

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
EXTENSIÓN REGIÓN CENTRO-SUR ANACO  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**DISEÑO DE PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADOS EN  
LA METODOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN  
CONFIABILIDAD PARA LAS MAQUINARIAS PESADAS  
PERTENECIENTES A LA EMPRESA CONSTRUCTORA COMARFA C.A.,  
UBICADA EN EL MUNICIPIO PEDRO MARÍA FREITES DEL ESTADO  
ANZOÁTEGUI**

**Presentado por:**

**Míreles, Alejandra I.**

**Trabajo de grado presentado en la Universidad de Oriente como requisito para  
optar al título de**

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**Anaco, Julio 2015**

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
EXTENSIÓN REGIÓN CENTRO-SUR ANACO  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**DISEÑO DE PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADOS EN  
LA METODOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN  
CONFIABILIDAD PARA LAS MAQUINARIAS PESADAS  
PERTENECIENTES A LA EMPRESA CONSTRUCTORA COMARFA C.A.,  
UBICADA EN EL MUNICIPIO PEDRO MARÍA FREITES DEL ESTADO  
ANZOÁTEGUI**

**Asesores:**

**MSc. Bousquet, Juan  
Asesor Académico**

**Ing. Prado, Gabriela  
Asesor Industrial**

**Anaco, Julio 2015**

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
EXTENSIÓN REGIÓN CENTRO-SUR ANACO  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**DISEÑO DE PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADOS EN  
LA METODOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN  
CONFIABILIDAD PARA LAS MAQUINARIAS PESADAS  
PERTENECIENTES A LA EMPRESA CONSTRUCTORA COMARFA C.A.,  
UBICADA EN EL MUNICIPIO PEDRO MARÍA FREITES DEL ESTADO  
ANZOÁTEGUI.**

**Jurado Calificador:**

**El jurado hace constar que asignó a esta Tesis la calificación de:**

**APROBADO**

**MSc. Bousquet, Juan  
Asesor Académico**

**Ing. Valderrama, Rita A.  
Jurado Principal**

**(Esp.) Ing. Alcántara, José  
Jurado Principal**

**Anaco, Julio 2015**

## **RESOLUCION**

De acuerdo con el artículo N° 41 del reglamento de Trabajos de Grado de la Universidad de Oriente:

“Los trabajo de grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al consejo Universitario”.

## DEDICATORIA

Este trabajo especial de grado que representa la culminación del arduo esfuerzo realizado para alcanzar una meta y un propósito trazado, la graduación de pregrado y el comienzo de un nuevo reto como profesional, todo ello lo dedico a:

El Dios creador de todas las cosas, sin la fe en Él, en mis horas más duras nunca hubiese sido posible alcanzar la meta trazada. Dedico este pequeño fruto de mi vida a mi Dios, el cual estuvo allí en cada uno de los momentos importante de la carrera apoyándome en las buenas y en las malas y me guió por el camino de la sabiduría, dándome día a día el esfuerzo necesario para cumplir con todos mis logros. Honra y gloria por estar conmigo en cada instante y por la sabiduría que me diste, por darme la vida y colmarme de bendiciones. “Porque Él da la sabiduría, y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia”. Proverbios 2:6. A ti dedico mi éxito.

A mi Madre-Padre-Mi TODO Gyselle Mireles la más maravillosa fuente de fortaleza, apoyo incondicional, afecto, cariño y comprensión, que confió en mí sin dudar ni desmayar, hoy ve cristalizado el fruto de sus esfuerzos, desvelos y sacrificios. Quien siempre ha sido mi luz y amparo, ella que siempre ha estado allí, mi ejemplo de vida por su entereza, templanza, decencia, condición humana, madre abnegada, ha dedicado y sacrificado todo en la vida por nosotras, y siempre ha sido mi guía espiritual y moral, me mostraste el camino correcto, el valor del trabajo, la honradez, a mantener siempre el timón firme, a no dejar nada a medias y seguir siempre adelante, a saber alcanzar las metas propuestas de forma digna y a tener un corazón humilde; todo en la vida lo he hecho de uno u otro modo por ti , sin ella no fuese quien soy, por ti este logro y mi vida entera, no hay palabras en este mundo para expresar la eterna gratitud y amor que por ella mi corazón siente, muchas gracias mamá por todo eso. Este triunfo es tuyo. TE AMO.

A mi hermana Génesis Mireles mi pequeña que este triunfo le sirva como guía y ejemplo de que con esfuerzo, constancia, dedicación, perseverancia, resistencia y siempre Fe en Dios y en sí mismo se llega al éxito. Este triunfo es para ti mana.

A mi abuelita Geo eres merecedora de este triunfo con tu apoyo incondicional, gracias por estar allí a mi lado, por tu motivación y aliento en el andar de este largo camino.

A toda mi FAMILIA, tíos, primos, quienes con su confianza hicieron mis pasos más firmes y sumaron fuerza a mí caminar.

A mis amigos, todos aquellos que estuvieron en el transcurrir de este camino extendiendo su mano amiga hacia mí, les dedico este triunfo.

Y por último, por mantenerme apegada a mis principios y valores morales y sociales, los cuales he forjado y los he buscado nutrir con aprendizaje de calidad, en el transcurso de mi vida, siempre en busca de ser una mejor persona; dedico este triunfo a MÍ por todos los esfuerzos realizados, desvelos, angustias, tristezas y desánimos, por siempre motivarme a mí misma a seguir y luchar por la consecución de este objetivo que hoy veo materializado y que me llena de Felicidad y Orgullo decir:

“LO LOGRE SOY INGENIERO INDUSTRIAL”

ALEJANDRA ISABEL MIRELES.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento más sincero y afectuoso a:

En primer lugar, le doy gracias a Jehová Dios todopoderoso por cada día de mi vida, por guiar mis pasos y permitirme culminar satisfactoriamente esta meta. Gracias Dios por protegerme e iluminarme con tu infinita sabiduría, alentar mi alma y espíritu en la adversidad, conducirme siempre por el camino del bien y bendecirme con la culminación de mi carrera profesional.

A mi madre amada por darme la vida y brindarme sus consejos y enseñanzas para transitar en la vida de una mejor manera. Su apoyo en el logro de este objetivo fue fundamental; Sin ti no fuese realidad mami, las palabras se quedan cortas para agradecerte, te amo mami.

A mi hermana, complemento de mi vida, gracias por siempre estar allí apoyándome Te amo mana.

A mi abuelita Geo mi otra madre, gracias por todo, cada consejo, cada aliento en las adversidades, cada abrazo sincero, eres parte de mi todo abuela te amo.

A mis tíos y primos gracias por su apoyo y confianza incondicional.

A la Familia Arcia Giral Ma, Pa, Mi Costilla Oslibeth Arcia por abrir las puertas de su casa, confiar en mí y acogerme como una más de su familia llenándome de cariño, amor, comprensión y buenos consejos que aún sigo recibiendo. Los Quiero y les estaré por siempre agradecida.

A mis tíos Jesús Alberto y Liliana, a mis primos Enmanuel y Lali, y a Mariela Fuentes, por su atención, apoyo y acobijarme en sus hogares cuando lo necesite, gracias por su confianza.

A mi tutor académico MSc. Juan Carlos Bousquet, quien me dio la bienvenida cuando inicie mis estudios universitarios y ahora me despide hecha una Profesional como mi tutor académico. Infinitas Gracias por tu ayuda, enseñanzas, consejos y bromas que hicieron siempre más gratos los momentos compartidos. Gracias por tu apoyo en el desarrollo de este proyecto por tenderme la mano profesor amigo. Estaré por siempre agradecida juancarlitos.

A todos mis amigos incondicionales por compartir junto a mí, todos los momentos de alegría, tristezas y ofrecerme su amistad verdadera. Especial Agradecimiento a Rosamaría Pérez, Angeliz Moreno, Oslibeth Arcia, Grismerth Alfonso, Maria Marval, Nickson García, Williams Giral, por estar siempre allí, por cada palabra de motivación y estar cuando los necesite. Y a una persona especial Anibal Medina gracias wwt por tu apoyo y estar en las buenas y en los momentos de desánimo Alentarme a seguir.

A las amistades más bonitas que me dejó mi transcurrir por la UDO, Bexabeth Ruiz, Edimarsita Mendoza, Adriana Pérez, Carla Almeida, Marcel Araujo, Carlos Noguera, Pedro Guevara, Abraham Sánchez, David Agostini, Carlos Guzmán, Alfredo Gómez y Profesor Melchor Ledezma, Gracias a todos por su apoyo, ayuda, confianza, amistad y momentos que hicieron más grato el día a día en la universidad. Son parte de los recuerdos más bonitos de esta etapa de mi vida.

El Maestro, cúmulo del saber, poseedor de una mente privilegiada con el don de enseñar las ciencias descubiertas por el hombre, para llevar la luz del entendimiento al intelecto de las gentes y formar con altos principios y valores a las futuras

generaciones. A todos los Docentes y Personal Administrativo de la Universidad de Oriente Extensión Centro Sur Anaco mi más sincera gratitud, consideración y estima, en especial a mis jurados Profesora Rita y Profesor Alcantara por su apoyo en la culminación de mi trabajo de grado. Que Dios les siga bendiciendo y llenando de sabiduría para seguir formando Profesionales UDISTAS. A las aulas que me vieron crecer como persona y nacer como profesional, brindándome refugio y respaldo en los momentos de necesidad. La Casa más Alta, “Del pueblo venimos y hacia el pueblo vamos”, Mi UDO, Soy y seré siempre UDISTA de Corazón. Gracias.

A la empresa Constructora Comarfa C.A y a todo el personal que allí labora por brindarme el apoyo necesario para la realización de este proyecto, en especial a Javier Hernández.

A Josué Félix Barrutia por su apoyo en la culminación de mi trabajo de grado y siempre estar al pendiente. Gracias.

Ofrezco mi reconocimiento y comparto mi alegría con quienes forman parte de mi existencia y desinteresadamente colocaron su granito de arena para edificar tan magno y ansiado triunfo.

A TODOS GRACIAS.

ALEJANDRA ISABEL MIRELES.

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
EXTENSIÓN REGIÓN CENTRO-SUR ANACO  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**DISEÑO DE PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADOS EN  
LA METODOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN  
CONFIABILIDAD PARA LAS MAQUINARIAS PESADAS  
PERTENECIENTES A LA EMPRESA CONSTRUCTORA COMARFA C.A.,  
UBICADA EN EL MUNICIPIO PEDRO MARÍA FREITES DEL ESTADO  
ANZOÁTEGUI**

**Autor:** Mireles, Alejandra I.

**Tutor:** MSc. Bousquet, Juan

**Fecha:** Julio 2015

## **RESUMEN**

En este trabajo de investigación se presenta el diseño de planes de mantenimiento preventivo basados en la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad para las maquinarias pesadas pertenecientes a la empresa Constructora COMARFA C.A., ubicada en el Municipio Pedro María Freites del Estado Anzoátegui., mediante una investigación descriptiva y de campo, se realizó el levantamiento de información con el propósito de conocer los procesos y maquinarias pesadas relacionadas al sistema, para hacer una descripción del contexto operacional resultando como unidades de estudio 12 maquinarias pesadas (04 Payloaders, 04 Motoniveladoras y 04 Vibrocompactadores), seguidamente a través de la metodología PDVSA E & P Occidente 2002 se identificaron 05 maquinarias pesadas críticas (02 Payloaders, 02 Motoniveladoras y 01 Vibrocompactador), posteriormente se realizó un Análisis Modo Efecto Falla (AMEF) para discernir cuales eran las funciones, fallas funcionales, modos de fallas y efectos en las maquinarias críticas, se realizó a su vez la evaluación del Árbol Lógico de Decisiones (ALD), que ayudó a establecer las actividades de mantenimiento para los planes, finalmente se diseñaron planes de mantenimiento preventivo para las máquinas pesadas que presentaron alto índice de criticidad, los cuales ayudarán a alcanzar la mayor operatividad, minimizar los costos, disminuir las fallas.

Palabras clave: MCC, Maquinaria Pesada, Criticidad PDVSA E & P Occidente 2002, AMEF, ALD, Plan de Mantenimiento.

# INDICE GENERAL

	Pág.
<b>RESOLUCION</b> .....	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>vii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>x</b>
<b>INDICE GENERAL</b> .....	<b>xi</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xv</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xvii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPITULO I</b> .....	<b>4</b>
<b>EL PROBLEMA</b> .....	<b>4</b>
1.1 Planteamiento del problema .....	4
1.2 Objetivos de la investigación .....	8
1.2.1 Objetivo general .....	8
1.2.2 Objetivos específicos.....	8
1.3 Justificación.....	9
1.4 Alcance .....	10
1.5 Identificación y descripción de la empresa .....	11
1.5.1 Reseña histórica.....	11
1.5.2 Ubicación geográfica.....	11
1.5.3 Misión de la empresa.....	11
1.5.4 Visión.....	12
1.5.5 Políticas de la empresa .....	12
1.5.5.1 Políticas .....	12
1.5.5.2 Políticas de ambiente.....	13
1.5.5.3 Políticas de seguridad y salud en el trabajo.....	13
1.5.2 Estructura organizativa de la empresa.....	15
1.5.2.1 Organigrama de trabajo .....	15
1.5.3 Proceso productivo / proceso de trabajo de la empresa Comarfa C.A. ....	16
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>18</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>18</b>
2.1 Antecedentes de la investigación.....	18
2.2 Bases teóricas .....	22
2.2.1 Definición de mantenimiento .....	22
2.2.2 Objetivos del mantenimiento .....	23
2.2.3 Tipos de mantenimiento .....	24
2.2.4 Beneficios de aplicar mantenimiento preventivo .....	25
2.2.5 Desventajas del mantenimiento preventivo .....	26
2.2.6 Plan de mantenimiento .....	27
2.2.7 Planificación de mantenimiento .....	27

2.2.8 Programa de mantenimiento.....	27
2.2.9 Programación de mantenimiento.....	27
2.2.10 Procedimiento para elaborar un plan de mantenimiento .....	28
2.2.11 Pasos para establecer un programa de mantenimiento preventivo .....	28
2.2.12 Diseño eficaz de un programa de mantenimiento .....	29
2.2.13 Tipos de planes .....	31
2.2.14 Mantenimiento centrado en confiabilidad.....	31
2.2.15 Preguntas básicas del mantenimiento centrado en confiabilidad .....	32
2.2.16 Equipo natural de trabajo .....	33
2.2.17 Análisis de criticidad .....	33
2.2.18 Análisis de modo efecto falla (AMEF) .....	36
2.2.19 Falla .....	36
2.2.21 Modo de Falla.....	37
2.2.22 Efecto de falla.....	37
2.2.23 Árbol lógico de decisiones .....	37
2.2.24 Consecuencias de los fallos del árbol lógico de decisiones .....	40
2.2.24.1 Consecuencias de fallas no evidentes.....	40
2.2.24.2 Consecuencia en el medio ambiente y la seguridad .....	40
2.2.24.3 Consecuencias operacionales .....	41
2.2.24.4 Consecuencias no operacionales .....	41
2.2.25 Estrategias del árbol lógico de decisiones (ALD).....	41
2.2.25.1 Tareas de reacondicionamiento cíclico.....	41
2.2.25.2 Tarea de sustitución cíclica.....	42
2.2.25.3 Tareas a condición cíclica.....	42
2.2.25.4 Tareas cíclicas de búsquedas de fallos .....	43
2.2.25.5 Rediseño .....	43
2.2.26 Características y funciones de las maquinarias pesadas.....	43
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>61</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>61</b>
3.1 Tipo de investigación .....	61
3.2 Diseño de la investigación.....	62
3.3 Población.....	62
3.4 Muestra .....	63
3.5 Unidad de estudio .....	63
3.6 Técnicas utilizadas .....	64
3.6.1 Técnicas de investigación y recolección de datos .....	64
3.6.1.1 Revisión documental.....	64
3.6.1.2 Observación directa .....	65
3.6.1.3 Entrevistas no estructuradas .....	65
3.7 Técnicas de análisis de información.....	66
3.7.1 Fichas técnicas de los equipos.....	66
3.7.2 Diagrama de flujo .....	70
3.7.3 Análisis de criticidad PDVSA.....	72

3.7.4 Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad .....	79
3.7.5 Análisis modo efecto falla (AMEF) .....	79
3.7.6 Árbol lógico de decisiones (ALD) .....	81
3.8 Procedimiento metodológico para la consecución de los objetivos .....	84
3.8.1 Descripción del contexto operacional de las maquinarias pesadas pertenecientes a la empresa Constructora Comarfa C.A. ....	84
3.8.2 Jerarquización las maquinarias pesadas en estudio mediante un análisis de criticidad usando la metodología de PDVSA E & P Occidente 2002. ....	85
3.8.3 Análisis los modos efectos y fallas (AMEF) de las maquinarias pesadas que resulten críticas. ....	86
3.8.4 Establecimiento de las actividades de mantenimiento preventivo a los modos de fallas de las maquinarias pesadas críticas a través del árbol lógico de decisiones (ALD). ....	86
3.8.5 Elaboración de los planes de mantenimiento preventivo para las maquinarias pesadas críticas. ....	87
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>89</b>
<b>ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>89</b>
4.1 Descripción del contexto operacional de las maquinarias pesadas pertenecientes a la empresa constructora Comarfa C.A. ....	89
4.1.1 Procedimiento actual de mantenimiento llevado a cabo en la empresa Constructora COMARFA C.A. ....	89
4.1.2 Operadores asignados a las maquinarias pesadas .....	91
4.1.2.1 Codificación e inventario de las maquinarias pesadas .....	92
4.1.2.2 Fichas técnicas de las maquinarias pesadas .....	93
4.1.2.3 Diagrama de flujo de las operaciones realizadas por cada maquinaria .....	95
4.1.2.4 Diagnóstico de las maquinarias .....	97
4.2 Jerarquización las maquinarias pesadas en estudio mediante un análisis de criticidad usando la metodología de PDVSA E & P Occidente 2002. ....	101
4.2.1 Cálculo de criticidad para las maquinarias pesadas pertenecientes a constructora Comarfa C.A. ....	102
4.2.2 Ponderaciones de factores .....	106
4.2.3 Matriz de información .....	108
4.2.4 Matriz de criticidad .....	110
4.2.5 Resultados del análisis de criticidad .....	111
4.3 Análisis de los modos efectos y fallas (AMEF) de las maquinarias pesadas que resulten críticas. ....	113
4.3.1 Contexto operacional .....	113
4.3.2 División de las maquinarias por sistemas/ sub-sistemas/ componentes o ítems mantenibles. ....	114
4.3.3 Aplicación del análisis de modo y efecto de falla .....	118
4.3.4 Resultados del análisis de modo y efecto de fallas .....	124

4.4 Establecimiento de las actividades de mantenimiento preventivo a los modos de fallas de las maquinarias pesadas críticas a través del árbol lógico de decisiones (ALD). .....	126
4.4.1 Aplicación del árbol lógico de decisiones .....	126
4.4.2 Modos de fallas y tareas de mantenimiento encontradas .....	129
4.4.3 Totalización de los resultados a nivel general .....	135
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>138</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>138</b>
5.1 Conclusiones .....	138
5.2 Recomendaciones .....	139
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>142</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>146</b>
<b>METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO: .....</b>	<b>223</b>

## INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 3.1 Población de personas objeto de estudio .....	63
Tabla 3.2 Unidades de estudio.....	63
Tabla 3.3 Formato de ficha técnica para payloaders .....	68
Tabla 3.4 Formato de ficha técnica para patrol/motoniveladora .....	69
Tabla 3.5 Formato de Ficha técnica para vibrocompactadora/compactadora de suelos.....	70
Tabla 3.6 Simbología – diagrama de flujo .....	71
Tabla 3.7 Ecuación matemática para calcular la criticidad .....	73
Tabla 3.8 Ponderación de los parámetros del análisis de criticidad. ....	75
Tabla 3.9 Formato para encuesta análisis de criticidad .....	76
Tabla 3.10 Hoja programada de cálculo de criticidad .....	77
Tabla 3.11 Matriz de información .....	78
Tabla 3.12 Planilla de criticidad .....	78
Tabla 3.13 Formato de la hoja de información MCC – AMEF. ....	81
Tabla 3.14 Formato de la hoja de decisión – ALD. ....	83
Tabla 4.1 Operadores de las maquinarias .....	92
Tabla 4.2 Inventario de maquinarias .....	93
Tabla 4.3 Ficha técnica payloaders PAY-01 .....	94
Tabla 4.4 Encuesta realizada al supervisor de mantenimiento .....	103
Tabla 4.5 Encuesta realizada al mantenedor de las maquinarias pesadas .....	104
Tabla 4.6 Encuesta realizada al operador asignado de la maquinaria pesada .....	105
Tabla 4.7 Encuesta tiempo promedio para reparar (MTTR) .....	106
Tabla 4.8 Encuesta impacto sobre la producción .....	106
Tabla 4.9 Encuesta costo de reparación .....	106
Tabla 4.10 Encuesta impacto satisfacción del cliente .....	107
Tabla 4.11 Encuesta impacto en salud y seguridad personal.....	107
Tabla 4.12 Encuesta impacto ambiental (daños a terceros) .....	107
Tabla 4.13 Matriz de Información de Criticidad del Payloaders PAY-01 .....	108
Tabla 4.14 Planilla de resultados pay-01 .....	110
Tabla 4.15 Resultados generales del análisis de criticidad .....	112
Tabla 4.16 División del AMEF – Payloaders .....	115
Tabla 4.17 División del AMEF – Motoniveladora .....	116
Tabla 4.18. División del AMEF – Vibrocompactador .....	117
Tabla 4.19 Análisis modo efecto falla PAY-02 y PAY-04.....	119
Tabla 4.20 Totalización general de las variables – AMEF .....	125
Tabla 4.21 Hoja de decisión-payloaders .....	127
Tabla 4.22 Resultados de la aplicación de ALD PAY-02 y PAY-04 .....	129
Tabla 4.23 Resultados de la aplicación de ALD MOT-03 y MOT-04.....	131

Tabla4.24 Resultados de la aplicación de ALD VIB-04 .....	133
Tabla4.25 .Resultados generales de la aplicación del ALD .....	135

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Ubicación geográfica de Cantaura e instalaciones de la empresa .....	11
Figura 1.2. Estructura organizativa de la empresa Comarfa, C.A. ....	15
Figura 1.3. Estructura organizativa de trabajo de la empresa Comarfa, C.A. ....	15
Figura 1.4. Mapa de proceso de deforestación manual/mecánica, limpieza y acondicionamiento del área de trabajo .....	16
Figura 1.5. Mapa de proceso de servicio de equipos y transporte de materiales .....	17
Figura 2.2. Maquinarias pesadas .....	44
Figura 2.3. Clasificación de las maquinarias pesadas según las operaciones que realizan .....	45
Figura 2.4. Maquinaria pesada – payloaders .....	47
Figura 2.5. Herramientas adaptables al cucharón– payloaders .....	49
Figura 2.6. Herramientas adaptables payloaders .....	51
Figura 2.7. Estructura de un payloaders – sistemas .....	52
Figura 2.8 Maquinaria pesada – motoniveladora o patrol .....	55
Figura 2.9. Estructura de un motonivelador .....	58
Figura 2.10. Maquinaria pesada – vibrocompactador y tipos .....	59
Figura 2.11. Estructura de un vibrocompactador .....	60
Figura 3.1. Matriz de criticidad .....	79
Figura 3.2. Descripción de las características de la hoja de decisión utilizada .....	82
Figura 3.3 Etapas para desarrollar la investigación propuesta. ....	84
Figura 4.1 Regla de codificación de maquinarias .....	93
Figura 4.2. Diagrama de flujo del payloaders .....	95
Figura 4.3. Diagrama de flujo del motonivelador .....	96
Figura 4.4. Diagrama de flujo del vibrocompactador .....	96
Figura 4.5. Equipo natural de trabajo .....	102
Figura 4.7 Matriz de criticidad de las maquinarias pesadas .....	113
Figura 4.8. Resultados del AMEF agrupados por variable y maquinaria .....	124
Figura 4.9. Distribución porcentual de las variables del AMEF .....	125
Figura 4.10. Distribución de los modos de fallas PAY-02 Y PAY-04 .....	130
Figura 4.11. Distribución de las tareas de mantenimiento de los payloaders .....	130
Figura 4.13. Distribución de las tareas de mantenimiento de MOT-03 y MOT-04 .....	132
Figura 4.15. Distribución de las tareas de mantenimiento del VIB-04 .....	134
Figura 4.16. Distribución de los modos de fallas nivel general .....	136
Figura 4.17. Distribución de las tareas de mantenimiento a nivel general .....	137

## INTRODUCCIÓN

Con la modernidad y los avances del desarrollo tecnológico; el mantenimiento a sufrido diversos cambios en sus inicios era visto como actividades correctivas para solucionar fallas, las acciones de mantenimiento eran ejecutadas por los operarios de las máquinas, con el adelanto de las mismas se organizan los departamentos de mantenimiento no sólo con el fin de solucionar fallas sino de prevenirlas y actuar antes de que se produzca la falla, con esta estrategia ya se tiene el personal dedicado a estudiar en qué periodo se producen las fallas con el fin de prevenirlas y garantizar eficiencia para evitar los costos por fallas y avería, siendo estas últimas las principales causantes de los acontecimientos que producen paradas no deseadas y retardos en los procesos.

Es por ello que es realmente necesaria la aplicación de un mantenimiento eficiente y acorde con las posibilidades monetarias, lo cual asegura mediante la reducción de fallas una producción continua, larga vida de los equipos y la disminución de accidentes laborales, traduciendo esto en mejoras en los dividendos económicos.

Para obtener estas mejoras y los trabajos de mantenimiento sean eficientes, es necesario el control, la planeación de actividades y la distribución correcta de la fuerza humana, logrando así que se reduzcan costos, tiempo de paro de los equipos de trabajo, entre otros, por lo cual para lograr estos objetivos se empleará el mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC), el cual no es más que una metodología de vanguardia en la aplicación de planes de mantenimiento, caracterizada por distribuir de forma efectiva los recursos asignados a una gestión de mantenimiento, tomando en cuenta la importancia de los equipos dentro de un contexto operacional en particular para disminuir al máximo los posibles riesgos

sobre la seguridad personal y el ambiente, que traen consigo los fallos de los activos en el contexto operacional, que a su vez combinada con otras metodologías como PDVSA E & P Occidente 2002 de análisis de criticidad, integra a todo el personal que trabaja consistentemente a largo plazo directamente en el entorno en estudio, logrando así guiar a todos hacia la consecución del mismo objetivo.

El presente trabajo tiene como finalidad el diseño de planes de mantenimiento preventivo basados en la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad para las maquinarias pesadas pertenecientes a la empresa Constructora COMARFA C.A., ubicada en el Municipio Pedro María Freites del Estado Anzoátegui, donde se busca minimizar las fallas que puedan presentar estas maquinarias, así como también aumentar la disponibilidad y confiabilidad de las misma, el trabajo consta de seis (06) capítulos, los cuales se describen a continuación:

Capítulo I El Problema, en esta sección se describe todo lo relacionado a la empresa Constructora Comarfa C.A., nombre, ubicación geográfica, misión, visión, objetivos, políticas, estructura organizativa, así como también se detalla el planteamiento del problema que presenta actualmente la misma, con respecto al mantenimiento que se le realiza a las maquinarias pesadas y los objetivos de la investigación tanto general como específicos en los cuales que se basa el presente tema de grado.

Capítulo II Marco Teórico, contiene los antecedentes necesarios para la comprensión y realización de la investigación y las bases teóricas representadas por la información recolectada de bibliografías, fuentes electrónicas, revistas, entre otras fuentes de documentación, acerca de todo lo que concierne al mantenimiento y las maquinarias pesadas en estudio en el presente trabajo de grado.

Capítulo III Marco Metodológico, contempla la metodología utilizada para el desarrollo de los objetivos específicos de la investigación, tipo de investigación, diseño de la investigación, las técnicas e instrumentos de recolección de datos a utilizar y el procedimiento metodológico para la consecución de los objetivos.

Capítulo IV Análisis de Resultados, este capítulo contempla los resultados y análisis de cada uno de los objetivos específicos planteados, luego de una serie de investigaciones que darán por resuelto el problema planteado, es importante destacar que este capítulo responde todas las interrogantes y los objetivos expuestos como: la descripción del contexto operacional, jerarquización de las maquinarias mediante el análisis de criticidad, análisis de los modos efectos de fallas, establecimiento de las actividades de mantenimiento para las maquinarias pesadas en estudio.

Capítulo V Planes de Mantenimiento Preventivo, contiene los planes de mantenimiento basándose en los resultados de los análisis de modo efecto de fallas y del árbol lógico de decisiones, herramientas de análisis de datos aplicados a las maquinarias en estudio. Los planes se presentan calendarizado para llevar el control de las actividades, en este capítulo se establecen a su vez los formatos de reporte de falla-mantenimiento correctivo, reporte de fallas en función del tiempo de parada/arranque, historial de vida de la maquinaria y los indicadores de mantenimiento como disponibilidad, fiabilidad y mantenibilidad.

Capítulo VI Conclusiones y Recomendaciones, aquí se podrán encontrar las conclusiones finales de cada objetivo planteado en el trabajo de grado y a su vez las recomendaciones específicas de los mismos, abriendo así nuevas líneas de investigación para aquellas personas interesadas en la continuación del tema de mantenimiento a maquinarias pesada.

# **CAPITULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 Planteamiento del problema**

El mantenimiento se define como toda actividad humana orientada a mantener en operación una planta, maquinarias, equipos o instalaciones en forma correcta, económica, segura y con buena calidad, a través de las técnicas y los medios tanto materiales como humanos para la realización de dicha actividad, es uno de los factores claves para la buena operación y desarrollo de las organizaciones industriales. Desde el principio de la humanidad, hasta finales del siglo XVII, las funciones de preservación y mantenimiento no tuvieron un gran desarrollo debido a la menor importancia que tenía la máquina con respecto a la mano de obra, ya que hasta 1880 el 90% del trabajo lo realizaba el hombre y la máquina solo hacía el 10%. La conservación que se proporcionaba a los recursos de las empresas era solo mantenimiento correctivo pues las máquinas solo se reparaban en caso de paro o falla importante. Con la Primera Guerra Mundial, en 1914, las máquinas trabajaron a toda su capacidad y sin interrupciones, por este motivo la máquina tuvo cada vez mayor importancia. Así nació el concepto de mantenimiento preventivo.

Actualmente, la idea del mantenimiento, como tradicionalmente era manejada ha desaparecido, y se trata ahora de la reducción del tiempo que el equipo permanece en reparación, de la tendencia a la eliminación de los almacenes de refacciones, de la planeación e implementación de programas de mantenimiento que permitan a la empresa mantener la producción en sus máximos valores. Esto garantiza una operación estable, continua, económica y sobre todo, segura, partiendo de esta idea en el siglo XX hacia la década de los 50 surge la filosofía del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC), la cual fue promovida por la aviación comercial

norteamericana, como una alternativa para reemplazar la filosofía del mantenimiento basado en supuestos y tradiciones o lo que es lo mismo mantenimiento correctivo, el cual resultaba ser costoso y altamente peligroso. El MCC es un método para establecer planes de mantenimiento los cuales permiten alcanzar en forma eficiente y efectiva los requerimientos de seguridad y los niveles de disponibilidad de los equipos e instalaciones, y está dirigido al mejoramiento de la seguridad global, la disponibilidad y economía de la operación.

A pesar de la existencia de tecnologías avanzadas aún existen empresas que optan por la aplicación de mantenimiento correctivo debido a que no se protege con anterioridad la vida de la maquinaria ni se revisan los procesos efectuados por estas, sin tener en cuenta que este tipo de mantenimiento es muy costoso y no genera ningún beneficio en cuanto a la vida útil de la máquina. La aplicación de este tipo de mantenimiento lleva a un gran consumo de repuestos para poder atender la demanda de dichos servicios, al no haber una programación de actividades no se puede controlar las necesidades para la ejecución de estas, lo que conlleva al aumento en los costos de mantenimiento por repuestos y sobre todo en mano de obra, esto sin incluir la pérdida de tiempo y la demora si el repuesto no se encuentra en inventario.

Normalmente las empresas no manejan un registro ordenado, ni un sistema de aplicación de mantenimiento programado con disciplinas y con estricto cumplimiento, por ello es de vital importancia la adaptación de las empresas a planes de mantenimiento capaces de sostener un sistema productivo sin ningún inconveniente y de señalar las instrucciones técnicas de cada objeto de mantenimiento o componente del sistema productivo. La programación de estos planes puede ser para periodos anuales, semestrales, mensuales, semanales o diarios, dependiendo de la dinámica del proceso y del conjunto de actividades a ser programadas. Este tipo de programas o planes asimismo son ejecutados por el personal de la organización de

mantenimiento o por entes foráneos en el caso de actividades cuya ejecución es por contrato y bajo el intervalo establecido.

En el campo de la maquinaria pesada es indispensable manejar planes de mantenimiento, debido a que este tipo de maquinarias prestan servicios para la realización de actividades continuas, en Constructora COMARFA, C.A., la cual se encuentra ubicada en Cantaura, estado Anzoátegui y presta sus servicios a la industria petrolera en el área de la construcción acondicionando vías operacionales y plataformas de pozos, mediante el uso de maquinarias pesadas entre ellas Payloaders, Motoniveladoras, compactadora de suelos, jumbo y retroexcavadoras, no cumple con esta característica puesto que a pesar de la existencia de un departamento de mantenimiento y de un personal asignado únicamente para esta área no cuenta con una planificación de mantenimiento y dentro de su documentación no dispone de guías que sirvan para llevar el control operativo de las maquinarias, tampoco cuenta con planes de mantenimiento para las maquinarias antes mencionados.

En las actividades rutinarias de Constructora COMARFA C.A., donde se emplean las maquinarias pesadas se generan frecuentes fallas, lo cual ha conllevado a la aplicación de mantenimiento correctivo de manera muy repetitiva ante cualquier eventualidad, la aplicación de este tipo de mantenimiento dentro de la organización ha generado síntomas puntuales como:

- Retraso en las actividades de mantenimiento de los equipos debido que no se pueden adquirir los repuestos a tiempo a causa de que los proveedores se tardan en hacer el envío de los mismo y también por los frecuentes problemas del control cambiario de divisas.
- Reprogramación constante de las actividades de mantenimiento por parte del personal del departamento debido a la falta de organización preventiva.

