

**OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA
EMPRESA GUAYALRES LTDA.**

**JAVIER ANDRÉS PIMIENTO VESGA
ANDRÉS FELIPE POVEDA BOHÓRQUEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2018

**OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA
EMPRESA GUAYALRES LTDA.**

**JAVIER ANDRÉS PIMIENTO VESGA
ANDRÉS FELIPE POVEDA BOHÓRQUEZ**

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico

DIRECTOR

PEDRO JOSÉ DÍAZ GUERRERO

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2018

DEDICATORIA

A mis padres, Cándido Poveda Meza y Lilia Esperanza Bohórquez Jurado, por su incesante apoyo, consejo, amor y confianza a lo largo de toda mi vida.

A mi abuela, Rosa Tulia Jurado Castellanos, QEPD. Por haber sido mi maestra de vida, por su infinito amor y enseñanza.

A mi familia, por brindarme su compañía, comprensión y motivación en cada proyecto que enfrenté.

Andrés Felipe Poveda Bohórquez

DEDICATORIA

A Dios quien me permite estar aquí, a mis padres por ayudarme siempre, a mi nonita por ser un apoyo incondicional, a mi familia por acompañarme en todo momento y a la memoria de Don Rosendo Pimiento.

Javier Pimiento Vesga

AGRADECIMIENTOS

A Dios, a mis padres y a mi familia, quienes me acompañaron en todo mi paso por la universidad.

A la Universidad Industrial de Santander y docentes, por brindar el escenario idóneo en mi proceso de formación profesional.

Al señor Juan Alexander Fajardo Ochoa y a la empresa GUAYALRES LTDA. Por abrir sus puertas y participar en el desarrollo del proyecto.

Al ingeniero Pedro José Díaz Guerrero, director de proyecto, por ser guía y ejemplo como persona y profesional.

A mi compañero de proyecto, Javier por toda su colaboración y entrega. En general a mis compañeros y amigos.

Andrés Felipe Poveda Bohórquez

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todos mis profesores por sus enseñanzas estos años en especial a nuestro director Pedro José Díaz, a Juan Fajardo representante legal de Guayalres Ltda por permitirnos hacer el proyecto en su empresa y a mi compañero Felipe por su disciplina constante.

Javier Pimiento Vesga

TABLA DE CONTENIDO

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	17
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.3. OBJETIVOS.....	20
1.3.1. Objetivo general.....	20
1.3.2. Objetivos específicos	21
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN	21
2. GUAYALRES LTDA.	23
2.1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	23
2.2. UBICACIÓN	23
2.3. MISIÓN	25
2.4. VISIÓN	25
2.5. POLÍTICAS DE CALIDAD	25
2.6. VALORES.....	26
2.7. ORGANIGRAMA.....	27
2.8. PRODUCTOS	27
2.9. INVENTARIO PLANTA	29
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	31
3.1. DEFINICIONES DE MANTENIMIENTO	31
3.2. TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	32
3.3. CRITICIDAD EN ACTIVOS	35
3.4. DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL	38
3.5. INDICADORES DE MANTENIMIENTO.....	40
3.5.1. Confiabilidad	40
3.5.2. Mantenibilidad.....	40
3.5.3. Disponibilidad	41
3.6. MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)	41
3.6.1. ¿Qué es RCM?	42
3.6.2. Norma SAE JA 1011.....	42
3.6.3. Enfoque RCM	43

3.6.4. Metodología RCM	45
3.6.5. Efectos de fallas	48
3.6.6. Consecuencias de fallas	49
3.6.7. Evaluación de consecuencias de fallas.....	50
3.6.8. Hoja de decisiones	51
3.7. APLICATIVOS MÓVILES.....	53
3.8. LENGUAJES Y HERRAMIENTAS DE PROGRAMACIÓN	54
3.8.1. HTML – HyperText Markup Language	54
3.8.2. JavaScript	55
3.8.3. PHP.....	55
3.8.4. MySQL.....	56
3.8.5. CSS.....	57
4. DIAGNÓSTICO.....	59
4.1. ANÁLISIS DE CRITICIDAD EN ACTIVOS.....	59
5. OPTIMIZACIÓN MANTENIMIENTO PREVENTIVO	63
5.1. ANÁLISIS DE WEIBULL	65
6. APLICACIÓN RCM	69
6.1. SISTEMAS Y SUBSISTEMAS	69
6.2. APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)	70
6.3. HOJAS DE DECISIÓN	80
7. APLICATIVO MÓVIL	87
7.1. REQUERIMIENTOS DEL APLICATIVO	87
7.2. SOFTWARE UTILIZADO	88
7.3. FUNCIONAMIENTO	90
8. CAPACITACIÓN	100
8.1. DOCUMENTACIÓN	100
8.2. INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA	101
9. CONCLUSIONES	103
10. RECOMENDACIONES.....	105
BIBLIOGRAFÍA.....	106

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Planta GUAYALRES LTDA.....	18
Figura 2 Interior planta GUAYALRES LTDA.....	20
Figura 3 Logo empresa.....	23
Figura 4 Ubicación empresa.....	24
Figura 5 Centros de servicio.....	24
Figura 6 ORGANIGRAMA GUAYALRES LTDA.	27
Figura 7 MATRIZ DE CALIDAD	37
Figura 8 PARÁMETRO DE FORMA WEIBULL.....	39
Figura 9 DIAGRAMA DE FLUJO RCM	45
Figura 10 CONSECUENCIAS DE FALLAS	51
Figura 11 RESPUESTAS EVALUACION DE CONSECUENCIAS	52
Figura 12 FACTIBILIDAD DE TAREAS.....	53
Figura 13 MATRIZ DE CRITICIDAD	61
Figura 14 MODELO BASE DE DATOS APP EN MY SQL	89
Figura 15 MODULO DE INGRESO	91
Figura 16 SELECT TIPO MANTENIMIENTO	91
Figura 17 SELECCIÓN SISTEMA.....	92
Figura 18 SELECCIÓN SUBSISTEMA	93
Figura 19 SELECCIÓN FUNCIÓN Y FALLA	93
Figura 20 SELECCIÓN OTRA FALLA	94
Figura 21 SELECCIÓN MODO DE FALLA.....	94
Figura 22 SELECCIÓN OTRO MODO DE FALLA	95
Figura 23 SELECCIÓN EFCTO DE FALLA	95
Figura 24 SELECCIÓN OTRO EFECTO DE FALLA	96
Figura 25 CAMPOS DE TEXTO ORDEN DE TRABAJO.....	96
Figura 26 BOTONES ACCIONES A REALIZAR.....	97
Figura 27 ORDEN DE TRABAJO PDF PAG 1.....	98
Figura 28 ORDEN DE TRABAJO PDF PAG 2.....	98
Figura 29 ORDEN DE TRABAJO PDF PAG 3.....	99

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 FACTORES PONDERADOS	36
Tabla 2 FORMATO CRITICIDAD	60
Tabla 3 ANÁLISIS DE CRITICIDAD.....	62
Tabla 4 PROVEEDORES SERVICIO MANTENIMIENTO.....	63
Tabla 5 RESULTADOS WEIBULL	67
Tabla 6 SISTEMAS Y SUBSISTEMAS	70
Tabla 7 AMEF SOPORTE	72
Tabla 8 AMEF POSICIONAMIENTO.....	73
Tabla 9 AMEF HIDRAULICO	74
Tabla 10 AMEF REFRIGERACION	75
Tabla 11 AMEF NEUMATICO	76
Tabla 12 AMEF CONTROL.....	77
Tabla 13 AMEF TRANSPORTE DE VIRUTAS.....	78
Tabla 14 AMEF ALIMENTACION	79
Tabla 15 AMEF SEGURIDAD	79
Tabla 16 AMEF ELECTRICO	80
Tabla 17 HOJA DECISIONES SOPORTE.....	81
Tabla 18 HOJA DECISIONES POSICIONAMIENTO	81
Tabla 19 HOJA DECISIONES HIDRAULICO.....	82
Tabla 20 HOJA DECISIONES REFRIGERACION.....	83
Tabla 21 HOJA DECISIONES NEUMATICO	83
Tabla 22 HOJA DECISIONES CONTROL	84
Tabla 23 HOJA DECISIONES TRANSPORTE DE VIRUTAS	84
Tabla 24 HOJA DECISIONES ALIMENTACION	85
Tabla 25 HOJA DECISIONES SEGURIDAD.....	85
Tabla 26 HOJA DECISIONES ELECTRICO	86

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO A CARTA RECIBIDO.....	109
ANEXO B HOJAS DE VIDA EQUIPOS GUAYALRES LTDA.	110

RESUMEN

TITULO:

OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA EMPRESA GUAYALRES LTDA.¹

AUTORES:

Javier Andrés Pimiento Vesga

Andrés Felipe Poveda Bohórquez²

PALABRAS CLAVES:

Plan de mantenimiento, Mantenimiento preventivo, Criticidad, Metodología RCM, Aplicativo móvil.

DESCRIPCIÓN:

La optimización del plan de mantenimiento preventivo de la empresa GUAYALRES LTDA. ubicada en la ciudad de Bogotá, Colombia; será aplicado a los equipos críticos dentro del proceso de producción en la planta principal, haciendo uso del análisis de los activos mediante análisis de criticidad por factores ponderados; esto permitirá a la administración de la empresa, a través del gerente general, coordinador de producción y mantenimientos, técnico de mantenimientos y líderes de mecanizado; tener una gestión de mantenimiento más eficiente y seguro. Mediante el desarrollo de este proyecto se buscaran definir los tiempos óptimos entre las rutinas de mantenimientos preventivos de los equipos en cuestión, mejorando la disponibilidad de los mismos así como su correcto funcionamiento. Utilizando la metodología de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) se obtendrá un tratamiento rápido y efectivo de los fallos funcionales, modos de fallo y efectos de fallo disminuyendo el tiempo muerto de los equipos y con esto indirectamente el costo total de mantenimiento, nuevamente aumentando la disponibilidad de los equipos para labores productivas. Finalmente, se realiza la creación de un aplicativo móvil compatible con el sistema operativo de Android basado en la metodología RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad) que recopile y agilice la generación de órdenes de trabajo cuando el equipo entre en falla o se realicen las rutinas de mantenimiento preventivo programadas.

¹ Trabajo de grado.

² Facultad de ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de ingeniería mecánica. Director: Ing. Pedro J. Díaz Guerrero.

ABSTRACT

TITLE:

OPTIMIZATION OF THE PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN OF THE COMPANY GUAYALRES LTDA.³

AUTHORS:

Javier Andrés Pimiento Vesga

Andrés Felipe Poveda Bohórquez⁴

KEYWORDS:

Maintenance plan, Preventive maintenance, Criticality, RCM Methodology, Mobile application.

DESCRIPTION:

The optimization of the preventive maintenance plan of the company GUAYALRES LTDA. In the city of Bogotá, Colombia; it is applied to the critical equipment within the production process in the main plant, making use of the analysis of the assets for critical analysis by weighted factors; this will allow the management of the company, through the general manager, production and maintenance coordinator, maintenance technician and machining leaders; have a more efficient and safe maintenance management Through the development of this project seeks to define the optimal times between the routines of preventive maintenance of the equipment in question, improving the availability of them as well as their proper operation. Using the reliability-based maintenance methodology (RCM), a quick and effective method of functional failures, failure modes and the effects of faults that decrease equipment downtime and indirectly the total cost of maintenance, again increases the availability of equipment for productive work. Finally, the creation of a mobile device compatible with the Android operating system based on the RCM methodology (reliability centered maintenance) is made to collect and speed up the generation of work orders when the equipment is in the fault or becomes a reality scheduled preventive maintenance routines.

³ Bachelor Thesis.

⁴ Faculty of Physical-Mechanical Engineering. Mechanical Engineering. Director: Eng. Pedro J. Díaz Guerrero.

1. 1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

GUAYALRES LTDA. “Guayas y mangueras de clase mundial” es una empresa colombiana dedicada a la fabricación, ensamble y comercialización de productos en el sector automotriz y agroindustrial, sociedad limitada que se encamina a mejorar los estándares de calidad que le permitan mantener un estatus de competencia en el área industrial a nivel nacional e internacional.

Con el pasar del tiempo, un factor indispensable en el buen manejo de los recursos, materiales, máquinas y personal de la empresa GUAYALRES LTDA. es la adecuada gestión de mantenimiento al interior de la planta de producción ubicada en la ciudad de Bogotá, Colombia. Entendiendo mantenimiento como la gestión que una empresa lleva a cabo en búsqueda de los más altos índices de disponibilidad de los activos productivos de la empresa, brindando confiabilidad operacional de los mismos. Gestión que repercute en una mejor rentabilidad del negocio cumpliendo los estándares de calidad, seguridad y cuidado del medio ambiente con mínima inversión. Factor que requiere especial trato por parte de los encargados de realizar las labores planteadas en la gestión de mantenimiento como engrane del mecanismo contable y productivo de la compañía.

La empresa GUAYALRES LTDA. cuenta con un plan de mantenimiento preventivo realizado periódicamente mediante el llenado de formatos técnicos de mantenimiento y limpieza por parte de los operarios de cada máquina, gestión realizada a cabalidad con periodicidad estipulada arbitrariamente pero aún con dificultades debido al corto alcance que la gestión de mantenimiento existente brinda, trabajo doble que implica digitalizar en hojas de EXCEL dichos formatos técnicos y a la subcontratación de algunas labores requeridas por el área de mantenimiento; labores que desencadenan una serie de problemas como lo es el

paro prolongado de producción por la dependencia que significa el subcontratar una empresa externa, el aumento en costos de mantenimiento, la necesidad de compra de piezas que suplan las fallas en los equipos, el decremento de disponibilidad de los activos productivos y por tanto de la productividad misma y el riesgo de no cumplimiento de tiempos de entrega a los clientes. Todo a raíz de la gestión de mantenimiento actual.

Figura 1 Planta GUAYALRES LTDA.



Fuente: GUAYALRES LTDA. <<http://www.cablesguayalres.com/>>

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad, tanto la libre competencia de mercados como la creciente exigencia en cuanto a parámetros y certificaciones de calidad y seguridad conciernen, lleva a las empresas nacionales a un paso necesario de mejoramiento de sus procesos, servicios y/o productos.

La empresa GUAYALRES LTDA. cuenta con la acreditación estipulada en la normativa ISO 9001:2015, normativa de calidad, dándole a la organización prestigio y confianza a los clientes. No obstante, el estar certificados no implica que todo marcha a la perfección, GUAYALRES LTDA. es una empresa que crece y busca

mejorar cada día, proceso que se ve beneficiado si se rectifican los principales problemas que evidencia la gestión de mantenimiento que se tiene al día de hoy.

Históricamente, fue fundada en 1994, desde entonces ha sido una compañía orientada al desarrollo tecnológico de todas sus líneas de producción, alcanzando con el pasar de los años mayor competitividad en la promoción y uso de tecnología y calidad. Actualmente la empresa cuenta en su planta con gran variedad de equipos utilizados en la fabricación y ensamble de productos como guayas, tensores, mangueras, eslingas, cadenas, estrobos, perros (prensacables), guardacabos, grilletes, entre otros productos que se manufacturan y ensamblan para su posterior comercialización. Para esta tarea, se cuenta con tornos CNC, troqueladoras, grafadora, fresadoras, cortadora de fundas, erosionadoras, centro de mecanizado, montacargas, afiladora, roscadora, equipo de soldadura y herramienta general, lo cual es abarcado por un plan de mantenimiento preventivo simple, gestión que queda corta en algunos equipos de la planta, en especial los de carácter automático; esto bajo la consigna de ser equipos de nueva generación, de producción automática, electrónicos y computarizados; lo que presenta un reto mayor en la mantenibilidad de sus partes y componentes, cuestión que la empresa no comprende aún dentro de su política de mantenimiento.

La problemática vivida en la planta de la empresa se refleja en: costos elevados de mantenimiento, generando la necesidad de mayores inversiones de dinero a causa de corrección o reparación de los fallos presentados por máquina; disminución de tiempos productivos, debido al paro de máquinas por tiempos excesivos de reparación; el conjunto de ambos en la subcontratación de empresas prestadoras de servicios de mantenimiento ante fallos que no se prevén dentro de las acciones de mantenimiento por parte de los operarios y dificultad en el acceso a la información de frecuencias de fallo, teniendo como fuente los registros manuales de las fichas técnicas de mantenimiento y su posterior digitalización.

Figura 2 Interior planta GUAYALRES LTDA.



Fuente: Autores.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Optimizar el plan de mantenimiento preventivo de la empresa Guayalres Ltda. Cumpliendo con la misión de la escuela de ingeniería mecánica de la universidad industrial de Santander, en la formación de ingenieros mecánicos con alta calidad humana, ética, política, técnica y científica; fomentando la investigación, el desarrollo y la transferencia de tecnologías.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar equipos más críticos dentro del proceso de producción.
- Optimizar las frecuencias de mantenimiento preventivo de los equipos más críticos.
- Implementar la metodología RCM en los equipos más críticos dentro de la planta de producción.
- Crear un aplicativo móvil, que permita el registro de fallos haciendo uso de la metodología RCM en los equipos más críticos con el fin de generar órdenes de trabajo.
- Capacitar el personal general de la planta de la empresa Guayalres Ltda. en el nuevo programa de mantenimiento, socializando e incentivando el uso de la tecnología a través del aplicativo móvil.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Surge entonces la necesidad de realizar una optimización del plan de mantenimiento preventivo que se lleva a cabo en la actualidad al interior de la planta, en pro de superar satisfactoriamente las metas impuestas por los criterios de calidad, competencia, rentabilidad y productividad de la empresa GUAYALRES LTDA.

Todo lo anterior mencionado conlleva a la labor de encontrar una alternativa viable para la mejora de los procesos y técnicas de mantenimiento de aquellos equipos que así lo requieran, así como una propuesta tecnológica que reduzca el tiempo de registro de las labores de mantenimiento en cuanto al llenado de fichas técnicas así como el tratamiento adecuado de la información que en ellas se suministre; con esto se buscará obtener mejoras en los índices de confiabilidad operacional, disponibilidad y productividad de los activos productivos de la empresa, otorgando a la compañía calidad a un nivel superior que el actual.

El desarrollo de este proyecto, tiene como finalidad mitigar al máximo y/o corregir el impacto de la problemática planteada, brindando un mejor ambiente de trabajo para los operarios de los equipos de la empresa, facilitando y mejorando las tareas de mantenimiento preventivo actuales.

Una mejor gestión de mantenimiento arrojará como resultado, por otra parte, un avance e innovación en la línea de producción y ensamble de productos, garantizando el funcionamiento adecuado de la maquinaria además de prolongar la vida útil de sus partes y componentes.

Mediante la creación e implementación del aplicativo móvil, se obtendrá un mejor manejo y organización de la información, dando seguridad a los operarios y soluciones rápidas y correctas a los fallos que se encuentren en los equipos tratados.

Finalmente, los directivos de la empresa GUAYALRES LTDA. Ganarán todas las mejoras y repercusiones alcanzadas con este proyecto, satisfaciendo su misión como líderes de la sociedad limitada así como los autores experiencia empresarial en un entorno real, articulando conjuntamente la academia con la industria en la construcción de futuros ingenieros mecánicos del país.

2. GUAYALRES LTDA.

2.1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

GUAYALRES LTDA. Es una empresa colombiana fundada en 1994, dedicada a la fabricación y ensamble de cables de control (Guayas) y mangueras de freno hidráulico para uso automotriz; constituida como una sociedad limitada en 2001.

