

ESTRUCTURACIÓN DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO EN EMPRESA  
DEDICADA AL ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y LOS  
MONTAJES INDUSTRIALES

JAIME BOTERO ÁLVAREZ

UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO INGENIERÍA MECÁNICA  
MEDELLÍN  
2010

ESTRUCTURACIÓN DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO EN EMPRESA  
DEDICADA AL ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y LOS  
MONTAJES INDUSTRIALES

JAIME BOTERO ÁLVAREZ

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico

Asesor:

JUAN DAVID CARO

UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO INGENIERÍA MECÁNICA  
MEDELLÍN  
2010

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

Firma

Nombre:

Presidente del jurado

---

Firma

Nombre:

Jurado

---

Firma

Nombre:

Jurado

Medellín, 17 de Noviembre de 2010

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la empresa Arrendaequipos por permitir el desarrollo de este proyecto y por brindarme todas las facilidades para el buen desarrollo de este.

A todos los profesores que han hecho parte de mi formación dentro de la universidad y a todas aquellas personas que me han brindado un acompañamiento técnico en mi vida industrial.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. OBJETIVOS	17
1.1 OBJETIVO GENERAL	17
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	18
3. METODOLOGÍA	20
4. DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE ÁREA DE MANTENIMIENTO POR MEDIO DEL ACOMPAÑAMIENTO DE LAS TAREAS DENTRO DE LA EMPRESA	21
5. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	22
6. MANTENIMIENTO	27
6.1 NIVELES DE MANTENIMIENTO	28
6.1.1 Nivel instrumental	29
6.1.1.1 Mano de obra	30
6.1.1.2 Equipos de trabajo	31
6.1.1.3 Espacio físico	34
6.1.1.4 Sistemas de información	38
6.1.1.5 Capital	40
6.1.1.6 Maquinaria, herramientas y repuestos	42

6.1.1.7 Tecnología	44
6.1.1.8 Recursos naturales	45
6.1.1.9 Flash Audit	46
6.1.2 Nivel operacional	49
6.1.2.1 Correctivo	50
6.1.2.2 Correctivo no planificado	51
6.1.2.3 Correctivo planificado	51
6.1.2.4 Modificativo	52
6.1.2.5 Preventivo	53
6.1.2.6 Predictivo	55
6.1.3 Nivel táctico	55
6.1.3.1 TPM	56
6.1.3.2 Pilares del TPM	57
6.1.3.3 RCM	58
6.1.3.4 Objetivo del RCM	58
6.1.3.5 Ventajas del RCM	59
6.1.3.6 Implementación de un plan de mantenimiento preventivo RCM	59
6.1.3.7 Análisis de fallas	59
6.1.4 Nivel estratégico	61
6.1.4.1 CMD	62
6.1.4.2 Confiabilidad	64
6.1.4.3 Mantenibilidad	64
6.1.4.4 Disponibilidad	65
7. PLAN ESTRUCTURAL DE MANTENIMIENTO	69
8. CONCLUSIONES	72
9. RECOMENDACIONES	73

BIBLIOGRAFÍA	74
ANEXOS	77

## LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Licencias de construcción otorgadas	14
Ilustración 2. Alquiler de equipos para la construcción y los montajes industriales	14
Ilustración 3. Metodología	20
Ilustración 4. Componentes básicos estructura	24
Ilustración 5. Esquema organigrama actual	25
Ilustración 6. Niveles de mantenimiento	28
Ilustración 7. Nivel instrumental	29
Ilustración 8. Evaluación nivel instrumental	30
Ilustración 9. Bodegas principales	36
Ilustración 10. Bodega la floresta 200m	37
Ilustración 11. Diagrama sistemas de información	38
Ilustración 12. Radar resultados gráficos Flash audit	47
Ilustración 13. Nivel operacional	49
Ilustración 14. Nivel operacional	50
Ilustración 15. Nivel táctico	56
Ilustración 16. Pilares TPM	57
Ilustración 17. Mantenimiento estratégico	62
Ilustración 18. Tiempos importantes, siglas que se usan CMD	63

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Análisis 2008 Sectorial (compañías Arrendamiento de maquinaria y equipos)	15
Tabla 2. Análisis 2007 Sectorial (compañías Arrendamiento de maquinaria y equipos)	15
Tabla 3. Diagnóstico estructura organizacional y organigrama	25
Tabla 4. Diagnóstico recurso humano	31
Tabla 5. Diagnóstico equipos de trabajo	34
Tabla 6. Diagnóstico espacio físico	35
Tabla 7. Diagnóstico sistema de información	39
Tabla 8. Diagnóstico capital	41
Tabla 9. Diagnóstico maquinaria, herramientas y repuestos	43
Tabla 10. Diagnóstico tecnología	45
Tabla 11. Diagnóstico recurso naturales	46
Tabla 12. Personal encuestado	47
Tabla 13. Resultados gerentes Flash audit	48
Tabla 14. Resultados mantenimiento Flash audit	48
Tabla 15. Resultados producción Flash audit	48
Tabla 16. Resultados producción Flash audit	49
Tabla 17. Diagnóstico correctivo	52
Tabla 18. Diagnóstico Modificativo	53
Tabla 19. Diagnóstico preventivo	54
Tabla 20. Diagnostico predictivo	55
Tabla 21. Diagnóstico nivel táctico	61
Tabla 22. Diagnóstico nivel estratégico	68
Tabla 23. Plan estructural nivel instrumental	69

Tabla 24. Plan estructural nivel operacional	70
Tabla 25. Plan estructural nivel táctico	70
Tabla 26. Plan estructural nivel estratégico	71

## LISTA DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1. Disponibilidad	65
Ecuación 2. Disponibilidad genérica	66
Ecuación 3. Disponibilidad intrínseca	66
Ecuación 4. Disponibilidad alcanzada	66
Ecuación 5. Disponibilidad operacional	67
Ecuación 6. Disponibilidad operacional generalizada	67

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Propuesta Organigrama Por Maquinas	77
Anexo B. Propuesta Grupos De Trabajo	78
Anexo C. Propuesta Informe Centro De Costos	79
Anexo D. Propuesta Orden De Compra	80
Anexo E. Propuesta Informe Compras Por Mes	81
Anexo F. Propuesta Fichas Mantenimiento	82
Anexo G. Propuesta Ficha De Manejo	83
Anexo H. Tabla Diagnósticos	84
Anexo I. Árbol Lógico En El Rcfa	85
Anexo J. Estructura Sistémica, Organizacional Y Funcional De Mantenimiento	86

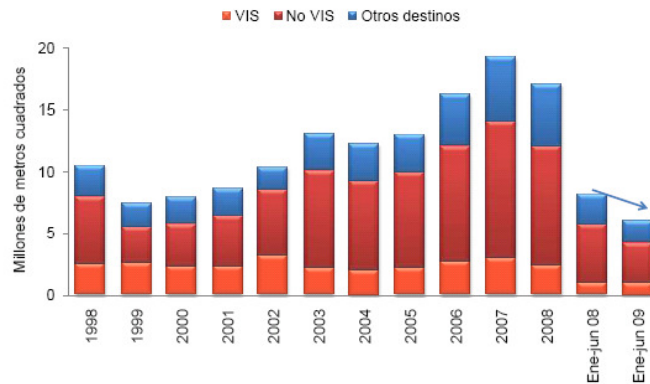
## INTRODUCCIÓN

Existe un amplio consenso sobre el importante aporte del sector de la construcción en Colombia en los últimos años al dinamismo de la actividad económica nacional. No obstante, la construcción es un sector que presenta fuertes fluctuaciones. En efecto, para el período 1980 – 2006 el Producto Interno Bruto (PIB), de la construcción (que incluye la actividad edificadora y las obras civiles) ha tenido cerca de dos ciclos, que involucran fases expansivas y recesivas. A pesar de esto, en ninguna de las fases expansivas registradas se ha observado una dinámica tan favorable como la de los últimos seis años, con una tasa de crecimiento promedio bastante alta de 13,2% (Camacol@, 2008).

El sector de la construcción y obras civiles en Colombia tiene un crecimiento continuo y acelerado en los últimos años como se puede observar en la ilustración 1. Este crecimiento ha influenciado positivamente a la empresa Arrendaequipos S.A. Esto se ve reflejado en el incremento de las ventas, activos y su capital humano, además la ha llevado a convertirse en una de las empresas más importantes del gremio en la ciudad de Medellín. (Como se puede ver entre el 2007 y 2008 en la tabla 1 y 2 respectivamente)

Arrendaequipos S.A. es una empresa familiar de la ciudad de Medellín con más de 32 años en el mercado, especializada en alquiler de equipos para la industria, montaje y construcción. Adicionalmente se dedica a la venta de equipos y prestación de servicios como: cortes y allanados de pisos, demoliciones, movimientos de tierra, suministro de mano de obra para la operación de máquinas y equipos industriales.

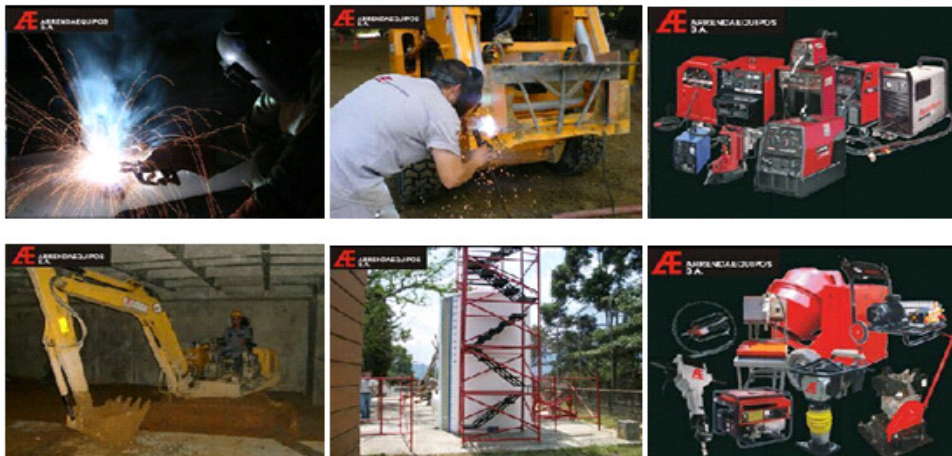
Ilustración 1. Licencias de construcción otorgadas



Fuente: (Camacol,2008)

En la ilustración 2 se ilustra una parte de la variedad de equipos y servicios con los que cuenta la empresa.

Ilustración 2. Alquiler de equipos para la construcción y los montajes industriales.



Fuente: (Arrendaequipos@ ,2010)

La empresa cuenta con una variedad de equipos a motor y mecánicos que están siempre a la vanguardia en tecnología, introduciendo maquinaria de diferentes marcas (Arrendaequipos@, 2010).

En la actualidad la empresa cuenta con 60 empleados entre administrativos, mantenimiento y personal de producción (operarios de maquinaria y equipos). La administración de la compañía ha estado siempre en cabeza de sus accionistas quienes han direccionado y controlado los roles de cada uno de los empleados. En los últimos cinco años la empresa ha crecido de manera significativa, los empleados pasaron de 13 a 60, la maquinaria y equipos se triplicó al igual que las ventas. El crecimiento no planeado en mano de obra y maquinaria ha generado en Arrendaequipos debilidades en diversas áreas, especialmente en aquellas relacionadas con el mantenimiento de la compañía.

Tabla 1. Análisis 2008 Sectorial en millones de pesos M/L (compañías Arrendamiento de maquinaria y equipos)

Razón Social	TOTAL ACTIVO CORRIENTE	TOTAL ACTIVO NO CORRIENTE	TOTAL ACTIVO	TOTAL PASIVO CORRIENTE	TOTAL PASIVO	TOTAL PATRIMONIO	TOTAL PASIVO Y PATRIMONIO	59 GANANCIAS Y PERDIDAS
EQUIPOS GLEASON S.A.	3.555.584	9.655.384	13.210.968	906.137	922.617	12.288.351	13.210.968	1.129.473
ARRENDAEQUIPOS S.A.	686.190	2.450.879	3.137.069	530.114	685.912	2.451.157	3.137.069	685.727
CIMBRADOS S.A.	1.303.069	2.720.791	4.023.860	952.050	1.014.829	3.009.031	4.023.860	679.064
RENTA EQUIPOS S.A.	681.821	1.481.476	2.163.297	654.309	654.309	1.508.988	2.163.297	483.824
EQUIPOS A.M.C. S.A.	1.191.435	1.117.879	2.309.314	342.082	627.991	1.681.323	2.309.314	372.442
CONALQUIPO LTA.	2.409.816	2.645.666	5.055.482	77.030	3.378.358	1.677.124	5.055.482	241.521
A.C. EQUIPOS LTDA	506.670	1.115.919	1.622.589	634.500	634.500	988.089	1.622.589	119.780
EQUIPOS Y SERVICIOS DE CONSTRUCCION S.A.	607.852	43.178	651.030	257.676	283.676	367.354	651.030	109.795
EQUIPOS Y SERVICIOS CIVILES LTDA	555.995	230.656	786.651	434.777	434.777	351.874	786.651	106.472
EXCAVACIONES M Y N LTDA	64.299	278.728	343.027	304.128	304.128	38.899	343.027	19.404
AWC CONSTRUCCIONES Y CIA LTDA	276.878	298.776	575.654	421.299	641.548	- 65.894	575.654	11.807

Fuente: (Arrendaequipos@ ,2010)

Tabla 2. Análisis 2007 Sectorial en millones de pesos M/L (compañías Arrendamiento de maquinaria y equipos)

Razón Social	TOTAL ACTIVO	TOTAL PASIVO CORRIENTE	TOTAL PASIVO	TOTAL PATRIMONIO	TOTAL PASIVO Y PATRIMONIO	59 GANANCIAS Y PERDIDAS	Porcentaje de Ganancias sobre Activos
EQUIPOS GLEASON S.A.	11.331.605	1.330.980	1.339.900	9.991.705	11.331.605	1.627.246	14%
CIMBRADOS S.A.	4.119.689	1.113.058	1.113.058	3.006.631	4.119.689	883.797	21%
ARRENDAEQUIPOS S.A.	2.277.513	530.622	630.097	1.647.416	2.277.513	799.335	35%
EQUIPOS A.M.C. S.A.	1.698.708	386.846	386.846	1.311.862	1.698.708	215.305	13%
CONALQUIPO LTA.	4.288.867	299.205	2.875.572	1.413.295	4.288.867	165.338	4%
EQUIPOS Y SERVICIOS DE CONSTRUCCION S.A.	817.206	533.647	559.647	257.559	817.206	91.594	11%

Fuente: (Arrendaequipos@ ,2010)

La compañía por lo anterior encuentra la necesidad de un proyecto para estructurar el área de mantenimiento y con esto obtener beneficios en todos los niveles de la empresa ya que dicha área impacta directamente la calidad del servicio, los tiempos de entrega, la logística, la disponibilidad de los equipos, los costos y las ventas.

El mantenimiento está ligado a varios factores que condicionan en gran medida su funcionamiento: el personal existente en la propia empresa, ya dedicado a estas tareas; la disponibilidad de recursos económicos y la estabilidad financiera de la empresa; el nivel de disponibilidad exigido a las instalaciones como consecuencia de su incidencia en la producción; la fiabilidad de los equipos y sus redundancias; el estado actual de los equipos e instalaciones. Pero todo ello no debe suponer argumentos para no acometer medidas que permitan disminuir los gastos de mantenimiento o en otros directamente ligados a él.

Los costos son un factor decisivo en el funcionamiento de una empresa, el buen desempeño de los equipos, la organización de las tareas y de los recursos pueden hacer que la empresa sea mucho más eficiente a la hora de realizar su actividad económica. Desde la responsabilidad del mantenimiento, es posible poner en marcha acciones que disminuyan los gastos por diversos conceptos. (Bona, 1999)

La reducción de costos al organizar el área de mantenimiento de los equipos debe ser evidente, debido a que con un grupo de trabajo que cumpla con cada una de sus tareas de mantenimiento y con la optimización de los recursos físicos podemos lograr la reducción al máximo de fallas que disminuiría los tiempos de los mecánicos y demás empleados en obras o industrias realizando tareas correctivas y aumentar la vida de cada uno de los equipos por medio de la organización del área de mantenimiento. La estructuración del área de mantenimiento nos permite proyectar la programación de cada una de las actividades de los empleados del área.