- Incumplimiento del tiempo establecidos por el cliente para la ejecución de los trabajos de acondicionamiento de vías de acceso y plataformas de pozos.

En busca de dar solución a esta problemática y en base al contexto del departamento de mantenimiento de Constructora COMARFA C.A., los directivos de la empresa han decidido aplicar la filosofía del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC), la cual en la actualidad representa un herramienta efectiva en el área de mantenimiento de las organizaciones, ya que busca alcanzar la mayor operatividad de los equipos, minimizar los costos, disminuir las fallas de los equipos y la elaboración de planes de mantenimiento.

La filosofía del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) será la utilizada para buscar el funcionamiento óptimo de las maquinarias pesadas pertenecientes a la Constructora COMARFA C.A., utilizando sus dos técnicas fundamentales como son el Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) y el Árbol lógico de decisiones (ALD) para así llegar a unos resultados de funcionamientos y formalizar planes de mantenimiento para estos equipos que permitan su operatividad en forma óptima y en las condiciones de trabajo deseables.

Con el desarrollo de esta investigación se propone la elaboración de planes de mantenimiento viables, basados en técnicas de mantenimiento avanzadas, para así dar paso a una planificación adaptada a las nuevas realidades y tecnologías, de tal forma que las acciones a ejecutar realmente representen una solución a la problemática en estudio. Lo antes expuesto, repercutirá en permitir implementar las acciones de mantenimiento más adecuadas, es decir, aquellas que con su aplicación predictiva y preventiva garanticen una disminución apreciable de las frecuencias de las fallas. Y por la parte económica también, ya que representa una disminución de los costos de mantenimiento, gracias al aumento de la operatividad y rentabilidades de los

equipos, se alcanzara un mayor aprovechamiento de la vida útil de los componentes de la maquinaria pesada perteneciente a la empresa.

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo general**

Diseñar Planes de Mantenimiento Preventivo basados en la Metodología del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para las Maquinarias Pesadas pertenecientes a la empresa Constructora COMARFA C.A., ubicada en el Municipio Pedro María Freites del Estado Anzoátegui.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Describir el Contexto Operacional de las Maquinarias Pesadas pertenecientes a la empresa Constructora Comarfa C.A.
- Jerarquizar las Maquinarias Pesadas en estudio, mediante un Análisis de Criticidad usando la metodología de PDVSA E & P Occidente 2002.
- Analizar los Modos Efectos y Fallas (AMEF) de las Maquinarias Pesadas que resulten críticas.
- Establecer las actividades de mantenimiento preventivo a los modos de fallas de las Maquinarias Pesadas críticas a través del Árbol Lógico de Decisiones (ALD).
- Elaborar Planes de Mantenimiento Preventivo para las Maquinarias Pesadas críticas.

### **1.3 Justificación**

El desarrollo de esta investigación dará solución a un problema real que se presenta en la Empresa Constructora Comarfa C.A., como lo es la indisponibilidad de las maquinarias pesadas para realizar el proceso productivo. Sistemáticamente se determinaran las razones de las fallas que frecuentemente afectan la disponibilidad física de las Maquinarias Pesadas y que debe hacerse para asegurar que las mismas continúen trabajando de manera confiable para mantener el proceso productivo que requiere una empresa de la magnitud de Constructora Comarfa C.A cuyos compromisos con los clientes siempre han sido cumplidos.

Disminuyendo la indisponibilidad de estas maquinarias podrán cumplir con las horas planificadas de trabajo y posiblemente exceder el plan estratégico, por otra parte el personal de mantenimiento mecánico podrá atender con mayor dedicación los mantenimientos programados sin tener que desviarse hacia fallas imprevistas de los equipos, de esta manera los planes se podrán ejecutar de acuerdo a lo planificado y la empresa podrá con más facilidad, cumplir con sus compromisos de servicio.

Constructora Comarfa C.A. mejorará la rentabilidad de sus procesos ya que permitirá la toma de decisiones efectivas y acertadas. La solución a estas fallas alargara la vida útil de las maquinarias, reducirá los costos operativos y traerá grandes beneficios para los trabajadores y clientes que requieran del servicio, ya que como la empresa podrá disponer de sus equipos de forma estable, confiable y segura podrá asimismo proporcionar continuamente un servicio de alta calidad a sus clientes en los tiempos establecidos.

Esta investigación posee también un valor teórico y de aprendizaje para todo el personal, ya que dará a conocer los planes de mantenimiento de las maquinarias pesadas de forma clara y concisa además de mostrar los mismos de forma

calendarizado y la información sobre el tipo de actividad de mantenimiento a implementar, la frecuencia de ejecución y el departamento ejecutor a manera de que todo el personal este informado.

Adicionalmente, el trabajo de investigación posee una utilización metodológica, ya que se implementara del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad; siendo una de las filosofías que promueve el uso de las nuevas tecnologías desarrolladas para el campo de mantenimiento. La aplicación adecuada de las nuevas técnicas de mantenimiento bajo el enfoque del M.C.C., permitirá de forma eficiente, optimizar los procesos y disminuir al máximo los posibles riesgos sobre la seguridad personal y el ambiente, que traen consigo los fallos de las Maquinarias Pesadas pertenecientes a la Empresa Constructora Comarfa C.A. en el contexto operacional; todo esto contribuye a la disminución de los inconvenientes que genera el mantenimiento correctivo y al mismo tiempo, se crea un ambiente laboral organizado y más confiado.

#### **1.4 Alcance**

El proyecto de investigación abarca a la empresa Constructora COMARFA C.A., ubicada en el Municipio Pedro María Freites del Estado Anzoátegui, específicamente su maquinaria pesada, a la cual se les diseñaran los planes de mantenimiento adecuados según su contexto operacional y basados en la metodología del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC).

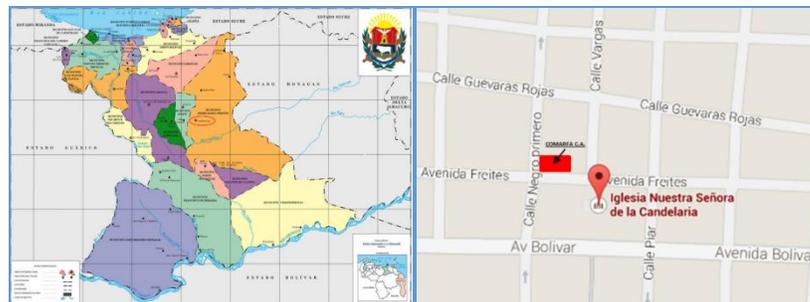
## 1.5 Identificación y descripción de la empresa

### 1.5.1 Reseña histórica

Constructora Comarfa C.A inicio sus actividades desde el año 1.992, con el fin de prestar sus servicios a la industria petrolera en el ramo de la construcción y mantenimiento de instalaciones, contribuyendo así al desarrollo de la producción nacional, a través del alquiler de equipos de izamiento de cargas, el acondicionamiento de vías operacionales y de plataformas de pozos, mediante el uso de maquinarias pesadas, convirtiéndose a su vez en una fuente de empleo.

### 1.5.2 Ubicación geográfica

Constructora Comarfa C.A se encuentra ubicada en Cantaura, Municipio General Pedro María Freites, Estado Anzoátegui, específicamente en la calle Freites entre las calles Vargas y Negro Primero



**Figura 1.1. Ubicación geográfica de Cantaura e instalaciones de la empresa**  
Fuente: GoogleMaps (2015)

### 1.5.3 Misión de la empresa

Nuestra Misión se basa en brindar un servicio de óptima calidad en el área petrolera y de la Construcción, Trabajando mancomunadamente con el Estado en la

realización y desarrollo de obras, servicios y proyectos que consolidad el progreso de nuestro país. Obras y Servicios generadores de Fuentes de Empleo, con el solo fin de mejorar y dignificar la calidad de vida de la sociedad.

#### **1.5.4 Visión**

El buen desempeño y responsabilidad que nos caracteriza en la realización y elaboración de nuestras obras y servicios, así como también nuestro afán de superación, nos induce a proyectarnos en un futuro en una gran Empresa no solo destacada por sus obras a nivel Nacional, sino que también a nivel internacional. Representando de una manera digna la masa Empresarial de nuestro País, mostrando internacionalmente nuestros potenciales como Empresas Solidad y Emprendedoras.

#### **1.5.5 Políticas de la empresa**

##### **1.5.5.1 Políticas**

La empresa Constructora Comarfa, C.A ubicada en la Calle Freites, de Cantaura Estado Anzoátegui; fue fundada por su propietario Cruz Hernández en el año 1.992, con la finalidad de brindar obras y servicios, en el área petrolera y de construcción, generando de esta manera fuentes de empleos.

Sus políticas se basan en ofrecer Obras y Servicios de Optima Calidad, destacados por la eficiencia y Responsabilidad tanto en la elaboración como en la entrega de los mismos.

Dentro de estas políticas existen Normas y Procedimientos de Trabajos, que permiten que las actividades se realicen en forma Segura, colaborando así con el

resguardo integral de cada trabajador y del medio ambiente, promoviendo un mayor desempeño de los recursos humanos.

#### **1.5.5.2 Políticas de ambiente**

Cumplir con las leyes, decretos y reglamentos con el fin de mantener un ambiente limpio y libre de contaminaciones, por lo tanto se realizan jornadas ambientales, charlas y planes que introduzcan al personal de la obra y COMARFA, C.A en la conservación del ambiente. Comprometerse al cumplimiento de las leyes, reglamentos y decretos ambientales permite a COMARFA, C.A crear una cultura conservacionista que nos permite mantener y cuidar nuestra naturaleza.

Para lo cual se deberá:

- Evaluar los impactos ambientales que puedan generar las actividades de la empresa.
- Evitar la contaminación ambiental por medio de la eliminación o disminución de los impactos ambientales significativos, originados en las actividades productivas.
- Integrar activamente al personal de todos los niveles organizativos en la protección y conservación del Ambiente.
- Los compromisos adquiridos serán alcanzados con el esfuerzo permanente de todo el personal y fortalecidos con los socios asumiendo su responsabilidad ambiental.

#### **1.5.5.3 Políticas de seguridad y salud en el trabajo**

Demostrar que el triunfo de sus operaciones depende del compromiso que ha asumido la alta gerencia de COMARFA, C.A por todos los aspectos relacionados con la Seguridad Industrial y Salud Laboral, por lo cual la Política tiene como objeto

tomar las previsiones necesarias para garantizar la integridad física de los trabajadores y de las instalaciones al igual que el resguardo y conservación de maquinarias y/o equipos tanto de COMARFA, C.A como del cliente y terceros.

En este sentido se apoyara en las leyes, reglamentos, normas y procedimientos relacionados con la Seguridad Industrial y Salud en el Trabajo, por lo tanto COMARFA, C.A se compromete a:

- Considerar la Política como parte integral de nuestros procesos y asegurar su difusión, comprensión y cumplimiento.
- Identificar y controlar los riesgos inherentes al desarrollo de nuestras operaciones con el propósito de prevenir accidentes y enfermedades ocupacionales que puedan originar lesiones, y daños a la propiedad.
- Todos los accidentes y enfermedades profesionales deberán ser notificados, investigados y divulgados oportunamente para tomar acciones correctivas y evitar que se repitan.
- Mantener las condiciones de Seguridad industrial, Salud en el Trabajo que garanticen la calidad de vida de los empleados.
- Asegurar que todos los empleados reciban la capacitación adecuada y sean competentes para cumplir con sus obligaciones y responsabilidades.
- Garantizar la confiabilidad de los equipos y herramientas cumpliendo con los programas de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Corresponde por consiguiente, exigir por parte de COMARFA, C.A el estricto cumplimiento de estas disposiciones legales a todo su personal desde el nivel gerencial, administrativo, supervisores y obreros. Estas políticas tienen su aplicación a través de la implementación del Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo.

## 1.5.2 Estructura organizativa de la empresa

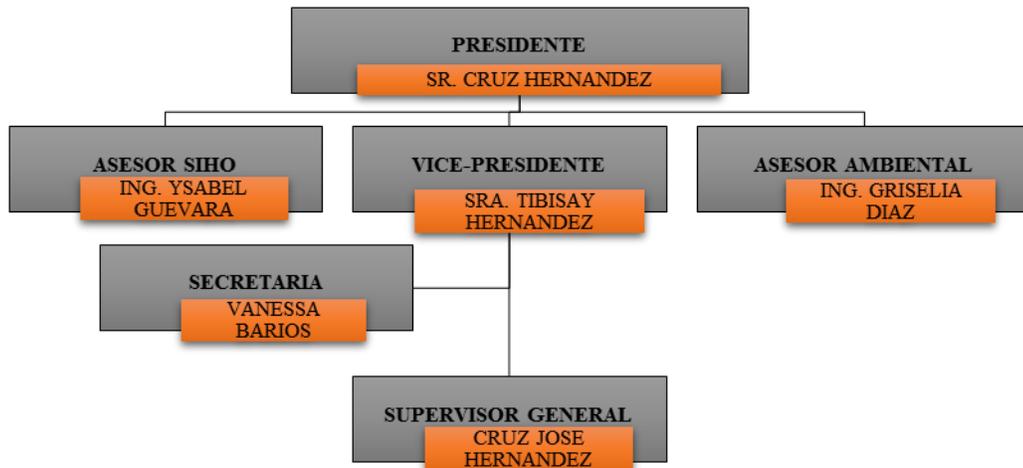


Figura 1.2. Estructura organizativa de la empresa Comarfa, C.A.  
Fuente: COMARFA C.A. (2015)

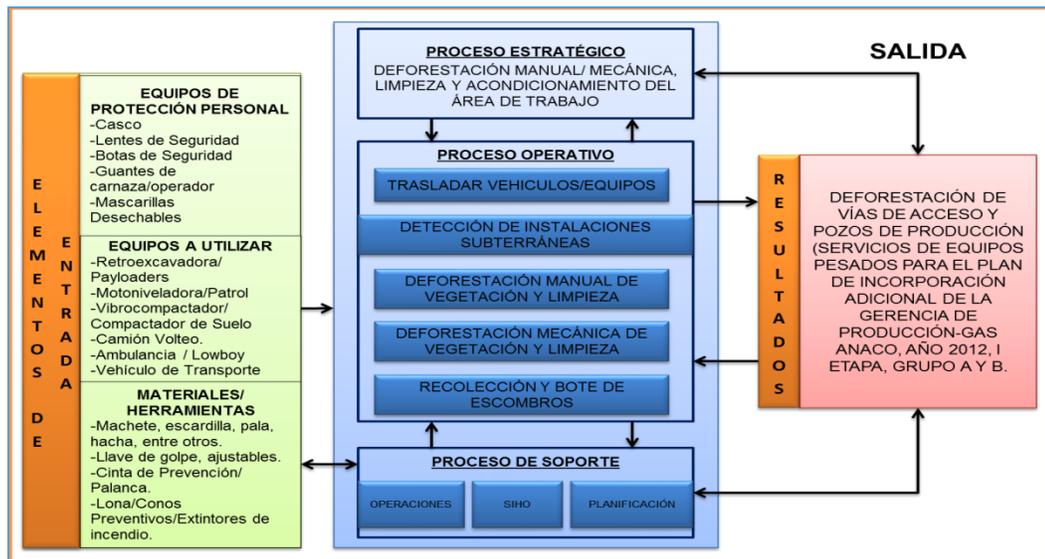
### 1.5.2.1 Organigrama de trabajo



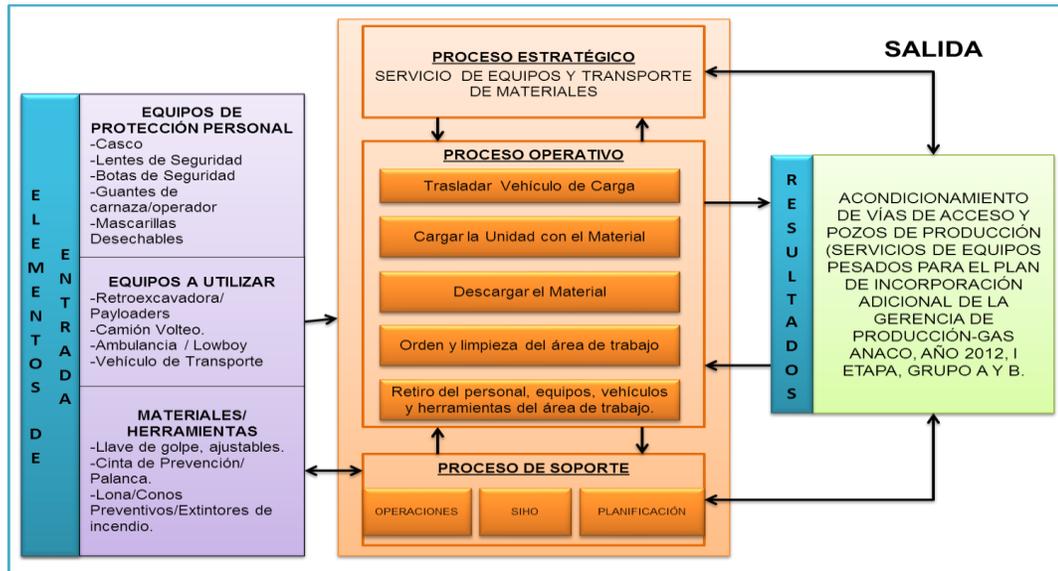
Figura 1.3. Estructura organizativa de trabajo de la empresa Comarfa, C.A.  
Fuente: COMARFA C.A. (2015)

### 1.5.3 Proceso productivo / proceso de trabajo de la empresa Comarfa C.A.

Para tener una mayor comprensión de los procesos de trabajo de la empresa Comarfa C.A a continuación se ilustran los mapas de proceso respectivos a cada actividad que realiza la misma (ver figura 1.4 y 1.5).



**Figura 1.4. Mapa de proceso de deforestación manual/meccánica, limpieza y acondicionamiento del área de trabajo**  
**Fuente: COMARFA C.A. (2015)**



**Figura 1.5. Mapa de proceso de servicio de equipos y transporte de materiales**  
Fuente: COMARFA C.A. (2015)

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

El propósito fundamental de este apartado es dar a conocer y explicar todos y cada uno de los elementos teóricos pertenecientes a la investigación y de los cuales es necesario tener un pleno entendimiento, de manera que se pueda mejorar la comprensión a medida que va evolucionando la investigación, además de puntualizar antecedentes de investigaciones o estudios realizados anteriormente, que sirvieron como base fundamental para la aplicación del Diseño de Planes de Mantenimiento Preventivo basados en la Metodología del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para las Maquinarias Pesadas pertenecientes a la empresa Constructora COMARFA C.A., ubicada en el Municipio Pedro María Freites del Estado Anzoátegui., enriqueciendo información acerca de las metodologías y técnicas del mantenimiento centrado en confiabilidad, filosofía que juega un papel clave en dicha investigación.

#### **2.1 Antecedentes de la investigación**

A continuación se esbozan algunos trabajos que sirvieron para hacer referencia metodológica y documental a la presente investigación.

Gelviz, V., (2013). “Diseño de planes de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) para los tratadores térmicos y calentadores del área operacional Campo Mata de PDVSA Producción Gas Anaco.” Trabajo de Grado realizado para optar al título de Ingeniero Industrial de la Universidad de Oriente (UDO). El objetivo principal de este trabajo consistió en diseñar planes de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) para los tratadores térmicos y calentadores del área operacional Campo Mata de PDVSA Producción Gas Anaco. El presente trabajo se

caracteriza por ser una investigación de tipo descriptiva ya que el estudio la problemática existente en dichos equipos, además de contar con fuente de información primaria y secundaria (de campo y documental). Para el desarrollo del mismo fue necesario ejecutar las siguientes etapas: En la etapa I se describió el estado actual de los tratadores térmicos y calentadores; en la etapa II se determinaron los equipos críticos mediante la metodología de Tony Ciliberti, en la etapa III se realizó un A.M.E.F a los equipos que resultaron ser críticos evaluando su funcionalidad, el modo de fallo, la causa de falla y el efecto o consecuencia de falla; en la etapa IV se desarrolló el A.L.D para la determinación de las tareas de mantenimiento aplicables a los equipos en estudio; y por último en la etapa V se diseñaron planes de mantenimiento para los equipos críticos.

Este trabajo de investigación sirvió de referencia para el aprendizaje de la utilización y aplicación de las metodologías AMEF y ALD con las cuales se determinaron las tareas de mantenimiento a aplicar a las maquinarias pesadas en estudio, además del diseño de los planes de mantenimiento preventivos.

Velásquez, J., (2013). "Diseño de planes de mantenimiento basado en la filosofía de mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) para las unidades pesadas de Hot Oiler de la empresa ingeniería y servicio técnico NEWSCA, S.A. perteneciente al municipio Anaco, estado Anzoátegui." Trabajo de Grado realizado para optar al título de Ingeniero Industrial de la Universidad de Oriente (UDO). En el siguiente trabajo, se realizó el diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para las unidades de Hot Oiler de la empresa Ingeniería y Servicios Técnicos Newsca, con el propósito de reducir los costos de mantenimiento generados por la elevada ocurrencia de fallas en estos equipos durante el año 2011, prevenir o reducir los desperfectos en los sistemas críticos de la unidad y reducir las paradas no programadas de los mismos. De acuerdo a esto último la filosofía de mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) por ser una metodología sistemática y confiable en

el mejoramiento de sistemas críticos, reducción de costos de mantenimiento, aumento de disponibilidad de equipos y sobre todo por ser una técnica que permite la integración de un conjunto de personal de diversos departamentos de la empresa, propiciando la solución de problemas por personal experto y la interacción de todos los niveles jerárquicos de la empresa. Para esto se diseñó el presente trabajo de grado que cuenta con un nivel de investigación descriptivo y un diseño de campo, donde se recolecto la información necesaria directamente de las unidades estudiadas. De esta forma se realizó el diagnóstico de la situación actual de los sistemas, se determinó el contexto operacional y se aplicó un análisis de criticidad para enfatizar estudios y designar atención a los sistemas de mayor relevancia para cada unidad de Hot Oiler, luego se realizó un Análisis de Modos y Efecto de Falla a los componentes de los sistemas críticos, asentándolos en la hoja de información para así determinar el tipo de mantenimiento mediante el Árbol lógico de Decisiones y así registrarlas en la hoja de trabajo, especificando la frecuencia de mantenimiento más acorde para cada tarea estipulada, de allí se elaboró el plan de mantenimiento para cada unidad de Hot Oiler.

Esta investigación dio un aporte significativo en cuanto a las técnicas o metodologías que se utilizaron en el análisis y evaluación de las maquinarias pesadas estudiadas para el diseño de los planes de mantenimiento preventivo. Entre las cuales se pueden citar: Análisis de Modos y Efectos de Fallas y la metodología del Árbol Lógico de Decisiones, técnicas con las cuales se determinó el tipo y frecuencia de mantenimiento requerido para establecer los planes de mantenimiento.

Betancourt, E., (2012). “Diseño de planes de mantenimiento preventivo a los equipos de bombeo de la sala A del patio de tanques oficina PDVSA-San Tome”. Trabajo de Grado realizado para optar al título de Ingeniero Industrial de la Universidad de Oriente (UDO). En primer lugar se realizó un diagnostico a los equipos de bombeo que conforman esta sala, seguidamente se calculó la criticidad de los mismos mediante la realización de encuestas al personal de mantenimiento y

operaciones. Luego, se procedió a la realización del análisis de los modos y efectos de fallas (AMEF) a los equipos críticos y se establecieron las causas de las fallas que antecedieron a las acciones de mantenimiento preventivas necesarias para minimizarlas y a partir de estas se elaboraron planes de mantenimiento preventivo. Por último, se realizó la comparación técnica y económica del diseño propuesto con respecto a las acciones de mantenimiento ejecutadas por la empresa, demostrándose que la aplicación de los planes propuestos garantiza la continuidad del proceso de manejo de crudo evitando el retraso de la producción y la pérdida en aproximadamente Bs. 139.750.000,00; de ingresos provenientes de la empresa petrolera.

Este trabajo de investigación fue de gran utilidad para la organización y estructura del marco teórico de este trabajo de investigación por su similitud en cuanto a la finalidad de diseñar planes de mantenimiento preventivo.

Martínez, V., (2012). "Diseño de planes de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento centrado confiabilidad (MCC) para los equipos del sistema de desetanización del tren "A" de la planta de extracción San Joaquín de PDVSA Gas". Trabajo de Grado realizado para optar al título de Ingeniero Industrial de la Universidad de Oriente (UDO). El principal objetivo de este trabajo de grado fue mejorar la confiabilidad del sistema de desetanización del tren "A" de la planta de extracción San Joaquín de PDVSA Gas. Para lograr dicho objetivo se describió el contexto operacional del sistema mediante la revisión y recolección de información técnica y operacional en manuales y documentos técnicos, además de la realización de entrevistas no estructuradas al personal de la planta y visitas al área operacional. Posteriormente, se realizó un análisis de criticidad para jerarquizar los equipos del sistema, resultando los equipos de bombeo los de más alta criticidad a los cuales se les aplicaron las herramientas de Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) para establecer los distintos modos de fallos de los equipos, y la aplicación del árbol

lógico de decisiones para establecer las tareas de mantenimiento. Con la información recolectada, se elaboraron los planes de mantenimiento preventivo a los equipos críticos los cuales constan de 26 actividades para cada equipo.

Esta investigación aportó información necesaria para la realización del análisis de criticidad a los equipos en estudio, los planes de mantenimiento preventivo, donde se establecerá quienes serán los responsables de ejecutar la acción preventiva, los materiales y herramientas asociados a dicha operación, la frecuencia con que se realizará y la duración respectiva y de igual manera como fuente bibliográfica de este trabajo.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Definición de mantenimiento**

Se define mantenimiento como: los lineamientos (actividades, inspecciones, reparaciones) que se ejecutan sobre un equipo, para mantenerlo siempre operando a fin de que cumpla sus actividades correspondientes.

La Norma COVENIN 3049-93 Definiciones del Mantenimiento, en el punto 3.1.2 lo describe como “el conjunto de acciones que permite conservar o restablecer un sistema productivo a un estado específico, para que pueda cumplir un servicio determinado” (p.1).

Por otra parte en la publicación Mantenimiento Industrial Neto, Edwin. (2008) lo define como “todas las actividades necesarias para mantener el equipo e instalaciones en condiciones adecuadas para la función que fueron creadas; además de mejorar la producción buscando la máxima disponibilidad y confiabilidad de los equipos e instalaciones” (p.6).

### **2.2.2 Objetivos del mantenimiento**

De acuerdo a la Norma COVENIN 3049-93 Definiciones del Mantenimiento en el punto 3.1.4 el objetivo del mantenimiento es “mantener un sistema productivo en forma adecuada de manera que pueda cumplir su misión, para lograr una producción esperada en empresas de producción y una calidad de servicios exigida, en empresas de servicio, a un costo global óptimo” (p.1).

De igual forma Prando, R. (1996) en su manual de Gestión de Mantenimiento a la Medida define que la finalidad del mantenimiento es “mantener operable el equipo e instalación y restablecer el equipo a las condiciones de funcionamiento predeterminado; con eficiencia y eficacia para obtener la máxima productividad” (p.27).

Sin embargo, Neto, Edwin. (2008) en su publicación acerca del Mantenimiento Industrial establece que los objetivos del mantenimiento son:

- Garantizar la disponibilidad y la confiabilidad de los equipos e instalaciones.
- Satisfacer los requisitos del sistema de calidad de la empresa.
- Cumplir todas las normas de seguridad y medio ambiente.
- Maximizar la productividad y eficiencia.

Son los objetivos probables dentro de una industria, estos estarían garantizando la disponibilidad de equipo y las instalaciones con una alta confiabilidad de la misma y con el menor costo posible. (p.7).

Por lo que se concluye que el principal objetivo del mantenimiento es conservar disponibles y en óptimo funcionamiento los equipos, maquinas e instalaciones de la

planta (empresa, institución, entre otros), a fin de que conserven las condiciones de calidad de fabricación, con un mínimo coste y un máximo de seguridad para el personal que utiliza y mantiene las instalaciones y maquinaria.

### **2.2.3 Tipos de mantenimiento**

La Norma COVENIN 3049-93 Definiciones del Mantenimiento en el punto 3.1.10 define los tipos de mantenimiento de la siguiente manera:

- **Mantenimiento Rutinario:** es el que comprende las actividades tales como: lubricación, limpieza, protección, ajuste, calibración u otras; su frecuencia de ejecución es hasta periodos semanales, generalmente es ejecutado por los mismos operarios de los Sistemas Productivo y su objetivo es mantener y alargar la vida útil de dichos Sistemas Productivos evitando su desgaste.
- **Mantenimiento Programado:** se basa en las instrucciones técnicas recomendadas por los fabricantes, constructores, diseñadores, usuarios y experiencias conocidas, para obtener ciclos de revisión y/o sustituciones para los elementos más importantes de un sistema productivo a objeto de determinar la carga de trabajo que es necesario programar. Su frecuencia de ejecución cubre desde quincenal hasta generalmente periodos de un año.
- **Mantenimiento por Avería o Reparación:** se define como la atención a un sistema productivo cuando aparece una falla. Su objetivo es mantener en servicio adecuadamente dichos sistemas, minimizando sus tiempos de parada. Es ejecutado por el personal de la organización del mantenimiento. La atención a las fallas debe ser inmediata y por tanto no da tiempo a ser “programada” pues implica el aumento de costos y paradas innecesarias de personal y equipos.
- **Mantenimiento Correctivo:** comprende las actividades de todo tipo encaminadas a tratar de eliminar la necesidad de todo tipo encaminadas a tratar de eliminar la necesidad de mantenimiento, corrigiendo las fallas de una manera integral a

mediano plazo. Las acciones más comunes realizadas son: modificaciones de elementos de máquinas, modificación de alternativas de proceso, cambio de especificaciones, ampliaciones, entre otros. Este tipo de actividades es ejecutado por el personal de la organización de mantenimiento y/o por entes foráneos, dependiendo de la magnitud, costos, especialización necesaria u otros.

- **Mantenimiento Circunstancial:** este tipo de mantenimiento es una mezcla entre rutinario, programado, avería y correctivo ya que por su intermedio se ejecutan acciones de rutina pero no tiene un punto fijo en el tiempo para iniciar su ejecución, porque los sistemas atendidos funcionan de manera alterna; se ejecutan acciones que están programadas en un calendario anual pero que tampoco tiene un punto fijo de inicio por la razón anterior, se atienden averías cuando el sistema se detiene, existiendo por supuesto otro sistema que cumpla con su función; y el estudio de la falla permite la programación de su corrección eliminando dicha avería a mediano plazo. La atención de los sistemas productivos bajo este tipo de mantenimiento depende no de la organización de mantenimiento que tiene a dichos sistemas productivos dentro de sus planes y programas, sino de otros entes de la organización del sistema productivo, los cuales sugieren aumento en capacidad de producción, cambios de procesos, disminución en ventas, reducción de personal y/ o turnos de trabajo.
- **Mantenimiento Preventivo:** es el que utiliza todos los medios disponibles, incluso los estadísticos, para determinar la frecuencia de las inspecciones, sustitución de piezas claves, probabilidad de aparición de averías, vida útil, u otras. Su objeto es adelantarse a la aparición o predecir la presencia de la falla.

#### **2.2.4 Beneficios de aplicar mantenimiento preventivo**

Aplicar mantenimiento preventivo permanentemente en las organizaciones, según Agraz Industrial (2005), genera beneficios importantes y cuantificables

reflejados en la eficiencia de los equipos. Parte de los estos son los mencionados a continuación:

1. Evita y reduce las reparaciones de fallas sobre los bienes precitados.
2. Disminuye la gravedad de fallas que no se lleguen a evitar.
3. Evita paradas inútiles de máquinas y equipos.
4. Evita accidentes e incidentes, aumentando la seguridad.
5. Permite conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
6. Disminuye los costos por mantenimiento.
7. Conlleva a la prolongación de la vida útil de los bienes.
8. Debido a la programación de actividades genera uniformidad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento.

### **2.2.5 Desventajas del mantenimiento preventivo**

Las desventajas que se pueden presentar al implementar un programa de mantenimiento preventivo son las siguientes, en concordancia a lo expresado por Duffuaa, S. (2002):

1. Representa una inversión inicial significativa, sin embargo al transcurrir del tiempo se generan altos beneficios y mayor producción de los equipos.
2. Si no se hace un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad de los equipos, por lo que se resalta la necesidad de contar con el personal calificado y especializado para llevar la planificación de los mantenimientos preventivos.
3. Los trabajos rutinarios cuando se prolongan en el tiempo produce falta de motivación del personal, por lo que se deberán crear sistemas imaginativos para convertir un trabajo repetitivo en un trabajo que genere satisfacción y

compromiso, necesitando por tal motivo realizar incentivos de trabajo y bonos a los operarios de acuerdo a los niveles de producción que generen los equipos por su alta Mantenibilidad y disponibilidad.

#### **2.2.6 Plan de mantenimiento**

Es un documento que establece el que, como y con qué frecuencia se ejecutaran las actividades de mantenimiento. Así mismo, incluye los repuestos y recursos necesarios para llevarlas a cabo.

#### **2.2.7 Planificación de mantenimiento**

Es la integración de los procesos estratégicos de mantenimiento y es en esta área donde se establece la dirección mediante las políticas, planes de corto y mediano plazo, costo de actividades, estrategias de contratación, planes de procura y recursos humanos, para asegurar los costos óptimos y la integridad de los activos.

#### **2.2.8 Programa de mantenimiento**

Es el documento que establece la secuencia lógica de actividades de mantenimiento y la distribución de los recursos, espacio y tiempo para cada una de ellas.