Figura 3 Logo empresa



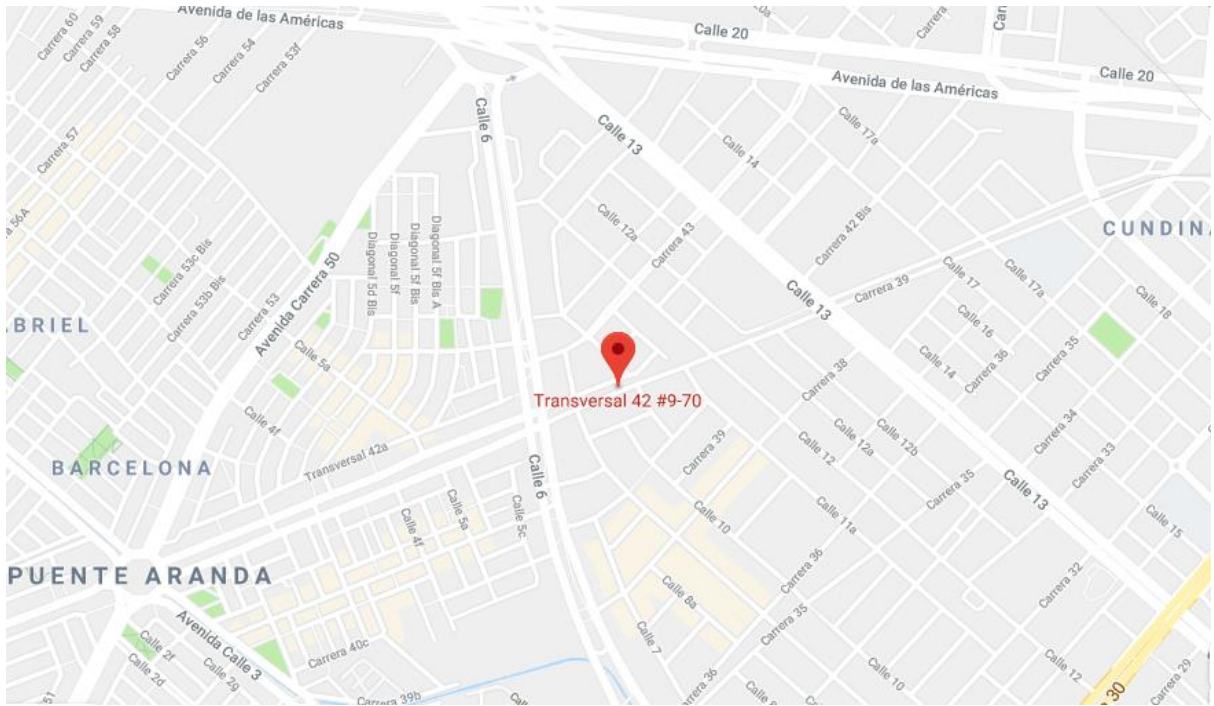
Fuente: GUAYALRES LTDA. <<http://www.cablesguayalres.com/>>

2.2. UBICACIÓN

GUAYALRES LTDA. Está ubicada en Transversal 42 No. 9-70 en la ciudad de Bogotá, Cundinamarca.

La empresa cuenta con dos centros de servicios más correspondientes a ventas y servicios ubicados respectivamente en Calle 5A No. 24-10 y Carrera 59 No. 13-17, igualmente en la ciudad de Bogotá, Cundinamarca.

Figura 4 Ubicación empresa



Fuente: < <https://www.google.com.co/maps/place/Tv.+42+%239-70,+Bogot%C3%A1/@4.619147,-74.1102504,15.5z/data=!4m5!3m4!1s0x8e3f995ce5f0cd9d:0xab09f68de749b74718m2!3d4.619147!4d-74.1040591> >

Figura 5 Centros de servicio

CENTROS DE SERVICIO



PLANTA

Transversal 42 No. 9-70
PBX: (57)(1) 742 5422
Fax: (57)(1) 742 5422 Ext. 109



SANTA ISABEL

Calle 5A No. 24-10
Teléfono: (57)(1) 201 3366
Fax: (57)(1) 370 5452



PUENTE ARANDA

Carrera 59 No. 13-17
Teléfono: (57)(1) 262 7678

Fuente: GUAYALRES LTDA. <<http://www.cablesguayalres.com/>>

2.3. MISIÓN

Somos una empresa dedicada a la fabricación de productos para el sector automotriz y agroindustrial, bajo estándares de calidad que cumplan con los requisitos de nuestros clientes. Nuestra competencia técnica y el uso de tecnologías adecuadas permiten generar confianza y garantía en el producto final.

Guayalres Ltda. Cuenta con un equipo humano integro, que trabaja con la filosofía de la mejora continua, y el cual se encuentra comprometido en ofrecer un excelente servicio, mediante la aplicación del concepto de unidad de empresa.

2.4. VISIÓN

Mantenernos como una empresa sólida, con reconocimiento nacional por la calidad de nuestros productos, gracias a la implementación y mejora continua de nuestro Sistema de Gestión de la Calidad.

Nuestra organización estará soportada en la eficiente Gestión humana, para lograr el compromiso de todos y cada uno de los integrantes en la búsqueda del éxito.

Nos vemos Consolidados en los mercados de Centro y Suramérica, e incursionando en nuevos mercados como estrategia de nuestra política de expansión en el mercado autopartista.

2.5. POLÍTICAS DE CALIDAD

Guayalres Ltda., empresa dedica a la fabricación, ensamble y comercialización de cables de control (guayas) y mangueras de freno hidráulico y sus partes, para uso automotriz, cuenta con un Sistema de Gestión Integral mediante el cual se compromete a:

- Cumplir los requisitos legales, normativos, de los clientes y de otras partes interesadas.
- Identificar, analizar, valorar y dar tratamiento a los riesgos y oportunidades (financieros, sociales, ambientales, etc.) que puedan afectar el SGI.
- Definir e implementar procesos eficaces y eficientes.
- Atraer y mantener un equipo humano competente, identificado con los valores corporativos y orientados al crecimiento y desarrollo sostenible de la empresa.
- Velar por el bienestar general de nuestro equipo humano, proveedores, subcontratistas y partes interesadas, garantizando la calidad de vida laboral, la prevención de enfermedades laborales, accidentes de trabajo y daños a la propiedad.
- Controlar y minimizar los impactos socio-ambientales negativos y promover los positivos.
- Evaluar y aumentar la satisfacción de nuestros clientes, buscando siempre la conformidad del producto.
- Mantener y mejorar continuamente el SGI con los más altos estándares de calidad, seguridad, salud en el trabajo y ambiente.

2.6. VALORES

SERVICIO: Todas las personas que hacemos parte de la familia Guayalres, mantenemos una actitud constante de colaboración para el cliente interno y externo.

LEALTAD: Somos fieles a nuestros principios y estamos comprometidos con nuestra marca, compañeros, clientes, proveedores, sociedad y medio ambiente.

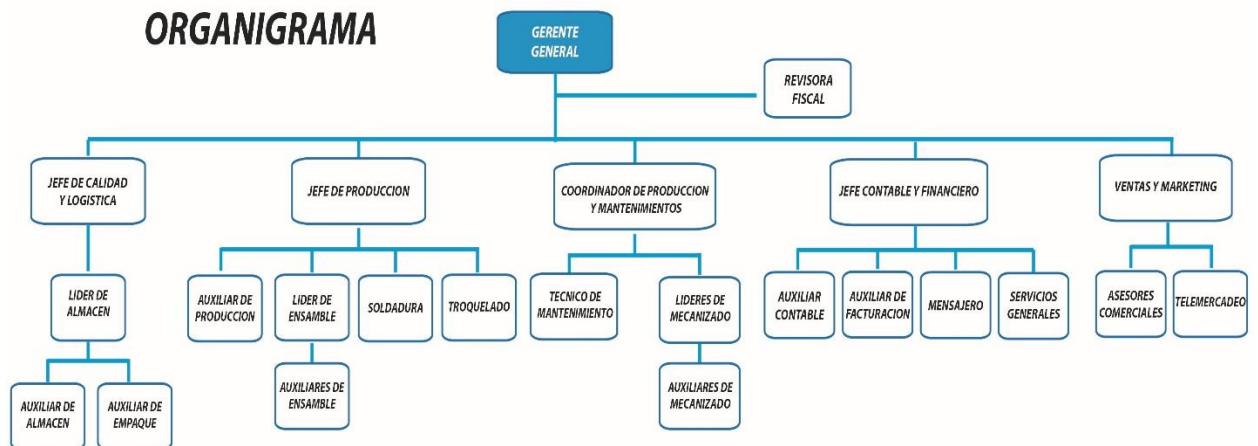
HONESTIDAD: En Guayalres Ltda. Trabajamos personas integras que se rigen por la verdad, actuamos según las normas internas de nuestra empresa y las leyes de nuestro país.

RESPONSABILIDAD: Tenemos la capacidad de enfrentar y responder con inteligencia por nuestros actos y dar cumplimiento a nuestras obligaciones.

CONSTANCIA: Nos mantenemos en la búsqueda de la mejora continua, para alcanzar nuestros objetivos, tanto corporativos como personales.

2.7. ORGANIGRAMA

Figura 6 ORGANIGRAMA GUAYALRES LTDA.



Fuente: GUAYALRES LTDA.

2.8. PRODUCTOS

Dentro del campo comercial, la empresa brinda y ofrece una gran variedad de productos y servicios, supliendo las necesidades específicas de los clientes.

GUAYALRES LTDA. Cuenta con asesores expertos en ventas y comercialización de los productos que en casi su totalidad son producidos y ensamblados en la

planta; así mismo maneja una serie de catálogos de los productos, que pueden ser visualizados y descargados vía web.

Entrando en materia de los productos, la empresa divide estos en dos grupos principales:

- **Línea Industrial**

- Cables de acero
 - Inoxidable
 - Galvanizado
 - Ascensor
 - Antigiro
 - Plastificado
 - Alquitrinado / Prelubricado
- Estrobos
- Tensores
- Perros (prensacables)
- Guardacabos
- Grilletes
- Vibradores de concreto
- Ganchos
- Piezas en acero inoxidable
- Eslingas y cadenas

- **Línea automotriz**

- Guayas
- Mangueras

2.9. INVENTARIO PLANTA

La empresa en su planta, centro de interés del proyecto, cuenta con diversas maquinas-herramientas que hacen parte del equipo necesario para el desarrollo de los productos y servicios, así como equipo ajeno a la producción, haciendo referencia a aquellos que hacen parte del área administrativa, que tiene lugar en la planta. Como bien se ha mencionado, el centro de servicio de la transversal 42 es el principal centro operacional de la empresa.

Dentro de la parte administrativa, se tiene en registro la hoja de vida de nueve (9) computadores, correspondientes al personal encargado de áreas como lo son: Compras, costos, contabilidad, ventas, gerencia, calidad, administración, publicaciones y almacén. Además de esto, se encuentra disponible una camioneta marca Renault. Equipos sobre los cuales se lleva un control interno desde la administración.

Refiriéndose al área de producción, a continuación se evidencian las principales máquinas que hacen parte del inventario, los datos han sido proporcionados directamente por la administración de GUAYALRES LTDA., en forma de hojas de vida de equipos en formato Excel las cuales se anexan al documento.

- JINN FA 42AB
- JINN FA 52
- DOOSAN
- DOOSAN 2
- JINN FA 20A
- COMPRESOR
- RESORTADORA
- ROSCADORA
- AFILADORA
- TROQUELADORA 1
- TROQUELADORA 2
- TROQUELADORA 3
- TROQUELADORA 4
- FRESA KONDOR
- EROSIONADORA
- MONTACARGA
- EQUIPO SOLDADURA

Dentro de las hojas de vida proporcionadas por la empresa, se encuentra registro de otras ocho (8) máquinas que hacían parte de la planta, máquinas que fueron vendidas o reemplazadas por modelos nuevos, según fuese el caso; por lo cual no serán consideradas en el caso de estudio del proyecto.

La lista mostrada anteriormente corresponde al inventario activo de la empresa, sobre el cual se basará el estudio y desarrollo de la optimización del plan de mantenimiento preventivo que posee planta de GUAYALRES LTDA. Como objetivo principal de este proyecto.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. DEFINICIONES DE MANTENIMIENTO

Es importante comenzar formando una primera aproximación al término “Mantenimiento”: “Es la gestión llevada a cabo en las empresas cuyo desarrollo permite la más alta disponibilidad de los activos productivos con calidad y confiabilidad operacional de los bienes productivos de la compañía, para cumplir con la rentabilidad esperada por el negocio bajo estándares de seguridad y cuidado del medio ambiente a un mínimo costo”.⁵

Se habla que mantener los activos es obtener utilidades para la compañía, ya que conservando los equipos y las plantas en el más alto nivel de productividad y competencia se logra retardar la compra de bienes nuevos, prolongando la vida útil de los ya adquiridos, sin descartar la utilización de tecnologías más eficaces y rentables.

El mantenimiento es gestión; es decir, se refiere al conjunto de acciones, rutinas, operaciones y formas encaminadas a colocar o restablecer un bien a una fase específica según sea requerido, que le permitan asegurar un servicio determinado y deseado para ser productivo y provechoso con un costo mínimo.

Conservar bien o mantener con calidad es: utilizar inteligentemente la proyección, la programación y el control, de manera que mejoren la efectividad y la productividad, reduzcan las paradas y los costos de mantenimiento sean mínimos logrando una rentabilidad óptima de la función del mantenimiento.

⁵ BORRÁS PINILLA, Carlos. Definiciones del mantenimiento. En: Ingeniería de mantenimiento. Material docente. Bucaramanga: UIS, 2015. P. 27.

Mantener bien hace referencia a: practicar un estricto control sobre los siguientes elementos:

- Las reparaciones de emergencia se deben minimizar.
- Los tiempos muertos en producción imputables a mantenimiento: se deben minimizar.
- Las reparaciones y modificaciones de equipo: se deben optimizar.
- Los desperdicios de materiales de producción imputable a mantenimiento: se deben minimizar.
- Los materiales empleados en las reparaciones y modificaciones: se deben optimizar.
- La mano de obra de mantenimiento, conforme al volumen de mantenimiento: se debe optimizar.
- La depreciación del equipo y edificios: se deben retardar, incrementando su vida.

3.2. TIPOS DE MANTENIMIENTO

Tradicionalmente, se conocen cinco tipos de mantenimiento, a pesar que en la actualidad surgen una gran cantidad de nuevas metodologías y nuevas formas de ejercer mantenimiento en una compañía, hablando de las tradicionales, que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen:

- **Mantenimiento correctivo:** Es el conjunto de tareas predestinadas a corregir los fallos que se van presentando en los diferentes equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.

Antiguamente, los encargados del mantenimiento y propietarios de las compañías tenían el pensamiento de que lo correcto era operar un equipo hasta que su funcionamiento fuera completamente erróneo y perdiera toda posibilidad de facilitar cierto servicio. Esta forma de mantenimiento causaba

grandes pérdidas al no tomar en cuenta los costos de producción, lucro cesante, generados por el paro imprevisto del equipo, especialmente si el equipo es considerado crítico en la cadena productiva de la empresa. Este tipo de gestión es utilizado aún en algunas empresas, fabricas pequeñas, microempresas de baja productividad y en equipos desechables o de poco valor.

- **Mantenimiento preventivo:** Es uno de los tipos de mantenimiento más comunes que tiene por tarea mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, que programa las intervenciones de sus puntos frágiles en el momento más pertinente. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.

El mantenimiento sistemático se ejecuta de acuerdo a una variable independiente, comúnmente el tiempo, el kilometraje recorrido, unidades de piezas producidas, etc. Es innegable que siempre se puede perfeccionar, y el mantenimiento preventivo sistemático, en la medida que se adquiera un mayor conocimiento de los procesos productivos y evolución del estado de los activos, el mantenimiento debe evolucionar hacia un mantenimiento basado más por su condición y estado actual. Es importante notar que el departamento de mantenimiento puede obtener resultados interesantes en cuanto a eficacia y rentabilidad si se plantea la posibilidad de reemplazar el mantenimiento sistemático por un mantenimiento basado en el conocimiento del estado actual del elemento a mantener.

- **Mantenimiento predictivo:** Es aquel que se realiza mediante el manejo de indicadores y/o registradores, con alarma o sin ella, para calcular los parámetros primordiales de funcionamiento óptimo de las máquinas. Estos aparatos de control pueden ser vibrómetros, manómetros, termómetros,

termógrafos, niveles de ruido, analizadores de gases, aceites, medidores de espesores, aislamientos eléctricos, etc.

El mantenimiento predictivo es fruto del desarrollo del mantenimiento preventivo a través de “La investigación preventiva”. Se ha logrado determinar que el 99% de todas las fallas de los equipos están anteceditas de ciertos signos o condiciones indicadoras de que se van a generar; por tanto, medir esos signos específicamente para un equipo, determinará el momento preciso en el cual la falla se presentará y aplicando en mantenimiento preventivo se evitará su ocurrencia.

El mantenimiento predictivo es el futuro del mantenimiento, ya que muchos equipos se están construyendo hoy en día con sensores de diversas clases, que puedan enviar señales a indicadores y registradores cada vez más sofisticados, conectados a microprocesadores.

- Mantenimiento productivo: Cuando en la década de los ochenta comienza a hablarse de la excelencia en el proceso productivo, el cambio de mentalidad sobre el control de calidad, el acaparamiento a través de inventarios y las discrepancias entre el operador y el mantenedor, se hace imperiosa la necesidad de modificar la estructura, el ambiente y la política de la empresa. Los japoneses a través de su filosofía de control total de la calidad y la excelencia en la manufactura irradian este influjo sobre el mantenimiento; creando las bases del mantenimiento productivo total, el cual puede definirse por los cinco elementos que lo componen:
 - Lograr la máxima efectividad del equipo por medio del mantenimiento preventivo económico.
 - Un programa de mantenimiento preventivo para toda la vida del equipo.
 - Todos los miembros de la organización tienen participación y responsabilidad. Se realiza un programa autónomo por parte de los operarios.

- El mantenimiento es realizado por todas las dependencias de la empresa. Los operarios se encargan de prestar los primeros auxilios. Se acaba el “Yo opero, tú reparas”.
- Se crean pequeños responsables de las actividades del mantenimiento; la existencia de estos grupos hace la diferencia entre el mantenimiento preventivo y el mantenimiento productivo total.

3.3. CRITICIDAD EN ACTIVOS

Esta una metodología que permite constituir jerarquías entre instalaciones, sistemas, equipos y/o elementos de un equipo.

La técnica de los factores ponderados basado en riesgo efectúa un análisis cuantitativo de los criterios utilizados para establecer la importancia de cada equipo. Dicho método debe ser aplicado para la posterior construcción de la matriz de criticidad.

En la siguiente tabla se resumen los criterios manejados y la ponderación establecida según el estado de dicho criterio.

Tabla 1 FACTORES PONDERADOS

FRECUENCIA DE FALLAS [Fallas/Año]		COSTO DE MANTENIMIENTO [\$ USD]			
Pobre: mayor a 2 fallas/año	4	Mayor o igual al 5 % del costo del equipo o también por valor máximo establecido Dpto Mto.	2		
Promedio: 1- 2 fallas/año	3	Inferior al 5% del costo todo el equipo ó también por valor inferior a: valor establecido Dpto Mto.	1		
Buena: 0, 5 -1 fallas /año	2	IMPACTO EN SEGURIDAD, AMBIENTE E HIGIENE			
Excelente: menor de 0,5 fallas/año	1				
IMPACTO OPERACIONAL		Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación ante externos de la organización, Ministerios de salud, Ambiente, riesgos, aseguradoras, etc.	8		
Perdida de todo el despacho Operacional	10				
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas	7			Afecta el ambiente / instalaciones.	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4				
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1			Afecta las instalaciones causando daños severos	5
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL		No afecta ni provoca ningún daño a personas, instalaciones o ambientes.	1		
No existe opción de producción y no hay función de respaldo	4			Provoca daños menores (ambiente-seguridad)	3
Hay opción de respaldo compartido/almacén	2				
Función de repuesto disponible	1				

Fuente: BORRÁS PINILLA, Carlos. Ingeniería de mantenimiento. Análisis de criticidad en activos.

Estos factores se evalúan en reuniones de trabajo con la participación de las distintas personas involucradas en el contexto operacional (operaciones, mantenimiento, procesos, seguridad y ambiente). La ponderación dada a cada equipo en cada criterio, se almacena en el formato mostrado en la tabla 18.

Una vez que en cada equipo se evalúan los criterios previamente mencionados y se da una ponderación de acuerdo a lo observado, se calcula la consecuencia y la criticidad total por medio de las siguientes ecuaciones.

Al tener cada equipo un valor calculado de criticidad total y consecuencia, será posible ubicarlos en una matriz en la que se visualizan los equipos críticos en la esquina superior derecha, y los menos críticos en la esquina inferior izquierda.

La matriz de criticidad clasifica los equipos en tres categorías según sea su ubicación. Área de sistemas de baja criticidad (B): son equipos que en el caso de fallar no repercutirán. Dichos equipos pueden estar sometidos a un plan de mantenimiento correctivo y se excluirán del sistema de información para la gestión de mantenimiento.

Área de sistemas de media criticidad (M): son equipos que en caso de fallar afectan levemente el sistema productivo, ya sea en la calidad del producto o en la eficiencia del proceso, pero permiten lapsos relativamente largos para reparar la avería. Dichos equipos serán incluidos dentro del plan de mantenimiento preventivo.

Área de sistemas de alta criticidad (A): son equipos que al fallar ocasionan el paro de la cadena productiva o de un subsistema y por lo tanto su reparación es de carácter urgente. Dichos equipos serán incluidos dentro del plan de mantenimiento preventivo. Se muestra la matriz de criticidad así:

Figura 7 MATRIZ DE CALIDAD



Fuente: aprendizaje virtual <<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5311/fichero/5-+Análisis+de+criticidad.pdf>>

3.4. DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL

Es una distribución estadística de probabilidad continua que generaliza al modelo exponencial y normal, que son casos particulares de esta. La distribución de Weibull nos permite estudiar cual es la distribución de fallos de un equipo⁶ que procuramos controlar y que a través del registro de fallos se observe una variación a lo largo del tiempo y dentro de lo que se pueda considerar tiempo normal de uso. El método no determina cuáles son las variables que influyen en la tasa de fallos, tarea que quedará en manos del analista, pero al menos la distribución de Weibull facilitará la identificación de aquellos y su consideración, aparte de disponer de una herramienta de predicción de comportamientos. Esta metodología es útil para las compañías que desarrollan programas de mantenimiento preventivo de sus instalaciones.

