

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS



**IMPACTO DE LOS PESOS PORCENTUALES DE
CADA INCUMPLIMIENTO NORMATIVO EN LA
DETERMINACIÓN DE LAS MULTAS**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO INDUSTRIAL**

José Luis Robles Laynes

Lima, Perú

2009

Digitalizado por:

**Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse**

FUS/2009

G- 23391

*A Valentina,
la niña que siempre saluda
con una sonrisa.*

ÍNDICE

	Pág.
SUMARIO	x
DESCRIPTORES TEMÁTICOS	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	4
1.1 Definición del estudio	4
1.2 Objetivos	5
1.2.1 Objetivo general	5
1.2.2 Objetivos específicos	5
1.3 Importancia del tema	6
1.4 Alcances	8
CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL DE MANTENIMIENTO	9
2.1 Mantenimiento	9
2.2 Tipos de mantenimiento	10
2.2.1 Mantenimiento reactivo	11

2.2.2	Mantenimiento proactivo	12
2.2.2.1	El mantenimiento preventivo	12
2.2.2.2	El mantenimiento predictivo	16
2.2.2.3	El mantenimiento productivo total	17
2.3	Sistemas de administración de mantenimiento	18
2.4	Ciclo de vida de los equipos	19
2.4.1	Fallas prematuras	21
2.4.2	Fallas causales	22
2.4.3	Fallas por desgaste	23
2.4.4	Actividades de servicio	25
2.5	Sistemas de criticidad de los equipos	26
2.6	Requisitos de mantenimiento de los equipos	28
2.6.1	Datos de entradas	28
2.6.2	Métodos para determinar los requisitos de MPA	31
2.7	Tareas típicas de mantenimiento	32
2.7.1	La inspección de los equipos	35
2.7.1.1	Inspección sensorial	37
2.7.1.2	Inspección instrumental	38
2.7.2	Conservación	42
2.7.2.1	La limpieza de los equipos	43
2.7.2.2	La lubricación de los equipos	44

2.7.2.3	El ajuste de los equipos	46
2.7.3	Reparación	46
2.8	El mantenimiento preventivo basado en el operador	48
2.9	Desarrollo de un sistema de mantenimiento preventivo	51
2.10	Organización del área de mantenimiento.	52
2.10.1	La organización es el primer paso	52
2.10.1.1	Sistema de información	53
2.10.1.2	La orden de trabajo	54
2.10.1.3	Requisición de repuestos	55
2.10.1.4	El programa de entrenamiento	55
2.10.2	Dos modos de comunicación importante	56
2.10.3	Las fuentes de conocimiento de trabajo.	57
CAPÍTULO III: LA EMPRESA Y EL MANTENIMIENTO		58
3.1	La empresa del estudio	58
3.2	Análisis económico de CICSA	67
3.3	Mantenimiento.	70
CAPÍTULO IV: EL DIAGNOSTICO DEL MANTENIMIENTO ACTUAL		79
EN LA EMPRESA DEL ESTUDIO		
4.1.	Premisas del modelo de análisis del mantenimiento actual.	79
4.2	Marco de referencia para el mantenimiento actual	83
4.3	Determinación de los problemas de mantenimiento	90

CAPITULO V: EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO	98
5.1. Alternativas de solución.	98
5.2. Fundamentos de orden APRA la propuesta de mantenimiento preventivo.	98
5.3. Descripción del sistema de Mantenimiento Propuesto.	105
5.3.1 Organización del mantenimiento propuesto	105
5.3.1.1. Fundamentos	105
5.3.1.2. Organización propuesta	107
5.3.1.3. Características Técnicas de la Máquina	113
5.4. Planeamiento del Mantenimiento	117
5.4.1. Visión	117
5.4.2. Misión de la Empresa	118
5.4.3. Valores Culturales y Políticas de Mantenimiento	119
5.4.4. Periodicidad de Mantenimiento.	120
5.4.5. Secuencia y frecuencia de Mantenimiento	120
5.4.6. Programación de Mantenimiento.	124
5.4.6.1. Programación de Mantenimiento actual	124
5.4.6.2. Programación del Mantenimiento Preventivo Propuesto.	127
5.4.6.3. Recursos	134
5.4.6.4. Evaluación de la confiabilidad en CICSA.	135

5.5.	Seguridad en el Mantenimiento.	146
5.5.1.	Seguridad para el maquinista (Operador)	146
5.5.2.	Seguridad para los técnicos de mantenimiento	149
5.6.	Inversión de la propuesta	150
5.7.	Cronograma de implementación del sistema de mantenimiento propuesto	150
CAPITULO VI: COSTOS DE MANTENIMIENTO		152
6.1.	Generalidades	152
6.2.	Costos de operación	153
6.3.	Costo de mantenimiento y reparación	157
CAPÍTULO VII: EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA.		166
7.1	Evaluación de los resultados de la implementación	166
7.2	Evaluación de los costos de mantenimiento	166
7.3	Evaluación del hacer mantenimiento proactivo vs. alquiler de equipo.	170
7.4	Evaluación de la gestión de Mantenimiento.	170
CONCLUSIONES		175
RECOMENDACIONES		177
BIBLIOGRAFÍA		179

- 01 Inventario de Equipo Mecánico
- 02 Documentos de Mantenimiento 1,2,3,4,5,6,7.
- 03 Análisis Expectográfico de Aceite de Motor
- 04 Análisis Espectográfico de Aceite de Diferencial
- 05 La Excavadora
- 06 Partes de la Excavadora 1
- 07 Programación mensual del mantenimiento preventivo
Propuesto.
- 08 Costo de la hora hombre

SUMARIO

Este estudio se ha intitulado: "SISTEMA DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS EN UNA COMPAÑÍA DE SANEAMIENTO", que surge de la falta de respuesta inmediata a los requerimientos de mantenimiento preventivo y reparaciones a la maquinaria pesada que está en los campamentos y la sede central de la Corporación de Ingeniería civil S.A. (CICSA).

El mantenimiento proactivo es un paradigma técnico-operativo, que deben asimilar las empresas para mantener en un nivel de eficiencia operativa aceptable a sus equipos que constituyen el activo en el cual se basa sus operaciones.