#### **2.2.9 Programación de mantenimiento**

Son las acciones necesarias para garantizar la ejecución de las actividades del plan de mantenimiento en función de tiempo y recursos

### **2.2.10 Procedimiento para elaborar un plan de mantenimiento**

Conforme a La Norma COVENIN 3049-93 Definiciones del Mantenimiento en el punto 3.4.1.6 para elaborar un plan de mantenimiento se debe seguir la metodología siguiente:

1. Codificar u registrar los equipos.
2. Elaborar fichas técnicas
3. Definir la rutina, procedimiento o instrucciones de mantenimiento para cada equipo.
4. Establecer la frecuencia y la estimación de tiempo de las tareas.
5. Determinar la cantidad y especialidad del personal necesario.
6. Definir el tipo de repuesto, materiales y herramientas a utilizar.
7. Calcular y aplicar los costos involucrados en la aplicación del mantenimiento (presupuesto de mantenimiento). (p.11)

### **2.2.11 Pasos para establecer un programa de mantenimiento preventivo**

Los pasos para el establecer un programa de mantenimiento preventivo de manera eficiente por Duffuaa, S. (2002) son los siguientes:

- Los equipos incluidos en el programa de mantenimiento deben estar en el listado de equipos.
- Se requiere de una tabla de criterios (frecuencias de mantenimiento preventivo). Esta tabla le indicara al sistema con qué frecuencia debe generar las ordenes de trabajo, así como el establecimiento de otros parámetros para su programa.
- Requiere planear a los operarios y contratistas para sus órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo, el programa necesita de códigos de oficios y actividades.

- La planeación y el uso de materiales y refracciones en los registros de mantenimiento preventivo por maquinas, requieren para ello ingresar con anticipación los artículos de inventario y enlazarlos a su programa de mantenimiento preventivo.
- Se debe contar con procedimientos detallados o listados de rutinas, listos en el sistema o en algún procesador que facilite su control (haciéndose necesaria la codificación), se recomienda mantenerlos en fila por maquina o por equipo.
- Determinar en las órdenes de trabajo la frecuencia a utilizar en el equipo seleccionado.
- Calendario. Determinar un número de días entre las inspecciones o ejecución de los mantenimientos preventivos.
- El uso del número de horas, litros, kilogramos, piezas u otra unidad de medición en las inspecciones, requiere que alguna rutina sea establecida, a fin de obtener la lectura y medición de los parámetros.

### **2.2.12 Diseño eficaz de un programa de mantenimiento**

Duffuaa, S. (2002) en su publicación *Sistemas de Mantenimiento Planeación y Control*, indican para que se pueda tener un buen diseño del programa de mantenimiento y que a su vez sea eficaz, se debe tomar en cuenta los seis diseños de programas de mantenimiento que se describirán a continuación:

- **Mantenimiento planeado:** se refiere al esfuerzo integrado para convertir la mayor parte del trabajo de mantenimiento en mantenimiento programado. El mantenimiento planeado es el trabajo que se identifica mediante el mantenimiento preventivo y predictivo. Incluye la inspección y el servicio de trabajos que se realizan a intervalos recurrentes específicos. Refiriéndose todo esto a que el mantenimiento planeado busca que todas las actividades se planifiquen

previamente, incluyendo la planeación y el abastecimiento de materiales necesarios para las actividades de mantenimiento.

- **Mantenimiento emergencia:** se refiere a cualquier trabajo no planeado que deberá iniciarse el mismo día, este mantenimiento por su naturaleza, permite poco tiempo para su planeación. Se debe reducir al mínimo la cantidad de los mantenimientos de emergencia logrando como meta del departamento de mantenimiento que estos no excedan del 10% del trabajo total del mantenimiento. Para todo esto es necesario la implementación de estrategias innovadoras que permitan el control de los mantenimientos de emergencias.
- **Mejora de la confiabilidad:** ofrece una alternativa inteligente para mejorar la función del mantenimiento, para esto es necesario mantener archivos históricos de los equipos críticos e importantes y hacer estimaciones del tiempo medio entre fallas (TMEF), la frecuencia del mantenimiento de emergencia es una función de la tasa de fallas del equipo. Entre mayor sea el TMEF menor será el número de incidentes de mantenimiento de emergencia.
- **Programa de administración del equipo:** el mantenimiento productivo total, es una filosofía japonesa que concentra se en la administración del equipo a fin de mejorar la calidad del producto. Su objetivo es reducir perdidas de equipos para mejorar la eficacia global del mismo.
- **Reducción de costos:** el mantenimiento puede contribuir a reducir el costo de producto mediante un esfuerzo continuo de reducción de costos en las operaciones de mantenimiento. Dicha reducción puede obtenerse aplicando técnicas de ingeniería de métodos. Estas técnicas estudian la forma en que el trabajo se está llevando a cabo con el fin de desarrollar una mejor manera de ejecutar el mantenimiento. La ingeniería de métodos tiene pasos bien definidos para examinar el trabajo de mantenimiento a fin de simplificar y eliminar pasos innecesarios, lográndose esto se podrá lograr ahorros significativos en costos.

- **Capacitación y Motivación de los Empleados:** la acción de realizar mantenimiento depende, en gran medida, de las habilidades de los técnicos específicos. Gran parte de la ineficacia en el mantenimiento se debe a la falta de trabajadores técnicos calificados. Por lo tanto es necesario contar con un programa permanente de capacitación en el trabajo para asegurar que los empleados estén equipados con las habilidades necesarias para un mantenimiento eficaz. El programa de capacitación deberá incluir capacitación dentro y fuera de la empresa, acompañado de un programa de motivación para los trabajadores productivos.

Todos los sistemas mencionados anteriormente, permiten llevar un control del mantenimiento en cualquier organización a manera de hacer del mantenimiento de los equipos y otros sistemas un proceso eficaz, que conlleve a una excelente planificación y programación del mantenimiento

### **2.2.13 Tipos de planes**

Según Robbins, S. (2005) “los planes pueden ser de los siguientes tipos para las organizaciones son: “por su línea estratégica (estratégico u operativos), plazo (corto o largo), especialidad (direccionales o concretos) y frecuencia (únicos y permanentes)” (p.125).

### **2.2.14 Mantenimiento centrado en confiabilidad**

Es una metodología que procura determinar los requerimientos de mantenimiento de los activos en su contexto de operación. Consiste en analizar las funciones de los activos, ver cuáles son sus posibles fallas, y detectar los modos de fallas o causas de fallas, estudiar sus efectos y analizar sus consecuencias. A partir de la evaluación de las consecuencias es que se determinan las estrategias más

adecuadas al contexto de operación, siendo exigido que no sólo sean técnicamente factibles, sino económicamente viables.

Smith, A. (1992) lo define como:

Una filosofía de gestión de mantenimiento, en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, se encarga de optimar la confiabilidad operacional de los activos en su contexto operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definido, estableciendo las actividades más efectivas de mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema. (p.177)

#### **2.2.15 Preguntas básicas del mantenimiento centrado en confiabilidad**

Suárez, D. (2008) establece que las siete (07) preguntas básicas son:

1. ¿Cuáles son las funciones y los estándares deseados de desempeño del activo en su contexto operacional actual (Funciones)?
2. ¿De qué manera el activo puede dejar de cumplir sus funciones (Fallas Funcionales)?
3. ¿Qué causa cada falla funcional (Modo de Falla)?
4. ¿Qué ocurre cuando sucede cada falla (Efectos de Falla)?
5. ¿Cómo impacta cada falla (Consecuencia de Fallas)?
6. ¿Qué se puede hacer para predecir o prevenir cada falla funcional (Tareas Proactivas y Frecuencia)?
7. ¿Qué ocurre si no se puede evitar la falla? (p.189).

Según PDVSA (2005) establece que:

Para la consecución de estas preguntas se cuenta con esta técnica de confiabilidad claves en la aplicación del MCC como el Análisis de Modos y Efectos

de Fallas (AMEF) y el Árbol Lógico de Decisiones (ALD). Las primeras ayudan a determinar las consecuencias de los modos de fallas de cada activo en su contexto operacional, mientras que la segunda permite decidir cuáles son las actividades de mantenimiento más óptimas. La primera técnica ayuda a responder las cuatro primeras preguntas, mientras que la segunda ayuda a responder las restantes. (p.103).

### **2.2.16 Equipo natural de trabajo**

Según Améndola, L (2006), El equipo natural de trabajo:

Se define como el conjunto de personas de diferentes funciones de la organización, que trabajan juntas por un periodo de tiempo determinado en un clima de potenciación de energía, para analizar problemas comunes de los distintos departamentos, apuntando al logro de un objetivo común. (p.57).

Esto quiere decir que los equipos naturales de trabajo son vistos como los mayores contribuyentes al valor de la empresa, y trabajan consistentemente a largo plazo. Los gerentes guían a los miembros hacia el crecimiento del equipo y a obtener mejores resultados bajo el esquema ganar-ganar. Los éxitos del equipo son logros del líder de turno.

### **2.2.17 Análisis de criticidad**

El análisis de criticidad, por su carácter semi-cuantitativo o cualitativo, es utilizado para establecer una jerarquización basándose en un impacto, el cual provee una guía para establecer estrategias de mantenimiento, de operación, de seguridad, entre otras; abarcando de esta forma, los criterios mínimos requeridos para mantener la integridad, disponibilidad y confiabilidad.

Es una metodología que permite evaluar sistemas, entendiéndose como sistemas, los equipos o maquinarias, conjunto de equipos o partes de equipos que se quieren evaluar o jerarquizar sus componentes para la toma de decisiones, basados en la frecuencia de fallas y las consecuencias de las mismas.

El análisis de criticidad da respuesta a estas interrogantes, dado que genera una lista ponderada desde el elemento más crítico hasta el menos crítico del total del universo analizado, diferenciando cuatro zonas de clasificación: muy crítico, crítico, semi-crítico y no crítico. Una vez identificadas estas zonas de criticidad, es mucho más fácil diseñar estrategias, para realizar estudios o proyectos que mejoren la confiabilidad operacional. Los criterios para realizar un análisis de criticidad están asociados con: seguridad, ambiente, producción, costos de operación y mantenimiento, frecuencia de fallas y tiempo de reparación principalmente. Estos criterios se relacionan con una ecuación matemática, que genera puntuación para cada elemento evaluado. La lista generada, resultado de un trabajo en equipo, permite nivelar y homologar criterios para establecer prioridades y focalizar el esfuerzo que garantice el éxito maximizando la rentabilidad.

La metodología PDVSA E & P Occidente 2002 para la realización del Análisis de Criticidad cuenta con la utilización de un formato para realizar encuestas, una tabla de ponderaciones y la ecuación matemática de criticidad.

La ecuación de criticidad vista desde un punto matemático se presenta a continuación:

$$\text{Criticidad} = \text{frecuencia de falla} \times \text{consecuencia}$$

$$\text{Siendo: consecuencia} = a + b$$

a = costo reparación+ impacto seguridad personal+ impacto ambiental+ impacto satisfacción cliente.

$$b = \text{impacto en la producción} \times \text{Tiempo promedio para reparar MTTR.}$$

## PDVSA E & P Occidente 2002

Para conocer estos valores y poder hallar el valor de la criticidad se realiza una encuesta compuesta por siete (7) preguntas. Cada pregunta tiene una serie de respuestas con una ponderación diferente, esta ponderación se presenta en una tabla de ponderaciones y le asigna un valor específico a cada parámetro dependiendo de las características del equipo a evaluar.

Los criterios o parámetros que se evalúan a través de la metodología de PDVSA E & P Occidente 2002 para la elaboración de las encuestas, las tablas de ponderación y el cálculo de los valores de criticidad son los siguientes:

- Frecuencia de fallas: representa las veces que falla cualquier componente del sistema que produzca la pérdida de su función, es decir, que implique una parada, en un periodo de un año.
- Tiempo promedio para reparar: es el tiempo promedio por día empleado para reparar la falla, se considera desde que el equipo pierde su función hasta que esté disponible para cumplirla nuevamente.
- Impacto en la producción: representa la producción aproximada porcentualmente que se deja de obtener (por día), debido a fallas ocurridas (diferimiento de la producción). Se define como la consecuencia inmediata de la ocurrencia de la falla, que puede representar un paro total o parcial de los equipos del sistema estudiado y al mismo tiempo el paro del proceso productivo de la unidad.
- Costo de reparación: se refiere al costo promedio por falla requerido para restituir el equipo a condiciones óptimas de funcionamiento, incluye labor, materiales y transporte.
- Impacto en la seguridad personal: representa la posibilidad de que sucedan eventos no deseados que ocasionen daños a equipos e instalaciones y en los cuales alguna persona pueda o no resultar lesionada.

- Impacto ambiental: representa la posibilidad de que sucedan eventos no deseados que ocasionen daños a equipos e instalaciones produciendo la violación de cualquier regulación ambiental, además de ocasionar daños a otras instalaciones.
- Impacto satisfacción al cliente: en él se evalúa el impacto que la ocurrencia de una falla afectaría a las expectativas del cliente. En este caso se considera cliente a quienes se les suministran los servicios.

### **2.2.18 Análisis de modo efecto falla (AMEF)**

Duffuaa, S. (2002) lo explica como:

El Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) es una técnica empleada para cuantificar y clasificar las fallas críticas en el diseño del producto o el proceso. Comprende la identificación de todas las características funcionales y secundarias. Así, para cada característica, el AMEF identifica una lista de fallas potenciales y su impacto en el desempeño global del producto. Asimismo, se estima la probabilidad y severidad de la falla (problema). (p.270)

Según el autor, esta técnica permite estudiar cada componente de un sistema y saber cómo fallaría, la probabilidad de la falla y efecto en la función del sistema.

### **2.2.19 Falla**

Es el estado de un elemento activo cuando llega a ser completamente inoperante o, aun cuando todavía puede operar, no realiza satisfactoriamente su función o porque su condición insegura de funcionamiento no se permita su uso

### **2.2.21 Modo de Falla**

Es el que provoca la pérdida de función total o parcial de un activo en su contexto operacional, cada falla funcional puede tener más de un modo de falla.

### **2.2.22 Efecto de falla**

Un efecto de falla responde a la pregunta ¿Qué ocurre?, y la descripción de estos efectos debe incluir toda la información necesaria para ayudar en la evaluación de las consecuencias de las fallas.

### **2.2.23 Árbol lógico de decisiones**

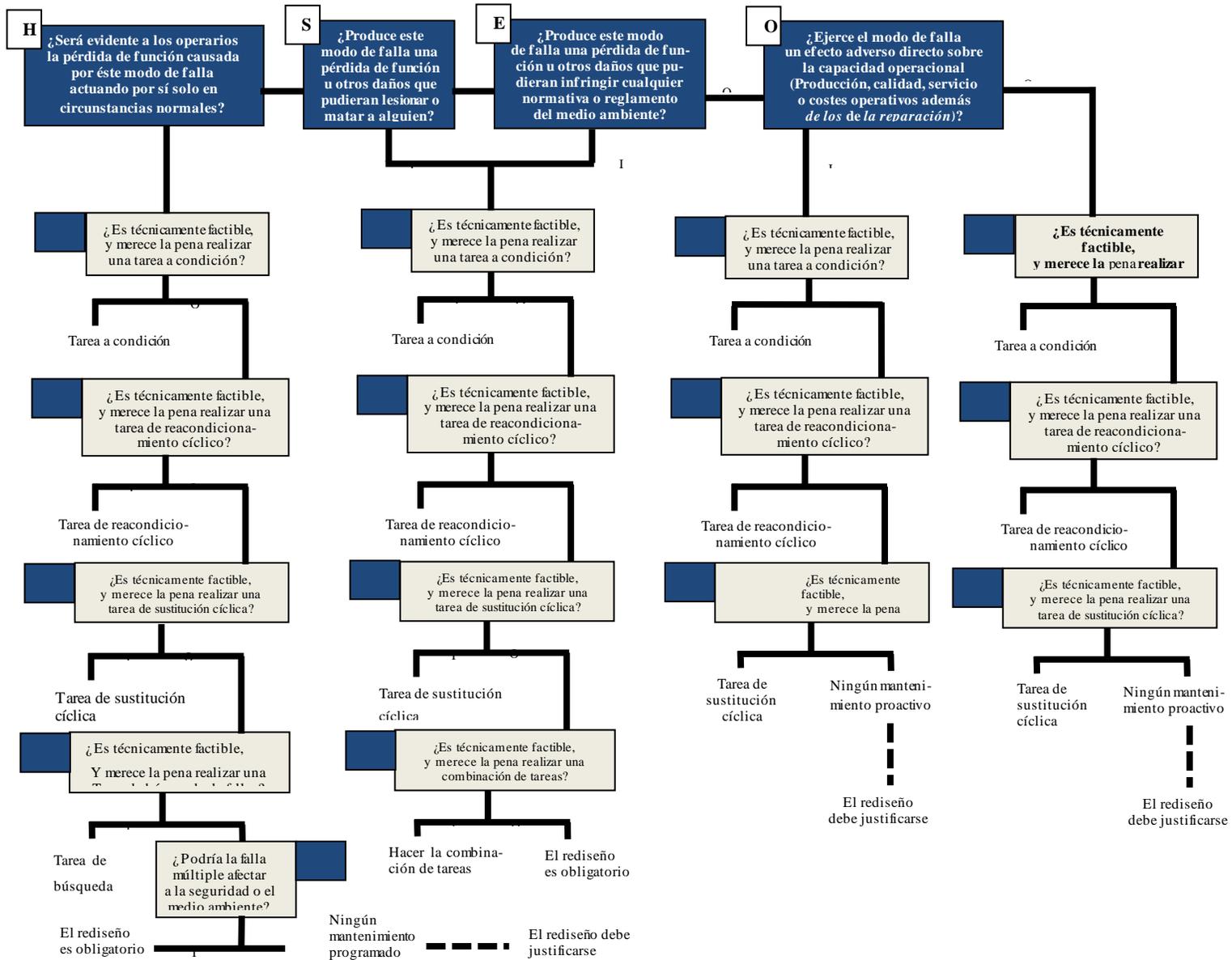
Es la herramienta que permite seleccionar de forma óptima las actividades de mantenimiento según la filosofía del MCC. A partir del árbol lógico de decisiones se obtienen las respuestas a las preguntas de esta filosofía.

Un árbol de decisión sirve para modelar funciones discretas, en las que el objetivo es determinar el valor combinado de un conjunto de variables, y basándose en el valor de cada una de ellas, determinar la acción a ser tomada.

Según la norma SAE JA1011 (2002) en la sección 15.3 señala que “los diagrama de decisión son normalmente construidos a partir de la descripción de la narrativa de un problema” (p.49). Ellos proveen una visión gráfica de la toma de decisión necesaria, especifican las variables que son evaluadas, qué acciones deben ser tomadas y el orden en la cual la toma de decisión será efectuada. Cada vez que se ejecuta un árbol de decisión, solo un camino será seguido dependiendo del valor actual de la variable evaluada.

Partiendo de lo definido por las normas SAE JA1011 y SAE JA1012 para la aplicación de la metodología se adoptó el árbol o diagrama de decisión propuesto por la norma SAE JA1012, ver figura 2.1.

Figura 2.1 Árbol lógico de decisiones  
Fuente: El autor (2015)



#### **2.2.24 Consecuencias de los fallos del árbol lógico de decisiones**

PDVSA (2010), establece que:

Consiste en determinar cómo y cuánto importa cada falla, para tener un claro conocimiento si una falla requiere o no prevenirse. Todo falla ejerce algún tipo de efecto, directo o indirecto, sobre la seguridad o el comportamiento funcional de una planta (p.20).

El autor en esta etapa define las consecuencias que conforman el árbol lógico de decisión de la siguiente manera:

##### **2.2.24.1 Consecuencias de fallas no evidentes**

PDVSA (op. cit), indica que las consecuencias de fallos no evidentes:

Son aquellos fallos que no tienen un impacto directo, pero que pueden originar otro fallo con mayores consecuencias a la organización. Por lo general este tipo de fallas es generado por dispositivos de protección, los cuales no poseen seguridad inherente. El árbol lógico de decisiones le da a este grupo de fallos una alta relevancia, adoptando un acceso sencillo, práctico y coherente con relación a su mantenimiento (p.21).

##### **2.2.24.2 Consecuencia en el medio ambiente y la seguridad**

PDVSA (op. cit), establece que:

El MCC presta mucha atención al impacto que genera en el ambiente la ocurrencia de una falla, y las repercusiones en la seguridad (tomando en consideración los artículos y disposiciones de leyes y reglamentos hechas para

legislar en este campo) haciéndolo antes de considerar la cuestión del funcionamiento (p.21).

#### **2.2.24.3 Consecuencias operacionales**

PDVSA (op. cit), indica que las consecuencias operacionales “son aquellas que afectan a la producción, por lo que repercuten considerablemente en la organización (calidad del producto, capacidad, servicio al cliente o costos industriales además de los costos de reparación) (p.22)”

#### **2.2.24.4 Consecuencias no operacionales**

PDVSA (op. cit), define las consecuencias no operacionales como: “aquellas ocasionadas por cierta clase de fallos que no generan efectos sobre la producción ni la seguridad, por lo que el único gasto presente es el de reparación (p.22)”

#### **2.2.25 Estrategias del árbol lógico de decisiones (ALD).**

PDVSA (op. cit), establece que las tareas o estrategias abarcadas por el proceso de análisis del ALD se clasifican en dos grupos: “el primero en las tareas preventivas asociados con el envejecimiento y las no asociadas con él. El segundo grupos son “a falta de” que deben tomarse si no se pueden tomar tareas preventivas apropiadas (p.28)”.

##### **2.2.25.1 Tareas de reacondicionamiento cíclico**

PDVSA (op. cit), establece que este consiste en: “revisar intervalos fijos independientes de su estado original un elemento, pieza o componente. Concretamente, en las tareas de reacondicionamiento cíclico los equipos revisados

son reparados a frecuencias determinadas independientemente de su estado en ese momento (p.30)”.

#### **2.2.25.2 Tarea de sustitución cíclica**

PDVSA (op. cit), define esta acción como: “reemplazar un elemento, pieza o componente por uno nuevo a intervalos fijos independientes de su estado. Estas tareas se realizan sobre el entendimiento de que al descartar la pieza y sustituirla por una nueva restaura la resistencia original al fallo (p.31)”.

#### **2.2.25.3 Tareas a condición cíclica**

PDVSA (op. cit) afirma que las tareas a condición están basadas en el hecho de que: “un gran número de fallos no ocurren instantáneamente, sino que se desarrollan a través de un periodo de tiempo (p.31)”.

Por otro lado, si se puede encontrar evidencia de que este proceso de fallo ha comenzado, se dispone de la necesidad de tomar medidas para prevenir el fallo y evitar consecuencias. También puede decirse que esta tarea consiste en chequear si los equipos están fallando, de manera que se puedan tomar medidas, ya sea para prevenir la falla funcional o para evitar consecuencias de los mismos. Están basadas en el hecho de que un gran número de fallas no ocurren instantáneamente (fallas potenciales), sino que se desarrollan a partir de un período de tiempo. Los equipos se dejan funcionando a condición de que continúen satisfaciendo los estándares de funcionamiento deseado.

#### **2.2.25.4 Tareas cíclicas de búsquedas de fallos**

Las tareas de búsqueda de fallos consisten en chequear una función oculta a intervalos regulares para ver si ha fallado; dichas tareas no son preventivas porque se trata de buscar los fallos después que se han producido.

#### **2.2.25.5 Rediseño**

PDVSA (op. cit), establece que:

El término de rediseño se refiere a cualquier cambio en la especificación de cualquier equipo. Esencialmente esto significa cualquier acción que implique un cambio en un equipo o pieza de éste. Comprende la modificación de las especificaciones de un componente, la adición de un elemento nuevo, la sustitución de una máquina entera por una de otra marca o tipo, o el cambiar de una máquina de sitio (p.35).

#### **2.2.26 Características y funciones de las maquinarias pesadas**

Bajo el nombre de maquinaria pesada o de construcción se incluyen un grupo de máquinas utilizadas en actividades de construcción con la finalidad de:

- Remover parte de la capa del suelo, de forma de modificar el perfil de la tierra según los requerimientos del proyecto de ingeniería específico.
- Transportar materiales (áridos, agua, hormigón, elementos a incorporar en la construcción
- Cargar y descargar materiales de construcción
- Conformar el terreno

Se utilizan máquinas de excavación para remover el terreno donde se asentarán las fundaciones y bases de edificios torres, puentes. También para desplazar suelos y conformar el terreno en la realización de caminos, para excavar túneles, para armar presas y trabajos de minería.

Dependiendo de las características del suelo es el tipo de maquinaria que resulta más adecuada. Por ejemplo suelos muy duros como rocas o arenas cementadas requieren de martillos para perforar la roca, cuchillas circulares de corte o retroexcavadoras con martillo picador. Por otra parte suelos más blandos permiten trabajar con retroexcavadoras y motoniveladoras, como se observa en la figura 2.2.

El Reglamento de la Ley de Tránsito Terrestre de Venezuela establece que las maquinarias pesadas, vehículos de carga “son todos los vehículos autorizados para circular en condiciones particulares” (p. 5).



**Figura 2.2. Maquinarias pesadas**  
**Fuente:** Wikipedia – maquinaria de construcción

Las Maquinarias pesadas a su vez se pueden clasificar según las operaciones comunes que realizan las mismas, como se puede observar en la figura 2.3.



**Figura 2.3. Clasificación de las maquinarias pesadas según las operaciones que realizan**  
**Fuente:** Maquinarias y Equipos de Construcción CIV-247

A continuación se detallan las maquinarias pesadas que conforman las unidades de estudio del presente trabajo de investigación:

- **Payloaders:** El cargador es una máquina versátil, de auto propulsión que está montada sobre orugas o ruedas. También se conoce como una pala cargadora, una pala tractor o un cargador frontal. Los cargadores están equipados con un cucharón montado al frente con el cual pueden cavar, agarrar con cucharón, levantar, acarrear y vaciar en unidades de arrastre, depósitos, tolvas, transportadores y pilas de existencias. Otros aditamentos montados al frente y atrás permiten trabajar como topador, pala de arrastre, mordaza, horquilla elevadora, rompe terreno, cuneta, zanja, montacargas.

Los cargadores y las máquinas de arrastre con frecuencia trabajan juntos. Los cargadores son muy similares al tractor en su apariencia, salvo que un cucharón está montado al frente de la unidad de fuerza en lugar de una cuchilla. Por lo tanto, los lubricantes que se utilizan en los cargadores son los mismos que

se utilizan en los tractores. Los cargadores de orugas son casi idénticos en apariencia a los tractores y se utilizan principalmente para cargar y empujar material suelto. El motor, los engranajes y el sistema hidráulico son similares al tractor, pero la posición de las orugas está más al frente para proporcionar un contrapeso cuando se carga y distribuir el peso más uniformemente cuando el cucharón está completamente cargado. El armazón y el armazón del frente del cargador de tipo orugas están hechos de acero. El cucharón está controlado por arietes hidráulicos, el sistema hidráulico incluye una bomba hidráulica sobre una transmisión viva desde el motor, una válvula de control de escape de presión, una reserva de aceite, filtros y controles.

Los cargadores tipo orugas están equipados con dispositivos de corte para desengranar los controles del montacargas cuando el cucharón alcanza altura predeterminada. Los cargadores tipo orugas tienen la ventajas de buena flotación y tracción en terrenos suave o dispares. Funcionan sobre objetos puntiagudos que romperían los neumáticos y tienen un diseño compacto para maniobrabilidad en lugares estrechos. Sin embargo, están limitados por su velocidad lenta.

Los cargadores de ruedas (Ver Figura 2.4) se utilizan principalmente para apilar montones y cavar en terrenos suaves. Su estructura es muy diferente a las máquinas de orugas. Consisten de un armazón pivotado con el motor montado sobre las ruedas traseras. La cabina está montada sobre el armazón del frente o de atrás, dependiendo de la preferencia del fabricante.

El pivote proporciona al cargador buenas capacidades de maniobrabilidad. Permite que el armazón del frente gire hasta 40 grados a cualquier lado de la posición del frente. Esta característica es muy útil cuando se requiere girar en un radio pequeño. El cargador con neumáticos cuenta con tracción en las cuatro

ruedas y se conoce con la marca Payloaders. Su capacidad SAE varía entre 0.4 a 5 m<sup>3</sup> (metros cúbicos), para materiales que pesen 800 kg/m<sup>3</sup>.



**Figura 2.4. Maquinaria pesada – payloaders**

**Fuente:** Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013

En sus funciones destacan:

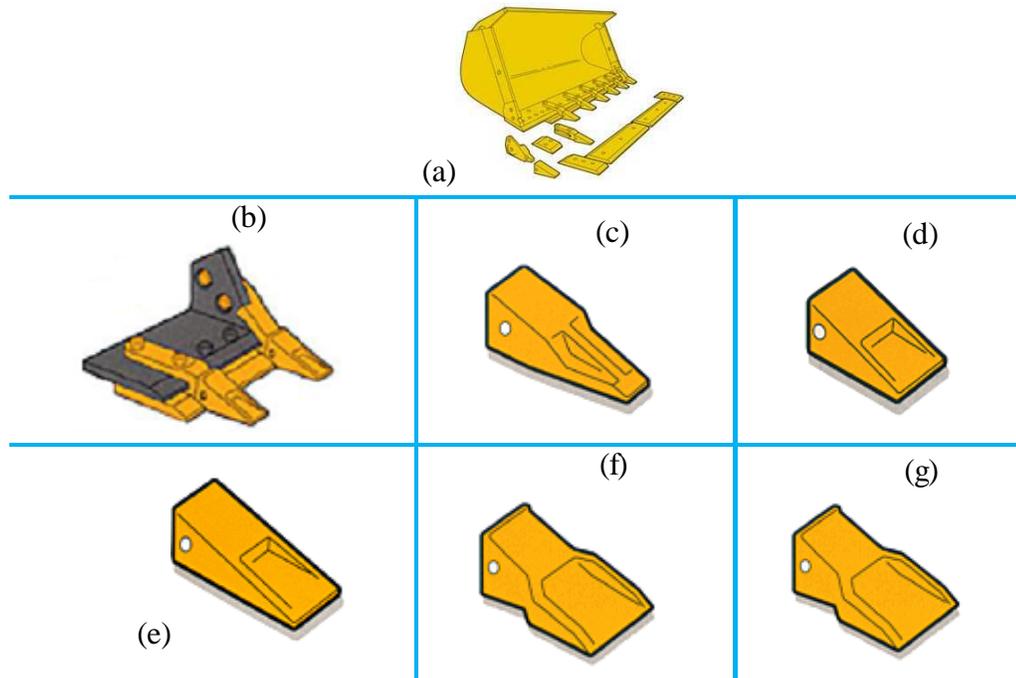
- Manejo y carga de materiales.
- Excavación de estanques y zanjas.
- Transportar materiales a cortas distancias.
- Diseminación y compactación de tierra.

Los Cargadores Frontales o Payloaders en su estructura principal tienen un Cucharón (Fig. 2.5 (a)), el cual a su vez cuenta con herramientas para adaptar la unidad específicamente a la aplicación. Los cucharones Caterpillar se caracterizan por el comprobado diseño de cucharón con costillas de refuerzo exteriores para su óptima duración. Dentro de las herramientas adaptables se encuentran:

- Cucharón: para rocas ofrece más resistencia y una vida útil más larga en los trabajos con los materiales más disponibles con cucharón en V o recta.
- Guardaesquinas: de los cucharones son las más propensas al desgaste y fallan prematuramente, también puede aumentar la vida útil de las cuchillas y las esquinas hasta en un 50%, como

se muestra en la figura 2.5 (b) (Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013).

- Penetración: se utiliza en material densamente compactado, como la arcilla. Provee buena penetración y autoafilado, como se puede ver en la figura 2.5 (c). (Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013)
- Corta: se utiliza en trabajo de alto impacto y de apalancamiento, como con rocas, extremadamente resistente y buena vida útil, a continuación se observa en la figura 2.5 (d).(Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013)
- Larga: se utiliza en la mayoría de las aplicaciones generales en las cuales la rotura de puntas no constituye un problema, observar detalladamente en la figura 2.5 (e). (Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013)
- Abrasión: se utiliza al trabajar en materiales abrasivos, como arenas o grava, contiene material de desgaste adicional para proveer una prolongada vida útil, como se detalla a continuación en la figura 2.5 (f). (Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013)
- Abrasión de equipo pesado: se utiliza en las máquinas más grandes al trabajar en arena, grava y piedra de voladura, a continuación se puede observar la figura 2.5 (g). (Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013)



**Figura 2.5. Herramientas adaptables al cucharón- payloaders**  
**Fuente:** Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013

Al igual que se encuentran los adaptadores para el cucharón parte principal del Payloaders, también se le pueden instalar cucharones especiales, como se puede observar en la figura 2.6.

Los acopladores rápidos proporcionan una flexibilidad incomparable y permiten que un operador realice una amplia variedad de tareas con una máquina, lo cual aumenta el rendimiento de la máquina y la eficiencia. Figura 2.6 (a).

Se ofrecen cucharones para carbón con anchos especiales. Todos los cucharones para carbón incluyen una cuchilla empernada como se muestra en la fig. 2.6 (b).

Los cucharones para virutas de madera se han diseñado especialmente para cargar y transportar virutas de madera y materiales livianos similares. Se incluyen cuchillas empernadas como elemento estándar. Los protectores de visibilidad ayudan al operador en la tarea de carga. Figura 2.6 (c).