## 1. OBJETIVOS

### 1.1 OBJETIVO GENERAL

Fundamentar los conceptos básicos de mantenimiento en los niveles instrumental, operativo, táctico y estratégico en la empresa Arrendaequipos S.A.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.2.1 Diagnosticar el estado de los diferentes criterios de mantenimiento, en cada nivel en la empresa Arrendaequipos S.A.

1.2.2 Plantear alternativas de mejoramiento en los puntos encontrados como susceptibles en los cuales se puedan hacer mejoras.

1.2.3 Presentar un plan estructural de mantenimiento a corto, mediano y largo plazo en la empresa Arrendaequipos S.A.

1.2.4 Concluir los principales resultados obtenidos en el proyecto.

1.2.5 Sugerir para nuevos proyectos elementos que permitan el mejor desarrollo de estos.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

El ingeniero Santiago Marulanda (Arrendaequipos S.A., gerente técnico, Medellín, Colombia, entrevista 2010): La empresa en la actualidad cuenta con una variedad y cantidad de equipos para alquiler en el sector de la construcción y los montajes industriales entre los cuales están: maquinaria media de obras civiles, andamios y complementarios, equipos para construcción, equipo para fijación y demolición, formaletería, compresores, equipo de tracción vertical y arrastre, gatos, herramienta mecánica y herramienta menor, herramienta para roscar y para tubería, motores y soldadores entre otros.

Estos equipos permanecen largo tiempo en las obras e industria de los clientes, por lo que la operación de los mismos es permanente y en muchos casos inadecuada por la falta de capacitación y experiencia de los operadores. Es por esto que el área de mantenimiento juega un papel vital en la operación de la compañía ya que permite tener los equipos disponibles para los clientes, brindar un buen servicio y garantizar la calidad.

Con el crecimiento de la empresa y el ingreso de nuevos empleados se ha perdido el control del departamento de mantenimiento y de las tareas que debe realizar cada empleado para garantizar el buen funcionamiento de los equipos.

En muchas ocasiones los equipos son enviados a los clientes sin las verificaciones y mantenimientos apropiados, por lo que se desconoce el estado en el que se encuentran. Esto sucede porque los equipos mientras permanecen alquilados no se les realizan seguimiento o solo se les realiza una actividad correctiva para que puedan seguir cumpliendo con las necesidades del cliente. Este tipo de actividades correctivas en la mayoría de los casos son de alto costo y perjudican

la imagen de la empresa, además comprometen el tiempo de los mecánicos que debería estar invertido en la realización de actividades preventivas programadas que son menos costosas que las correctivas. Además la falta de claridad y jerarquización de las funciones del personal de mantenimiento genera pérdidas de tiempo, reprocesos e ineficiencia.

La compañía Arrendaequipos S.A. en la actualidad no cuenta con una estructura definida del área de mantenimiento, por lo que se requiere identificar puntos críticos los cuales por medio de herramientas de mantenimiento se puedan organizar y permitan crear una propuesta que beneficie la estructura interna de la empresa.

### 3. METODOLOGÍA

El proyecto se realizó mediante la utilización de la siguiente metodología que comienza con el diagnóstico general de la empresa hasta concluir y realizar recomendaciones. Ver ilustración 3.

Ilustración 3. Metodología

1		Diagnostico y análisis del estado del área de mantenimiento por medio del acompañamiento de las tareas dentro de la empresa
2		Diagnostico y análisis por medio metodología Flash Audit
3		Análisis de los principales conceptos de mantenimiento
4		Análisis del estado de los 4 niveles de mantenimiento dentro de la empresa
5		Plantear alternativas de mejoramiento
6		Conclusiones y recomendaciones

#### 4. DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE ÁREA DE MANTENIMIENTO POR MEDIO DEL ACOMPAÑAMIENTO DE LAS TAREAS DENTRO DE LA EMPRESA

El seguimiento y análisis a los diferentes roles y actividades relacionadas con el mantenimiento de la compañía por medio de la experiencia adquirida durante un año de práctica profesional y otro año adicional de experiencia laboral donde se encontraron varios puntos con fortalezas y otros por mejorar.

Fortalezas:

- Estabilidad económica
- Apoyo económico por parte de la gerencia para la realización de actividades de mantenimiento
- Personal con alta experiencia en la reparación de equipos
- Reconocimiento en el mundo de la construcción y los montajes industriales
- Crecimiento continuo

Puntos por mejorar:

- Planeación de actividades
- Definición de roles
- Jerarquización del trabajo
- Control y seguimiento a actividades
- Manejo inventarios de repuestos e insumos
- Especialización del trabajo
- Departamentalización del trabajo
- Mantenimientos preventivos
- Control de tiempos y mano de obra

## 5. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

El mercado ofrece gran variedad de productos y servicios en los diferentes sectores de la economía por lo que la competencia entre compañías es muy grande por esto cada empresa debe buscar la manera de optimizar los recursos entre los cuales se encuentra la mano de obra. Particularmente para Arrendaequipos S.A, la mano de obra de mantenimiento y producción juega un papel fundamental en el servicio y la calidad que se les entrega a los clientes, lo cual finalmente es un factor diferenciador.

El ingreso siempre provino de la venta de un producto o servicio, esta visión primaria llevó a las empresas a centrar sus esfuerzos de mejora en la función de producción. El mantenimiento fue "un problema" que surgió al querer producir continuamente, de ahí que fue visto como un mal necesario, una función subordinada a la producción cuya finalidad era reparar desperfectos en forma rápida y barata (Hutt & Marmioli, 2009).

El conocimiento que se tiene de la curva de mejoras incrementales\* después de un largo período es difícilmente sensible y es por eso que esta realidad ha volcado la atención sobre el mantenimiento, porque puede afectar directamente variables vitales de la empresa como: costos de producción, calidad del producto servicio, capacidad operacional (aspecto relevante dado el alto índice de competitividad y por citar solo un ejemplo, el cumplimiento de plazos de entrega), la capacidad de

---

\* Mejora incremental : Proceso de acumulación gradual y continua de pequeñas mejoras

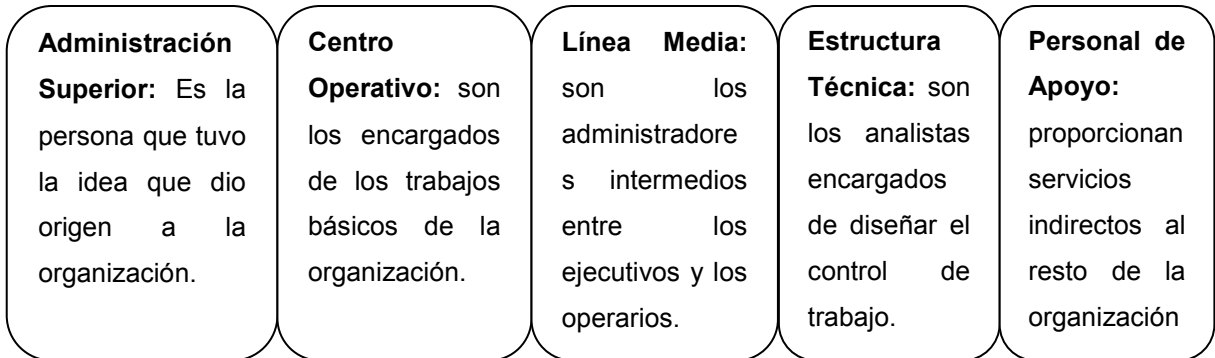
respuesta de la empresa como un ente organizado e integrado: por ejemplo, al generar e implantar soluciones innovadoras y manejar oportuna y eficazmente situaciones de cambio, la seguridad e higiene industrial, la calidad de vida de los colaboradores de la empresa, la imagen y seguridad ambiental de la compañía, entre otras. (El prisma@)

La Federación Europea de Sociedades Nacionales de Mantenimiento (*European Federation of National Maintenance Societies*) define mantenimiento como: “todas las acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida. Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes” y por lo tanto lo principal que se debe definir es la estructura organizacional que se encarga del mantenimiento de la empresa, porque es desde ahí en donde se ejecutan las acciones y se establece un orden que puede significar el éxito o el fracaso de las actividades a realizar (Hutt & Marmioli, 2009).

En el libro “Diseño de Organizaciones eficientes” de Mintzberg se define estructura organizacional como: “La estructura organizacional puede ser definida como las distintas maneras en que puede ser dividido el trabajo dentro de una organización para alcanzar luego la coordinación del mismo orientándolo al logro de los objetivos” (Mintzberg, 2001: 365). Ver ilustración 4

#### Ilustración 4. Componentes básicos estructura

Plantea 5 componentes básicos:

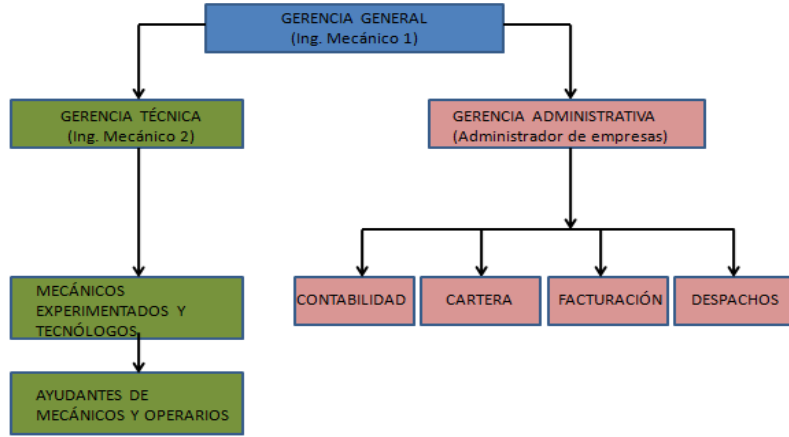


Fuente: Mintzberg, 2001: 365.

La estructura organizacional de la empresa se puede calificar como una estructura simple que está formada por uno o pocos administradores y un grupo de operarios que realizan el trabajo básico. Esta estructura se caracteriza por la ausencia de elementos y solo una pequeña parte de los comportamientos están estandarizados o formalizados y el planeamiento es mínimo. Hay poca necesidad de analistas asesores. Pocos administradores de línea media, pues la coordinación la realiza la administración superior. Por lo general es una organización flexible debido a que opera en un medio dinámico. El control es altamente centralizado (Hutt & Marmioli, 2009).

La representación más simple de la organización de la empresa es el organigrama que es un modelo abstracto y sistemático, que permite obtener una idea uniforme acerca de la estructura de la empresa. Permite desempeñar un papel informativo y obtener todos los elementos de autoridad, los diferentes niveles de jerarquía, y la relación entre ellos. En la estructura centralizada “el área de mantenimiento se encuentra en el mismo nivel jerárquico de la operación, este tipo de gestión puede darse en empresas medianas y pequeñas donde es un requerimiento para un mejor control” (Mora, 2005: 265)

Ilustración 5. Esquema organigrama actual



Fuente: Arrendaequipos

Tabla 3. Diagnóstico estructura organizacional y organigrama

DIAGNÓSTICO		ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL Y ORGANIGRAMA				
ETAPA	En desarrollo	En proceso	X	No existe		
Nivel desarrollo	1	2	3	X	4	5
1 BAJO		5 ALTO				

**DESCRIPCIÓN**

La estructura organizacional de la empresa no se encuentra bien definida por eso para la estructuración del área de mantenimiento se comienza con la evaluación para el análisis de la gestión de mantenimiento.

La empresa necesita desarrollar y ejecutar organizadamente sus actividades y operaciones, aplicando los principios que le permitan en conjunto tomar las mejores decisiones para ejercer el control de sus bienes.

En ocasiones la empresa tiene problemas en el desarrollo de las actividades de mantenimiento debido a que los empleados de mayor recorrido (supervisores) no tienen asignados de una manera adecuada mecánicos y tampoco sus tareas, por este motivo éstos no logran transmitir al resto de los empleados actividades claras sino que en varias ocasiones se interrumpen las actividades de mantenimiento para realizar tareas asignadas por otro supervisor y quedan tareas y mecánicos sin una buena dirección lo que hace poco eficiente el proceso (organigrama-especialización-departamentalización). Es de resaltar el gran material humano y técnico que se tiene en la empresa con personal de alto recorrido y liderazgo dentro de la misma que facilitan la organización de la empresa (trayectoria de 32 años).

Fuente: Arrendaequipos (2010)

## 6. MANTENIMIENTO. Desarrollo objetivo 1.2.1

Las empresas generadoras de bienes y servicios que utilizan instalaciones, edificios, maquinas, equipos, herramientas, utensilios, dispositivos, etc., para lograr su objetivo social y empresarial, necesitan que estos activos se mantengan en un buen estado de funcionamiento, de confiabilidad, de mantenibilidad y de disponibilidad, acorde a sus necesidades, por lo cual las organizaciones empresariales deben procurar que la vida útil de los equipos sea la máxima posible al mínimo costo alcanzable; lo cual se logra a través del mantenimiento industrial como una entidad de servicio a la producción. La forma de maximizar la eficacia, la eficiencia, la efectividad y la productividad de los activos, es mediante el conocimiento y la aplicación de las leyes que gobiernan la relación entre producción y mantenimiento (Mora, 2009)

La evolución industrial de los últimos años nos lleva analizar las diferentes herramientas que las compañías han desarrollado para el aumento de la productividad en las empresas, podemos analizar varias de ellas para elegir cuál puede ser la más apta para la empresa.

Las prácticas no se han llegado a comprender debidamente en muchas empresas de nuestro entorno, que han intentado desarrollarlas y cuando se comprenden fracasamos muchas veces en su aplicación por las dificultades que nos presentan sin un cambio de cultura previo y la falta de adaptación de dichas herramientas al propio entorno (Sacristán, 2001a: 349).

## 6.1 NIVELES DE MANTENIMIENTO

El autor Mora propone en el libro mantenimiento industrial, el enfoque sistémico kantiano es una metodología en donde se define las diferentes temáticas conceptuales de la ingeniería de fábricas y permite establecer los parámetros jerárquicos para unificar el lenguaje con el fin de facilitar su estudio, tratamiento y aplicación empresarial.

El autor plantea cuatro niveles que representan la jerarquización del enfoque kantiano: nivel instrumental, nivel operacional, nivel táctico y nivel estratégico. Ver ilustración 6.

Ilustración 6. Niveles de mantenimiento



Fuente: Mora, 2009

Los niveles van de forma ascendente siendo el nivel instrumental el primero y el estratégico el último, como se muestra en la ilustración 6. En la práctica industrial se podría comenzar aleatoriamente a aplicar en las actividades de mantenimiento las diferentes características que presenta cada nivel pero se recomienda que para que un nivel funcione correctamente el nivel anterior debe estar desarrollado (esto aplica del nivel operacional hacia arriba). (Botero, 2010)

6.1.1 Nivel instrumental. Este nivel procura el manejo sistémico de toda la información construida y requerida en un sistema de mantenimiento en lo referente a las relaciones entre personas, recursos y máquinas; pertenecen a este grupo todos los registros, documentos, historia, información, codificación, etc.; en general todo lo que identifica a los equipos, a los recursos de producción y de mantenimiento; la administración de la información y su tratamiento estadístico; la estructura organizacional de los tres elementos de un sistema de mantenimiento (Gaviria & Restrepo, 2005).

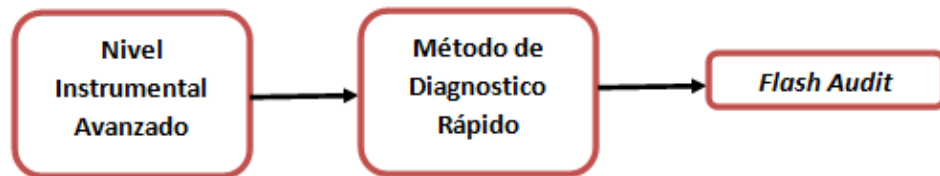
Los factores productivos básicos y los instrumentos avanzados a analizar se muestran en Ilustraciones 7 y 8.

Ilustración 7. Nivel instrumental



Fuente: Amado, 2009: 54.

Ilustración 8. Evaluación nivel instrumental



6.1.1.1 Mano de obra. La administración de los recursos humanos es aquella aplicada al mantenimiento de aquellos elementos presentes en el momento de la contratación del servicio, y relativo a acciones encaminadas a devolver la funcionalidad normal de las máquinas o a su sustitución por motivos de obsolescencia. (Gestiopolis, 2000)

Para el control y una administración adecuada de la mano de obra se debe definir el perfil del funcionario y la dotación de sus herramientas, a la vez que se deben establecer diseños adecuados para concretar los estándares del personal requerido para las actividades de mantenimiento. También aplicar programas de formación profesional permanente y jerarquizar la composición de titulares y ayudantes. Establecer un ranking del personal en el grupo y el grupo mismo para crear convenios colectivos pactados con los trabajadores que conlleve la paz social en el seno de la empresa. Y por último establecer condiciones higiénicas, sanas y seguras que garanticen un trabajo eficiente y de buena calidad. (OIT, 2002).