El presente estudio es una evaluación analítica de los elementos del sistema de mantenimiento actual a fin de dar alternativas de solución al problema de falta de respuesta rápida de los requerimientos de mantenimiento, mediante la reestructuración de sus elementos.

Una conclusión básica del estudio, es que el alto costo de adquisición de la máquina pesada y el requerimiento de recuperar el capital invertido mediante el trabajo propio del equipo pesado, amerita su funcionamiento eficaz en la vida económica útil, para ello es fundamental la implementación de un mantenimiento proactivo, que programe, prevea, controle y efectúe el mantenimiento total de la maquinaria pesada. Su implementación debe contar con el apoyo técnico-

económico de la Alta Gerencia, ya que el mantenimiento preventivo es inherente al buen funcionamiento de la máquina.

DESCRIPTORES TEMÁTICOS

- Mantenimiento Preventivo
- Mantenimiento Predictivo
- Mantenimiento Productivo Total
- Mantenimiento Proactivo
- Sistema de mantenimiento
- Confiabilidad de maquinaria
- Mantenibilidad
- Ciclo de vida
- Criticidad de los equipos

INTRODUCCIÓN

En el Perú hay mucho quehacer, pues, los indicadores de desarrollo humano se encuentra por debajo del promedio regional y el país tiene casi la mitad de su población en situación de pobreza, por lo que las obras de infraestructura sanitaria, de habilitación urbana, de ayuda social ante la periódica presencia de huaycos, inundaciones, que afecta a los asentamientos humanos más humildes, descolmatación de ríos y apoyo a la agricultura están en la orden del día en la agenda nacional. En esta labor la maquinaria pesada, como el cargador frontal, la excavadora, tractores, etc, tiene un rol relevante, en cuanto que son las que realizan el movimiento de tierra para estas labores de infraestructura y ayuda social. El costo de esta maquinaria y su necesidad operativa demandan un idóneo mantenimiento que además de coadyuvar en la eficiencia operativa de la máquina la conserve más allá de su vida útil económica.

Es en este contexto que la maquinaria pesada – representada en el presente estudio por una excavadora hidráulica de oruga-, de la empresa del estudio demanda un mantenimiento proactivo para superar sus problemas de atención oportuna y rutinaria de mantenimiento de los equipos acantonadas tanto en su sede central como en los campamentos de las obras, a donde se

traslada las máquinas, a lo que se agrega la falta de un mantenimiento preventivo organizado para atender la máquinas asignadas en los campamentos, que son atendidas empíricamente por los operarios.

La presente tesis titulada **“Sistema de mantenimiento de equipos de movimiento de tierras en una compañía de saneamiento”** tiene el esquema procedimental y metodología del diseño de sistemas, por tal razón este estudio esta estructurada en siete capítulos.

El sumario se refiere a la descripción de las motivaciones y problemas del estudio, su estructura de modo general y sucinto.

En el primer capítulo se formula el planteamiento del estudio, se plantean los objetivos, se determina la importancia y sus alcances.

El segundo capítulo consiste en el desarrollo del fundamento teórico del mantenimiento, que va desde la definición de mantenimiento, pasando por la tipología del mantenimiento, las tareas de esta función y finalizando con el mantenimiento preventivo y su organización.

El tercer capítulo se aborda el análisis de la empresa del estudio; se describe a la compañía, analiza sus resultados económicas. En tanto que el capítulo cuarto está referido al diagnóstico del mantenimiento actual de la empresa del estudio. Esto último da lugar al capítulo quinto, donde se desarrolla una propuesta alternativa del sistema de mantenimiento; esta propuesta consiste en conocer la maquinaria que sirve de caso aplicativo, la organización del mantenimiento, la aplicación del programa de mantenimiento preventivo y la seguridad.

En el capítulo sexto se hace un análisis de la estructura de los costos de operación y de mantenimiento de la máquina. Con la propuesta técnica y su costo, en el capítulo séptimo se evalúa la propuesta.

Finalmente, cabe señalar que es necesario organizar un módulo de mantenimiento itinerante, a fin que efectúe el mantenimiento preventivo a las máquinas acantonadas en los campamentos donde se ejecuta obras lejos de la sede central, por cuya lejanía no es conveniente su traslado diario de la máquina, y que se implemente el mantenimiento preventivo que supere los problemas de mantenimiento oportuno de los equipos.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. DEFINICIÓN DEL ESTUDIO

El presente estudio denominado "SISTEMA DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS EN UNA COMPAÑÍA DE SANEAMIENTO", se desarrolló en el ámbito de la unidad orgánica-operativa de mantenimiento de la maquinaria pesada que utiliza la empresa Corporación de Ingeniería Civil SAC (CICSA) en el movimiento de tierras en las obras de saneamiento. Este estudio es definido como la evaluación analítica de los elementos del sistema de mantenimiento actual para determinar sus problemas y dar alternativas de solución mediante la reestructuración de sus elementos. Específicamente queda definido por su ámbito, que es:

a. Diseño de un sistema

Definido por su estructura: diagnóstico del sistema actual - que a su vez comprende la presentación del sistema actual de mantenimiento,

análisis del sistema e identificación de problemas-, diseño del sistema de mantenimiento alternativo y, la evaluación de los sistemas.

b. El sistema de mantenimiento

El presente estudio comprendió sólo el sistema de mantenimiento, teniendo en cuenta los otros sistemas - producción, costos, administración-, en cuanto y en tanto tengan alguna incidencia directa con el sistema del estudio.

c. Evaluación de alternativas de mantenimiento

El requerimiento de contar con un sistema de mantenimiento, implica una inversión que debe ser evaluada y, que no forma parte del sistema, pero, que fue necesario efectuar a fin de definir cuantitativamente las ventajas de la propuestas.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

El objetivo principal del presente estudio es el diseño del sistema de mantenimiento de la empresa en referencia, como alternativa al sistema de mantenimiento actual, a fin de optimizar la eficiencia operativa de la maquinaria.

1.2.2. Objetivos específicos

- a. Definir y ubicar el sistema de mantenimiento en el contexto de la empresa.

