

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO APLICANDO EL ANALISIS
DE MODO Y EFECTO DE FALLA PARA LA MAQUINARIA Y EQUIPOS DE LA EMPRESA
INARQC S.A.S.**

**Autor
ELIAS CASTELLANOS AVILA**

**Director
Esp. William Javier Mora Espinosa
Ingeniero Mecánico**

**PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA, MECATRONICA E INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, Noviembre 25 de 2015**

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO APLICANDO EL ANALISIS
DE MODO Y EFECTO DE FALLA PARA LA MAQUINARIA Y EQUIPOS DE LA EMPRESA
INARQC S.A.S.**

Autor
ELIAS CASTELLANOS AVILA
Código 1118121211
ing.elias.castellanos@gmail.com
Cel. 3133028076

Director
Esp. William Javier Mora Espinosa
Ingeniero Mecánico
wjme11@hotmail.com

PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA, MECATRONICA E INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, Noviembre 25 de 2015

Dedicatoria

Dedico este trabajo primeramente a Dios y a mis padres que han estado siempre a mi lado en este camino, también quiero hacer una dedicatoria a todas y cada una de las personas que ayudaron en mi crecimiento personal durante estos años con gran cariño les dedico este trabajo infinitas gracias.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios primeramente por permitirme alcanzar esta meta en mi vida, a mis padres por apoyarme durante este camino a pesar de las adversidades y complicaciones, a mi familia, a los profesores y todas las personas, amigos, conocidos y compañeros de estudio que ayudaron a que este sueño sea realidad.

Quiero agradecer adicionalmente a mis profesores que durante toda la estancia en el alma mater me brindaron sus conocimientos para mi crecimiento personal y profesional, también quiero agradecer a la empresa INARQC S.A.S por brindarme la oportunidad de desarrollar las prácticas profesionales.

Habrán nuevas metas por delante para mí.

GRACIAS.

RESUMEN EXTENDIDO

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO APLICANDO EL ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA PARA LA MAQUINARIA Y EQUIPOS DE LA EMPRESA INARQC S.A.S.

Castellanos Avila Elias

^{a,b}*Pamplona University, Km 1 Via B/manga, Pamplona, Colombia*
^b*Rovira i Virgili University, Av. Paissos Catalans 26, 43007, Tarragona España*

Resumen

Este proyecto se planea hacer para satisfacer una necesidad que tiene la empresa con respecto a los mantenimientos, y como desarrollo de práctica empresarial para optar al título de ingeniero mecánico, este plan de mantenimiento se planea hacer aplicando el análisis de modo y efecto de falla, evaluando los equipos para determinar cuáles de estos son los más importantes dentro del proceso, siendo estos a los cuales se les va a diseñar el plan de mantenimiento para una futura implementación, dependiendo de la disponibilidad de las directivas de la empresa, crear una conciencia de prevención dentro de la misma tanto a nivel gerencial como a nivel productivo, es importante resaltar la importancia de un departamento de mantenimiento dentro de la empresa.

Palabras clave: Mantenimiento, AMEF, Preventivo, Análisis, Modo, Efecto, Falla, Programación, Maquina, Equipos.

Abstract

This project is planned to meet a need for the company with respect to the maintenance and development of business practice as to obtain the title of mechanical engineer, maintenance plan is planned to apply the analysis of failure modes and effects , evaluating teams to determine which of these are the most important in the process, namely to which they were going to design the maintenance plan for future implementation , depending on the availability of company policies , raise awareness of prevention within the same both at management level and production level, it is important to highlight the importance of a maintenance department within the company .

Keywords: Maintenance, FMEA , Preventive , Analysis, Mode , Effect, Failure , Programming, Machine, Equipment.

1. Introducción

El mantenimiento en las diferentes empresas se ha tomado más como una carga económica como un solución a los problemas internos de disponibilidad de equipos, esto ha sido probado por muchos departamentos de mantenimiento que mantienen la idea de un mantenimiento tipo reparador, interviniendo el equipo únicamente cuando este sufre un desperfecto y descuidando todos los otros requerimientos importantes para prevenir fallas futuras. Aspectos como lubricación, limpieza, ajuste, verificación de niveles entre otros no cuentan con una programación estructurada que permitan mantener un ciclo alto de vida útil en el equipo.

Desafortunadamente muchas veces los documentos que nos permiten realizar esta labor como planos y manuales de fabricante no existen o simplemente se encuentran adornando la biblioteca personal del señor gerente de la empresa bajo la excusa de que son demasiado buenos y tan bien diseñados que es una lástima que los encargados de mantenimiento los tengan para dañarlos.

El plan de mantenimiento programado propuesto para la empresa INARQC S.A.S, no solo busca crear los documentos, rutinas procedimientos y normas de seguridad que no se encuentren implementadas, sino también crear conciencia de que el departamento de mantenimiento realmente ayude en el proceso productivo de una forma activa y medible.

El proyecto que a continuación se presenta, se enfoca en la elaboración de un plan de mantenimiento programado para la maquinaria pesada y equipos ligeros de la empresa INARQC S.A.S con la implementación de un departamento de mantenimiento dentro de la empresa con el fin de satisfacer la necesidad de almacenar los historiales de intervención por equipo, obtenidos a partir de la implementación del proyecto, ya que al no poseer un departamento no se ha controlado esta información.

OBJETIVO

Realizar un completo mantenimiento preventivo la maquinaria y equipos de la empresa

ALCANCE

Se estandariza esta norma para que sea correctamente aplicada por mecánicos, electricistas, operarios y supervisores que pertenecen al recurso humano de la empresa.

RESPONSABILIDADES.

Esta responsabilidad recae totalmente en el Ingeniero jefe de Mantenimiento, puesto que al no ser una actividad economica central de la empresa se centran las labores en una sola persona.

2. SISTEMA DE CODIFICACION DE MAQUINARIA/EQUIPOS

El sistema de codificación existente en la maquinaria pesada y el quipo liviano es nulo, simplemente se toman en cuenta los códigos proporcionados por los distribuidores de maquinaria o simplemente se utilizan las series de cada máquina o equipo.

Basados en la siguiente tabla nos dispondremos a crear un código de identificación para cada una de las máquinas y equipos en la empresa.

MAQUINA/EQUIPO	CODIGO
EXCAVADORA	01 a 19
RETROEXCAVADORA	20 a 39
VIBRO COMPACTADOR	40 a 59
MOTO NIVELADORA	60 a 79
MINI CARGADOR	80 a 99
COMPRESOR AIRE TORNILLO LUBRICADO MOVIL	100 a 119
MARTILLO NEUMATICO	120 a 139
CANGURO COMPACTADOR	140 a 159
VIBRADOR PENDULO CONCRETO	160 a 179
BOMBA CENTRIFUGA	180 a 199
MEZCLADORA	200 a 219
PLACAS COMPACTADORAS VIBRATORIAS	220 a 239

Tabla de códigos maquinaria

CODIFICACION DE LOS EQUIPOS

Nuestro código involucra los siguientes parámetros:

TIPO EQUIPO	UBICACIÓN	FUNCIÓN
EX01	C	P

Donde:

EX01	Significa: Excavadora de oruga 320D
C,PA	Significa: el lugar donde se ubica (campo, patio)
P, A	Significa que es un equipo principal o auxiliar

La maquinaria y equipos que encontramos en la empresa serán renombrados para una mejor identificación y del mismo modo control en los procesos que se llevaran a cabo con dichas máquinas y equipos.

Veremos la nueva codificación reflejada en la siguiente tabla:

LISTADO EQUIPOS	
EQUIPO	CODIGO
EXCAVADORA - CAT 416E	EX01-C-P
RETROEXCAVADORA - CAT 320D	REX20-C-A
VIBRO COMPACTADOR - BOMAG BW 211 D 40	VIB40-C-P
MOTO NIVELADORA - CAT 12H	MT60-C-P
MINI CARGADOR - CAT 262D	MC80-C-A
COMPRESOR AIRE TORNILLO LUBRICADO MOVIL - KAESER M50	COM100-PA-P
MARTILLO NEUMATICO - BOSCH GSH5CE	MN120-PA-P
MARTILLO NEUMATICO - BOSCH GSH5CE	MN121-PA-P
CANGURO COMPACTADOR - WEBER SRV 660	CAC140-PA-P
CANGURO COMPACTADOR - WEBER SRV 660	CAC141-PA-P
VIBRADOR PENDULO CONCRETO - CIPSA M10SH13	VC160-PA-P
VIBRADOR PENDULO CONCRETO - CIPSA M10SH13	VC161-PA-P
VIBRADOR PENDULO CONCRETO - CIPSA M10SH13	VC162-PA-A

MOTOBOMBA - HONDA W30XT	BOM180-PA-P
MOTOBOMBA - HONDA W30XT	BOM181-PA-A
MEZCLADORA DE CONCRETO - 12P 400T	MEZ200-PA-P
MEZCLADORA DE CONCRETO - 12P 400T	MEZ201-PA-P
PLACAS COMPACTADORAS VIBRATORIAS - EQUIMACO E500V	PCV220-PA-P
PLACAS COMPACTADORAS VIBRATORIAS - EQUIMACO E500V	PCV221-PA-P

Nueva Codificación de máquinas y equipos

3. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD

El análisis de criticidad es una herramienta que permite identificar y jerarquizar por su importancia los elementos de una instalación sobre los cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos). En otras palabras, el análisis de criticidad ayuda a determinar eventos potenciales indeseados, en el contexto de la confiabilidad operacional, entendiéndose confiabilidad operacional como: la capacidad de una instalación (procesos, tecnología, gente), para cumplir su función o el propósito que se espera de ella, dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico en un tiempo determinado.

El término "crítico" y la definición de criticidad pueden tener diferentes interpretaciones y van a depender del objetivo que se está tratando de jerarquizar. Desde esta óptica existen una gran diversidad de herramientas de criticidad, según las oportunidades y las necesidades de la organización:

- Flexibilidad operacional (disponibilidad de función alterna o de respaldo)
- Efecto en la continuidad operacional / capacidad de producción
- Efecto en la calidad del producto
- Efecto en la seguridad, ambiente e higiene
- Costos de paradas y del mantenimiento
- Frecuencia de fallas / confiabilidad
- Condiciones de operación (temperatura, presión, fluido, caudal, velocidad)
- Flexibilidad / accesibilidad para inspección & mantenimiento
- Requerimientos / disponibilidad de recursos para inspección y mantenimiento
- Disponibilidad de repuestos

MODELO DE CRITICIDAD DE FACTORES PONDERADOS BASADO EN EL CONCEPTO DEL RIESGO

Este método fue desarrollado por un grupo de consultoría inglesa denominado: The Woodhouse Partnership Limited [Woodhouse Jhon. "Criticality Analysis Revisited" The Woodhouse Partnership Limited, Newbury, England 1994].

Este es un método semi cuantitativo bastante sencillo y práctico, soportado en el concepto del riesgo: frecuencia de fallas x consecuencias.

A continuación se presenta de forma detallada la expresión utilizada para jerarquizar sistemas:

Criticidad total = Frecuencia x Consecuencias de fallas

Frecuencia = Rango de fallas en un tiempo determinado (fallas/año)

Consecuencias = (Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costos de Mtto. + Impacto Seguridad, Ambiente e Higiene)

Los factores ponderados de cada uno de los criterios a ser evaluados por la expresión del riesgo se presentan a continuación:

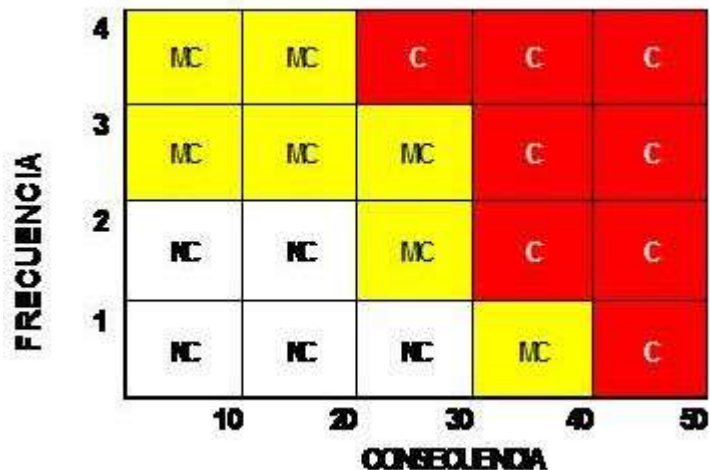
<i>ítem</i>	<i>Valores</i>
Frecuencia fallas	
Pobre mayor a 2 fallas al año	4
Promedio 1- 2 fallas al año	3
Buena 0.5 – 1 falla al año	2
Excelente menos de 0.5 fallas al año	1
Impacto operacional	
Perdida de todo el despacho	10
La parada del sistema o subsistema tiene repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones o producción	1
Flexibilidad operacional	
No existe opción de producción y no existe opción de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido / almacén	2
Función de repuesto disponible	1
Costos de Mantenimiento	
Mayor o igual a \$2000000	2
Inferior a \$2000000	1
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	

Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere notificación a entes externos de la organización	8
Afecta el ambiente / instalaciones	7
Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Provoca años menores (ambiente – seguridad)	3
No provoca ningún tipo de daños a personas instalaciones o ambientes	1

Tabla de Factores ponderados a ser evaluados.

Para obtener el nivel de criticidad de cada sistema se toman los valores totales individuales de cada uno de los factores principales: frecuencia y consecuencias y se ubican en la matriz de criticidad - valor de frecuencia en el eje Y, valor de consecuencias en el eje X. La matriz de criticidad mostrada a continuación permite jerarquizar los sistemas en tres áreas:

- Área de sistemas No Críticos (NC)
- Área de sistemas de Media Criticidad (MC)
- Área de sistemas Críticos (C)



Matriz general de Criticidad

4. ANALISIS DE CRITICIDAD A LA MAQUINARIA Y EQUIPOS

Evaluaremos los equipos por los dos métodos que conocemos y veremos su nivel de criticidad y así escoger la maquina o equipo con mayor criticidad.

5. ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA – AMEF

Por medio del análisis de criticidad, encontramos que el equipo que se encuentra en una zona crítica es la excavadora CAT 416E, por lo tanto tenemos que es un equipo crítico.

Debido a la criticidad del equipo se hace necesario encontrar las causas de tal problema, el método que hemos elegido para encontrar la causa y por consiguiente la solución es el análisis de modo y efecto de falla.