Este modelo depende de tres parámetros, que definen la razón de fallo:

- El parámetro umbral
- El parámetro de forma
- El parámetro de escala

El parámetro umbral o parámetro de localización indica el origen de tiempos. El parámetro de forma se define en términos del exponente de la función potencial que determina la razón de fallo del modelo. En términos de este parámetro se definirá la monotonía de la razón de fallo. Más concretamente, la razón de fallo es monótona creciente o monótona decreciente dependiendo de que el parámetro de forma sea superior o inferior a la unidad, respectivamente. El inverso del parámetro de escala define la razón de fallo del modelo exponencial, cuando el modelo Weibull se particulariza a este caso (parámetro de forma igual a la unidad). Puesto que está definido en términos de tres parámetros, proporciona una gran flexibilidad en la representación de comportamientos de una gran variedad de sistemas de fallo. La

⁶ Se refiere a equipo abarcando sistemas, subsistemas, componentes, piezas y cualquier elemento que represente el caso de estudio.

implementación de métodos de inferencia es más compleja que en el modelo exponencial. En el caso en que el parámetro umbral o de localización coincida con el instante cero se tiene el modelo Weibull biparamétrico.

Una distribución se define matemáticamente por su ecuación FDP (Función de densidad de probabilidad). La expresión más general del FDP de Weibull viene dada por los tres parámetros de expresión de distribución de Weibull, o bien:

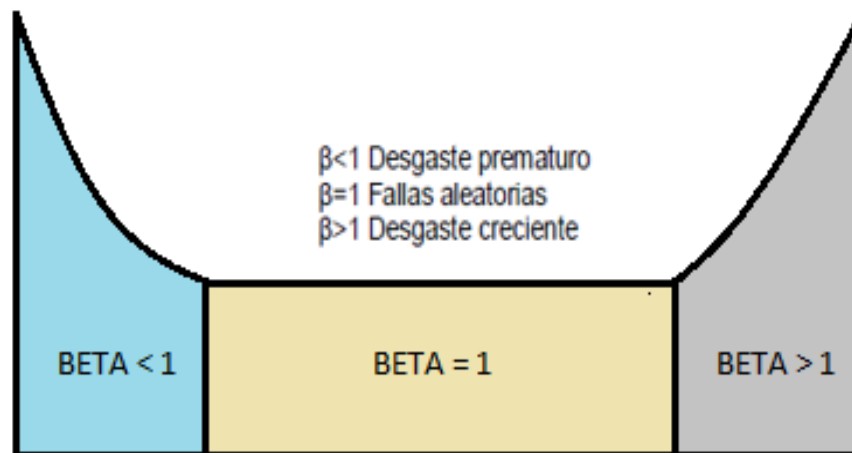
ECUACIÓN 1. FDP WEIBULL

$$f(T) = \frac{\beta * ((t)^{\beta-1})}{\eta^\beta} * e^{-(\frac{t}{\eta})^\beta}$$

Donde β es el parámetro de forma y η es el parámetro de escala.

Parámetro de forma: también se conoce como la pendiente de Weibull. Esto es porque el valor de β es igual a la pendiente de la línea en el gráfico de probabilidad. Los diferentes valores del parámetro de forma marcan efectos sobre el comportamiento de la distribución.

Figura 8 PARÁMETRO DE FORMA WEIBULL



3.5. INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Los indicadores son parámetros numéricos que permiten tener una oportunidad de mejora continua en la aplicación y desarrollo de los métodos y técnicas específicas de mantenimiento.

El cálculo y estudio de los indicadores sirve para hacer una comparación con valores de referencia a fin de adoptar medidas correctivas, modificativas, predictivas u otras según sea el caso. Son entonces tres (3) los indicadores principales que se tienen en mantenimiento siendo estos: confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad.

3.5.1. Confiabilidad

La confiabilidad de un equipo es la probabilidad de que desempeñe satisfactoriamente las funciones para las que fue diseñado, durante el periodo de tiempo especificado y bajo las condiciones de operación dadas. La confiabilidad es una medida que resume cuantitativamente el perfil de funcionalidad de un elemento y ayuda en el momento de seleccionar un equipo entre varias alternativas.

3.5.2. Mantenibilidad

La mantenibilidad de un equipo es la probabilidad de que un dispositivo sea devuelto a un estado en el que pueda cumplir su misión en un tiempo dado, luego de la aparición de una falla y cuando el mantenimiento es realizado en un determinado período de tiempo, al nivel deseado de confianza, con el personal especificado, las habilidades necesarias, el equipo indicado, los datos técnicos, manuales de operación y mantenimiento, el departamento de soporte de mantenimiento y bajo las condiciones ambientales especificadas. La ingeniería de mantenibilidad se crea cuando los diseñadores y fabricantes comprenden la carencia de medidas técnicas y disciplinas científicas en el mantenimiento. Por esto la ingeniería de mantenibilidad es una disciplina científica que estudia la complejidad, los factores y los recursos relacionados con las actividades que debe realizar el usuario para mantener la

mantenibilidad de un producto y que elabora métodos para su cuantificación, evaluación y mejora.

3.5.3. Disponibilidad

Es la probabilidad de que el equipo esté operando satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables, donde el tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, tiempo activo de reparación, tiempo inactivo, tiempo en mantenimiento preventivo (en algunos casos), tiempo administrativo y tiempo logístico .

La disponibilidad es una medida importante y útil en casos en que el usuario debe tomar decisiones para elegir un equipo entre varias alternativas. Para tomar una decisión objetiva con respecto a la adquisición del nuevo equipo, es necesario utilizar información que abarque todas las características relacionadas, entre ellas la disponibilidad, que es una medida que suministra una imagen más completa sobre el perfil de funcionalidad.

3.6. MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)

Los factores que están asumiendo una importancia considerable en la toma de decisiones rentable de la operación de cualquier empresa industrial están en el orden de la responsabilidad significativa, la seguridad y las condiciones ambientales. Por lo tanto, la optimización del mantenimiento preventivo (PM) brinda amplias oportunidades y desafíos a todos los involucrados en todos los aspectos de la operación de la empresa industrial. La metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) ofrece la mejor estrategia disponible para la optimización de PM. Incorpora una nueva comprensión de las formas en que falla el equipo.

3.6.1. ¿Qué es RCM?

RCM o Reliability Centred Maintenance, (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad) es una metodología que busca eliminar o al menos limitar los desperfectos que se originan en las instalaciones.

RCM o Reliability Centred Maintenance, (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad) es una técnica más dentro de las posibles para elaborar un plan de mantenimiento en una instalación industrial y presenta algunas ventajas importantes sobre otras técnicas. Inicialmente fue desarrollada para el sector de aviación, donde no se obtenían los resultados más adecuados para la seguridad de la navegación aérea. Posteriormente fue trasladada al campo militar y mucho después al industrial, tras comprobarse los excelentes resultados que había dado en el campo aeronáutico.

El objetivo fundamental de la implantación de un Mantenimiento Centrado en Fiabilidad o RCM en una planta industrial es aumentar la fiabilidad de la instalación, es decir, disminuir el tiempo de parada de planta por averías imprevistas que impidan cumplir con los planes de producción. Los objetivos secundarios pero igualmente importantes son aumentar la disponibilidad, es decir, la proporción del tiempo que la planta está en disposición de producir, y disminuir al mismo tiempo los costes de mantenimiento.

3.6.2. Norma SAE JA 1011

En 1999 la Sociedad de Ingenieros de la industria automovilística (SAE) decidió emitir una norma que contenía los requisitos mínimos que debería cumplir una metodología que quisiera definirse como RCM.

Ante la diversidad de metodologías que decían llamarse RCM aparecidas a partir de 1990, y como resultado de la demanda internacional por una norma que estableciera unos criterios mínimos para que un proceso de análisis de fallos pueda ser llamado "RCM" surgió en 1999 la norma SAE JA 1011 y en el año 2002 la norma SAE JA 1012. Tal y como anuncia la introducción de ambas normas, no intentan ser

un manual ni una guía de procedimientos, sino que simplemente establecen unos criterios mínimos que debe satisfacer una metodología para que pueda llamarse RCM.

3.6.3. Enfoque RCM

Las definiciones formales de RCM son las siguientes:

1. Es un proceso utilizado para determinar los requisitos de mantenimiento de cualquier activo físico en su contexto operativo.
2. Un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para garantizar que cualquier activo físico continúe cumpliendo las funciones previstas en su contexto operativo actual.
3. RCM es un método para desarrollar y seleccionar alternativas de diseño de mantenimiento basadas en criterios de seguridad, operacionales y económicos, RCM emplea una perspectiva del sistema en su análisis de funciones del sistema, fallas de funciones y prevención de estas fallas.
4. RCM es una consideración del sistema de las funciones del sistema, la forma en que las funciones pueden fallar, y una consideración basada en la prioridad de la seguridad y la economía que identifica las tareas de PM aplicables y efectivas.

En pocas palabras, la metodología RCM se describe por completo en cuatro características únicas.

- Preservar funciones
- Identificar modos de falla que pueden vencer a la función
- Priorice las necesidades de funciones (a través de modos de falla)
- Seleccione solo tareas aplicables y efectivas.

RCM se enfoca en el enfoque de "funcionamiento del sistema". Los sistemas complejos y redundantes tienen una confiabilidad diseñada directamente en su

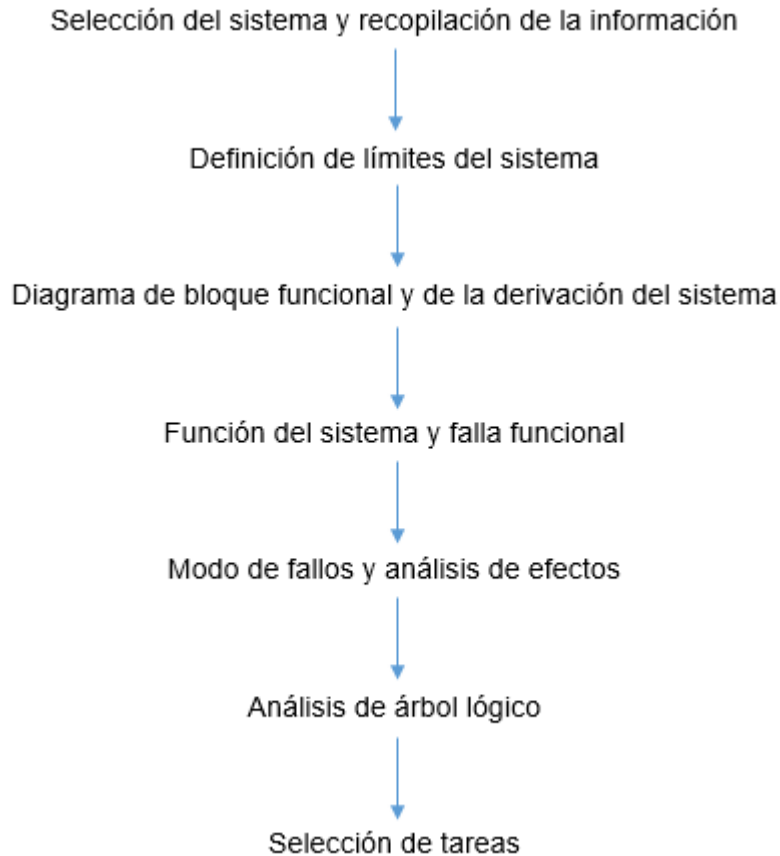
diseño. La confiabilidad del sistema se puede reducir si las tareas y frecuencias de mantenimiento no son sus componentes integrales. El mantenimiento excesivo reduce la confiabilidad del sistema a causa de fallas inducidas por el mantenimiento. Para un sistema altamente confiable, la confiabilidad del sistema muy a menudo se reduce debido a la intervención humana con el pretexto de PM. Por lo tanto, la metodología RCM ha sido exitosa en la construcción de sistemas altamente confiables.

Los beneficios de RCM incluyen:

1. El desarrollo de planes de mantenimiento de alta calidad en menos tiempo y a un menor costo.
2. La disponibilidad de un historial de mantenimiento para cada sistema puede correlacionar esta experiencia con partes especificadas y sus modos de falla y criticidades.
3. La garantía de que todas las partes importantes de mantenimiento y sus modos de falla y criticidad se consideran en el desarrollo de requisitos de mantenimiento.
4. La mayor probabilidad de que el nivel y el contenido del requisito de mantenimiento se especifique de manera óptima.
5. La base para el intercambio de información en línea y de rutina entre el personal de ingeniería y la administración, incluso en una organización ampliamente dispersa.

3.6.4. Metodología RCM

Figura 9 DIAGRAMA DE FLUJO RCM



Las principales características de la metodología RCM se presentan en la figura anterior.

- Selección del sistema y recopilación de información

El nivel de ensamblaje se puede identificar como parte (por ejemplo, engranajes), componente (por ejemplo, válvulas, bombas), sistema (por ejemplo, suministro de vapor, suministro de aire), planta. El sistema se selecciona como un punto de partida para el proceso de RCM ya que tiene más modos de falla para la comparación de clasificaciones de prioridad significativas de recursos de PM limitados. Para la

selección del sistema se consideran diversos factores, como grandes acciones o costos de PM, grandes acciones de mantenimiento correctivo o costos, seguridad y cuestiones ambientales. Documentos tales como diagramas de bloques y / o esquemas del sistema, archivos del historial del equipo, manuales del vendedor, manuales de operación del sistema deben ser referidos para la recopilación de información.

- Definición de límites del sistema

El equipo principal incluido en el sistema se identifica con los límites físicos primarios. La definición precisa de límites es importante para dos aspectos significativos. Primero, asegurarse de que las funciones potencialmente importantes no se descuiden y, en segundo lugar, el límite será un factor determinante para establecer qué entra en el sistema a través de señales de potencia, calor de flujo, etc. (interfaces IN) y qué deja el sistema (OUT interfaces). Esto ayuda a construir un diagrama de bloques funcional.

- Diagrama de bloque funcional y de la derivación del sistema

Se desarrollan cinco elementos de información. Estos son

(a) Descripción del sistema que revela la descripción funcional, las características de redundancia, las características de protección, etc.

(b) Diagrama de bloques funcionales que indica la representación de nivel superior de las principales funciones del sistema.

(c) Interfaces de entrada / salida

(d) Estructura de descomposición del trabajo del sistema (SWBS) para describir la compilación de las listas de equipos para cada subsistema funcional en el diagrama de bloques funcionales.

(e) Historial de fallas del equipo durante los últimos 2 o 3 años.

- Función del sistema y falla funcional

La información en los pasos anteriores proporciona la base para definir las funciones del sistema. Esto es necesario para satisfacer el primer principio de RCM para preservar las funciones del sistema.

El desarrollo de las interfaces OUT constituye la principal fuente de información para las funciones del sistema. Los enunciados de funciones se desarrollan para cada subsistema funcional al capturar cada interfaz de salida. En las declaraciones de falla funcional, el foco está en la pérdida de funciones que no están en el equipo.

- Modo de Fallos y Análisis de Efectos
 - Matriz de equipos de falla funcional

El objetivo básico de este paso es identificar el equipo, que puede desempeñar un papel en la creación de fallas funcionales. Por primera vez en el proceso de análisis del sistema, el sistema funciona y los equipos del sistema están conectados directamente. La matriz de falla funcional del equipo está preparada para identificar esos componentes, que pueden desempeñar un papel en la falla funcional. Esta tarea requiere un conocimiento razonable del diseño del sistema y las características de operación.

- El FMEA

En este caso, los modos de falla del componente específico (cómo debe fallar el componente para producir falla funcional) y la causa raíz (razón básica) para cada modo de falla se definen, inicialmente. Finalmente, la consecuencia del modo de falla se realiza en tres niveles de consideración, localmente a nivel de componente, a nivel de sistema y nivel de planta. Las dos razones principales para realizar el análisis de efectos son uno (1) asegurar que el modo de falla en cuestión realmente tenga una relación potencial con el fallo funcional que se estudia, y dos (2) introducir un examen inicial de modos de falla que no sean perjudiciales.

- Análisis de árbol lógico

El objetivo de este paso es priorizar el énfasis y los recursos que se deben dedicar a cada falla. Reconoce el hecho de que todas las funciones, las fallas funcionales y los modos de falla no reciben el mismo tratamiento. Utiliza lógica simple de tres preguntas o estructura de decisión. Cada falla se identificará en uno de tres contenedores para fallas ocultas y evidentes:

1. Relacionado con la seguridad, A-Evidente, D / A-oculto
2. Relacionado con el corte, B-Evidente, D / B-oculto
3. Economía relacionada, C-Evidente, D / C -oculto

- Selección de Tareas

La selección de tareas PM en el proceso RCM requiere que cada tarea cumpla con la prueba aplicable y efectiva, que se define de la siguiente manera:

Aplicable. La tarea evitará o mitigará fallas, detectará el inicio de una falla o descubrirá una falla oculta.

Eficaz. La tarea es la opción más rentable.

3.6.5. Efectos de fallas

En el proceso de implementación de la metodología RCM, se debe tener precaución del efecto que genera cada modo de falla, esto es llamado efecto de falla. Se necesita describir los efectos de una falla de la forma más completa posible, recopilando información clave para ayudar a la evaluación posterior de las consecuencias de las fallas; para esto se debe tener en cuenta lo siguiente:

- La evidencia de que se ha producido una falla: Debe permitir a los operarios si la falla será evidente para ellos en el desempeño de sus labores normales. También debe indicar si va precedida por: ruidos, fuego, humo, fugas de fluidos, si se detiene el equipo, etc. Si se tratase de dispositivos de seguridad,

debe detallarse que sucedería si fallase el dispositivo protegido mientras el dispositivo de seguridad se encuentra en estado de falla.

- En que forma la falla supone una amenaza para la seguridad o el medio ambiente: Debe señalarse la manera en que pueda lesionarse o morir alguna persona o infringir alguna normativa o reglamento relativo al medio ambiente como consecuencia de una falla.
- Las maneras en que afecta a la producción o a las operaciones: Debe indicarse cómo y cuánto afecta, ya sea por parada de máquina o varias de ellas, interrupción líneas de proceso, etc.
- Los daños físicos causados por la falla: Cuantificar los daños.
- Que debe hacerse para reparar la falla: Cuales son las medidas correctivas a tomar para repararla.

3.6.6. Consecuencias de fallas

Determinadas las funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla, lo siguiente en el desarrollo y aplicación de la metodología RCM es preguntar cómo y cuánto importa cada falla. Así se detalla entonces la consecuencia de la falla para poder decidir un tratamiento adecuado para la misma. RCM clasifica las consecuencias de las fallas en cuatro grupos, así:

a) Consecuencias de las fallas no evidentes: Las fallas que no son evidentes no tienen impacto directo, pero exponen a la organización a otras fallas con consecuencias serias, a menudo catastróficas. Un punto fuerte del RCM es la forma en que trata las fallas que no son evidentes, primero reconociéndolos como tales, en segundo lugar otorgándoles una prioridad muy alta y finalmente adoptando un acceso simple, práctico y coherente con relación a su mantenimiento.

b) Consecuencias en la seguridad y el medio ambiente: Una falla tiene consecuencias sobre la seguridad si puede afectar físicamente a alguien. Tiene consecuencias sobre el medio ambiente si infringe las normas gubernamentales

relacionadas con el medio ambiente. RCM considera las repercusiones que cada falla tiene sobre la seguridad y el medio ambiente, y lo hace antes de considerar la cuestión del funcionamiento. Pone a las personas por encima de la problemática de la producción.

c) Consecuencias Operacionales: Una falla tiene consecuencias operacionales si afecta la producción (capacidad, calidad del producto, servicio al cliente o costos industriales en adición al costo directo de la reparación). Estas consecuencias cuestan dinero, y lo que cuesten sugiere cuanto se necesita gastar en tratar de prevenirlas.