En especial es importante resaltar que cada uno de los pasos es fundamental dependiendo de la estrategia, la táctica y las acciones planeadas o no que se deseen en la empresa. Lo ideal es el proceso inverso, el cual consiste en definir los niveles superiores estratégico, táctico y operativo; y dependiendo de esto, entonces sí, empezar a desarrollar una serie de tareas coordinadas con el personal en los aspectos relevantes enunciados anteriormente; pero siempre a la luz de lo definido en la planeación integral. (Mora, 2009)

Tabla 4. Diagnóstico recurso humano

DIAGNÓSTICO		RECURSO HUMANO										
ETAPA		En desarrollo					En proceso		X		No existe	
Nivel desarrollo		1		2		3		4	X	5		
		1 BAJO						5 ALTO				

DESCRIPCIÓN
El recurso humano es uno de los grandes capitales que tiene la empresa, posee un personal con alta experiencia en los diferentes tipos de equipos los cuales se deben acompañar debido que no se tiene ninguna organización lo que puede producir una baja eficiencia al no tener unas tareas y una estructura organizacional bien establecida. Se pretende alinear los objetivos del personal con los corporativos y de esta forma convertirse en un socio estratégico de la operación.

Fuente: Arrendaequipos (2010)

6.1.1.2 Equipos de trabajo: El equipo de trabajo es el conjunto de personas asignadas o autoasignadas, de acuerdo a habilidades y competencias específicas, para cumplir determinada meta bajo la conducción de un coordinador (Keith, 1998).

*Reunirse en equipo es el principio.  
Mantenerse en equipo es el progreso.  
Trabajar en equipo asegura el éxito  
Henry Ford.*

La importancia del trabajo en equipo se fundamenta: (degerencia@,2008)

- Los roles de los participantes: Los conocimientos, experiencia y habilidades de los integrantes del equipo.
- La comunicación: El factor definitivo que permite mantener enterados a los integrantes.
- Liderazgo: Es un aspecto que permite motivar y animar a los integrantes al tener claridad en la metas que persiguen, los lideres son aquellos que visualizan el objetivo y transmiten a todos.
- Compensación: Cada integrante debe percibir que recibe el reconocimiento que se merece.
- Compromiso: Una vez que los integrantes del equipo establecen vínculos con los demás integrantes y que se identifican con los propósitos para los cuales esta creado el grupo se genera el sentido de pertenencia.

La relación con los clientes también hace parte del trabajo en equipo, por eso la clasificación de los clientes es muy útil porque permite identificar aquellos que en la actualidad están realizando compras y que requieren una atención especial para retenerlos, ya que son éstos los que le generan ingresos económicos a la empresa. Se busca tener “clientes complacidos” que son aquellos que percibieron que el desempeño de la empresa, el producto y el servicio han excedido sus expectativas. (Wiki, 2000)

El autor Philip Kotler en su libro Dirección de Mercadotecnia: El estar complacido genera una afinidad emocional con la marca, no solo una preferencia racional, y esto da lugar a una gran lealtad de los consumidores. Por tanto, para mantener a éstos clientes en ese nivel de satisfacción, se debe superar la oferta que se les hace mediante un servicio personalizado que los sorprenda cada vez que hacen una adquisición.

Los “clientes satisfechos” generan estabilidad económica ya que son aquellos que percibieron el desempeño de la empresa, el producto y el servicio como coincidente con sus expectativas. Este tipo de clientes se muestra poco dispuesto a cambiar de marca, pero puede hacerlo si encuentra otro proveedor que le ofrezca una oferta mejor. Si se quiere elevar el nivel de satisfacción de éstos se debe planificar e implementar servicios especiales que puedan ser percibidos por ellos como un plus que no esperaban recibir.

La clientela que requiere un cuidado especial son los “clientes Influyentes” porque independientemente de su volumen y frecuencia de compras, es su grado de — influencia— en la sociedad o en su entorno social el aspecto más importante, esto se refleja en la cantidad de clientes que ellos pueden derivar en el caso de que sugieran el producto y/o servicio que la empresa ofrece. (World market, 2009)

El manejo adecuado de la relación empresa-cliente permite parametrizar varios pasos a seguir, por ejemplo: definir los espacios para organizar los encuentros con los clientes, establecer criterios para registro de tiempos perdidos, precisar responsabilidades de cada parte y concretar seguimiento, hacer planes semestrales y seguimiento a responsabilidades definidas y que el mantenimiento esté orientado hacia el servicio.(Wiki, 2000)

Tabla 5. Diagnóstico equipos de trabajo

DIAGNÓSTICO		EQUIPOS DE TRABAJO										
ETAPA		En desarrollo					En proceso		X		No existe	
Nivel desarrollo		1		2		3		4	X	5		
1 BAJO				5 ALTO								

DESCRIPCIÓN	Debido a que la empresa es netamente de servicio, la relación con el cliente es vital para garantizar una estabilidad económica y para dejar el nombre de la compañía en un nivel alto del sector en el que se enfoca.
-------------	--

Fuente: Arrendaequipos (2010)

6.1.1.3 Espacio físico. Manejo del espacio asignado y disponible. El objetivo primordial que persigue la distribución del espacio físico es hallar una ordenación de las áreas de trabajo y del equipo, que sea la más económica para el trabajo, al mismo tiempo que sea la más segura y satisfactoria para los empleados. (Gestiopolis@,2002). Los estándares de almacenamiento de insumos son importantes definirlos, para esto se debe contar con un lugar especialmente estructurado y planificado para custodiar, proteger y controlar los bienes de activo fijo o variable de la empresa, antes de ser requeridos para la administración o la venta de artículos o mercancías. Se debe establecer bancos de trabajo, un almacén de herramientas, bajo la custodia de un encargado especializado para el control de esas herramientas, equipo y útiles que se prestan a los responsables de las actividades de mantenimiento. (Utec, 2010)

El autor Valdés Palacio explica en su libro “Política Logística” el manejo correcto de inventarios es un factor fundamental tanto para el crecimiento como para el orden de una empresa ya que teniendo claro el concepto relativo al «lugar y momento» en que deben estar disponibles los artículos o materiales se evita sustancialmente la acumulación de existencias en los almacenes o bodegas. Hoy en día se reconoce que éstos constituyen un punto donde convergen muchos intereses y objetivos en oposición permanente, lo que hace de la administración de inventarios –planeamiento, ejecución y control– una de las actividades más complejas y de mayor alcance en la empresa. El manejo de inventarios está interrelacionado con ventas, finanzas, producción, contabilidad, compras y, en general, todas las dependencias de la empresa, sobre las cuales influye a través de sus resultados.

Tabla 6. Diagnóstico espacio físico

DIAGNÓSTICO		ESPACIO FÍSICO										
ETAPA		En desarrollo					En proceso		X		No existe	
Nivel desarrollo		1		2	X	3		4		5		
1 BAJO				5 ALTO								

DESCRIPCIÓN
La empresa cuenta con tres bodegas, dos principales que están ubicadas en la zona industrial de belén con 400 metros cada una y una adicional que está ubicada en el barrio la floresta en la cual se tienen 200 metros, este espacio es pequeño para la capacidad actual, ya que en el día a día se deben adquirir nuevas máquinas las cuales en algún momento deben ingresar para mantenimiento lo que hace que el espacio sea insuficiente.

Por motivo del insuficiente espacio que posee la empresa existen las siguientes desventajas:

Aumento del riesgo para la salud física de los empleados, incremento de la producción, Aumento de los tiempos de las actividades de mantenimiento, Aumento de la congestión o confusión, incurrir en gastos elevados por conseguir lugares adicionales temporales para el almacenamiento de maquinaria.

Reducción del riesgo para la salud y aumento de la seguridad de los trabajadores

En las ilustraciones 10 y 11 podemos observar la distribución que tiene cada una de las bodegas de la empresa también se identifica la gran cantidad de equipos que se tienen en un espacio reducido.

Fuente: Arrendaequipos (2010)

### Ilustración 9. Bodegas principales



**MAQUINARIA PESADA:** En la maquinaria pesada hay inconvenientes, son grandes y tienen poca espacio dentro de la bodega; La parte administrativa y el jefe de taller no tienen una visión clara del lugar donde se llevan a cabo las reparaciones lo que se presta para que los mecánicos sientan que no tienen ningún seguimiento lo que puede producir bajos rendimientos.

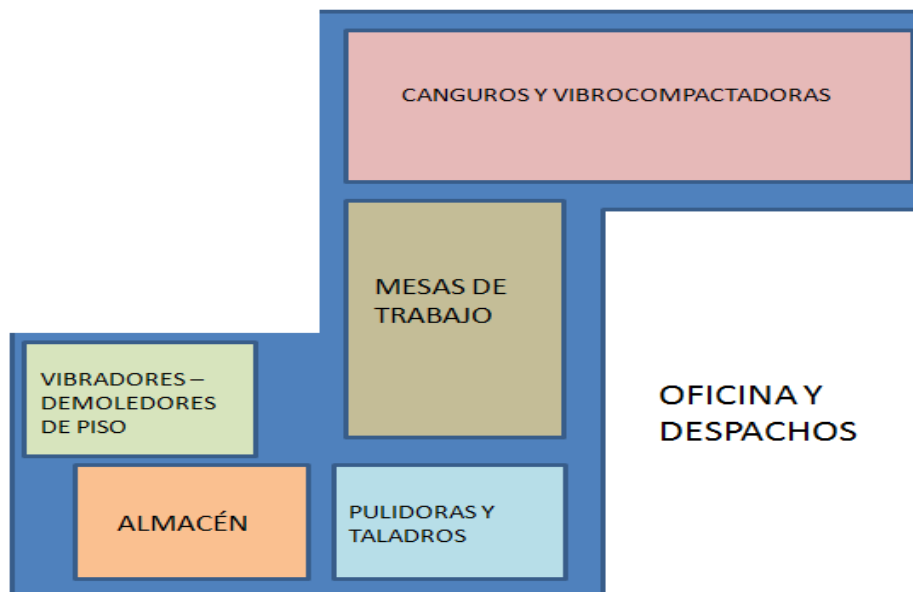
**ALMACEN DE REPUESTOS Y HERRAMIENTAS:** El almacén se encuentra estratégicamente ubicado, con fácil acceso de cualquier persona de mantenimiento y su área es adecuada para almacenar herramientas y repuestos.

**SOLDADORES Y COMPLEMENTARIOS:** Los soldadores tienen un espacio adecuado para su almacenamiento pero requieren un área determinada para sus mantenimientos.

**ANDAMIOS Y COMPLEMENTARIOS:** El almacenamiento de los andamios y complementarios requiere de buen espacio, y dentro de la bodega tiene poco espacio lo que hace que para poder almacenar una buena cantidad se tenga que hacer de una manera vertical lo que hace que se trabaje en alturas y existan riesgos para los empleados.

**PLANTAS, BOMBAS, HIDROLAVADORAS, MONORODILLOS, PLUMA GRÚAS, CONCRETADORAS, REPARACIÓN MOTORES DIESEL Y GASOLINA:** Son un grupo de máquinas que requieren buena cantidad de mecánicos, están ubicados en un lugar de fácil supervisión pero internamente se deben organizar de manera que no se obstaculicen unas máquinas con otras.

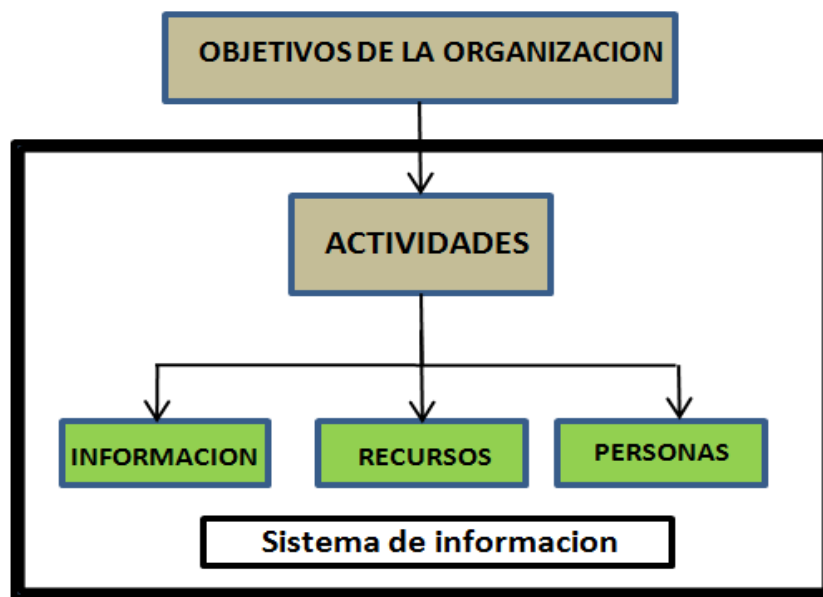
Ilustración 10. Bodega la floresta 200m



En esta bodega todas las actividades de mantenimiento se realizan en las mesas de trabajo lo cual facilita la supervisión estas actividades ya que todo se realiza en un mismo lugar.

6.1.1.4 Sistemas de información. Un sistema de información es un conjunto de elementos orientados al tratamiento y administración de datos e información, organizados y listos para su posterior uso, generados para cubrir una necesidad. Es el medio directo que relaciona personas, datos y recursos con actividades de trabajo para realizar un objetivo. (Wiki, 2004) ver ilustración 11.

Ilustración 11. Diagrama sistemas de información



El autor Mora explica en Mantenimiento Industrial: El sistema de información que una empresa del sector industrial debe manejar son: registros de todos los equipos, partes y componentes (al menos tres niveles), generación y control de las ordenes de trabajo, planes de mantenimiento de corto, mediano y largo plazo, inventarios y gestión de repuestos e insumos, históricos de consumos, de reparaciones y cambios, salario e historia de todos los empleados y trabajadores del área, costos fijos, variables, financieros y de no confiabilidad de todas las ordenes de trabajo y equipos, registros históricos, índices e indicadores, bases de

datos de los equipos, pronósticos de datos, sistemas de cálculo de RPN\*, CMD\*\*, TPM\*\*\*, RCM\*\*\*\*, etc., sistemas de administración, entre otros. Así se podrá determinar el destino y el objetivo de la información. El nivel jerárquico de utilización de la información es importante definirlo, ubicar bibliotecas técnicas, catálogos, o un software de CMMS\*\*\*\*\*, elaborar manuales de mantenimiento y operación y evaluar el sistema de información de mantenimiento y priorizar necesidades.

Tabla 7. Diagnóstico sistema de información

DIAGNÓSTICO										SISTEMA DE INFORMACIÓN										
ETAPA		En desarrollo						En proceso						No existe					X	
Nivel desarrollo	1		2	X	3		4		5											
1 BAJO					5 ALTO															
DESCRIPCIÓN																				
El sistema de información en la actualidad la empresa no lo tiene establecido; en el pasado se llevaba los registros e historiales en cuadernos que se tenían de cada una de las máquinas.																				

\* RPN: Número de riesgo prioritario.

\*\* CMD: Confiabilidad, Mantenibilidad, Disponibilidad.

\*\*\* TPM: Mantenimiento productivo total.

\*\*\*\* RCM: reliability centered maintenance.

\*\*\*\*\* CMMS: Computerized maintenance management.

Con el crecimiento llegó el ingreso de nuevo personal y la introducción de un gran número de maquinaria nueva hizo que con el tiempo estos registros fueran desapareciendo.

Los registros son importantes en esta clase de empresa para poder realizar seguimientos y poder empezar con una gestión de mantenimiento que permita el control y evaluación de los datos adquiridos.

Fuente: Arrendaequipos (2010)

6.1.1.5 Capital. Presupuesto involucrado, costo de mantener. La definición más común del capital de trabajo neto, es aquella que lo establece como la diferencia entre los activos y pasivos circulantes de una empresa. Se dice contar con un capital neto de trabajo, mientras sus activos circulantes\* sean mayores que sus pasivos circulantes\*\*. La mayoría de las empresas deben operar con algún capital de trabajo, y el monto depende en gran parte del campo industrial en que operen (Gestiopolis, 2009).