[Ver Análisis de modo y efecto de falla](#)

6. PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO

En las tablas siguientes resumimos los siguientes aspectos de manera que provea la mayor cantidad de información al encargado del mantenimiento, estos aspectos son los siguientes:

- Procedimiento para ejecutar la tarea o actividad
- Prioridad de la tarea
- Nivel de mantenimiento

Los formatos se presentan a continuación plenamente identificados con el código interno de la actividad específica, en este caso se presentan de la siguiente forma:

Descripción del mantenimiento

En el nivel de mantenimiento tenemos definidos los siguientes niveles así:

Nivel 1: Puede ser realizado por el operario

Nivel 2: Debe ser realizado por el técnico electromecánico de la planta

Nivel 3: Debe ser ejecutado por un especialista outsourcing

Nivel 4: Debe ser ejecutado por el servicio de garantía de la fábrica

Nivel 5: Debe ser ejecutado solo por la casa matriz del equipo

Las prioridades se definen según la técnica del semáforo en:

Rojo: Intervención urgente

Amarillo: Intervención correctiva programada

Verde: Intervención programada

[Ver formato de descripción de mantenimiento](#)

7. Conclusiones

La identificación del estado actual de la maquinaria y equipos de la empresa son la herramienta básica para enfocar la planeación de las tareas, debe tenerse en cuenta las condiciones ambientales donde trabaja contantemente la maquina o equipo ya que algunas se pueden ver afectadas por el clima o el ambiente al que está expuesto el equipo. Por ello se programó una frecuencia de mantenimiento corto así brindando confiabilidad en el mantenimiento realizado.

La determinación de la criticidad de cada uno de los equipos muestra que equipo debe entrar analizar, si es necesario la inversión en repuestos o provisionales o entrar a un mantenimiento avanzado directamente con la casa matriz fabricante de la maquina o equipo.

La aplicación del análisis de la técnica del análisis de modo y efecto de falla AMEF permite ordenar y llevar un análisis más profundo de los diferentes modos de falla y sus efectos dentro del proceso de producción en la empresa, dando así la posibilidad de programar un mantenimiento que evite las paradas inesperadas y así crezca la productividad dentro de la misma.

Los formatos se deben estandarizar y aprobar por todas las dependencias de la planta ya que si se utiliza un sin número de ellos el flujo de información puede verse seriamente afectado.

El plan de mantenimiento programado correctamente implementado aumenta la vida útil de las máquinas, mejorando igualmente la productividad de las máquinas y diferentes equipos pues se disminuyen los tiempos muertos que se generan debido a las paradas que no se esperan dentro de una labor.

8. Agradecimientos

Quiero agradecer a Dios primeramente por permitirme alcanzar esta meta en mi vida, a mis padres por apoyarme durante este camino a pesar de las adversidades y complicaciones, a mi familia, a los profesores y todas las personas, amigos, conocidos y compañeros de estudio que ayudaron a que este sueños sea realidad.

Quiero agradecer adicionalmente a mis profesores que durante toda la estancia en el alma mater me brindaron sus conocimientos para mi crecimiento personal y profesional, también quiero agradecer a la empresa INARQC S.A.S por brindarme la oportunidad de desarrollar las prácticas profesionales.

Habrà nuevas metas por delante para mí.

GRACIAS.

9. Referencias

1. Aguilar-Otero, J. R.-A.-J. (2010). *Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad*. Recuperado el 03 de Junio de 2015, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48215094003>
2. Caterpillar. (2014). <http://www.finningsudamerica.com/>. Obtenido de <http://www.finningsudamerica.com/docs/default-source/Rental---Chile-2/236d-242d-246d-262d.pdf?sfvrsn=0>
3. Caterpillar, G. (2015). www.gecolsa.com. Obtenido de www.gecolsa.com: <https://gecolsa.com/>
4. ESPINOZA, H. S. (2011). *ACTUALIZACIÓN DE LOS AMEF DE PROCESO*. Queretaro.
5. Garrido, S. G. (2013). En S. G. Garrido, *El Plan de Mantenimiento Programado*. Renovetec.
6. Jones, R. (1995). *Risk-Based Management: A Reliability-Centered Approach*. Houston Texas: Publishing Company First Edition.
7. *Mantenimiento Mundial*. (2011). (infor) Recuperado el 03 de Junio de 2015, de *Mantenimiento Mundial*: <http://www.mantenimientomundial.com/>
8. *Mantenimiento.net*. (2015). Recuperado el 03 de Junio de 2015, de *Mantenimiento.net*: <http://www.confiabilidad.net/>
9. Parra, C. (1997). *Metodología de Implantación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en la Refinería de Amuay*. Caracas, Venezuela: Universidad de los Andes.
10. S.A.S, I. (2015). Portafolio de servicios, Base de datos. Monterrey - Casanare.
11. Woodhouse, J. (1994). *Criticality Analysis Revisited*. Newbury, England : The Woodhouse Partnership Limited.
12. www.hse.com.co. (2013). Obtenido de <http://hse.com.co/devphp/infhse/TALLER%20DE%20IZAJE%20DE%20CARGAS%20BICENTENARIO/Manuales/Manual%20cat%20320.pdf>

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	19
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
3. JUSTIFICACION	21
4. OBJETIVOS	22
4.1 Objetivo General.....	22
4.2 Objetivos Específicos.....	22
5. ESTADO ACTUAL	23
5.1 Marco Conceptual.....	23
5.1.1 Mantenimiento programado.	23
5.1.2 Tipos de Mantenimiento	23
5.1.3 Análisis del Modo y Efecto de la Falla (AMEF)	24
5.1.4 Análisis de criticidad de equipos	28
Formatos de mantenimiento.....	28
5.2 Marco contextual	29
5.2.1 INARQC S.A.S - INGENIERÍA Y ARQUITECTURA CONSTRUCCIONES Y CONSULTORÍAS.....	29
5.2.2 Misión.....	29
5.2.3 Visión	30
6. ANALISIS DEL MANTENIMIENTO	31
6.1 ESTRUCTURA	31
6.1.1 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA	32
6.2 ANALISIS DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA.....	32
6.2.1 DESCRIPCIÓN	32
6.2.2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL MANTENIMIENTO	33
6.2.3 DIAGRAMA RECOMENDADO PARA REALIZAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO	34
6.3 DESCRIPCION DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO	40
6.4 DOCUMENTACIÓN TÉCNICA	44
6.4.1 1.4.1. HOJA DE VIDA DEL EQUIPO.....	44
6.4.2 SOLICITUD DE SERVICIO	45
6.4.3 LISTA DE CONTROL DE REPUESTOS.....	46

6.4.4	REGISTRO DE MAQUINAS/EQUIPOS	47
6.4.5	ORDEN DE TRABAJO.....	48
6.4.6	INFORME DE AVERIA.....	49
6.4.7	CONTROL DE REPUESTOS.....	50
6.4.8	INFORME DE ENTREGA	51
6.5	SISTEMA DE CODIFICACION DE MAQUINARIA/EQUIPOS	52
6.5.1	1.5.1. CODIFICACION DE LOS EQUIPOS	52
6.5.2	METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD	54
6.6	ANALISIS DE CRITICIDAD A LA MAQUINARIA Y EQUIPOS	56
6.6.1	RETROEXCAVADORA CAT 320D	57
6.6.2	EXCAVADORA CAT 416E	58
6.6.3	MINI CARGADOR CAT 262D	59
6.6.4	MOTONIVELADORA CAT 12H.....	60
6.6.5	VIBRO COMPACTADOR BOMAG BW 211 D40	61
6.6.6	MOTOBOMBA HONDA W30XT.....	62
6.6.7	COMPRESOR AIRE TORNILLO LUBRICADO MOVIL KAESER M50 63	
6.6.8	MEZCLADORA 12P 400T	64
6.6.9	MARTILLO NEUMATICO BOSCH GSH5CE	65
6.6.10	CANGURO COMPACTADOR WEBER SRV 660.....	66
6.6.11	VIBRADOR PENDULO CONCRETO CIPSA M10SH13.....	67
6.6.12	PALCA COMPACTADORA VIBRATORIA EQUIMACO E500V	68
6.6.13	HISTOGRAMA DE CRITICIDAD	69
7.	ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA – AMEF	70
8.	PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO.....	70
9.	CONCLUSIONES.....	71
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estructura de la empresa.....	31
Tabla 2. Norma de procedimiento.....	43
Tabla 3. Hoja de vida Maquina/Equipo	44
Tabla 4. Solicitud de servicio.....	45
Tabla 5. Control de repuestos.....	46
Tabla 6. Registro de Maquinas/Equipos	47
Tabla 7. Orden de trabajo.....	48
Tabla 8. Informe de avería	49
Tabla 9. Control de repuestos.....	50
Tabla 10. Informe de entrega	51
Tabla 11. Tabla de códigos maquinaria	52
Tabla 12. Nueva Codificación de máquinas y equipos	53
Tabla 13. Factores ponderados a ser evaluados.	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mantenimiento vial interveredal Monterrey Casanare.	20
Figura 2. Diagrama de la metodología de análisis de modo y efecto de falla. AMEF	25
Figura 3. Entradas del Análisis de modos y efectos de falla. AMEF.....	27
Figura 4. Formato. Análisis de modos y efectos de falla. AMEF	27
Figura 5. Aspectos de confiabilidad operacional.	28
Figura 6. Logo de la empresa INARQC S.A.S - INGENIERÍA Y ARQUITECTURA CONSTRUCCIONES Y CONSULTORÍAS.....	29
Figura 7. Aplicación micro pavimento.....	30
Figura 8. Organigrama de la empresa	32
Figura 9. Diagrama de flujo de mantenimiento actual	33
Figura 10. Diagrama de flujo preventivo propuesto	34
Figura 11. Diagrama de flujo correctivo	35
Figura 12. Diagrama de flujo ruta de planeación.....	36
Figura 13. Diagrama de flujo ruta de programación	37
Figura 14. Diagrama de flujo ruta de ejecución	38
Figura 15. Diagrama de flujo ruta de control.....	39
Figura 16. Matriz general de Criticidad	56
Figura 17. Criticidad retroexcavadora CAT 320D.....	57
Figura 18. Criticidad excavadora CAT 416E.....	58
Figura 19. Criticidad mini cargador CAT 262D	59
Figura 20. Criticidad motoniveladora CAT 12H	60
Figura 21. Criticidad vibro compactador BOMAG BW 211 D40.....	61
Figura 22. Criticidad motobomba HONDA W30XT.....	62
Figura 23. Criticidad compresor de aire tornillo lubricado KAESER M50.....	63
Figura 24. Criticidad mezcladora KAESER M50.....	64
Figura 25. Criticidad martillo neumático BOSCH GSH5CE	65
Figura 26. Criticidad canguro compactador WEBER SRV 660	66
Figura 27. Criticidad vibrador péndulo concreto CIPSA M10SH13	67
Figura 28. Criticidad placas compactadoras concreto EQUIMACO E500V.....	68
Figura 22. Histograma de criticidad.....	69

1. INTRODUCCIÓN

El mantenimiento en las diferentes empresas se ha tomado más como una carga económica como un solución a los problemas internos de disponibilidad de equipos, esto ha sido probado por muchos departamentos de mantenimiento que mantienen la idea de un mantenimiento tipo reparador, interviniendo el equipo únicamente cuando este sufre un desperfecto y descuidando todos los otros requerimientos importantes para prevenir fallas futuras. Aspectos como lubricación, limpieza, ajuste, verificación de niveles entre otros no cuentan con una programación estructurada que permitan mantener un ciclo alto de vida útil en el equipo.

Desafortunadamente muchas veces los documentos que nos permiten realizar esta labor como planos y manuales de fabricante no existen o simplemente se encuentran adornando la biblioteca personal del señor gerente de la empresa bajo la excusa de que son demasiado buenos y tan bien diseñados que es una lástima que los encargados de mantenimiento los tengan para dañarlos.

El plan de mantenimiento programado propuesto para la empresa INARQC S.A.S, no solo busca crear los documentos, rutinas procedimientos y normas de seguridad que no se encuentren implementadas, sino también crear conciencia de que el departamento de mantenimiento realmente ayude en el proceso productivo de una forma activa y medible.

El proyecto que a continuación se presenta, se enfoca en la elaboración de un plan de mantenimiento programado para la maquinaria pesada y equipos ligeros de la empresa INARQC S.A.S con la implementación de un departamento de mantenimiento dentro de la empresa con el fin de satisfacer la necesidad de almacenar los historiales de intervención por equipo, obtenidos a partir de la implementación del proyecto, ya que al no poseer un departamento no se ha controlado esta información.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa INARQC S.A.S no cuenta con un departamento de mantenimiento, a causa de esto no existe un plan de mantenimiento programado, solo se realizan mantenimientos correctivos, en su mayoría realizados por entes externos de los cuales no se lleva un historial, esto no permite conocer cuáles son las fallas más frecuentes de estos, para un posterior análisis de las causas y una intervención, esta problemática afecta directamente a la empresa y a sus clientes ya que se ve comprometida la imagen y confianza que sus clientes depositan en esta. Además de generar paradas inesperadas del equipo, pérdidas económicas y tiempos muertos.



Figura 1. Mantenimiento vial interveredal Monterrey Casanare.

Fuente: Base de datos de la empresa INARQC S.A.S

3. JUSTIFICACION

El plan de mantenimiento contribuirá a una reducción de las paradas inesperadas y a tener un control de las mismas y se obtiene una programación de paradas y una reducción de mantenimientos correctivos o inesperados, contribuirá a un ahorro en mantenimiento ya que se proyectara en el tiempo, tendremos un mayor control y un historial de las fallas presentadas en los equipos, para un futuro análisis e intervención de este. También mejorara la imagen y confianza de la empresa, el sentido de pertenencia de sus trabajadores y el ambiente laboral.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

DISEÑAR DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO APLICANDO EL ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA PARA LA MAQUINARIA Y EQUIPOS DE LA EMPRESA INARQC S.A.S.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el estado actual de los equipos y el papel dentro del proceso.
- Evaluar la criticidad y optimizar la codificación de los equipos.
- Realizar el análisis de modo y efecto de falla para la maquinaria y equipos
- Elaborar formatos de información necesarios para el plan de mantenimiento.
- Diseñar el plan de mantenimiento programado para los equipos críticos.

5. ESTADO ACTUAL

5.1 MARCO CONCEPTUAL

5.1.1 Mantenimiento programado.

Son el conjunto de tareas de mantenimiento que tienen por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las revisiones e intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suelen un carácter sistemático, es decir, se interviene aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema. (Garrido, 2013)

Entre los tipos de tareas que se suele incluir en el mantenimiento programado están las siguientes:

- Limpieza técnica de equipos.
- Sustitución de elementos sometidos a desgaste, como rodets, rodamientos, cojinetes, camisas, culatas, etc.
- Comprobación del estado interior de determinados elementos, cuya verificación no puede realizarse con el equipo en servicio y para el que se requiere un desmontaje.
- Comprobación del buen funcionamiento de la instrumentación, y calibración de esta.
- Verificación de prestaciones.