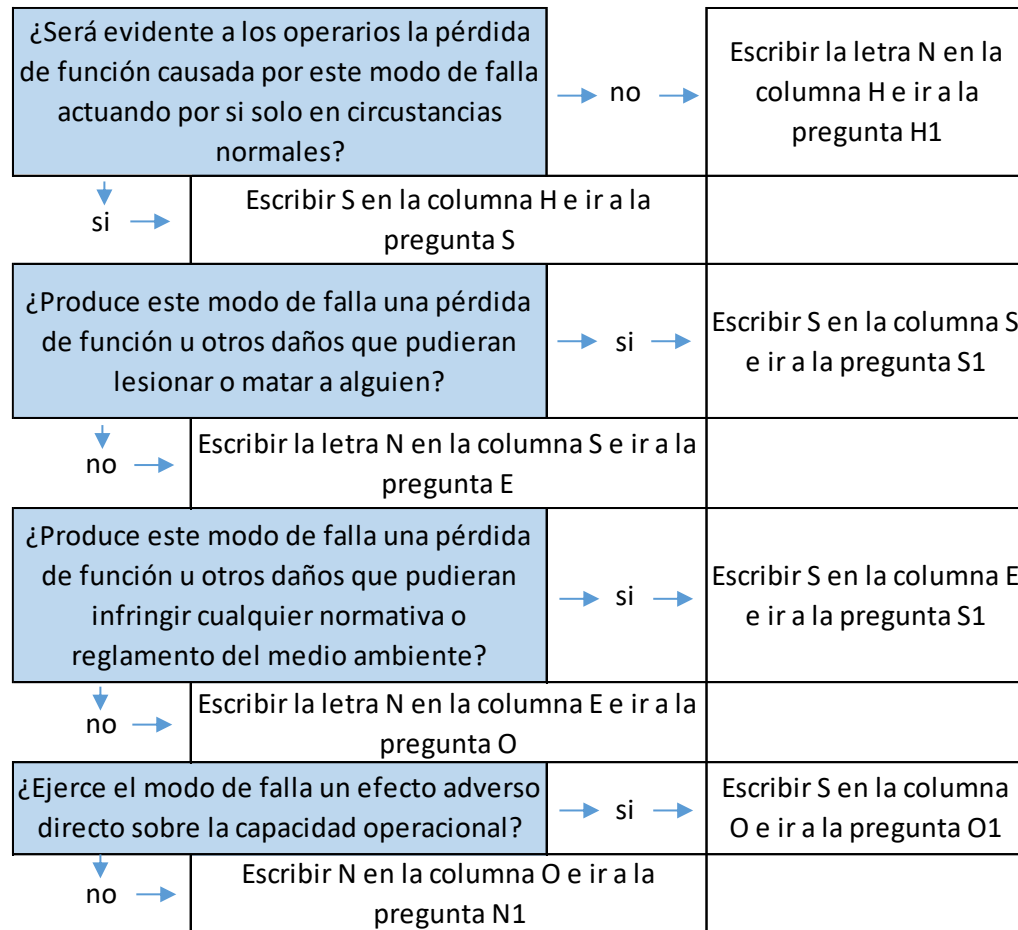
d) Consecuencias que no son operacionales: Las fallas evidentes que caen dentro de esta categoría no afectan ni a la seguridad ni a la producción, por lo que el único gasto directo es el de la reparación.

3.6.7. Evaluación de consecuencias de fallas

La evaluación de las consecuencias se realiza respondiendo preguntas concernientes a las consecuencias de cada modo de falla, clasificando las fallas en base a sus consecuencias. Hacer esto separa las fallas ocultas de las fallas evidentes y ordena las consecuencias en orden de importancia decreciente.

Se utilizarán las letras H, S, E, O en la evaluación de las consecuencias de las fallas. La siguiente figura resuelve la evaluación de las consecuencias:

Figura 10 CONSECUENCIAS DE FALLAS



3.6.8. Hoja de decisiones

La hoja de decisiones resume la evaluación de consecuencias de fallas respondiendo las preguntas de la figura 10. Seguido de cuatro (4) columnas más, correspondiente a la factibilidad técnica de las tareas a proponer.

Figura 11 RESPUESTAS EVALUACION DE CONSECUENCIAS

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				
F	FF	MF	H	S	E	O	
1	B	1	N				UNA FALLA OCULTA
3	A	4	S	S			CONSECUENCIAS PARA LA SEGURIDAD
2	C	3	S	N	S		CONSECUENCIAS PARA EL MEDIO AMBIENTE
3	C	2	S	N	N	S	CONSECUENCIAS OPERACIONALES
1	A	2	S	N	N	N	CONSECUENCIAS NO OPERACIONALES

La columna titulada H1/S1/O1/N1 es utilizada para registrar si se pudo encontrar una tarea a condición apropiada para anticipar el modo de falla a tiempo como para evitar las consecuencias.

La columna titulada H2/S2/O2/N2 es utilizada para registrar si se pudo encontrar una tarea de reacondicionamiento cíclico apropiada para prevenir las fallas.

La columna titulada H3/S3/O3/N3 es utilizada para registrar si se pudo encontrar una tarea de sustitución cíclica para prevenir las fallas.

En cada caso, una tarea sólo es apropiada si merece la pena realizarla y si es técnicamente factible.

Para que una tarea sea técnicamente factible y merezca la pena realizarla, debe ser posible dar una respuesta positiva a todas las preguntas que detalla el diagrama que se presentara a continuación, que se aplican a ésta categoría de tareas, y la tarea debe responder al criterio de “merece la pena ser realizada” desde el mismo diagrama. Si la respuesta a cualquiera de estas preguntas es negativa o se desconoce, entonces se rechaza la tarea totalmente.

Figura 12 FACTIBILIDAD DE TAREAS

H1	H2	H3	
S1	S2	S3	
O1	O2	O3	
N1	N2	N3	
S			¿Es técnicamente factible realizar una tarea a condición para reducir la frecuencia de la falla?
N	S		¿Es técnicamente factible una tarea de reacondicionamiento cíclico para reducir la frecuencia de la falla?
N	N	S	¿Es técnicamente factible una tarea de sustitución cíclica para reducir la frecuencia de la falla?

Finalmente, se asignan las tareas correspondientes a cada falla y se deja en evidencia el responsable de ejecutarla así como su periodicidad.

3.7. APLICATIVOS MÓVILES

También llamadas apps, están presentes en los teléfonos desde hace tiempo; de hecho, ya estaban incluidas en los sistemas operativos de Nokia o Blackberry años atrás. En esencia, una aplicación no deja de ser un software. Para entender un poco mejor el concepto, podemos decir que las aplicaciones son para los móviles lo que los programas son para los ordenadores de escritorio.⁷ Un aplicativo móvil es una aplicación informática diseñada para ser ejecutada en teléfonos inteligentes, tabletas y otros dispositivos móviles y que permite al usuario efectuar una tarea concreta de cualquier tipo, profesional, de ocio, educativas, de acceso a servicios, etc. Facilitando las gestiones o actividades a desarrollar.

⁷ CUELLO, Javier; VITTONI, José. Diseñando apps para móviles. Primera edición. Edición: Catalina Duque Giraldo, 2013. 261 p.

Por lo general, se encuentran disponibles a través de plataformas de distribución, operadas por las compañías propietarias de los sistemas operativos móviles como Android, iOS, BlackBerry OS, Windows Phone, entre otros. Al ser aplicaciones residentes en los dispositivos están escritas en algún lenguaje de programación compilado, y su funcionamiento y recursos se encaminan a aportar una serie de ventajas tales como:

- Un acceso más rápido y sencillo a la información necesaria sin necesidad de los datos de autenticación en cada acceso.
- Un almacenamiento de datos personales que, a priori, es de una manera segura.
- Una gran versatilidad en cuanto a su utilización o aplicación práctica.
- La atribución de funcionalidades específicas.
- Mejorar la capacidad de conectividad y disponibilidad de servicios y productos.

3.8. LENGUAJES Y HERRAMIENTAS DE PROGRAMACIÓN

3.8.1. HTML – HyperText Markup Language

Lenguaje compuesto de una serie de marcas o etiquetas que permiten definir el contenido y la apariencia de las páginas web. Aunque se basa en el estándar SGML⁸, no se puede considerar que se un subconjunto de él. W3C se encarga de su estandarización.

⁸ SGML – Standard Generalized Markup Language es un lenguaje que permite organizar y etiquetar los distintos elementos que componen un documento. Se emplea para manejar grandes documentos que sufren constantes revisiones y se imprimen en distintos formatos e idiomas. Desarrollado y estandarizado por ISO en 1986.

3.8.2. JavaScript

JavaScript es un lenguaje de scripts, interpretado, multiplataforma y parcialmente orientado a objetos. Fue creado por Netscape específicamente para su uso en el desarrollo de sitios web. Actualmente es un estándar mantenido por el ECMA⁹. El código JavaScript puede enlazarse o añadirse a las páginas web proporcionando un control total y dinámico sobre ellas. Además, también permite controlar “hasta cierto punto” las aplicaciones que lo ejecutan, habitualmente navegadores.

3.8.3. PHP

PHP es un lenguaje de "código abierto" interpretado, de alto nivel, embebido en páginas HTML y ejecutado en el servidor. Es usado para la creación de aplicaciones para servidores, o creación de contenido dinámico para sitios web. Su interpretación y ejecución se da en el servidor web, en el cual se encuentra almacenado el script, y el cliente sólo recibe el resultado de la ejecución. Permite la conexión a diferentes tipos de servidores de bases de datos tales como MySQL, Postgres, Oracle, ODBC, DB2, Microsoft SQL Server, Firebird y SQLite. PHP también tiene la capacidad de ser ejecutado en la mayoría de los sistemas operativos tales como UNIX (y de ese tipo, como Linux o Mac OS X) y Windows, y puede interactuar con los servidores de web más populares ya que existe en versión CGI, módulo para Apache, e ISAPI.

Ventajas

- Alto rendimiento
- Bajo coste
- Interfaces para una gran cantidad de sistemas de base de datos
- Facilidad de aprendizaje y uso
- Portabilidad

⁹ ECMA - European Computer Manufacturers Association es una organización internacional basada en el desarrollo de estándares para la comunicación y la información.

- Acceso al código abierto
- Gran variedad de funciones integradas

3.8.4. MySQL

MySQL es el sistema de administración de bases de datos (Database Management System, DBMS) más popular, desarrollado y proporcionado por MySQL AB. Es un sistema de gestión de base de datos relacional, multihilo y multiusuario. MySQL fue escrito en C y C++ y destaca por su gran adaptación a diferentes entornos de desarrollo, permitiendo su interacción con los lenguajes de programación más utilizados como PHP, Perl y Java y su integración en distintos sistemas operativos.

También es muy destacable, la condición de open source de MySQL, que hace que su utilización sea gratuita e incluso se pueda modificar con total libertad, pudiendo descargar su código fuente. Esto ha favorecido muy positivamente en su desarrollo y continuas actualizaciones, para hacer de MySQL una de las herramientas más utilizadas por los programadores orientados a Internet. Según las cifras del fabricante, existirían más de seis millones de copias de MySQL funcionando en la actualidad, lo que supera la base instalada de cualquier otra herramienta de bases de datos.

Características MySQL

- Velocidad. MySQL es rápido.
- Facilidad de uso. Es un sistema de base de datos de alto rendimiento pero relativamente simple y es mucho menos complejo de configurar y administrar que sistemas más grandes.
- Coste. Es gratuito.
- Capacidad de gestión de lenguajes de consulta. MySQL comprende SQL, el lenguaje elegido para todos los sistemas de bases de datos modernos.
- Capacidad. Pueden conectarse muchos clientes simultáneamente al servidor. Los clientes pueden utilizar varias bases de datos simultáneamente.

Además, está disponible una amplia variedad de interfaces de programación para lenguajes como C, Perl, Java, PHP y Python.

- Conectividad y seguridad. MySQL está completamente preparado para el trabajo en red y las bases de datos pueden ser accedidas desde cualquier lugar de Internet. Dispone de control de acceso.
- Portabilidad. MySQL se puede utilizar en una gran cantidad de sistemas Unix diferentes así como bajo Microsoft Windows.
- Distribución abierta. Puede obtener y modificar el código fuente de MySQL.

¿Qué es SQL?

SQL equivale a lenguaje de consulta estructurado. Se trata del lenguaje estándar para acceder a los sistemas de administración de bases de datos. Se utiliza para almacenar y consultar datos desde y hasta una base de datos. SQL se utiliza en sistemas de base de datos como MySQL, Oracle, Postgre SQL, Sybase y Microsoft SQL Server entre otros.

3.8.5. CSS

Tecnología empleada en la creación de páginas web, permite un mayor control sobre el lenguaje HTML. Permite crear hojas de estilo que definen como cada elemento, como por ejemplo los encabezados o los enlaces, se tiene que mostrar. El término “en cascada” indica que diferentes hojas de estilo se pueden aplicar sobre la misma página. CSS ha sido desarrollada por W3C.

Ventajas

- Control centralizado de la presentación de un sitio web completo con lo que se agiliza de forma considerable la actualización del mismo.
- Los navegadores web permiten a los usuarios especificar su propia hoja de estilo local que será aplicada a un sitio web, con lo que aumenta considerablemente la accesibilidad.

- Una página puede disponer de diferentes hojas de estilo según el dispositivo que la muestre o incluso a elección del usuario.
- El documento HTML en sí mismo es más claro de entender y se consigue reducir considerablemente su tamaño.

4. DIAGNÓSTICO

Haciendo uso de la academia, se hace una visita de inspección y valoración de la empresa, realizando un estudio que permita la emisión de un diagnóstico correspondiente a la gestión de mantenimiento actual de la empresa GUAYALRES LTDA. El cual tiene como objetivo principal identificar las debilidades y limitaciones que tiene el proceso en la planta de producción para así optimizar dicha gestión mediante las metodologías más adecuadas.

Como se ha mencionado en los objetivos específicos del proyecto, se busca primeramente determinar los equipos críticos dentro de la planta, optimizar las frecuencias de los mantenimientos preventivos de dichos equipos críticos y aplicar la metodología RCM haciendo uso de un aplicativo móvil a fin de mejorar la gestión actual de mantenimiento.

4.1. ANÁLISIS DE CRITICIDAD EN ACTIVOS

A fin de realizar un trabajo eficiente, se hace uso de este análisis basado en la metodología de factores ponderados a fin de tratar los equipos más influyentes en la gestión de mantenimiento, es decir, aquellos que presentan mayor número de fallos y frecuencias de fallo; de igual manera, equipos que presenten un mayor impacto tanto en la producción general de la planta como en costos.

Basados en la tabla 1, se plantea el siguiente formato de evaluación de criticidad en la planta de la empresa y se calcula la consecuencia y la criticidad total por medio de las siguientes ecuaciones:


ECUACIÓN 2. CONSECUENCIA

$$\text{Consecuencia} = (\text{Impacto operacional} * \text{Flexibilidad operacional}) + \text{Costo de mantenimiento} \\ + \text{Impacto en seguridad, ambiente e higiene}$$

ECUACIÓN 3. CRITICIDAD TOTAL

*Criticidad total = Frecuencia de falla * Consecuencia*

Tabla 2 FORMATO CRITICIDAD

Equipo:		Elaboró:	J. Pimiento; F. Poveda	
Código:		Fecha:	15/12/2017	
FRECUENCIA DE FALLAS				
Pobre: mayor a 2 fallas por año		4		
Promedio: 1-2 fallas por año		3		
Buena: 0,5-1 fallas por año		2		
Excelente: menos de 0,5 fallas por año		1		
IMPACTO OPERACIONAL				
Pérdida de todo el despacho		10		
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas		7		
Impacta en niveles de inventario o calidad		4		
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción		1		
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL				
No existe opción de producción y no hay función de repuesto		4		
Hay opción de repuesto compartido/Almacén		2		
Función de repuesto disponible		1		
COSTO DE MANTENIMIENTO				
Mayor o igual al 5% del costo del equipo		2		
Inferior al 5% del costo del equipo		1		
IMPACTO EN SEGURIDAD, AMBIENTE E HIGIENE				
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación ante externos de la organización		8		
Afecta el ambiente/Instalaciones		7		
Afecta las instalaciones causando daños severos		5		
Provoca daños menores (ambiente-seguridad)		3		
No provoca ningún daño a personas, instalaciones o ambientes		1		
VALOR DE CRITICIDAD				

Fuente: Autores.

Se procede entonces a realizar el llenado del formato en archivo Excel basado en las evidencias proporcionadas por la administración de la empresa para las diecisiete (17) máquinas comprendidas en el inventario de la planta de

GUAYALRES LTDA. Con el cual se genera la matriz de criticidad a fin de determinar los equipos a tratar. Para el caso de estudio se tendrán las ponderaciones:

- [4-24] NC: No crítico, son equipos que en el caso de falla no repercutirán. Dichos equipos pueden estar sometidos a un plan de mantenimiento correctivo y se excluirán del sistema de información para la gestión de mantenimiento.
- [25-58] MC: Media criticidad, son equipos que en caso de fallar afectan levemente el sistema productivo, ya sea en la calidad del producto o en la eficiencia del proceso, pero permiten lapsos relativamente largos para reparar la avería. Dichos equipos serán incluidos dentro del plan de mantenimiento preventivo.
- [60-200] C: Crítico, son equipos que al fallar ocasionan el paro de la cadena productiva o de un subsistema y por lo tanto su reparación es de carácter urgente. Dichos equipos serán incluidos dentro del plan de mantenimiento preventivo. Se sugiere elaborar formatos de criticidad por activo, ver Tabla 2.¹⁰

Figura 13 MATRIZ DE CRITICIDAD

FRECUENCIA	4	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100	104	108	112	116	120	124	128	132	136	140	144	148	152	156	160	164	168	172	176	180	184	188	192	196	200		
	3	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	81	84	87	90	93	96	99	102	105	108	111	114	117	120	123	126	129	132	135	138	141	144	147	150		
	2	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100		
	1	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50		
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50		
	CONSECUENCIA																																																	

Fuente: Autores.

¹⁰ BORRÁS P., Carlos. Ingeniería de mantenimiento. Análisis de criticidad en activos. 2015.

Tabla 3 ANÁLISIS DE CRITICIDAD

ANÁLISIS DE CRITICIDAD								
CÓDIGO	EQUIPO	F.F	I.O	F.O	C.M	I.S.A.H	C	C.T
MEC-016	JINN FA 42AB	4	7	2	2	3	19	76
MEC-001	JINN FA 52	4	7	2	2	3	19	76
MEC-004	DOOSAN	4	4	4	2	3	21	84
MEC-016	DOOSAN 2	4	4	4	2	3	21	84
MEC-015	JINN FA 20A	4	7	2	2	3	19	76
MEC-006	COMPRESOR	2	1	1	1	1	3	6
	RESORTADORA	2	4	2	1	1	10	20
MEC-012	ROSCADORA	2	4	2	1	3	12	24
MEC-009	AFILADORA	1	1	1	1	3	5	5
TRO-001	TROQUELADORA 1	2	4	2	1	3	12	24
TRO-002	TROQUELADORA 2	2	4	2	1	3	12	24
TRO-003	TROQUELADORA 3	2	4	2	1	3	12	24
TRO-004	TROQUELADORA 4	2	4	2	1	3	12	24
MAT-001	FRESA KONDOR	2	7	2	2	3	19	38
MAT-006	EROSIONADORA	1	4	1	1	7	12	12
ALM-001	MONTACARGA	2	1	2	2	1	5	10
SOL-001	EQUIPO DE SOLDADURA	1	1	1	1	1	3	3

Fuente: Autores.

Tras realizar el análisis de criticidad se concluye lo siguiente:


- Se observan cinco (5) equipos críticos dentro de la planta, los cuales corresponden en su totalidad a los tornos de control numérico, por lo cual serán el foco principal del desarrollo de la mejora en la gestión de mantenimiento.
- Se encuentra un (1) equipo de media criticidad, refiriéndose a una fresa kondor de naturaleza convencional. A estos equipos se recomienda seguir a cabalidad el formato de mantenimiento preventivo que se les realiza normalmente para evitar aumentar su criticidad en un futuro.

5. OPTIMIZACIÓN MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Dentro de lo observado en la visita a la planta, se denota como factor importante a corregir en la gestión de mantenimiento preventivo la falta de fundamento en los tiempos estipulados para realizar las tareas de mantenimiento, esto debido a que se labora de manera arbitraria para todas las máquinas en general, haciendo las labores inscritas en la inspección del mantenimiento preventivo diariamente y/o semanalmente según corresponda, aunque existen casos especiales como los cambios de aceites, refrigerantes, filtros y acciones correctivas que serán descritos de manera particular. Aun así, no existe un control directo de la realización de las labores de mantenimiento preventivo, esto debido a la no organización ni programación del mismo por parte de los encargados del mantenimiento de la planta.

Lamentablemente la empresa no posee un departamento de mantenimiento como tal, no hay un inventario de repuestos ni el personal a cargo tiene el conocimiento ni la tarea de ejercer reparación sobre los equipos, especialmente los de control numérico; se tiene entonces un encargado de notificar y registrar los fallos, informando de estos a la administración y de igual modo gestionando la subcontratación externa del mantenimiento contando con los siguientes proveedores de mantenimiento.

Tabla 4 PROVEEDORES SERVICIO MANTENIMIENTO

 Lista de Proveedores Servicio de Mantenimiento						
PROVEEDOR	DIRECCION	TELEFONO	FAX	CORREO ELECTRONICO	CONTACTO	ACTIVIDAD
CNC SERVICIO S.A	CLL 22D # 87C-61	4701654	4709752	Cncservicio@etb.net.co		EMPRESA DE MANTENIMIENTO
IMOCOM	CLL 17 # 50-24	4137755	2624962	IMOCOM@IMOCOM.COM.CO		PROVEEDOR DE SERVICIOS Y MAQUINAS
COMPRESOR AWP		3164741579				SERVICIO TECNICO 24H
IHN LTDA	CR 59 15 37	5718505		info@ihnsas.com		MANTENIMIENTOS

Fuente: GUAYALRES LTDA.