- b. Describir y analizar el sistema de mantenimiento actual que permita determinar los problemas del sistema.
- c. Diseñar un sistema de mantenimiento alternativo que solvete la solución a los problemas encontrados en el sistema.
- d. Interiorizar y posicionar en la empresa la importancia del mantenimiento preventivo para mantener la eficiencia operativa de la maquinaria y la empresa alcance el nivel de competitividad que le exige el mercado.
- e. Integrar el concepto del ciclo de vida del equipo en la planificación del mantenimiento.
- f. Desarrollar la acción administrativa del mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo de la maquinaria de la empresa.
- g. Procurar el mejor rendimiento de los equipos de la empresa que trabajan en las diferentes obras de la empresa.
- h. Formar la cultura del mantenimiento proactivo en los operadores, y en el personal comprometido en la gestión de mantenimiento de la empresa a fin de mejorar la eficiencia operativa de las máquinas.
- i. Evaluar técnica y económicamente los sistemas de mantenimiento.

1.3. IMPORTANCIA DEL TEMA

Las empresas peruanas con la adopción de la economía de mercado y su integración compulsiva a la globalización, están obligadas a asimilar e

implementar nuevas tecnologías administrativas y productivas para mejorar la productividad de la mano de obra, de manera que suba la calidad de los productos y servicios. En este afán, el nivel de eficiencia de la operatividad de los equipos resulta relevante y fundamental, más aún cuando éstas son el soporte de la prestación de un servicio; como es el caso del presente estudio, dónde la empresa, CICSA, basa sus operaciones, ingresos y su existencia misma en la buena operatividad de los equipos que ofrece para los servicios del movimiento de tierra.

En tal virtud, la importancia del presente estudio estriba en su contribución al sistema de la empresa interviniente en el estudio, que mediante la aplicación de las técnicas de la Ingeniería Industrial se planteará un mantenimiento proactivo de la maquinaria pesada, y pueda afrontar adecuadamente a la competencia y de este modo desarrollar mejor la gestión empresarial, por que podrá contar con una maquinaria eficiente en su operatividad de su vida útil.

Otro aspecto que fundamente la importancia de este estudio, es que mediante el mantenimiento la maquinaria tendrá mayor productividad, disminución de paradas de la máquina, mayor disponibilidad de los equipos, mejora de la seguridad, de la protección del medio ambiente y de la calidad de los servicios que presta la empresa.

El costo de adquisición de la maquinaria pesada - tractores, cargadores frontales, palas excavadoras, motoniveladoras, etc. que en promedio su costo es US\$ 300,000 cada unidad -, son activos de la empresa

que amerita por si solo la relevancia del mantenimiento de las mismas y por ende de este estudio.

1.4. ALCANCES.

Los equipos de movimientos de tierras son utilizados en las obras de saneamiento, construcción de carreteras, puentes, edificaciones, en la industria minera, construcción de grandes represas, canales de regadío, en la agricultura, descolmatación de los ríos, movimiento de escombros en los desastres, etc., que implica desgaste de las piezas y elementos de las máquinas, gran esfuerzos y merma de la potencia; por ello, el mantenimiento tiene un real alcance operativo, por su aporte en la repotenciación y eficiencia de la operatividad en la maquinaria, que se constituye en un factor catalizador de crecimiento, desarrollo y bienestar en la sociedad y las empresas, sea cual fuere el sector en que opere la maquinaria pesada.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL DE MANTENIMIENTO

2.1 MANTENIMIENTO

Las empresas peruanas frente al mercado tiene el paradigma de ser competitivo, requisito sine qua non para continuar en la misión de contribuir a la creación de riqueza, para ello debe asimilar aspectos como el sentido de pertenencia, proactivo, cultura de calidad, cultura de servicio, el just in time, más aún si la empresa tiene como actividad la prestación de servicio de maquinaria pesado. Debiéndose entender como servicio la atención oportuna al usuario, y esta idea debe transmitirse a todos los usuarios a través de una eficiente prestación del servicio. Para ello, la maquinaria debe estar en condiciones operativas eficiente, función que corresponde al mantenimiento, y con carácter proactivo

Es muy importante en mantenimiento conocer todas las fuentes de información que permitan saber que actividades de mantenimiento se van a realizar, con que frecuencia, que habilidades y conocimientos se requieren, que materiales, que repuestos son necesarios, sus costos, etc.

La planificación del mantenimiento es una actividad amplia y compleja, para lo cual se debe considerar dos cosas importantes cuando se inicia la planificación y programación del mantenimiento: El progreso a la tecnología y la participación de los operadores en las labores de mantenimiento.

Se debe delegar las tareas rutinarias tales como la limpieza, ajuste, lubricación y puesta a punto a los operadores. Incluso se puede transferir muchas tareas de inspección, algunas tareas de mantenimiento preventivo y probablemente algunas tareas de reparación menor (por ejemplo un cambio de filtros de aire de un motor Diesel).

Este tiempo libre que logra el personal de mantenimiento debe invertirse en realizar actividades de alta tecnología, tales como monitoreo de condición de los equipos y mejoramientos.

En consecuencia, el mantenimiento debe aplicarse para reducir al mínimo el efecto de las averías en los equipos (y las instalaciones), y proporcionar información al sistema.

2.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO

En una primera clasificación de mantenimiento, se tiene los siguientes tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento de averías
- Mantenimiento rutinario
- Mantenimiento correctivo

- Mantenimiento preventivo
- Prevención del mantenimiento

de modo resumido las características de estos mantenimientos son:

- Por descompostura
- Rutinario
- Correctivo
- Preventivo
- Prevención del mantenimiento

Una clasificación más moderna agrupa al mantenimiento en dos tipos:

- a. Mantenimiento Reactivo (MR)
- b. Mantenimiento Proactivo (MP)

2.2.1 Mantenimiento Reactivo (MR)

Es el mantenimiento en el cual no se realiza ningún tipo de planificación ni programación. Corresponde a la reparación imprevista de fallas y que se practica en las empresas, en aquellos componentes de bajo costo, donde el equipo es de una naturaleza auxiliar y que no está directamente relacionado a la producción.

Cuando el mantenimiento reactivo es reducido por las inspecciones del Mantenimiento Preventivo, la disponibilidad del equipo aumenta.

2.2.2 Mantenimiento Proactivo (MPA)

Es el mantenimiento planificado y programado llevado a cabo con el fin de que la administración del mantenimiento sea más eficiente. Aquí se incorpora el nuevo concepto de que las funciones del mantenimiento no deben corresponder únicamente al dpto. de mantenimiento, sino que parte de esas funciones se deben asignar a los dptos de producción, investigación y desarrollo, diseño, ingeniería, compras, a la gerencia general y a los operadores.