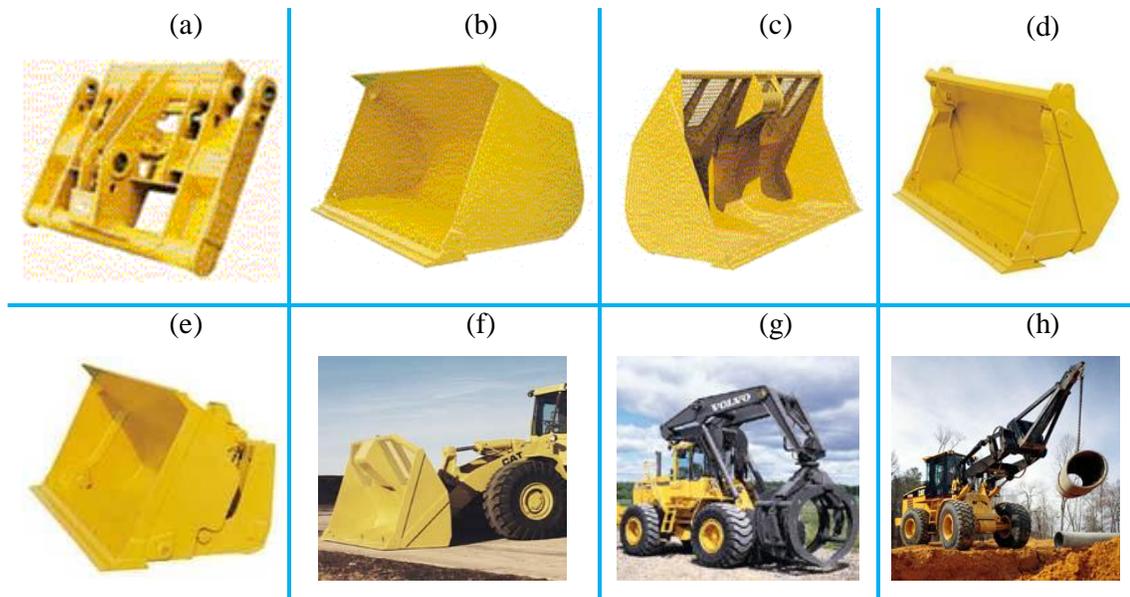
Los cucharones de carga general permiten cargar, empujar, amordazar objetos o filtrar la descarga de materiales son tareas fáciles con este cucharón Figura 2.6 (d).

Los cucharones de alta descarga son ideales para cargar material liviano apilado en camiones de laterales altos, tolvas en estaciones de transferencia de residuos o para manipular fertilizante, carbón o granos. Figura 2.6 (e).

Se ofrecen cucharones para fertilizante y pueden diseñarse para diversas alturas, anchuras y capacidades de carga de tolva. El diseño especial permite esparcir los fertilizantes dentro del cucharón para aprovechar todo su volumen. Figura 2.6 (f).

Ganchos especiales para traslado de troncos en forma pendulante como se muestra en la figura 2.6 (g), especiales para faenas forestales de nuestra zona.

Los brazos para manejo de materiales amplían las posibilidades en las máquinas equipadas con un acoplador, Brazo para manejo de materiales uso construcción como se muestra en la fig. 2.6 (h).



**Figura 2.6. Herramientas adaptables payloaders**  
**Fuente:** Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013.

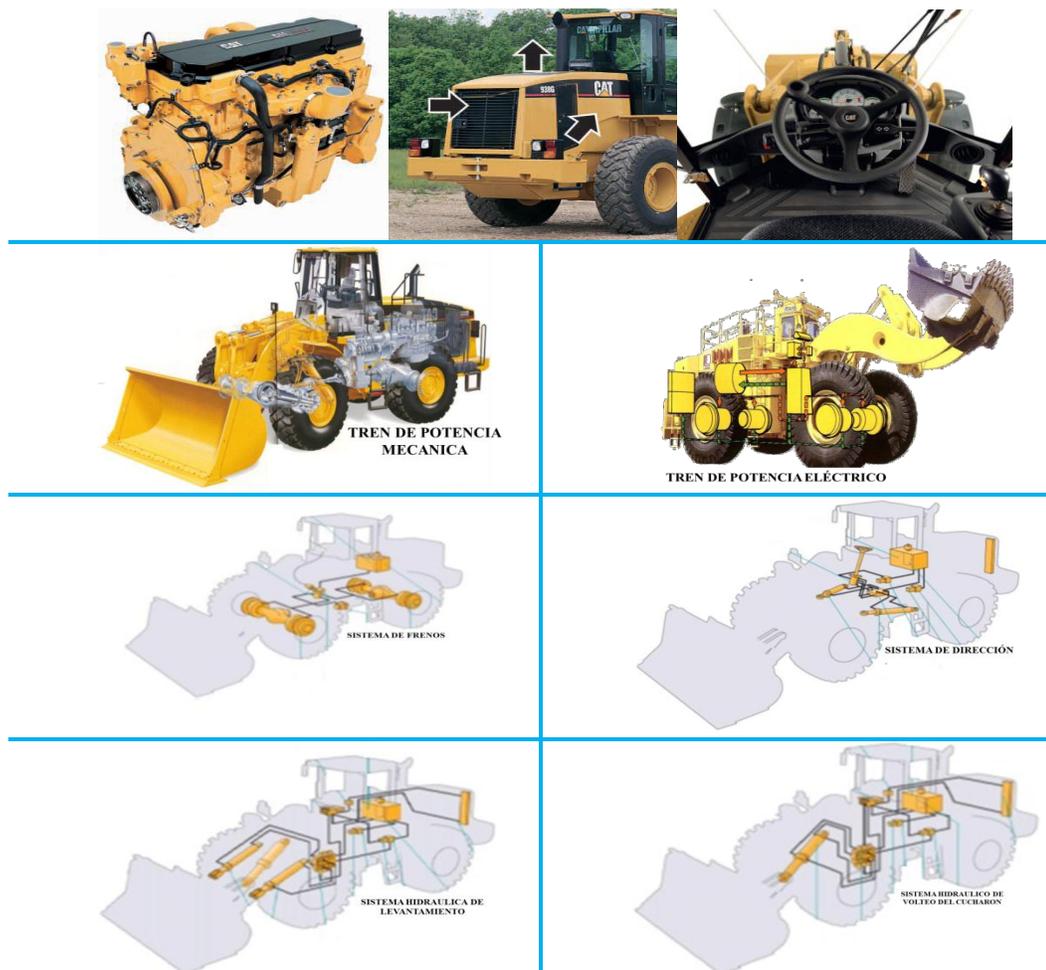
Estas maquinarias ofrecen a su vez fiabilidad, durabilidad, productividad, facilidad de servicio, versatilidad, comodidad para el operador, y dentro de su estructura cuentan con Motores de tecnología ACERT que permiten en conjunto, con un sistema electrónico integrado, actuar sobre los sistemas de admisión y de alimentación, para reducir las emisiones en el proceso de combustión.

Además cuenta con un Sistema hidráulico compuesto por Bomba hidráulica, Filtro de Aceite, Cilindros Hidráulicos, Cuerpo de válvulas, entre otros; que se encarga de aumentar la fuerza de operación de la maquinaria y del levantamiento y volteo del cucharón. Un Sistema de Rodamiento (Transmisión, Cardán, Diferencial, Cauchos, Freno de Conducción, Freno de Mano) que impulsa el movimiento.

Y un sistema integrado conocido como automotor que consta de tres subsistemas que representan parte importante de esta maquinaria, como lo son el

Sistema de Combustible (Inyectores, Tanque de combustión, Bomba de Inyección de Combustible, Bomba de Tránsito, Filtros), Sistema de Admisión y Escape (Filtro de aire, Turbocargador) y el Sistema de Refrigeración (Bomba de Agua, Radiador, Refrigerante, Termostato, Ventilador).

En la figura 2.7, se muestran las gráficas del motor estándar CAT, el sistema de ventilación, la cabina del operador y parte de los sistemas que componen la estructura de los payloaders.



**Figura 2.7. Estructura de un payloaders – sistemas**

**Fuente:** Manual de operación de cargador de ruedas del Prof. Tec. Robert Paul Orosco Bustinza

- Motoniveladora / Patrol: Dentro de sus funciones esta nivelar terrenos, hacer taludes, mezclar materiales, desgarrar materiales, entre otras. Las Motoniveladoras (ver fig. 2.8) son ideales para el mantenimiento de los caminos de acarreo, lo cual hace que la producción se incremente, y así los vehículos de acarreo circulen a mayor velocidad. Muchos proyectos de traslado de tierra requieren que la tierra final tenga un acabado preciso sin ondulaciones ni curvaturas.

Aunque un operador capacitado para manejar un tractor podría lograr resultados satisfactorios, la motoniveladora está diseñada específicamente para trabajos como perfilado, acabados, recorte de cimientos, recorte de superficies de sub-base en caminos y terraplenes, alisado de paredes en diques llenos de tierra y dar mantenimiento a caminos de acarreo.

El motor, la transmisión, la cabina de conductor y los controles están en la parte posterior del armazón. La transmisión puede ser de tipo embrague, convertidor de torsión o de tipo hidrostático. La transmisión necesita suministrar engranaje lento y poderoso para trabajo pesado o preciso, velocidad moderada para trabajo más ligero, poder viajar a velocidades hasta de 35 millas por hora y ser capaz de moverse en reversa.

Las máquinas modernas permiten al conductor trabajar sentado y aún ver claramente para maniobrar la cuchilla. La cuchilla opera de manera similar a la cuchilla del tractor, pero está colgada entre el eje frontal y los ejes posteriores en lugar de estar frente a la máquina. La cuchilla en máquinas modernas se opera hidráulicamente desde la cabina del conductor y se puede girar en un círculo de 360 grados. La cuchilla se puede mover un promedio de tres pies (90 cm.) de cada lado.

La mesa redonda que lleva la cuchilla se eleva, baja e inclina mediante dos brazos. Las ruedas del frente sujetan una viga puente larga de la cual cuelga la cuchilla. Algunos tipos tienen una viga que está unida con pivotes al armazón posterior para permitir un radio pequeño de vuelta y dar más maniobrabilidad, así como permitir un ángulo acodado.

En otros modelos, la conexión es rígida y la dirección sólo es posible a través del eje frontal. Este diseño permite a las ruedas apoyarse para resistir las cargas laterales y operar a diferentes profundidades para perfilar terraplenes. Las ruedas posteriores tienen accionamiento por dos poleas y están activadas a través de una transmisión de cambios.

Las uniones móviles y la mesa giratoria requieren de engrasado que resista la corrosión y el lavado por agua, que proporcione protección para cargas y fuerzas pesadas y que trabaje bien en diferentes condiciones ambientales. El sistema hidráulico requiere un fluido que proporcione protección contra corrosión y desgaste a los componentes hidráulicos críticos, que resista la oxidación para una vida de servicio más larga, que libere el aire arrastrado rápidamente e impedir depósitos de lodo y barniz. La transmisión debe lubricarse con lubricante con anti-desgaste que resista la degradación térmica.

Entre las funciones pueden destacar:

- Nivelar
- Esparcir el material descargado por los camiones y posterior nivelación
- Conformar
- Refino de explanadas
- Mezclar material.
- Excavación, reperfilado y conservación de las cunetas en la tierra

- Perfilado taludes
- Mantener vías de tierra ó grava



**Figura 2.8 Maquinaria pesada – motoniveladora o patrol.**  
**Fuente:** (Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013).

La motoniveladora es una de las máquinas más versátiles y se utilizan en numerosas aplicaciones en una amplia gama de industrias, entre las cuales se encuentran:

- Construcción pesada: construcción de autopistas, pavimentación/renovación de la capa superficial, construcción de aeropuertos, construcción de ferrocarriles, construcción de presas, mantenimiento de caminos.
- Proyectos de obras públicas: mantenimiento de carreteras, construcción de carreteras, apertura/limpieza de zanjas, limpieza de nieve.
- Construcción de edificios: construcción residencial, construcción comercial, construcción industrial, sistemas de agua y de oleoductos
- Minería: mantenimiento de caminos de acarreo, limpieza de nieve.

- Forestal: construcción de caminos de acceso, desarrollo de bosques, limpieza de nieve, mantenimiento de caminos de acarreo.

Las modernas Motoniveladoras son del tipo de bastidor articulado, lo cual permite operarlas de la manera siguiente:

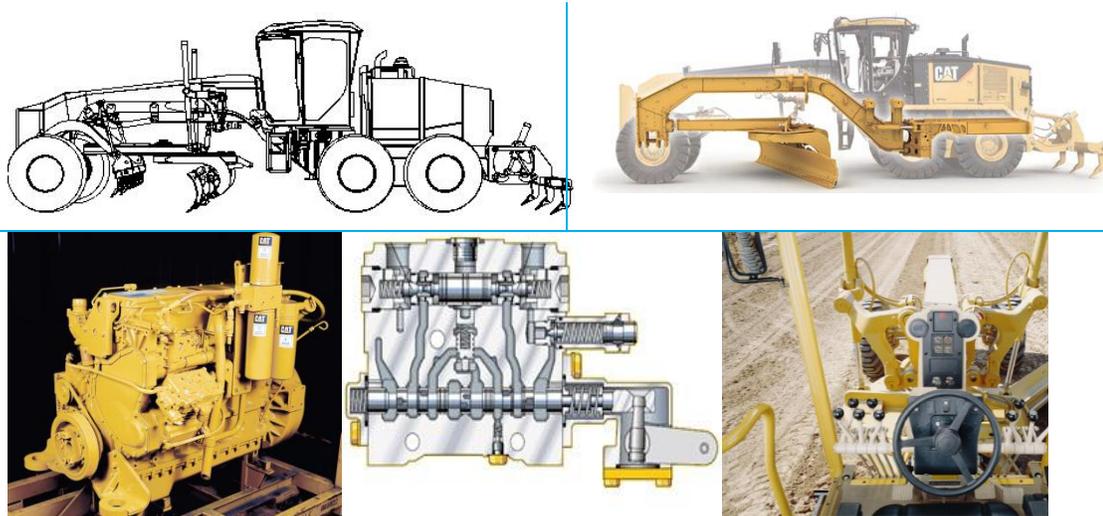
- Marcha en línea recta: es la técnica ideal para las pasadas largas con la hoja. El bastidor se coloca en línea recta para los virajes y se usan solamente las ruedas de adelante.
- Marcha con articulación: el bastidor se articula hasta 20 grados, las ruedas delanteras pueden girar un máximo de 50 grados y alcanzar un ladeo de 18 grados. Estas condiciones hacen que las maniobras sean más fáciles y en poco espacio, así como sus giros más rápidos al final de cada pasada.
- En posición acodillada: el bastidor se articula hasta 20 grados, las ruedas delanteras se mantienen paralelas a las del tándem, lo cual permite compensar la desviación lateral, así como mejorar la estabilidad al trabajar en laderas. (Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013).
- Esta maquinaria al igual que el cargador frontal o payloaders dependiendo al proceso productivo se le puede adaptar las siguientes herramientas:
- Las cantoneras de extremo de las vertederas: protegen el extremo de la vertedera del desgaste y los daños, y se recomiendan para todas las aplicaciones. (Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013).
- Las cantoneras revestidas: protegen los extremos de la cuchilla contra el desgaste excesivo en aplicaciones que causen que las

esquinas se desgasten primero. Las puntas de los desgarradores aumentan el procesamiento del material de superficie. También pueden ayudar a preparar las áreas de trabajo para los cargadores, camiones y otra maquinaria. (Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013).

- Las puntas de los desgarradores: incrementan el procesamiento del material de superficie. También pueden preparar las áreas de trabajo para los cargadores, camiones y otra maquinaria. (Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013).

Esta máquina consta dentro de su estructura de un sistema motor integrado por el block de motor, cigüeñal, carter, bomba de Aceite, bomba de alimentación de combustible, inyectores, entre otros, a su vez un sistema hidráulico (bomba hidráulica, filtro de aceite, mangueras-tuberías hidráulicas) encargado de dar fuerza de acción a toda la maquinaria, sistema eléctrico (batería, subsistema de arranque) responsable del encendido y activación de los sistemas de alerta, monitoreo y panel de control y un sistema denominado en la presente investigación como sistema de rodamiento compuesto por la transmisión, bomba de frenos, caliper, freno de mano, freno de conducción y cauchos; responsable de mantener en circulación la maquinaria y seguro al operador en cuanto a los frenos.

En la figura 2.9, se muestran figuras relacionadas con el motonivelador:



**Figura 2.9. Estructura de un motonivelador**

**Fuente:** Caterpillar 120H, Manual de partes y servicios caterpillar 1998

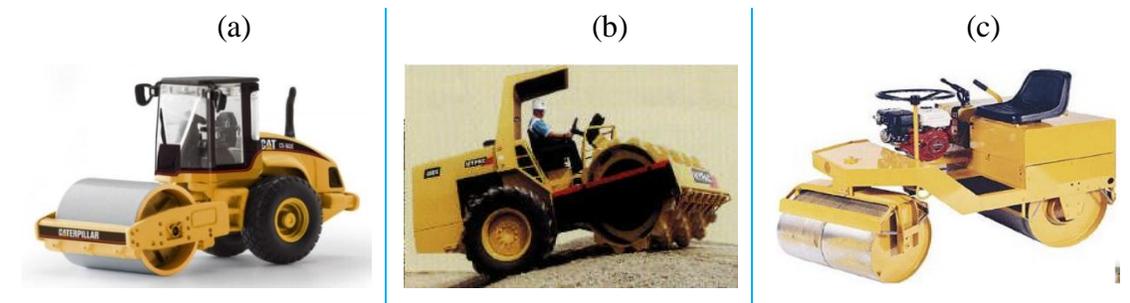
- Vibrocompactador / Compactador de suelo: La compactación de los materiales es una de las operaciones más delicadas e importantes en la construcción de una carretera o rellenos sanitarios, por lo tanto, es necesario contar con el equipo adecuado, según los materiales que se van a trabajar para obtener resultados satisfactorios que no repercutan en fallas en los trabajos, pérdidas de tiempo y por lo tanto elevación en los costos del proceso productivo.

Se le antepone el nombre vibro, porque utilizan un sistema de vibración del rodillo para mejor compactación. Es el medio mecánico que le imprime energía de compactación al suelo. Se sabe que la compactación depende de la energía de la misma, de su densidad seca, de su contenido de humedad y de la clase de suelo. De los factores anteriores, depende el número de pasadas que se debe hacer con el equipo.

Las Vibrocompactadoras pueden estar equipadas con un rodillo y dos neumáticos (ver Figura 2.10 (a)), o pueden tener dos neumáticos y un rodillo de piones llamado comúnmente de cabra (Figura 2.10 (b)), y también hay de dos

rodillos lisos (Figura 2.10 (c)); en algunos de los casos poseen una pequeña cuchilla que les permite limpiar el terreno para su fácil desplazamiento.

Las compactadoras también se emplean para compactar asfalto, con compactadoras que utilizan varios neumáticos que no tienen labor, es decir, que son lisos. Entre las funciones de la Vibrocompactadora, están: compactar tierra, aplanar tierra y asfalto.



**Figura 2.10. Maquinaria pesada – vibrocompactador y tipos**

**Fuente:** Caterpillar Compactadores de suelos/vibratorios, Manual de partes y servicios 2012.

Esta maquinaria encargada principalmente de compactar terrenos por su capacidad de vibración cuenta dentro de su estructura con un sistema de vibración el cual representa el más importante de la maquinaria por encargarse de ejecutar la finalidad con la que fue diseñada la misma, este sistema denominado sistema vibratorio lo componen los contrapesos excéntricos encapsulados cuya función es garantizar la máxima capacidad de compactación, su alta fuerza dinámica, permite conseguir la densidad de compactación deseada en el menor número de pasadas, facilitan la selección de la amplitud y aumentan la seguridad de funcionamiento del sistema, crean el desbalance que genera la vibración en el rodillo. A su vez como toda maquinaria cuenta con un motor (block de motor, bomba de alimentación de combustible, inyectores, bomba de aceite), un sistema hidráulico, el sistema de frenos, sistema eléctrico y un sistema de propulsión de bomba doble (bombas dobles de propulsión, motor impulsor de ruedas traseras,

motor impulsor del tambor) el cual es como un circuito que bomba-motor del tambor, bomba-motor del tambor.

En la figura 2.11, se muestran figuras relacionadas con el vibrocompactador / compactador de suelos , como el motor, el sistema de propulsión de bomba doble que es uno de los más importantes de esta maquinaria, el puesto del operador, el modo de ventilación y enfriamiento y la ilustración del sistema vibratorio ubicado en el tambor de la máquina.



**Figura 2.11. Estructura de un vibrocompactador**

**Fuente:** Caterpillar Compactadores de suelos/vibratorios, Manual de partes y servicios Caterpillar 2011.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

El propósito de este capítulo es describir y definir el conjunto de métodos herramientas, y procedimientos adecuados para llevar a cabo el diseño de planes de mantenimiento preventivo para las maquinarias pesadas pertenecientes a la empresa Constructora Comarfa C.A.

#### **3.1 Tipo de investigación**

El tipo de investigación que se utilizó fue de tipo descriptiva, puesto que a través de la misma se logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, señalar sus características y propiedades, además que la misma combinada con ciertos criterios de clasificación sirve para ordenar, agrupar o sintetizar los objetos involucrados en el trabajo indagatorio. Por lo antes expuesto este trabajo se estructuró como investigación descriptiva, ya que en él se detalló la problemática existente en cuestión de mantenimiento de las maquinarias pesadas de la empresa Comarfa C.A.

Arias, F (1999) señala que la Investigación Descriptiva “consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento” (p.20). Siguiendo este principio se efectuó una secuencia de pasos estructurados y organizados para definir los procedimientos seguidos en el departamento para aplicar mantenimiento a las máquinas con el fin de descubrir las deficiencia y debilidades que presentan actualmente las maquinarias pesadas pertenecientes a dicha empresa.

### **3.2 Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación fue de Campo, ya que la recolección de datos requeridos para el desarrollo del trabajo de grado, se obtuvo directamente del lugar de estudio. Investigación de Campo “consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna” (Arias, 1999, p.21).

Permitió visualizar y recolectar la información directamente de la realidad, el comportamiento y características de las maquinarias pesadas en estudio para el análisis de confiabilidad, y la información directa por parte del personal.

### **3.3 Población**

Según Tamayo y Tamayo M. (2004) el concepto de población se define de la siguiente manera:

Totalidad de un fenómeno de estudio, incluye la totalidad de unidades de análisis o entidades de población que integran dicho fenómeno y que deben cuantificarse para un determinado estudio integrando un conjunto N de entidades que participan de una determinada característica, y se le denomina población por constituir la totalidad del fenómeno adscrito a un estudio o investigación. (p.176).

A efectos de la esta investigación se tomó como población la formada por todos los trabajadores que están consistentemente a largo plazo directamente con las maquinarias en estudio como lo son operadores, supervisores, y mantenedores pertenecientes a la empresa Constructora Comarfa C.A., como se muestra a continuación (ver tabla 3.1).

**Tabla 3.1. Población de personas objeto de estudio**

<b>N° de Personas</b>	<b>Cargo</b>
01	Supervisor de Mantenimiento
01	Mantenedor
12	Operadores de Maquinas
<b>Total = 14 Personas</b>	

**Fuente:** El autor (2015)

### 3.4 Muestra

La muestra sirve para adquirir información de la población siguiendo un conjunto de cálculos matemáticos y estadísticos que van de la mano con los instrumentos de recolección de datos puesto que estos son lo que posteriormente se le aplicarán a la muestra seleccionada, siendo esta las maquinarias pesadas pertenecientes a la Empresa Constructora Comarfa C.A.

“Una muestra no es más que una parte del todo que llamamos universo y que sirve para representarlo.”(Sabino C., 2000, p.122).Siendo la población pequeña y finita, la muestra es igual a la población formada por el personal del sistema de moldeo.

### 3.5 Unidad de estudio

Se toma como unidades de estudio para el presente trabajo de investigación las maquinarias pesadas pertenecientes a la empresa Constructora Comarfa C.A.

**Tabla 3.2 Unidades de estudio**

<b>Cantidad</b>	<b>Nombre del Equipo</b>
04	Payloaders
04	Patrol / Motoniveladoras
04	Vibrocompactadora / Compactadoras de Suelo
<b>Total = 12 Maquinarias Pesadas</b>	

**Fuente:** El autor (2015)

### **3.6 Técnicas utilizadas**

En esta sección se describen todas y cada una de las herramientas utilizadas para el levantamiento de la información útil para del entendimiento y desarrollo de la investigación.

#### **3.6.1 Técnicas de investigación y recolección de datos**

Arias, F. (2006), dice que las técnicas de recolección de datos son: “las distintas formas o maneras de obtener la información. Son ejemplos de técnicas: la observación directa, la encuesta en sus dos modalidades: oral o escrita (cuestionario), la entrevista, el análisis documental, análisis de contenido, etc.” (p.111)

Por otra parte, Arias, F (op. cit), indica a que los instrumentos son: “los medios materiales que se emplean para recolectar y almacenar la información. Ejemplo: fichas, formatos de cuestionario, guía de entrevista, lista de cotejo, escalas de actitudes u opinión, grabador, cámara fotográfica o de vídeo, etc.” (p.111)

Considerando lo establecido por Arias F., las técnicas e instrumentos de recolección de datos para obtener la información necesaria y desarrollar la propuesta fueron:

##### **3.6.1.1 Revisión documental**

García (1999), en su libro Estructura lingüística de la Documentación, señala:

El Análisis Documental consiste en extraer las ideas centrales de un documento con el fin de disponerlo para su recuperación mediante representaciones sintéticas, a

través de una de estructura semántica de un fragmento de discurso de tal manera que las piezas resultantes puedan reconstruir potencialmente el mismo fragmento. (p.49).

El Análisis Documental fue necesario para extraer de los archivos electrónicos de la empresa objeto de estudio y para tener un mayor entendimiento con el sistema a estudiar en cuestión.

### **3.6.1.2 Observación directa**

Arias (2006), indica que:

La observación es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos (p.69).

Por lo tanto, se acudió al sitio en estudio para así visualizar el comportamiento de las maquinarias y del personal en general, con el fin de recopilar la información necesaria para la investigación. Además, se comprobó visualmente la existencia y los datos de cada equipo, con el fin de elaborar la lista de codificación y ubicación de máquinas y herramientas.

Los instrumentos que se usaron en dicha técnica son: diario de campo, libreta de notas, cámara fotográfica y grabadora.

### **3.6.1.3 Entrevistas no estructuradas**

Arias (2006), define a la entrevista como:

La entrevista, más que un simple interrogatorio, es una técnica basada en un diálogo o conversación “cara a cara”, entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida (p.73).

El uso de la entrevista no estructurada permitió obtener información general para describir las actividades de mantenimiento desarrolladas en la organización objeto de estudio.

### **3.7 Técnicas de análisis de información**

Herramientas cuantitativas para analizar un proceso específico Arias (2006), dice:

En este punto se describen las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos que se obtengan: clasificación, registro, tabulación y codificación si fuere el caso. También se definirán las técnicas lógicas (inducción, deducción, análisis-síntesis), o estadística (descriptivas o inferenciales), que serán empleadas para descifrar o que revelan los datos recolectados (p.111).

Las técnicas de análisis de información se utilizaron para el desarrollo de la investigación y se orientaron al estudio cualitativo y cuantitativo, las cuales permitieron deducir debidamente la problemática de acuerdo a soluciones.

#### **3.7.1 Fichas técnicas de los equipos**

En ellas se muestra toda la información que se adquiere de los equipos, sus características y especificaciones técnicas tales como: nombre, código, marca, modelo, entre otras, información sobre la cual opera, foto de la maquinaria y demás

observaciones adicionales. Al tener en la investigación tres (3) tipos de maquinaria pesada diferentes (Payloaders, Patrol/motoniveladora y Vibrocompactadora/ Compactadora de Suelos) con características distintas, los datos procesados serán asentados respectivamente en las siguientes tablas 3.3, 3.4, 3.5, las cuales se muestra a continuación.

Tabla 3.3. Formato de ficha técnica para payloaders

<b>INFORMACIÓN TÉCNICA</b>		
<b><u>PAYLOADERS</u></b>		
<b>FICHA/HOJA:</b>		
<b>Nombre:</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
<b>Marca:</b>		
<b>Modelo:</b>		
<b>Serial:</b>		
<b>Año de Adquisición:</b>		
<b>Codificación:</b>		
<b>Ubicación:</b>		
<b>ESPECIFICACIONES DE LA MAQUINARIA</b>		
<b>Peso de Trabajo:</b>		
<b>Sistema de Alimentación:</b>		
<b>Fabricación del Motor:</b>		
<b>Modelo de motor:</b>		
<b>Neum. Estándar:</b>		
<b>Rendim. Motor:</b>		
<b>Cilindrada:</b>		
<b>Lubricantes utilizados:</b>		
<b>Capac. Del tanque de combustible:</b>		
<b>Capac. Del tanque hidráulico:</b>		
<b>Capac. del sistema hidráulico (incluyendo el tanque):</b>		
<b>Ancho pala:</b>		
<b>Capacidad pala:</b>		
<b>Tipo de Dirección:</b>		
<b>Revoluciones:</b>		
<b>Velocidad:</b>		
<b>Potencia elevación:</b>		
<b>CONDICIONES GENERALES</b>		
<b>Situación Actual:</b>		
<b>Actividad:</b>		
<b>Realizado por:</b>		<b>Fecha:</b>
<b>Revisado por:</b>		<b>Fecha:</b>
<b>Aprobado por:</b>		<b>Fecha:</b>

Fuente: Equipo natural de trabajo (2015)

Tabla 3.4. Formato de ficha técnica para patrol/motoniveladora

<b>INFORMACIÓN TÉCNICA</b> <b><u>MOTONIVELADOR / PATROL</u></b>		 <b>CONSTRUCTORA COMANA C.A.</b> <small>RIF: J - 08036027 - 3 Cantaura - Anzoátegui</small>
<b>FICHA/HOJA:</b>		
<b>Nombre:</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
<b>Marca:</b>		
<b>Modelo:</b>		
<b>Serial:</b>		
<b>Año de Adquisición:</b>		
<b>Codificación:</b>		
<b>Ubicación:</b>		
<b>ESPECIFICACIONES DE LA MAQUINARIA</b>		
<b>Motor:</b>		
<b>Potencia neta:</b>		
<b>Numero de cilindros:</b>		
<b>Sistema eléctrico</b>		
<b>Cabina:</b>		
<b>Bastidor:</b>		
<b>Longitud total:</b>		
<b>Velocidad máxima avance :</b>		
<b>Velocidad máxima retroceso:</b>		
<b>Neumáticos del. y Traseros:</b>		
<b>Sistema Eléctrico:</b>		
<b>Transmisión:</b>		
<b>Capacidad Tanque Combustible :</b>		
<b>Capacidad Sistema Hidráulico:</b>		
<b>Cuchillas:</b>		
<b>Escarificador:</b>		
<b>Peso operativo:</b>		
<b>CONDICIONES GENERALES</b>		
<b>Situación Actual:</b>		
<b>Actividad:</b>		
<b>Realizado por:</b>		<b>Fecha:</b>
<b>Revisado por:</b>		<b>Fecha:</b>
<b>Aprobado por:</b>		<b>Fecha:</b>

Fuente: Equipo natural de trabajo (2015)

**Tabla 3.5. Formato de Ficha técnica para vibrocompactadora/compactadora de suelos**

<b>INFORMACIÓN TÉCNICA</b>		 <b>CONSTRUCTORA COMARCA C.A.</b> <small>RIF: J - 08036027 - 3 Cantaura - Anzoátegui</small>
<b><u>VIBROCOMPACTADOR DE SUELO</u></b>		
<b>FICHA/HOJA:</b>		
<b>Nombre:</b>		<b>FOTOGRAFÍA</b>
<b>Marca:</b>		
<b>Modelo:</b>		
<b>Serial:</b>		
<b>Año de Adquisición:</b>		
<b>Codificación:</b>		
<b>Ubicación:</b>		
<b>ESPECIFICACIONES DE LA MAQUINARIA</b>		
<b>Motor</b>		
<b>Potencia Bruta</b>		
<b>Potencia neta</b>		
<b>Calibre</b>		
<b>Carrera</b>		
<b>Peso en orden de trabajo con ROPS/FOPS</b>		
<b>Ancho del Tambor</b>		
<b>Velocidad de Desplazamiento (Máxima)</b>		
<b>Medida de los neumáticos - Tracción de calificación 6</b>		
<b>Tanque de Combustible</b>		
<b>Frecuencia Vibratoria</b>		
<b>CONDICIONES GENERALES</b>		
<b>Situación Actual:</b>		
<b>Actividad:</b>		
<b>Realizado por:</b>		<b>Fecha:</b>
<b>Revisado por:</b>		<b>Fecha:</b>
<b>Aprobado por:</b>		<b>Fecha:</b>

**Fuente:** Equipo natural de trabajo (2015)

### 3.7.2 Diagrama de flujo

El diagrama de flujo o diagrama de actividades es la representación gráfica de un algoritmo o proceso. Representa los flujos de trabajo paso a paso, muestra el flujo de control general.



### **3.7.3 Análisis de criticidad PDVSA**

Es una técnica que permitió analizar e identificar en niveles de importancia las maquinarias pesadas en evaluación pertenecientes a la empresa Constructora Comarfa C.A., en función de su impacto global, tomando en cuenta los siguientes factores: cantidad de fallas, tiempo fuera de servicio, impacto en la producción, costos de producción (operacionales y de mantenimiento) y seguridad de personal, equipos, y/o ambiente.

Es una metodología que permite evaluar sistemas, entendiéndose como sistemas, los equipos o maquinarias, conjunto de equipos o partes de equipos que se quieren evaluar o jerarquizar sus componentes para la toma de decisiones, basados en la frecuencia de fallas y las consecuencias de las mismas.

El análisis de criticidad da respuesta a estas interrogantes, dado que genera una lista ponderada desde el elemento más crítico hasta el menos crítico del total del universo analizado, diferenciando cuatro zonas de clasificación: muy crítico, crítico, semi-crítico y no crítico. Una vez identificadas estas zonas de criticidad, es mucho más fácil diseñar estrategias, para realizar estudios o proyectos que mejoren la confiabilidad operacional. Los criterios para realizar un análisis de criticidad están asociados con: seguridad, ambiente, producción, costos de operación y mantenimiento, frecuencia de fallas y tiempo de reparación principalmente. Estos criterios se relacionan con una ecuación matemática, que genera puntuación para cada elemento evaluado. La lista generada, resultado de un trabajo en equipo, permite nivelar y homologar criterios para establecer prioridades y focalizar el esfuerzo que garantice el éxito maximizando la rentabilidad.

La metodología PDVSA E & P Occidente 2002 para la realización del Análisis de Criticidad cuenta con un la utilización de un formato para realizar encuestas, una tabla de ponderaciones y la ecuación matemática de criticidad.

La ecuación de criticidad vista desde un punto matemático se presenta a continuación:

**Tabla 3.7 Ecuación matemática para calcular la criticidad**

$$\text{Criticidad} = \text{frecuencia de falla} \times \text{consecuencia}$$

Siendo: consecuencia = a + b

a = costo reparación+ impacto seguridad personal+ impacto ambiental+ impacto satisfacción cliente.

b = impacto en la producción × Tiempo promedio para reparar MTTR.