5.1.2 Tipos de Mantenimiento

Definición de Mantenimiento: Asegurar que todo activo continúe desempeñando las funciones deseadas.

Objetivo del Mantenimiento: Asegurar la competitividad de la empresa por medio de:

- Garantizar la disponibilidad y confiabilidad planeadas de la función deseada.
- Satisfacer todos los requisitos del sistema de calidad de la empresa.
- Cumplir todas las normas de seguridad y medio ambiente, y Maximizar el beneficio global.
- Confiabilidad es la probabilidad de estar funcionando sin fallas durante un determinado tiempo en unas condiciones de operación dadas.
- Mantenibilidad es la probabilidad de poder ejecutar una determinada operación de mantenimiento en el tiempo de reparación prefijado y bajo las condiciones planeadas.
- Soportabilidad es la probabilidad de poder atender una determinada solicitud de mantenimiento en el tiempo de espera prefijado y bajo las condiciones planeadas.

Las estrategias que se prevén son: Predictivo, Preventivo, Correctivo.

Mantenimiento Predictivo o Basado en la Condición, consiste en inspeccionar los equipos a intervalos regulares y tomar acción para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas según condición. Incluye tanto las inspecciones objetivas (con instrumentos) y subjetivas (con los sentidos), como la reparación del defecto (falla potencial)

Mantenimiento Preventivo o Basado en el Tiempo, consiste en reacondicionar o sustituir a intervalos regulares un equipo o sus componentes, independientemente de su estado en ese momento.

Mantenimiento Correctivo o A la Rotura, consiste en el reacondicionamiento o sustitución de partes en un equipo una vez que han fallado, es la reparación de la falla (falla funcional), ocurre de urgencia o emergencia. (Mantenimiento Mundial, 2011)

5.1.3 Análisis del Modo y Efecto de la Falla (AMEF)

Es una metodología de un equipo sistemáticamente dirigido que identifica los modos de falla potenciales en un sistema, servicio, producto u operación de manufactura / ensamble causadas por deficiencias en los procesos de diseño o proceso.

También identifica características de diseño o de proceso críticas o significativas que requieren controles especiales para prevenir o detectar los modos de falla. AMEF es una herramienta utilizada para prevenir los problemas antes de que ocurran.

El AMEF se lleva en un documento que sirve para plasmar y organizar el problema así como sus diversas soluciones.

Este método es “ponderante”, lo que significa que podemos seleccionar (en base al valor más significativo o crítico) la o las posibles soluciones, una vez que se haya corrido el proceso. (ESPINOZA, 2011)

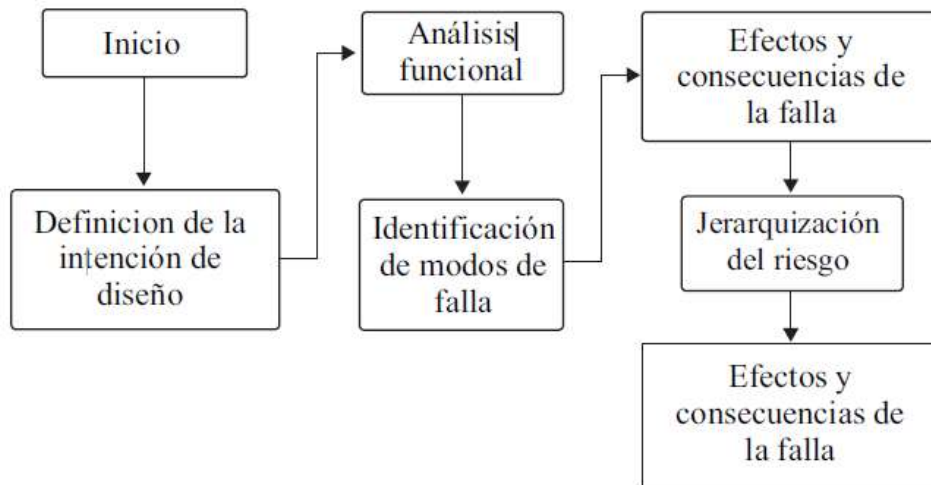


Figura 2. Diagrama de la metodología de análisis de modo y efecto de falla. AMEF

Fuente: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48215094003>

Es una técnica analítica utilizada como un medio para asegurar que en lo posible, los modos de falla potencial y sus causas asociadas han sido considerados e identificadas.

Es un documento viviente y debe iniciarse en o cerca de la etapa de factibilidad antes de los compromisos para producción o prestación del servicio y tomar en cuenta todas las operaciones de manufactura o servicio. (ESPINOZA, 2011)

5.1.3.1 Beneficios del AMEF

- Mejora la calidad, confiabilidad y seguridad de los productos / servicios / maquinaria y procesos
- Mejora la imagen y competitividad de la compañía
- Mejora la satisfacción del cliente
- Reduce el tiempo y costo en el desarrollo del producto / soporte integrado al desarrollo del producto
- Documentos y acciones de seguimiento tomadas para reducir los riesgos
- Reduce las inquietudes por Garantías probables
- Integración con las técnicas de Diseño para Manufactura y Ensamble (ESPINOZA, 2011)

5.1.3.2 Aplicaciones del AMEF

- Proceso — análisis de los procesos de manufactura y ensamble
- Diseño — análisis de los productos antes de sean lanzados para su producción
- Concepto — análisis de sistemas o subsistemas en las primeras etapas del diseño conceptual
- Equipo — análisis del diseño de maquinaria y equipo antes de su compra
- Servicio — análisis de los procesos de servicio antes de que tengan impacto en el cliente (ESPINOZA, 2011)

5.1.3.3 Objetivo del AMEF

Reducción de riesgos mediante:

1. Identificación del modo de falla potencial del producto o servicio y proceso y causas/mecanismos asociados (Buscar el prioritario).
2. Auxiliando en el análisis de nuevas manufacturas o cambios en estas y en el proceso de ensamble.
3. Evaluando los efectos de fallas potenciales con el cliente.
4. Identificar las variables de procesos en las cuales se enfocan los controles de proceso.

Desarrollo de una lista ponderada de modos de falla sobre los cuales se priorizan acciones correctivas/preventivas (ESPINOZA, 2011)

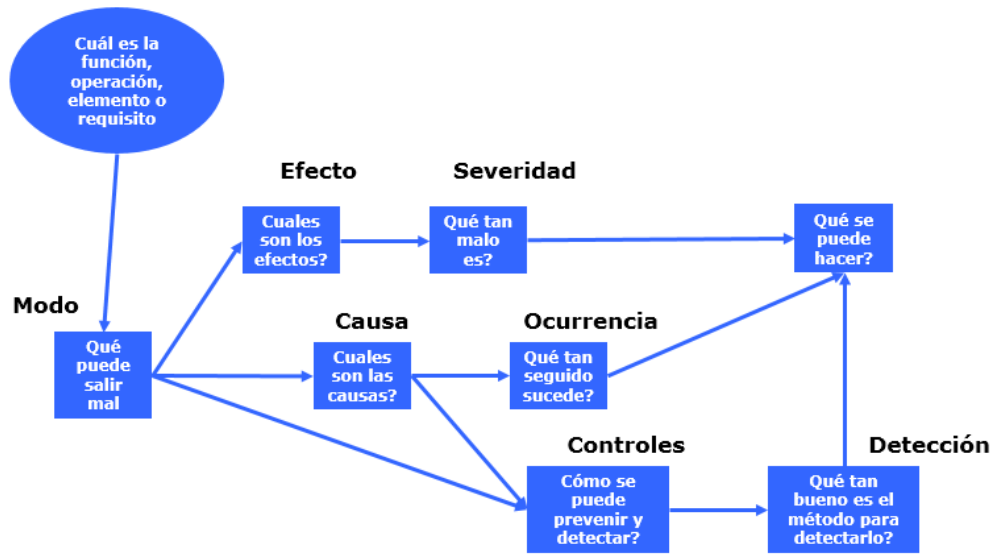


Figura 3. Entradas del Análisis de modos y efectos de falla. AMEF

Fuente: <http://www.uteq.edu.mx/tesis/IPOI/0112.pdf>

Nombre del Producto o Proceso: _____ Fecha de Elaboración: _____ CLAVE: _____
 Responsable: _____ Fecha de Revisión: _____ HOJA: ___ de ___
 Otras: _____

Descripción del Proceso-Propósito del Proceso	Modo de Falla Potencial	Efecto(s) de Falla Potencial	Severidad	Causa	Causa(s) de Falla Potencial	Ocurrencia	Controles Actuales: detección prevención	Detección	N. I. R.	Acción(es) Recomendada (s)	Área/Individuo Responsable y Fecha de Terminación	Resultados de Acciones			
												Acciones Tomadas	Severidad	Ocurrencia	Detección
Severidad: 1 ... 10 1= Lo menos severo C = Crítica, II = Relevante Ocurrencia: 1... 10 1 = Nunca ocurre Detección: 1... 10 1 = Lo detecta siempre 10= Lo más severo Normal 10= Siempre Ocurre 10= No detecta nada															

Figura 4. Formato. Análisis de modos y efectos de falla. AMEF

Fuente: <http://www.uteq.edu.mx/tesis/IPOI/0112.pdf>

5.1.4 Análisis de criticidad de equipos

El análisis de criticidad es una técnica que permite establecer la jerarquía de procesos, sistemas y equipos, estableciendo un orden que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual. (Mantenimiento.net, 2015)

Para obtener la mayor confiabilidad operacional de una planta, deben asociarse cuatro aspectos fundamentales:

- Confiabilidad humana.
- Confiabilidad del proceso.
- Confiabilidad del diseño.
- Confiabilidad del mantenimiento.



Figura 5. Aspectos de confiabilidad operacional.

Fuente: <http://www.confiabilidad.net/>

Formatos de mantenimiento

Los formatos o documentos que registran las actividades o declaran la línea de acciones a realizar se denomina formatos de mantenimiento, estos tienen la cualidad de ser flexibles a la hora de ser diseñados ya que el interesado puede crear

sus documentos para ajustarlos a sus necesidades sin tener un límite establecido para la adquisición o presentación de datos. (Mantenimiento Mundial, 2011)

Dentro de los cuales se denotan cinco principales:

- Hoja de vida del equipo.
- Solicitud de mantenimiento.
- Orden de trabajo.
- Orden de repuestos y suministros.
- Historial de equipos.

5.2 MARCO CONTEXTUAL

5.2.1 INARQC S.A.S - INGENIERÍA Y ARQUITECTURA CONSTRUCCIONES Y CONSULTORÍAS

La empresa INARQC S.A.S - INGENIERÍA Y ARQUITECTURA CONSTRUCCIONES Y CONSULTORÍAS, es una empresa de carácter privado, del orden departamental, dedicada a actividades de arquitectura e ingeniería y otras actividades conexas de consultoría técnica, construcción de proyectos de servicio público y construcción de carreteras y vías de ferrocarril (S.A.S, 2015)



Figura 6. Logo de la empresa INARQC S.A.S - INGENIERÍA Y ARQUITECTURA CONSTRUCCIONES Y CONSULTORÍAS.

Fuente: Base de datos de la empresa INARQC S.A.S - INGENIERÍA Y ARQUITECTURA CONSTRUCCIONES Y CONSULTORÍAS.

5.2.2 Misión

Nuestra misión es satisfacer de manera eficiente las necesidades de la población colombiana en materia de obras civiles, ingeniería ambiental, arquitectura, urbanismo y demás áreas afines con transparencia, calidad y rendimiento. Para ello contamos con cuatro dependencias que trabajaran arduamente en búsqueda del cumplimiento de los objetivos trazados en este proyecto, que estamos seguros tiene una de las más completas y atractivas listas de servicios en el mercado.

5.2.3 Visión

INGENIERÍA Y ARQUITECTURA, CONTRUCCIONES Y CONSULTORÍAS S.A.S, en un término de 5 años será una empresa líder a nivel regional en consultoría, asesoría, diseño, construcción y ejecución de obras civiles con enfoque al desarrollo sostenible, con el mayor reconocimiento de calidad, cumplimiento y competitividad, promoviendo principios éticos de responsabilidad y eficiencia, conservando lineamientos de integridad social, compromiso y respeto con los recursos naturales. (S.A.S, 2015)



Figura 7. Aplicación micro pavimento.

Fuente: Base de datos de la empresa INARQC S.A.S

6. ANALISIS DEL MANTENIMIENTO

6.1 ESTRUCTURA

EMPRESA	INARQC S.AS
RAZON SOCIAL	Arquitectura e ingeniería y otras actividades conexas de consultoría técnica, construcción de proyectos de servicio público, construcción de carreteras y vías de ferrocarril.
MISION	Satisfacer de manera eficiente las necesidades de la población colombiana en materia de obras civiles, ingeniería ambiental, arquitectura, urbanismo y demás áreas afines con transparencia, calidad y rendimiento. Para ello contamos con cuatro dependencias que trabajaran arduamente en búsqueda del cumplimiento de los objetos trazados en este proyecto que estamos seguros tiene una de las más completas y atractivas listas de servicios en el mercado.
VISION	INGENIERIA Y ARQUITECTURA, CONTRUCCIONES Y CONSULTORIAS S.A.S, en un término de cinco años será una empresa líder a nivel regional en consultoría, asesoría, diseño, construcción y ejecución de obras civiles con enfoque al desarrollo sostenible, con el mayor reconocimiento de calidad, cumplimiento y competitividad, conservando lineamientos de integridad social, compromiso y respeto con los recursos naturales.

Tabla 1. Estructura de la empresa.