El mantenimiento proactivo abarca:

- El Mantenimiento Preventivo (MP)
- EL Mantenimiento Predictivo (MPd)
- El Mantenimiento Productivo Total (TPM)

2.2.2.1 El mantenimiento preventivo (MP)

Es el proceso de servicios periódicos (rutinario) al equipo. Este puede ser desde una simple lubricación hasta una adaptación, después de un determinado tiempo, de piezas o componentes. El intervalo entre servicios puede ser en horas de operación número de cambios de operación, en tiempo (horas, días, semanas, meses, etc.). Una vez que se ha establecido

el programas, se deberán realizar chequeos para verificar si el intervalo fijado es correcto. Las tareas de MP se puede agrupar de la siguiente manera:

- a) De rutina
- b) Global
- c) Overhaul

a) Tareas de rutina

Las tareas de rutina de (MP) se puede definir como las actividades SISTEMÁTICAS para realizar:

- Limpieza
- Lubricación
- Inspección
- Prueba
- Ajuste
- Servicio
- Reparaciones menores

Con la finalidad de mantener al equipo en perfectas condiciones de operación. Cada tasa normalmente toma pocos minutos. El énfasis aquí es sobre lo sistemático, que significa que hay un

número de tareas diarias, semanales o mensuales realizados de la misma manera repetidas veces.

b) Tareas de Mantenimiento Global

Son aquellas actividades que usualmente involucran:

- Retiro del equipo de la línea de producción
- Desmantelamiento total del equipo
- Reemplazo o reconstrucción de muchas partes, componentes o sistemas.
- Mucho más tiempo que las tareas rutinarias
- Alto nivel de habilidad del personal de (MP)
- Planificación del Mantenimiento
- Programación del equipo para una parada planificada
- Prueba de funcionamiento del equipo

En este caso, el equipo normalmente no es retirado de su base y es beneficiosa la participación del operador, ya que es una excelente manera de aprender más sobre la máquina.

c) El Overhaul del equipo (reconstrucción)

Normalmente involucra:

- Retiro del equipo de la línea de producción

- Desmantelamiento total del equipo
- Reemplazo o reconstrucción de muchas partes, componentes o sistemas.
- Empleo de muchas herramientas, incluyendo máquinas herramientas
- Alto nivel de habilidades del personal de MP.
- Repintado del equipo
- Recalibración y prueba de funcionamiento
- Reinstalación en la línea de la producción
- Mayor tiempo para su ejecución
- Un planificador/programador de mantenimiento

Se realiza cuando el equipo puede ser sacado de la línea de producción por un extenso periodo de tiempo normalmente, se permite hacer modificaciones mayores, rediseños o implementación de una mejora técnica.

Después de realizar este tipo de mantenimiento, normalmente se reestructura el equipo a una condición próxima a la nueva. La tasa de fallas cae drásticamente.

2.2.2.2 El mantenimiento predictivo (MPd)

Normalmente se realiza separadamente del (MP), especialmente lo realiza el Dpto. de ingeniería. Sin embargo sirve para el mismo propósito que el MP; prevenir fallas del equipo prediciendo cuando va a fallar cierto componente (por ejemplo un rodamiento, un piñón de una caja de engranaje, o un motor. El MPd incluye una serie de pruebas y análisis tales como:

- Ensayos no destructivos
- Análisis acústicos
- Análisis de vibraciones
- Pruebas de aislamiento (Meggar)
- Análisis espectrográfico de aceite
- Termografía
- Inspección infrarroja

Este tipo de mantenimiento utiliza aparatos de prueba sofisticados para ayudar a predecir cuando fallará un componente de un equipo. Estos aparatos de prueba pueden incluso estar interactuando con un microprocesador para graficar las tendencias de desgaste del equipo y mejorar las estimaciones sobre la condición del mismo. Tal sistema puede tomar decisiones lógicas como el reemplazo de partes gastadas en un turno de reparación, que no interfiera con la producción.

Este sistema ayuda a mejorar el establecimiento de estándares para el reemplazo de componentes.

2.2.2.3 El mantenimiento productivo total (TPM)

Grandes compañías de todo el mundo Occidental como la Ford Motor, Motorola, Kodak, Texas Instruments, IBM y muchas otras han empezado a instalar el TPM o ya han tenido éxito con ello. Parece ser una de las modas más importantes de la tecnología moderna.

En este mantenimiento se involucra la participación de todos. "EL TPM mejora permanentemente la efectividad global de los equipos, con la activa participación de los operadores".

Mientras el TPM involucra, además del personal de mantenimiento y operadores, a ingenieros, vendedores, supervisores y otros, la mejora de la efectividad global del equipo estará claramente acompañada de un buen equipo de trabajo.

Parte del mejoramiento y el mantenimiento de los equipos a su más alto nivel de rendimiento es adoptar metas ambiciosas. Como las metas "Cero defectos" de calidad de gestión, las metas del TPM son similares respecto a los equipos:

- Cero tiempo de parada no planeada
- Cero productos defectuosos causados por equipos.
- Cero pérdida de velocidad de equipos

En la actualidad la participación de los operadores (TPM) es un enfoque altamente recomendado.

Cualquier programa de mantenimiento proactivo diseñado y ejecutado adecuadamente se pagará por sí solo. La implantación y ejecución aumentarán los costos totales de mantenimiento al inicio, pero después de un período de tiempo los costos totales disminuirán por abajo del nivel original (Fig. 2.1)

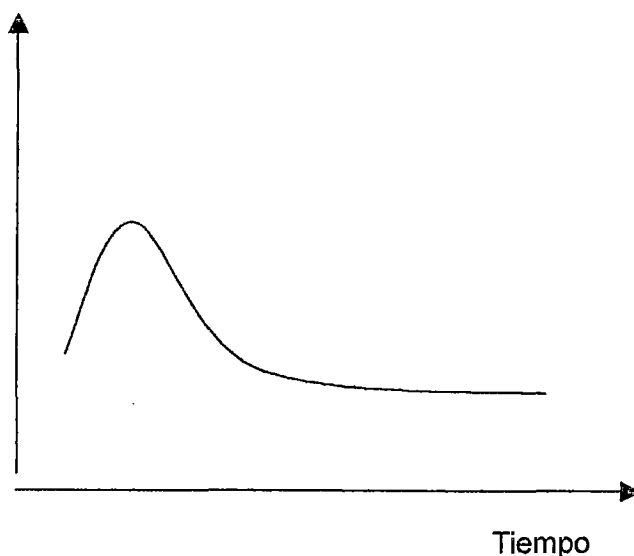


Fig. 2.1 COSTO INICIAL DISMINUIDO POR UN ADECUADO MP.