**Fuente:** PDVSA E & P Occidente 2002

Para conocer estos valores y poder hallar el valor de la criticidad se realiza una encuesta compuesta por siete (7) preguntas. Cada pregunta tiene una serie de respuestas con una ponderación diferente, esta ponderación se presenta en una tabla de ponderaciones y le asigna un valor específico a cada parámetro dependiendo de las características del equipo a evaluar.

Los criterios o parámetros que se evalúan a través de la metodología de PDVSA E & P Occidente 2002 para la elaboración de las encuestas, las tablas de ponderación y el cálculo de los valores de criticidad son los siguientes:

- Frecuencia de Fallas. Representa las veces que falla cualquier componente del sistema que produzca la pérdida de su función, es decir, que implique una parada, en un periodo de un año.

- **Tiempo Promedio para Reparar.** Es el tiempo promedio por día empleado para reparar la falla, se considera desde que el equipo pierde su función hasta que esté disponible para cumplirla nuevamente.
- **Impacto en la Producción.** Representa la producción aproximada porcentualmente que se deja de obtener (por día), debido a fallas ocurridas (diferimiento de la producción). Se define como la consecuencia inmediata de la ocurrencia de la falla, que puede representar un paro total o parcial de los equipos del sistema estudiado y al mismo tiempo el paro del proceso productivo de la unidad.
- **Costo de Reparación.** Se refiere al costo promedio por falla requerido para restituir el equipo a condiciones óptimas de funcionamiento, incluye labor, materiales y transporte.
- **Impacto en la Seguridad Personal.** Representa la posibilidad de que sucedan eventos no deseados que ocasionen daños a equipos e instalaciones y en los cuales alguna persona pueda o no resultar lesionada.
- **Impacto Ambiental.** Representa la posibilidad de que sucedan eventos no deseados que ocasionen daños a equipos e instalaciones produciendo la violación de cualquier regulación ambiental, además de ocasionar daños a otras instalaciones.
- **Impacto Satisfacción al Cliente.** En él se evalúa el impacto que la ocurrencia de una falla afectaría a las expectativas del cliente. En este caso se considera cliente a quienes se les suministran los servicios.

A continuación se presenta la Tabla 3.8, donde se observan los factores anteriormente mencionados con sus respectivas ponderaciones a evaluar por esta metodología:

**Tabla 3.8. Ponderación de los parámetros del análisis de criticidad.**

 	
<b>PONDERACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD</b>	
<b>1. FRECUENCIA DE FALLA ( Todo tipo de falla)</b>	<b>Puntaje</b>
No más de 1 por año	1
Entre 2 y 15 por año	2
Entre 16 y 30 por año	3
Entre 31 y Más de 50 por año ( Más de una parada semanal)	4
<b>2. TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)</b>	<b>Puntaje</b>
Menos de 4 horas	1
Entre 4 y 8 horas	2
Entre 8 y 24 horas	3
Entre 24 y 48 horas	4
Más de 48 horas	5
<b>3. IMPACTO SOBRE LA PRODUCCIÓN (Proceso Productivo)</b>	<b>Puntaje</b>
0 – 25%	1
26 – 50%	2
51 – 75%	3
76 –100%	4
<b>4. COSTO DEREPARACIÓN</b>	<b>Puntaje</b>
Menos de 5 Mil Bolívares	1
Entre 5 mil y 15 Mil Bolívares	2
Entre 16 mil y 35 Mil Bolívares	3
Entre 36 mil y 50 Mil Bolívares	4
Mas de 50 Mil Bolívares	5
<b>5. IMPACTO AMBIENTAL (DAÑOS A TERCEROS)</b>	<b>Puntaje</b>
Sin Daños	1
Daños Menores	2
Daños al Ambiente	3
Daños a las Instalaciones	4
Daños Directos al personal	5
<b>6. IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL (Cualquier daño, fatalidad)</b>	<b>Puntaje</b>
No origina heridas ni lesiones	1
Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes	2
Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días	3
Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente	4
<b>7. IMPACTO SATISFACCIÓN DEL CLIENTE</b>	<b>Puntaje</b>
No ocasiona pérdidas económicas ni retraso en el proceso productivo	1
Puede ocasionar pérdidas económicas menores de 36 Mil Bolívares por 4 horas de retraso	2
Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 70 Mil bolívares por 8 horas de retraso	3
Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 105 Mil Bolívares por 12 horas de retraso	4

**Fuente:** PDVSA E & P Occidente 2002.

Los datos que se requieren para los cálculos de la ecuación matemática de criticidad mostrada anteriormente, son obtenidos mediante la encuesta que se presenta en la siguiente tabla 3.9.:

**Tabla 3.9. Formato para encuesta análisis de criticidad**  
***FORMATO PARA ENCUESTA ANALISIS DE CRITICIDAD***

Nombre y Apellido _____			
Cargo _____			
Maquinaria _____			
<b>1. Frecuencia de Falla (Todo Tipo de Falla)</b>		<b>2. Tiempo Promedio para Reparar. MTTR</b>	
	No más de 1 por año		Menos de 4 horas
	Entre 2 y 15 por año		Entre 4 y 8 horas
	Entre 16 y 30 por año		Entre 8 y 24 horas
	Entre 31 y Más de 50 por año (Más de una parada semanal)		Entre 24 y 48 horas
			Más de 48 horas
<b>3. Impacto sobre la producción</b>		<b>4. Costo de Reparación</b>	
	0 – 25%		Menos de 5 Mil Bolívars
	26 – 50%		Entre 5 mil y 15 Mil Bolívars
	51 – 75%		Entre 16 mil y 35 Mil Bolívars
	76 – 100%		Entre 36 mil y 50 Mil Bolívars
			Más de 50 mil Bolívars
<b>5. Impacto ambiental (Daños a tercero)</b>			
	Sin Daños		
	Daños Menores		
	Daños al Ambiente		
	Daños a Instalaciones		
	Daños Directos al Personal		
<b>6. Impacto en salud y seguridad personal (Cualquier daño, fatalidad)</b>			
	No origina heridas ni lesiones		
	Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes		
	Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días		
	Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente		
<b>7. Impacto en satisfacción cliente.</b>			
	No ocasiona pérdidas económicas ni retraso en el proceso productivo		
	Puede ocasionar perdidas económicas menores de 36 Mil Bolívars por 4 horas de retraso		
	Puede ocasionar perdidas económicas mayores de 70 Mil bolívars por 8 horas de retraso		
	Puede ocasionar perdidas económicas mayores de 105 Mil Bolívars por 12 horas de retraso		

**Fuente:** PDVSA E & P Occidente 2002.

- Cálculo de Criticidad

Se procedió a aplicar la guía de evaluación para obtener el índice de criticidad de las maquinarias pesadas, usando la ecuación matemática de criticidad. Los criterios o parámetros que se evaluaron corresponden a la metodología de PDVSA E & P Occidente 2002. Los integrantes del equipo natural de trabajo ponderaron cada criterio de evaluación para las maquinarias a evaluar.

Para la realización del cálculo del índice de criticidad y para el registro de los datos se diseñó una hoja de cálculo en el programa Microsoft Office Excel 2010, para agilizar el proceso de obtención del índice de criticidad, el cual mostrara el resultado promedio de la frecuencia y las consecuencias para su posterior jerarquización en la Matriz de Criticidad. Esta hoja de cálculo a su vez mostrara el Índice de Criticidad total arrojado por la ecuación aplicada a cada maquinaria.

- Hoja de Cálculo de Criticidad

Los datos obtenidos en las encuestas que se realizaran al supervisor de mantenimiento, al mantenedor y al operador asignado de cada maquinaria, serán asentados en una hoja programada de cálculo que se puede observar en la tabla 3.10.

**Tabla 3.10. Hoja programada de cálculo de criticidad**

HOJA PROGRAMADA DE CALCULO DE CRITICIDAD



**CONSTRUCTORA COMERA C.A.**  
RIF: J - 08036027 - 3  
Cantaura - Anzoátegui

MAQUINARIA PESADA: \_\_\_\_\_ Código: \_\_\_\_\_

ENCUESTADOS	FRECUENCIA	CR	ISSP	IA	ISC	IP	MTR	
TOTAL PROMEDIO								CRITICIDAD

FRECUENCIA	CONSECUENCIA	<p style="text-align: center;"><b>LEYENDA</b></p> <p>CR: Costo de Reparacion.  ISSP: Impacto en Salud y Seguridad Personal.  IA: Impacto Ambiental.  ISC: Impacto Satisfacción del Cliente.  IP: Impacto Sobre la Produccion.  MTR: Tiempo Promedio para Reparar</p>
------------	--------------	--

**Fuente:** El autor (2015)

Posterior al cálculo por separado de cada maquinaria los resultados obtenidos serán vaciados en la siguiente tabla

**Tabla 3.11. Matriz de información**

Maquinas Pesadas	Frecuencia de Falla	Consecuencia de Fallas							Nivel de Criticidad
		Costo de Reparación	Impacto a la seguridad	Impacto Ambiental	Impacto Satisfacción cliente	Impacto en la producción	MTT R	Total de Consecuencia	

**Fuente:** El autor (2015)

Una vez obtenidas las encuestas, hechos los cálculos de los factores a evaluar en cada maquinaria por separado y plasmados en la matriz de información, se procede a llenar la planilla de criticidad para poder obtener el valor y nivel de criticidad de cada maquinaria en estudio, ver tabla 3.12.

**Tabla 3.12. Planilla de criticidad**

Maquinas Pesadas	Frecuencia de Falla	Consecuencia de Fallas							Nivel de Criticidad	Frecuencia vs. consecuencia	Jerarquización
		Costo de Reparación	Impacto a la seguridad	Impacto Ambiental	Impacto Satisfacción Cliente	Impacto en la producción	MTT R	Total de Consecuencia			

**Fuente:** El autor (2015)

Luego la información proveniente de la planilla de criticidad es analizada y sintetizada para plasmarla de manera directa en la matriz de criticidad, donde se reflejan los rangos definidos y de esa manera especificar si la maquinaria presenta un nivel muy crítico, crítico, semi-crítico o no crítico. En esta matriz se encuentra ubicada en el eje vertical la Frecuencia y en el eje horizontal la Consecuencia, el valor de estas variables las podemos conseguir en nuestra planilla de criticidad, solo restaría interceptar estos valores en la matriz para así poder obtener el rango de criticidad de cada maquinaria, ver figura 3.1.

F R E C U E N C I A	4	SC	C	C	MC	MC
	3	SC	SC	C	MC	MC
	2	NC	NC	SC	C	C
	1	NC	NC	SC	SC	C
		8	16	24	32	40

**CONSECUENCIAS**

**Leyenda:**  
MC: Muy Crítico  
C: Crítico  
SC: Semi-Crítico  
NC: No Crítico

**Figura 3.1. Matriz de criticidad**  
Fuente: El autor (2015)

### 3.7.4 Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad

Smith, A. (1992) esta técnica es:

La fuente principal del desarrollo de la investigación, se fundamenta en un análisis sistemático, objetivo y documentado del problema. Se encarga de estudiar a profundidad los equipos, con el fin de ir trabajando con el problema hasta obtener la solución final (p.246).

Los estudios de esta metodología se dividen en dos técnicas: el AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Fallas) y el ALD (Árbol Lógico de decisiones), la primera para estudiar el problema mediante la función, las fallas, los modos y los efecto de las fallas de los equipos, mientras que la segunda busca detectar las acciones necesarias para resolver los inconvenientes.

### 3.7.5 Análisis modo efecto falla (AMEF)

El Análisis de modos y efectos de fallas potenciales, AMEF, es un proceso sistemático para la identificación de las fallas potenciales del diseño de un producto o

de un proceso antes de que éstas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas.

Esta técnica tiene como objetivo principal reconocer y mantener en claro cuáles son los componentes o elementos que podrían o han generado una falla parcial o total del sistema de mecanizado, resaltando los puntos críticos con el fin de eliminarlos o establecer un sistema preventivo (medidas correctoras) para evitar su aparición y minimizar sus consecuencias, con lo que se pueda convertir en un riguroso procedimiento de detección de efectos potenciales, si se aplica de una manera sistemática.

Duffuaa, S. (2002) lo explica como:

El Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) es una técnica empleada para cuantificar y clasificar las fallas críticas en el diseño del producto o el proceso. Comprende la identificación de todas las características funcionales y secundarias. Así, para cada característica, el AMEF identifica una lista de fallas potenciales y su impacto en el desempeño global del producto. Asimismo, se estima la probabilidad y severidad de la falla (problema). (p.270).

Según el autor, esta técnica permite estudiar cada componente de un sistema y saber cómo fallaría, la probabilidad de la falla y efecto en la función del sistema.

- Hoja de Información de MCC

En una hoja de información es asentada todos los datos adquiridos de la aplicación de las cuatro primeras preguntas básicas del MCC, es decir, funciones, fallas funcionales, modos de fallas y efectos de fallas, consolidándose en una tabla la

cual contiene información acerca de la maquinaria y el componente al cual se le está aplicando dicho análisis, su estructura se muestra en la siguiente tabla 3.13.

**Tabla 3.13. Formato de la hoja de información MCC – AMEF.**

					
<b>HOJA DE INFORMACIÓN DEL MCC – AMEF</b>					
<b>MAQUINARIA:</b>		<b>SISTEMA:</b>		<b>PAG.:</b>	
<b>REALIZADO POR: Equipo Natural de Trabajo</b>			<b>FECHA:</b>	<b>REVISADO POR:</b>	
<b>N°</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>N°</b>	<b>FALLA FUNCIONAL</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFECTOS DE FALLA</b>

**Fuente:** El autor (2015)

### 3.7.6Árbol lógico de decisiones (ALD)

Los árboles de decisión son normalmente construidos a partir de la descripción de la narrativa de un problema. Ellos proveen una visión gráfica de la toma de decisión necesaria, especifican las variables que son evaluadas, qué acciones deben ser tomadas y el orden en la cual la toma de decisión será efectuada. Cada vez que se ejecuta un árbol de decisión, solo un camino será seguido dependiendo del valor actual de la variable evaluada.

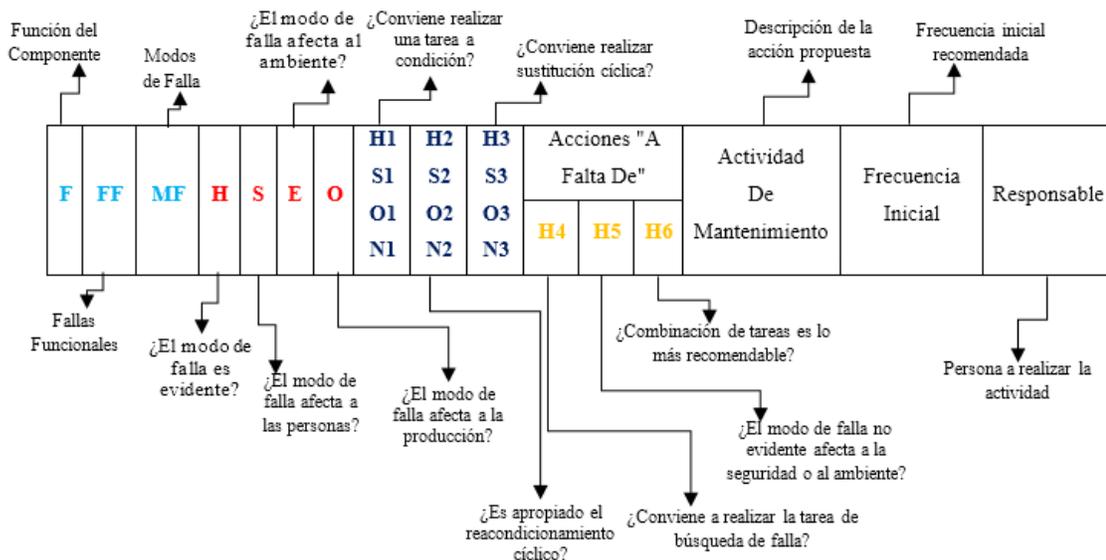
Según Franco, J. (2006):

Es el que permite establecer a través de un flujograma las actividades de mantenimiento a realizar sus resultados son vaciados en un planilla de decisiones donde se registra de manera resumida toda la información del AMEF lista para complementar al plan preventivo (p.232).

Ayuda también a seleccionar la tarea de mantenimiento más adecuada para evitar la ocurrencia de cada modo y efecto de falla. Da respuesta a las tres últimas preguntas básicas del MCC, basándose en el flujograma de preguntas. El tipo de pregunta busca jerarquizar las actividades.

- Criterios de la Planilla de Decisión

Para realizar la evaluación del árbol lógico de decisiones con el fin de establecer las actividades de mantenimiento preventivo de los modos de falla encontrados en el AMEF se tomaron en cuenta los siguientes criterios de decisión mostrados en la figura 3.2.



**Figura 3.2. Descripción de las características de la hoja de decisión utilizada**  
**Fuente:** El autor (2015)

- Hoja de Decisión

Para asentar los datos reflejados por el flujograma de preguntas, se diseñó una hoja de decisión, basada en la plantilla de trabajo de decisión del MCC, donde se

tomaron en cuenta los criterios anteriormente mencionados, resumiéndose en la siguiente tabla (ver tabla 3.14).

**Tabla 3.14. Formato de la hoja de decisión – ALD.**

 <b>HOJA DE DECISIONES</b> 															
MAQUINARIA:				SISTEMA:				PAG.:							
REALIZADO POR: Equipo Natural de Trabajo						FECHA:		REVISADO POR:							
F	FF	MF	H	S	E	O	H1	H2	H3	Acciones "A Falta De"			Actividad De Mantenimiento	Frecuencia Inicial	Responsable
							S1	S2	S3						
							O1	O2	O3	H4	H5	H6			
							N1	N2	N3						

**Fuente:** El autor (2015)

El procedimiento para evaluar la hoja de decisión del Árbol Lógico de Decisiones (ALD) se realizó una vez que el AMEF fue aplicado, conjuntamente con el equipo natural de trabajo, se procedió a seleccionar el tipo de actividad de mantenimiento que ayude a prevenir y disminuir cada uno de los modos de fallas y sus posibles efectos a partir del Árbol Lógico de Decisiones mostrado anteriormente en la figura 2.1; luego de especificar el equipo se procede a indicar el tipo de actividad de mantenimiento a realizar, la frecuencia en base a un año de gestión y el responsable de la actividad.

### 3.8 Procedimiento metodológico para la consecución de los objetivos



**Figura 3.3 Etapas para desarrollar la investigación propuesta.**  
Fuente: El autor (2015)

#### 3.8.1 Descripción del contexto operacional de las maquinarias pesadas pertenecientes a la empresa Constructora Comarfa C.A.

Para alcanzar esta etapa se realizó la recolección de información proveniente de las diversas maquinarias a ser estudiadas, haciendo uso de la observación directa y entrevistas no estructuradas realizadas al personal que labora en la empresa se pudo constatar el estado físico y operativo de las Maquinarias Pesadas que posee la misma para determinar en qué condiciones estaban. Información que sirvió de sustento teórico para la investigación. Se procedió a describir el contexto operacional de las maquinarias pesadas (Payloaders, Motoniveladoras y Compactadora de suelos), con ayuda del personal de mantenimiento del área se logró conocer las condiciones en las que son utilizadas, su grado de deterioro, todo esto permitió establecer las premisas

acerca del estado de conservación de las mismas, lo cual sirvió de apoyo para el desarrollo de cada una de las etapas necesarias para la creación e implantación de los planes de mantenimiento preventivo, los cuales se adecuaron al contexto operacional determinado en esta etapa. Para todo esto se elaboraron fichas técnicas de cada maquinaria (ver fichas en técnicas de análisis de información, p.63) con el fin de mostrar tanto sus especificaciones de diseño como de operación.

### **3.8.2 Jerarquización las maquinarias pesadas en estudio mediante un análisis de criticidad usando la metodología de PDVSA E & P Occidente 2002.**

En esta etapa mediante la recolección de información realizada en la etapa anterior acerca de las Maquinarias Pesadas, se realizó un análisis de criticidad usando la metodología de PDVSA E & P Occidente 2002 clasificándolas según su estado de criticidad. Para ello se aplicó la encuesta de análisis de criticidad establecida por la metodología al supervisor de mantenimiento, al mantenedor y a los doce (12) operadores asignados por cada maquinarias, con un total de catorce (14) personas encuestadas, se evaluaron factores como Frecuencia de Fallas, Nivel de Producción, Tiempo Promedio para Reparar, Impacto en la Producción, Costo de Reparación, Impacto en la Seguridad Personal, Impacto Ambiental e Impacto Satisfacción al Cliente, cada uno de estos con una ponderación establecida también por el método (ver técnicas de análisis de información, p.67). Los datos arrojados por la encuesta basados en la ponderación de la misma, fueron calculados mediante la ecuación de la Metodología y posteriormente ubicados en la matriz de criticidad, por último se procedió a jerarquizar las maquinarias pesadas críticas, para así enfocar los esfuerzos tanto económicos como humanos en dichos equipos críticos.

### **3.8.3 Análisis los modos efectos y fallas (AMEF) de las maquinarias pesadas que resulten críticas.**

Para el desarrollo de esta etapa luego de identificar las Maquinarias Pesadas con altos niveles de criticidad, fueron sometidas al análisis de modos de fallas mediante la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC). Para dicho análisis se aplicó la herramienta de confiabilidad AMEF (Análisis de Modos y Efectos de Fallas), el cual es un formato donde se muestran los componentes de cada uno de los equipos en estudio con su función y se determinan sus fallas funcionales, modos de fallas y los efectos de las mismas sobre el proceso productivo de la empresa. El análisis de modos y efectos de fallas fue realizado con base al conocimiento y experiencia de los integrantes del Equipo Natural de Trabajo siendo estos los mayores contribuyentes al valor de la empresa.

Para el análisis se diseñó una hoja o formato de información para asentar los datos sobre las funciones, fallas funcionales, modos y efectos de fallas de las maquinarias estudiadas.

### **3.8.4 Establecimiento de las actividades de mantenimiento preventivo a los modos de fallas de las maquinarias pesadas críticas a través del árbol lógico de decisiones (ALD).**

Para el establecimiento de las actividades de mantenimiento más adecuadas para atacar cada modo de fallo en las maquinarias pesadas críticas en estudio, se aplicó el Árbol Lógico de Decisiones, que es un flujograma de preguntas basado en el diagrama de decisión de la norma SAE JA 1012, a través del cual se analizaron los modos de fallos, de acuerdo a las consecuencias de los mismos en el entorno donde operan.

Las interrogantes que propone el diagrama, fueron resueltas mediante las opiniones del personal de mantenimiento en conjunto con el Equipo Natural de Trabajo (ENT). El estudio consistió en analizar cada modo de fallo mediante el flujograma hasta obtener una respuesta determinante y así determinar la acción de mantenimiento a implementar.

Se diseñó una hoja de decisión para asentar los datos obtenidos del flujograma de preguntas (ver técnicas de análisis de información, p.77), en dicha hoja se puede asentar la información sobre el tipo de actividad de mantenimiento a implementar, la frecuencia de ejecución y el departamento ejecutor, entre otros.

### **3.8.5 Elaboración de los planes de mantenimiento preventivo para las maquinarias pesadas críticas.**

Una vez aplicado el AMEF y ALD, se procedió a seleccionar y asentar de manera ordenada las actividades o tareas de mantenimiento a aplicar a las maquinarias críticas estudiadas, indicando la fuerza laboral necesaria para la realización de cada actividad de mantenimiento, las horas hombre H-H requeridas necesarias para llevar a cabo dicha actividad y la frecuencia programada para el mantenimiento que está proyectada a 52 semanas que dan un total de doce meses, lo que es el equivalente a un año regular.

Para registrar la información de los planes de mantenimiento se diseñó un formato bajo la norma ISO 9000 en el cual se muestra el logo de la empresa Constructora Comarfa C.A., nombre del documento, número de revisión, fecha, número de páginas y la información respectiva sobre la elaboración, revisión y aprobación, información distribuida en el encabezado y pie de página del formato.

Para las maquinarias que guardan similitud en su estructura y funcionamiento, se diseñó un plan de mantenimiento preventivo común, pudiendo variar solo la programación para la ejecución de las actividades.

## **CAPITULO IV**

### **ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS**

En el presente capítulo se presentan de forma adecuada los resultados y análisis de los objetivos especificados en el capítulo I, que son necesarios para el diseño de planes de mantenimiento preventivo basados en la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad para las maquinarias pesadas pertenecientes a la empresa Constructora COMARFA C.A., ubicada en el Municipio Pedro María Freites del Estado Anzoátegui.

#### **4.1 Descripción del contexto operacional de las maquinarias pesadas pertenecientes a la empresa constructora Comarfa C.A.**

A continuación se muestran los resultados obtenidos de la descripción del contexto operacional de las maquinarias pesadas pertenecientes a la empresa constructora Comarfa C.A. de Cantaura, Municipio Freites, Estado Anzoátegui.

##### **4.1.1 Procedimiento actual de mantenimiento llevado a cabo en la empresa Constructora COMARFA C.A.**

La empresa Constructora Comarfa C.A cuenta con doce (12) maquinarias pesadas de las cuales cuatro (04) son payloaders, cuatro (04) patrol y cuatro vibrocompactadoras, y las actividades ejecutadas en el Departamento de Mantenimiento son llevadas a cabo de la siguiente manera: El mantenimiento aplicado a las maquinarias pesadas es completamente correctivo, se realiza cuando se presenta una falla, se traslada el mantenedor o mecánico al lugar donde se encuentre la maquinaria, detecta la falla y si no requiere cambio de repuesto, procede a la reparación, si por lo contrario la falla amerita de repuesto el mismo es solicitado y

trasladado al lugar donde se encuentra la maquinaria para continuar el proceso de mantenimiento correctivo.

Si la parada de la maquinaria se realiza por una falla de gran magnitud luego que el mantenedor hace la revisión y la misma amerita un mantenimiento más minucioso, es trasladada al taller para la reparación.

Mantenimiento correctivo: como se indicó en el marco teórico, este término se refiere a todas las actividades que conllevan a la reparación realizada a las máquinas por desperfecto mecánico, eléctrico, surgidos fortuitamente, por falta de mantenimiento preventivo o por mala praxis del operador y se gestiona en el mismo lugar donde ocurrió la falla y sin registro de la misma.

Cabe destacar que Constructora Comarfa C.A. cuenta con un personal altamente competente, conformado por ingenieros, técnicos y mano de obra calificada, lo que conlleva a que sean capaces de reparar cualquier falla presentada por las maquinarias (siempre que se obtengan los repuestos necesarios) y manejar planes de mantenimiento preventivo que les sea de provecho en su gestión de mantenimiento, pero a pesar de que cuenta con personal capacitado no existe el control y debido registro de los reportes de las tareas de mantenimiento correctivo ejecutadas a las maquinarias pesadas.

En la actualidad en el Departamento de Mantenimiento de la Empresa Constructora Comarfa C.A, no se realiza mantenimiento preventivo a las Maquinarias Pesadas, esta situación se debe a la falta de planificación y programación del mismo, producto de la ausencia del personal calificado para efectuar dicha planificación, esto a la vez ha ocasionado que sólo se realice mantenimiento correctivo, que resulta en cantidades considerables más costoso para la empresa e impide el alcance de su principales propósito que es: garantizar la disponibilidad de todo el conjunto de

máquinas pertenecientes a la empresa, previniendo accidentes y lesiones en el trabajo, ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones las maquinarias.

Siendo esos propósitos en resumidas palabras; optimizar la disponibilidad del equipo productivo, disminuir los costos del mantenimiento, optimizar el talento humano y maximizar la vida útil de las máquinas.

A pesar de los servicios que presta y la cantidad de maquinarias que posee, la empresa no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo que garantice el buen funcionamiento y estado óptimo de las maquinarias pesadas. Los dueños de la empresa y el personal de mantenimiento tienen conocimiento sobre el costo que representaría si se dañan estas maquinarias porque los repuestos son en su mayoría de importación. Además representaría tiempo improductivo para la maquinaria y esto le originaría pérdidas a la empresa. Las pérdidas no solamente se representan en la inversión que se hace para la reparación de la maquinaria, también se representan en el alquiler o renta de maquinaria a terceros que tienen tarifas más altas que las que tiene COMARFA C.A, sin olvidar la disposición y traslado de la misma.

#### **4.1.2 Operadores asignados a las maquinarias pesadas**

Para la aplicación de las encuestas de criticidad por maquinaria e integración al equipo natural de trabajo, se identificó que el área de operaciones cuenta en la actualidad con 12 operarios asignados a cada maquinaria pesada de acuerdo a sus conocimientos de operatividad. En la tabla 4.1 se detallan los nombres de los operadores así como también la maquinaria que tienen bajo su responsabilidad, cabe resaltar que muchas veces por cuestiones ajenas a la voluntad del operador estos se ven obligados a reemplazar a sus compañeros.

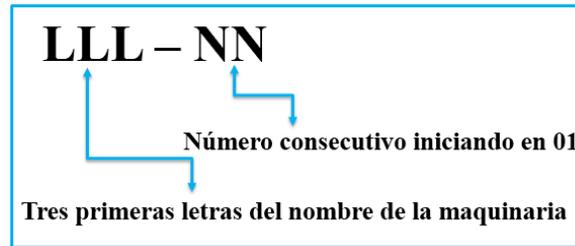
**Tabla 4.1 Operadores de las maquinarias**

<b>MAQUINARIA</b>	<b>OPERADOR</b>
Payloaders 01	Andrés Mata
Payloaders 02	José Galindo
Payloaders 03	Jesús González
Payloaders 04	José Morao
Motoniveladora 01	Gerardo Ramos
Motoniveladora 02	Euclides Tabata
Motoniveladora 03	Luis Bate
Motoniveladora 04	Roberto Enríquez
Vibrocompactador 01	Ramón Fernandez
Vibrocompactador 02	Rafael Malave
Vibrocompactador 03	Fran Rojas
Vibrocompactador 04	Alexander López

**Fuente:** El autor (2015)

#### **4.1.2.1 Codificación e inventario de las maquinarias pesadas**

La asignación de códigos a cada equipo permite su fácil identificación en la consecución del presente trabajo de investigación, la codificación se realiza como primer paso, para posteriormente establecer el inventario de las maquinarias pesadas, pese a que la empresa Constructora Comarfa C.A no cuenta con un registro detallado de las mismas. La codificación estará compuesta por seis dígitos alfabéticos, tres letras (LLL) y dos números (NN), tal como se muestra en la Figura 4.1, las letras corresponden a las tres primeras letras del nombre de cada maquinaria, y los números son consecutivos iniciando por el 01 que incrementan según la cantidad de las maquinarias que lleven el mismo nombre. Por ejemplo, PAY-01 significa que la maquinaria es un Payloaders y es el número uno registrado de este tipo; PAY-02 significa que también es un Payloaders pero es la segunda maquinaria registrada con este nombre, así sucesivamente.



**Figura 4.1 Regla de codificación de maquinarias**

**Fuente:** El autor (2015)

En la tabla 4.2, se presenta el inventario de las maquinarias que se incluyen en este plan de mantenimiento preventivo. Este inventario debe mantenerse actualizado, registrando las maquinarias que de ahora en adelante sean adquiridas por la empresa como también las sustituciones y desincorporaciones de las mismas.

**Tabla 4.2 Inventario de maquinarias**

<b>INVENTARIO DE MAQUINARIAS</b>						
<b>Ítems</b>	<b>Codificación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Condición Actual</b>
1	PAY-01	Payloaders	Caterpillar	928G	Santa Rosa	Operativa
2	PAY-02	Payloaders	Caterpillar	928G	Santa Rosa	Operativa
3	PAY-03	Payloaders	Caterpillar	928G	Santa Ana	Operativa
4	PAY-04	Payloaders	Caterpillar	928G	El Toco	Operativa
5	MOT-01	Motoniveladora	Caterpillar	120H	Santa Rosa	Operativa
6	MOT-02	Motoniveladora	Caterpillar	120H	Santa Rosa	Operativa
7	MOT-03	Motoniveladora	Caterpillar	120H	Santa Ana	Operativa
8	MOT-04	Motoniveladora	Caterpillar	120H	El Toco	Operativa
9	VIB-01	Vibrocompactadora	Ingersol-rand	SD-100D	Santa Rosa	Operativa
10	VIB-02	Vibrocompactadora	Caterpillar	CS-323	Santa Rosa	Operativa
11	VIB-03	Vibrocompactadora	Caterpillar	CS-323	Santa Ana	Operativa
12	VIB-04	Vibrocompactadora	Caterpillar	CS-323	El Toco	Operativa

**Fuente:** El autor (2015)

#### **4.1.2.2 Fichas técnicas de las maquinarias pesadas**

Con ayuda del equipo natural de trabajo se pudo lograr recolectar toda la información técnica de los equipos condensándolas en fichas, que ayudarán a la organización a tener datos puntuales a la hora de presentarse cualquier inconveniente

durante el proceso, y también al momento de realizar cualquier inspección o rutina de trabajo, un ejemplo de las fichas técnicas realizadas se muestra a continuación en la tabla 4.3 Ficha Técnica de Payloaders, el resto de las fichas técnicas se encuentran ilustradas en la sección de Anexos A.

