón	OPERADOR	20'	W					X									X	
3	SISTEMA DE POLEAS	Verificar desgastes de las correas que hacen parte del sistema de transmisión del cabezal y de la mesa	Inspección visual	MECANICO	45'	S					X									X	
4	DEPOSITO DE ACEITE MESA	Limpiar deposito	solvente	OPERADOR	45'	S															
5	BOMBA DE LUBRICACIÓN	Verificar funcionamiento, limpiar bomba	Solvente	OPERADOR	20'	S															
6	DEPOSITO REFRIGERANTE	Limpiar deposito	Solvente, trapo de algodón	OPERADOR	30'	S															

6.9.6 Orden de trabajo

Documento donde se archivarán las tareas de mantenimiento realizado a los equipos a su vez permitirá tener un registro de fallas de los equipos. el formato de una orden de trabajo se puede apreciar en la figura 40.

Figura 40. Formato Orden de trabajo

ORDEN DE TRABAJO										
Nombre de la empresa:			Orden de trabajo:				Fecha:			
Tipo mantenimiento:		Solicitada por (jefe de turno):		Aprobada por (jefe de mantenimiento):			Turno:			
Código del equipo:		Especifique el trabajo por realizar					Equipo:			
Sección:							Equipo:			
Prioridades		Emergencia		Naturaleza de la inspección		Eléctrica		Prevision		
		Urgente				Mecánica		Inicio		
		Normal				Auxiliar		Término		
		Permanente								
Especificación del trabajo por realizar		Mano de obra				Materiales utilizados				
		Trabajo realizado por:		Tiempo	Salario	Costo	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo
									Unitarios	Totales
Costo de la mano de obra:					Costo de materiales:			Costo total:		
					Observaciones					
Jefe de mantenimiento					Jefe de turno					

6.9.7 FMEA rectificadora de cigüeñales

En esta opción se muestra el análisis completo de los modos de fallas y efectos de la rectificadora de cigüeñales. La figura 41 ilustra el formato FMEA desarrollado para la rectificadora de cigüeñales.

Figura 41. FMEA rectificadora de cigüeñales

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R				
	Subunidad	Función	Falla funcional	# total fallas	Modo de falla	Efecto potencial de la falla	sev	Causas potenciales de las fallas	frec	Controles actuales del proceso										
10				1	1	Ruido anormal en el motor eléctrico.	2	Descentramiento del eje del rotor produciendo deterioro en los devanados.	2	Rodamientos desgastados.	2	Ninguna.								
11				2	2	Motor eléctrico no enciende.	4	Parada de equipo.	4	Conexiones defectuosa en el motor, desconexión de una fase del motor, contactores desgastados, fusible quemado.	3	Ninguna.								
12					3	3	Alta temperatura en el motor eléctrico.	4	Corto circuito en las bobinas del estator.	4	Perdida del aislamiento en las bobinas, ventilador defectuoso, partes del motor con partículas.	2	Ninguna.							
13	Cabezal principal.	Permitir rotación de la pieza de trabajo en torno a su eje.	No gira la pieza de trabajo.	4	4	Vibraciones en el motor eléctrico	3	Desviaciones en la calibración pieza de trabajo.	3	Eje del motor doblado, rodamiento en mal estado, desalineación con el sistema de poleas, apoyos del motor no asienta correctamente.	1	Ninguna.								
14								5	5	Motor gira pero el husillo no realiza movimiento.	2	Se detiene la producción.	2	Poleas desgastadas, poleas sucias, correas desajustadas.	2	Ninguna.				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
21																				
22																				

CONCLUSIONES

Conforme al problema de investigación definido en el proyecto el cuál era el de diseñar un plan de mantenimiento preventivo de los equipos de la empresa ALMACÉN Y RECTIFICADORA LA HEROICA puede concluirse lo siguiente:

- En la primera fase, se realizó un inventario de equipos permitió reconocer y estudiar los diferentes equipos de la empresa para analizar su funcionamiento y describir los componentes principales de cada máquina, posteriormente se hizo un análisis de criticidad que arrojó como resultado que el equipo más crítico de la empresa es la máquina rectificadora del cigüeñal, para lo que se recomendó a la empresa por lo menos iniciar las actividades de prevención en la marcha en que se culmina la elaboración del plan propuesto en la investigación. La implementación de FMEA al equipo crítico de la empresa facilitó la identificación de nuevas tareas de mantenimiento que evitan las fallas críticas que afectan la disponibilidad del equipo.
- Culminada la fase de inventario y caracterización de equipos, se diseñó el plan de mantenimiento preventivo por equipo, acorde al nivel de criticidad, la definición de las tareas de mantenimiento y codificación de cada equipo suministrará una manera efectiva y organizada de controlar la gestión de los activos de la empresa ALMACÉN Y RECTIFICADORA LA HEROICA garantizando el correcto funcionamiento de dichas máquinas.
- Finalmente a título de evaluación, se advierte que si bien en el presente proyecto se logró el diseño del plan de mantenimiento de los equipos de la empresa ALMACÉN Y RECTIFICADORA LA HEROICA es indispensable contar con un personal técnico capacitado para realizar las actividades de mantenimiento que se han propuesto y formulado en el proyecto además, es importante hacer una revisión de dicho plan dependiendo de la información

obtenida de la ejecución del mismo, reajustando proactivamente las labores de mantenimiento con el propósito de alcanzar buenos resultados.

- Una vez elaborado el plan de mantenimiento preventivo se puede observar que este tipo de mantenimiento representa a mediano y largo plazo una menor inversión en comparación con mantenimientos de tipo correctivos, a su vez que permiten un seguimiento a la calidad de los servicios ofrecidos y generar confiabilidad operacional; aunque estos tipos de mantenimiento se ejecuten con mayor frecuencia.

BIBLIOGRAFÍA

1. FERREIRA, Ascanio. *Mantenimiento tribología y lubricación*. Universidad Tecnológica de Bolívar. Cartagena, 2009. 132 págs.
2. González Acevedo, Rafael Enrique. *Clasificación para el mantenimiento de activos según su criticidad de la planta EMGESA S.A E.S.P.* Universidad Tecnológica de Bolívar. Cartagena, 2009. 115 págs.
3. FERNANDEZ SAQUIC, Carlos Vilomar. *Guía técnica, de tareas básicas de reconstrucción, en motores de combustión interna*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 2006. 126 págs.
4. KNEZEVIC, jezdimir. *Mantenimiento por jezdimir knezevic*. Editorial Isdefe, primera edición .Madrid, 1996. 203 págs. ISBN 8489338-09-4.
5. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. *Petroleum, petrochemical and natural gas industries: Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment*. 2 ed. Geneva: ISO, 2006. 178 págs.
6. MOUBRAY, John. *RCM Mantenimiento centrado en confiabilidad*, Edición en español. 2004. 433 págs. ISBN 09539603-2-3.
7. MORA, Alberto. *Mantenimiento industrial efectivo*. Editorial Coldi, Medellín 2009. 340 págs. ISBN 978-958-98902-0-2.

Recursos electrónicos:

1. Mantenimiento, “tipo de mantenimiento: mantenimiento preventivo”, extraído el 14 de mayo, 2012 del sitio web: <http://www.solomantenimiento.com/mpreventivo.htm>
2. Mantenimiento, “mantenimiento preventivo”, extraído el 10 de mayo, 2012 del sitio web:

<http://www.mantenimientoplanificado.com/j%20guadalupe%20articulos/MANTENIMIENTO%20PREVENTIVO%20parte%201.pdf>

3. Mantenimiento “definiciones de mantenimiento”, extraído el 13 de mayo, 2012 del sitio web: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/tipos.asp>

4. Mantenimiento correctivo “organización y gestión de la reparación de las averías, extraído el 10 de mayo 2012 del sitio web: <http://www.renovetec.com/mantenimientoindustrial-vol4-correctivo.pdf>

ANEXOS

ANEXO A

MATRIZ DE EVENTO FRECUENCIA-SEVERIDAD

Frecuencia						Severidad
1	2	3	4	5		
					5	
FALLA12	FALLA3 FALLA8 FALLA11 FALLA13	FALLA2 FALLA7			4	
FALLA4 FALLA 9	FALLA14				3	
	FALLA1 FALLA 5 FALLA6				2	
					1	

ANEXO B

MATRIZ DE EVENTO FRECUENCIA-DETECTIBILIDAD

						Detectibilidad
Frecuencia						
1	2	3	4	5		
					5	
FALLA 4	FALLA8 FALLA13 FALLA14				4	
	FALLA3				3	
FALLA9	FALLA1 FALLA5 FALLA6 FALLA10 FALLA11	FALLA 2 FALLA7			2	
FALLA12					1	