2.3 SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE MANTENIMIENTO

Un sistema de administración del mantenimiento implica un sistema conectado orgánicamente con las actividades antes mencionadas, de manera que se observen las políticas y se alcancen las metas de la administración del mantenimiento. Este sistema se compone de varios sistemas secundarios tales como el sistema de control de mantenimiento, el de operaciones de mantenimiento, el de información de mantenimiento, el de administración en

el que se utiliza una computadora para controlar el mantenimiento, el de programación y control para mantenimiento, el de diagnóstico para mantenimiento, etc. En la figura 2.2 aparece el modelo general usado para diseñar los diversos sistemas secundarios que representan políticas de mantenimiento.

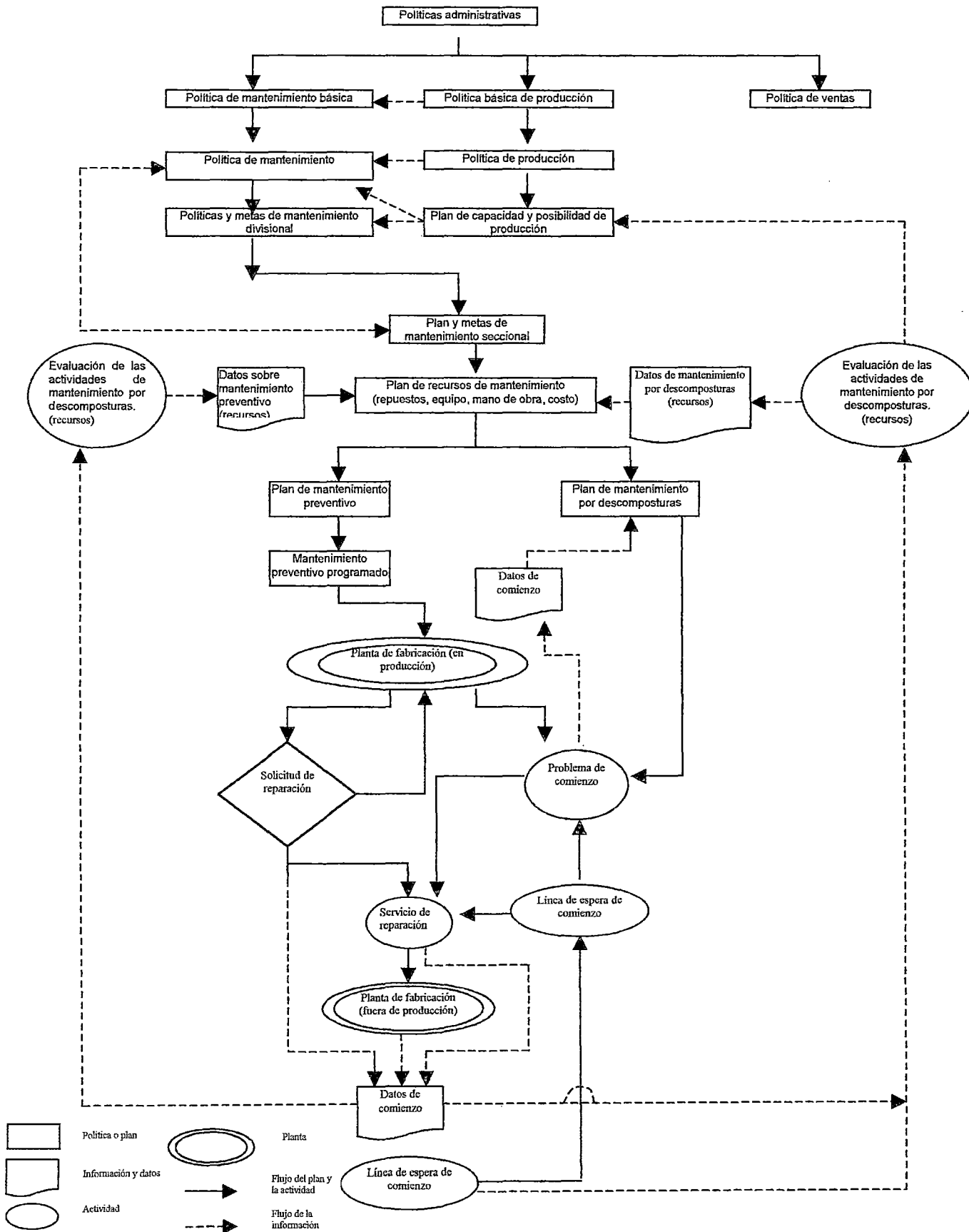
El sistema de control del mantenimiento comprende los sistemas siguientes: de control del trabajo de mantenimiento, de control de condiciones de mantenimiento. El sistema de control de trabajo de mantenimiento incluye la fijación de tiempos estándar, la programación y el control aplicando los métodos de red y de programación de talleres, en lo que respecta al mantenimiento preventivo programado, y las operaciones de mantenimiento y reparación de averías. El sistema de control de costos y recursos de mantenimiento planea y controla los recursos para las actividades de mantenimiento. El de control de condiciones de mantenimiento consiste en diversas informaciones sobre fallas.

2.4. CICLO DE VIDA DE LOS EQUIPOS

Con los estudios estadísticos se ha determinado que la cantidad de fallas que presenta un equipo en particular, no es uniforme a lo largo de su vida útil, sino que existen variaciones bien definidas durante los períodos inicial y final, así como un gran lapso comprendido entre ellos, en el cual el número, tasa de falla es relativamente constante.

Es posible graficar, en forma general, el comportamiento futuro de un equipo apoyándonos en conceptos de probabilidad y estadística, de tal forma

Fig. 2.2 Modelo general de sistema de Administración del mantenimiento



que se obtenga una descripción bastante confiable del patrón de fallas probables; la curva representativa de esta gráfica se llama curva de la bañera (Figura 2.3).