**Tabla 4.3. Ficha técnica payloaders PAY-01**

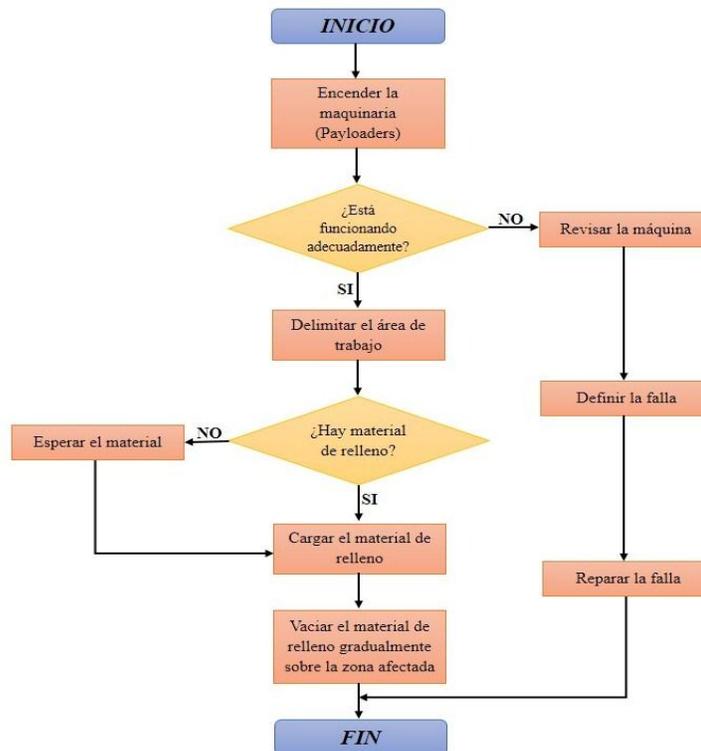
<b>INFORMACIÓN TÉCNICA <u>PAYLOADERS</u></b>		 <b>FICHA/HOJA: 1/12</b>
<b>Nombre:</b>	Payloader	
<b>Marca:</b>	CATERPILLAR	
<b>Modelo:</b>	928G	
<b>Serial:</b>	NEXR03782	
<b>Año de Adquisición:</b>	2003	
<b>Codificación:</b>	PAY-01	
<b>Ubicación:</b>	Santa Rosa	
<b>ESPECIFICACIONES DE LA MAQUINARIA</b>		
<b>Peso de Trabajo:</b>	11,91 t	
<b>Sistema de Alimentación:</b>	Eléctrico	
<b>Fabricación del Motor:</b>	Caterpillar	
<b>Modelo de motor:</b>	3116T	
<b>Neum. Estándar:</b>	20.5R25	
<b>Rendim. Motor:</b>	98 KW	
<b>Cilindrada:</b>	6.6 L – 403 pulg <sup>3</sup>	
<b>Lubricantes utilizados:</b>	Lubricantes Solubles	
<b>Capac. Del tanque de combustible:</b>	230L – 60,8 gal EE.UU	
<b>Capac. Del tanque hidráulico:</b>	70L – 18,5 gal EE.UU	
<b>Capac. del sistema hidráulico (incluyendo el tanque):</b>	125L – 33 gal EE.UU	
<b>Ancho pala:</b>	2,549 m	
<b>Capacidad pala:</b>	2,3 m <sup>3</sup>	
<b>Tipo de Dirección:</b>	KL	
<b>Revoluciones:</b>	2300 min-1	
<b>Velocidad:</b>	38 km/h	
<b>Potencia elevación:</b>	115 kN	
<b>CONDICIONES GENERALES</b>		
<b>Situación Actual: Operativo</b>		
<b>Actividad: Cagar material de relleno</b>		
<b>Realizado por:</b>	Equipo Natural de Trabajo	Fecha: Octubre 2014
<b>Revisado por:</b>	Supervisor de Mantenimiento Ing. Jesús Marval	Fecha: Febrero 2015
<b>Aprobado por:</b>	Supervisor General Cruz José Hernández	Fecha: Febrero 2015

**Fuente:** Equipo natural de trabajo (2015)

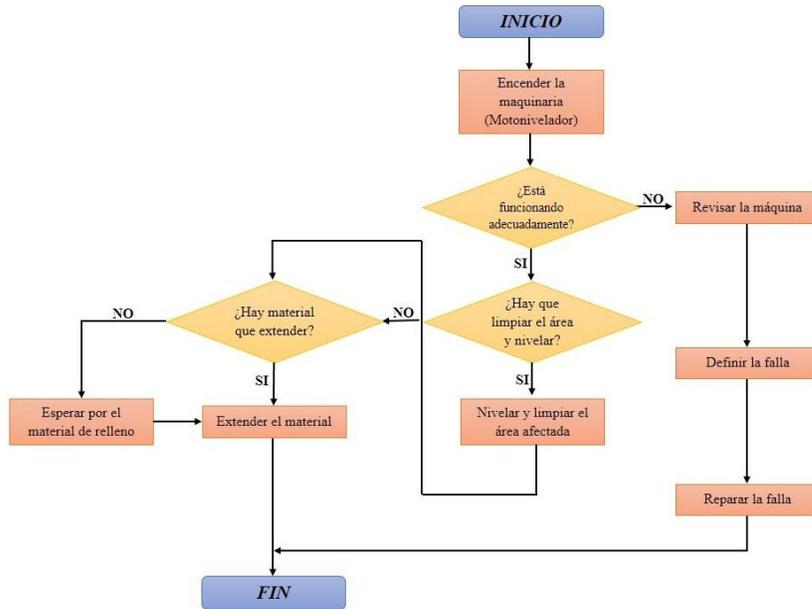
### 4.1.2.3 Diagrama de flujo de las operaciones realizadas por cada maquinaria

Se definió conjuntamente con el equipo natural de trabajo el proceso paso a paso que realiza cada maquinaria dentro del proceso productivo en el que operan, con el fin de mostrar gráficamente la consecución de las actividades que realizan desde el inicio al fin.

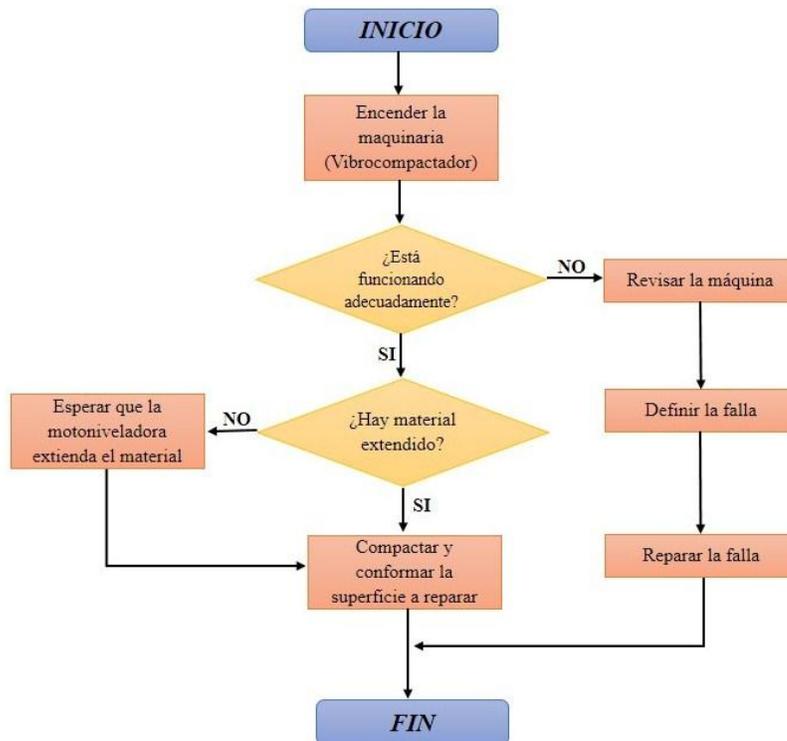
Se muestra respectivamente los diagramas de flujo del payloaders, motonivelador y vibrocompactador los cuales conforman el sistema en estudio, ver figura 4.2., 4.3., y 4.4.



**Figura 4.2. Diagrama de flujo del payloaders**  
Fuente: Equipo natural de trabajo (2015)



**Figura 4.3. Diagrama de flujo del motonivelador**  
**Fuente:** Equipo natural de trabajo (2015)



**Figura 4.4. Diagrama de flujo del vibrocompactador**  
**Fuente:** Equipo natural de trabajo (2015)

#### **4.1.2.4 Diagnóstico de las maquinarias**

Las maquinarias según las observaciones, no se encuentran en óptimas condiciones de operación. Muchas por ser antiguas y sin un adecuado mantenimiento, se han deteriorado de tal forma que los costos de operación son altos, debido al consumo de combustibles y lubricantes, sin olvidar los costos de reparación debido a las fallas frecuentes.

Varias de las causas que están ocasionando el constante deterioro de las mismas y que están contribuyendo en la disminución de la vida útil son:

##### **a. Mantenimiento inadecuado**

Las actividades de mantenimiento que se realizan a las maquinarias pesadas son bastantes sencillas y básicas resumidas en un mantenimiento correctivo, lo cual conlleva a que estos equipos presenten averías con mucha frecuencia; debido a que no se realizan actividades de mantenimiento importantes, trayendo como consecuencia la disminución de la vida útil de las mismas, así como también el aumento de los tiempos de parada para poder realizar cualquiera reparación no programada, esto aunado a que no existe una planificación que permita llevar un verdadero control de las diferentes actividades de mantenimiento que se deben realizar a cada una de estas maquinarias.

Un factor común en todas las maquinarias es el que no se lavan frecuentemente por lo que el lodo y el polvo se adhiere a la superficie y produce obstrucciones, deterioro de mangueras, corrosión, entre otras causas que hacen carecer a Constructora Comarfa C.A. de un Payloaders, una Motoniveladora/ Patrol o un Vibrocompactador que cumplan con las condiciones de trabajo.

Algunas máquinas tienen fugas de aceite de motor, aceite hidráulico, aceite para engranajes; y como existe mucho polvo y tierra se forma lodo sobre las superficies donde hay presencia de aceite.

Al existir el lodo formado por la tierra y el aceite muchas veces no se puede detectar a tiempo fisuras en la carrocería, tapaderas o tornillos quebrados; el detectar estas fisuras a tiempo representaría un ahorro, porque se evitaría el tener que remplazar la pieza por una nueva y el tiempo que permanecería la máquina sin trabajar sería menor, sin olvidar que se podría conseguir o fabricar los repuestos con anticipación al paro de la máquina.

b. La falta de repuestos adecuados en el almacén de la empresa.

Otro problema es que debido a que existen varios tipos de maquinarias pesadas, los inventarios de repuestos son altos porque no existe una estandarización. La estandarización contribuiría con la reducción de costos, porque el almacén de repuestos sería menor y al mismo tiempo contribuiría con los costos de mantenimiento.

Además como no existe dicha estandarización cuando falla un elemento muy importante y nunca antes se había comprado es necesario enviar la muestra y muchas veces se pierde la muestra durante el proceso de compra. La compra la realiza directamente desde la oficina central, por lo tanto cuando se equivocan con una compra representa una pérdida enorme de tiempo, porque al reclamar que el repuesto no es el correcto es necesario esperar otro largo período para que se envíe de nuevo el repuesto deseado si es que está disponible.

Muchas de las maquinarias ya no tienen su configuración original, porque han sido modificadas debido a que muchas veces no se cuenta con repuestos en bodega o

el distribuidor del equipo no tiene unidades disponibles para la venta y como es urgente tenerla operativa, se compran repuestos genéricos o de otras maquinarias y se realizan adaptaciones.

c. Falta de personal para realizar el mantenimiento

La empresa constructora Comarfa C.A para el mantenimiento de las maquinarias pesadas que integran las unidades de estudio de esta investigación, dispone de poca mano de obra lo que se traduce en un solo mantenedor y externo, por lo cual solo cuando la maquinaria falla es que solicitan sus servicios. Razón que ocasiona pérdida de tiempo en la ejecución del proceso productivo, debido a que al presentarse cualquier desperfecto en las máquinas y no contar con un personal interno de mantenimiento que esté disponible a tiempo para solventar y a su vez pérdidas para la empresa.

d. Falta de cursos de capacitación, actualización y manejo de programas de mantenimiento.

Constructora Comarfa C.A. no cuenta con un programa de adiestramiento y capacitación eventual para el recurso humano en cuanto al área de mantenimiento, como tampoco dispone de un programa de mantenimiento, en donde tanto los operadores como los encargados del mantenimiento de las maquinarias pesadas, se basen en un plan que les indique cuándo se tiene que dar mantenimiento a cada máquina, sin esperar que sufran alguna avería y necesiten una reparación. No se lleva un control de mantenimiento correctivo, historial de fallas y no usan manuales de operación ni de reparación.

Al no existir planes de mantenimiento no se pueden mantener en condiciones óptimas estas maquinarias ni prever la falla de los componentes y reducir los costos,

debido a que muchas veces se podría reparar o reconstruir un componente si se detecta la falla a tiempo y evitar tener que adquirir uno nuevo.

Estas son las principales causas diagnósticas mediante el estudio del contexto operacional, que hacen que las maquinarias sufran un deterioro continuo y se encuentren en ocasiones fuera de servicio para realizar sus tareas dentro de los procesos productivos, sin obviar que el medio ambiente está jugando un papel importante para el creciente deterioro de las maquinarias debido a que es muy abrasivo y contribuyen a la corrosión de los metales.

La mala gestión de mantenimiento y la falta de programación y planificación al realizar las actividades de mantenimiento han ocasionado ciertas pérdidas para la empresa, debido a que los tiempos de ejecución de los trabajos externos son más largos por la indisponibilidad de las maquinarias.

Llegando a la propuesta de diseñar planes de mantenimiento adecuados para cada tipo de maquinaria pesada, con los cuales se podrá prolongar la vida útil de las máquinas, y así disminuir la cantidad de horas muertas, siempre que se cuente con el personal suficiente para desempeñar el trabajo, así como su capacitación constante.

En resumen esta empresa presenta falta de seguimiento de prácticas operativas, planes de mantenimiento, incumplimiento de las normas de trabajo, insuficiente personal de mantenimiento, deficiencia en cuanto al manejo uso y cuidado de las maquinarias pesadas, en cuanto a los recursos hay insuficientes herramientas para realizar mantenimiento, falta de repuestos en el almacén y por tanto falta de control y estandarización de inventario.

#### **4.2 Jerarquización las maquinarias pesadas en estudio mediante un análisis de criticidad usando la metodología de PDVSA E & P Occidente 2002.**

Este análisis se efectuó con la finalidad de determinar el nivel de criticidad de las maquinarias pesadas en estudio, a los cuales posteriormente se les elaboraron análisis de modo y falla, árbol lógico de decisiones y planes de mantenimiento a las maquinarias resultantes críticas.

Para el análisis fue empleada la metodología de PDVSA, que basa sus criterios en factores operacionales, seguridad personal y ambiental, como se mencionó en el capítulo 3, y fue escogida por adaptarse al entorno del sistema además de evaluar diversos criterios.

Con el fin de lograr alcanzar con éxito esta etapa de la investigación es necesario la conformación de un equipo natural de trabajo, con el objetivo de colaborar en conjunto en un tiempo determinado para adquirir, recolectar y organizar toda la información correspondiente a las maquinarias en estudio, en el mismo se incluyeron personas que tienen conocimiento de dichas maquinarias, y personal que está en contacto directo con el sistema, que ayudaron a profundizar más los conocimientos sobre las acciones a tomar de acuerdo a las fallas que se puedan presentar. En consiguiente el equipo natural de trabajo está conformado por los siguientes integrantes (ver figura 4.5).



**Figura 4.5. Equipo natural de trabajo**  
Fuente: El autor (2015)

Para diseñar dicha matriz de criticidad fue necesaria la aplicación de una serie de entrevistas no estructuradas, encuestas y reuniones contando con el equipo natural de trabajo, así como también con toda la información recopilada del material suministrado por la empresa.

#### **4.2.1 Cálculo de criticidad para las maquinarias pesadas pertenecientes a constructora Comarfa C.A**

Inicialmente los estatutos de la metodología de criticidad propuesta por PDVSA y amoldada por el equipo natural de trabajo a los requerimientos y funcionalidad del sistema sugieren realizar una entrevista no estructurada y encuesta a los operadores y al mecánico mantenedor de las maquinarias pesadas que componen el estudio. En este caso contamos con una población de encuestados de quince (15) personas. La encuesta detallada se encuentra en el Anexo B.

A continuación se presenta como ejemplo los resultados de las encuestas de la Maquinaria Pesada – Payloaders, Código PAY-01, las mismas fueron realizadas al

Supervisor de mantenimiento (Tabla 4.4), al Mantenedor (Tabla 4.5) y al Operador Asignado de la Maquinaria (Tabla 4.6).

**Tabla 4.4 Encuesta realizada al supervisor de mantenimiento**

***FORMATO PARA ENCUESTA ANALISIS DE CRITICIDAD***

<b>Nombre y Apellido: <u>Ing. Jesús Marval.</u></b>		 <p><b>CONSTRUCTORA COMERA C.A.</b> RIF: J - 08036027 - 3 Cantaura - Anzoátegui</p>	
<b>Cargo: <u>Supervisor de Mantenimiento</u></b>			
<b>Maquinaria: <u>Payloaders Caterpillar 928G PAY-01</u></b>			
<b>1. Frecuencia de Falla (Todo Tipo de Falla)</b>		<b>2. Tiempo Promedio para Reparar. MTR</b>	
	No más de 1 por año		Menos de 4 horas
<b>X</b>	Entre 2 y 15 por año	<b>X</b>	Entre 4 y 8 horas
	Entre 16 y 30 por año		Entre 8 y 24 horas
	Entre 31 y Más de 50 por año (Más de una parada semanal)		Entre 24 y 48 horas
			Más de 48 horas
<b>3. Impacto sobre la producción</b>		<b>4. Costo de Reparación</b>	
	0 - 25%		Menos de 5 Mil Bolívares
	26 - 50%		Entre 5 mil y 15 Mil Bolívares
	51 - 75%	<b>X</b>	Entre 16 mil y 35 Mil Bolívares
<b>X</b>	76 - 100%		Entre 36 mil y 50 Mil Bolívares
			Más de 50 mil Bolívares
<b>5. Impacto ambiental (Daños a tercero)</b>			
	Sin Daños		
<b>X</b>	Daños Menores		
	Daños al Ambiente		
	Daños a Instalaciones		
	Daños Directos al Personal		
<b>6. Impacto en salud y seguridad personal (Cualquier daño, fatalidad)</b>			
<b>X</b>	No origina heridas ni lesiones		
	Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes		
	Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días		
	Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente		
<b>7. Impacto en satisfacción cliente.</b>			
	No ocasiona pérdidas económicas ni retraso en el proceso productivo		
	Puede ocasionar perdidas económicas menores de 36 Mil Bolívares por 4 horas de retraso		
<b>X</b>	Puede ocasionar perdidas económicas mayores de 70 Mil bolívares por 8 horas de retraso		
	Puede ocasionar perdidas económicas mayores de 105 Mil Bolívares por 12 horas de retraso		

**Fuente:** El autor (2015)

**Tabla 4.5 Encuesta realizada al mantenedor de las maquinarias pesadas**

***FORMATO PARA ENCUESTA ANALISIS DE CRITICIDAD***

<b>Nombre y Apellido: <u>Juan Fuentes.</u></b>			
<b>Cargo: <u>Mantenedor de las Maquinarias Pesadas</u></b>			
<b>Maquinaria: <u>Payloaders Caterpillar 928G PAY-01</u></b>			
<b>1. Frecuencia de Falla (Todo Tipo de Falla)</b>		<b>2. Tiempo Promedio para Reparar. MTR</b>	
<input type="checkbox"/>	No más de 1 por año	<input type="checkbox"/>	Menos de 4 horas
<input type="checkbox"/>	Entre 2 y 15 por año	<input checked="" type="checkbox"/>	Entre 4 y 8 horas
<input checked="" type="checkbox"/>	Entre 16 y 30 por año	<input type="checkbox"/>	Entre 8 y 24 horas
<input type="checkbox"/>	Entre 31 y Más de 50 por año (Más de una parada semanal)	<input type="checkbox"/>	Entre 24 y 48 horas
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Más de 48 horas
<b>3. Impacto sobre la producción</b>		<b>4. Costo de Reparación</b>	
<input type="checkbox"/>	0 – 25%	<input type="checkbox"/>	Menos de 5 Mil Bolívares
<input type="checkbox"/>	26 – 50%	<input checked="" type="checkbox"/>	Entre 5 mil y 15 Mil Bolívares
<input type="checkbox"/>	51 – 75%	<input type="checkbox"/>	Entre 16 mil y 35 Mil Bolívares
<input checked="" type="checkbox"/>	76 – 100%	<input type="checkbox"/>	Entre 36 mil y 50 Mil Bolívares
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Más de 50 mil Bolívares
<b>5. Impacto ambiental (Daños a tercero)</b>			
<input checked="" type="checkbox"/>	Sin Daños		
<input type="checkbox"/>	Daños Menores		
<input type="checkbox"/>	Daños al Ambiente		
<input type="checkbox"/>	Daños a Instalaciones		
<input type="checkbox"/>	Daños Directos al Personal		
<b>6. Impacto en salud y seguridad personal (Cualquier daño, fatalidad)</b>			
<input checked="" type="checkbox"/>	No origina heridas ni lesiones		
<input type="checkbox"/>	Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes		
<input type="checkbox"/>	Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días		
<input type="checkbox"/>	Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente		
<b>7. Impacto en satisfacción cliente.</b>			
<input type="checkbox"/>	No ocasiona pérdidas económicas ni retraso en el proceso productivo		
<input type="checkbox"/>	Puede ocasionar perdidas económicas menores de 36 Mil Bolívares por 4 horas de retraso		
<input type="checkbox"/>	Puede ocasionar perdidas económicas mayores de 70 Mil bolívares por 8 horas de retraso		
<input checked="" type="checkbox"/>	Puede ocasionar perdidas económicas mayores de 105 Mil Bolívares por 12 horas de retraso		

**Fuente:** El autor (2015)

**Tabla 4.6 Encuesta realizada al operador asignado de la maquinaria pesada**

***FORMATO PARA ENCUESTA ANALISIS DE CRITICIDAD***

<b>Nombre y Apellido: <u>Andrés Mata</u></b>			
<b>Cargo: <u>Operador Asignado de la Maquinaria</u></b>			
<b>Maquinaria: <u>Payloaders Caterpillar 928G PAY-01</u></b>			
<b>1. Frecuencia de Falla (Todo Tipo de Falla)</b>		<b>2. Tiempo Promedio para Reparar. MTR</b>	
<input type="checkbox"/>	No más de 1 por año	<input type="checkbox"/>	Menos de 4 horas
<input type="checkbox"/>	Entre 2 y 15 por año	<input type="checkbox"/>	Entre 4 y 8 horas
<input checked="" type="checkbox"/>	Entre 16 y 30 por año	<input checked="" type="checkbox"/>	Entre 8 y 24 horas
<input type="checkbox"/>	Entre 31 y Más de 50 por año (Más de una parada semanal)	<input type="checkbox"/>	Entre 24 y 48 horas
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Más de 48 horas
<b>3. Impacto sobre la producción</b>		<b>4. Costo de Reparación</b>	
<input type="checkbox"/>	0 – 25%	<input type="checkbox"/>	Menos de 5 Mil Bolívares
<input type="checkbox"/>	26 – 50%	<input type="checkbox"/>	Entre 5 mil y 15 Mil Bolívares
<input type="checkbox"/>	51 – 75%	<input checked="" type="checkbox"/>	Entre 16 mil y 35 Mil Bolívares
<input checked="" type="checkbox"/>	76 – 100%	<input type="checkbox"/>	Entre 36 mil y 50 Mil Bolívares
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Más de 50 mil Bolívares
<b>5. Impacto ambiental (Daños a tercero)</b>			
<input type="checkbox"/>	Sin Daños		
<input type="checkbox"/>	Daños Menores		
<input type="checkbox"/>	Daños al Ambiente		
<input type="checkbox"/>	Daños a Instalaciones		
<input checked="" type="checkbox"/>	Daños Directos al Personal		
<b>6. Impacto en salud y seguridad personal (Cualquier daño, fatalidad)</b>			
<input type="checkbox"/>	No origina heridas ni lesiones		
<input checked="" type="checkbox"/>	Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes		
<input type="checkbox"/>	Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días		
<input type="checkbox"/>	Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente		
<b>7. Impacto en satisfacción cliente.</b>			
<input type="checkbox"/>	No ocasiona pérdidas económicas ni retraso en el proceso productivo		
<input checked="" type="checkbox"/>	Puede ocasionar perdidas económicas menores de 36 Mil Bolívares por 4 horas de retraso		
<input type="checkbox"/>	Puede ocasionar perdidas económicas mayores de 70 Mil bolívares por 8 horas de retraso		
<input type="checkbox"/>	Puede ocasionar perdidas económicas mayores de 105 Mil Bolívares por 12 horas de retraso		

**Fuente:** El autor (2015)

#### 4.2.2 Ponderaciones de factores

- Factores que afectan el proceso

¿Tiempo que pasa fuera de servicio el equipo al ocurrir la falla?

**Tabla 4.7. Encuesta tiempo promedio para reparar (MTTR)**

TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	Puntaje	Supervisor de Mantenimiento	Mantenedor	Operador de la Maquinaria
Menos de 4 horas	1			
Entre 4 y 8 horas	2	X	X	
Entre 8 y 24 horas	3			X
Entre 24 y 48 horas	4			
Más de 48 horas	5			

Fuente: El autor (2015)

- Factores que afectan la capacidad monetaria

¿Qué impacto en el proceso productivo ocasiona la parada de alguna maquina pesada?

**Tabla 4.8. Encuesta impacto sobre la producción**

IMPACTO SOBRE LA PRODUCCIÓN (Proceso Productivo)	Puntaje	Supervisor de Mantenimiento	Mantenedor	Operador de la Maquinaria
0 – 25%	1			
26 – 50%	2			
51 – 75%	3			
76 –100%	4	X	X	X

Fuente: El autor (2015)

¿Cuál es el costo que genera la parada de alguna maquina pesada?

**Tabla 4.9. Encuesta costo de reparación**

COSTO DE REPARACIÓN	Puntaje	Supervisor de Mantenimiento	Mantenedor	Operador de la Maquinaria
Menos de 5 Mil Bolívares	1			
Entre 5 mil y 15 Mil Bolívares	2		X	
Entre 16 mil y 35 Mil Bolívares	3	X		X
Entre 36 mil y 50 Mil Bolívares	4			
Mas de 50 Mil Bolívares	5			

Fuente: El autor (2015)

¿Cuál es el costo que genera la parada de alguna maquinaria pesada?

**Tabla 4.10. Encuesta impacto satisfacción del cliente**

IMPACTO SATISFACCIÓN DEL CLIENTE	Puntaje	Supervisor de Mantenimiento	Mantenedor	Operador de la Maquinaria
No ocasiona pérdidas económicas ni retraso en el proceso productivo	1			
Puede ocasionar perdidas económicas menores de 36 Mil Bolívares por 4 horas de retraso	2			X
Puede ocasionar perdidas económicas mayores de 70 Mil bolívares por 8 horas de retraso	3	X		
Puede ocasionar perdidas económicas mayores de 105 Mil Bolívares por 12 horas de retraso	4		X	

Fuente: El autor (2015)

- Factores que afectan la seguridad, higiene y ambiente

¿Qué impacto puede ocasionar la falla o parada de la maquinaria en la seguridad personal?

**Tabla 4.11. Encuesta impacto en salud y seguridad personal**

IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL (Cualquier daño, fatalidad)	Puntaje	Supervisor de Mantenimiento	Mantenedor	Operador de la Maquinaria
No origina heridas ni lesiones	1	X	X	
Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes	2			X
Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días	3			
Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente	4			

Fuente: El autor (2015)

¿Qué impacto puede ocasionar la falla o parada de la maquinaria en el medio ambiente?

**Tabla 4.12. Encuesta impacto ambiental (daños a terceros)**

IMPACTO AMBIENTAL (DAÑOS A TERCEROS)	Puntaje	Supervisor de Mantenimiento	Mantenedor	Operador de la Maquinaria
Sin Daños	1		X	
Daños Menores	2	X		
Daños al Ambiente	3			
Daños a las Instalaciones	4			
Daños Directos al personal	5			X

Fuente: El autor (2015)

#### 4.2.3 Matriz de información

Luego de haber obtenido los resultados de las encuestas, se procedió a vaciar los datos en la Hoja Programada de Cálculo de Criticidad diseñada por medio del programa Microsoft Office Excel 2010, para agilizar el proceso de obtención del índice de criticidad, la matriz de información mostrara el resultado promedio de la frecuencia y los demás factores que conllevan al valor preciso de la consecuencia, a su vez mostrara el Índice de Criticidad total de la Maquinaria en estudio, como se muestra en la Tabla 4.13 siguiendo el ejemplo del Payloaders PAY-01.

**Tabla 4.13. Matriz de Información de Criticidad del Payloaders PAY-01**

**HOJA PROGRAMADA DE CALCULO DE CRITICIDAD**



**CONSTRUCTORA GUIMARA S.A.**  
RIF: J - 08036027 - 3  
Cantaura - Anzoátegui

MAQUINARIA PESADA: Payloaders Caterpillar 928G Código: PAY-01

ENCUESTADOS	FRECUENCIA	CR	ISSP	IA	ISC	IP	MITR	
JESUS MARVAL	2	3	1	2	3	4	2	
JUAN FUENTES	3	2	1	1	4	4	2	
ANDRES MATA	3	3	2	5	2	4	3	
<b>TOTAL PROMEDIO</b>	<b>2,67</b>	<b>2,67</b>	<b>1,33</b>	<b>2,67</b>	<b>3,00</b>	<b>4,00</b>	<b>2,33</b>	<b>CRITICIDAD</b> <b>50,7</b>

FRECUENCIA	CONSECUENCIA
2,67	19,00

**LEYENDA**

CR: Costo de Reparacion.  
ISSP: Impacto en Salud y Seguridad Personal.  
IA: Impacto Ambiental.  
ISC: Impacto Satisfaccion del Cliente.  
IP: Impacto Sobre la Produccion.  
MITR: Tiempo Promedio para Reparar

**Fuente:** El autor (2015)

Cabe resaltar que la matriz de información del resto de maquinarias pesadas presentes en el este estudio se encuentran en el Anexo C. Los resultados obtenidos en la matriz de información provienen de la ecuación matemática para calcular la criticidad (Tabla 3.7) donde:

- Criticidad = frecuencia de falla × consecuencia

- Consecuencia = [(costo de reparación + impacto seguridad personal + impacto ambiental + impacto satisfacción cliente) + (impacto en la producción × Tiempo promedio para reparar MTTR)]

○ Cálculo de la Consecuencia:

$$\text{Consecuencia} = (2,67 + 1,33 + 2,67 + 3) + (4 \times 2,33)$$

$$\text{Consecuencia} = 18,99 \approx 19$$

Ya obtenido el resultado de la consecuencia se procede a calcular la criticidad.

○ Cálculo de la Criticidad:

$$\text{Criticidad} = 2,67 \times 19,00 \longrightarrow \text{Consecuencia}$$

$$\text{Criticidad} = 50,73 \approx 50,7$$

- Planilla de criticidad

Este formato recoge la información final obtenida en las encuestas y los cálculos realizados para determinar el valor de criticidad y consecuencia partiendo de los promedios de las ponderaciones establecidas a los diferentes factores. A continuación en la Tabla 4.14, se muestra los resultados del análisis de criticidad al Payloaders PAY-01

**Tabla 4.14. Planilla de resultados pay-01**

Maquinaria Pesada	Frecuencia de Falla	CONSECUENCIA DE FALLA							Frecuencia vs. Consecuencia	Nivel de Criticidad	Jerarquización
		Costo de Reparación	Impacto a la seguridad	Impacto Ambiental	Impacto Satisfacción cliente	Impacto en la Producción	MTR	Total de Consecuencia			
PAY-01	2,67	2,67	1,33	2,67	3	4	2,33	19	2,67*19	50,7	Semi-Crítico

Fuente: El autor (2015)

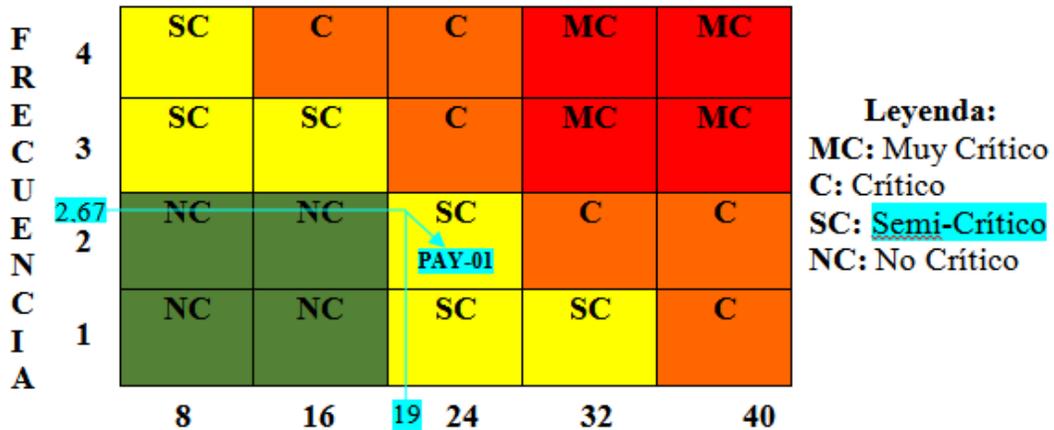
Los resultados de las planillas de criticidad del resto de las maquinarias pesadas se pueden visualizar en el Anexo C.

#### 4.2.4 Matriz de criticidad

En esta matriz se interceptan los valores de frecuencia de falla y consecuencia para obtener el nivel de criticidad de la maquinaria, ver figura 4.6.

Frecuencia = 2,67

Consecuencia = 19



**Figura 4.6. Matriz de criticidad de Payloaders PAY 01**

Fuente: El autor (2015)

Finalmente después de haber realizado todo el procedimiento que dicta la metodología de criticidad de PDVSA, arrojó como resultado que la Maquinaria Pesada Payloaders bajo el código PAY-01 se encuentra en un nivel Semi-Crítico.

#### **4.2.5 Resultados del análisis de criticidad**

En esta sección se muestran la tabla 4.15 y la figura 4.7 como un resumen de las maquinarias pesadas estudiadas, con su respectivo nivel de criticidad obtenida, luego de llenar las planillas y matrices de criticidad establecidas en la metodología PDVSA, las cuales se encuentran en el Anexo C.