Realizar un mantenimiento preventivo adecuado da menores posibilidades de que el equipo falle, es importante definir el tiempo necesario entre mantenimientos, razón por la cual se realiza esta optimización del mantenimiento preventivo, adaptado a las cinco (5) máquinas críticas de la empresa para las cuales el tiempo actual es de un día, es decir se realiza la rutina de mantenimiento diariamente.

Las labores de mantenimiento e inspección para los tornos CNC de la planta (críticos) se dividen en siete (7) instructivos a cumplir, los cuales son:

1. Verificar
 - a. Verificar funcionamiento de la máquina
 - b. Hacer back up de parámetros e información importante
2. Mantenimiento mecánico
 - a. Limpiar: motor husillo, husillo, servo motores, torreta, ventiladores, ductos de refrigeración, sistema de lubricación, guías lineales, tornillos de bolas, guardas, contrapunta, tool setting.
 - b. Mantenimiento y engrase de la copa
 - c. Cambio de aceite hidráulico y filtro
 - d. Cambio de aceite de lubricación y filtro
 - e. Cambio de aceite de refrigeración del husillo
 - f. Cambio de refrigerante de corte
3. Inspección detallada
 - a. Determinar piezas y partes a cambiar
4. Mantenimiento eléctrico y electrónico
 - a. Limpiar gabinetes eléctrico y electrónico
 - b. Limpiar panel de control
5. Sistema de lubricación
 - a. Verificar puntos de lubricación de tornillos y guías lineales
6. Ajustes generales
 - a. Alinear husillos, torreta y contrapunta
 - b. Ajustar tornillos: guía, lineales, husillo, torreta y contrapunta

- c. Engrasar puntos que lo requieran
- d. Nivel maquina
- e. Ajustar backalas

7. Mantenimiento correctivo

- a. Mantenimiento válvulas y ajustes presión sistema receptor de piezas
- b. Mantenimiento ajuste conexión contactor del extractor de viruta
- c. Ajustar correas
- d. Cambiar banda extractora de piezas

Como se ha mencionado ya, a excepción del numeral dos (2) C, D, E, F. La optimización del tiempo de esta rutina de mantenimiento es necesaria para hacer el correcto mantenimiento preventivo, según el indicador de confiabilidad que será calculado a continuación.

5.1. ANÁLISIS DE WEIBULL

El análisis de Weibull nos permitirá estimar el tiempo correspondiente a cada equipo para la realización de su mantenimiento, los datos que son requeridos para su cálculo han sido suministrados en forma física por parte de la administración de GUAYALRES LTDA. Se recolectan las copias de los históricos de mantenimientos de las cinco (5) máquinas críticas correspondientes a los tornos JINN y DOOSAN, en los cuales mediante registros llenados a mano se hace constancia de cada uno de los fallos presentados desde la compra de cada equipo.

El procedimiento por equipo comienza con el cálculo del MTBF (Mean time between failures) que es la medida promedio entre cada falla, las cuales son organizadas posteriormente en orden de menor a mayor tiempo, el tiempo tomado es en días. Como segundo paso, se calcula la mediana de cada uno de los datos anteriores, para lo cual se utiliza la ecuación 4.

ECUACIÓN 4. MEDIANA

$$\text{Median rank} = F(t) = \left(\frac{i - 0.3}{N + 0.4} \right)$$

Donde i es el dato i -ésimo y N es el número total de datos.

Para el estudio se requieren dos parámetros principales, los cuales son β y η , factor de forma y factor característico correspondientemente. Se resuelven esos valores mediante la construcción de una gráfica y haciendo uso de la regresión lineal con método de mínimos cuadrados, donde beta es la pendiente resultante y eta es el intercepto con el eje X.

Entonces tenemos una gráfica de logaritmos naturales comportándose como una recta de la manera $Y=mX+b$, de la siguiente forma:

ECUACIÓN 5. WEIBULL.

$$\text{Ln} \left(\text{Ln} \left(\frac{1}{1 - F(t)} \right) \right) = \beta * \text{Ln}(t) - \beta * \text{Ln}(\eta)$$

Para la construcción de la gráfica y valor de la confiabilidad, tenemos la siguiente ecuación:

ECUACIÓN 6. CONFIABILIDAD.

$$R(t) = e^{-(\frac{t}{\eta})^\beta}$$

Se hace el procedimiento para las máquinas críticas, dejando evidencia en los anexos de este documento. Los resultados correspondientes al análisis de Weibull se presentan en la tabla 5, haciendo la previa claridad de hacer uso del criterio de cálculo de frecuencia optima de mantenimiento para un ochenta y cinco por ciento (85%) de confiabilidad requerida para los equipos, valor consensado por la administración de la empresa y los autores.

Tabla 5 RESULTADOS WEIBULL

EQUIPO	β	η	ρ	OPTIMIZACIÓN TIEMPO MANTENIMIENTO PREVENTIVO	OBSERVACIONES
JINN-FA-42AB	0,9791	30,6093	0,9231	4,79 DIAS--> 5 DIAS	Máquina con mortalidad infantil, comportamiento inminente de periodo de vida útil (Fallos aleatorios)
DOOSAN	0,7182	47,9601	0,8979	3,83 DIAS--> 4 DIAS	Máquina con mortalidad infantil, presenta gran cantidad de fallos normales
DOOSAN 2	0,6395	51,5611	0,8947	3,09 DIAS--> 3 DIAS	Máquina con mortalidad infantil, edad temprana, presenta gran cantidad de fallos normales
JINN-FA-20A	1,2055	229,4465	0,9621	50,82 DIAS--> 51 DIAS	Máquina con envejecimiento prematuro, tratar con revisión preventiva sistemática
JINN-FA-52	0,7981	92,7361	0,9619	9,63 DIAS--> 10 DIAS	Máquina con mortalidad infantil, presenta mayor rango de tiempo entre fallas

Fuente: Autores.

Debido al resultado del torno JINN-FA-20A (Envejecimiento prematuro o desgaste), se debe tener cuidado especial, ya que en esta zona el equipo comenzará a fallar con frecuencias cada vez más pequeñas, ya que sus fallos crecen de manera exponencial.

Lamentablemente se ha demostrado que en la actualidad la etapa final no es tan confiable, en ella el tipo de intervención a realizar ya no es preventiva sino más bien modificativa. Para definir un plan de mantenimiento eficiente que optimice los niveles preventivo correctivo, y la relación resultado-costo el departamento de mantenimiento deber tener presente algunos aspectos relacionados con el funcionamiento del equipo, como las recomendaciones del fabricante en la etapa inicial, la experiencia propia en el contacto durante la operación o en la reparación propiamente dicha, teniendo el estudio histórico del mismo, finalmente debe ser cuidadoso de los cambios que se presentan a medida que pasa el tiempo y el equipo

envejece, ya que las fallas sistemáticas pueden no ser las mismas.¹¹ Por esto, se ajusta el resultado y se reduce su tiempo óptimo a la mitad en cooperación con la experiencia de los operarios, con el fin de evitar este comportamiento no deseado. El valor correspondiente a este tiempo es de 25,41 días, fijando este valor a 25 días. Esta medida se toma por desconocimiento del comportamiento del equipo en la zona de vida útil, siendo lo recomendado volver a este punto.

¹¹ BORRÁS P., Carlos. Ingeniería de mantenimiento. Material docente. Bucaramanga: UIS, 2015. P.34.

6. APLICACIÓN RCM

En la mayoría de los casos, la visión tradicional del mantenimiento se basa en la creencia de que todas las fallas son malas y deben evitarse. Sin embargo, esto es prácticamente irreal desde dos ángulos. En primer lugar, desde un punto de vista puramente técnico, a menudo no es factible evitar fallas. En segundo lugar, incluso si uno pudiera prevenir o anticipar todas las fallas, sería un costo prohibitivo. Por lo tanto, es necesario contar con un marco que pueda reducir las tareas de mantenimiento de rutina a un mínimo sostenible sin afectar el desempeño de la planta, la calidad del producto, la seguridad o la integridad ambiental. RCM proporciona una red que permite a los usuarios responder a estos desafíos de forma rápida y sencilla.

La aplicación de la metodología RCM se efectúa bajo los parámetros descritos a lo largo del numeral 3.6. De este documento, realizando un análisis profundo en los equipos que permita la completa identificación de los modos de falla más ocurrentes y propensos a causar una falla funcional del sistema, evaluando los efectos que se generen a raíz de los mismos.

La aplicación de esta metodología se hace efectiva en los cinco (5) equipos críticos que arrojó previamente el análisis de criticidad en los activos de la planta de GUAYALRES LTDA.

6.1. SISTEMAS Y SUBSISTEMAS

El estudio comienza con la definición de los sistemas y subsistemas de interés para la aplicación del RCM. Para el caso, todos los equipos son tornos de control numérico (CNC) por lo cual se hace un análisis general de los sistemas, subsistemas y componentes encontrados en dichos equipos, debido a que por su diseño y origen de fabricación son altamente semejantes entre sí.

Tabla 6 SISTEMAS Y SUBSISTEMAS

SISTEMA	SUBSISTEMAS	COMPONENTES
TORNO CNC	SUBSISTEMA DE SOPORTE	ESTRUCTURA O CHASIS
		BASTIDOR DE LA MAQUINA
		BANCADA DE LA MAQUINA
	SUBSISTEMA DE POSICIONAMIENTO	GUIAS LINEALES DE DESPLAZAMIENTO
		HUSILLO
		MOTOR DEL HUSILLO
		TORRETA PORTAHERRAMIENTAS
		MOTOR DEL PORTAHERRAMIENTAS
	SUBSISTEMA DE HIDRAULICO	MOTOBOMBA DE LUBRICACION
		RECIPIENTE DEL ALMACENAMIENTO DEL FLUIDO HIDRAULICO
		FILTRO DE ACEITE
		UNIDAD DE LUBRICACION AUTOMATICA
		VALVULAS
	SUBSISTEMA DE REFRIGERACION	MOTOBOMBA DE REFRIGERACION
		VALVULAS SELENOIDES
		RECIPIENTE DEL ALMACENAMIENTO DEL FLUIDO DE REFRIGERACION
	SUBSISTEMA DE NEUMATICO	ELECTROVALVULAS
		UNIDAD NEUMATICA
		PISTOLA DE AIRE
		FILTRO DE AIRE
	SUBSISTEMA DE CONTROL	SOFTWARE DE CONTROL
		TARJETA DE CONTROL
		CONTROLADORES (DRIVERS)
		TARJETA DE INTERFACE
		SENSORES
	SUBSISTEMA DE TRANSPORTADOR DE VIRUTAS	TRANSPORTADOR DE VIRUTAS
		CUBO DE VIRUTAS
SUBSISTEMA DE ALIMENTACION	ALIMENTADOR	
SUBSISTEMA DE SEGURIDAD	BOTON PARADA DE EMERGENCIA	
	PUERTA AUTOMATICA	
SUBSISTEMA ELECTRICO	CABINA	
	CONEXIONES ELECTRICAS	
	FUSIBLES	
	UNIDAD ELECTRICA	

Fuente. Autores.

6.2. APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)

Un fallo es la incapacidad de un ítem para cumplir alguna de sus funciones. Por ello, si se realiza correctamente la fase anterior, la identificación de los sistemas y subsistemas, es muy fácil determinar los fallos. Un fallo es pues la anti función, la

falta de cumplimiento de una especificación técnica o de una de sus funciones generales.


Los fallos a su vez pueden ser de varios tipos. Pueden ser fallos totales, en los que la función se pierde totalmente (el ítem no funciona en absoluto) o fallos parciales, en los que el ítem en estudio funciona pero no alcanza su especificación. La importancia de distinguir uno y otro caso reside en que al analizar los modos de fallo o causas, y al analizar la gravedad de estos fallos, puede haber diferencias entre que el fallo sea total o que sea parcial.

Los fallos son una consecuencia. Lo importante en RCM no es identificar la consecuencia, que es el fallo, sino sus causas, para analizar posteriormente la gravedad de esta consecuencia la probabilidad de que se produzca y la facilidad para su detección, y de acuerdo con ello, adoptar medidas preventivas que eviten las causas que provocan los fallos. Por desgracia, la metodología utilizó la palabra 'modo de fallo' para referirse las causas de los fallos, haciendo que el término, que sería perfectamente intuitivo si se hubiera utilizado la palabra 'causa', genere dudas sobre su significado.

Los modos de fallo no son otra cosa pues que las diversas causas que generan los fallos. Una especificación está asociada a una sola función, y una función está relacionada con uno, dos o a lo sumo tres fallos. Pero cada modo de fallo puede tener múltiples causas, incluso más de 200, lo que complica la aplicación de la metodología RCM.


Para esto, se elabora una serie de plantillas soporte de información según corresponda a cada sistema y subsistema conteniendo funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de las fallas encontradas en el estudio.

Tabla 7 AMEF SOPORTE

		ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS				
HOJA DE INFORMACION						
SISTEMA: TORNO CNC			SISTEMA N°: 1		HOJA #: 1/10	
			FACILITADORES: JAVIER PIMIENTO, FELIPE POVEDA			
SUBSISTEMA: DE SOPORTE			SUBSISTEMA N°: 1		REVISADO POR:	
F	FUNCION	FF	FALLA FUNCIONAL	MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA
1	<p>Este subsistema es el encargado de soportar y contener todos los elementos que hacen parte del ensamble del torno en su totalidad.</p> <p>Este subsistema es el encargado de resistir todos los esfuerzos relacionados con vibraciones.</p>	A	Exceso de vibración de la máquina.	1	Soportes de la máquina fallan.	Con esfuerzos excesivos los soportes que estan encargados de la estabilidad de la maquina herramienta pueden fallar, generando daños en otros componentes pertenecientes a otros subsistemas, que algunas veces puede llegar a ser permanentes
2				Fisuras o agrietamiento en el chasis.	Al no encontrarse la maquina herramienta ubicada en sitios o ambientes adecuados para su optimo funcionamiento, factores como la corrosion o la mala manipulacion por parte de los operarios pueden llegar a ocasionar grietas en el chasis, lo que inevitablemente genera aumentos en la estabilidad de la maquina	
3				Desnivel en la máquina.	Ruidos fuertes y desproporcionados al momento de iniciar las operaciones de maquinado, son fallas que se presentan muy frecuentemente por la mala instalacion inicial de la maquina herramienta	


Fuente. Autores.

Tabla 8 AMEF POSICIONAMIENTO

		<h2 style="text-align: center;">ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS</h2>				
SISTEMA: TORNO CNC		HOJA DE INFORMACION		HOJA #: 2/10		
SUBSISTEMA: DE POSICIONAMIENTO		SISTEMA N°: 1		FACILITADORES: JAVIER PIMIENTO, FELIPE POVEDA		
SUBSISTEMA N°: 2		REVISADO POR:				
F	FUNCION	FF	FALLA FUNCIONAL	MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA
1	Este subsistema es el encargado junto con todos los elementos que lo componen de generar los recorridos de todas las herramientas y los movimientos de todos los carros, debido a la interacción de sus ejes en los diferentes planos de trabajo.	A	Falla en el husillo	1	Desconfiguración o daño total del sensor	Acarrea futuros daños en el motor, además la intermitencia en su funcionamiento conlleva una nueva configuración en los parámetros de maquinado, se puede generar un paro parcial en la producción para la instalación del nuevo.
				2	Desalineación y reposicionamiento del husillo	Se genera desgaste en el husillo por la interacción o contacto entre las superficies, posibles desajustes en la muñas de los ejes, posibles daños en algunos de los rodamientos y adicionalmente imperfecciones en las piezas o producto final del maquinado.
				3	Desajuste en la sujeción de la mordaza	Genera imperfecciones notorias al momento del mecanizado de las piezas ocasionando pérdida de material y pérdidas de producción.
				4	Falla en los motores	Genera paro permanente en el proceso de mecanizado puesto que se encarga del control de referencia y posicionamiento de los ejes de trabajo, así como el manejo de la mordaza y los carros en los diferentes planos. Algunas veces sus fallas se puede dar por recalentamiento y se puede llegar a reparar, y otras veces se tiene que cambiar completamente.
				5	Grietas o roturas en la correa del husillo	Se produce incorrecto funcionamiento del husillo ruido extraño y pérdidas de referencias.
		B	Falla en la torreta portaherramientas	1	Desconfiguración de los parámetros de ubicación de la herramienta	Ocasiona con alta frecuencia daño permanente en la herramienta de corte, adicionalmente variadas imperfecciones en las piezas mecanizadas.
				2	Falla en el sensor	Origina desconfiguración del conjunto de herramientas, generando fallas por el posible accionamiento tardío o prematuro del mismo.
				3	Descentrado y desalineación en la torreta portaherramientas	Acarrea daños permanentes en la torreta portaherramientas y cabezal motorizado, ocasionando principalmente problemas al momento de la ubicación de la herramienta de corte para los respectivos procesos de mecanizado.
				4	Falla en las válvulas	Ocasiona generalmente problemas al momento de realizar el cambio y selección del conjunto de herramientas, además imposibilita diferentes movimientos de la torreta portaherramientas.
				5	Falla en el motor	Genera paro permanente en el proceso de mecanizado puesto que se encarga del control del movimiento de la torreta portaherramientas, así como el manejo del conjunto de herramientas. Algunas veces sus fallas se puede dar por recalentamiento y se puede llegar a reparar sus rodamientos o embobinados, y otras veces se tiene que cambiar completamente.
		C	Falla en las guías lineales de desplazamiento	1	Falla en los piñones	Posibles desajustes o picaduras en los piñones del sistema de guías, interrupciones o fallas en desplazamiento de los carros.
				2	Falla en los rodamientos	Posibles desajustes o fallas en los rodamientos del sistema de guías, interrupciones en los desplazamiento de los carros.


Fuente. Autores.

Tabla 9 AMEF HIDRAULICO

		ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS				
		HOJA DE INFORMACION				
SISTEMA: TORNO CNC		SISTEMA N°: 1		HOJA #: 3/10		
		FACILITADORES: JAVIER PIMIENTO, FELIPE POVEDA				
SUBSISTEMA: HIDRAULICO		SUBSISTEMA N°: 3		REVISADO POR:		
F	FUNCION	FF	FALLA FUNCIONAL	MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA
1	Este subsistema es el encargado de mantener lubricados todos los elementos tales como husillos, guías lineales donde trabajan los carros longitudinales y transversales. Además de proporción de potencia a las diferentes bombas que se encargan del movimiento de actuadores y niveles de presión.	A	Falla en la motobomba	1	La bomba no succiona	Se genera alta fricción entre los componentes, o atascamiento entre los mismos debido a la baja lubricación, además de la alimentación hidráulica para los demás componentes del sistema.
				2	Baja presión	Por contaminación del fluido se puede generar vibraciones y sonidos inadecuados en la bomba, lo que puede generar cavitación o finalmente la destrucción de la misma.
				3	Desalineación de la motobomba	Altas presiones sobre la tubería que preside la motobomba causa separación en los acoples de la misma, se producen fugas y fallas inminentes en la motobomba.
				4	Desconfiguración o daño total del sensor	Acarrea futuros daños en la motobomba, además la intermitencia en su funcionamiento conlleva una nueva configuración en los parámetros de operación, se puede generar un paro parcial en la producción para la instalación del nuevo.
		B	Fugas en el sistema	1	Desgaste o rotura de mangueras y sellos	Se genera desgaste o roturas de las mangueras y sellos debido a las altas presiones generadas por el sistema, como también por obstrucciones o doblez en las mismas, lo que genera pérdidas de presión en los componentes a los que están conectados, y también el derrame del fluido que puede causar accidentes en los operarios.
				2	Desgaste o daños de acoples	Se genera desgaste o daños en los acoples debido a las altas presiones generadas por el sistema, como también por la mala manipulación de los mismos, lo que genera pérdidas de presión en los componentes a los que están conectados, y también el derrame del fluido que puede causar accidentes en los operarios.
		C	Falla en la unidad hidráulica	1	Daño o desconfiguración de válvulas	Se pueden generar descargas de alta presión y puede llegar a dañar componentes asociados, se deben realizar limpiezas e inspecciones permanentes.
				2	Taponamiento de filtros	Acarrea frecuentemente pérdidas de presión en los componentes, se debe cambiar con una buena periodicidad para evitar impurezas en el sistema.
		D	Falla en el recipiente de almacenamiento del fluido	1	Ruptura o fisura del tanque	Se pueden generar accidentes debido al derrame del fluido, esto puede llegar a ocasionarse por golpes o contaminación excesiva en el tanque, el fluido recircula por el sistema y puede llegar a contaminar otros componentes del mismo.


Fuente. Autores.