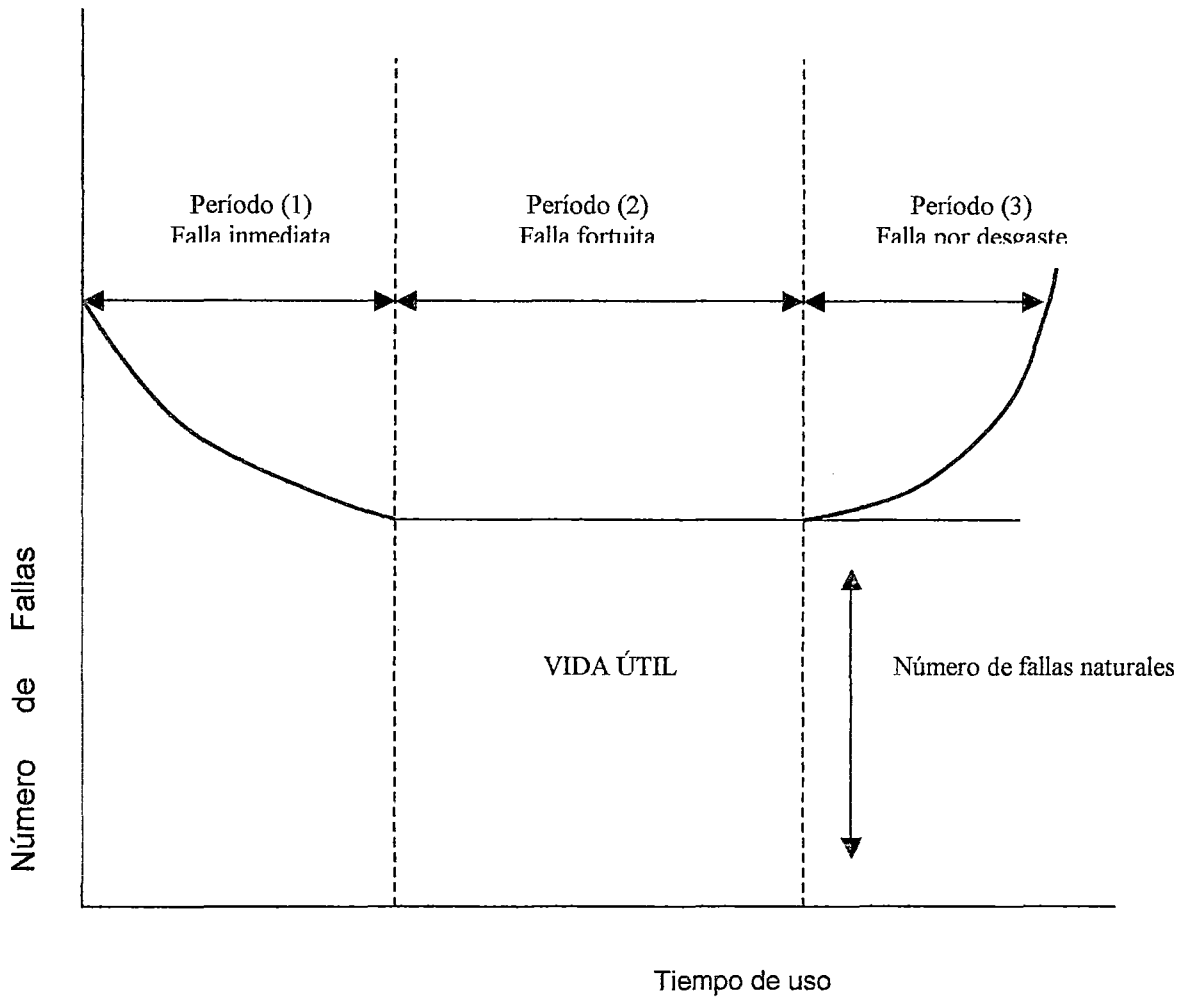


Fig. 2.3 RELACIÓN ENTRE EL TIEMPO DE USO Y EL NUMERO DE FALLAS

2.4.1 Fallas prematuras

Suelen aparecer poco después de la puesta en funcionamiento, sus causas más frecuentes son:

- Defectos de fabricación

- Material defectuoso
- Fallas de montaje
- Errores de operación

Con frecuencia se puede suprimir la causa de la falla de manera tal que después de un cierto tiempo ya no aparezcan más fallas prematuras. Este tiempo es más corto que el tiempo de garantía del equipo. Después del período de prueba como se observa en la primera parte de la curva del esquema de fallas.

2.4.2 Fallas causales

Después del período de prueba aparecen las fallas causales, que se originan por destrozamiento repentino de un elemento a causa de sobrecarga o por defectos en el proceso productivo. El valor de la tasa de fallas en esta fase da una medida de la perfección del método de fabricación empleado. Estas fallas son imprevisibles.

Como la probabilidad de que ocurran es siempre la misma, el índice de fallas es constante como podemos observar en el diagrama.

En forma preventiva se puede decidir, entonces que hay que cambiar un componente determinado después de concluida la vida útil promedio. Se puede establecer que hay que efectuar ese cambio después de una determinada cantidad de horas de funcionamiento ó kilometraje recorrido o después de haber producido una cantidad de unidades.

Una desventaja importante del MP es que cambiando componentes en forma preventiva se desperdicia un tiempo de vida útil. En el diagrama puede verse que el índice de fallas de un componente sigue siendo el mismo después de la vida útil promedio y no era necesario cambiarlo por estar todavía en condiciones de funcionar. De allí la importancia de MPd, ya que a partir de la vida útil promedio se puede intensificar el MPd para extender la vida útil a valores muy cercanos a su vida real.

2.4.3 Fallas por desgaste

Se caracteriza por fallas debidas a la degradación irreversible de las características del elemento, propio del diseño mismo, consecuencia del tiempo de funcionamiento. Estas fallas suelen tener manifestaciones físico-químicas como corrosión, alteración de la estructura del material, desgaste, fatiga o una combinación de estas formas.

Cuanto más tiempo pasa, más aumenta el índice de fallas del periodo de desgaste. Para evitar esto y aumentar la confiabilidad debemos intervenir efectuando un mantenimiento integral (un overhaul).