6.1.1 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA

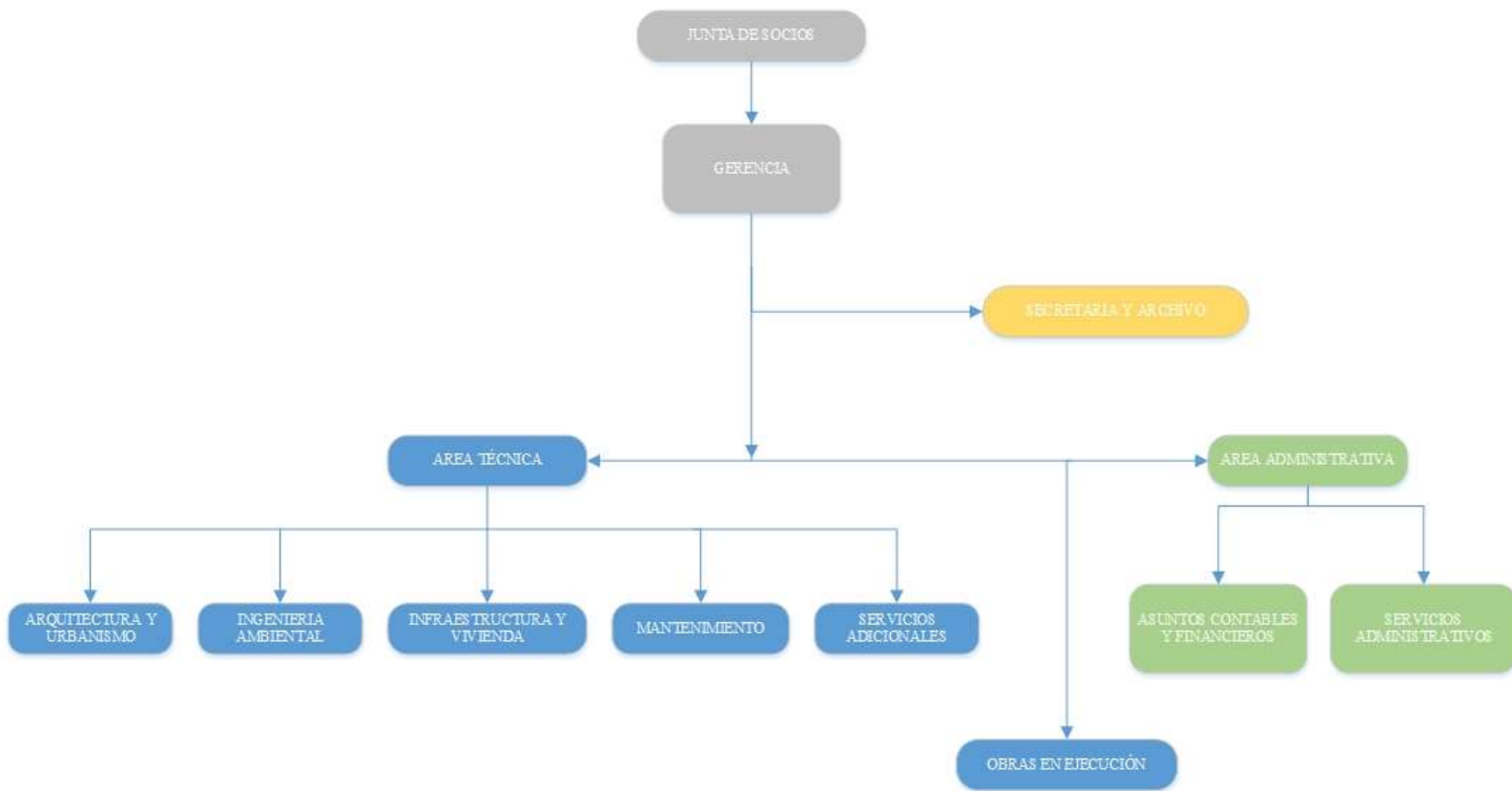


Figura 8. Organigrama de la empresa

6.2 ANALISIS DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA

6.2.1 DESCRIPCIÓN

En la empresa encontramos que solo se realiza un tipo de mantenimiento sobre la maquinaria y equipo menor, este único mantenimiento se trata del correctivo, solo se interviene en el momento que se presentan las averías, y no se cuenta con personal de mantenimiento, generalmente son los operadores de las máquinas, quienes intervienen el daño provisionalmente mientras se lleva un mecánico para buscar solución al daño, o en casos de daños mayores es necesario retirar la máquina del campo de trabajo y trasladarla al centro especializado en la reparación. La reparación la realizan los mecánicos bien sea en el lugar o donde se trasladan, por medio de conocimiento empírico o por experiencia de trabajo, ya que no se cuenta con la documentación técnica, ni con los formatos para el mantenimiento, las fichas técnicas, manuales de mantenimiento, ya que cuando el daño no se puede

reparar en el lugar de trabajo se moviliza el equipo y se solicita mantenimiento outsourcing.

6.2.2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL MANTENIMIENTO

Como solo se realiza mantenimiento de tipo correctivo, no existe ningún programa de mantenimiento preventivo, el diagrama de flujo actual de la empresa es el siguiente:

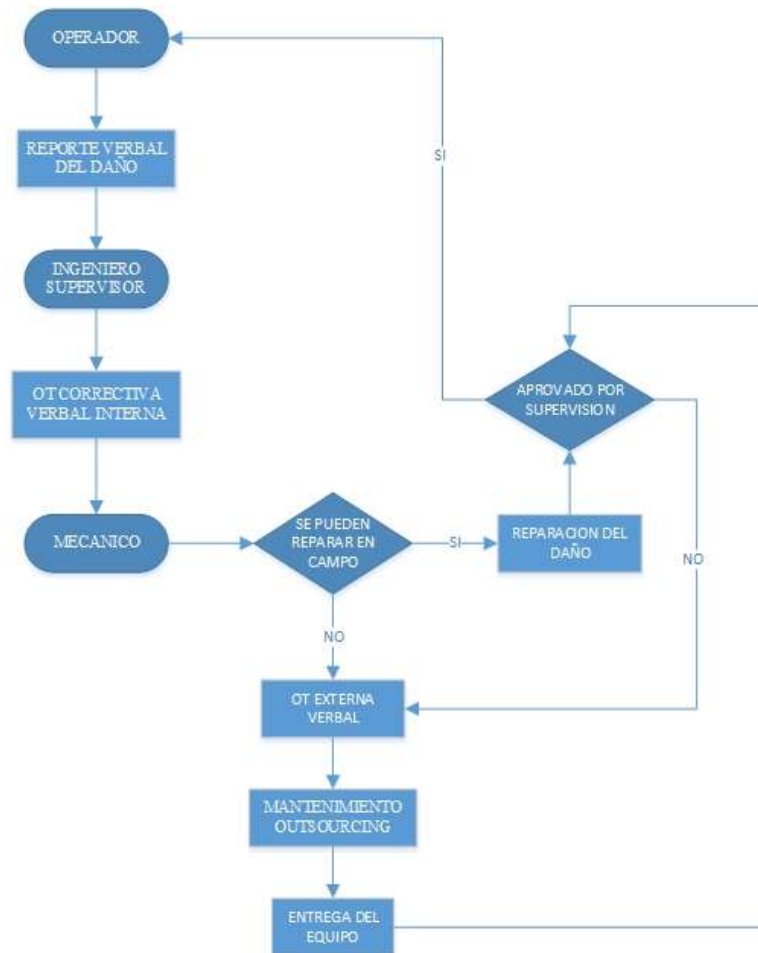


Figura 9. Diagrama de flujo de mantenimiento actual

6.2.3 DIAGRAMA RECOMENDADO PARA REALIZAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Como esta empresa no tiene un mantenimiento preventivo definido se recomiendan los siguientes pasos para empezar a implementarlo, este diagrama se puede aplicar según la disponibilidad del personal (semanal, mensual, trimestral), mientras se implementan todos los cambios y formatos y se puede llevar un correcto historial de los equipos.