Tabla 10 AMEF REFRIGERACION

		ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS				
HOJA DE INFORMACION						
SISTEMA: TORNO CNC			SISTEMA N°: 1		HOJA #: 4/10	
SUBSISTEMA: REFRIGERACION			FACILITADORES: JAVIER PIMIENTO, FELIPE POVEDA			
SUBSISTEMA N°: 4			REVISADO POR:			
F	FUNCION	FF	FALLA FUNCIONAL	MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA
1	Este subsistema es el encargado de mantener inmejorables condiciones de temperatura para el maquinado, conservando la vida útil de las herramientas de corte, con el fin de obtener optimas calidades en el mecanizado durante el proceso de torneado.	A	Falla en la motobomba	1	La bomba no succiona	Acarrea futuros daños en la motobomba, además del detenimiento inmediato del proceso de maquinado.
				2	Baja presión	Por contaminación del fluido se puede generar vibraciones y sonidos inadecuados en la bomba, lo que puede generar cavitación o finalmente la destrucción de la misma.
				3	Desalineacion de la motobomba	Altas presiones sobre las tuberías que preside la motobomba causa separación en los acoples de la misma, se producen fugas y fallas inminentes en la motobomba.
				4	Desconfiguración o daño total del sensor	Acarrea futuros daños en la motobomba, además la intermitencia en su funcionamiento conlleva una nueva configuración en los parámetros de operación, se puede generar un paro parcial en la producción para la instalación del nuevo.
		B	Fugas en el sistema	1	Desgaste o rotura de mangueras y sellos	Se genera desgaste o roturas de las mangueras y sellos debido a las presiones generadas por el sistema, como también por obstrucciones o doblez en las mismas, lo que genera pérdidas de presión, y también el derrame del fluido que puede causar accidentes en los operarios.
				2	Desgaste o daños de acoples	Se genera desgaste o daños en los acoples debido a las presiones generadas por el sistema, como también por la mala manipulación de los mismos, lo que genera pérdidas de presión, y también derrame del fluido que puede causar accidentes en los operarios.
		C	Falla en las valvulas	1	Valvulas selenoide fallan	Puede ocasionar fallas en los componentes de refrigeración, debido al desgaste físico de la misma, además de interrupciones en el proceso de mecanizado.
		D	Falla en el recipiente de almacenamiento del fluido	1	Ruptura o fisura del tanque	Se pueden generar accidentes debido al derrame del fluido, esto puede llegar a ocasionarse por golpes o contaminación excesiva en el tanque, el fluido recircula por el sistema y puede llegar a contaminar otros componentes del mismo.


Fuente. Autores.

Tabla 11 AMEF NEUMATICO

		ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS				
HOJA DE INFORMACION						
SISTEMA: TORNO CNC			SISTEMA N°: 1		HOJA #: 5/10	
SUBSISTEMA: NEUMATICO			SUBSISTEMA N°: 5		REVISADO POR:	
F	FUNCION	FF	FALLA FUNCIONAL	MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA
1	Este subsistema es el encargado de poner en funcionamiento diferentes mecanismos accionados neumáticamente por medio del fluido conocido como aire.	A	Falla en la unidad neumatica	1	Baja presión	Por contaminación del fluido se puede generar vibraciones y sonidos inadecuados en la unidad, lo que puede generar daños permanentes en la misma.
				2	Taponamiento de filtros	Acarrea frecuentemente perdidas de presion en los componenetes, se debe cambiar con una buena periodicidad para evitar impurezas en el sistema.
				3	Mezcla de condensado y aire comprimido	Al fallar la purga automatica, una cantidad de agua fue arrastrada por el aire, perdiendose presion y posibles fallos en los actuadores que dependen del sistema.
		B	Falla en las valvulas	1	Electrovalvulas fallan	Puede ocasionar falla en los componentes neumaticos, debido al desgaste fisico de las mismas, ademas de interrupciones en el proceso de mecanizado.


Fuente. Autores.

Tabla 12 AMEF CONTROL

		ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS				
SISTEMA: TORNO CNC		SISTEMA N°: 1			HOJA #: 6/10	
SUBSISTEMA: DE CONTROL		FACILITADORES: JAVIER PIMIENTO, FELIPE POVEDA		SUBSISTEMA N°: 6		
SUBSISTEMA N°: 6		REVISADO POR:				
F	FUNCION	FF	FALLA FUNCIONAL	MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA
1	Este subsistema es el encargado de manejar todo tipo de señales que son enviadas a todos los actuadores instalados en la máquina, los cuales funcionan de acuerdo a la programación previamente instalada en la tarjeta de control.	A	Falla en la tarjeta de control	1	Desconfiguración de la tarjeta	Por sobrecargas de energía, malas conexiones o incorrecta utilización de la tarjeta se pueden generar fallas en los actuadores y sensores que dependen de la misma, generando paro inoportuno en el proceso de maquinado.
				2	Daño parcial o total en la tarjeta	Por sobrecargas de energía o incorrecta utilización de la tarjeta se pueden generar daños permanentes en la tarjeta, es quizás uno de los mas ctastroficos efectos en el proceso de mecanizado.
		B	Falla en el software	1	Desconfiguración en la programación	Ocasiona incorrectos procesos de mecanizado al igual que operaciones inadecuadas de los controladores del sistema.
		C	Falla en la tarjeta de interfaz	1	Desconfiguración de la tarjeta	Por sobrecargas de energía, malas conexiones o incorrecta utilización de la tarjeta se pueden generar fallas en los actuadores y sensores que dependen de la misma, generando paro inoportuno en el proceso de maquinado.
				2	Daño parcial o total en la tarjeta	Por sobrecargas de energía o incorrecta utilización de la tarjeta se pueden generar daños permanentes en la tarjeta, es quizás uno de los mas ctastroficos efectos en el proceso de mecanizado.


Fuente. Autores.

Tabla 13 AMEF TRANSPORTE DE VIRUTAS

		ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS				
HOJA DE INFORMACION						
SISTEMA: TORNO CNC			SISTEMA N°: 1		HOJA #: 7/10	
SUBSISTEMA: DE TRANSPORTE DE VIRUTAS			FACILITADORES: JAVIER PIMIENTO, FELIPE POVEDA			
SUBSISTEMA N°: 7			REVISADO POR:			
F	FUNCION	FF	FALLA FUNCIONAL	MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA
1	Este subsistema es el encargado de recoger y almacenar todos los desechos producidos después del maquinado, los separa y desecha para permitir el correcto funcionamiento de la máquina.	A	Cubo de almacenamiento de virutas falla	1	Fisura o daño total en el cubo de almacenamiento	Por mala manipulación ya sea por golpes o almacenamientos excesivos puede llegar a producirse fisuras o agrietamientos en el cubo recolector de virutas, lo que genera escape de refrigerante el cual acompaña a la viruta y que puede llegar a ocasionar accidentes al operario en el area de trabajo.
		B	Extractor de virutas falla	1	Falla en los conectores y contactores	Por falta de periodicidad en el mantenimiento o por la exposición de los mismos en ambientes abrasivos, pueden llegara cristalizarse o sulfatarse generando nulas o malas señales al motor del extractor
				2	Falla en el motor del extractor	Genera paro transitorio en el proceso de mecanizado puesto que se encarga del control de control y salida de la viruta generada en el trabajo. Algunas veces sus fallas se puede dar por recalentamiento y se puede llegar a reparar, y otras veces se tiene que cambiar completamente.


Fuente. Autores.

Tabla 14 AMEF ALIMENTACION

		ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS				
HOJA DE INFORMACION						
SISTEMA: TORNO CNC		SISTEMA N°: 1		HOJA #: 8/10		
		FACILITADORES: JAVIER PIMIENTO, FELIPE POVEDA				
SUBSISTEMA: DE ALIMENTACION		SUBSISTEMA N°: 8		REVISADO POR:		
F	FUNCION	FF	FALLA FUNCIONAL	MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA
1	Este subsistema es el encargado proporcionar el material requerido por la máquina-herramienta a ser utilizado durante los procesos de maquinado.	A	Alimentador no carga material	1	Desalineación del alimentador	Por peso excesivo del material a cargar o incorrecta carga sobre el alimentador, ocurre la desalineación la cual produce un paro en la operación, debido a daños en acoples o sellos, es una de los efectos mas nocivos ya q esta nos brinda el material que finalmente se va a mecanizar.
				2	Sensor de alimentación falla	Acarre futuros daños al motor por la generación de señales inequivocas como fin de barra, o desajustes en los parametros de longitud y por consiguiente detienen la carga adecuada a la maquina.
				3	Falla en la bomba de alimentación	Genera paro permanente en el proceso de mecanizado puesto que se encarga del flujo constante de material a la maquina. Algunas veces sus fallas se puede dar por recalentamiento y se puede llegar a reparar, y otras veces se tiene que cambiar completamente.


Fuente. Autores.

Tabla 15 AMEF SEGURIDAD

		ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS				
HOJA DE INFORMACION						
SISTEMA: TORNO CNC		SISTEMA N°: 1		HOJA #: 9/10		
		FACILITADORES: JAVIER PIMIENTO, FELIPE POVEDA				
SUBSISTEMA: DE SEGURIDAD		SUBSISTEMA N°: 9		REVISADO POR:		
F	FUNCION	FF	FALLA FUNCIONAL	MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA
1	Este subsistema es quizás uno de los más importantes ya que es el encargado de proporcionar la seguridad durante la interacción operario-máquina. Se encuentran instalados diferentes elementos de seguridad que evitan accidentes a la hora del uso de los equipos.	A	Compuerta falla	1	Sensor no funciona	Por el fin de la vida útil del sensor o desalineación en la compuerta, el accionamiento correcto para el cierre o apertura de la compuerta falla. Por seguridad la maquina-herramienta no inicie su operación de mecanizado si la compuerta no esta cerrada.
				2	Daños en componenetes de la compuerta	Por golpes recibidos por restos de virutas o fallas en la herramienta corte debido al proceso de mecanizado continuo partes como el acrilico de la compuerta pueden fallar, generando derrame de liquidos o accidentes en el operario.

Fuente. Autores.

Tabla 16 AMEF ELECTRICO

		ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS				
HOJA DE INFORMACION						
SISTEMA: TORNO CNC			SISTEMA N°: 1		HOJA #: 10/10	
			FACILITADORES: JAVIER PIMIENTO, FELIPE POVEDA			
SUBSISTEMA: ELECTRICO			SUBSISTEMA N°: 10		REVISADO POR:	
F	FUNCION	FF	FALLA FUNCIONAL	MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA
1	Este subsistema es el encargado de proporcionar la energía para el inicio y posterior funcionamiento de la máquina, la cual a través de los diferentes dispositivos que transportan y distribuyen la carga con las que operan los diferentes elementos.	A	Falla en la unidad eléctrica	1	Falla en los contactores	Sobrecargas en el circuito, daño en bobinas que interrumpen el paso de la corriente, obstruyen el correcto funcionamiento del sistema, y puede ocasionar daños en los componentes del mismo.
				2	Falla en los fusibles	Sobrecargas en el circuito ocasionan fallas en los fusibles, actúan como protección del sistema y al fallar puede ocasionar daños en los componentes del mismo.
				3	Falla en las conexiones	Sobrecargas en el circuito, ocasiona fallas en el cableado que se encarga de llevar la energía a todos los componentes de la máquina.


Fuente. Autores.

6.3. HOJAS DE DECISIÓN

Hace referencia al árbol lógico de decisiones, el cual busca escoger las acciones o tareas de mantenimiento correspondiente a las consecuencias de los fallos evidenciados en el ítem anterior, mediante una jerarquización de dichas consecuencias y las medidas para reducirlas, esto teniendo en cuenta cuatro (4) opciones principales:


- Fallo evidente con consecuencias para la seguridad o el medio ambiente
- Fallo oculto con consecuencias para la seguridad o el medio ambiente
- Fallo evidente con consecuencias económicas
- Fallo oculto con consecuencias económicas

Tabla 17 HOJA DECISIONES SOPORTE

TORNO CNC			HOJA DE DECISION RCM												
			SISTEMA N°: 1			FACILITADORES: JAVIER PIMIENTO, FELIPE POVEDA						HOJA:			
			SUBSISTEMA N°: 1			REVISADO POR:						FECHA:			
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1	H2 S2	H3 S3	Tareas " a falta de"			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	MF	H	S	E	O	O1 N1	O2 N2	O3 N3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S							Inspeccion de sujecion y soportes	Anualmente	Tecnico Mecanico
1	A	2	S	N	N	S							Inspeccion de chasis y limpieza general	Anualmente	Tecnico Mecanico
1	A	3	S	N	N	S							Revison de estabilidad y nivelacion o reposicionamiento	Cada 3 Años	Tecnico Mecanico


Fuente. Autores.

Tabla 18 HOJA DECISIONES POSICIONAMIENTO

TORNO CNC			HOJA DE DECISION RCM												
			SISTEMA N°: 1			FACILITADORES: JAVIER PIMIENTO, FELIPE POVEDA						HOJA:			
			SUBSISTEMA N°: 2			REVISADO POR:						FECHA:			
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1	H2 S2	H3 S3	Tareas " a falta de"			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	MF	H	S	E	O	O1 N1	O2 N2	O3 N3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S							Inspeccion de funcionamiento y calibracion	Trimestralmente	Tecnico Mecanico
1	A	2	S	N	N	S							Lubricacion limpieza e inspeccion visual	Trimestralmente	Tecnico Mecanico
1	A	3	S	N	N	S							Ajuste y lubricacion	Trimestralmente	Tecnico
1	A	4	S	N	N	S							Verificacion de consumo y limpieza o mantenimiento electrico	Semestralmente	Tecnico Electrico
1	A	5	S	N	N	S							Verificacion de tension y desgaste	Mensualmente	Tecnico
1	B	1	S	N	N	S							Inspeccion de funcionamiento y calibracion	Semestralmente	Tecnico Mecanico
1	B	2	S	N	N	S							Inspeccion de funcionamiento y calibracion	Trimestralmente	Tecnico Mecanico
1	B	3	S	N	N	S							Ajuste y lubricacion	Semestralmente	Tecnico Mecanico
1	B	4	S	N	N	S							Ajustes de presion en inspeccion de lubricacion	Semestralmente	Tecnico Mecanico
1	B	5	S	N	N	S							Verificacion de consumo y limpieza o mantenimiento electrico	Semestralmente	Tecnico Electrico
1	C	1	S	N	N	S							Lubricacion y verificacion de funcionamiento	Semestralmente	Tecnico Mecanico
1	C	2	S	N	N	S							Lubricacion y verificacion de funcionamiento	Semestralmente	Tecnico Mecanico

Fuente. Autores.

Tabla 19 HOJA DECISIONES HIDRAULICO

TORNO CNC			HOJA DE DECISION RCM												
			SISTEMA N°: 1			FACILITADORES: JAVIER PIMIENTO, FELIPE POVEDA						HOJA:			
 Guayas y Mangueras de Clase Mundial			SUBSISTEMA N°: 3			REVISADO POR:						FECHA:			
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1	H2 S2	H3 S3	Tareas " a falta de"			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	MF	H	S	E	O	O1 N1	O2 N2	O3 N3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S							Verificación de succión y consumo eléctrico	Semestralmente	Tecnico Mecanico
1	A	2	S	N	N	S							Inspeccion de presion y consumo eléctrico	Semestralmente	Tecnico Mecanico
1	A	3	S	N	N	S							Ajuste e inspeccion de funcionamiento	Semestralmente	Tecnico Mecanico
1	A	4	S	N	N	S							Inspeccion de funcionamiento y calibracion	Trimestralmente	Tecnico Mecanico
1	B	1	S	N	N	N							Inspeccion visual y cambio de material (si es necesario)	Diaramente	Operario o Tecnico mecanico
1	B	2	S	N	N	N							Inspeccion visual y cambio de material (si es necesario)	Diaramente	Operario o Tecnico mecanico
1	C	1	S	N	N	S							Ajustes de presion en inspeccion de lubricacion	Semestralmente	Tecnico Mecanico
1	C	2	S	N	N	N							Cambio de material y aceite	Anualmente	Tecnico Mecanico
1	D	1	S	N	N	S							Inspeccion visual y de funcionamiento	Semestralmente	Operario o Tecnico mecanico


Fuente. Autores.

Tabla 20 HOJA DECISIONES REFRIGERACION

TORNO CNC			HOJA DE DECISION RCM												
 Guayas y Mangueras de Clase Mundial			SISTEMA N°: 1			FACILITADORES: JAVIER PIMIENTO, FELIPE POVEDA						HOJA:			
			SUBSISTEMA N°: 4			REVISADO POR:						FECHA:			
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1	H2 S2	H3 S3	Tareas " a falta de "			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	MF	H	S	E	O	O1 N1	O2 N2	O3 N3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S									
1	A	2	S	N	N	S							Inspección de presión y consumo eléctrico	Semestralmente	Tecnico Mecanico
1	A	3	S	N	N	S							Ajuste e inspección de funcionamiento	Semestralmente	Tecnico Mecanico
1	A	4	S	N	N	S							Inspección de funcionamiento y calibración	Trimestralmente	Tecnico Mecanico
1	B	1	S	N	N	N							Inspección visual y cambio de material (si es necesario)	Diariamente	Operario o Tecnico mecanico
1	B	2	S	N	N	N							Inspección visual y cambio de material (si es necesario)	Diariamente	Operario o Tecnico mecanico
1	C	1	S	N	N	S							Ajustes de presión en inspección de lubricación	Semestralmente	Tecnico Mecanico
1	D	1	S	N	N	S							Inspección visual y de funcionamiento	Semestralmente	Operario o Tecnico mecanico


Fuente. Autores.

Tabla 21 HOJA DECISIONES NEUMATICO

TORNO CNC			HOJA DE DECISION RCM												
 Guayas y Mangueras de Clase Mundial			SISTEMA N°: 1			FACILITADORES: JAVIER PIMIENTO, FELIPE POVEDA						HOJA:			
			SUBSISTEMA N°: 5			REVISADO POR:						FECHA:			
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1	H2 S2	H3 S3	Tareas " a falta de "			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	MF	H	S	E	O	O1 N1	O2 N2	O3 N3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S									
1	A	2	S	N	N	N							Cambio de material y fluido	Anualmente	Tecnico Mecanico
1	A	3	S	N	N	S							Inspección de presión y nivel	Semestralmente	Tecnico Mecanico
1	B	1	S	N	N	S							Ajustes de presión en inspección de lubricación	Semestralmente	Tecnico Mecanico


Fuente. Autores.

Tabla 22 HOJA DECISIONES CONTROL

TORNO CNC			HOJA DE DECISION RCM												
			SISTEMA N°: 1				FACILITADORES: JAVIER PIMIENTO, FELIPE POVEDA				HOJA:				
			SUBSISTEMA N°: 6				REVISADO POR:				FECHA:				
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas " a falta de"			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S							Revisión de configuración y parámetros	Semestral	Tecnico Electronico
1	A	2	S	N	N	S							Revisión de configuración y parámetros	Semestral	Tecnico Electronico
1	B	1	S	N	N	S							Revisión de configuración y parámetros	Semestral	Tecnico Electronico
1	C	1	S	N	N	S							Revisión de configuración y parámetros	Semestral	Tecnico Electronico
1	C	2	S	N	N	S							Revisión de configuración y parámetros	Semestral	Tecnico Electronico


Fuente. Autores.

Tabla 23 HOJA DECISIONES TRANSPORTE DE VIRUTAS

TORNO CNC			HOJA DE DECISION RCM												
			SISTEMA N°: 1				FACILITADORES: JAVIER PIMIENTO, FELIPE POVEDA				HOJA:				
			SUBSISTEMA N°: 7				REVISADO POR:				FECHA:				
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas " a falta de"			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S							Inspección visual y de funcionamiento	Semestralmente	Operario o Tecnico mecanico
1	B	1	S	N	N	S							Inspección de funcionamiento y revisión de conectores	Trimestralmente	Tecnico Electrico
1	B	2	S	N	N	S							Verificación de consumo y limpieza o mantenimiento electrico	Semestralmente	Tecnico Electrico


Fuente. Autores.

Tabla 24 HOJA DECISIONES ALIMENTACION

TORNO CNC			HOJA DE DECISION RCM												
			SISTEMA N°: 1				FACILITADORES: JAVIER PIMIENTO, FELIPE POVEDA				HOJA:				
			SUBSISTEMA N°: 8				REVISADO POR:				FECHA:				
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1	H2 S2	H3 S3	Tareas " a falta de"			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	MF	H	S	E	O	O1 N1	O2 N2	O3 N3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S							Lubricacion limpieza e inspeccion visual	Trimestralmente	Tecnico Mecanico
1	A	2	S	N	N	S							Inspeccion de funcionamiento y calibracion	Semestralmente	Tecnico Mecanico
1	A	3	S	N	N	S							Verificacion de succion y consumo electrico	Trimestralmente	Tecnico Mecanico


Fuente. Autores

Tabla 25 HOJA DECISIONES SEGURIDAD

TORNO CNC			HOJA DE DECISION RCM												
			SISTEMA N°: 1				FACILITADORES: JAVIER PIMIENTO, FELIPE POVEDA				HOJA:				
			SUBSISTEMA N°: 9				REVISADO POR:				FECHA:				
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1	H2 S2	H3 S3	Tareas " a falta de"			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	MF	H	S	E	O	O1 N1	O2 N2	O3 N3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	S	N	N							Inspeccion de funcionamiento y calibracion	Semestralmente	Tecnico Mecanico
1	A	2	S	S	N	N							Inspeccion de funcionamiento y calibracion	Semestralmente	Tecnico Mecanico

Fuente. Autores.