La gestión de mantenimiento debe estar enmarcada dentro de los objetivos de la empresa, lo cual se concreta en un presupuesto según la actividad industrial de la empresa origen. Las limitaciones de mantenimiento varían con el tipo de industria, pero dependen de: disponibilidad financiera, políticas de utilización del parque industrial, niveles de productividad, fiabilidad de los equipos, obsolescencia tecnológica de las máquinas, calificación y calidades del personal de mantenimiento (Mora, 2009).

---

\* Activos circulantes: un bien de una entidad que puede convertirse en dinero dentro de los doce meses.

\*\* Pasivos circulantes: comprende las fuentes de financiación de una empresa a corto plazo.

Para realizar un control óptimo de este presupuesto se deben parametrizar unas funciones básicas que son vitales para la elaboración del plan financiero, tales como: elaborar listados de repuestos e insumos, jerarquizar según incidencia en seguridad, producción, calidad o medio ambiente, elaborar plan de contingencia para las categorías de “emergencia” (esto aplica después de definir equipos críticos), evaluar las herramientas del personal y definir la contratación de servicios con terceros de acuerdo a estándares de soporte técnico, disponibilidad, organización, reputación y experiencia.(Scribd@, 2009)

Tabla 8. Diagnóstico capital

DIAGNÓSTICO		CAPITAL										
ETAPA		En desarrollo					En proceso		X		No existe	
Nivel desarrollo	1		2		3		4	X	5			
	1 BAJO				5 ALTO							
DESCRIPCIÓN												
<p>La estabilidad económica de la empresa es buena lo que facilita el cumplimiento a los clientes ya que es una empresa de servicios y se debe satisfacer al máximo las necesidades de los clientes en muchos casos con la adquisición de nuevos equipos o repuestos de alto costo. La disposición financiera siempre está para la actualización de equipos viejos y la incursión de equipos nuevos para mantener la empresa a la vanguardia en el mercado.</p> <p>Es importante resaltar que la empresa tiene un capital alto disponible para mantener los equipos lo que facilita y obliga a que este presupuesto sea optimizado y maneje de manera organizada.</p>												

Fuente: Arrendaequipos (2010)

6.1.1.6 Maquinaria, herramientas y repuestos. Para suplir la necesidad de una comunidad es necesario que las empresas tengan una adecuada administración de sus recursos, y el área de mantenimiento es vital ya que va a ser ésta quien va a determinar la disponibilidad de los equipos.

El definir partes y mecanismos que conforman los equipos e instalaciones permiten garantizar a la empresa estar preparada cuando se presenten fallas o para realizar mantenimientos preventivos, contando así con las herramientas necesarias o satisfaciendo básicamente la adquisición de tres clases de repuestos: de emergencia (afecta el equipo y la producción y es de difícil consecución), de urgencia (afecta el equipo y la producción y es de fácil consecución) y normal (afecta solo el equipo y es o no de fácil consecución).

Teniendo en cuenta el historial se debe elaborar un plan de trabajo integral a todos los equipos que optimice las acciones preventivas, para garantizar el desempeño adecuado de éstas. También se debe diagnosticar el estado de las máquinas e instalaciones y definir los niveles de mantenimiento y llevarlos a listas de chequeo y procedimientos de acuerdo a su nivel:

- Nivel 1: Altamente repetitivo, de rutina, relacionado a la correcta operación del equipo. (Puede ser realizado por los operadores después de un debido entrenamiento). De inspección, maquina trabajando.
- Nivel 2: Intervención al mecanismo más crítico de mayor frecuencia de mantenimiento. (Requiere habilidad técnica y herramienta especializada). Revisión de al menos un mecanismo.
- Nivel 3: Incluye el nivel 2 para la intervención, involucra uno o más mecanismos, mantenimiento parcial, incluye cambio de partes.

- Nivel 4: Incluye niveles 2 y 3. Reconstrucción de equipos o “Overhaul\*”, requiere intervención del equipo más a fondo, en frecuencias de duración larga. Llamado mantenimiento total.

En las empresas de servicio el tiempo es un ítem importante, por eso el manejo de las herramientas es de fácil adquisición con una buena cantidad y siempre está a la vanguardia de nuevas herramientas para evitar retrasos ocasionados por la falta de una determinada herramienta.

Tabla 9. Diagnóstico maquinaria, herramientas y repuestos

DIAGNÓSTICO										MAQUINARIA Y REPUESTOS									
ETAPA		En desarrollo				En proceso				X		No existe							
Nivel desarrollo		1		2		3	X	4		5									
1 BAJO					5 ALTO														

---

\* Overhaul: consiste en dejar el equipo a Cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo.

DESCRIPCIÓN
-------------

Con la competencia que existe en la actualidad entre los proveedores de repuestos e insumos con precios y servicios, podemos disminuir la cantidad de inventarios que se tienen de estos dentro de la empresa, solo se mantiene inventarios grandes de repuestos críticos los cuales no sean de fácil adquisición en el mercado y su consecución lleve a una importación o una búsqueda exhaustiva. de lo contrario se llama al proveedor que ofrece buenos precios y una reacción de entrega inmediata. Para las empresas es de gran beneficio no mantener capitales estancados en grandes cantidades de repuestos e insumos.

La administración de las herramientas dentro de la empresa está dividida en dos formas: La primera es un buen stock de herramientas que contienen los principales instrumentos que se utilizan para realizar actividades de mantenimiento, y se encuentran ubicadas en el almacén donde cada uno de los mecánicos puede acudir y hacer el préstamo de estas. La segunda es propia de los mecánicos más experimentados que poseen cajas de herramientas en la cuales tienen las más importantes en su especialidad para realizar los mantenimientos ya sea en obra o en la misma bodega.

El inventario general de las herramientas no está bien definido por lo que en ocasiones pueden existir pérdidas, las cuales generan retrasos e incurrir en gastos innecesarios debido a que se debe realizar una reposición de la herramienta.

Fuente: Arrendaequipos (2010)

6.1.1.7 Tecnología. Este nivel se encarga de establecer políticas que permite plantear el método de trabajo como un proceso sistemático y permanente en el tiempo de coordinación, diseño, monitoreo y cierre de iniciativas que integran las estrategias que se pueden aplicar en niveles kantianos superiores como el táctico o estratégico.

Tabla 10. Diagnóstico tecnología

DIAGNÓSTICO		TECNOLOGÍA									
ETAPA		En desarrollo			En proceso			No existe	X		
Nivel desarrollo	1	2	X	3	4	5					
1 BAJO			5 ALTO								

DESCRIPCIÓN	<p>En la actualidad la empresa cuenta con un personal experimentado que ha realizado carrera dentro de la empresa actuando con políticas de mantenimiento antiguas y esto produce que los empleados pongan resistencia a la implementación de nuevas estrategias de mantenimiento debido a que piensan que pueden ser remplazados por nuevas generaciones o que esto supone un alto traumatismo a la hora de establecerse.</p>
-------------	--

Fuente: Arrendaequipos (2010)

6.1.1.8 Recursos naturales. El manejo de la ecología y el medio ambiente principalmente en los proyectos de mejoramiento que se enfocan en la responsabilidad con el medio ambiente se aplican en empresas donde se controlan lotes de producción y/o maquinaria que pueda afectar directa o indirectamente el entorno que lo rodea.

Para hacer una administración más efectiva se debe nombrar líderes expertos e inquietos por el tema que realicen informes de avance y establezcan prioridades para generar una producción o un mantenimiento más eficiente.

Tabla 11. Diagnóstico recurso naturales

DIAGNÓSTICO		RECURSOS NATURALES										
ETAPA		En desarrollo					En proceso		X		No existe	
Nivel desarrollo		1		2	X	3		4		5		
1 BAJO				5 ALTO								

DESCRIPCIÓN
<p>En la actualidad se inició con el montaje de la zona de reciclaje, donde se encuentran canecas para cada tipo de basura pero falta las capacitaciones para el personal para lograr concientizar a las personas de la necesidad de ayudar con el medio ambiente.</p> <p>Adicionalmente la empresa cuenta con un gran consumo de lubricantes y grasas y no cuenta con un programa de reciclaje activo.</p>

Fuente: Arrendaequipos (2010)

6.1.1.9 Flash Audit. Es un método de diagnóstico rápido y confiable en mantenimiento y se utiliza para identificar cuáles son los puntos críticos que se pueden organizar para mejorar la eficiencia y la reducción de los costos dentro de la empresa. En la tabla 12 se observa el personal al que se le hizo la encuesta, que cargo ocupa dentro de la empresa y profesión tiene.

Tabla 12. Personal encuestado

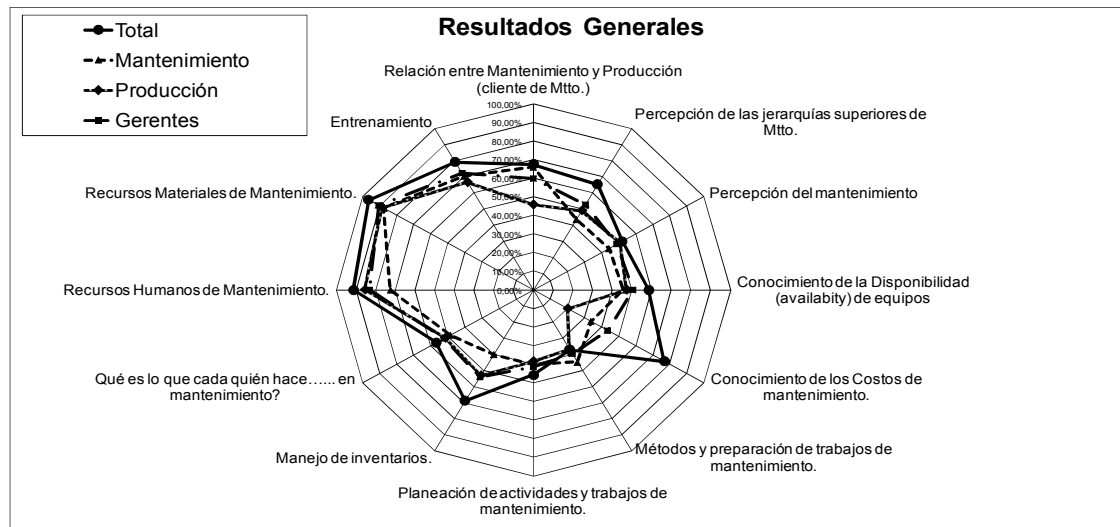
Área	No.	Nombre	Profesión
gerencia(2)	1	Arsenio Marulanda	Ingeniero Mecánico
	2	Santiago Marulanda	Ingeniero Mecánico
Mantenimiento (4)	1	Jaime Botero	Estudiante ingeniería mecánica
	2	Fabián Calle	Tecnólogo mecánica industrial
	3	Jaime Vásquez	Tecnólogo mecánica industrial
	4	Felipe Hernández	Tecnólogo electrónica
Producción (4)	1	Carlos Andrés Sánchez	Ingeniero Mecánico
	2	Edilberto Torres	Tecnólogo
	3	Diego Salgado	Estudiante administración empresas
	4	Yolanda Calle	Tecnólogo

La metodología consiste en aplicar 12 criterios a 12 personas de la empresa.

4 mantenimiento - 4 de producción – 4 de la gerencia.

La ilustración 13 muestra la información generada por el radar después de la realización de las encuestas al personal de la empresa

Ilustración 12. Radar resultados gráficos Flash audit



Fuente: Radar resultados Arrendaequipos S.A. Excel flash audit, 2010.

Tabla 13. Resultados gerentes Flash audit

No.	Concepto	Gerentes	
		% Real G	Por mejorar %
1	Relación entre Mantenimiento y Producción (cliente de Mtto.)	67,34%	32,66%
2	Percepción de las jerarquías superiores de Mtto.	65,34%	34,66%
3	Percepción del mantenimiento	52,18%	47,82%
4	Conocimiento de la Disponibilidad (availability) de equipos	58,52%	41,48%
5	Conocimiento de los Costos de mantenimiento.	76,83%	23,17%
6	Métodos y preparación de trabajos de mantenimiento.	37,34%	62,66%
7	Planeación de actividades y trabajos de mantenimiento.	45,73%	54,27%
8	Manejo de inventarios.	68,94%	31,06%
9	Qué es lo que cada quién hace... en mantenimiento?	56,79%	43,21%
10	Recursos Humanos de Mantenimiento.	91,24%	8,76%
11	Recursos Materiales de Mantenimiento.	96,45%	3,55%
12	Entrenamiento	79,27%	20,73%
<b>Promedio</b>		<b>66,33%</b>	<b>33,67%</b>

Tabla 14. Resultados mantenimiento Flash audit

No.	Concepto	Mantenimiento	
		% Real M	Por mejorar %
1	Relación entre Mantenimiento y Producción (cliente de Mtto.)	65,96%	34,04%
2	Percepción de las jerarquías superiores de Mtto.	43,75%	56,25%
3	Percepción del mantenimiento	44,37%	55,63%
4	Conocimiento de la Disponibilidad (availability) de equipos	45,47%	54,53%
5	Conocimiento de los Costos de mantenimiento.	33,79%	66,21%
6	Métodos y preparación de trabajos de mantenimiento.	44,78%	55,22%
7	Planeación de actividades y trabajos de mantenimiento.	40,28%	59,72%
8	Manejo de inventarios.	40,14%	59,86%
9	Qué es lo que cada quién hace... en mantenimiento?	48,56%	51,44%
10	Recursos Humanos de Mantenimiento.	72,45%	27,55%
11	Recursos Materiales de Mantenimiento.	87,56%	12,44%
12	Entrenamiento	70,43%	29,57%
<b>Promedio</b>		<b>53,13%</b>	<b>46,87%</b>

Tabla 15. Resultados producción Flash audit

No.	Concepto	Producción	
		% Real P	Por mejorar %
1	Relación entre Mantenimiento y Producción (cliente de Mtto.)	45,78%	54,22%
2	Percepción de las jerarquías superiores de Mtto.	49,19%	50,81%
3	Percepción del mantenimiento	50,78%	49,22%
4	Conocimiento de la Disponibilidad (availability) de equipos	47,32%	52,68%
5	Conocimiento de los Costos de mantenimiento.	20,15%	79,85%
6	Métodos y preparación de trabajos de mantenimiento.	36,55%	63,45%
7	Planeación de actividades y trabajos de mantenimiento.	38,37%	61,63%
8	Manejo de inventarios.	52,98%	47,02%
9	Qué es lo que cada quién hace... en mantenimiento?	51,53%	48,47%
10	Recursos Humanos de Mantenimiento.	85,34%	14,66%
11	Recursos Materiales de Mantenimiento.	88,37%	11,63%
12	Entrenamiento	66,78%	33,22%
<b>Promedio</b>		<b>52,76%</b>	<b>47,24%</b>

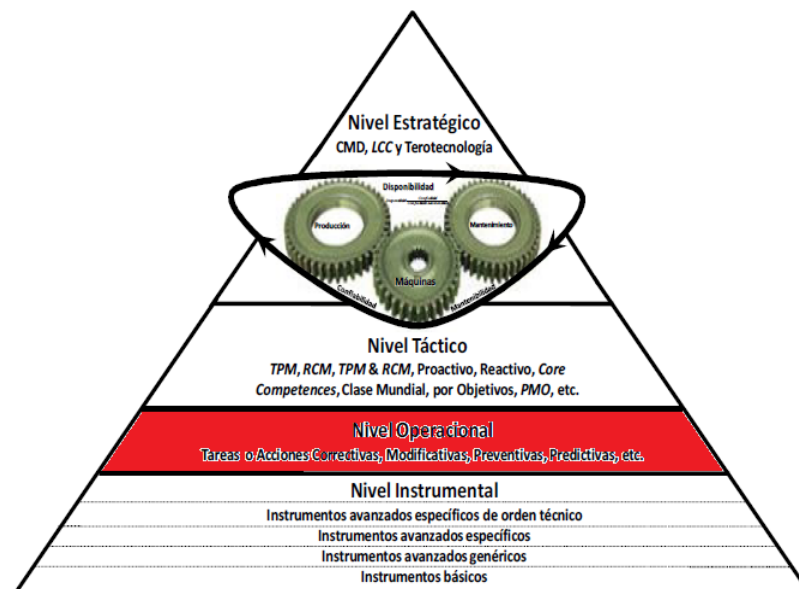
Tabla 16. Resultados producción Flash audit

No.	Concepto	Total	
		% Real Total	Por mejorar %
1	Relación entre Mantenimiento y Producción (cliente de Mtto.)	59,69%	40,31%
2	Percepción de las jerarquías superiores de Mtto.	52,76%	47,24%
3	Percepción del mantenimiento	49,11%	50,89%
4	Conocimiento de la Disponibilidad (availability) de equipos	50,44%	49,56%
5	Conocimiento de los Costos de mantenimiento.	43,59%	56,41%
6	Métodos y preparación de trabajos de mantenimiento.	39,56%	60,44%
7	Planeación de actividades y trabajos de mantenimiento.	41,46%	58,54%
8	Manejo de inventarios.	54,02%	45,98%
9	Qué es lo que cada quién hace... en mantenimiento?	52,29%	47,71%
10	Recursos Humanos de Mantenimiento.	83,01%	16,99%
11	Recursos Materiales de Mantenimiento.	90,79%	9,21%
12	Entrenamiento	72,16%	27,84%
<b>Promedio</b>		<b>57,41%</b>	<b>42,59%</b>

Fuente: Resultados Arrendaequipos S.A. Excel flash audit, 2010.