Después de realizar un Overhaul, el equipo volverá a repetir el ciclo de vida útil, pero con una tasa de fallas superior al ciclo anterior, porque evidentemente se producirán mas fallas, aquellas que no aprecien en la etapa anterior. Fig 2.4.

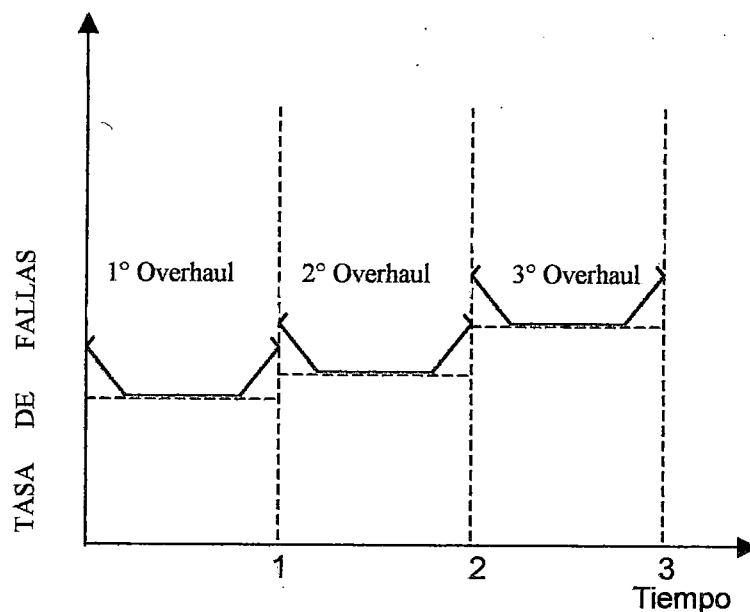


Fig 2.4. VIDA ÚTL DESPUÉS DE VARIOS OVERHAUL

Con el avance de la tecnología existe la posibilidad de obtener mas máquinas de alta calidad cuya etapa de vida prematura prácticamente no existe. Esto sucede en aparatos de alta confiabilidad utilizados, por lo general en aeronaves, ó en lugares de alto riesgo, como los hay en la mayoría de las industrias (equipos, instalaciones o construcciones vitales). Otro enfoque de la curva de la bañera es lo que se observa en la Fig 2.5. con respecto al efecto que la carga de trabajo reacciona en una máquina. Se vé como disminuye sustancialmente el tiempo de vida útil en cualquier máquina sujeta a una carga de trabajo mayor que la especificada; también se observa que no se obtiene una ganancia sustancial si se utiliza con una carga menor a la especificada; por lo que más conveniente desde el punto de vista económico, es usarla dentro de las especificaciones de la fábrica.

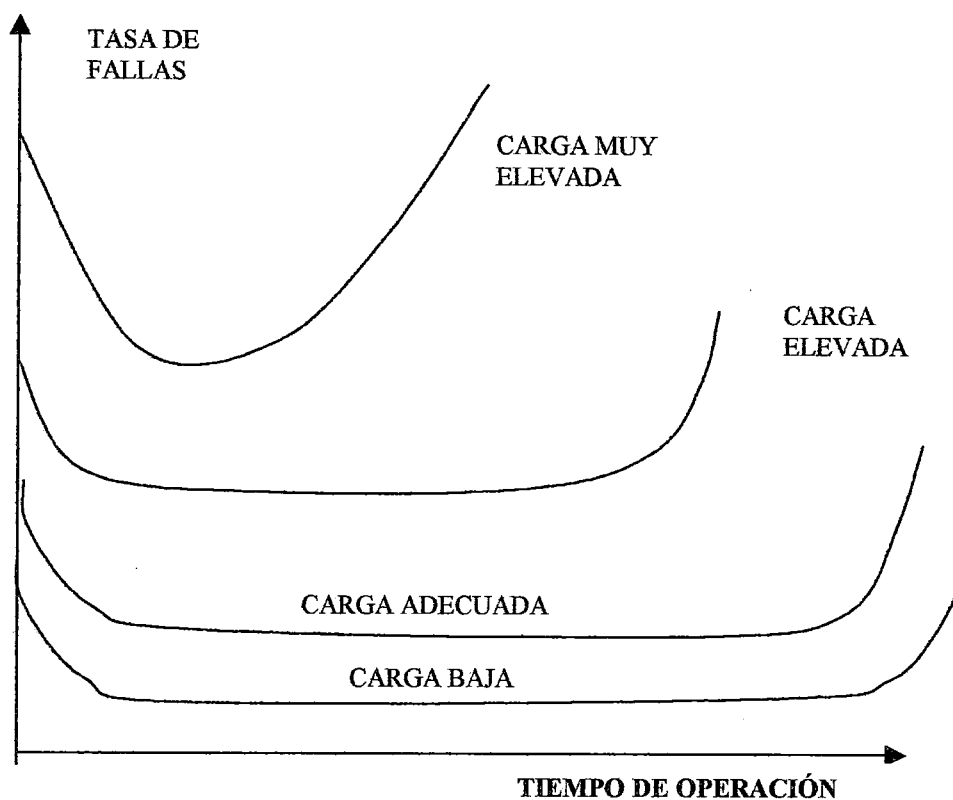


FIG. 2.5 EFECTO DE LA CARGA DE TRABAJO EN UNA MÁQUINA.

2.4.4 Actividades de servicio

Comprende la reposición de materiales de consumo (tinta, pintura, adhesivos, etiquetas, materiales para envase, broches, solventes, combustibles, líquidos refrigerantes, etc.).

Generalmente estas "Tareas de Servicio" implican realizar una cantidad de actividades sencillas de MP relacionadas con la reposición de material de consumo; como por ejemplo, en la estación de servicio para automóviles:

- Se repone combustible
- Se limpia parabrisas (o se lava el automóvil)
- Se verifica (y repone) el aceite de motor.

- Se controla la presión de los neumáticos.

No hay que limitarse a las actividades de MP tradicionales. En las reuniones de equipo al analizar las fuentes de datos, pueden llegar a surgir otras actividades de MP “no convencionales”. Aquí debemos aplicar la prueba del retorno de la inversión (esfuerzo vs. beneficio) y si es conveniente incluir en nuestro programa de MP.