Figura 10. Diagrama de flujo preventivo propuesto

RUTA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

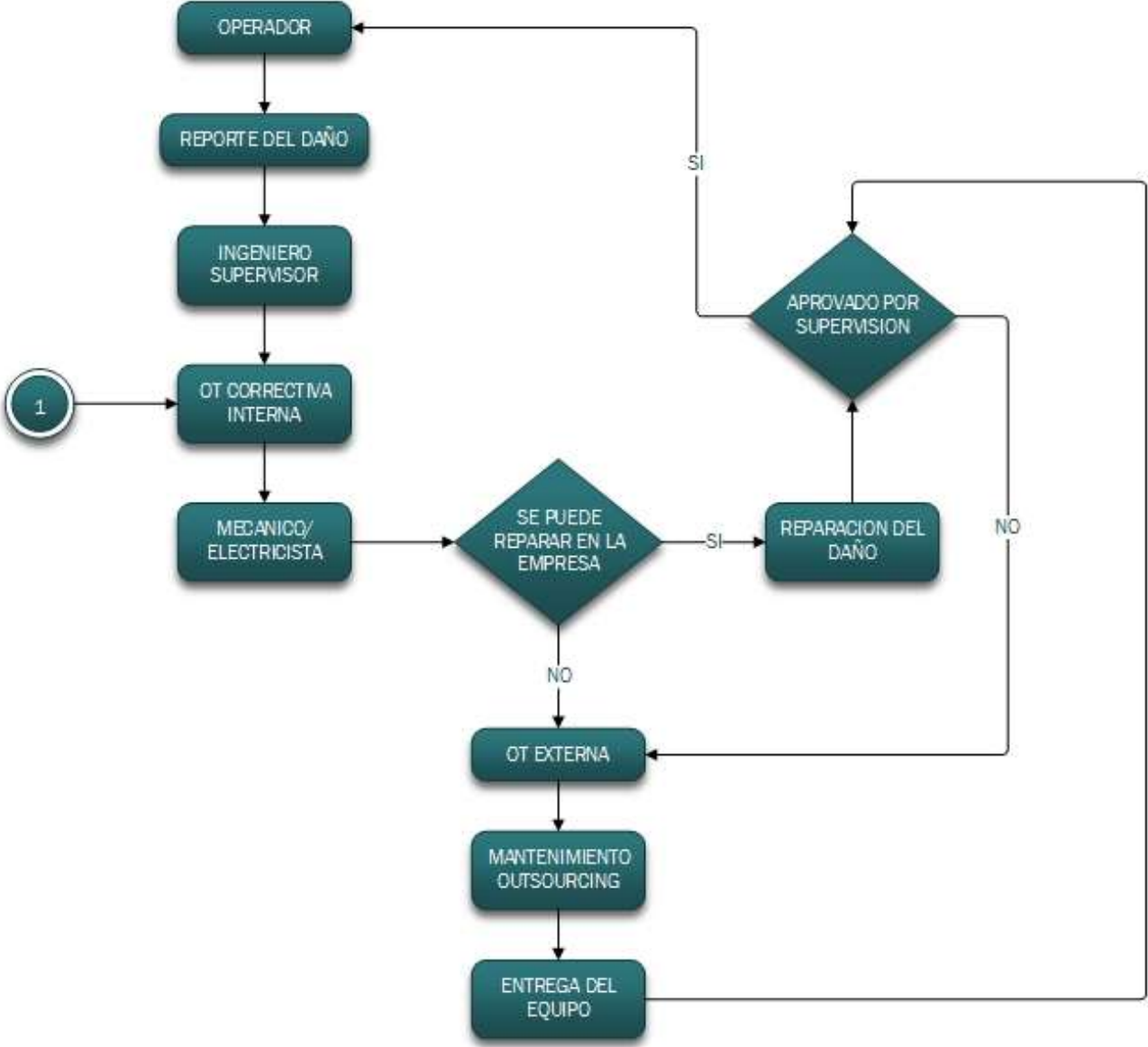


Figura 11. Diagrama de flujo correctivo

RUTA DE PLANEACIÓN

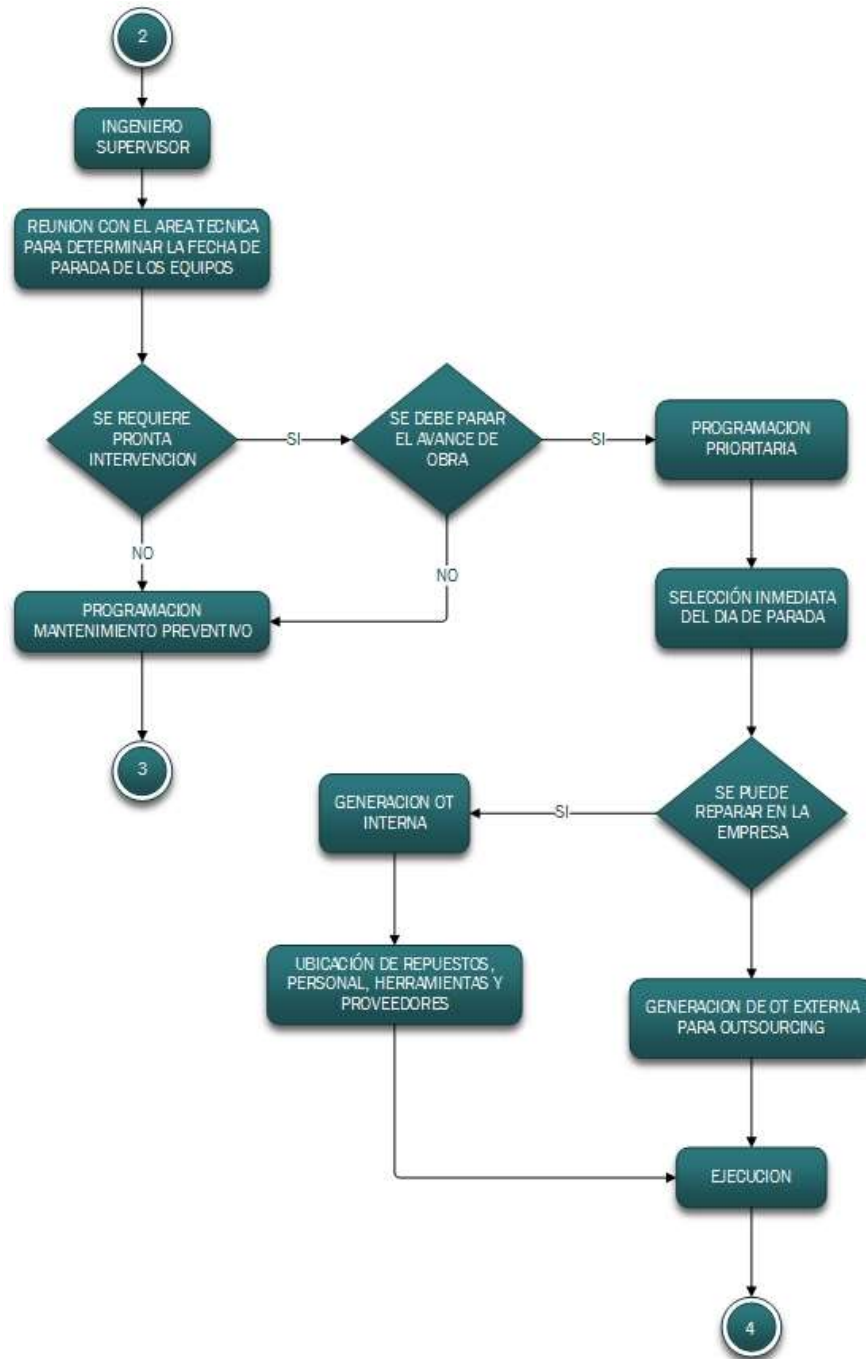


Figura 12. Diagrama de flujo ruta de planeación

RUTA DE PROGRAMACIÓN

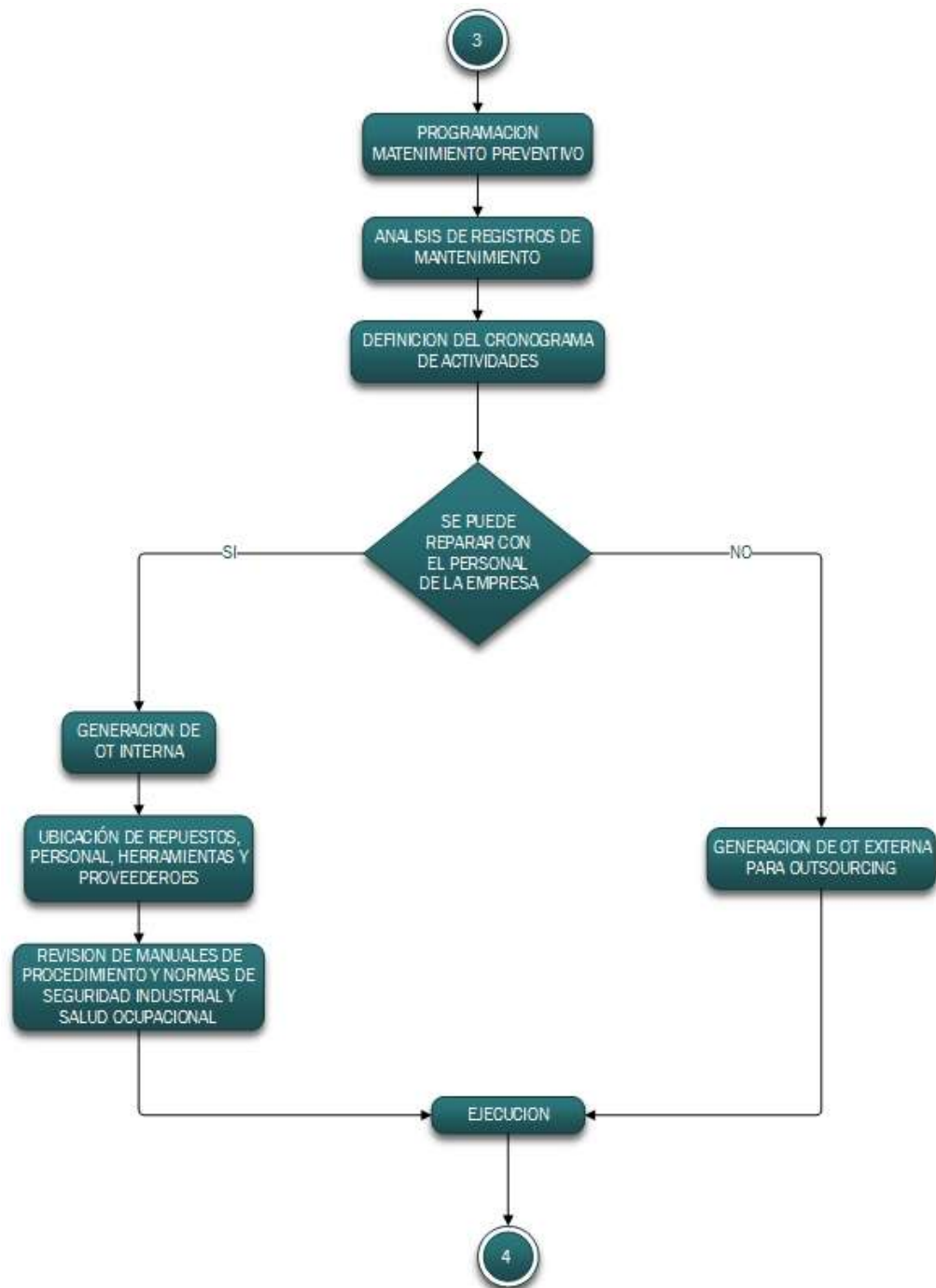


Figura 13. Diagrama de flujo ruta de programación

RUTA DE EJECUCIÓN

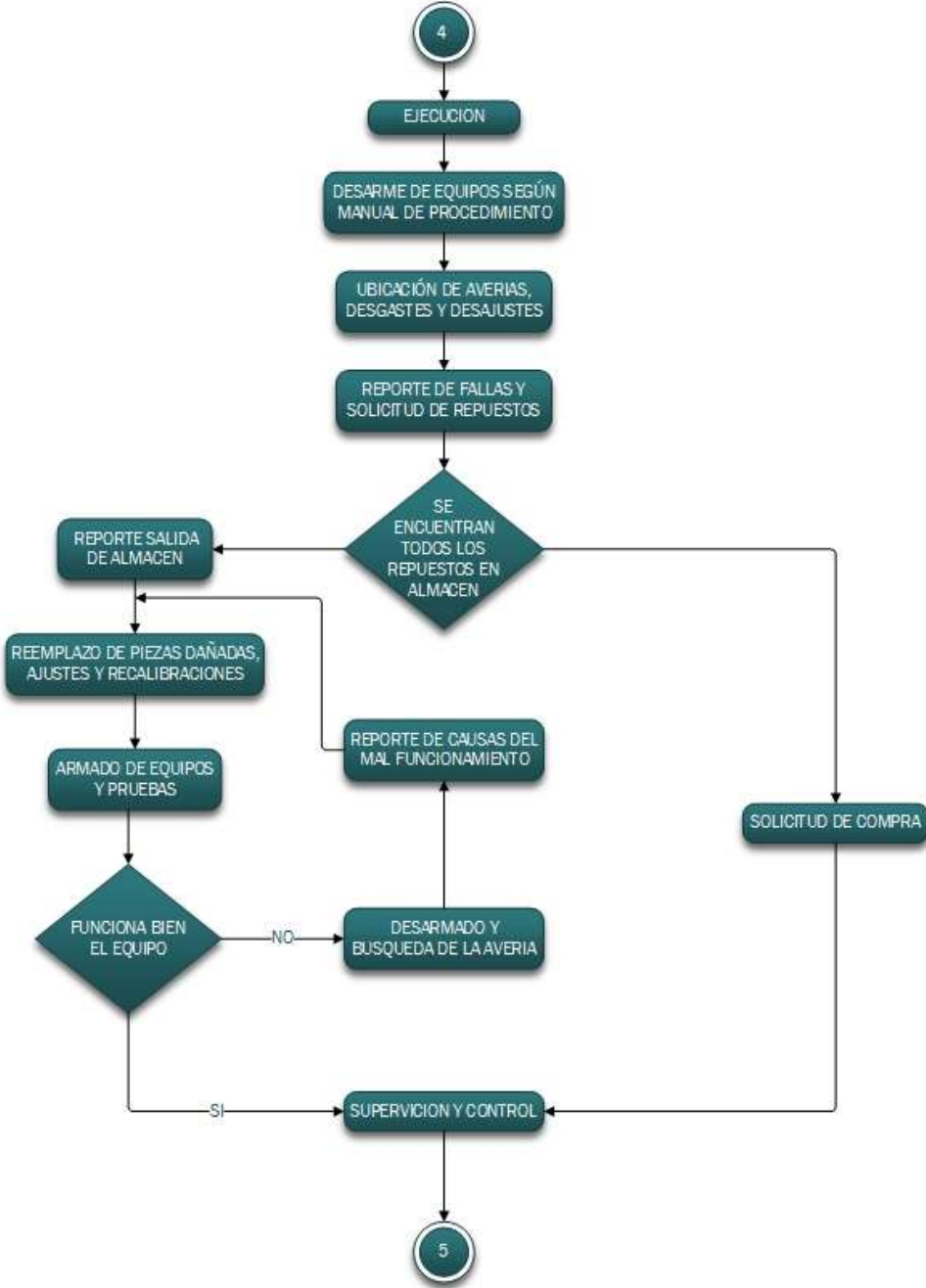


Figura 14. Diagrama de flujo ruta de ejecución

RUTA DE CONTROL

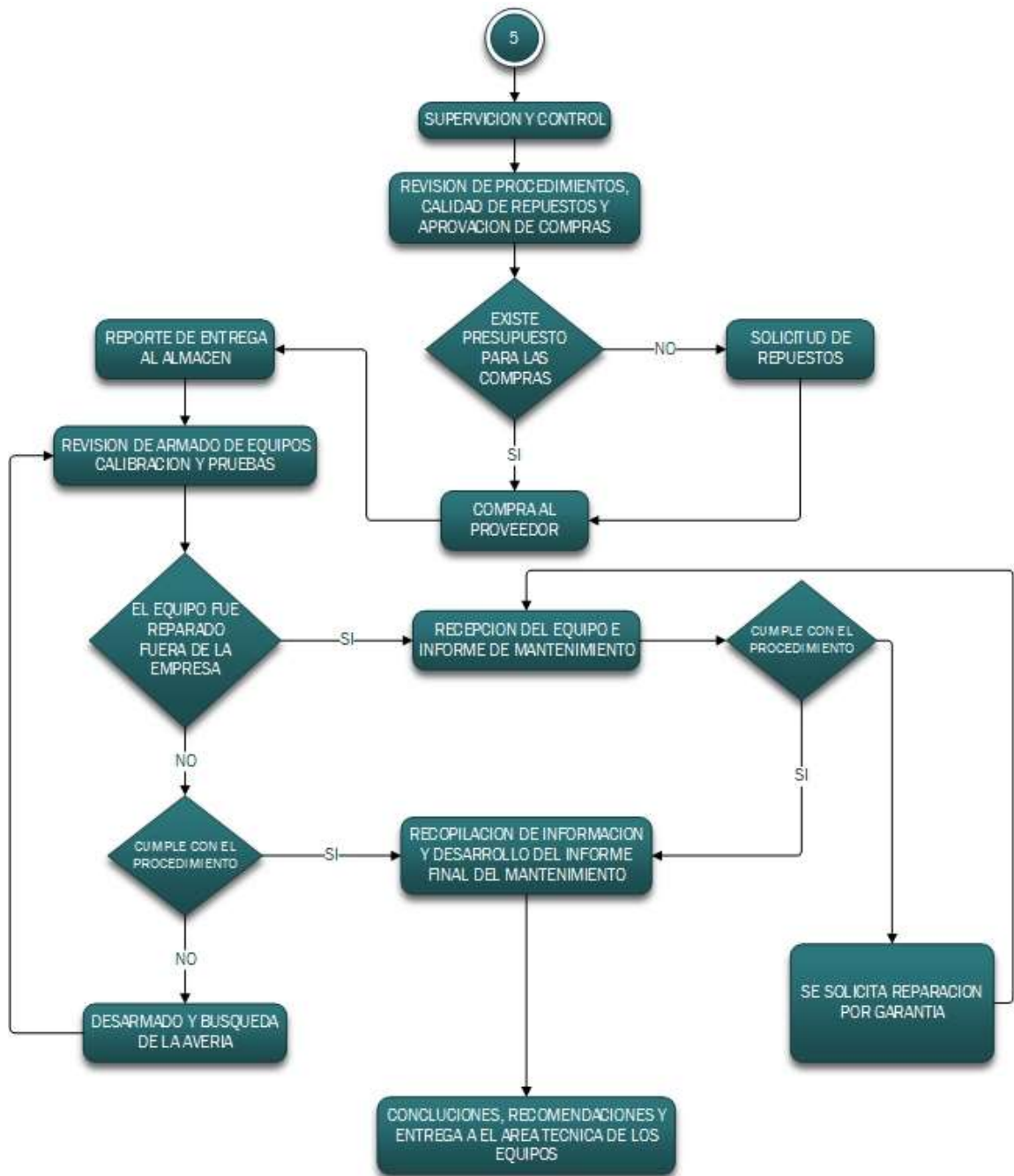


Figura 15. Diagrama de flujo ruta de control

6.3 DESCRIPCION DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO

Según las normas ISO 9000 para la calidad de procedimientos tenemos la siguiente descripción de todos los pasos para la implementación del Plan de Mantenimiento programado para la empresa INARQC S.A.S, de la ciudad de Monterrey-Casanare.

Tendremos en cuenta los siguientes pasos según la norma:

- Objetivos
- Alcance
- Responsabilidades
- Definiciones
- Procedimiento

El procedimiento tiene en cuenta los siguientes ítems:

- Diagnóstico inicial

A continuación se describen las responsabilidades, definiendo los perfiles que se requieren iniciando por la gerencia, ya que la nueva visión de mantenimiento preventivo requiere de pleno involucramiento de las directivas de la empresa.

- Documentación requerida

Como no se cuenta con ningún tipo de documentación se debe diseñar teniendo en cuenta las condiciones propias de la empresa y del personal. Se procura que sea de fácil introducción y adaptación, que no represente problema en su interpretación y que su administración sea lo más sencilla posible.

- Planeación y programación del mantenimiento.

Estimación de actividades a desarrollar en los equipos, cantidad, calidad y costo mano de obra a utilizar, materiales, repuestos y tiempos de parada. También se debe seleccionar el tipo y cantidad de herramientas a utilizar en el proceso.

- Ejecución y control del mantenimiento.

Aplicación de formatos en el proceso de mantenimiento: orden de trabajo, informe de actividades, requisición de repuestos y actualización hoja de vida.

NORMA DE PROCEDIMIENTO



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
INQ-M-NP-001-2015
INARQC S.A.S
MONTERREY CASANARE

OBJETIVO

Realizar un completo mantenimiento preventivo la maquinaria y equipos de la empresa

ALCANCE

Se estandariza esta norma para que sea correctamente aplicada por mecánicos, electricistas, operarios y supervisores que pertenecen al recurso humano de la empresa.

RESPONSABILIDADES.

Esta responsabilidad recae totalmente en el Ingeniero jefe de Mantenimiento, puesto que al no ser una actividad económica central de la empresa se centran las labores en una sola persona.

DEFINICIONES

“JM” Jefe de mantenimiento

PROCEDIMIENTO

ÍTEM	ACCIÓN	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
1	Organización del plan de mantenimiento preventivo	Definición de parámetros para desarrollar el plan, asignación de recursos tanto físicos como humanos.	Socios, gerencia Área técnica
2	Diagnostico general de la maquinaria y equipos	Evaluación de estado, mantenimientos realizados, vida útil, costos y tiempos de ejecución.	Jefe de mantenimiento, mecánico/electricista
3	Evaluación de máquinas y equipos	Se realiza examen de criticidad a todos los equipos para definir prioridades	Jefe de mantenimiento, mecánico/electricista.