6.1.2 Nivel operacional. El nivel operacional comprende todas las posibles acciones a realizar en el mantenimiento de equipos, a partir de las necesidades. Acciones correctivas, preventivas, modificativas (Mora, 2009). Ver ilustración 12.

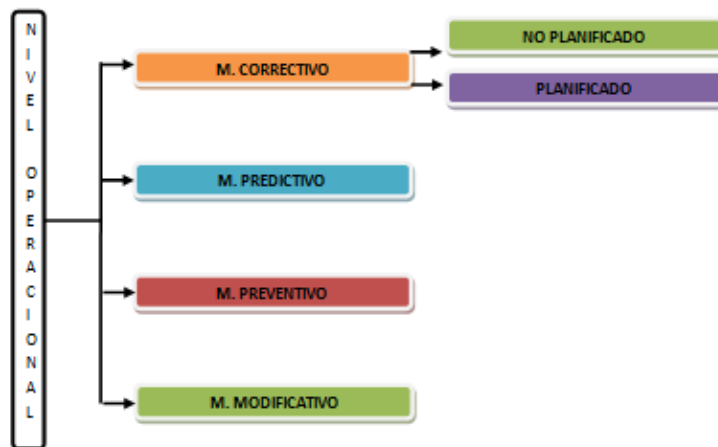
Ilustración 13. Nivel operacional



Fuente: Mora, 2009

Al ser un nivel de carácter mental, el administrador de las actividades de mantenimiento puede escoger que tipo de acción realizar de acuerdo a las fallas reales o potenciales. La imagen muestra las diferentes acciones que se presentan en este nivel.

Ilustración 14. Nivel operacional



Tal como lo explica Moubray en su libro cuarta generación del mantenimiento: Las reparaciones se definen como las tareas no planeadas de mantenimiento que se realizan después de que sucede la falla (correctiva y modificativa); mientras que se denominan como mantenimiento a las tareas planeadas que se dan antes de la falla (preventiva y predictiva).

6.1.2.1 Correctivo. El mantenimiento correctivo consiste en la pronta reparación de la falla, se le considera de corto plazo, las personas encargadas de avisar la ocurrencia de las averías son los propios operarios de las maquinas o equipos y corresponde al personal de mantenimiento las reparaciones de este. Exige para su eficacia, una buena y rápida reacción de la reparación (recursos humanos asignados, herramienta, repuestos, elementos de transporte, etc.); la reparación

propriadamente dicha es rápida y sencilla, así como su control y puesta en marcha (Navarro, y otros, 1997).

Se manejan dos tipos de acciones no planeadas: el desvare, que es el cual en el que se aplica una reparación inmediata al equipo pero no necesariamente se devuelve a condición estándar; y la reparación correcta y definitiva, que es donde se tienen experiencias previas y se puede devolver la máquina a sus condiciones estándares de producción y mantenimiento.

Como ventaja no se sobremantiene la máquina y no se tienen los mismos costos de implementación comparado con el mantenimiento preventivo y como desventaja los fallos no previstos y las paradas largas, en algunos casos costos muy elevados.

6.1.2.2 Correctivo no planificado. Esta forma de Mantenimiento impide el diagnóstico fiable de las causas que provocan la falla, pues se ignora si falló por mal trato, por abandono, por desconocimiento del manejo, por desgaste natural, etc.

El ejemplo de este tipo de Mantenimiento Correctivo No Planificado es la habitual reparación urgente tras una avería que obligó a detener el equipo o máquina dañada.

6.1.2.3 Correctivo planificado. El Mantenimiento Correctivo Planificado consiste la reparación de un equipo o máquina cuando se dispone del personal, repuesto, y documentos técnicos necesarios para efectuarlo (Solo Mantenimiento@, 2006).

Tabla 17. Diagnóstico correctivo

DIAGNÓSTICO		CORRECTIVO										
ETAPA		En desarrollo					En proceso		X		No existe	
Nivel desarrollo		1		2		3		4	X	5		
1 BAJO				5 ALTO								

DESCRIPCIÓN
<p>El mantenimiento correctivo en la empresa es muy usado debido a que existen máquinas que se encuentran en lugares retirados o son máquinas de bajo costo, las cuales para realizar otro tipo de acción conlleva a gastos elevados, por lo tanto es mejor permitir a que falle y en el momento que se produzca la falla realizar una actividad correctiva o cambiar la máquina.</p> <p>Conocimiento: La empresa cuenta con mecánicos que poseen el conocimiento necesario de las máquinas para realizar las actividades correctivas.</p> <p>Herramienta: Para la realizar las acciones correctivas también se deben tener las herramientas adecuadas y disponibles para evitar retrasos en la realización de estas para ello la empresa cuenta con una buena cantidad.</p>

Fuente: Arrendaequipos (2010)

6.1.2.4 Modificativo. La tarea no planeada denominada acción modificativa, es una versión superior y desarrollada de las acciones correctivas. Sucede cuando en forma continua se aplican reparaciones que no surten efecto en la recuperación de la funcionalidad del equipo, es entonces cuando se da lugar a la aplicación de algunos de los instrumentos básicos o avanzados de mantenimiento, con el fin de determinar la razón primaria de la condición fuera del estándar, una vez se

encuentra la causa raíz del problema se pasa aplicar políticas de control mediante la realización de modificaciones en el equipo, a través de la utilización de conceptos y acciones propias de la ingeniería de diseño (Mora, 2009).

Tabla 18. Diagnóstico Modificativo

DIAGNÓSTICO										MODIFICATIVO									
ETAPA		En desarrollo				En proceso				X	No existe								
Nivel desarrollo		1	2	3	4	X	5												
1 BAJO					5 ALTO														

DESCRIPCIÓN	La empresa cuenta con una gran cantidad de equipos chinos los cuales son de buena calidad pero en ocasiones tienen fallas repetitivas por lo que requieren realizar acciones modificativas. Estas acciones se realizan por la información entregada en ocasiones por el fabricante y la experiencia que se tiene de la manipulación de diferentes equipos y marcas a través de la historia de la empresa.
-------------	---

Fuente: Arrendaequipos (2010)

6.1.2.5 Preventivo. Las acciones preventivas radican en el análisis de las fallas y su causa raíz, para esto se debe tener en cuenta las características, periodicidad, ocurrencia, medidas, soluciones, síntomas, modos de falla, y todas las connotaciones asociadas que pueda presentar la maquina frente a la falla para así poder estimar un tiempo de respuesta y adelantarse a ésta. Para estimar los tiempos en los que se van a realizar estas acciones se usan parámetros de medición como horas de servicio, cantidad de desgaste, consumo, etc. En las

acciones preventivas realmente lo que interesa es el estado inicial (o en tiempo real) en condición de funcionalidad y el momento previo a la situación fuera del estándar, no evalúa con profundidad los estados intermedios, aunque realiza inspecciones y mediciones periódicas para poder definir las circunstancias previas a la condición fuera de estándar. (Mora, 2009)

El mantenimiento preventivo puede ser definido como la conservación planeado de fábrica y equipo, producto de inspecciones periódicas que descubren condiciones defectuosas. Su finalidad es reducir al mínimo las interrupciones y una depreciación excesiva, resultantes de negligencias. No debería llegarse hasta el punto de ruptura. (Newbrough, 1979).

Tabla 19. Diagnóstico preventivo

DIAGNÓSTICO										PREVENTIVO									
ETAPA		En desarrollo				En proceso				X		No existe							
Nivel desarrollo		1		2	X	3		4		5									
1 BAJO					5 ALTO														

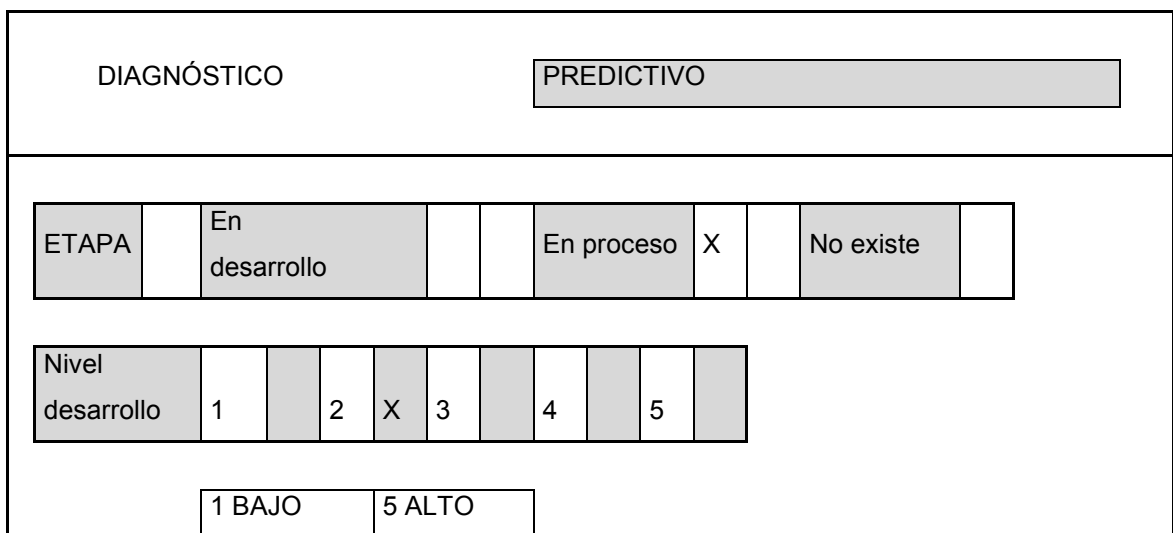
DESCRIPCIÓN

El mantenimiento preventivo se realiza dentro de la empresa en algunos tipos de máquinas especialmente dentro del área de la maquinaria pesada, pero aun este tipo de acciones todavía se deben establecer de una forma más organizada el cual permita ser más eficiente en tiempos, costos y permita alargar la vida de los equipos.

Fuente: Arrendaequipos (2010)

6.1.2.6 Predictivo. La permanente revisión y estudio de las variables internas o externas asociadas al proceso de operación de una máquina, permite diagnosticar el comportamiento futuro en tiempo real de la posible aparición de fallas o situaciones fuera de las condiciones estándares, con el fin de evitarlas a toda costa y alargar los períodos de funcionalidad del equipo y por ende de la vida útil total (Mora, 2009).

Tabla 20. Diagnostico predictivo

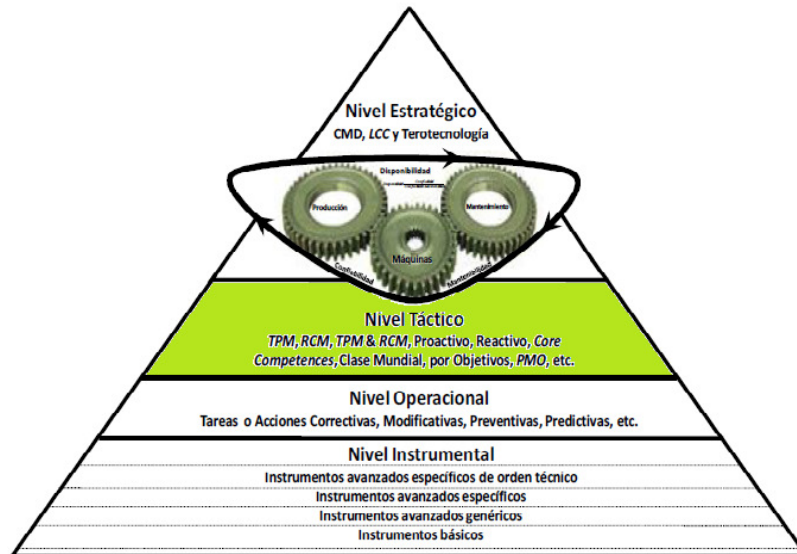


DESCRIPCIÓN	<p>La empresa no tiene acciones predictivas definidas, las acciones de este tipo que se realizan es por la experiencia técnica que los empleados pueden tener de una determinada máquina y de una manera visual o auditiva pueden realizar alguna acción predictiva sin ninguna planeación.</p>
-------------	---

Fuente: Arrendaequipos (2010)

6.1.3 Nivel táctico. El nivel táctico es el grupo de tareas de mantenimiento que se realizan con el objetivo de alcanzar un fin; al seguir las normas y reglas para ello establecido (Mora, 2009). Ver ilustración 15.

Ilustración 15. Nivel táctico



Fuente: Mora, 2009

6.1.3.1 TPM. El Mantenimiento productivo total, el cual aparece, en principio, como una nueva filosofía del “mantenimiento”, integrando a este en la función producción de manera global, no como un fin en sí mismo, sino como un medio de reducción de los costes de producción, siendo el objetivo esencial conseguir la máxima eficacia del binomio hombre-sistema de producción (Sacristan, 2001b: 465).

El TPM se compone por una serie de actividades ordenadas que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Es una estrategia interesante ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas que permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejorar los tiempos de respuesta, confiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales para lograr. (Barriga)

- Cero accidentes
- Cero defectos
- Cero averías
- Cero pérdidas

Los objetivos que se buscan lograr con implantar el sistema TPM pueden ser:

- ESTRATÉGICOS
- OPERATIVOS
- ORGANIZATIVOS

6.1.3.2 Pilares del TPM. Los pilares son las estrategias fundamentales para desarrollar el programa de TPM dentro de la compañía, además sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Su implementación es mediante una metodología disciplinada, potente y efectiva. Los pilares considerados por el JIMP como necesarios para el desarrollo del TPM en una organización son ocho- ilustración 16.

Ilustración 16. Pilares TPM



Fuente: (ITS Argentina@, 2006)

6.1.3.3 RCM. Mantenimiento centrado en la confiabilidad: Ante esta situación, puede ser de primera necesidad el conseguir y seguir un método que pretenda únicamente unificar criterios dentro de una misma organización. Criterios que, como primer caso, se basen en la lógica y el conocimiento de los equipos y de sus misiones. Son los mismos parámetros que se aplican a diario, pero sistematizados para obtener una mayor uniformidad. El plan así diseñado, puede ser un buen punto de partida para que posteriormente sea afinado y retocado con aportaciones de mayor nivel.

El proceso de RCM no sólo representa la plataforma que aporta las soluciones técnicas para determinar los requerimientos de mantenimiento de los sistemas tecnológicos, para que continúen o mejoren las funciones que se desean y se necesita sean cumplidas, sino que identifica y jerarquiza los problemas según su importancia, facilitando el proceso de sus posibles variantes de solución. También, y no menos importante, el RCM aporta los elementos para decidir cuáles problemas son más conveniente permitir que ocurran y no evitarlos, dado que acepta y propone la idea que para determinadas condiciones y contextos operacionales, no siempre resulta apropiada la solución de algunos problemas que se presentan, aun existiendo soluciones para enfrentarlos. No es posible el éxito del RCM, ni de ninguna estrategia de desarrollo que tribute a la calidad, sin una dirección que prevea la conservación y el crecimiento del conocimiento de la organización (Sexto, 2007)

6.1.3.4 Objetivo del RCM. El objetivo principal de RCM está en disminuir el costo de mantenimiento, para enfocarse en las funciones más importantes de los sistemas, y evitando o eliminando acciones de mantenimiento que son innecesarias para optimizar el proceso.(Solo Mantenimiento@)

#### 6.1.3.5 Ventajas del RCM

- Su lenguaje técnico es común, sencillo y fácil de entender para todos los empleados vinculados al proceso RCM, permitiendo al personal involucrado en las tareas saber qué pueden y qué no pueden esperar de ésta aplicación y quien debe hacer qué, para conseguirlo.
- Si RCM se aplicara a un sistema de mantenimiento preventivo ya existente en la empresa, puede reducir la cantidad de mantenimiento rutinario habitualmente hasta un 40% a 70%.
- Si RCM se aplicara para desarrollar un nuevo sistema de Mantenimiento Preventivo en la empresa, el resultado será que la carga de trabajo programada sea mucho menor que si el sistema se hubiera desarrollado por métodos convencionales (Solo Mantenimiento@, 2006)

#### 6.1.3.6 Implementación de un plan de mantenimiento preventivo RCM

- Selección documentación.
- Definición del sistema.
- Diagramas funcionales del sistema.
- Identificación de funciones y sus fallas.
- Elaboración del análisis de fallas.
- Construcción del organigrama de decisiones.
- Identificación de las tareas de mantenimiento más apropiadas

6.1.3.7 Análisis de fallas. Realizar un satisfactorio análisis de fallas resulta ser una metodología muy significativa en el momento en el que se decida presentar una técnica que represente grandes ahorros en el área de mantenimiento.