**Tabla 4.15 Resultados generales del análisis de criticidad**

Maquinas Pesadas	Frecuencia de Falla	Consecuencia de Fallas							Nivel de Criticidad	Frecuencia vs. consecuencia	Jerarquización
		Costo de Reparación	Impacto a la seguridad	Impacto Ambiental	Impacto Satisfacción cliente	Impacto en la Producción	MTTR	Total de Consecuencia			
PAY-01	2,67	2,67	1,33	2,67	3	4	2,33	19	50,7	2,67 * 19	Semi-Critico
PAY-02	4	3,33	1,33	3	4	4	3,67	26,33	105,3	4 * 26,33	Critico
PAY-03	2	1	1	1	1,67	1	1	5,67	11,3	2 * 5,67	No Critico
PAY-04	4	5	2	3	4	4	5	34	136	4 * 34	Muy Critico
MOT-01	2	2	1,33	1	2	3	2	12,33	24,7	2 * 12,33	No Critico
MOT-02	2,33	2,33	1,33	2,33	2	2,33	2,33	13,44	31,4	2,33 * 13,44	No Critico
MOT-03	3,33	4,33	1,33	3	4	4	5	32,67	108,9	3,33 * 32,67	Muy Critico
MOT-04	4	4,33	1,33	2,67	4	4	4,33	29,67	118,7	4 * 29,67	Muy Critico
VIB-01	2	2,67	1,33	3	2	1	2,33	11,33	22,7	2 * 11,33	No Critico
VIB-02	2,33	3,33	1,33	1,33	2	1,33	2,33	11,11	25,9	2,33 * 11,11	No Critico
VIB-03	2,67	3,33	1,67	3	2,33	2,33	2,67	16,56	44,1	2,67 * 16,56	Semi-Critico
VIB-04	3,67	5	2	3	4	2,33	5	25,67	94,1	3,67 * 25,67	Muy Critico

Fuente: El autor (2015)

F R E C U E N C I A	4	SC	C	C PAY-02	MC MOT-04	MC PAY-04
	3	SC	SC	C	MC VIB-04	MC MOT-03
	2	NC PAY-03	NC MOT-01 MOT-02 VIB-01 VIB-02	SC PAY-01 VIB-03	C	C
	1	NC	NC	SC	SC	C
		8	16	24	32	40
		CONSECUENCIAS				

**Figura 4.7 Matriz de criticidad de las maquinarias pesadas**  
**Fuente:** El autor (2015)

Como se muestra en la tabla 4.15 y en la figura 4.7, se evidencia que de las doce (12) maquinarias pesadas en evaluación, solo una (1) resulto crítica y cuatro (4) muy críticas, estas fueron las siguientes: -Crítico: Payloaders 928G PAY-02, -Muy Crítico: Payloaders 928G PAY-04, Motonivelador 120H MOT-03 y MOT-04, y Vibrocompactador Caterpillar CS-323 VIB-04, siendo estas maquinarias a las cuales se les aplicará el Análisis de Modo y efecto Falla y el Árbol Lógico de Decisiones para seguidamente realizar el plan de mantenimiento preventivo.

### 4.3 Análisis de los modos efectos y fallas (AMEF) de las maquinarias pesadas que resulten críticas.

#### 4.3.1 Contexto operacional

Está conformado por el grupo de doce (12) maquinarias pesadas divididas en Payloaders, Motoniveladoras y Vibrocompactadora de suelo, que hacen vida en el sistema previamente descrito en la sección (4.1) donde se describe detalladamente el

funcionamiento del proceso que realiza cada maquinaria así como el ambiente donde se desenvuelven. De esta pluralidad de maquinarias pesadas sometidas al análisis de criticidad bajo la metodología de PDVSA en la sección (4.2) solo una (1) resultó crítica y cuatro (4) muy críticas, estas fueron las siguientes: -Crítico: Payloaders 928G PAY-02, -Muy Crítico: Payloaders 928G PAY-04, Motonivelador 120H MOT-03 y MOT-04, y Vibrocompactador Caterpillar CS-323 VIB-04, dichas maquinarias por su alto nivel de criticidad fueron sometidas a un análisis de modos y efectos de falla.

#### **4.3.2 División de las maquinarias por sistemas/ sub-sistemas/ componentes o ítems mantenibles.**

Junto al equipo natural de trabajo y considerando lo establecido en la Norma ISO 14224 en el punto estructuración de jerarquías, donde se señala que hay que dividir la maquinaria de mayor a menor jerarquía o grado de detalle, es decir, por clases, sistema, sub sistema, ítem mantenible y componente de detalle (en un grado último de división, opcional), se procedió a dividir las maquinarias pesadas en estudio, para posteriormente aplicar el AMEF e identificar cuáles son las fallas, los modos de falla y efectos de los mismos en el funcionamiento de las máquinas.

- Payloaders

**Tabla 4.16.División del AMEF – Payloaders**

<b>PAYLOADERS</b>		
<b>SISTEMA</b>	<b>COMPONENTE/ÍTEM MANTENIBLE</b>	<b>FUNCIÓN</b>
<b>SISTEMA HIDRÁULICO</b>	Bomba hidráulica	Suministrar presión hidráulica a los cilindros de accionamiento del dispositivo con una presión de 340PSI, un caudal de 170 Lts/Min y Velocidad de 2500RPM. Transforma la energía mecánica en energía hidráulica.
	Filtro de aceite	Retener partículas sólidas.
	Cilindros hidráulicos	Desplazar los brazos y el balde del dispositivo de trabajo.
	Cuerpo de válvulas	Distribuir la presión hidráulica de 340PSI por las distintas mangueras hacia los cilindros con un caudal de 120 Ltrs/Min.
<b>SISTEMA DE RODAMIENTO</b>	Transmisión	Transmitir la potencia de 98 kW generada por el motor hacia las ruedas.
	Cardan	Acoplar el eje que sale de la transmisión con el eje que llega al diferencial.
	Diferencial	Permitir el giro de las ruedas de un mismo eje a velocidades diferentes desde 7,6 km/h a 38 km/h.
	Cauchos	Proporcionar agarre en el terreno de trabajo.
	Freno de conducción	Disminuir la velocidad o detener el equipo.
	Freno de mano	Mantener detenido el equipo cuando está en parada.
<b>SISTEMA AUTOMOR</b>	Subsistema de combustible	Llevar el combustible (Diesel) necesario para generar la combustión interna desde el tanque hacia el sistema de inyección con una capacidad en el reservorio de 230L.
	Subsistema de admisión y escape	Suministrar aire limpio sin contaminantes para el proceso de combustión e igualmente para la expulsión y/o desahogo de los gases que se generan en el proceso. La temperatura del aire entrante debe ser 40 °C y para la salida por el motor de 650 a 700°.
	Subsistema de refrigeración	Mantener la temperatura del motor en un rango de operación estable que debe oscilar de 90° a 94°.
<b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>	Batería	Suministrar 12V para energizar el sistema (2*12). Almacenar energía química que se transformará en energía eléctrica, en el momento que se conecte un equipo eléctrico.
	Alternador	Provee 79A de energía al motor para su funcionamiento y reponer la energía utilizada en el encendido del motor. Transformar la energía mecánica en eléctrica. Generar corriente alterna para recargar la batería

**Fuente:** El autor (2015)

- Motoniveladora

**Tabla 4.17. División del AMEF – Motoniveladora**

<b>MOTONIVELADORA</b>		
<b>SISTEMA</b>	<b>COMPONENTE/ÍTEM MANTENIBLE</b>	<b>FUNCIÓN</b>
<b>SISTEMA MOTOR</b>	Block de motor	Alojar al cigüeñal, bielas y a los pistones.
	Cigüeñal	Su misión es convertir el movimiento lineal del pistón, en movimiento giratorio para transmitirlo posteriormente al sistema de transmisión a una velocidad de 2000 rpm.
	Carter	Contener el aceite necesario para el engrase del motor.
	Bomba de Aceite	Aspirar el aceite del carter (23 Lts) y dirigirlo bajo presión de 24.150 kPa a través de las canalizaciones hacia los diferentes elementos.
	Bomba de alimentación de combustible	Aspirar el combustible (284 Lts) y llevarlo hasta la bomba de inyección.
	Inyectores	Realizar la pulverización del combustible.
<b>SISTEMA HIDRÁULICO</b>	Bomba hidráulica	Permitir el movimiento del aceite a través del circuito, suministrar presión hidráulica de 24.150 kPa a los cilindros de accionamiento del dispositivo con un caudal de 148 Lts/Min y a una velocidad de 2000 RPM. Transformar la energía mecánica en hidráulica.
	Filtro de aceite	Limpia el aceite hidráulico y quitar los contaminantes que puedan dañar los componentes.
	Mangueras-Tuberías Hidráulicas	Transportar el aceite a una presión de 24.150 kPa desde las válvulas a los cilindros o motores de traslación.
<b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>	Batería	Suministrar 24V para energizar el sistema (2*12). Almacenar energía química que se transformará en energía eléctrica, en el momento que se conecte un equipo eléctrico.
	Subsistema de Arranque	Imprimir 750A para dar un movimiento inicial de giro al motor y pueda empezar su funcionamiento.
<b>SISTEMA DE RODAMIENTO</b>	Trasmisión	Transmitir la potencia de 113 kW generada por el motor hacia las ruedas.
	Bomba de Frenos	Convertir la energía mecánica ejercida sobre el pedal del freno bajo una presión 21.600 kPa en energía hidráulica
	Caliper, Freno de Mano	Apretar el disco de freno de emergencia hasta detenerlo.
	Freno de Conducción	Disminuir la velocidad o detener el equipo.
	Cauchos	Proporcionar agarre en el terreno de trabajo.

**Fuente:** El autor (2015)

- Vibrocompactador

**Tabla 4.18. División del AMEF – Vibrocompactador**

<b>VIBROCOMPACTADOR</b>		
<b>SISTEMA</b>	<b>COMPONENTE/ÍTEM MANTENIBLE</b>	<b>FUNCIÓN</b>
<b>SISTEMA MOTOR</b>	Block de motor	Alojar al cigüeñal, bielas y a los pistones.
	Bomba de alimentación de combustible	Aspirar el combustible (144 Litros) y llevarlo hasta la bomba de inyección.
	Inyectores	Realizar la pulverización del combustible.
	Bomba de aceite	Aspirar el aceite del carter (9 Lts.) y dirigirlo bajo presión de 3200 kPa a través de las canalizaciones hacia los diferentes elementos.
<b>SISTEMA HIDRÁULICO</b>	Bomba hidráulica	Permitir el movimiento del aceite a una velocidad de 2200 RPM a través del circuito a una presión de 3200 kPa y un caudal del 127 Ltrs/Min. Transformar la energía mecánica en hidráulica.
	Filtro de aceite	Limpia el aceite hidráulico y quitar los contaminantes que puedan dañar los componentes.
<b>SISTEMA VIBRATORIO</b>	Contrapesos excéntricos encapsulados	-Garantizan la máxima capacidad de compactación a 35 Hz. -Permite conseguir la densidad de compactación deseada en el menor número de pasadas -Facilitan la selección de la amplitud y aumentan la seguridad de funcionamiento del sistema -Crean el desbalance que genera la vibración en el rodillo
<b>SISTEMA DE PROPULSION DE BOMBA DOBLE</b>	Bombas dobles de propulsión	Suministran flujo hidráulico a velocidad de 2200RPM, bajo una presión de 3200 kPa y un caudal de 127 Ltrs/Min equilibrado separado para el eje de las ruedas traseras y para los motores impulsores del tambor.
	Motor impulsor de ruedas traseras	Impulsar o dar movimiento con una potencia de 97 Kw a las ruedas traseras de la maquinaria
	Motor impulsor del tambor	Impulsar o dar movimiento con una potencia de 97 Kw al tambor (rodillo) de la maquinaria
<b>SISTEMA DE FRENOS</b>	Freno de estacionamiento	Asegura que la máquina no se moverá accidentalmente, cuando este estacionada o fuera de uso.
	Palanca de marcha adelante/atrás	Controla la dirección de avance de la máquina (hacia adelante y de reversa) de manera dinámica.
<b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>	Batería	Suministrar 24V para energizar el sistema (2*12). Almacenar energía química que se transformara en energía eléctrica, en el momento que se conecte un equipo eléctrico
	Alternador	Provee 55A de energía al motor para su funcionamiento y reponer la energía utilizada en el encendido del motor. Transformar la energía mecánica en eléctrica. Generar corriente alterna para recargar la batería

**Fuente:** El autor (2015)

### **4.3.3 Aplicación del análisis de modo y efecto de falla**

Para la aplicación del análisis de modo y efecto de falla se tomaron como referencias, las reuniones realizadas con el equipo natural de trabajo, textos técnicos, manuales de mantenimiento e internet. Además se entrevistó al personal de mantenimiento y operaciones. Se diseñó una hoja de información descrita en el capítulo 3 (Sección 3.7.5 – Tabla 3.13), para asentar los datos, la planilla fue propuesta por el equipo natural de trabajo basándose en las normativas SAE JA 1011 y la ISO 14224, la cual cumple con los requisitos para la documentación del AMEF. En este punto nos enfocaremos únicamente en la construcción

A continuación en la tabla 4.19 se muestra el análisis realizado al Payloaders PAY-02, cabe resaltar que tanto los dos (02) Payloader como las dos (02) Motoniveladoras resultantes críticos son Caterpillar – Modelo 928G y Modelo 120H respectivamente por tanto la metodología será aplicada en forma global para ambos modelos, por lo tanto la tabla siguiente corresponde al PAY-02 y PAY-04. En el Anexo D, se muestran las hojas de información del MCC-AMEF realizadas a las restantes maquinarias pesadas críticas.

**Tabla 4.19. Análisis modo efecto falla PAY-02 y PAY-04**

		<b>HOJA DE INFORMACIÓN DEL MCC– AMEF</b>					
<b>MAQUINARIA:</b> PAY-02 y PAY-04			<b>SISTEMA:</b> Sistema Hidráulico			<b>PAG.:</b> 1/5	
<b>REALIZADO POR:</b> Equipo Natural de Trabajo			<b>FECHA:</b> Febrero 2015		<b>REVISADO POR:</b> Ing. Jesús Marval		
N°	COMPONENTE/ FUNCIÓN	N°	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA		EFFECTOS DE FALLA	
1	<b>Bomba hidráulica/</b> Suministrar presión hidráulica a los cilindros de accionamiento del dispositivo con una presión de 340PSI, un caudal de 170 Lts/Min y Velocidad de 2500RPM. Transforma la energía mecánica en energía hidráulica.	A	No suministra los 340PSI de presión necesaria para accionar los cilindros hidráulicos.	1	Bomba hidráulica dañada.	No bombea aceite hidráulico	
				2	Circuito eléctrico de alimentación de bomba defectuoso.	La bomba no recibe la potencia necesaria para funcionar	
		B	No emite el flujo de 170 Lts/Min, ni la presión de 340 PSI necesaria de trabajo al sistema de carga del equipo.	1	Desgaste interno en la bomba del sistema de carga.	Se inmovilizan los cilindros tanto el de inclinación como el de elevación, y se minimiza la capacidad de carga del equipo	
				2	Acople de engranaje dañado.		
		C	No se produce la transformación de la energía mecánica en energía hidráulica	1	Cavitación por RPM muy altas o filtro de succión tapado.	Disminución de la presión, ruido, alta temperatura y erosión de las paredes de la bomba.	
				2	Recalentamiento por fugas internas en la bomba	Pérdida del caudal.	
2	<b>Filtro de Aceite/</b> Retener partículas sólidas.	A	Permite el paso de partículas sólidas al sistema hidráulico.	1	Elemento filtrante roto	Mal funcionamiento y deterioro de los cilindros hidráulicos.	
3	<b>Cilindros Hidráulicos/</b> Desplazar los brazos y el balde del dispositivo de trabajo.	A	No desplaza los elementos del dispositivo de trabajo.	1	Los sellos dentro del cilindro hidráulico se encuentran rotos.	Fuga de aceite hidráulico. Pérdida de presión hidráulica.	
		B	El cilindro no realiza su carrera de forma completa.	1	El cilindro se encuentra doblado debido a una sobrecarga de peso	Mal funcionamiento de gatos hidráulicos.	
4	<b>Cuerpo de válvulas/</b> Distribuir la presión hidráulica de 340PSI por las distintas mangueras hacia los cilindros con un caudal de 120 Lts/Min.	A	No se distribuye la presión de 340 PSI manera correcta.	1	Las válvulas se encuentran obstruidas por sedimentos o sólidos contaminantes.	Mal funcionamiento del sistema hidráulico.	
				2	Las válvulas se encuentran dobladas o rotas.	No hay funcionamiento de sistema hidráulico.	

**Fuente:** Equipo natural de trabajo (2015).

Continuación Tabla 4.19. Análisis modo efecto falla PAY-02 y PAY-04

 <div style="text-align: center;"><b>HOJA DE INFORMACIÓN DEL MCC– AMEF</b></div> 						
<b>MAQUINARIA:</b> PAY-02 y PAY-04			<b>SISTEMA:</b> Sistema de Rodamiento		<b>PAG.:</b> 2/5	
<b>REALIZADO POR:</b> Equipo Natural de Trabajo			<b>FECHA:</b> Febrero 2015		<b>REVISADO POR:</b> Ing. Jesús Marval	
Nº	COMPONENTE/ FUNCIÓN	Nº	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA		EFFECTOS DE FALLA
5	<b>Transmisión</b> / Transmitir la potencia de 98 kW generada por el motor hacia las ruedas.	A	No transmite 98kW de potencia hacia los ejes y ruedas.	1	Falla en los engranajes de la caja de cambios.	La caja no cambia de velocidad. El equipo no puede moverse.
6	<b>Cardán</b> / Acoplar el eje que sale de la transmisión con el eje que llega al diferencial.	A	Pierde el acople entre los dos ejes.	1	Rotura de la cruceta.	Perdida de tracción en el eje.
7	<b>Diferencial</b> / Permitir el giro de las ruedas de un mismo eje a velocidades diferentes desde 7,6 km/h a 38 km/h.	A	No permite el giro de las ruedas a velocidades diferentes entre 7,6 km/h y 38 km/h.	1	Los dientes de los engranajes se encuentran desgastados.	Dientes de transmisión no engranan.
				2	Los engranajes se atascan por suciedad en el aceite lubricante.	Problemas de movilidad del equipo.
				3	Los engranajes se fracturan por falta de aceite lubricante o contaminación del mismo.	

**Fuente:** Equipo natural de trabajo (2015).

Continuación Tabla 4.19. Análisis modo efecto falla PAY-02 y PAY-04

 <div style="text-align: center;"><b>HOJA DE INFORMACIÓN DEL MCC- AMEF</b></div> 						
<b>MAQUINARIA:</b> PAY-02 y PAY-04			<b>SISTEMA:</b> Sistema de Rodamiento		<b>PAG.:</b> 3/5	
<b>REALIZADO POR:</b> Equipo Natural de Trabajo			<b>FECHA:</b> Febrero 2015		<b>REVISADO POR:</b> Ing. Jesús Marval	
Nº	COMPONENTE/ FUNCIÓN	Nº	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA		EFFECTOS DE FALLA
8	Cauchos / Proporcionar agarre en el terreno de trabajo.	A	No permiten el agarre ni tracción deseado en un terreno.	1	El caucho se encuentra liso o desgastado.	Falta de tracción del equipo.
				2	El caucho se encuentra sin la presión adecuada de aire	
9	Freno de Conducción/ Disminuir la velocidad o detener el equipo.	A	No disminuye ni detiene la velocidad del equipo.	1	Las zapatas de freno se encuentran desgastadas.	El equipo no se detiene.
				2	El sistema hidráulico de frenado no recibe presión suficiente para accionar las zapatas de freno.	El equipo tiene problemas para detenerse.
10	Freno de Mano/ Mantener detenido el equipo cuando está en parada.	A	No mantiene el equipo detenido.	1	Las zapatas de freno se encuentran desgastadas.	El equipo no se detiene.
				2	El freno de mano no acciona las zapatas.	El freno de mano no funciona.

Fuente: Equipo natural de trabajo (2015)

Continuación Tabla 4.19. Análisis modo efecto falla PAY-02 y PAY-04

 <div style="text-align: center;"><b>HOJA DE INFORMACIÓN DEL MCC– AMEF</b></div> 						
<b>MAQUINARIA:</b> PAY-02 y PAY-04			<b>SISTEMA:</b> Sistema Automotor		<b>PAG.:</b> 4/5	
<b>REALIZADO POR:</b> Equipo Natural de Trabajo			<b>FECHA:</b> Febrero 2015		<b>REVISADO POR:</b> Ing. Jesús Marval	
N°	COMPONENTE/ FUNCIÓN	N°	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA		EFFECTOS DE FALLA
12	<b>Subsistema de Admisión y Escape/</b> Suministrar aire limpio sin contaminantes para el proceso de combustión e igualmente para la expulsión y/o desahogo de los gases que se generan en el proceso. La temperatura del aire entrante debe ser 40 °C y para la salida por el motor de 650 a 700°.	A	No llega aire a la cámara de combustión.	1	El conducto de entrada de aire se encuentra obstruido.	Se producen varias averías: el motor del equipo se daña, disminuye la potencia del motor, no alcanza la temperatura óptima del aire, se contaminan los gases salientes a los alrededores del motor, y se contamina el filtro de aire.
				2	El filtro de aire se encuentre obstruido.	
		B	Se registran temperaturas de admisión a temperaturas mayores a 40°.	1	After-Cooler obstruido	
13	<b>Subsistema de Refrigeración/</b> Mantener la temperatura del motor en un rango de operación estable que debe oscilar de 90° a 94°.	A	Se incrementa la temperatura interna del motor mayor a 94°	1	El sistema de circulación de refrigerante se encuentra obstruido. Radiador Obstruido.	Se sobrecalienta el motor.
				2	Bajo nivel de líquido refrigerante.	Fuga de refrigerante.
				3	El líquido refrigerante se mantiene a temperaturas muy altas.	Se sobrecalienta el motor.
		B	La temperatura se mantiene por debajo del rango menor a 90°C	1	Señal del sensor al ventilador dañado.	Ocurren fallas en los cilindros (por lavado de camisa) ya que la combustión se esta realizando a baja temperatura, y no quema el combustible en su totalidad.

Fuente: Equipo natural de trabajo (2015)

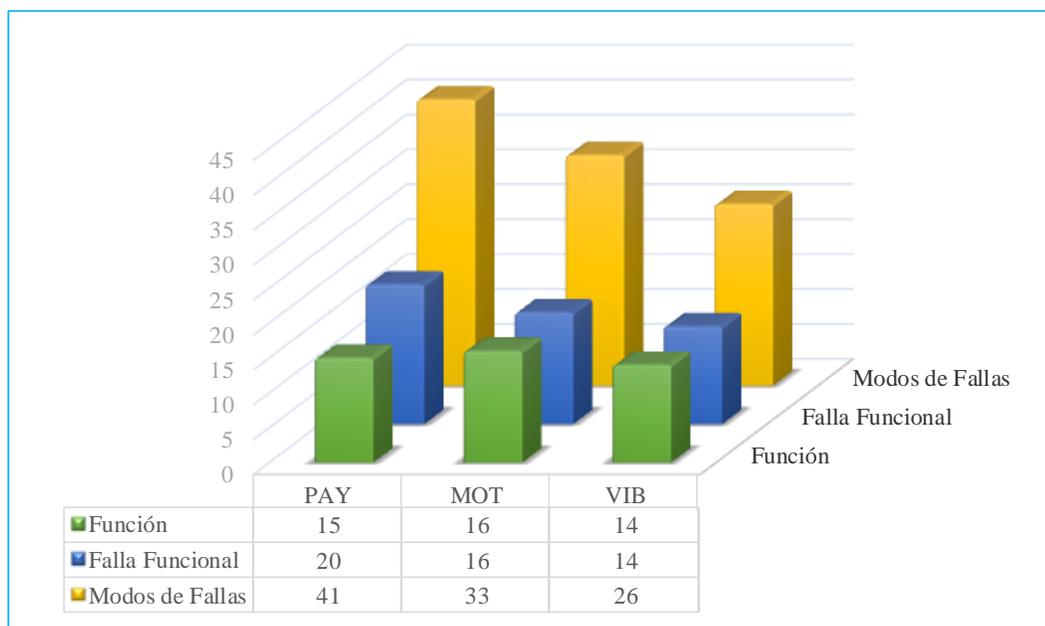
Continuación Tabla 4.19. Análisis modo efecto falla PAY-02 y PAY-04

 <div style="text-align: center;"><b>HOJA DE INFORMACIÓN DEL MCC– AMEF</b></div> 						
<b>MAQUINARIA:</b> PAY-02 y PAY-04			<b>SISTEMA:</b> Sistema Eléctrico		<b>PAG.:</b> 5/5	
<b>REALIZADO POR:</b> Equipo Natural de Trabajo			<b>FECHA:</b> Febrero 2015		<b>REVISADO POR:</b> Ing. Jesús Marval	
Nº	COMPONENTE/ FUNCIÓN	Nº	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA		EFFECTOS DE FALLA
14	Batería/ Suministrar 24V para energizar el sistema (2*12). Almacenar energía química que se transformara en energía eléctrica, en el momento que se conecte un equipo eléctrico	A	No hace que se emita la corriente para que las bujías emitan la chispa para el encendido	1	Nivel bajo de la solución electrolítica.	Ocurre la sulfatación.
				2	Bajo temperatura elevada.	Las placas pueden entrar en cortocircuito.
				3	Acumulación de depósitos en los bornes.	Corroen la pintura y los emplanchados pierden contacto con los terminales del cable descargando la batería o sobrecalentándola.
15	Alternador/ Provee 79A de energía al motor para su funcionamiento y reponer la energía utilizada en el encendido del motor. Transformar la energía mecánica en eléctrica. Generar corriente alterna para recargar la batería	A	No genera la suficiente cantidad de energía eléctrica 79A, para reponer la utilizada en el encendido del motor y la recarga de la batería	1	Sobrecalentamiento en el alternador por trabajo excesivo para generar energía	Perdida de potencia de la batería. Falta de energía eléctrica para accionar accesorios de la maquina
				2	Fisuras o Desgastes en las banda del alternador	

Fuente: Equipo natural de trabajo (2015)

#### 4.3.4 Resultados del análisis de modo y efecto de fallas

En esta etapa se contabilizó la cantidad de funciones, fallas funcionales totales y modos de fallas totales de las maquinarias pesadas críticas en estudio, resultados que se obtuvieron mediante la aplicación del AMEF, con el objetivo de detallar de una forma más clara y precisa los resultados obtenidos, ver figura 4.8.



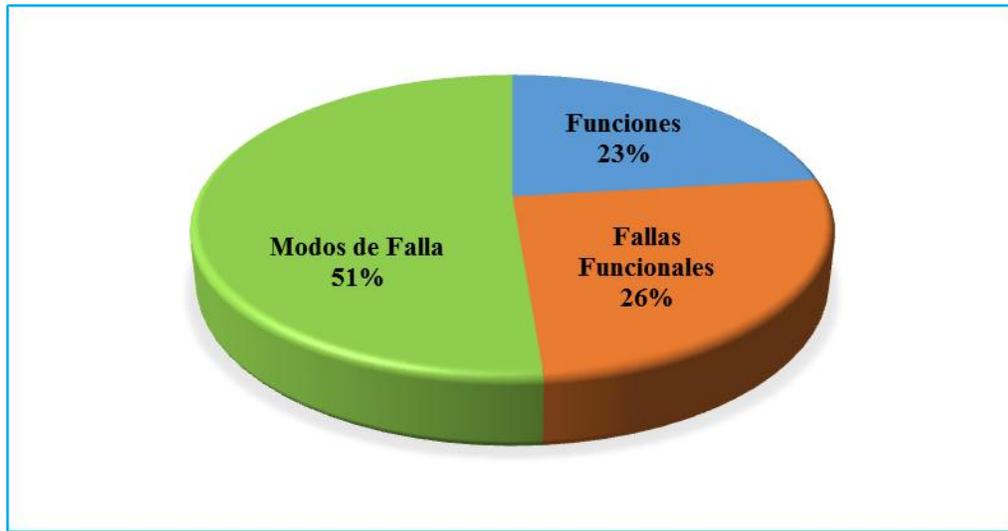
**Figura 4.8. Resultados del AMEF agrupados por variable y maquinaria**  
**Fuente:** El autor (2015)

En la figura 4.8, se puede observar la totalización de los resultados obtenidos, los cuales se subdividieron en funciones, fallas funcionales y modos de fallas de las maquinarias estudiadas, con la finalidad de establecer relación de manera general por cada variable de estudio en la metodología AMEF se muestra la tabla 4.20.

**Tabla 4.20. Totalización general de las variables – AMEF**

VARIABLE	TOTAL
Funciones	45
Fallas Funcionales	50
Modos de Falla	100

**Fuente:** El autor (2015)



**Figura 4.9. Distribución porcentual de las variables del AMEF**

**Fuente:** El autor (2015)

En la figura 4.9, se puede visualizar de manera global que el 51% representa la cantidad de modos de fallas encontrados en las maquinarias pesadas a través del AMEF, para los cuales se van a establecer acciones preventivas de mantenimiento y así lograr disminuir tal porcentaje, el 23% representa las funciones asociadas a cada maquinaria al que fue aplicado el análisis y el 26% representa las fallas funcionales que niegan la función principal de cada equipo.

#### **4.4 Establecimiento de las actividades de mantenimiento preventivo a los modos de fallas de las maquinarias pesadas críticas a través del árbol lógico de decisiones (ALD).**

El último paso de la metodología del MCC comprende el análisis y la aplicación del árbol lógico de decisiones ALD, tomando como insumo el análisis de modos y efectos de fallas.

##### **4.4.1 Aplicación del árbol lógico de decisiones**

Para el desarrollo de esta etapa se realizó la evaluación de cada modo de falla presentado por las maquinarias pesadas y se establecieron tareas de mantenimiento preventivo para disminuir los mismos, todo basándonos en la metodología del árbol lógico de decisiones y la secuencia lógica del flujograma.

A continuación se muestra la tabla 4.21, la cual refleja la hoja de decisiones aplicada a los Payloaders PAY-02 y PAY-04, el resto de los resultados se encuentran en el anexo E, al igual que un árbol lógico de decisiones señalando como muestra la corrida de la primera actividad.

Tabla 4.21 Hoja de decisión-payloaders

 															
Maquinaria: PAY-02 y PAY-04										Pág.: 1/2					
Realizado por: Equipo Natural de Trabajo										Fecha: Marzo del 2015		Revisado Por: Ing. Jesús Marval - Supervisor de Mantenimiento			
F	F	M	H	S	E	O	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Acciones a "falta de"			Actividad de Mantenimiento	Frecuencia Inicial	Responsable
										H4	H5	H6			
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Tarea de Sustitución Cíclica: cambio de la bomba hidráulica	6 meses	Mecánico
		2	N				N	N	S				Tarea de Sustitución Cíclica: remplazo del circuito eléctrico de alimentación de la bomba hidráulica	6 meses	Eléctrico/Mecánico
	B	1	N				S						Tarea a Condición: revisión de la bomba del sistema de carga	Semanal	Mecánico/Operador
		2	S	N	N	S	N	N	S				Tarea de Sustitución Cíclica: sustitución del acople del engranaje de la bomba hidráulica	4 meses	Mecánico
	C	1	N				S						Tarea a Condición: revisión de filtro de succión de la bomba hidráulica	semanal	Mecánico/Operador
		2	S	S			S						Tarea a Condición: inspección de interna de la bomba hidráulica	1 mes	Mecánico/Operador
2	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Tarea de Sustitución Cíclica: cambio del filtro de aceite	3 meses	Mecánico
3	A	1	S	N	S		N	N	S				Tarea de Sustitución Cíclica: remplazo de los sellos del cilindro hidráulico	2 meses	Mecánico
	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Tarea de Sustitución Cíclica: cambio de los actuadores hidráulicos del cilindro	6 meses	Mecánico
4	A	1	N				S						Tarea a Condición: inspección del cuerpo de válvulas	Semanal	Mecánico
		2	S	N	N	S	N	N	S				Tarea de Sustitución Cíclica: remplazo del cuerpo de válvulas	5 Meses	Mecánico
5	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Tarea de Sustitución Cíclica: remplazo de los engranajes de la caja de cambios	3 Meses	Mecánico
6	A	1	N				N	N	S				Tarea de Sustitución Cíclica: cambio de cruceta del cardán	5 Meses	Mecánico
7	A	1	N				S						Tarea a Condición: inspección de los dientes de los engranajes del diferencial	1 mes	Mecánico/Operador
		2	N				S						Tarea a Condición: limpieza y lubricación de los dientes de los engranajes del diferencial	1 mes	Mecánico/Operador
		3	S	N	N	S	N	N	S				Tarea de Sustitución Cíclica: cambio de los engranajes del diferencial	3 Meses	Mecánico
8	A	1	S	S			N	N	S				Tarea de Sustitución Cíclica: cambio de cauchos	3 años	Mecánico
		2	S	S			S						Tarea a Condición: inspección de la presión en los cauchos	Semanal	Mecánico/Operador
9	A	1	S	S			N	N	S				Tarea de Sustitución Cíclica: remplazo de la zapata de frenos de conducción	3 meses	Mecánico
		2	S	S			S						Tarea a Condición: inspección del accionamiento de la zapata de frenos de conducción	1 mes	Mecánico/Operador

Fuente: Equipo natural de trabajo (2015)

Continuación, Tabla 4.21 Hoja de decisión-payloaders

 																
Maquinaria: PAY-02 y PAY-04											Pág.: 2/2					
Realizado por: Equipo Natural de Trabajo						Fecha: Marzo del 2015			Revisado Por: Ing. Jesús Marval - Supervisor de Mantenimiento							
F	FF	MF	H	S	E	O	H1	H2	H3	Acciones a "falta de"			Actividad de Mantenimiento	Frecuencia Inicial	Responsable	
							S1 O1 N1	S2 O2 N2	S3 O3 N3	H4	H5	H6				
10	A	1	S	S			N	N	S				Tarea de Sustitución Cíclica: remplazo de zapatas de frenos de mano	6 meses	Mecánico	
		2	S	S			S						Tarea a Condición: inspección del accionamiento de la zapata de frenos de mano	2 meses	Mecánico/Operador	
11	A	1	S	S			N	N	S				Tarea de Sustitución Cíclica: sustitución de la bomba de inyección de combustible	2 meses	Mecánico/Operador	
		2	S	S			N	N	S				Tarea de Sustitución Cíclica: cambio de las mangueras de la línea de inyección de combustible	3 meses	Mecánico	
		3	S	N	N	S	N	N	S				Tarea de Sustitución Cíclica: remplazo del filtro de gasolina	3 meses	Mecánico	
		4	S	S				N	N	S				Tarea de Sustitución Cíclica: cambio de la tubería del sistema de combustible	4 meses	Mecánico
		5	S	S				N	N	S				Tarea de Sustitución Cíclica: remplazo del tanque del sistema de combustible	7 meses	Mecánico
12	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Tarea de Sustitución Cíclica: sustitución del conducto de la cámara de aire	5 Meses	Mecánico	
		2	S	N	N	S	N	N	S				Tarea de Sustitución Cíclica: remplazo del filtro de aire	2 meses	Mecánico	
	B	1	S	S			S						Tarea a Condición: inspección del after-cooler	mensual	Mecánico/Operador	
13	A	1	S	S			S						Tarea a Condición: inspección del sistema de circulación del refrigerante	1 mes	Mecánico/Operador	
		2	N				S						Tarea a Condición: inspección de la temperatura del motor	semanal	Mecánico/Operador	
		3	N				N	N	S				Tarea de Sustitución Cíclica: cambio del motor	10 años	Mecánico/Operador	
	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Tarea de Sustitución Cíclica: cambio de la señal del sensor al ventilador	7 meses	Mecánico /Eléctrico	
14	A	1	N				N	N	S				Tarea de Sustitución Cíclica: remplazo de la batería	1 año	Mecánico	
		2	S	S			S						Tarea a Condición: inspección de la temperatura de la batería	1 mes	Operador	
		3	S	N	N	S	S						Tarea a Condición: limpieza de los bornes de la batería	2 meses	Operador	
15	A	1	N				S						Tarea a Condición: inspección general del alternador	1 mes	Mecánico/Eléctrico	
		2	N				N	N	S				Tarea de Sustitución Cíclica: cambio de las bandas del alternador	8 meses	Mecánico/Eléctrico	

Fuente: Equipo natural de trabajo (2015)

Las respuestas a las preguntas colocadas en el árbol de decisión se colocaron de la siguiente manera: para respuestas negativas (NO) se colocó la letra N y para respuestas afirmativas (SI) se colocó la letra S. Para establecer la secuencia inicial de ejecución de las actividades, se recurrió al equipo natural de trabajo.