4	Selección de formatos requeridos	Investigación de formatos usados en mantenimiento, selección y aprobación.	Jefe de mantenimiento
5	Diseño de formatos	Adaptación de los formatos básicos, buscando la mejor funcionabilidad, dentro de la empresa.	Jefe de mantenimiento.
6	Diligenciar formatos	Búsqueda y consignación de información en los formatos diseñados	Jefe de mantenimiento
7	Creación de hojas de vida	Recopilación de históricos: datos de fabricante, mantenimientos, costos, horas de servicio, etc.	Jefe de mantenimiento

8	Itinerario de inspección	Estimación de frecuencias de inspección en los diferentes equipos.	Ingeniero de mantenimiento, supervisor
9	Inspección rutinaria	Lineamientos para realizar periódicamente estas rutinas.	Ingeniero de mantenimiento, supervisor.
10	Evaluación de posibles repuestos requeridos	Los resultados obtenidos de las inspecciones permiten definir las piezas que deben ser intervenidas permitiendo anticipar la requisición de repuestos del almacén o la compra a proveedores.	Ingeniero de mantenimiento, mecánico/electricista.
11	Programación y planeación	Elaboración del plan de intervenciones, definición de parámetros de niveles óptimos de mantenimiento, nivel de capacitación de personal o del outsourcing	Producción, Ingeniero de mantenimiento y supervisor
12	Cronograma de mantenimiento	Definición de equipos a ser intervenidos, tiempos de parada, mantenimiento y pruebas	Ingeniero de mantenimiento, supervisor, mecánico/electricista, outsourcing

13	Coordinación con dependencias involucradas	Evaluación de presupuesto disponible, proveedores, contratación de personal externo.	Asuntos contables y financieros, Jefe de mantenimiento
14	Ordenes de trabajo	Definición y descripción de los formatos de O.T para cada equipo a intervenir.	Ingeniero de mantenimiento
15	Ejecución de tareas	Intervención del equipo por parte del técnico (planta o MO), según lo estipulado en el manual de procedimiento.	Mecánico/electricista
16	Supervisión	Revisión de la intervención, uso de catálogos, planos, listas de chequeo y manual de procedimiento por SM.	Jefe de mantenimiento
17	Informe de intervención	Entrega de equipo a supervisión, firma de orden de trabajo y entrega del informe de actividades.	Mecánico/electricista.
18	Actualización del sistema	Actualización de hoja de vida basada en las ordenes de trabajo e informe de actividades	Jefe de mantenimiento

Elaboró:	Aprobó:
Ing. Elias Castellanos Avila	

Tabla 2. Norma de procedimiento.

6.4 DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

A continuación se relacionaran todos los documentos que se aprobaron y estandarizaron para uso interno de la empresa en las diferentes labores de mantenimiento.

6.4.1 1.4.1. HOJA DE VIDA DEL EQUIPO



HOJA DE VIDA MAQUINA/EQUIPO											
			DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO INQ-M-HVE-XXX-2015 INARQC S.A.S MONTERREY CASANARE								
EQUIPO:			CODIGO MAQUINA/EQUIPO:				MARCA:				
CAPACIDAD:			SERIE FABRICANTE:				UBICACIÓN:				
FECHA	PRIORIDAD			TIEMPO DE PARADA	DETALLE DE REPARACION	TIEMPO DE TRABAJOS	H.H	TÉCNICO	VALOR		
	A	M	B						REPARACION	M. DE OBRA	TOTAL

Tabla 3. Hoja de vida Maquina/Equipo

6.4.2 SOLICITUD DE SERVICIO


SOLICITUD DE SERVICIO				
	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO INQ-M-SS-XXX-2015 INARQC S.A.S MONTERREY CASANARE			
MAQUINA: _____		CODIGO: _____		
HORA SOLICITUD: _____ AM ___ PM ___		TIEMPO DE RESPUESTA: _____		
FECHA: dd / mm / aa		TURNO: _____		
SOLICITANTE: _____				
SERVICIO SOLICITADO: _____				
DIAGNOSTICO: _____				
ORDEN DE TRABAJO N° <u>INQ-M-OT-XXX-2015</u>				
MAQUINA FUNCIONANDO: SI ___ NO ___		PARADA: SI ___ NO ___		
HORA PARADA: _____				
TIPO DE SERVICIO: CORRECTIVO ___ PREVENTIVO ___ RUTINA ___ OTROS ___				
CUAL: _____				
	NOMBRE	CODIGO	TIEMPO UTILIZADO	ESPECIALIDAD
TECNICO 1				MEC ___ ELEC ___ HID ___ LUB ___ AUT ___
TECNICO 2				MEC ___ ELEC ___ HID ___ LUB ___ AUT ___
TECNICO 3				MEC ___ ELEC ___ HID ___ LUB ___ AUT ___
TECNICO 4				MEC ___ ELEC ___ HID ___ LUB ___ AUT ___
_____ SUPERVISOR		_____ JEFE DE MANTENIMIENTO		

Tabla 4. Solicitud de servicio

6.4.3 LISTA DE CONTROL DE REPUESTOS


LISTA DE CONTROL DE REPUESTOS											
			DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO INQ-M-LCR-XXX-2015 INARQC S.A.S MONTERREY - CASANARE					MAQUINA: _____			
								CODIGO: _____			
				FECHA: _____							
DESCRIPCION	REF	PLANO		CANTIDAD			PEDIDO PENDIENTE		NVO PEDIDO		OBSERVACIONES
		N.	POS	INST	ALM	REQ	N.	CANT	N.	CANT	

Tabla 5. Control de repuestos

6.4.4 REGISTRO DE MAQUINAS/EQUIPOS



REGISTRO DE MAQUINARIA						
		DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO INQ-M-RM-XXX-2015 INARQC S.A.S MONTERREY - CASANARE				
MAQUINA:			PEDIDO:		FECHA: dd / mm / aa	
MARCA: CATERPILLAR		N.	N. SERIE:		TIPO:	
MODELO:			FABRICANTE: CATERPILLAR			
CÓDIGO:			DIRECCION:			
CAPACIDAD:			VALOR:			
OTROS DATOS:						
SERVICIOS REQUERIDOS						
CRITICO: ___	3 TURNOS: ___	2 TURNOS: ___	1 TURNO: ___	INTERMITENTE: ___		
CONTROLES ELECTRICOS: _____						
ESPECIFICACIONES DE RODAMIENTOS			REPUESTOS NECESARIOS			
CONSUMIBLES	TIPO	CANTIDAD	DESCRIPCION	CANTIDAD		PROVEEDOR
				MAX	MIN	
EQUIPO SOLDADURA						
CONSUMIBLES	TIPO	CANTIDAD	DESCRIPCION	CANTIDAD		PROVEEDOR
				MAX	MIN	

Tabla 6. Registro de Maquinas/Equipos

6.4.5 ORDEN DE TRABAJO

ORDEN DE TRABAJO				
 INARQC S.A.S <small>Ingeniería Ambiental - Arquitectura - Urbanismo - Obras Civiles</small>		DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO N° INQ-M-OT-XXX-2015 INARQC S.A.S MONTERREY CASANARE		
PRIORIDAD <input type="checkbox"/> EMERGENCIA <input type="checkbox"/> CORRECTIVO <input type="checkbox"/> PREVENTIVO <input type="checkbox"/> PROGRAMADO	MECANICO <input type="checkbox"/> ELECTRICO <input type="checkbox"/> LUBRICACION	LOCATIVO <input type="checkbox"/> SEGURIDAD IND. <input type="checkbox"/> OTRO		
SOLICITADO POR: _____		AUTORIZADO POR: _____		
FECHA: dd / mm / aa		ASIGNADO A: _____		
AREA: _____		FECHA ENTREGA	AA 05	MM 06
EQUIPO: _____		TIEMPO ASIGNADO:		
CODIGO: _____		NIVEL MMTO	1	2
TRABAJO A REALIZAR: _____		3	4	5
REPORTE TECNICO: _____				
MATERIALES UTILIZADOS				
NOMBRE	CANTIDAD	DESCRIPCION	CODIGO	VALOR
VALOR TOTAL REPUESTOS:				
NOMBRE	TIEMPO	VALOR	FECHA INICIO: dd / mm / aa	
			FECHA FIN: dd / mm / aa	
			TIEMPO REAL:	
			HORAS HOMBRE:	
			TIEMPO MUERTO:	
TOTAL MANO DE OBRA:			TOTAL OT:	
CAUSA DEL SERVIVIO DE EMERGENCIA				
LUBRICACION _____	MAL OPERADA _____	DAÑO ELECTRICO _____		
REPUESTO INADECUADO _____	ACCIDENTAL _____	DAÑO ELECTRONICO _____		
DESGASTE POR USO _____	NEGLIGENCIA _____	SOBRE CARGA _____		
MAL REPARADA _____	FALLA EN OTRO EQ/PO _____	OTRO _____		
OBSERVACIONES INTERNAS: _____				
EJECUTADO:	VERIFICADO:	RECIBIDO:	APROBADO:	
FECHA: dd / mm / aa	FECHA: dd / mm / aa	FECHA: dd / mm / aa	FECHA: dd / mm / aa	
_____	_____	_____	_____	
MECANICO-ELECTRICISTA	OPERARIO	SUPERVISOR	JEFE DE MANTENIMIENTO	

Tabla 7. Orden de trabajo

6.4.6 INFORME DE AVERIA

INFORME DE AVERIA		
	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO N° INQ-M-INFA-XXX-2015 INARQC S.A.S MONTERREY CASANARE	
EQUIPO:	MARCA:	FECHA: dd / mm / aa
ASIGNADO A:	MODELO:	CODIGO:
LUGAR DE LA AVERIA:		
HORA DE LA AVERIA:		
ESTATUS DEL EQUIPO EN EL MOMENTO DE LA FALLA	PARADO:	
	EN OPERACIÓN:	
DESCRIPCION AVERIA:		
CAUSA AVERIA:		
REPORTE:	REPORTADO POR:	
RECIBIDO EN FECHA: dd / mm / aa	CODIGO:	

Tabla 8. Informe de avería

6.4.7 CONTROL DE REPUESTOS


LISTA DE CONTROL DE REPUESTOS											
			DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO INQ-M-LCR-XXX-2015 INARQC S.A.S MONTERREY - CASANARE				MAQUINA: _____ CODIGO: _____ FECHA: _____				
DESCRIPCION	REF	PLANO		CANTIDAD			PEDIDO PENDIENTE		NVO PEDIDO		OBSERVACIONES
		N.	POS	INST	ALM	REQ	N.	CANT	N.	CANT	

Tabla 9. Control de repuestos

6.4.8 INFORME DE ENTREGA


INFORME DE ENTREGA DE MAQUINA							
			DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO INQ-M-INFE-XXX-2015 INARQC S.A.S MONTERREY-CASANARE				
AREA:			ENTREGADO POR:				
EQUIPO:			RECIBIDO POR:				
CODIGO:			FECHA: dd / mm / aa				
SISTEMA ELECTRICO		CUMPLE		SISTEMA ALIMENTACION GAS		CUMPLE	
		SI NO				SI NO	
ENCIENDE				MANGUERAS EN BUEN ESTADO			
GRADUA ALIMENTACION				MANOMETROS TRABAJANDO			
APAGA				REGULADOR FUNCIONANDO			
SELECTORES FUNCIONAN				VALVULAS FUNCIONANDO			
PULSADORES FUNCIONAN				MANGUERAS INTERNAS EN BUEN ESTADO			
PILOTOS ENCIENDEN				ACOPLE ANTORCHA BUEN ESTADO			
CONTACTORES ACCIONAN				LINEA DE LA ANTORCHA SIN FUGAS			
TABLEROS FUNCIONANDO				DIFUSOR EN BUEN ESTADO			
CABLE DE MASA BUEN ESTADO				SISTEMA ALIMENTACION ALAMBRE			
CONEXIONES ANTORCHA PERFECTAS							
GATILLO FUNCIONANDO				RODILLOS EN BUEN ESTADO			
VENTILADOR ENCIENDE				RODAMIENTOS BUENOS			
ELECTROVALVULA DE GAS TRABAJA				REDUCTOR FUNCIONA CORRECTAMENTE			
CABLE ALIMENTACION BUEN ESTADO				FRENO DEL CARRETE FUNCIONA			
CONFIGURACION DE VOLTAJE CORRECTO				AJUSTE CORRECTO DE RODILLOS			
CONDICIONES DE ASEO				GUIAS EN BUEN ESTADO			
				FUNDA GUIA EN BUEN ESTADO			
SOPORTE GAS LIMPIO				SISTEMA ELECTRONICO			
RUEDAS GIRAN CORRECTAMENTE							
CUBIERTAS EN BUEN ESTADO				TARJETAS OPERANDO CORRECTAMENTE			
SISTEMA AIMENTACION LIMPIO				DISPLAY FUNCIONANDO			
FUNDA GUIA LIMPIA				CONDICIONES DE SEGURIDAD			
ORGANOS INTERNOS LIMPIOS							
HELICE DEL VENTILADOR LIMPIA				MANIJAS DE MANIPULACION AJUSTADAS			
CONDICIONES CONSUMIBLES				CADENA SOPORTE CILINDRO EN BUEN ESTADO			
TOBERA EN BUEN ESTADO				SOPORTE BASE CILINDRO BUEN ESTADO			
BOQUILLA EN BUEN ESTADO				CONEXIONES DE CABLES AISLADAS			
OBSERVACIONES:							
ENTREGADO POR:			RECIBIDO Y VERIFICADO POR:				
TECNICO			SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO				
FECHA: dd / mm / aa			FECHA: dd / mm / aa				

Tabla 10. Informe de entrega

6.5 SISTEMA DE CODIFICACION DE MAQUINARIA/EQUIPOS

El sistema de codificación existente en la maquinaria pesada y el equipo liviano es nulo, simplemente se toman en cuenta los códigos proporcionados por los distribuidores de maquinaria o simplemente se utilizan las series de cada máquina o equipo.

Basados en la siguiente tabla nos dispondremos a crear un código de identificación para cada una de las máquinas y equipos en la empresa.

MAQUINA/EQUIPO	CODIGO
EXCAVADORA	01 a 19
RETROEXCAVADORA	20 a 39
VIBRO COMPACTADOR	40 a 59
MOTO NIVELADORA	60 a 79
MINI CARGADOR	80 a 99
COMPRESOR AIRE TORNILLO LUBRICADO MOVIL	100 a 119
MARTILLO NEUMATICO	120 a 139
CANGURO COMPACTADOR	140 a 159
VIBRADOR PENDULO CONCRETO	160 a 179
BOMBA CENTRIFUGA	180 a 199
MEZCLADORA	200 a 219
PLACAS COMPACTADORAS VIBRATORIAS	220 a 239

Tabla 11. Tabla de códigos maquinaria

6.5.1 1.5.1. CODIFICACION DE LOS EQUIPOS

Nuestro código involucra los siguientes parámetros:

TIPO EQUIPO	UBICACIÓN	FUNCIÓN
EX01	C	P

Donde:

EX01 Significa: Excavadora de oruga 320D
C,PA Significa: el lugar donde se ubica (campo, patio)
P, A Significa que es un equipo principal o auxiliar

La maquinaria y equipos que encontramos en la empresa serán renombrados para una mejor identificación y del mismo modo control en los procesos que se llevaran a cabo con dichas máquinas y equipos.