Aunque existen métodos muy efectivos como el FMECA<sup>\*</sup>, un simple análisis con pasos establecidos por los encargados daría como resultado conocer de manera efectiva la causa que origina una falla y garantizar que la solución que se lleva a cabo sea la solución más correcta.

La realización del método comprende cuatro etapas que se denominan como descripción, análisis, solución y documentación. La etapa de descripción busca conocer los hechos tal en el momento en el que sucedió la falla, indicar en qué consiste y conocer los elementos involucrados por medio de observación directa, lista de chequeo, graficas de control, diagramas de flujo, realizar un paralelo entre lo que está sucediendo y lo que debería haber sucedido. La etapa de análisis reduce el campo de búsqueda para conducir a variaciones significativas y encontrar la causa raíz.

La etapa de solución considera las consecuencias y se apoya en el método de las cuatro maneras de tomar decisiones que comprende el tipo (si es individual o grupal), el estilo, la ubicación en donde se aplica y las desventajas; realizar una lista necesaria para la aplicación de la solución y definir los encargados. La etapa de documentación demuestra los resultados obtenidos de la implementación, saber si fue exitosa y el grado de mejora.(Mas calidad@).

---

<sup>\*</sup> FMECA: Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis.

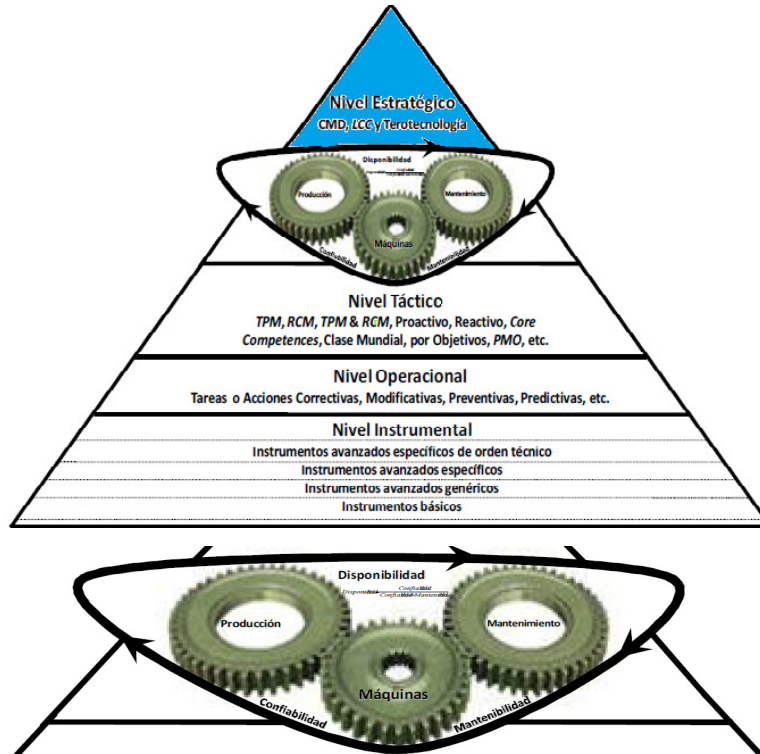
Tabla 21. Diagnóstico nivel táctico

DIAGNÓSTICO		TÁCTICO										
ETAPA		En desarrollo					En proceso		X		No existe	
Nivel desarrollo	1		2	X	3		4		5			
1 BAJO				5 ALTO								
DESCRIPCIÓN												
<p>El nivel táctico se realiza indirectamente sin llevar ninguna estructuración pero si con el conocimiento de cada máquina y el historial de reparaciones que tiene cada mecánico lo que le permite realizar análisis de fallas sin ninguna organización pero con muchas bases técnicas para descifrar y prevenir futuras fallas.</p>												

Fuente: Arrendaequipos (2010)

6.1.4 Nivel estratégico. El campo estratégico está compuesto por las metodologías que se desarrollan con el fin de evaluar el grado de éxito alcanzado con las tácticas desarrolladas; esto implica el establecimiento de índices, rendimientos e indicadores que permitan medir el caso particular con otros diferentes industrias locales, nacionales o internacionales (Mora, 2009).ver ilustración 17.

Ilustración 17. Mantenimiento estratégico



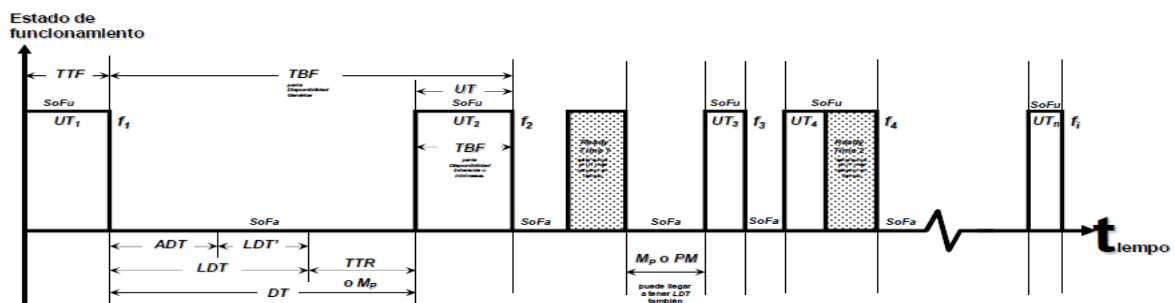
Fuente: Mora, 2009.

6.1.4.1 CMD. Es una metodología en la cual por medio de estrategias y acciones adecuadas de mantenimiento derivadas de la medición de tiempos CMD a partir de sus índices  $\beta$ eta, Landa, MTTR, MTBF, UT, DT, Gamma, Am, Bm, MTTF, Logistic Time Operation Maintenance Supply, etc. Nos permite controlar las acciones de mantenimiento en una organización optimizando sus costos, la vida útil de sus equipos, los recursos físicos y humanos, minimizando los daños y fallas de sus equipos y disminuyendo rotundamente sus costos (Mora, 2005).

Muchas personas asocian la confiabilidad y la disponibilidad de los activos físicos de forma directa y exclusiva con la gestión de mantenimiento, sin embargo, las verdaderas causas raíces de los problemas de disponibilidad y confiabilidad, normalmente comienzan mucho antes de que el mantenimiento sea requerido (Noria2@. 2006)

La confiabilidad es concebida durante la etapa de diseño por el equipo o personal de ingeniería, donde aspectos claves como la confiabilidad intrínseca de cada componente y la mantenibilidad deben ser consideradas. Luego la confiabilidad de los activos será condicionada por las mejores prácticas que se hayan incorporado durante la etapa de montaje e instalación. Posteriormente es operaciones quien con sus políticas y prácticas de trabajo, ajustarán el buen funcionamiento sin fallas de los equipos y sistemas. La gerencia de mantenimiento la encargada de sostener la confiabilidad requerida por el proceso, mediante sus lineamientos para la restauración de los activos para que cumplan con las funciones para las cuales han sido concebidos. (Noria@, 2006)

Ilustración 18. Tiempos importantes, siglas que se usan CMD



Donde

**TTF = Time To Failure** = Tiempo hasta Fallar (se usa en equipos que solo fallan una vez, no reparables)

**f<sub>i</sub>** = Falla i-ésima

**n** = número de fallas ocurridas en el tiempo que se revisa, desde f<sub>1</sub> hasta f<sub>n</sub>

**TTR = Time To Repair** = Tiempo que demora la reparación neta, sin incluir demoras ni tiempos logísticos, ni tiempos invertidos en suministros de repuestos o recursos humanos

**MTTR = Mean Time To Repair** = Tiempo Medio para Reparar =  $\Sigma TTR / n$

**TBF = Time Between Failures** = Tiempo entre Fallas

**m** = número de eventos de tiempos útiles que ocurren durante el tiempo que se evalúa

**MTBF = Mean Time Between Failures** = Tiempo Medio entre Fallas =  $\Sigma TBF / m$

**UT = Up Time** = Tiempo Útil en el que equipo funciona correctamente.

**MUT = Mean Up Time** = Tiempo Medio de Funcionamiento entre Fallas =  $\Sigma UT / m$

**DT = Down Time** = Tiempo no operativo

**MDT = Mean Down Time** = Tiempo Medio de Indisponibilidad o no funcionamiento entre Fallas =  $\Sigma DT / n$

**ADT = Administrative Delay Time** = retrasos administrativos exógenos a la actividad propia de reparación, diferentes al tiempo activo neto de la reparación; ejemplos de estos son: suministro de personal especializado, entrenamiento de recursos humanos requeridos para esa reparación, revisión de manuales de mantenimiento u operación, localización de herramientas, cumplimiento de procesos y/o procedimientos internos, etc.

**LDT' = Logistics Delay Time** = retrasos logísticos la obtención de insumos para la reparación, en los procesos de mantenimiento o de producción, en los tiempos de suministros, etc. como por ejemplo el tiempo requerido para transporte de repuestos, o el tiempo que hay que esperar a que se construya un repuesto especial por parte de los fabricantes, etc.

**LDT = ADT + LDT'** = **Logistic Down Time** = Tiempo total logístico que demora la acción propia de reparación o mantenimiento. Son todos los tiempos exógenos al equipo que retrasan el tiempo activo

**MLDT = Mean Logistics Down Time** = Tiempo Medio de Tiempos Logísticos de demora

**SoFa = State of Failure** = Estado de Falla, el equipo no funciona correctamente

**SoFu = State of Functioning** = Estado de Funcionamiento correcto

**M<sub>p</sub> = PM = Planned Maintenances** = Mantenimientos Planeados, pueden ser preventivos o predictivos.

**Ready Time = Tiempo de Alistamiento** = el equipo o sistema está disponible, opera pero no produce, no está en carga operativa; funciona mas no produce

Fuente: (Mora, 2009)

6.1.4.2 Confiabilidad. Es la probabilidad de que un equipo no falle, es decir, que funcione satisfactoriamente dentro de los límites de desempeño establecidos, en una determinada etapa de su vida útil y para un tiempo de operación estipulado, teniendo como condición que el equipo se utilice para el fin y con la carga que fue diseñado.

La presencia de fallas en un equipo determina la confiabilidad del mismo, de tal modo que a mayor número de fallas, menor confiabilidad presenta, pero a menor número de fallas, resulta más confiable para la empresa. La calidad de los productos que se fabrican con un equipo específico depende en gran medida de la confiabilidad de éste. La confiabilidad intrínseca se basa en el diseño y se determina durante las fases de diseño, fabricación e instalación y montaje; mientras que la confiabilidad operativa es determinada por el usuario y está relacionada con el modo y condiciones con que se opera el equipo (Mora, 2009).

6.1.4.3 Mantenibilidad. Es la característica inherente de un elemento, asociada a su capacidad de ser recuperado para el servicio cuando se realiza la tarea de mantenimiento necesaria según se especifica.

La mayoría de los usuarios afirman que necesitan la disponibilidad del equipo tanto como la seguridad, porque no se puede tolerar tener un equipo fuera de servicio. Hay varios medios con los que los diseñadores o administradores de mantenimiento pueden lograrlo. Uno es construir las cosas extremadamente fiables y, consecuentemente, costosas. El segundo es suministrar un sistema que, cuando falle, sea fácil de poner en funcionamiento de nuevo. Otra área a considerar en la mantenibilidad es la localización de averías del sistema dentro del tiempo permitido. Normalmente, este tiempo es, para las empresas de solo un periodo bien definido entre tandas de producción, entre salidas, entre vuelos, etc., pero seguramente es corto. Se precisa un dispositivo fácilmente manejable, para el diagnóstico de todos los diferentes sistemas, a fin de determinar su estado e

identificar el elemento que falla. La práctica demuestra que una sustitución innecesaria cuesta prácticamente igual que un fallo real, cuando el componente investigado es desmontado y reemplazado. La disminución de estas situaciones sería un gran reductor de costos. La mantenibilidad es una dimensión en la fabricación del sistema y una política de gestión del mantenimiento. (Espinoza,2010)

6.1.4.4 Disponibilidad. La probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables, donde el tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, tiempo activo de reparación, tiempo inactivo, tiempo en mantenimiento preventivo (en algunos casos), tiempo administrativo, tiempo de funcionamiento sin producir y tiempo logístico se define como disponibilidad (Sacristan, 2001a: 349).

El modo de cálculo para la disponibilidad es:

Ecuación 1. Disponibilidad

$$Disponibilidad = \frac{Confiabilidad}{Confiabilidad + Mantenibilidad}$$

De acuerdo a los datos que tenga la empresa sobre los equipos y las expectativas que tengan, existe la posibilidad de realizar diferentes cálculos que especifican la disponibilidad más adecuada.

- Disponibilidad Genérica: su cálculo solo comprende los tiempos totales de funcionamiento y no disponibilidad.

Ecuación 2. Disponibilidad genérica

$$A_g = \frac{\sum UT}{\sum UT + \sum DT} = \frac{MUT}{MUT + MDT}$$

Donde,

*UT: Up Time* = Tiempo útil en el que el equipo funciona correctamente.

*DT: Down Time* = Tiempo que no opera el equipo.

*MUT: Mean Up Time* = Tiempo medio de funcionamiento entre fallas.

*MDT: Mean Down Time* = Tiempo medio de no funcionamiento entre fallas.

- Disponibilidad Intrínseca: Su cálculo se enfoca en la distribución de fallas y la distribución de tiempo de reparación.

Ecuación 3. Disponibilidad intrínseca

$$A_I = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Donde,

*MTBF: Mean Time Between Failures* = Tiempo medio entre fallas.

*MTTR: Mean Time To Repair* = Tiempo medio para reparar.

- Disponibilidad Alcanzada: considera las reparaciones y los mantenimientos planeados, separando los tiempos por reparaciones dentro de los mantenimientos planeados.

Ecuación 4. Disponibilidad alcanzada

$$A_A = \frac{MTBM}{MTBM + \bar{M}}$$

- Disponibilidad Operacional: Para realizar los cálculos se tienen en cuenta los tiempos de reparación, de mantenimientos planeados, tiempos logísticas, y tiempos administrativos, etc.

Ecuación 5. Disponibilidad operacional

$$A_o = \frac{MTBM}{MTBM + \bar{M}}$$

- Disponibilidad Operacional Generalizada: tiene en cuenta los mismos datos de la disponibilidad operacional pero introduce el término de Ready Time, que es el tiempo en el que la maquina esta prendida pero no produciendo.

Ecuación 6. Disponibilidad operacional generalizada

$$A_{co} = \frac{MTBM}{MTBM + \bar{M}}$$

Donde,

$\bar{M}$ : Mean Active Maintenance Time = Tiempo medio de mantenimiento activo requerido.

MTBM: Mean Time Between Maintenance = Tiempo medio entre mantenimiento.