Tabla 26 HOJA DECISIONES ELECTRICO

TORNO CNC			HOJA DE DECISION RCM												
			SISTEMA N°: 1			FACILITADORES: JAVIER PIMIENTO, FELIPE POVEDA						HOJA:			
			SUBSISTEMA N°: 10			REVISADO POR:						FECHA:			
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1	H2 S2	H3 S3	Tareas " a falta de"			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	MF	H	S	E	O	O1 N1	O2 N2	O3 N3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S									
1	A	2	S	N	N	S							Verificacion de conexion y limpieza o mantenimiento electrico	Anualmente	Tecnico Electrico
1	A	3	S	N	N	S							Verificacion de conexion y limpieza o mantenimiento electrico	Anualmente	Tecnico Electrico

Fuente. Autores.

7. APLICATIVO MÓVIL

Se crea un aplicativo móvil compatible con Android para la empresa GUAYALRES LTDA. El cual nos permita el registro de la información generada cuando ocurre una falla en los tornos CNC de la planta, aplicativo que llena un formato de hoja de orden de trabajo por parte del operario en turno del equipo. Esto se hace con el fin de minimizar el papeleo, los tiempos de documentación del fallo, además del completo detalle de la ocurrencia del percance, según la metodología RCM.

7.1. REQUERIMIENTOS DEL APLICATIVO

El diseño del aplicativo debe cumplir con un mínimo de requisitos desplegados por parte de la administración de la empresa y requerimientos de los autores, que proporcionen las características que conforman el cuerpo del aplicativo. A continuación se evidencian la totalidad de elementos que se proponen como necesarios para obtener un comportamiento deseado del app.

- Aplicativo compatible con Android
- Permitir creación y administración de usuarios
 - Login y contraseña de todos los usuarios
 - Usuario administrador
- Conexión a internet para el registro de información sin excepción
- Base de datos que registre los formatos de hoja de orden de trabajo
 - Visible para consultar por parte de cualquier usuario pero no modificable
 - Almacenada en los servidores de la empresa
- Llenado del formato de hoja de orden de trabajo
 - Registro de fecha y hora de la creación de la orden de trabajo
 - Registro de los datos del usuario que genera la orden de trabajo

- Selección paso a paso del detalle de la falla bajo de criterio de la metodología RCM
- Opción de digitar campos de texto plano, complementando la información seleccionada previamente
- Confirmación de la información y creación de la hoja de orden de trabajo en formato pdf y envío de la información a la base de datos, adicionalmente de la notificación por correo electrónico al administrador

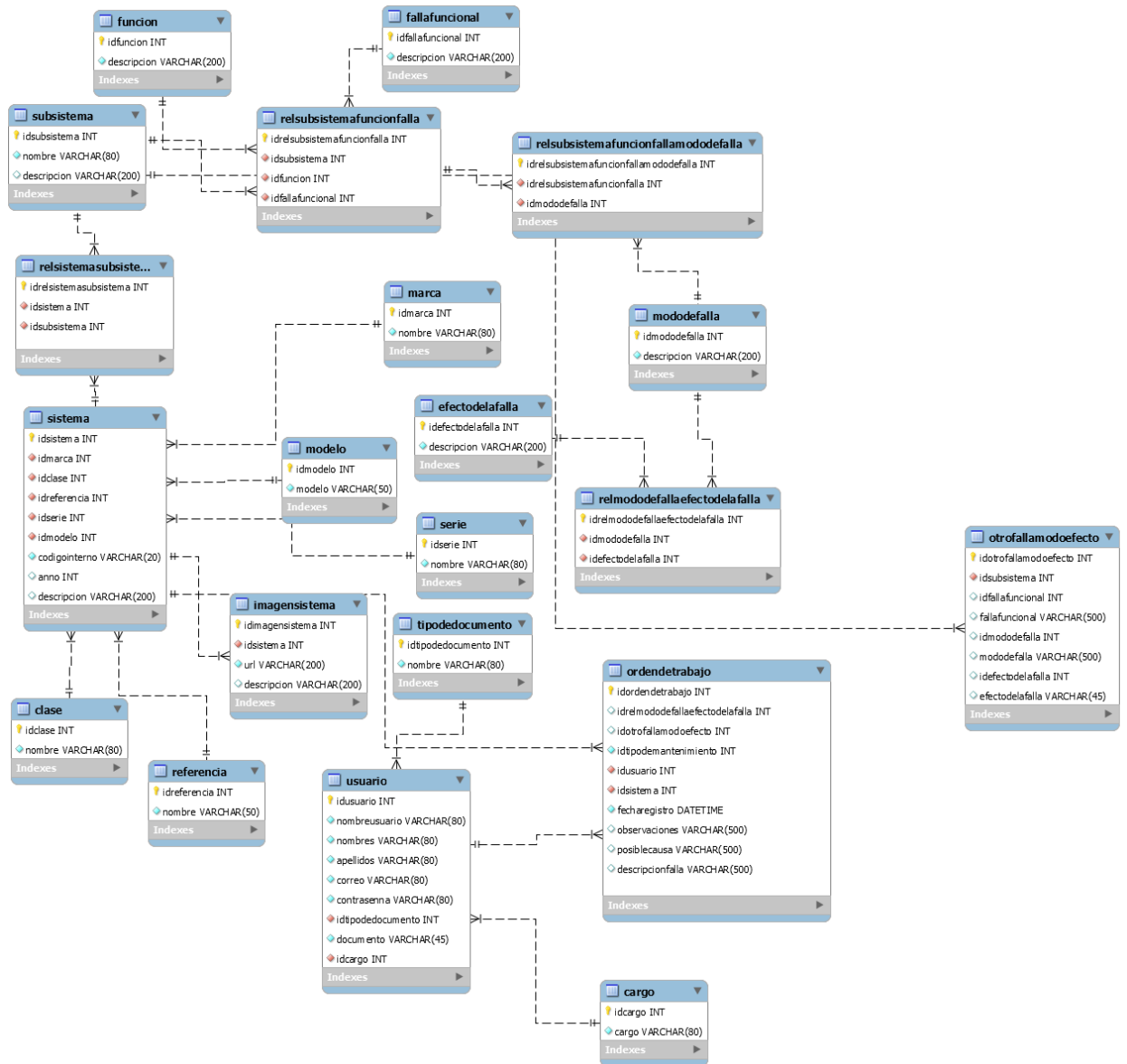
7.2. SOFTWARE UTILIZADO

Para el desarrollo de la plataforma base del aplicativo se hace uso de distintos lenguajes y herramientas de programación que en conjunto cumplan los requerimientos establecidos con anterioridad.

La base de datos se crea con la herramienta MY SQL que es un gestor de base de datos que permite crear tablas para el almacenamiento, administración e interacción de la información. HTML que es un lenguaje de marcado que permite la elaboración de páginas web, con esta herramienta se crea el diseño y estructura de la plataforma base del aplicativo. CSS que es un lenguaje de diseño gráfico, utilizado para agregar diversas apariencias y estilos al diseño de HTML. Se utiliza JQUERY que es un framework de JAVA SCRIPT, lenguaje de programación interpretado que se ejecuta en el lado del cliente. Por otro lado tenemos el PHP que es el lenguaje del servidor, que interactúa las peticiones generadas desde el lado del cliente según lo requerido.

Finalmente, se emplea la herramienta JQUERY MOBILE que maneja un lenguaje de programación interpretado al igual que JQUERY con la diferencia de enfocarse al manejo en aparatos móviles.

Figura 14 MODELO BASE DE DATOS APP EN MYSQL



Fuente: Autores.

Para el desarrollo del aplicativo se hace necesario adicionalmente tener un alojamiento web en el cual se almacenan los archivos necesarios para la ejecución del app, que tenga integrado un servidor de base de datos MY SQL conteniendo las tablas y datos necesarios para el funcionamiento, al igual que la recopilación de las nuevas órdenes de trabajo generadas a partir de la puesta en marcha del proyecto.

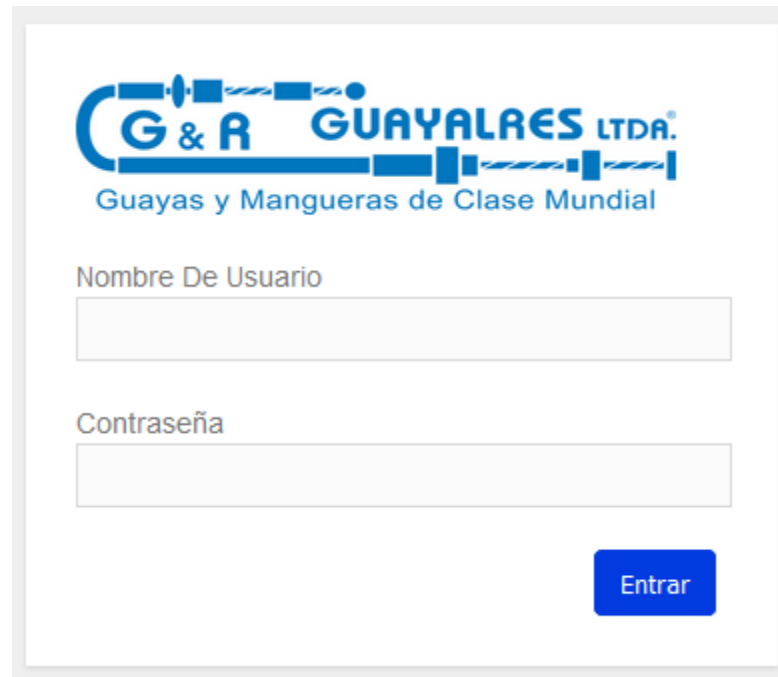
7.3. FUNCIONAMIENTO

El diseño del aplicativo móvil se realizó principalmente como página web, como se ha mencionado ya, en la cual se visualiza la vista preliminar del aplicativo, permitiendo ejecutar el programa y simular satisfactoriamente la creación de hojas de órdenes de trabajo. Proceso que se realimenta de forma que con cada prueba se observen y corrijan desperfectos en la estructuración o funcionamiento del app. A continuación se evidencia el paso a paso del trabajo realizado.

- **Login**

Este es el login de la herramienta aquí es donde los usuarios podrán ingresar, y el sistema hará una validación tanto de los datos de ingreso como de los privilegios que tienen cada uno de los usuarios. En este login solo se permitirá la opción de ingresar puesto que la opción de registrarse no se habilitara debido a que no se permitirá que cualquier usuarios pueda registrar sino que los administradores tendrán el privilegio de crear los nuevos usuarios. Posteriormente si la validación es correcta el usuario podrá acceder a las distintas opciones de la plataforma, o en caso contrario el usuario recibirá un mensaje indicándole un error de validación.

Figura 15 MODULO DE INGRESO



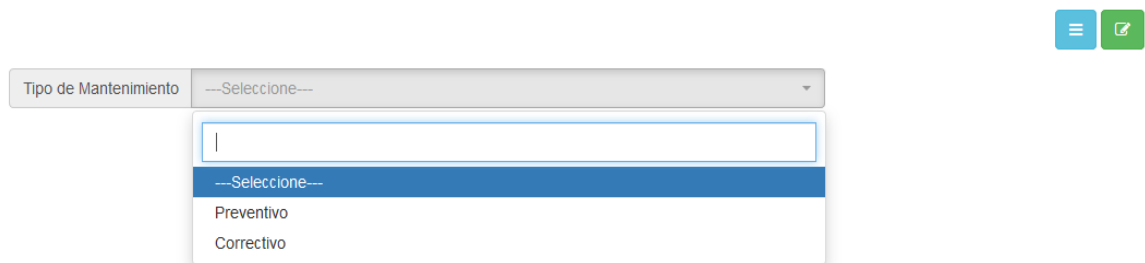
The image shows a login interface for G & R GUAYALRES LTDA. The logo at the top features a stylized blue hose and the text "G & R GUAYALRES LTDA." followed by the tagline "Guayas y Mangueras de Clase Mundial". Below the logo are two input fields: "Nombre De Usuario" (Username) and "Contraseña" (Password). A blue button labeled "Entrar" (Enter) is positioned at the bottom right of the form.

Fuente: Autores.

- **Select Tipo de Mantenimiento**

Este select nos permitirá elegir el tipo de mantenimiento que se va a realizar, este paso es imprescindible para la creación de la orden.

Figura 16 SELECT TIPO MANTENIMIENTO



The image shows a dropdown menu for "Tipo de Mantenimiento". The menu is open, displaying three options: "Preventivo" and "Correctivo". The "Preventivo" option is highlighted with a blue background. In the top right corner of the page, there are two small icons: a blue menu icon (three horizontal lines) and a green icon with a white document symbol.

Fuente: Autores.

- **Creación de la Orden de Trabajo**
 - **Selección del sistema**

En este paso el Operario podrá elegir el sistema al cual desea crearle la orden; en este paso de selección del sistema se creó un buscador para facilitar esta labor.

Figura 17 SELECCIÓN SISTEMA

Seleccione un Sistema

Clase ---Seleccione---

Serie ---Seleccione---

Referencia ---Seleccione---

Modelo ---Seleccione---

Marca ---Seleccione---

Buscar Sistemas

Sistemas Encontrados

Marca	Clase	Referencia	Serie
DOOSAN	Torno	LYNX 220 LMA	L2220M0830
DOOSAN	Torno	LYNX 220 LMA	ML0027-001096
JINN-FA 52	Torno	52	TG-0301
JINN-FA 42	Torno	42AB	JSL432A-0329
JINN-FA 20A	Torno	JLS-20A	247

Showing 1 to 5 of 5 entries

Fuente: Autores.

- **Selección del Subsistema**

Al seleccionar un sistema el aplicativo se encarga de cargar los distintos subsistemas relacionados con esta, y ahí se le permitirá al usuario la opción de elegir cualquiera de estas para seguir con el proceso.

Figura 18 SELECCIÓN SUBSISTEMA

Seleccione un Subsistema

Nombre Del Subsistema
SOPORTE
POSICIONAMIENTO
HIDRAULICO
REFRIGERACION
NEUMATICO
CONTROL
TRANSPORTE DE VIRUTAS
ALIMENTACION
SEGURIDAD
ELECTRICO

Showing 1 to 10 of 10 entries

Fuente: Autores.

○ **Selección de Falla Funcional**

Al seleccionar una de las opciones anteriores se cargan las distintas fallas funcionales relacionadas con el subsistema elegido.

Figura 19 SELECCIÓN FUNCIÓN Y FALLA

Seleccione una Función y una Falla

Otra Falla Funcional

Funcion	Falla
Este subsistema es el encargado de recoger y almacenar todos los desechos producidos después del maquinado, los separa y desecha para permitir el correcto funcionamiento de la máquina.	Cubo de almacenamiento de virutas falla
Este subsistema es el encargado de recoger y almacenar todos los desechos producidos después del maquinado, los separa y desecha para permitir el correcto funcionamiento de la máquina.	Extractor de virutas falla

Showing 1 to 2 of 2 entries

Fuente: Autores.

Pero además se le permitirá al usuario ingresar un falla aun así esta no haga parte de las opciones listadas en la tabla, y al elegir esta opción el sistema evitara que el

usuario pueda elegir cualquiera de las fallas disponibles en la tabla; si es así se bloqueara las opciones de elegir modo de falla y efecto de la falla, y será el usuario quien deberá ingresar estos valores.

Figura 20 SELECCIÓN OTRA FALLA

Seleccione una Funcion y una Falla

Otra Falla Funcional

Nueva Falla Nueva Falla Funcional Borrar

Funcion	Falla
No data available in table	

Showing 0 to 0 of 0 entries

Fuente: Autores.

En caso contrario que el usuario decida elegir cualquiera de las opciones de la tabla, al no elegir ingresar otra falla el sistema le permitirá elegir cualquiera de las opciones disponibles en la tabla.

- **Selección de Modo de Falla**

Si el usuario elige cualquiera de las opciones de la tabla anterior podrá elegir cualquiera de los modos de falla relacionados con la falla anterior.

Figura 21 SELECCIÓN MODO DE FALLA

Seleccione un Modo de Falla

Otro Modo de Falla

Modo de Falla
Fisura o daño total en el cubo de almacenamiento

Showing 1 to 1 of 1 entries

Fuente: Autores.

Si el usuario en la falla funcional eligió otro o si decidió que los modos de falla no hacen parte de las opciones presentes puede elegir ingresar el modo de falla.

Figura 22 SELECCIÓN OTRO MODO DE FALLA

Seleccione un Modo de Falla

Otro Modo de Falla

Nuevo Modo Nueva Modo de Falla Borrar

Modo de Falla

No data available in table

Showing 0 to 0 of 0 entries

Fuente: Autores.

- **Selección Efecto de la Falla**

Como en las opciones anteriores si se eligió una opción de la tabla inmediatamente anterior el sistema cargara los efectos de la falla relacionados con el modo de falla.

Figura 23 SELECCIÓN EFCTO DE FALLA

Seleccione un Efecto de la Falla

Otro Efecto de la Falla

Efecto de la Falla

Por mala manipulación ya sea por golpes o almacenamientos excesivos puede llegar a producirse fisuras o agrietamientos en el cubo recolector de virutas, lo que genera escape de refrigerante el cual acompaña a la viruta y que puede llegar a ocasionar accidentes al operario en el area de trabajo.

Showing 1 to 1 of 1 entries

Fuente: Autores.

En caso que se haya elegido otro modo de falla o que los efectos de falla relacionados no correspondan con la orden de trabajo a crear, se puede ingresar el otro efecto de la falla.

Figura 24 SELECCIÓN OTRO EFECTO DE FALLA

Seleccione un Efecto de la Falla

Otro Efecto de la Falla

Nuevo Efecto Nueva Efecto de la Falla Borrar

Efecto de la Falla

No data available in table

Showing 0 to 0 of 0 entries

Fuente: Autores.

- **Ingreso de los Campos de texto relacionados con la orden**

Además para crear la orden se debe llenar por lo menos el campo de descripción de la falla para que quede un registro de que fue lo que ocurrió desde la perspectiva del operario. Los otros dos campos tienen un objetivo similar pero estos no son obligatorios para el usuario.

Figura 25 CAMPOS DE TEXTO ORDEN DE TRABAJO

Crear Orden de Trabajo

Descripcion de la Falla: *

Posibles Causas:

Observaciones:

Fuente: Autores.

- **Acciones a Realizar**

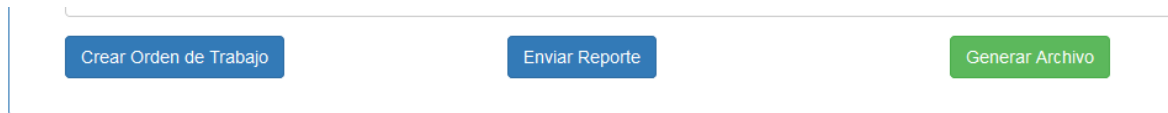
Aquí se listan los distintos botones que tendrán las acciones a realizar durante el proceso de creación de la orden.

El primero de los botones es el que se encarga de crear la orden cuando el usuario ya haya realizado todos los pasos necesarios para la correcta creación de la misma, durante este proceso se valida toda la información entrante para posteriormente enviarla al servidor y guardarla en la base de datos.

El botón de enviar reporte se encarga de una vez creada la orden el operario pueda enviarla al administrador.

Finalmente la tercera de las opciones es la que se encarga de crear un archivo de PDF de la orden recién creada, para que se pueda atestiguar la orden con sus respectivos datos.

Figura 26 BOTONES ACCIONES A REALIZAR



Fuente: Autores.

- **Generación de archivo PDF**

Esto sucede al crear cada orden de trabajo, con lo cual se recopila la totalidad de la información presentada en un informe de formato PDF que es inmediatamente guardado en la base de datos del aplicativo, así como enviado a los usuarios con rol administrativo. A continuación se muestra un ejemplo práctico de prueba de lo que sería el documento a presentar.

Figura 27 ORDEN DE TRABAJO PDF PAG 1



Orden de Trabajo Numero 000000024

Fecha de Registro de la Orden: 2018-01-31 10:14:15

DESCRIPCION Y DATOS RELACIONADOS CON LA ORDEN

La Orden fue solicitada por el Usuario:

Nombre: Javier Andres Pimiento Vesga

Cedula de Ciudadania: 1098562632

Cargo: administrador

Descripcion del Sistema:



Marca: DOOSAN

Serie: L2220M0830

Referencia: LYNX 220 LMA

Modelo: 220LMA

Clase: torno

Fuente: Autores.

Figura 28 ORDEN DE TRABAJO PDF PAG 2

Funcion:

Este subsistema es el encargado de recoger y almacenar todos los desechos producidos después del maquinado, los separa y desecha para permitir el correcto funcionamiento de la máquina.