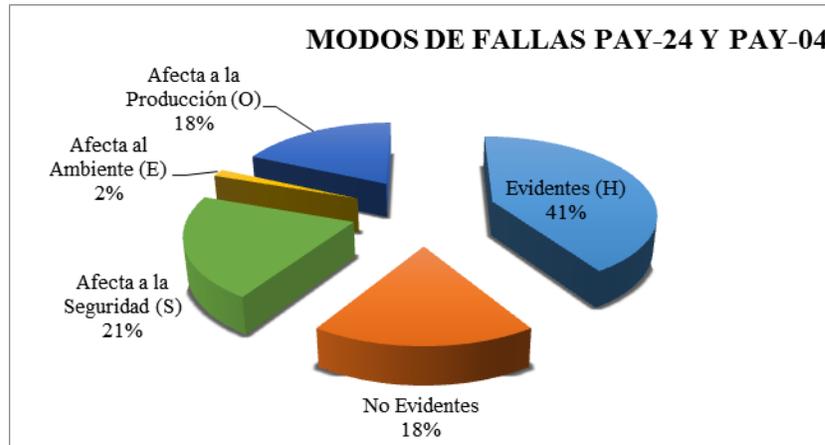
#### 4.4.2 Modos de fallas y tareas de mantenimiento encontradas

Luego de haber aplicado la secuencia lógica del árbol para determinar las diferentes actividades de mantenimiento a realizar a las maquinarias, se contabilizó los modos de fallas encontrados y el total de actividades de mantenimiento a realizar de acuerdo a cada modo de falla los cuales se muestran a continuación por cada grupo de maquinarias. En la tabla 4.22 podemos observar los resultados de la aplicación del árbol lógico de decisiones para los PAY-02 y PAY-04.

**Tabla 4.22 Resultados de la aplicación de ALD PAY-02 y PAY-04**

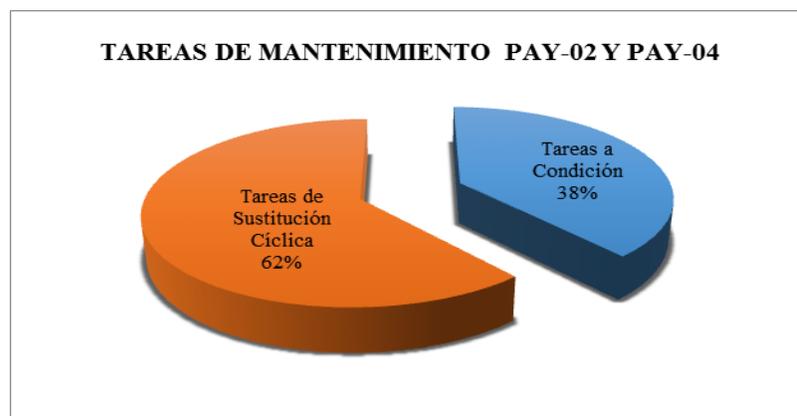
<b>PAY-02 y PAY-04</b>		
<b>Modos de Fallas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
Evidentes (H)	27	40,91%
No Evidentes	12	18,18%
Afecta a la Seguridad (S)	14	21,21%
Afecta al Ambiente (E)	1	1,52%
Afecta a la Producción (O)	12	18,18%
<b>Total de Modos de Fallas</b>	<b>66</b>	
<b>Tareas de Mantenimiento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
Tareas a Condición	15	38,46%
Tareas de Sustitución Cíclica	24	61,54%
<b>Total de Tareas de Mantenimiento</b>	<b>39</b>	

**Fuente:** El autor (2015)



**Figura 4.10. Distribución de los modos de fallas PAY-02 Y PAY-04**  
**Fuente:** El autor (2015)

Como se puede observar en la figura 4.10 el porcentaje correspondiente a los modos de fallas encontrados en los payloaders 02 y 04 que afectan a la seguridad, producción y ambiente corresponde a 21,21% que afecta directamente a la seguridad, en segundo lugar se encuentra el 18,18% que afecta a la producción y un 1,52% que afecta al ambiente, por lo cual se determinaron actividades de mantenimiento destinadas a minimizar dichas ocurrencias de fallas, puesto a que afectan directamente la producción de la empresa así como también repercuten en la seguridad de las personas por el tipo de maquinaria pesada con la cual se trabaja.



**Figura 4.11. Distribución de las tareas de mantenimiento de los payloaders**  
**Fuente:** El autor (2015)

De acuerdo a la gráfica mostrada anteriormente (figura 4.11) el porcentaje de tareas de mantenimiento que arrojó son las tareas a condición 38,46%, sustitución cíclica 61,54%, esto quiere decir que las tareas que más se aplicaran en los payloaders 02 y 04 son las a sustitución cíclica, debido a que representan las tareas de cambio de componentes fáciles de identificar y de resolver entre el mantenedor y el mecánico encargado.

A continuación en la tabla 4.23 se muestran los resultados de la aplicación del árbol lógico de decisiones a los motoniveladoras 03 y 04:

**Tabla4.23 Resultados de la aplicación de ALD MOT-03 y MOT-04**

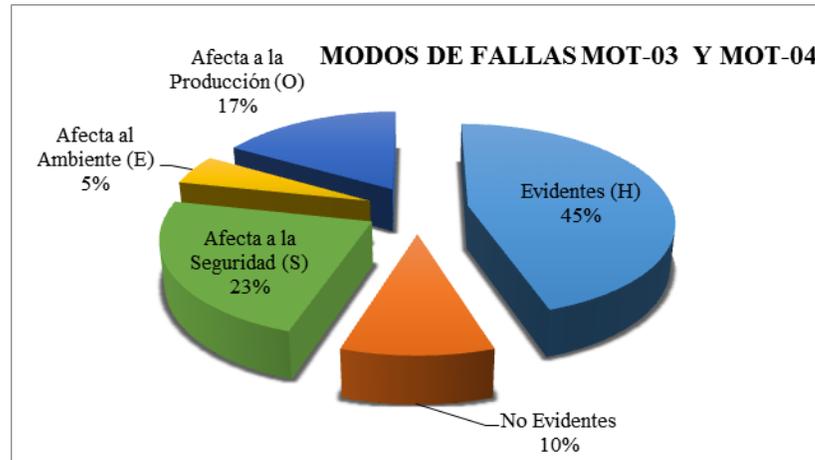
<b>MOT-03 y MOT-04</b>		
<b>Modos de Fallas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
Evidentes (H)	27	45.00%
No Evidentes	6	10.00%
Afecta a la Seguridad (S)	14	23.33%
Afecta al Ambiente (E)	3	5.00%
Afecta a la Producción (O)	10	16.67%
<b>Total de Modos de Fallas</b>	<b>60</b>	

<b>Tareas de Mantenimiento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
Tareas a Condición	10	30.30%
Tareas de Sustitución Cíclica	23	69.70%
<b>Total de Tareas de Mantenimiento</b>	<b>33</b>	

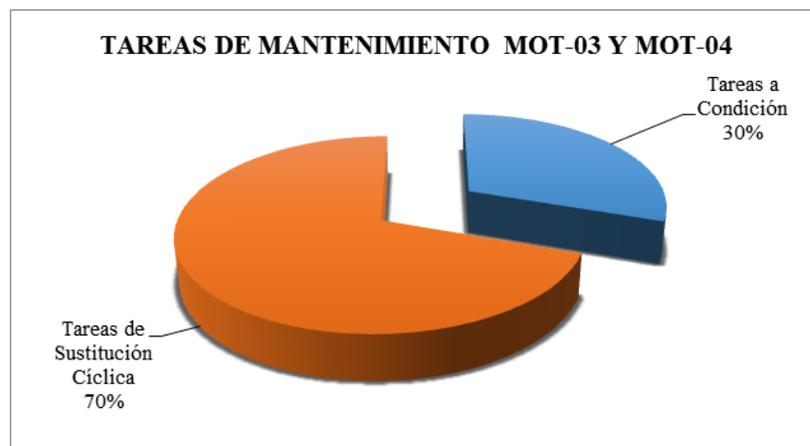
**Fuente:** El autor (2015)

De acuerdo a la tabla 4.24 anteriormente mostrada, se dedujeron las siguientes distribuciones porcentuales para los equipos de motonivelador 03 y 04 mostradas en la figura 4.12:



**Figura 4.12. Distribución de los modos de fallas MOT-03 y MOT-04**  
Fuente: El autor (2015)

Los modos de fallas con mayor porcentaje son los que afectan a la seguridad con un 23,33% por lo que se debe resguardar la seguridad de los operadores solventando las fallas que ocurren en un tiempo determinado, teniendo un porcentaje de 45,00% los modos de fallas evidentes.



**Figura 4.13. Distribución de las tareas de mantenimiento de MOT-03 y MOT-04**  
Fuente: El autor (2015)

Las tareas de mantenimiento a aplicar al motonivelador como se mostró en la figura 4.13, son un 69,70% sustitución cíclica debido a que los modos de fallas son del todos evidentes y requieren más que todo actividades de sustitución de

componentes e inspecciones las cuales facilitaran y mejoraran las condiciones de las maquinarias. El 30,30% representan las tareas sujetas a una condición de ocurrencia para llevarse a cabo su ejecución.

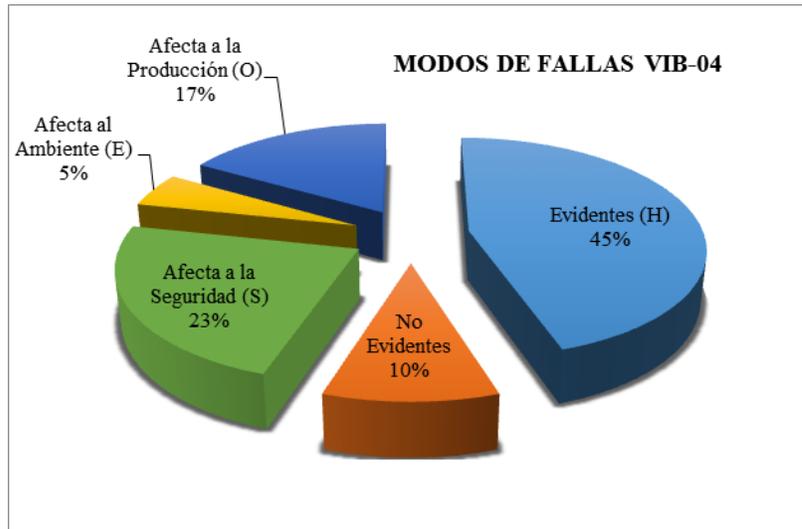
A continuación en la tabla 4.24 se muestran los resultados de la aplicación del árbol lógico de decisiones al Vibrocompactador 04:

**Tabla4.24 Resultados de la aplicación de ALD VIB-04**

<b>VIB-04</b>		
<b>Modos de Fallas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
Evidentes (H)	20	43.48%
No Evidentes	6	13.04%
Afecta a la Seguridad (S)	10	21.74%
Afecta al Ambiente (E)	2	4.35%
Afecta a la Producción (O)	8	17.39%
<b>Total de Modos de Fallas</b>	<b>46</b>	
<b>Tareas de Mantenimiento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
Tareas a Condición	10	38.46%
Tareas de Sustitución Cíclica	16	61.54%
<b>Total de Tareas de Mantenimiento</b>	<b>26</b>	

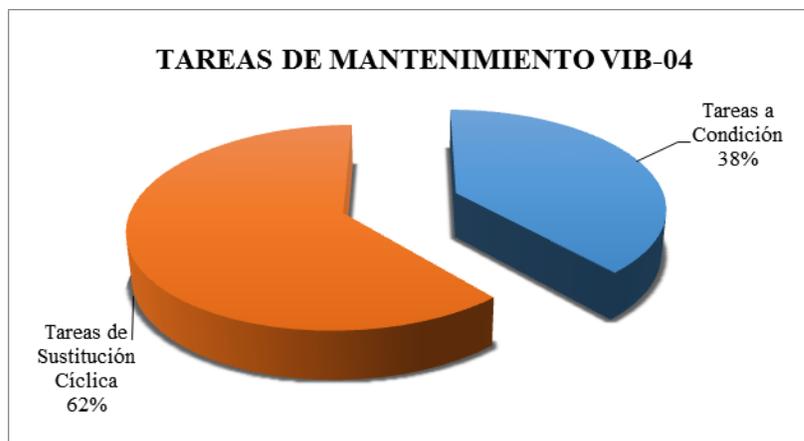
**Fuente:** El autor (2015)

De acuerdo a la tabla 4.24 anteriormente mostrada se tabularon y generaron las siguientes gráficas para analizar de mejor manera, a que factores afectan los modos de fallas y las tareas aplicadas (ver figura 4.14 y 4.15)



**Figura 4.14. Distribución de los modos de fallas VIB-04**  
**Fuente:** El autor (2015)

De acuerdo a la información mostrada en la gráfica de la figura 4.14 y a la secuencia del árbol lógico aplicado la cifra porcentual mayor es la del modo de falla que afectan a la seguridad de las personas con un 21,74%, los que afectan a la producción con 17,39% y las fallas evidentes 43,48%.



**Figura 4.15. Distribución de las tareas de mantenimiento del VIB-04**  
**Fuente:** El autor (2015)

Las tareas resultantes para los modos de fallas encontrados y arrojadas por el árbol lógico fueron las tareas de sustitución cíclica con un 61,54%, en segundo lugar se encuentran las tareas sujetas a condición 38,46%.

#### 4.4.3 Totalización de los resultados a nivel general

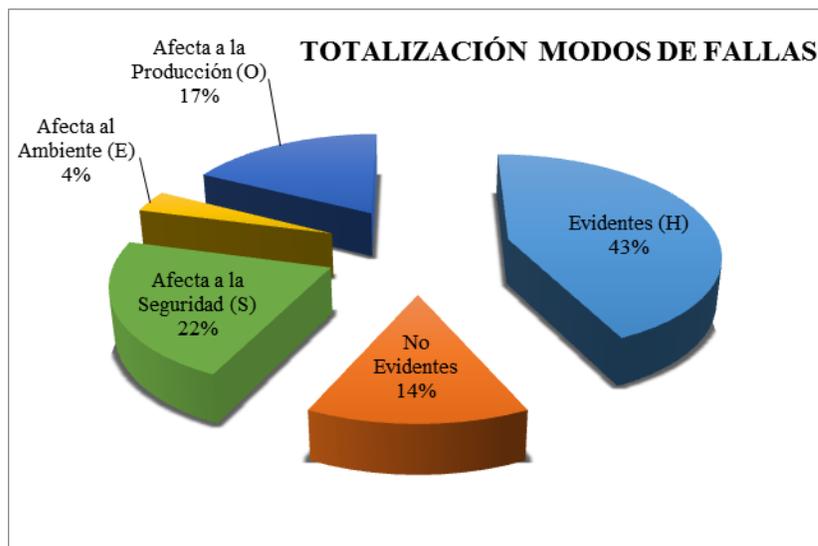
Luego de haber analizado todos y cada uno de los modos de fallas y las tareas de mantenimiento a aplicar en cada caso, se totalizaron a nivel general arrojando los datos de la siguiente tabla 4.25:

**Tabla4.25 .Resultados generales de la aplicación del ALD**

<b>TOTALIZACION DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO</b>			
	<b>Modos de Fallas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
	Evidentes (H)	74	43.02%
	No Evidentes	24	13.95%
	Afecta a la Seguridad (S)	38	22.09%
	Afecta al Ambiente (E)	6	3.49%
	Afecta a la Producción (O)	30	17.44%
	<b>Total de Modos de Fallas</b>	<b>172</b>	
	<b>Tareas de Mantenimiento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
	Tareas a Condición	35	35.71%
	Tareas de Sustitución Cíclica	63	64.29%
	<b>Total de Tareas de Mantenimiento</b>	<b>98</b>	

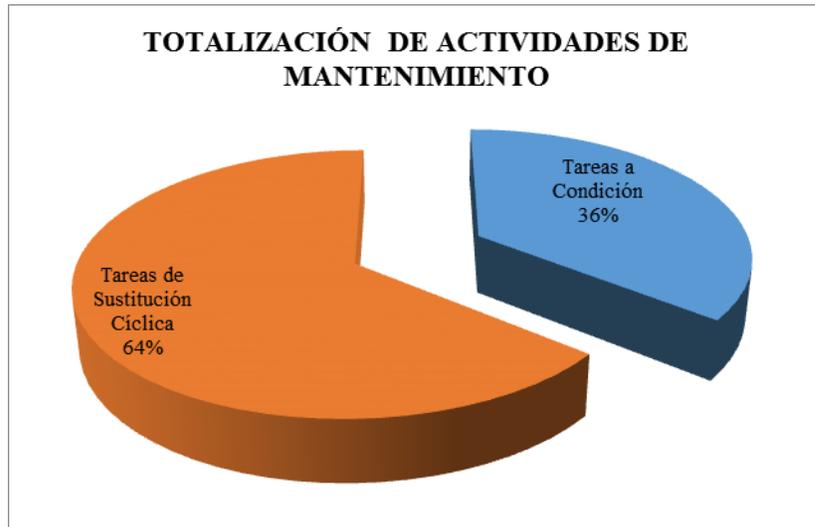
**Fuente:** El autor (2015)

A partir de la tabla mostrada se tabularon las siguientes gráficas que muestran a nivel general las cantidades porcentuales de los modos de fallas y su efecto en tanto en la producción, la seguridad y el ambiente, así como también las diferentes tareas aplicar (ver figura 4.16 y 4.17).



**Figura 4.16. Distribución de los modos de fallas nivel general**  
**Fuente:** El autor (2015)

A niveles generales como se muestra en la figura 4.16, el 22,09% de los modos de fallas afectan directamente la seguridad de las personas, el 17,44% a la producción debido a que las maquinarias deben detener sus funciones principales para solventar las fallas surgidas, el 3,49% afecta al ambiente puesto a que hay presencia de contaminación y otros factores que afectan al entorno, teniendo un 43,02% de modos de fallas evidentes.



**Figura 4.17. Distribución de las tareas de mantenimiento a nivel general**  
**Fuente:** El autor (2015)

El 64,29% de las tareas de mantenimiento a aplicar son de sustitución cíclica, cambio de partes, revisiones, inspecciones sustituciones, entre otros. El 35,71% representa las tareas sujetas a una condición de ocurrencia para poder ser llevadas a cabo, como se evidencia en la figura 4.17.

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

- A través de la descripción del contexto operacional se constató que la empresa Constructora Comarfa C.A cumple con la función de brindar servicios de deforestación manual/mecánica, limpieza y acondicionamiento de áreas de trabajo como también servicios de equipos y transportes de materiales mediante maquinarias pesadas. El sistema cuenta con un total de doce (12) maquinarias pesadas tomadas como unidades de estudio de las cuales cuatro (04) son payloaders, cuatro (04) motoniveladoras y cuatro (04) vibrocompactadores. As
- Con la aplicación de la metodología PDVSA E & P OCCIDENTE 2002 se pudo conocer que las maquinarias que acarrearón mayor nivel de criticidad fueron las siguientes: -Crítico: Payloader 928G PAY-02, -Muy Crítico: Payloader 928G PAY-04, Motonivelador 120H MOT-03 y MOT-04, y Vibrocompactador Caterpillar CS-323 VIB-04.
- Al efectuar el análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) se determinó que las maquinarias pesadas han presentado cincuenta (50) fallas funcionales, cien (100) modos de fallas y cuarenta y cinco (45) funciones, representadas porcentualmente en 26%, 51% y 23% respectivamente
- Con el uso del análisis de modos efectos de fallas (AMEF) y el árbol lógico de decisiones (ALD), se determinaron noventa y ocho (98) actividades de mantenimiento distribuidas de la siguiente forma: Tareas a Condición treinta y cinco (35) y de Sustitución Cíclica sesenta y tres (63). En lo que respecta a los

modos de falla se obtuvieron 74 Evidentes, 24 No Evidentes, 38 Afectan a la Seguridad, 06 Afectan al Ambiente y 30 Afectan la Producción; con un total de 172 Modos de fallas.

- Finalmente, se concluye que los Planes de Mantenimiento basado en la Metodología del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, planteado en esta tesis, apoyarán el proceso de planificación, programación y ejecución de las actividades de mantenimiento a realizarse, así como al proceso de requerimiento de recursos (materiales, repuestos y servicios) necesarios para llevar a cabo dichas actividades; adicionalmente este plan permitirá llevar un control constante, ordenado y preciso de las gestiones diarias de mantenimiento lo que conllevara a la fácil toma de decisiones

## **5.2 Recomendaciones**

- Aplicar los planes de mantenimiento diseñados, para tener mayor control sobre las actividades de mantenimiento que se le realizan a las maquinarias pesadas, y poder así aumentar y mantener la disponibilidad de las mismas.
- Se deben de aplicar los indicadores de mantenimiento propuestos, para determinar la disponibilidad de las maquinarias pesadas, la fiabilidad de las mismas, fallas recurrentes y el tiempo promedio de reparación, con los cuales la empresa Constructora Comarfa C.A. estará monitoreando el rendimiento de cada maquinaria y los niveles de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad.
- Actualizar anualmente los planes de mantenimiento, para ejecutar ajustes en caso de ser necesarios, principalmente revisar las frecuencias con que se realiza cada

actividad para evitar efectuar sobre mantenimiento y que esto no se vuelva un inconveniente.

- Realizar cursos de capacitación, reparación y operación de maquinarias pesadas. La constante capacitación de los técnicos de la empresa es vital para el adecuado mantenimiento de las maquinarias pesadas. Impartir los cursos de capacitación en forma constante al personal de mantenimiento y operadores de la maquinaria pesada, para mejorar las condiciones de servicio de las mismas.
- Establecer un sitio accesible ya sea en el taller o en las oficinas para colocar los planes, manuales y catálogos del fabricante; para el uso y consulta de información debido a que estos brindan todo lo relacionado a los mecanismos y procedimientos de mantenimiento preventivo mínimos sugeridos para cada tipo, marca y modelo de maquinaria.
- Establecer un almacén de repuestos con la finalidad de no invertir tiempo en adquirir los componentes y además organizar la bodega por marca, tipo y aplicación de repuesto siguiendo el programa de las 5S.
- Elaborar un análisis de costo por actividad para los planes diseñados.
- Considerar la puesta en uso por parte del Departamento de Mantenimiento de los formatos de registro de fallas de mantenimiento correctivo y de tiempo de parada y arranque al igual que el formato de historial de vida de cada maquinaria, los cuales servirán para llevar un historial de fallas, conocer todos los modos en que puedan fallar y como atacarlos de inmediato, hacer seguimientos y tomar decisiones que contribuyan a disminuir estas horas inoperativas.

- Se recomienda solicitar informes detallados sobre las condiciones de las maquinarias y sus elementos, cuando éstas reciben mantenimiento por empresas o servicios técnicos especializados externos, así como la garantía y los términos en trabajos por ellos realizados para ser anexados al historial de cada maquinaria.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Agraz Industrial (2005) Mantenimiento. División predictivo.

Améndola, L, (2006). Gestión de Proyectos de Activos Industriales. EDITORIAL DE LA UPV, Valencia.

Arias, F. (1999) “El proyecto de investigación: guía para su elaboración” (3era edición). Caracas, Venezuela: Editorial Episteme.

Arias, F. (2006).El Proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología. Científica. (5ª Edición), Editorial Episteme: Caracas

Autores varios (2005). “Manual de trabajo de grados de especialización y maestría y tesis doctorales”. UPEL. Caracas.

Betancourt, E., (2012). “Diseño de planes de mantenimiento preventivo a los equipos de bombeo de la sala A del patio de tanques oficina PDVSA-San Tome”. Trabajo de Grado realizado para optar al título de Ingeniero Industrial de la Universidad de Oriente (UDO).

CATERPILLAR (1998) Manual de partes y servicios Caterpillar – Caterpillar 120H.

CATERPILLAR (2012) Manual de partes y servicios Caterpillar – Caterpillar Compactadores de suelos/vibratorios.

CATERPILLAR (2013) Manual de partes y servicios Caterpillar.

Duffuaa, S., Abdul Raouf, John Dixon Campbell. (2002) “Sistemas de Mantenimiento: Planeación y Control” Editorial Limusa S.A de C.V.

FONDONORMA (2001) Normas Venezolanas COVENIN 3049-93 “Mantenimiento. Definiciones”, Venezuela.

Franco, J. (2006). Manual de Refrigeración. Editorial Reverté, S.A Barcelona – España.

García, A. (1999) Estructura lingüística de la Documentación: Teoría y Métodos

Gelviz, F., (2013). “Diseño de planes de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) para los tratadores térmicos y calentadores del área operacional Campo Mata de PDVSA Producción Gas Anaco.” Trabajo de Grado realizado para optar al título de Ingeniero Industrial de la Universidad de Oriente (UDO).

Ley de Tránsito y Transporte Terrestre – Decreto N° 1.535 (2002)

Martínez, V., (2012). “Diseño de planes de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento centrado confiabilidad (MCC) para los equipos del sistema de desetanización del tren “A” de la planta de extracción San Joaquín de PDVSA Gas”. Trabajo de Grado realizado para optar al título de Ingeniero Industrial de la Universidad de Oriente (UDO).

MOUBRAY, John; (1997); RCM, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Edición en español. Segunda Edición. Industrial Press Inc.

Neto, Edwin. (2008) “Mantenimiento Industrial” MACAS- ECUADOR, MARZO, 2008

Norma Internacional ISO 14224 (1999) Primera edición. Industria de Petróleo y Gas – Recolección e Intercambio de Datos de Confiabilidad y Mantenimiento de Equipos

Norma PDVSA MM-01-01-01 (2010). Manual de Mantenimiento, Definiciones de Mantenimiento y Confiabilidad.

Prando, R. (1996) “Manual Gestión de Mantenimiento a la Medida” (Primera Edición). Guatemala: Editorial Piedra Santa.

Prof. Tec. Robert Paul Orosco Bustinza. Manual de operación de cargador de ruedas

Ramírez, T. (1999). “Como hacer un proyecto de investigación” (1ra edición). Caracas, Venezuela: Editorial Panado.

Robbiss, S. (2005) Administración. Editorial Marisa de Anta, México.

Sabino, C. (2000). “El Proceso de investigación”. Caracas, Venezuela: Editorial Panapo de Venezuela.

SAE JA – 1011 Evaluation Criteria for RCM Processes

SAE JA – 1012 (2002-01) “Una Guía para la Norma de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)”

Sampiere, R Collado, C y Pilar, L (1991). “Metodología de la Investigación”. Editorial Mc Graw Hill. México.

Smith, A. (1992). Reliability Centered Maintenance. Mc Graw Hill, New York, USA.

Suárez, D. (2008). Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC). Confirma & Consultores, C.A; Puerto La Cruz.

Tamayo y Tamayo M. (2004). El Proceso de la investigación Científica. (Cuarta Edición) Limusa: México

Univ. Richard Mamani L. Maquinarias y Equipos de Construcción. CIV-247  
[www.maquinariaspesadas.org](http://www.maquinariaspesadas.org)

Velásquez, J., (2013) “Diseño de planes de mantenimiento basado en la filosofía de mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) para las unidades pesadas de Hot Oiler de la empresa ingeniería y servicio técnico NEWSCA, S.A. perteneciente al municipio Anaco, estado Anzoátegui” Trabajo de Grado realizado para optar al título de Ingeniero Industrial de la Universidad de Oriente (UDO).

## **ANEXOS**

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

<b>TÍTULO</b>	DISEÑO DE PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADOS EN LA METODOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA LAS MAQUINARIAS PESADAS PERTENECIENTES A LA EMPRESA CONSTRUCTORA COMARFA C.A., UBICADA EN EL MUNICIPIO PEDRO MARÍA FREITES DEL ESTADO ANZOÁTEGUI
<b>SUBTÍTULO</b>	

**AUTOR (ES):**

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>CÓDIGO CULAC / E MAIL</b>
Mireles, Alejandra I.	<b>CVLAC:</b> 19.983.937 <b>E MAIL:</b> Alemireles@gmail.com
	<b>CVLAC:</b> <b>E MAIL:</b>
	<b>CVLAC:</b> <b>E MAIL:</b>
	<b>CVLAC:</b> <b>E MAIL:</b>

**PALABRAS O FRASES CLAVES:**

MCC

Maquinaria Pesada

AMEF

ALD

Plan

Mantenimiento

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

ÁREA	SUBÁREA
Ingeniería	Ingeniería Industrial

**RESUMEN (ABSTRACT):**

En este trabajo de investigación se presenta el diseño de planes de mantenimiento preventivo basados en la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad para las maquinarias pesadas pertenecientes a la empresa Constructora COMARFA C.A., ubicada en el Municipio Pedro María Freites del Estado Anzoátegui., mediante una investigación descriptiva y de campo, se realizó el levantamiento de información con el propósito de conocer los procesos y maquinarias pesadas relacionadas al sistema, para hacer una descripción del contexto operacional resultando como unidades de estudio 12 maquinarias pesadas (04 Payloaders, 04 Motoniveladoras y 04 Vibrocompactadores), seguidamente a través de la metodología PDVSA E & P Occidente 2002 se identificaron 05 maquinarias pesadas críticas (02 Payloaders, 02 Motoniveladoras y 01 Vibrocompactador), posteriormente se realizó un Análisis Modo Efecto Falla (AMEF) para discernir cuales eran las funciones, fallas funcionales, modos de fallas y efectos en las maquinarias críticas, se realizó a su vez la evaluación del Árbol Lógico de Decisiones (ALD), que ayudó a establecer las actividades de mantenimiento para los planes, finalmente se diseñaron planes de mantenimiento preventivo para las máquinas pesadas que presentaron alto índice de criticidad, los cuales ayudarán a alcanzar la mayor operatividad, minimizar los costos, disminuir las fallas.

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

**CONTRIBUIDORES:**

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
	ROL	CA	AS X	TU	JU
MSc. Bousquet, Juan	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS X	TU	JU
Ing. Prado, Gabriela	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU X	JU
Ing. Valderrama, Rita A.	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU X
(Esp.) Ing. Alcántara, José	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU X

**FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:**

2015	07	15
AÑO	MES	DÍA

**LENGUAJE. SPA**

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

**ARCHIVO (S):**

<b>NOMBRE DE ARCHIVO</b>	<b>TIPO MIME</b>
TESIS. Diseño de planes de mantenimiento.doc	Application/msword

**CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS:** A B C D E F G H I J  
K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z. 0  
1 2 3 4 5 6 7 8 9.

**ALCANCE**

**ESPACIAL:** Dpto. Mantenimiento/ COMARFA C.A. (Cantaura) **(Opcional)**

**TEMPORAL:** Seis meses **(Opcional)**

**TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

Ingeniero Industrial

**NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

Pregrado

**ÁREA DE ESTUDIO:**

Ingeniería Industrial

**INSTITUCIÓN(ES) QUE GARANTIZA(N) EL TÍTULO O GRADO:**

Universidad de Oriente / Extensión Región Centro Sur Anaco

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CU N° 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano  
**Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ**  
Vicerrector Académico  
Universidad de Oriente  
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
SISTEMA DE BIBLIOTECA  
RECIBIDO POR *Ragley*  
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

*Juan A. Bolaños Cuneo*  
JUAN A. BOLAÑOS CUNEO  
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Telesinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YOC/manuja

Apertado Correos 094 / Teléfono: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

**DERECHOS**

De acuerdo al Artículo 41 del Reglamento de trabajos de grado:

“Los trabajos de grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, el cual lo participará al Consejo Universitario”.

**AUTOR**

**Mireles, Alejandra I  
AUTOR**

**AUTOR**

**Msc. Bousquet, Juan  
TUTOR**

**Ing. Valderrama, Rita A.  
JURADO**

**(Esp.) Ing. Alcántara, José  
JURADO**

**Ing. Valderrama, Rita  
POR LA COMISIÓN DE TESIS**