Tabla 22. Diagnóstico nivel estratégico

DIAGNÓSTICO		ESTRATÉGICO											
ETAPA		En desarrollo					En proceso				No existe		x
Nivel desarrollo	1	X	2		3		4		5				
1 BAJO				5 ALTO									

DESCRIPCIÓN	Se puede decir que este nivel dentro de la empresa es casi nulo porque no se lleva ningun indicador ni se evalua el grado del éxito alcanzado con las taticas de mantenimiento de una forma establecida o planeada.
-------------	---

Fuente: Arrendaequipos (2010)

## 7. PLAN ESTRUCTURAL DE MANTENIMIENTO. Desarrollo objetivo 1.2.3

Tabla 23. Plan estructural nivel instrumental

PLAN ESTRUCTURAL DE MANTENIMIENTO								
NIVEL	SUBNIVEL	CALIFICACIÓN DIAGNÓSTICO ( 1 a 5)	PLAZO			MEJORA	PERSONAL PARTICIPANTE	ESTIMADO MEJORA ( 1 a 5)
			C	M	L			
INSTRUMENTAL	Mano de Obra	3				Organigrama actividades de la empresa. Ver anexo A	Todo el personal de la empresa	4
		3				Establecer la figura de jefe de taller	Gerencia técnica	4,5
	Equipos de Trabajo	1				Departamentalización actividades de reparación	Todo el personal de la empresa	4
		1				Especialización actividades de reparación	Todo el personal de la empresa	4,5
	Espacio Físico	2,5				Aumentar área instalaciones físicas	Todo el personal de la empresa	4,5
	Sistemas de Información	1,5				Cuadernos de historiales de cada una de las maquinas con numeración	Personal de mantenimiento	3
	Capital	3				Establecer la figura de jefe de compras (análisis de costos) ver anexo D	Gerencia técnica	4
	Capital	3				Registros de las compras de maquinaria y repuestos	Jefe de compras	4
	Tecnología	4				Ambientación del personal de la empresa para recibir a largo plazo las nuevas estrategias de mantenimiento	Todo el personal de la empresa	4,5
	Recursos Naturales	1				Reciclaje de basura, recolección de grasas y lubricantes de manera amigable con el medio ambiente	Todo el personal de la empresa	3
Maquinaria y Repuesto	2				Plan estructural de mantenimiento	Personal de mantenimiento	3,5	

Tabla 24. Plan estructural nivel operacional

PLAN ESTRUCTURAL DE MANTENIMIENTO								
NIVEL	SUBNIVEL	CALIFICACIÓN DIAGNÓSTICO ( 1 a 5)	PLAZO			MEJORA	PERSONAL PARTICIPANTE	ESTIMADO MEJORA ( 1 a 5)
			C	M	L			
OPERACIONAL	Correctivo No Planificado	4				Registros de acciones correctivas para planificar. ver anexo j	Personal de mantenimiento	4,5
	Correctivo Planificado	4				Establecer las acciones correctivas de acuerdo a su criticidad	Personal de mantenimiento	4,3
	Modificativo	4				Establecer comunicación con proveedores para retroalimentación de mejoras a las maquinas	Personal de mantenimiento	4,5
	Preventivo	2				Recolección manuales de cada maquina	Jefe de taller, jefe de compras	2
		2				Establecer acciones preventivas para cada máquina según indicaciones de los fabricantes	Jefe de taller, jefe de compras	3,5
	Predictivo	1				Revisiones visuales y auditivas de elementos con fricción y vibraciones	Personal de mantenimiento	2

Tabla 25. Plan estructural nivel táctico

PLAN ESTRUCTURAL DE MANTENIMIENTO								
NIVEL	SUBNIVEL	CALIFICACIÓN DIAGNÓSTICO ( 1 a 5)	PLAZO			MEJORA	PERSONAL PARTICIPANTE	ESTIMADO MEJORA ( 1 a 5)
			C	M	L			
TÁCTICO	Análisis de Fallas	3				Análisis de fallas a equipos críticos ver anexo i	Jefe de taller, jefe de compras	3,5

Tabla 26. Plan estructural nivel estratégico

PLAN ESTRUCTURAL DE MANTENIMIENTO								
NIVEL	SUBNIVEL	CALIFICACIÓN DIAGNÓSTICO ( 1 a 5)	PLAZO			MEJORA	PERSONAL PARTICIPANTE	ESTIMADO MEJORA ( 1 a 5)
			C	M	L			
ESTRATÉGICO	Indicadores Estratégicos	1				Obtener indicadores por medio de la gestión técnica de los registros	Jefe de taller, jefe de compras	3
		1				Crear centros de costos para evaluar los grupos de trabajo (costos y eficiencia) mano de obra y repuestos ver anexo B y C	Jefe de taller, jefe de compras	3
		1				Programar reuniones periódicas para la revisión de los registros	Jefe de taller, jefe de compras	3

## 8. CONCLUSIONES. Desarrollo objetivo 1.2.4

Después de diagnosticar cada uno de los niveles de mantenimiento del sistema Kantiano dentro de la empresa se observó que no están suficientemente completos como para tener el control que necesitan debido a la demanda del mercado, lo que puede dejar el área de mantenimiento desorganizado y sin mucha planeación.

Con el conocimiento básico y estrategias sencillas se puede llevar un control más estructurado en cada nivel de mantenimiento, que permita aumentar la disponibilidad de los equipos y prestar el servicio de la empresa de una forma más óptima.

El plan estructural realizado a cada nivel y subnivel del enfoque Kantiano, presenta las mejoras necesarias para permitir que el área de mantenimiento siga creciendo cada vez más dentro de la empresa.

Los resultados del proyecto (por medio del diagnóstico de mantenimiento y la herramienta flash audit) permitieron cuantificar el estado del área de mantenimiento, sus ventajas y sus desventajas

De acuerdo a los resultados el nivel táctico y estratégico está muy subdesarrollado, pero antes de implementar cualquier técnica o método que garantice mejoras en mantenimiento, se debe tener las bases sólidas en el nivel instrumental y operacional.

## 9. RECOMENDACIONES. Desarrollo objetivo 1.2.2

La empresa debe tener una estructura organizacional que garantice al área de mantenimiento su total autonomía y su compromiso ante el servicio, empezando por el orden y la jerarquización de sus actividades y su personal.

Realizar un organigrama vertical por máquinas que permita identificar las jerarquías y comprenda la nueva estructura organizacional, desde la gerencia hasta los mecánicos más nuevos.

Definir la figura de Jefe de Taller como un superior entre los mecánicos. Éste debe ser experimentado, con mucho liderazgo y del total agrado de todos en el taller, para que exista un buen ambiente de trabajo y sea un guía técnico y laboral con los suficientes conocimientos para exigir y acompañar las actividades de toda la empresa.

Optimizar las áreas dentro de las bodegas para obtener el mayor beneficio del espacio que se tiene y evitar que se convierta en un inconveniente para el buen desarrollo de las actividades y la seguridad industrial.

Buscar una mayor interacción tecnológica con capacitaciones y mercados confiables; y un compromiso con el medio ambiente.

## BIBLIOGRAFÍA

Amado, J.P. (2009) *Ingeniería Mecánica: Mantenimiento I. [Diapositiva]*. Medellín: Universidad Eafit.

Arrendaequipos@. (2010). *Alquiler de equipos para la construcción y los montajes industriales*. Extraído el 15 de mayo, 2010 del World Wide Web <http://arrendaequipos.com/index.html>

Barriga, Juan (2010), *Mantenimiento productivo total TPM*. Chile: Universidad tecnológica de Chile. Extraído el 22 de mayo, 2010 del World Wide Web <http://www.scribd.com/doc/20454449/TPM>

Bona, J.M. (1999). *Gestión del mantenimiento*. Madrid : Fundacion Confemetal.

Botero Velásquez, Catalina. (2010) *Plan de mejoras de mantenimiento para una empresa del sector de materiales compuestos*. Trabajo de grado. (Ingeniero Mecánico) Medellín: Universidad Eafit.

Cámara Colombiana de la Construcción. CAMACOL@ (2008). *El sector de la construcción en Colombia: hechos estilizados y principales determinantes del nivel de actividad*. Extraído el 15 de mayo, 2010 del World Wide Web [http://www.camacol.org.co/congreso\\_colombiano/temas/pdf/informes\\_gestion/Otros%20informes/Modelo%20de%20determinantes%20de%20la%20actividad%20edificadora.pdf](http://www.camacol.org.co/congreso_colombiano/temas/pdf/informes_gestion/Otros%20informes/Modelo%20de%20determinantes%20de%20la%20actividad%20edificadora.pdf)

Ogliastri, E. (1989). *Planeacion estrategica, estructura organizacional y motivacion personal*. Bogota: Alfaomega

Espinoza, Fernando .(2010) *Mantenibilidad y analisis del trabajo*.Chile: Universidad de Talca. Extraído el 22 de mayo, 2010 del World Wide Web [http://ing.otalca.cl/~fespinos/12ANALISIS\\_DEL\\_TRABAJO\\_MANTENIMIENTO.pdf](http://ing.otalca.cl/~fespinos/12ANALISIS_DEL_TRABAJO_MANTENIMIENTO.pdf)

Newbrough, E.T. (1979). *Administración de mantenimiento industrial*. Mexico: Diana.

Gaviria, D. y Restrepo, J.J. (2005). *Selección de las variables que tienen relación de causalidad directa o estructural con la implementación del TPM*. Medellín: Universidad Eafit.

Hutt, G. y Marmioli, M.B. (2009) *Estructura organizacional*. Extraído el 22 de mayo, 2010 del World Wide Web <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/estructura-organizacional/estructura-organizacional.pdf>

ITS Argentina@. (2006). *G.P.I. Gestión productiva industrial*. Extraído el 22 de marzo, 2010 del World Wide Web <http://www.gpi-asesores.com.ar/>.

Mantenimiento Mundial@. (2010) *Portal de mantenimiento*. Extraído el 28 de marzo, 2010 del World Wide Web <http://www.mantenimientomundial.com>.

Más Calidad@. Más calidad.org. Extraído el 27 de marzo, 2010 del World Wide Web <http://mascalidad.org/articulos/034%20Metodo%20de%20Analisis%20de%20Fallas.pdf>

Mintzberg, H. (2001) *Diseño de organizaciones eficientes*. Buenos Aires: El ateneo.

Mora, L.A. (2005). *Mantenimiento estratégico para empresas de servicios o industriales*. Medellín: AMG.

----- (2009). *Mantenimiento Industrial efectivo*. Medellín: Coldi.

Navarro, L. y otros. (1997). *Gestión integral de mantenimiento*. Barcelona: Marcombo Boixareu.

Noria@. (2006). Reliability world 2006. Extraído 28 de marzo, 2010 del World Wide Web <http://www.noria.com/sp/rwla/conferencias/mem/Paper%20Rosendo.pdf>

----- (2006). Reliability world 2006. Extraído 28 de marzo, 2010 del World Wide Web <http://www.noria.com/sp/rwla/conferencias/resumenes/RH.pdf>

Sacristan, F.R. (2001a). *Mantenimiento total de la producción*. Madrid: Fundación Confemetal.

----- (2001b). *Manual del mantenimiento integral de la empresa*. Madrid: Fundación Confemetal.

Sexto, L.F. (2007). *Mantenimiento mundial*. Extraído el 08 de abril, 2010 del World Wide Web <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/Triz.pdf>

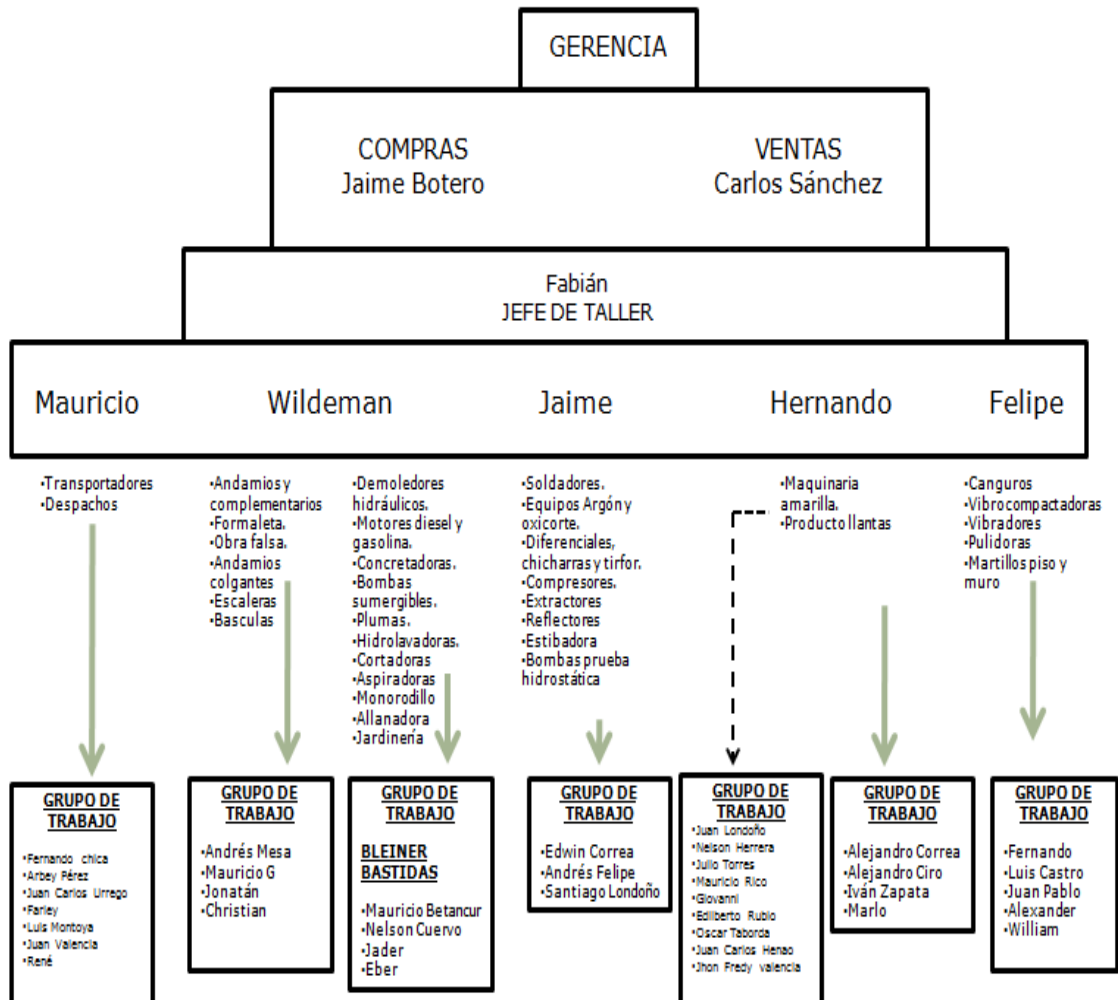
Solo Mantenimiento@. (2006). *Portal del Mantenimiento Integral: Empresas, Servicios y Suministros Industriales*. Extraído el 20 de abril, 2010 del World Wide Web [http://www.solomantenimiento.com/m\\_correctivo.htm](http://www.solomantenimiento.com/m_correctivo.htm).