Falla Funcional:

Cubo de almacenamiento devirutas falla

Efecto de la Falla:

Por mala manipulación ya sea por golpes o almacenamientos excesivos puede llegar a producirse fisuras o agrietamientos en el cubo recolector de virutas, lo que genera escape de refrigerante el cual a

Descripcion de la Falla:

Se observa fisura en el cubo lo cual genera perdida por fugas de refrigerante, ocasiona parada de la máquina.

Fuente: Autores.

Figura 29 ORDEN DE TRABAJO PDF PAG 3

Posible Causa:

Golpes en el cubo

Observaciones:

Se requiere inmediato mantenimiento para continuar con labores productivas

Fuente: Autores.

8. CAPACITACIÓN

El recurso humano de la empresa GUAYALRES LTDA. Es la pieza clave en el proceso de implementación del proyecto, ya que depende de los miembros activos de la planta el uso y promoción de los recursos conseguidos en este trabajo.

Se realiza capacitación a los operarios y a los miembros del área de producción y mantenimiento en los diversos puntos alcanzados en cuanto a la optimización del mantenimiento preventivo que se tenía. Se hace mediante a la presentación de los autores a lo largo de una jornada laboral normal, establecida y estipulada con la administración en el mes Enero de 2018 con el fin de socializar el contenido del nuevo plan de mantenimiento, de la siguiente manera.

8.1. DOCUMENTACIÓN

El soporte del proceso y desarrollo del proyecto se plasma en una serie de documentos digitales presentados y entregados a la administración de la empresa con copia idéntica al área de producción y mantenimiento dentro de los cuales se tienen:

- Criticidad en activos
- Fallos CNC
- Optimización del mantenimiento preventivo
- Sistemas y subsistemas
- AMEF
- Hojas de decisión
- Aplicativo móvil
- Copia tesis

Dichos archivos son entregados en un CD debidamente rotulado y representan el material base y soporte de implementación de la metodología de mantenimiento propuesta.

Se expone la temática oralmente por parte de los autores, mostrando énfasis en la caracterización de optimizar el tiempo de mantenimiento preventivo, el manejo y funcionamiento de la metodología RCM y por último el uso y propósito del aplicativo móvil mediante presentación audiovisual del contenido del proyecto ante el representante legal de la empresa, técnico de sistemas, jefe de producción, coordinador de producción y mantenimientos y el técnico de mantenimientos.

8.2. INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA

La empresa cuenta con su propio servidor local, el cual permite la instalación de la base de datos y soporte técnico del aplicativo móvil desde el cual la administración y el área de mantenimiento puedan tener acceso a la estructuración del aplicativo, de forma que se controle, monitoree y de ser necesario se modifique. Esto se hace en cooperación con el técnico de sistemas encargado del soporte técnico del portal web de la empresa, quien maneja directamente el acceso al servidor. Una vez establecida la base de datos, se requiere su puesta en marcha, lo cual consta de una serie de acciones correspondientes a los requerimientos estipulados para el funcionamiento del aplicativo.

Lo inmediatamente necesario, es la creación y asignación de usuarios y contraseñas de ingreso para los operarios de la planta, personal del sector administrativo y del área de mantenimiento. Lo cual se realiza con el documento de identidad, nombre completo y cargo de cada uno de los usuarios, como caso especial, se registran los correos electrónicos de los administradores de la información; registrando el listado final en la base de datos del aplicativo con las respectivas restricciones de seguridad de la información a los operarios (mediante

roles) mencionada previamente. En total, se hace el registro y creación de trece (14) usuarios siendo diez (10) con el rol de operario y los cuatro (4) restantes con el rol administrativo, correspondientes a los cargos de jefe de producción, coordinador de producción y mantenimientos, técnico de mantenimiento y técnico de sistemas.

Se hace constancia de la veracidad de la información y seguidamente se procede a la descarga del app e ingreso a la misma solamente en los roles administrativos a manera de prueba y socialización del manejo y suministro de información, quedando completa la capacitación primaria. La jornada de capacitación en general tiene una duración de 6 horas 45 minutos en total, la cual finaliza con la realización de la constancia de cumplimiento y recibimiento por parte del Señor Juan Alexander Fajardo Ochoa, representante legal de la empresa, mostrada como anexo en este documento.

Lo que se podría llamar una capacitación secundaria, hace referencia a la igual socialización de la información del plan actualizado de mantenimiento por parte de la administración dirigida a los operarios, los cuales serán dotados de cinco (5) teléfonos móviles (uno por cada equipo tratado) por cuenta de la empresa. Serán de uso exclusivo para la generación de las respectivas órdenes de mantenimiento en el caso que uno de estos equipos críticos entre en fallo y harán parte del inventario de la planta. La implementación, seguimiento y puesta en marcha de la gestión nueva de mantenimiento, hablando del manejo de la metodología RCM y el uso del aplicativo móvil debería completarse en un máximo de diez (10) días hábiles laborales, tiempo suficiente para el aprendizaje por parte del personal.

9. CONCLUSIONES

- ✓ A través del estudio de criticidad en los activos de la planta de la empresa GUAYALRES LTDA. se permitió obtener una clasificación según los tres niveles de criticidad, obteniendo como equipos críticos los tornos de control numérico JINN-FA-42AB, DOOSAN, DOOSAN 2, JINN-FA-20A Y JINN-FA-52. Equipos base para el desarrollo del proyecto, según lo propuesto. De igual forma se logra tener conocimiento de los equipos de media criticidad y baja criticidad, facilitando posteriores trabajos por parte de la compañía.
- ✓ Mediante análisis estadístico de los históricos de mantenimiento de los equipos críticos se logra establecer formalmente las respectivas frecuencias en días para la realización de las labores de mantenimiento preventivo correspondiente a los siete instructivos previamente designados por la gestión antigua de mantenimiento de la empresa.
 - JINN-FA-42AB, 5 días
 - DOOSAN, 4 días
 - DOOSAN 2, 3 días
 - JINN-FA-20A, 25 días
 - JINN-FA-52, 10 días
- ✓ Se desarrolló un análisis de modo y efectos de fallas (AMEF) a los equipos más críticos de la empresa, integrando este análisis al programa de mantenimiento, para dar solución a los posibles fallos y paros de los equipos, con el fin de aumentar su disponibilidad y productividad. Consecutivamente se desarrolló una hoja de decisiones que permite de manera metodológica establecer el tipo de decisión o mantenimiento adecuado para corregir y/o prevenir los diferentes modos de falla y así mitigar la ocurrencia de fallas funcionales en los sistemas de la planta.

La metodología RCM es una excelente herramienta para establecer un correcto plan de mantenimiento, pero este debe ser retroalimentado

constante y frecuentemente a medida que aparecen nuevos modos de falla, con el fin de lograr mejores resultados en el tiempo.

- ✓ El diseño e implementación de la aplicación móvil para el programa de mantenimiento a los equipos más críticos permite mejorar y controlar las actividades de mantenimiento, generando ordenes de trabajo de manera rápida, completa y eficiente de acuerdo a las necesidades de la empresa basándose en la metodología RCM desarrollada. El modelo funcional del aplicativo permite registrar de manera segura la información, almacenando la misma en su base de datos, permitiendo suprimir en su totalidad el registro manual de fallas en estos equipos, además de contribuir a una más precisa especificación de las situaciones presentadas en la ocurrencia de las fallas. Las facilidades de digitalizar la información y tenerla disponible inmediatamente y desde cualquier ubicación, reducirá los tiempos de parada.
- ✓ La capacitación y socialización del contenido del proyecto resulta en la positiva aceptación y comprensión por parte de los administrativos de la empresa, dando inicio a la nueva gestión de mantenimiento, proporcionando progreso y valor agregado a la empresa.

10.RECOMENDACIONES

- ✓ Fomentar la disciplina, compromiso, retroalimentación de la información y cumplimiento de todos los parámetros inscritos en este proyecto por parte de todo el personal involucrado, permitirá la obtención de resultados positivos a largo plazo.
- ✓ Continuar el proceso de mejoramiento de la nueva gestión de mantenimiento mediante el análisis estadístico de la información (indicadores) que a partir de su puesta en marcha se registre, para así reconocer las fortalezas, mantenerlas y buscar mejorarlas, y reconocer las debilidades que se puedan presentar tomando las medidas necesarias para corregirlas.
- ✓ La plataforma web de la base de datos está diseñada para permitir modificaciones, por lo cual mantenerla actualizada y de ser el caso ampliar su capacidad en cuanto a equipos y su información, da la posibilidad a la empresa de expandir la presente gestión de mantenimiento en la planta, unificando su inventario.

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ BORRÁS PINILLA, Carlos. Ingeniería de mantenimiento. Material docente. Bucaramanga: UIS, 2015. 66 p.
- ❖ BARRETO CASTAÑEDA, Yeison; VILLAMIZAR DIAZ, Samuel. Plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria amarilla del municipio de Monterrey-Casanare. Trabajo de grado ingeniería mecánica. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2016. 148 p.
- ❖ CUELLO, Javier; VITTONI, José. Diseñando apps para móviles. Primera edición. Edición: Catalina Duque Giraldo, 2013. 261 p.
- ❖ NIÑO BONILLA, Diego; SOTO DIAZ, William. Diseño e implementación de un programa de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM II) para el departamento de mantenimiento de la empresa concentrados Espartaco S.A. Trabajo de grado ingeniería mecánica. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2014. 171 p.
- ❖ BORRÁS PINILLA, Carlos. Ingeniería de mantenimiento. Análisis de criticidad en activos. Bucaramanga: UIS, 2015. 6 p.
- ❖ BENAVIDES ALVARADO, Erwin; LOPEZ MONROY, Edwin. Plan de mantenimiento para los vehículos tipo ambulancia de la empresa grupo EMERGER IPS SAS. Trabajo de grado ingeniería mecánica. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2015. 138 p.
- ❖ DESHPANDE, V. S.; MODAK, J. P. Application of RCM to a medium scale industry. India: Reliability Engineering and System Safety, 2002, nro. 31-43.
- ❖ DESHPANDE, V. S.; MODAK, J. P. Application of RCM for safety considerations in a steel plant. India: Reliability Engineering and System Safety, 2002, nro. 325-334.
- ❖ GUAYALRES LTDA. Página web. Disponible en: [<http://www.cablesguayalres.com/>]

- ❖ INSTITUTO RENOVETEC DE INGENIERIA DE MANTENIMIENTO. Página web. Disponible en: [<http://renovetec.com/rcm3/>]
- ❖ PIZARRO LIZANA, Andrés; GAJARDO PARRA, Victor. Determinación de indicadores de eficiencia mediante análisis estadístico, y aplicación de la metodología RCM según resultado. Santiago de Chile: Universidad de Santiago de Chile, 2013. 120 p.
- ❖ PÉREZ GARCÍA, Alejandro. Desarrollo de herramientas web de gestión docente. Cartagena: Universidad politécnica de Cartagena, 2007. 87 p.

ANEXOS

ANEXO A CARTA RECIBIDO



Bogotá, Enero 29 de 2018

Señores:

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Ingeniería Mecánica


Respetuoso saludo.

La empresa **GUAYALRES LTDA** hace constar que recibió a satisfacción el trabajo realizado por los estudiantes **ANDRES FELIPE POVEDA BOHORQUEZ** y **JAVIER ANDRES PIMIENTO VESGA** correspondiente a **OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA EMPRESA GUAYALRES LTDA.** Según lo acordado.


JUAN ALEXANDER FAJARDO OCHOA
Representante Legal


www.cableguayalres.com
GUAYAS Y MANGUERAS DE LA CLASE MUNDIAL
NIT. 830.089.480-6

ANEXO B HOJAS DE VIDA EQUIPOS GUAYALRES LTDA.

MAQUINA	CLASE	MARCA	REFERENCIA	SERIE
	TORNO	JINN-FA 42	42AB	JSL432A-0329
MODELO	AÑO COMPRA	CODIGO INTERNO	RESPONSABLE	
42AB	2013	MEC-016		
FUNCION QUE REALIZA:				
		IMAGEN		

	GUAYALRES LTDA			FT-MqyEq-02	
HOJA DE VIDA MAQUINAS Y EQUIPOS			Fecha Emision: 10-09-2009		
MAQUINA	CLASE	MARCA	REFERENCIA	SERIE	
	TORNO	JINN-FA 52	52	TG-0301	
MODELO	AÑO COMPRA	CODIGO INTERNO	RESPONSABLE		
JLC-52TG		Mec-001			
FUNCION QUE REALIZA:					

	GUAYALRES LTDA		FT-MqyEq-02
	HOJA DE VIDA MAQUINAS Y EQUIPOS		Fecha Emision: 10-09-2009

MAQUINA	CLASE	MARCA	REFERENCIA	SERIE
	TORNO	DOOSAN	LYNX 220 LMA	L2220M0830
MODELO	AÑO COMPRA	CODIGO INTERNO	RESPONSABLE	
220LMA		Mec-004		



FUNCION QUE REALIZA:	
	IMAGEN

	GUAYALRES LTDA		FT-MqyEq-02
	HOJA DE VIDA MAQUINAS Y EQUIPOS		Fecha Emision: 10-09-2009

MAQUINA	CLASE	MARCA	REFERENCIA	SERIE
	TORNO	DOOSAN	LYNX 220 LMA	ML0027-001096
MODELO	AÑO COMPRA	CODIGO INTERNO	RESPONSABLE	
220LMA		mec-016		

FUNCION QUE REALIZA:	
	IMAGEN

	GUAYALRES LTDA			FT-MqyEq-02
	HOJA DE VIDA MAQUINAS Y EQUIPOS			Fecha Emision: 10-09-2009
MAQUINA	CLASE	MARCA	REFERENCIA	SERIE
	TORNO	JINN-FA 20A	JLS-20A	247
MODELO	AÑO COMPRA	CODIGO INTERNO	RESPONSABLE	
JLS-20A		Mec-015		
FUNCION QUE REALIZA:				


	GUAYALRES LTDA			FT-MqyEq-02
	HOJA DE VIDA MAQUINAS Y EQUIPOS			Fecha Emision: 10-09-2009
MAQUINA	CLASE	MARCA	REFERENCIA	SERIE
	COMPRESOR	ABAC ALUP	AIRCONTROL	ITR0136959
MODELO	AÑO COMPRA	CODIGO INTERNO	RESPONSABLE	
ABAC-ALUP		Mec-006		
FUNCION QUE REALIZA:				


	GUAYALRES LTDA			FT-MqyEq-02
	HOJA DE VIDA MAQUINAS Y EQUIPOS			Fecha Emision: 10-09-2009
MAQUINA	CLASE	MARCA	REFERENCIA	SERIE
MODELO	AÑO COMPRA	CODIGO INTERNO	RESPONSABLE	
FUNCION QUE REALIZA:				

	GUAYALRES LTDA			Fecha Emision: 10-09-2009
	HOJA DE VIDA MAQUINAS Y EQUIPOS			Fecha Emision: 10-09-2009
MAQUINA	CLASE	MARCA	REFERENCIA	SERIE
MODELO	AÑO COMPRA	CODIGO INTERNO	RESPONSABLE	
D-30		Mec-012	JORGE GOMEZ	
FUNCION QUE REALIZA: ROSCADO DE PIEZAS POR LAMINACION EN DIFERENTES MEDIDAS				
ESPECIFICACIONES DE USO				
LISTADO DE ACCESORIOS				

	GUAYALRES LTDA			FT-MqyEq-02
	HOJA DE VIDA MAQUINAS Y EQUIPOS			Fecha Emision: 10-09-2009
MAQUINA	CLASE	MARCA	REFERENCIA	SERIE
	AFILADORA	CHITSENG	CT-205	3031
MODELO	AÑO COMPRA	CODIGO INTERNO	RESPONSABLE	
2006		Mec-009		
FUNCION QUE REALIZA:				
ESPECIFICACIONES DE USO				
LISTADO DE ACCESORIOS				

	GUAYALRES LTDA			FT-MqyEq-02
	HOJA DE VIDA MAQUINAS Y EQUIPOS			Fecha Emision: 10-09-2009
MAQUINA	CLASE	MARCA	REFERENCIA	SERIE
	TROQUELADORA	WEINGARTEN		401-313
MODELO	AÑO COMPRA	CODIGO INTERNO	CAPACIDAD	RESPONSABLE
	2008	TRO-001	100 TONELADAS	MAURICIO MURRILLO
FUNCION QUE REALIZA:				
ESPECIFICACIONES DE USO				
LISTADO DE ACCESORIOS				
LAMPARA				
TROQUELES				


		GUAYALRES LTDA			FT-MqyEq-02
		HOJA DE VIDA MAQUINAS Y EQUIPOS			Fecha Emision: 10-09-2009
MAQUINA	CLASE	MARCA	REFERENCIA	SERIE	
	TROQUELADORA	GABA		361363	
MODELO	AÑO COMPRA	CODIGO INTERNO	CAPACIDAD	RESPONSABLE	
	2008	TRO-002	30 TON	MAURICIO MURRILLO	
ESPECIFICACIONES DE USO					
LISTADO DE ACCESORIOS					
LAMPARA					
TROQUELES					

		GUAYALRES LTDA			FT-MqyEq-02
		HOJA DE VIDA MAQUINAS Y EQUIPOS			Fecha Emision: 10-09-2009
MAQUINA	CLASE	MARCA	REFERENCIA	SERIE	
	TROQUELADORA	GABA			
MODELO	AÑO COMPRA	CODIGO INTERNO	CAPACIDAD	RESPONSABLE	
	2008	TRO-003	35 TONELADAS	ROGELIO OCHOA	
FUNCION QUE REALIZA: TROQUELADO DE PIEZAS EN FRIJO EN DIFERENTES DIAMETROS Y ESPESORES					
ESPECIFICACIONES DE USO					
LISTADO DE ACCESORIOS					
LAMPARA					
TROQUELES					

		GUAYALRES LTDA		FT-MqyEq-02	
		HOJA DE VIDA MAQUINAS Y EQUIPOS		Fecha Emision: 10-09-2009	
MAQUINA	CLASE	MARCA	REFERENCIA	SERIE	
	TROQUELADORA	GABA		361363	
MODELO	AÑO COMPRA	CODIGO INTERNO	CAPACIDAD	RESPONSABLE	
	2008	TRO-004	35 TON	MAURICIO MURRILLO	
FUNCION QUE REALIZA: TROQUELADO DE PIEZAS EN FRIO EN DIFERENTES DIAMETROS Y ESPESORES					
ESPECIFICACIONES DE USO					
LISTADO DE ACCESORIOS					
LAMPARA					
TROQUELES					


		GUAYALRES LTDA		FT-MqyEq-02	
		HOJA DE VIDA MAQUINAS Y EQUIPOS		Fecha Emision: 10-09-2009	
MAQUINA	CLASE	MARCA	REFERENCIA	SERIE	
	FRESADORA	KONDOR	4VH	4VH	
MODELO	AÑO COMPRA	CODIGO INTERNO	RESPONSABLE		
2008 4VH	2008	MAT-001	Auxiliares de Matriceria		
FUNCION QUE REALIZA: Fresado se emplea para la obtención de superficies planas y curvadas, de ranuras rectas, de ranuras espirales y de ranuras helicoidales, así como de roscas					
		IMAGEN			

	GUAYALRES LTDA	FT-MqyEq-02
	HOJA DE VIDA MAQUINAS Y EQUIPOS	Fecha Emision: 10-09-2009

MAQUINA	CLASE	MARCA	REFERENCIA	SERIE
	EROSIONADORA	TECHSPARK	CTE 300ZK	300ZK
MODELO	AÑO COMPRA	CODIGO INTERNO	RESPONSABLE	
CTE-300ZK	2012	MAT-006	Auxiliares de Matriceria	
<p>FUNCION QUE REALIZA: Es un proceso de mecanización mediante “penetración” de un electrodo en una pieza. Los moldes para piezas de plástico son frecuentemente fabricados mediante electroerosión por penetración. El electrodo tiene la misma forma que la pieza que se reproducirá en el molde.</p>				
		IMAGEN		

	GUAYALRES LTDA	FT-MqyEq-02
	HOJA DE VIDA MAQUINAS Y EQUIPOS	Fecha Emision: 10-09-2009

MAQUINA	CLASE	MARCA	REFERENCIA	SERIE
	MONTACARGA	CROWN 20MT		
MODELO	AÑO COMPRA	CODIGO INTERNO	RESPONSABLE	
	2009	Alm-001		
<p>FUNCION QUE REALIZA: Mover materia prima y producto terminado de un lugar a otro.</p>				
		IMAGEN		

		GUAYALRES LTDA		FT-MqyEq-02
HOJA DE VIDA MAQUINAS Y EQUIPOS			Fecha Emision: 10-09-2009	
MAQUINA	CLASE	MARCA	REFERENCIA	SERIE
	SOLDADURA			
MODELO	AÑO COMPRA	CODIGO INTERNO	CAPACIDAD	RESPONSABLE
		Sol-001		WILLIAM GONZALES
FUNCION QUE REALIZA: UNION DE DOS PIEZAS POR MEDIO DE CALOR Y UN ACTIVADOR				
ESPECIFICACIONES DE USO				
LISTADO DE ACCESORIOS				
MANOMETRO				
MANGUERAS				