Veremos la nueva codificación reflejada en la siguiente tabla:

LISTADO EQUIPOS	
EQUIPO	CODIGO
EXCAVADORA - CAT 416E	EX01-C-P
RETROEXCAVADORA - CAT 320D	REX20-C-A
VIBRO COMPACTADOR - BOMAG BW 211 D 40	VIB40-C-P
MOTO NIVELADORA - CAT 12H	MT60-C-P
MINI CARGADOR - CAT 262D	MC80-C-A
COMPRESOR AIRE TORNILLO LUBRICADO MOVIL - KAESER M50	COM100-PA-P
MARTILLO NEUMATICO - BOSCH GSH5CE	MN120-PA-P
MARTILLO NEUMATICO - BOSCH GSH5CE	MN121-PA-P
CANGURO COMPACTADOR - WEBER SRV 660	CAC140-PA-P
CANGURO COMPACTADOR - WEBER SRV 660	CAC141-PA-P
VIBRADOR PENDULO CONCRETO - CIPSA M10SH13	VC160-PA-P
VIBRADOR PENDULO CONCRETO - CIPSA M10SH13	VC161-PA-P
VIBRADOR PENDULO CONCRETO - CIPSA M10SH13	VC162-PA-A
MOTOBOMBA - HONDA W30XT	BOM180-PA-P
MOTOBOMBA - HONDA W30XT	BOM181-PA-A
MEZCLADORA DE CONCRETO - 12P 400T	MEZ200-PA-P
MEZCLADORA DE CONCRETO - 12P 400T	MEZ201-PA-P
PLACAS COMPACTADORAS VIBRATORIAS - EQUIMACO E500V	PCV220-PA-P
PLACAS COMPACTADORAS VIBRATORIAS - EQUIMACO E500V	PCV221-PA-P

Tabla 12. Nueva Codificación de máquinas y equipos

6.5.2 METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD

El análisis de criticidad es una herramienta que permite identificar y jerarquizar por su importancia los elementos de una instalación sobre los cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos). En otras palabras, el análisis de criticidad ayuda a determinar eventos potenciales indeseados, en el contexto de la confiabilidad operacional, entendiéndose confiabilidad operacional como: la capacidad de una instalación (procesos, tecnología, gente), para cumplir su función o el propósito que se espera de ella, dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico en un tiempo determinado.

El término “crítico” y la definición de criticidad pueden tener diferentes interpretaciones y van a depender del objetivo que se está tratando de jerarquizar. Desde esta óptica existen una gran diversidad de herramientas de criticidad, según las oportunidades y las necesidades de la organización:

- Flexibilidad operacional (disponibilidad de función alterna o de respaldo)
- Efecto en la continuidad operacional / capacidad de producción
- Efecto en la calidad del producto
- Efecto en la seguridad, ambiente e higiene
- Costos de paradas y del mantenimiento
- Frecuencia de fallas / confiabilidad
- Condiciones de operación (temperatura, presión, fluido, caudal, velocidad)
- Flexibilidad / accesibilidad para inspección & mantenimiento
- Requerimientos / disponibilidad de recursos para inspección y mantenimiento
- Disponibilidad de repuestos

MODELO DE CRITICIDAD DE FACTORES PONDERADOS BASADO EN EL CONCEPTO DEL RIESGO

Este método fue desarrollado por un grupo de consultoría inglesa denominado: The Woodhouse Partnership Limited [Woodhouse Jhon. “Criticality Analysis Revisited” The Woodhouse Partnership Limited, Newbury, England 1994].

Este es un método semi cuantitativo bastante sencillo y práctico, soportado en el concepto del riesgo: frecuencia de fallas x consecuencias.

A continuación se presenta de forma detallada la expresión utilizada para jerarquizar sistemas:

Criticidad total = Frecuencia x Consecuencias de fallas

Frecuencia = Rango de fallas en un tiempo determinado (fallas/año)

Consecuencias = (Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costos de Mtto. + Impacto Seguridad, Ambiente e Higiene)

Los factores ponderados de cada uno de los criterios a ser evaluados por la expresión del riesgo se presentan a continuación:

<i>ítem</i>	<i>Valores</i>
Frecuencia fallas	
Pobre mayor a 2 fallas al año	4
Promedio 1- 2 fallas al año	3
Buena 0.5 – 1 falla al año	2
Excelente menos de 0.5 fallas al año	1
Impacto operacional	
Perdida de todo el despacho	10
La parada del sistema o subsistema tiene repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones o producción	1
Flexibilidad operacional	
No existe opción de producción y no existe opción de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido / almacén	2
Función de repuesto disponible	1
Costos de Mantenimiento	
Mayor o igual a \$2000000	2
Inferior a \$2000000	1
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere notificación a entes externos de la organización	8
Afecta el ambiente / instalaciones	7
Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Provoca años menores (ambiente – seguridad)	3
No provoca ningún tipo de daños a personas instalaciones o ambientes	1

Tabla 13. Factores ponderados a ser evaluados.

Para obtener el nivel de criticidad de cada sistema se toman los valores totales individuales de cada uno de los factores principales: frecuencia y consecuencias y

se ubican en la matriz de criticidad - valor de frecuencia en el eje Y, valor de consecuencias en el eje X. La matriz de criticidad mostrada a continuación permite jerarquizar los sistemas en tres áreas:

- Área de sistemas No Críticos (NC)
- Área de sistemas de Media Criticidad (MC)
- Área de sistemas Críticos (C)

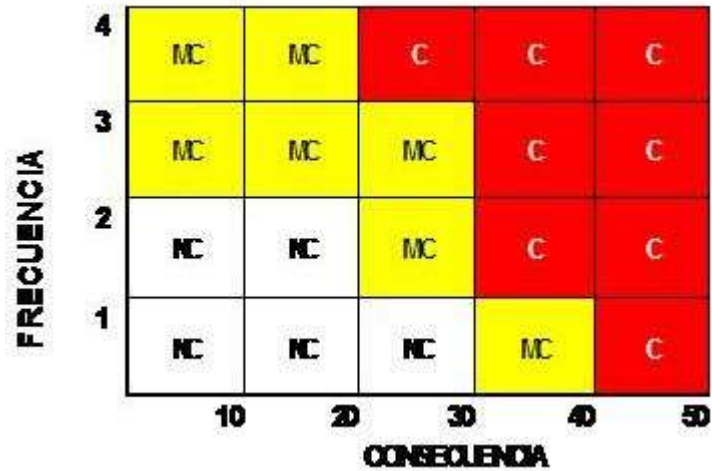


Figura 16. Matriz general de Criticidad

6.6 ANALISIS DE CRITICIDAD A LA MAQUINARIA Y EQUIPOS

Evaluaremos los equipos por los dos métodos que conocemos y veremos su nivel de criticidad y así escoger la maquina o equipo con mayor criticidad.

6.6.1 RETROEXCAVADORA CAT 320D

metodo de factores ponderados bajo el concepto de riesgo

Item	valores
Frecuencia fallas	
Pobre mayor a 2 fallas al año	4
Promedio 1- 2 fallas al año	3
Buena 0.5 – 1 falla al año	2
Excelente menos de 0.5 fallas al año	1
Impacto operacional	
Perdida de todo el despacho	10
La parada del sistema o subsistema tiene repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones o producción	1
Flexibilidad operacional	
No existe opción de producción y no existe opción de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido / almacén	2
Función de repuesto disponible	1
Costos de Mantenimiento	
Mayor o igual a \$2000000	2
Inferior a \$2000000	1
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere notificación a entes externos de la	8
Afecta el ambiente / instalaciones	7
Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (ambiente – seguridad)	3
No provoca ningún tipo de daños a personas instalaciones o ambientes	1

Criticidad total = frecuencia de fallas * consecuencias

Frecuencia = tiempo de fallas en un tiempo determinado (fallas/año)

Consecuencias = Impacto operacional + Flexibilidad + costo de mantenimiento + Impacto en seguridad, ambiente e higiene

Frecuencia fallas	2
Impacto operacional	4
Flexibilidad operacional	4
Costos de Mantenimiento	2
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	3

CONSECUENCIAS	21
FRECUENCIA	2



Figura 17. Criticidad retroexcavadora CAT 320D

6.6.2 EXCAVADORA CAT 416E

metodo de factores ponderados bajo el concepto de riesgo	
item	valores
Frecuencia fallas	
Pobre mayor a 2 fallas al año	4
Promedio 1- 2 fallas al año	3
Buena 0,5 – 1 falla al año	2
Excelente menos de 0.5 fallas al año	1
Impacto operacional	
Perdida de todo el despacho	10
La parada del sistema o subsistema tiene repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones o producción	1
Flexibilidad operacional	
No existe opción de producción y no existe opción de	4
Hay opción de repuesto compartido / almacén	2
Función de repuesto disponible	1
Costos de Mantenimiento	
Mayor o igual a \$2000000	2
Inferior a \$2000000	1
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere notificación a entes externos de la	8
Afecta el ambiente / instalaciones	7
Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (ambiente – seguridad)	3
No provoca ningún tipo de daños a personas instalaciones o ambientes	1

Criticidad total = frecuencia de fallas * consecuencias

Frecuencia = tiempo de fallas en un tiempo determinado. (fallas/año)

Consecuencias= (Impacto operacional * Flexibilidad) + costos de mantenimiento + Impacto en seguridad, ambiente e higiene

Frecuencia fallas	4
Impacto operacional	4
Flexibilidad operacional	4
Costos de Mantenimiento	2
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	3

CONSECUENCIAS	21
FRECUENCIA	4



Figura 18. Criticidad excavadora CAT 416E

6.6.3 MINI CARGADOR CAT 262D



Figura 19. Criticidad mini cargador CAT 262D

6.6.4 MOTONIVELADORA CAT 12H

metodo de factores ponderados bajo el concepto de riesgo	
ítem	valores
Frecuencia fallas	
Pobre mayor a 2 fallas al año	4
Promedio 1- 2 fallas al año	3
Buena 0.5 – 1 falla al año	2
Excelente menos de 0.5 fallas al año	1
Impacto operacional	
Perdida de todo el despacho	10
La parada del sistema o subsistema tiene repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones o producción	1
Flexibilidad operacional	
No existe opción de producción y no existe opción de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido / almacén	2
Función de repuesto disponible	1
Costos de Mantenimiento	
Mayor o igual a \$2000000	2
Inferior a \$2000000	1
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere notificación a entes externos de la	8
Afecta el ambiente / instalaciones	7
Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (ambiente – seguridad)	3
No provoca ningún tipo de daños a personas instalaciones o ambientes	1

Criticidad total = frecuencia de fallas * consecuencias

Frecuencia = tiempo de fallas en un tiempo determinado (fallas/año)

Consecuencias: (Impacto operacional * Flexibilidad) + costos de mantenimiento + Impacto en seguridad, ambiente e higiene

Frecuencia fallas	3
Impacto operacional	1
Flexibilidad operacional	4
Costos de Mantenimiento	2
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	3

CONSECUENCIAS	9
FRECUENCIA	3



Figura 20. Criticidad motoniveladora CAT 12H

6.6.5 VIBRO COMPACTADOR BOMAG BW 211 D40

metodo de factores ponderados bajo el concepto de riesgo	
Item	valores
Frecuencia fallas	
Pobre mayor a 2 fallas al año	4
Promedio 1- 2 fallas al año	3
Buena 0.5 – 1 falla al año	2
Excelente menos de 0.5 fallas al año	1
Impacto operacional	
Perdida de todo el despacho	10
La parada del sistema o subsistema tiene repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones o producción	1
Flexibilidad operacional	
No existe opción de producción y no existe opción de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido / almacén	2
Función de repuesto disponible	1
Costos de Mantenimiento	
Mayor o igual a \$2000000	2
Inferior a \$2000000	1
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere notificación a entes externos de la	8
Afecta el ambiente / instalaciones	7
Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (ambiente – seguridad)	3
No provoca ningún tipo de daños a personas instalaciones o ambientes	1

$$\text{Críticidad total} = \text{frecuencia de fallas} \cdot \text{consecuencias}$$

$$\text{Frecuencia} = \text{tempo de fallas en un tiempo determinado (fallas/año)}$$

$$\text{Consecuencias} = (\text{Impacto operacional a Flexibilidad}) + \text{costos de mantenimiento} + \text{Impacto en seguridad, ambiente e higiene}$$

Frecuencia fallas	1
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	2
Costos de Mantenimiento	2
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	1

CONSECUENCIAS	17
FRECUENCIA	1



Figura 21. Criticidad vibro compactador BOMAG BW 211 D40

6.6.6 MOTOBOMBA HONDA W30XT

método de factores ponderados bajo el concepto de riesgo	
Ítem	valores
Frecuencia fallas	
Pobre mayor a 2 fallas al año	4
Promedio 1- 2 fallas al año	3
Buena 0.5 – 1 falla al año	2
Excelente menos de 0.5 fallas al año	1
Impacto operacional	
Perdida de todo el despacho	10
La parada del sistema o subsistema tiene repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones o producción	1
Flexibilidad operacional	
No existe opción de producción y no existe opción de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido / almacén	2
Función de repuesto disponible	1
Costos de Mantenimiento	
Mayor o igual a \$2000000	2
Inferior a \$2000000	1
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere notificación a entes externos de la	8
Afecta el ambiente / instalaciones	7
Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (ambiente – seguridad)	3
No provoca ningún tipo de daños a personas instalaciones o ambientes	1

Criticidad total = frecuencia de fallas * consecuencias

Frecuencia = tiempo de fallas en un tiempo determinado. (fallas/año)

Consecuencias = (Impacto operacional + Flexibilidad) + costos de mantenimiento + Impacto en seguridad, ambiente e higiene.