----- (2006). *Portal del Mantenimiento Integral: Empresas, Servicios y Suministros Industriales*. Extraído el 20 de abril, 2010 del World Wide Web [http://www.solomantenimiento.com/m\\_confiabledad\\_crm.htm](http://www.solomantenimiento.com/m_confiabledad_crm.htm)

TPM Online@. (2010) *What is TPM*. Extraído el 15 de febrero, 2010 del World Wide Web <http://www.tpmonline.com>

## ANEXOS

### ANEXO A. PROPUESTA ORGANIGRAMA POR MAQUINAS



Fuente: Arrendaequipos 2010

## ANEXO B. PROPUESTA GRUPOS DE TRABAJO

GRUPOS DE TRABAJO					
ÁREA OPERATIVA					
(cc1)	(cc2)	(cc3)	(cc4)	(cc5)	(cc6)
Transportadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demoledores hidráulicos</li> <li>• Motores diesel y gasolina</li> <li>• Concretadoras</li> <li>• Bombas sumergibles</li> <li>• Plumas</li> <li>• Hidrolavadoras</li> <li>• Cortadoras</li> <li>• Aspiradoras</li> <li>• Monorodillo</li> <li>• Allanadora</li> <li>Jardinería</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soldadores</li> <li>• Equipos Argón y oxicorte</li> <li>• Diferenciales, chicharras y tirfor</li> <li>• Compresores</li> <li>• Extractores</li> <li>• Reflectores</li> <li>• Estibadora</li> <li>• Bombas prueba hidrostática</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maquinaria amarilla</li> <li>• Producto llantas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Andamios y complementarios</li> <li>• Formaleta</li> <li>• Obra falsa</li> <li>• Andamios colgantes</li> <li>• Escaleras</li> <li>• Básculas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Canguros</li> <li>• Vibrocompactadoras</li> <li>• Vibradores</li> <li>• Pulidoras</li> <li>• Martillos piso y muro</li> </ul>

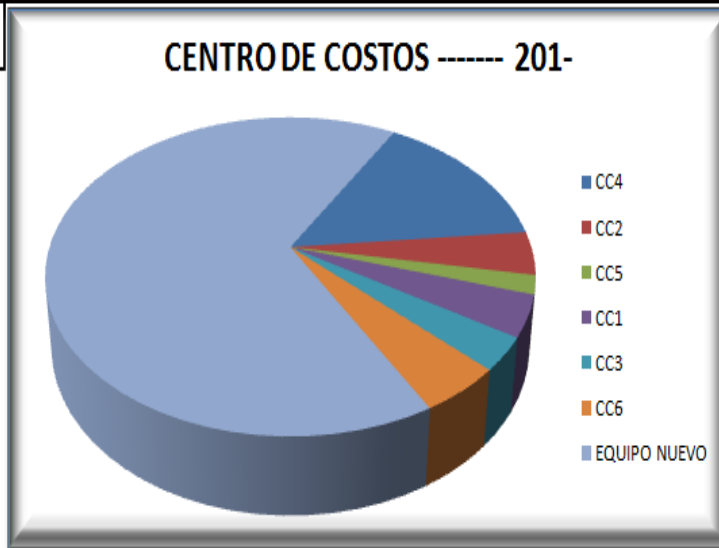
cc : centro de costo

Fuente: Arrendaequipos 2010

## ANEXO C. PROPUESTA INFORME CENTRO DE COSTOS

	CC4	CC2	CC5	CC1	CC3	CC6	EQUIPO NUEVO	TOTAL
M.O.( 1,52 FP)	\$ 15.626.801	\$ 4.874.640	\$ 2.348.400	\$ 5.038.800	\$ 3.131.200	\$ 6.053.248		
No.PERSONAS	(13)	(5)	(3)	(7)	(5)	(6)		
REPUESTOS	\$ 6.019.000	\$ 1.105.000		\$ 620.000	\$ 1.303.000	\$ 428.000	\$ 97.082.000	
COMPARTIDOS	\$ 439.664	\$ 439.664	\$ 439.664	\$ 439.664	\$ 439.664	\$ 439.664		\$ 2.637.983
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 22.085.465</b>	<b>\$ 6.419.304</b>	<b>\$ 2.788.064</b>	<b>\$ 6.098.464</b>	<b>\$ 4.873.864</b>	<b>\$ 6.920.912</b>	<b>\$ 97.082.000</b>	

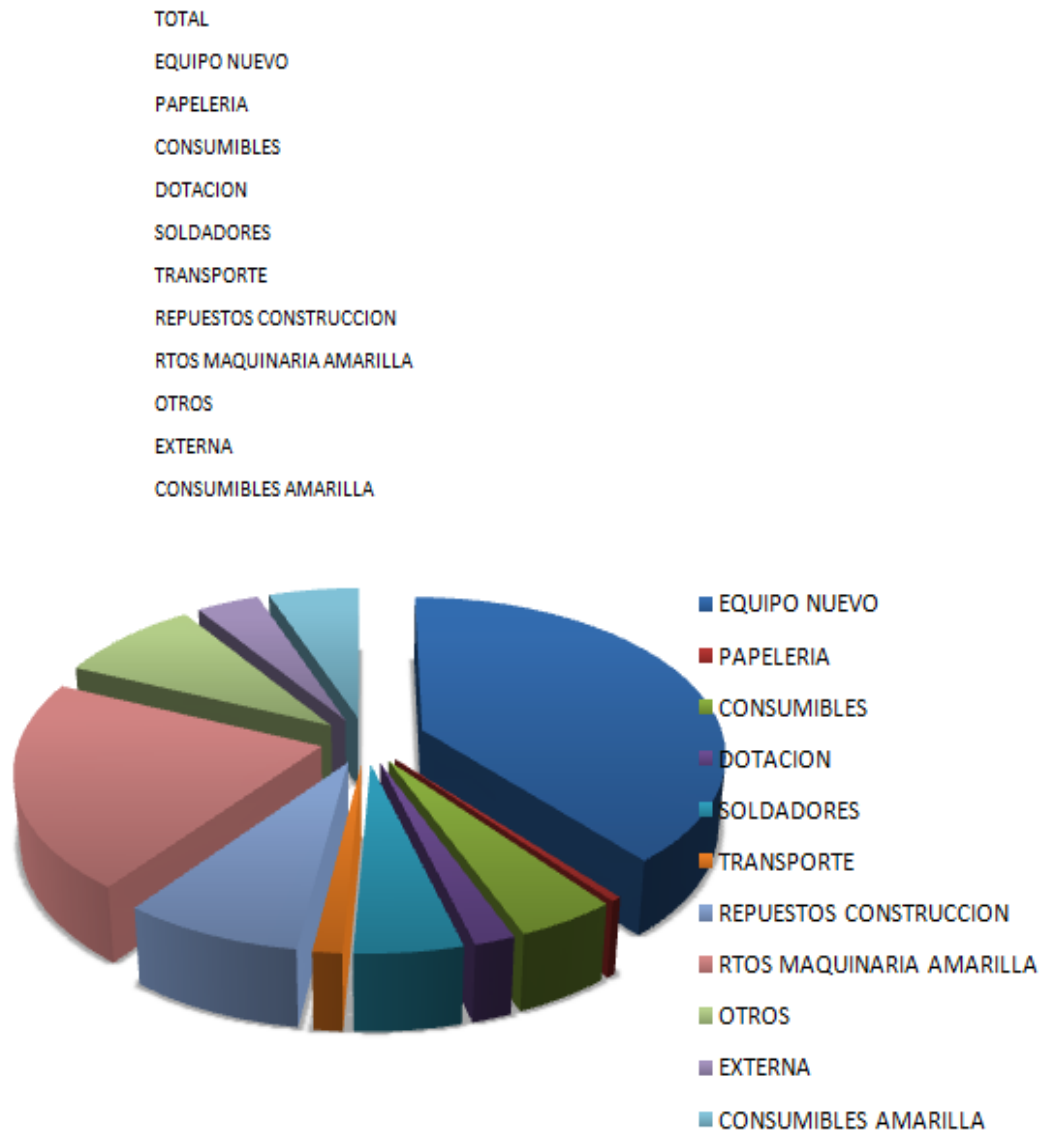
FP: FACTOR PRESTACIONAL



Fuente: Arrendaequipos 2010



## ANEXO E. PROPUESTA INFORME COMPRAS POR MES



Fuente: Arrendaequipos 2010

## ANEXO F. PROPUESTA FICHAS MANTENIMIENTO

**AE ARRENDAEQUIPOS S.A. PLANTA ELÉCTRICA**

NIT: 890.935.763-3

HOJA DE VIDA \_\_\_\_\_

FECHA DE MANTENIMIENTO: \_\_\_\_\_

	REV.	ESTADO	CAMBIO	TÉCNICO
Revisión aceite				
Estado filtro aire				
Combustible				
Estado voltaje				
Arranque "yoyo"				
Estado del motor				

OPERARIO: \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

PARA CASILLA ESTADO (B=BUENO / M=MALO)

**AE ARRENDAEQUIPOS S.A. BOMBA SUMERGIBLE**

NIT: 890.935.763-3

HOJA DE VIDA \_\_\_\_\_

FECHA DE MANTENIMIENTO: \_\_\_\_\_

	REV.	ESTADO	CAMBIO	TECNICO
Cable				
Estado manguera				
Empaquetadura				
Revisión impeler				
Voltaje				

OPERARIO: \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

PARA CASILLA ESTADO (B=BUENO / M=MALO)  
CASILLAS DE REVISION Y CAMBIO = √

Area Mantenimiento  
Arrendaequipos S.A.

**AE ARRENDAEQUIPOS S.A. MONORODILLO**

NIT: 890.935.763-3

HOJA DE VIDA \_\_\_\_\_

FECHA DE MANTENIMIENTO: \_\_\_\_\_

	REV.	ESTADO	CAMBIO	TECNICO
Revisión aceite				
Estado filtro				
Estado combustible				
Motor				
Clutch				
Estado correa				
Tornillería				
Aceleración				
Soporte delantero y trasero				

OPERARIO: \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

PARA CASILLA ESTADO (B=BUENO / M=MALO)  
CASILLAS DE REVISION Y CAMBIO = √

Area Mantenimiento  
Arrendaequipos S.A.

Fuente: Arrendaequipos 2010

## ANEXO G. PROPUESTA FICHA DE MANEJO

MINICARGADOR No.

HORAS ACTUALES DE TRABAJO:

INTERVALO DE HORAS	c/200 hrs	c/400 hrs
ACEITE DE MOTOR	x	x
FILTRO DE ACEITE	x	x
FILTRO DE AIRE	x	x
FILTRO DE COMBUSTIBLE	x	x
FILTRO DE COMBUSTIBLE AUX	x	x
REVISION GENERAL MECANICA	Inspeccion diaria por parte del operador de elementos mecanicos (Rotulas, gatos, mangueras, pasadores y bujes, mandos, correas y poleas, soportes de motor, motores traslacion, etc..)	Inspeccion diaria por parte del operador de elementos mecanicos (Rotulas, gatos, mangueras, pasadores y bujes, mandos, correas y poleas, soportes de motor, motores traslacion , etc..)
REVISION GENERAL SISTEMA ELECTRICO	Inspeccion diaria por parte del operador del sistema electrico (bateria, testigos, alternador, luces, pito, etc..)	Inspeccion diaria por parte del operador del sistema electrico (bateria, testigos, alternador, luces, pito, etc..)
ENGRASE DE GATOS	El engrase se hace dia por medio o segun condiciones de trabajo y criterio del operador	El engrase se hace dia por medio o segun condiciones de trabajo y criterio del operador
OBSERVACIONES		Se cambio el aceite por uno semi-sintetico para dar un intervalo de tiempo mas largo entre cambios de aceite (Aprox. 350 hrs de trabajo)

Area Mantenimiento  
Arrendaequipos S.A.

Fuente: Arrendaequipos 2010

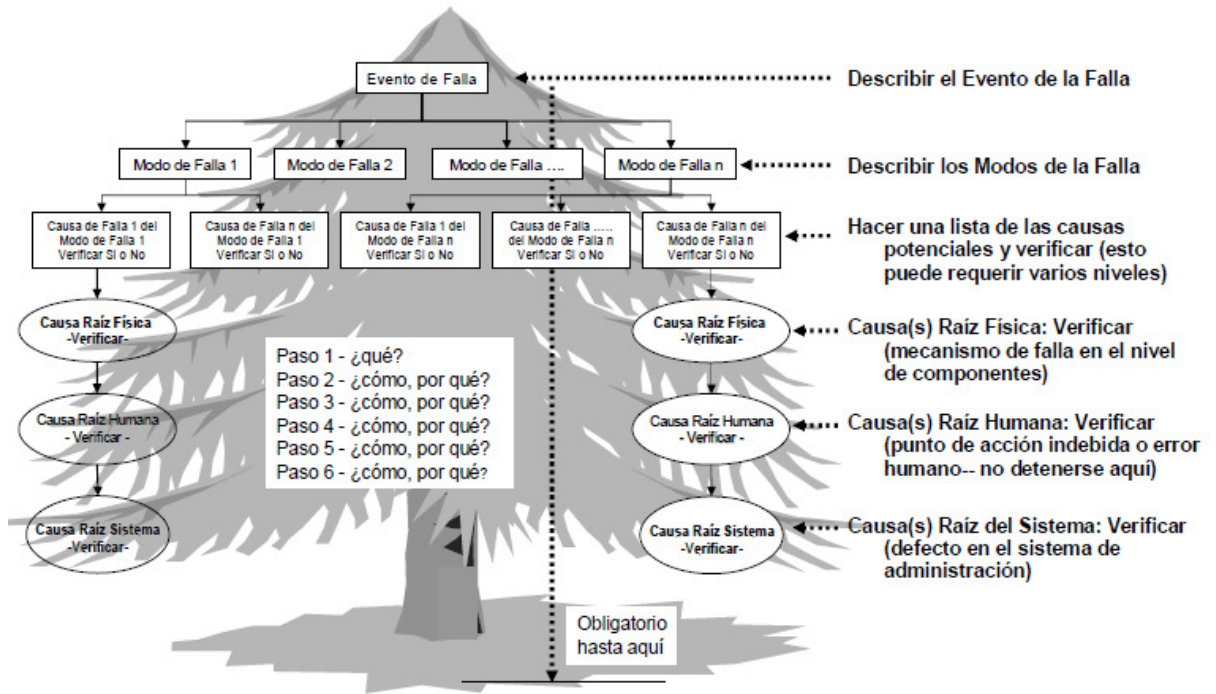
## ANEXO H. TABLA DIAGNÓSTICOS

La siguiente tabla se elaboró en la empresa Arrendaequipos para revisar cada elemento de los niveles de mantenimiento permitiendo identificar el estado actual y la influencia que tiene cada uno de estos dentro de la empresa en el proceso de funcionamiento.

DIAGNÓSTICO <span style="float: right; border: 1px solid black; background-color: #cccccc; width: 300px; height: 20px; display: inline-block;"></span>											
ETAPA		En desarrollo			En proceso			No existe			
Nivel desarrollo	1	2	3	4	5						
1 BAJO						5 ALTO					
DESCRIPCIÓN											

Fuente: Arrendaequipos 2010

## ANEXO I. ÁRBOL LÓGICO EN EL RCFA



- A. Describir el evento de la falla en forma clara y concisa
- B. Reunir las evidencias circunstanciales y propias del evento
- C. Realizar la tormenta de Ideas sobre las causas de la falla o aplicar el Método Vaticano
  - a. Detectar las causas posibles de fallas
  - b. Verificar las causas de las fallas
- D. Encontrar la causa raíz y verificarla, que explique todos los hechos que suceden
- E. Determinar la posible causa raíz humana y verificarla
- F. Determinar la factible causa raíz latente y verificarla
- G. Comunicar los resultados y las recomendaciones de control diseñadas
- H. Monitorear, vigilar, hacer el costeo final y establecer un seguimiento hasta la erradicación o control total de la falla

Fuente: (Mora, 2009)

## ANEXO J. ESTRUCTURA SISTÉMICA, ORGANIZACIONAL Y FUNCIONAL DE MANTENIMIENTO

<p><b>Estructura Organizacional y funcional del mantenimiento, estilo matricial, el cual es flexible y dinámico, todo el personal interactúa; el sistema es transversal y no departamental.</b></p>	Entidades indirectas de Apoyo Logístico										
	Taller	Almacén	Proveedores	Costos	Importaciones	Contratistas					
	Otras áreas de apoyo a Ingeniería de Mantenimiento										
	Gestión y Operación Táctica y Estratégica del Mantenimiento										
<p><b>Acciones de Mantenimiento</b></p> <div style="margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-bottom: 5px;">Correctivo</div> <p style="font-size: 0.8em; margin: 0;">Normalmente para el correctivo se crea un Grupo Reactivo que atiende las necesidades y fallas de corto plazo y urgentes. La tendencia es a disminuir a porcentajes muy bajos la cantidad de correctivos.</p> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-bottom: 5px;">Modificativo</div> <p style="font-size: 0.8em; margin: 0;">Las actividades de rediseño o modificación las realiza otro Grupo Activo de Ingeniería de Proyectos dentro de mantenimiento o perteneciente a Ingeniería de Fábricas</p> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-bottom: 5px;">Preventivo</div> </div> <div style="margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-bottom: 5px;">Predictivo</div> </div> <p style="font-size: 0.8em; margin: 0;">Todas las tareas de acciones preventivas o predictivas se desarrollan mediante un Grupo de Mantenimiento Planeado</p>											
<p><b>El Personal que conforma el Grupo Reactivo adopta una Táctica de Tipo Reactiva, realiza los correctivos y presta su servicio todo el tiempo en forma inmediata</b></p> <p><b>Realiza pequeños proyectos y en especial desarrollan todas las modificaciones a lugar, derivadas de los análisis de fallas, estudio y análisis de la ingeniería de confiabilidad y CMD</b></p> <p><b>Es el Grupo que lidera la aplicación de una Táctica que puede ser un TPM, RCM, WCM, etc. habitualmente las empresas en sus etapas II, IV, V y VI, adoptan una táctica Proactiva que contiene a casi todas las anteriores</b></p>						<p>Por lo general se conforman Grupos multidisciplinarios, con miembros de Reactivo Modificativo Planeado y de otras áreas como Operación que utilizan las estrategias normales de análisis como CMD, LCC, RAM, MD, RPN, FMECA, etc., casi siempre está liderado por Gerentes de Ingeniería o Directores de IM o de IF</p> <p>El análisis es transversal en toda la estructura de mantenimiento y operación, quienes actúan coordinadamente</p>					

Fuente: (Mora, 2009)