Frecuencia fallas	3
Impacto operacional	4
Flexibilidad operacional	1
Costos de Mantenimiento	1
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	1

CONSECUENCIAS	5
FRECUENCIA	3



Figura 22. Criticidad motobomba HONDA W30XT

6.6.7 COMPRESOR AIRE TORNILLO LUBRICADO MOVIL KAESER M50

método de factores ponderados bajo el concepto de riesgo	
ítem	valores
Frecuencia fallas	
Pobre mayor a 2 fallas al año	4
Promedio 1- 2 fallas al año	3
Buena 0.5 – 1 falla al año	2
Excelente menos de 0.5 fallas al año	1
Impacto operacional	
Perdida de todo el despacho	10
La parada del sistema o subsistema tiene repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones o producción	1
Flexibilidad operacional	
No existe opción de producción y no existe opción de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido / almacén	2
Función de repuesto disponible	1
Costos de Mantenimiento	
Mayor o igual a \$2000000	2
Inferior a \$2000000	1
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere notificación a entes externos de la	8
Afecta el ambiente / instalaciones	7
Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (ambiente – seguridad)	3
No provoca ningún tipo de daños a personas instalaciones o ambientes	1

Criticidad total = frecuencia de fallas * consecuencias

Frecuencia = tiempo de fallas en un tiempo determinado (fallas/año)

Consecuencias = (Impacto operacional + Flexibilidad) + costos de mantenimiento + Impacto en seguridad, ambiente e higiene

Frecuencia fallas	1
Impacto operacional	4
Flexibilidad operacional	1
Costos de Mantenimiento	1
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	1

CONSECUENCIAS	8
FRECUENCIA	1



Figura 23. Criticidad compresor de aire tornillo lubricado KAESER M50

6.6.8 MEZCLADORA 12P 400T

método de factores ponderados bajo el concepto de riesgo

ítem	valores
Frecuencia fallas	
Pobre mayor a 2 fallas al año	4
Promedio 1- 2 fallas al año	3
Buena 0.5 – 1 falla al año	2
Excelente menos de 0.5 fallas al año	1
Impacto operacional	
Perdida de todo el despacho	10
La parada del sistema o subsistema tiene repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones o producción	1
Flexibilidad operacional	
No existe opción de producción y no existe opción de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido / almacén	2
Función de repuesto disponible	1
Costos de Mantenimiento	
Mayor o igual a \$2000000	2
Inferior a \$2000000	1
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere notificación a entes externos de la	8
Afecta el ambiente / instalaciones	7
Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (ambiente – seguridad)	3
No provoca ningún tipo de daños a personas instalaciones o ambientes	1

Criticidad total = frecuencia de fallas * consecuencias

Frecuencia = tiempo de fallas en un tiempo determinado (fallas/año)

Consecuencias = (Impacto operacional * Flexibilidad) + costos de mantenimiento + Impacto en seguridad, ambiente e higiene

Frecuencia fallas	1
Impacto operacional	4
Flexibilidad operacional	1
Costos de Mantenimiento	1
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	1

CONSECUENCIAS	6
FRECUENCIA	1



Figura 24. Criticidad mezcladora KAESER M50

6.6.9 MARTILLO NEUMATICO BOSCH GSH5CE

método de factores ponderados bajo el concepto de riesgo:

ítem	valores
Frecuencia fallas	
Pobre mayor a 2 fallas al año	4
Promedio 1- 2 fallas al año	3
Buena 0.5 – 1 falla al año	2
Excelente menos de 0.5 fallas al año	1
Impacto operacional	
Perdida de todo el despacho	10
La parada del sistema o subsistema tiene repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones o producción	1
Flexibilidad operacional	
No existe opción de producción y no existe opción de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido / almacén	2
Función de repuesto disponible	1
Costos de Mantenimiento	
Mayor o igual a \$2000000	2
Inferior a \$2000000	1
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere notificación a entes externos de la	8
Afecta el ambiente / instalaciones	7
Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (ambiente – seguridad)	3
No provoca ningún tipo de daños a personas instalaciones o ambientes	1

Criticidad total = frecuencia de fallas * consecuencias

Frecuencia = tiempo de fallas en un tiempo determinado, (fallas/año)

Consecuencias= (Impacto operacional x Flexibilidad) + costos de mantenimiento + Impacto en seguridad, ambiente e higiene

Frecuencia fallas	2
Impacto operacional	4
Flexibilidad operacional	1
Costos de Mantenimiento	1
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	1

CONSECUENCIAS	8
FRECUENCIA	2



Figura 25. Criticidad martillo neumático BOSCH GSH5CE

6.6.10 CANGURO COMPACTADOR WEBER SRV 660

método de factores ponderados bajo el concepto de riesgo	
Item	valores
Frecuencia fallas	
Pobre mayor a 2 fallas al año	4
Promedio 1- 2 fallas al año	3
Buena 0.5 – 1 falla al año	2
Excelente menos de 0.5 fallas al año	1
Impacto operacional	
Perdida de todo el despacho	10
La parada del sistema o subsistema tiene repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones o producción	1
Flexibilidad operacional	
No existe opción de producción y no existe opción de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido / almacén	2
Función de repuesto disponible	1
Costos de Mantenimiento	
Mayor o igual a \$2000000	2
Inferior a \$2000000	1
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere notificación a entes externos de la	8
Afecta el ambiente / instalaciones	7
Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (ambiente – seguridad)	3
No provoca ningún tipo de daños a personas instalaciones o ambientes	1

Críticidad total = frecuencia de fallas * consecuencias

Frecuencia = tiempo de fallas en un tiempo determinado (fallas/año)

Consecuencias = Impacto operacional + flexibilidad + costos de mantenimiento + Impacto en seguridad, ambiente e higiene

Frecuencia fallas	1
Impacto operacional	4
Flexibilidad operacional	2
Costos de Mantenimiento	1
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	1

CONSECUENCIAS	10
FRECUENCIA	1



Figura 26. Criticidad canguro compactador WEBER SRV 660

6.6.11 VIBRADOR PENDULO CONCRETO CIPSA M10SH13

método de factores ponderados bajo el concepto de riesgo	
Item	valores
Frecuencia fallas	
Pobre mayor a 2 fallas al año	4
Promedio 1- 2 fallas al año	3
Buena 0.5 – 1 falla al año	2
Excelente menos de 0.5 fallas al año	1
Impacto operacional	
Perdida de todo el despacho	10
La parada del sistema o subsistema tiene repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones o producción	1
Flexibilidad operacional	
No existe opción de producción y no existe opción de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido / almacén	2
Función de repuesto disponible	1
Costos de Mantenimiento	
Mayor o igual a \$2000000	2
Inferior a \$2000000	1
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere notificación a entes externos de la	8
Afecta el ambiente / instalaciones	7
Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (ambiente – seguridad)	3
No provoca ningún tipo de daños a personas instalaciones o ambientes	1

Críticidad total = frecuencia de fallas * consecuencias

Frecuencia = tiempo de fallas en un tiempo determinado (fallas/año)

Consecuencias= Impacto operacional + Flexibilidad + costos de mantenimiento + Impacto en seguridad, ambiente e higiene

Frecuencia fallas	1
Impacto operacional	4
Flexibilidad operacional	2
Costos de Mantenimiento	1
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	1

CONSECUENCIAS	10
FRECUENCIA	1



Figura 27. Criticidad vibrador péndulo concreto CIPSA M10SH13

6.6.12 PALCA COMPACTADORA VIBRATORIA EQUIMACO E500V

método de factores ponderados bajo el concepto de riesgo	
item	valores
Frecuencia fallas	
Pobre mayor a 2 fallas al año	4
Promedio 1-2 fallas al año	3
Buena 0.5 – 1 falla al año	2
Excelente menos de 0,5 fallas al año	1
Impacto operacional	
Perdida de todo el despacho	10
La parada del sistema o subsistema tiene repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones o producción	1
Flexibilidad operacional	
No existe opción de producción y no existe opción de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido / almacén	2
Función de repuesto disponible	1
Costos de Mantenimiento	
Mayor o igual a \$2000000	2
Inferior a \$2000000	1
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere notificación a entes externos de la	8
Afecta el ambiente / instalaciones	7
Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (ambiente – seguridad)	3
No provoca ningún tipo de daños a personas instalaciones o ambientes	1

$$\text{Crucidad total} = \text{Frecuencia de fallas} \times \text{consecuencias}$$

$$\text{Frecuencia} = \text{tiempo de fallas en un tiempo determinado. (fallas/año)}$$

$$\text{Consecuencias} = (\text{Impacto operacional} \times \text{flexibilidad}) + \text{costos de mantenimiento} + \text{Impacto en seguridad, ambiente e higiene}$$

Frecuencia fallas	3
Impacto operacional	4
Flexibilidad operacional	1
Costos de Mantenimiento	1
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	1

CONSECUENCIAS	6
FRECUENCIA	3



Figura 28. Criticidad placas compactadoras concreto EQUIMACO E500V

6.6.13 HISTOGRAMA DE CRITICIDAD

MAQUINA/EQUIPO	FRECUENCIA	CONSECUENCIAS
CAT 320D	2	21
CAT 416E	4	21
BOMAG BW 211 D40	1	17
WEBER SRV 660	1	10
CIPSA M10SH13	1	10
CAT 12H	3	9
BOSCH GSH5CE	2	6
MEZCLADORA 12 P 400T	1	6
EQUIMACO E500V	3	6
HONDA W30XT	3	6
COMPRESOR KAESER M50	1	6
CAT 262D	2	4

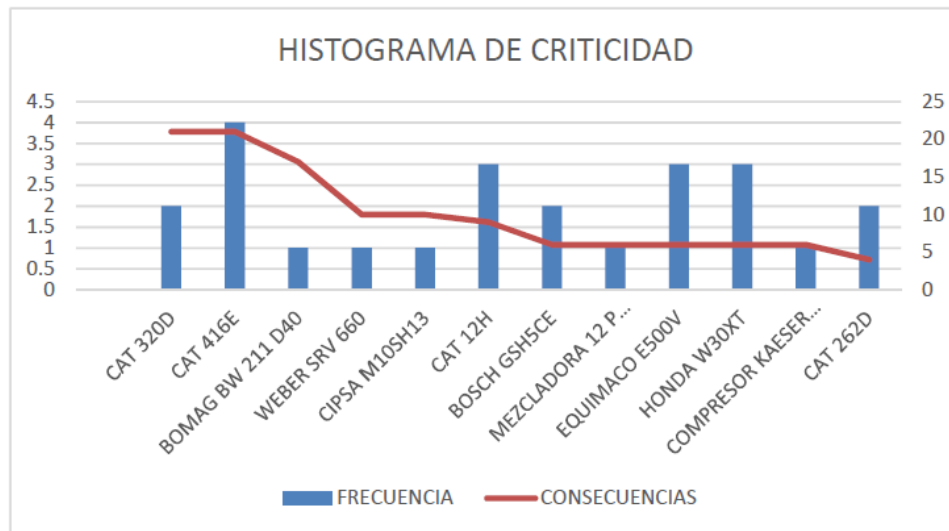


Figura 29. Histograma de criticidad

7. ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA – AMEF

Por medio del análisis de criticidad, encontramos que el equipo que se encuentra en una zona crítica es la excavadora CAT 416E, por lo tanto tenemos que es un equipo crítico.

Debido a la criticidad del equipo se hace necesario encontrar las causas de tal problema, el método que hemos elegido para encontrar la causa y por consiguiente la solución es el análisis de modo y efecto de falla.

[Ver Análisis de modo y efecto de falla](#)

8. PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO

En las tablas siguientes resumimos los siguientes aspectos de manera que provea la mayor cantidad de información al encargado del mantenimiento, estos aspectos son los siguientes:

- Procedimiento para ejecutar la tarea o actividad
- Prioridad de la tarea
- Nivel de mantenimiento

Los formatos se presentan a continuación plenamente identificados con el código interno de la actividad específica, en este caso se presentan de la siguiente forma:

Descripción del mantenimiento

En el nivel de mantenimiento tenemos definidos los siguientes niveles así:

Nivel 1: Puede ser realizado por el operario

Nivel 2: Debe ser realizado por el técnico electromecánico de la planta

Nivel 3: Debe ser ejecutado por un especialista outsourcing

Nivel 4: Debe ser ejecutado por el servicio de garantía de la fábrica

Nivel 5: Debe ser ejecutado solo por la casa matriz del equipo

Las prioridades se definen según la técnica del semáforo en:

Rojo: Intervención urgente

Amarillo: Intervención correctiva programada

Verde: Intervención programada

[Ver formato de descripción de mantenimiento](#)

9. CONCLUSIONES

- La identificación del estado actual de la maquinaria y equipos de la empresa son la herramienta básica para enfocar la planeación de las tareas, debe tenerse en cuenta las condiciones ambientales donde trabaja contantemente la maquina o equipo ya que algunas se pueden ver afectadas por el clima o el ambiente al que está expuesto el equipo. Por ello se programó una frecuencia de mantenimiento corto así brindando confiabilidad en el mantenimiento realizado.
- La determinación de la criticidad de cada uno de los equipos muestra que equipo debe entrar analizar, si es necesario la inversión en repuestos o provisionales o entrar a un mantenimiento avanzado directamente con la casa matriz fabricante de la maquina o equipo.
- La aplicación del análisis de la técnica del análisis de modo y efecto de falla AMEF permite ordenar y llevar un análisis más profundo de los diferentes modos de falla y sus efectos dentro del proceso de producción en la empresa, dando así la posibilidad de programar un mantenimiento que evite las paradas inesperadas y así crezca la productividad dentro de la misma.
- Los formatos se deben estandarizar y aprobar por todas las dependencias de la planta ya que si se utiliza un sin número de ellos el flujo de información puede verse seriamente afectado.
- El plan de mantenimiento programado correctamente implementado aumenta la vida útil de las máquinas, mejorando igualmente la productividad de las máquinas y diferentes equipos pues se disminuyen los tiempos muertos que se generan debido a las paradas que no se esperan dentro de una labor.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

13. Aguilar-Otero, J. R.-A.-J. (2010). *Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad*. Recuperado el 03 de Junio de 2015, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48215094003>
14. Caterpillar. (2014). <http://www.finningsudamerica.com/>. Obtenido de <http://www.finningsudamerica.com/docs/default-source/Rental---Chile-2/236d-242d-246d-262d.pdf?sfvrsn=0>
15. Caterpillar, G. (2015). www.gecolsa.com. Obtenido de www.gecolsa.com: <https://gecolsa.com/>
16. ESPINOZA, H. S. (2011). *ACTUALIZACIÓN DE LOS AMEF DE PROCESO*. Queretaro.
17. Garrido, S. G. (2013). En S. G. Garrido, *El Plan de Mantenimiento Programado*. Renovetec.
18. Jones, R. (1995). *Risk-Based Management: A Realibility-Centered Approach*. Houston Texas: Publishing Company First Edition.
19. *Mantenimiento Mundial*. (2011). (infor) Recuperado el 03 de Junio de 2015, de *Mantenimiento Mundial*: <http://www.mantenimientomundial.com/>
20. *Mantenimiento.net*. (2015). Recuperado el 03 de Junio de 2015, de *Mantenimiento.net*: <http://www.confiabilidad.net/>
21. Parra, C. (1997). *Metodología de Implantación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en la Refinería de Amuay*. Caracas, Venezuela: Universidad de los Andes.
22. S.A.S, I. (2015). Portafolio de servicios, Base de datos. Monterrey - Casanare.
23. Woodhouse, J. (1994). *Criticality Analysis Revisited*. Newbury, England : The Woodhouse Partnership Limited.
24. www.hse.com.co. (2013). Obtenido de <http://hse.com.co/devphp/infhse/TALLER%20DE%20IZAJE%20DE%20CARGAS%20BICENTENARIO/Manuales/Manual%20cat%20320.pdf>