2.5 SISTEMA DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS.

El sistema de criticidad clasifica a los equipos de acuerdo a su importancia en el lugar de operación ó en caso de fallar, según los posibles daños o accidentes que pudiera ocasionar.

El nivel de criticidad lo determina el personal de operaciones del departamento de mantenimiento y la gerencia, quienes determinarán la clasificación de prioridades para el MP y MPd. Normalmente existe tres niveles de criticidad par los equipos:

1. Nivel de criticidad 1:

Es el nivel que se le asigna al equipo que no debe fallar. Si este equipo fallara, se paraliza la producción o una línea de producción y ello ocasionaría una gran pérdida económica. Un equipo cuya falla ocasionaría daños personales (accidentes a los trabajadores, tales como calderos, grúas, elevadores, hornos, trenes e laminación, chancadoras, etc. También debe ser considerado en este nivel de criticidad.

2. Nivel de criticidad 2:

Es el nivel que se asigna a los equipos que no deberán fallar. Continúa siendo un equipo importante, pero una falla en este equipo no tendría un fuerte impacto en el proceso productivo, por varias razones, como que existe otra similar disponible o que la falla toma poco tiempo en repararla o si parada no detiene la producción. Aquí estará la mayor cantidad de equipos del proceso.

3. Nivel de criticidad 3

Es el nivel que se asigna a todo el resto de los equipos que van a ser considerados en el plan de mantenimiento Proactivo. Se tienen equipos a los cuales un caso de que no se encuentre el tiempo para realizar una tarea de MP se puede reprogramar, lo que no afectaría sustancialmente la efectividad del programa.

4. Importancia de un sistema de criticidad

Un gran número de empresas, incluso aquellos que cuentan con un buen sistema de MP, no logran efectuar todas sus actividades de MP todo el tiempo.

El sistema de criticidad le permitirá llevar a cabo las tareas correctas de MP, incluso sino tiene tiempo de realizar todas las tareas planificadas de MP.

2.6 REQUISITOS DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS

Es muy importante en un mantenimiento conocer todas las fuentes de información que permiten saber que actividades de mantenimiento se van a realizar, cuanto tiempo duran, con qué frecuencia se debe realizar, que habilidades y conocimientos se requieren, que materiales, que repuestos son necesarios, cuanto cuesta, etc.

También es inherente identificar los diferentes tipos de tareas para el mantenimiento con los que se cuenta para elaborar un Programa de mantenimiento productivo, y motivar la participación de los operadores en todas las actividades de mantenimiento.

2.6.1 Datos de entrada:

Los datos de entrada que permiten establecer los requisitos del MPA de los equipos son proporcionados por:

- El fabricante del equipo
- El Departamento de mantenimiento
- Los operadores del equipo
- El área de ingeniería
- El resultado del análisis de condición del equipo
- Resultado del análisis de la OEE.

Datos de entrada del fabricante del equipo

El fabricante del equipo es la MEJOR FUENTE de información sobre el MPA. En quien mejor sabe qué debe hacerse para

mantener al equipo en buenas condiciones de funcionamiento. Pero debemos tener presente que las recomendaciones de mantenimiento proporcionadas son muy conservadores, como es lógico, las frecuencias son muy cortas y además son recomendaciones para el uso del equipo bajo condiciones estándares. Cómo es de conocimiento general los equipos probablemente trabajan en condiciones muy diferentes a esta condición estándar.

Si las recomendaciones sobre MPA no vienen con su equipo, no los tiene o nunca los tuvo debe solicitarlo de inmediato.

Por lo general los fabricantes no quieren correr riesgos y recomienda realizar demasiadas tareas de MPA, efectuadas con demasiada frecuencia. Por ello se debe tomar estos datos como una buena referencia y apoyado por el MPd. para regular la aplicación óptima.

1. Datos de entrada de Departamento de Mantenimiento

Debido a la experiencia acumulada por el personal de este Dpto, normalmente se tiene una idea bastante clara de que tareas de MPA se debe realizar y con que frecuencia. Probablemente estos datos son los que más se aproximan a lo que el equipo realmente necesita. Debemos analizar toda la información registrada, ficha del equipo, historia, hojas de lubricación, hojas de verificación e inspección; etc.

2. Datos de entrada de los operadores del equipo

Es una valiosa información porque ellos están todo el día junto al equipo, y por lo tanto saben que se debe hacer para que siga funcionando. Para obtener la mayor información posible, debemos realizar reuniones de trabajo en las que se les permita plantear todo tipo de problemas que presentan los equipos y cuales pueden ser sus causas. De ello podemos obtener una gran cantidad de datos sobre que tareas de mantenimiento y con que frecuencia se pueden realizar a cada máquina.

¡NUNCA SE DEBE IGNORAR LA INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR LOS OPERADORES!

Está demostrado en la práctica que, cuando permitimos que los operadores se involucran en la determinación de los requisitos de MPA, mejora su motivación para cuando les pidamos posteriormente que participen en la ejecución de las tareas de MPA.

3. Datos de Entrada del área de Ingeniería

Por lo general, se requieren aporta útil de los ingenieros, en especial cuando se trata de la determinación de procedimientos de lubricación y de ajuste de los equipos y cuando se incorpore el MPd y cuando se requiere hacer el análisis de condición del equipo.

4. Resultado del análisis de condición de los Equipos:

La información aportada por éste análisis detectará áreas de atención de MPA, que generalmente son tareas de limpieza. Generalmente, también surgen temas relacionados con la seguridad que más adelante veremos al detalle.

5. Resultado del Análisis de la OEE (Efectividad global de los Equipos)

La OEE, es una medida del valor añadido a la producción a través del equipo, o dicho de otra forma, es la diferencia entre los ingresos de ventas y el costo de recursos (material y mano de obra) empleados para fabricar el producto.

Este es el mejor dato de entrada técnico en lo referente a la determinación de mejoramiento de los equipos y a las consiguientes actividades de MPA basadas en las pérdidas actuales de los equipos, tales como fallas, reducción de la calidad, períodos de inactividad, paradas, etc.

2.6.2 Método para determinar los requisitos de Mantenimiento Proactivo (MPA)

Para determinar los requisitos de MPA de cada equipo se debe realizar lo siguiente:

- Convocar a una reunión de equipo en la que debe participar todas las partes involucradas.

- Utilizar los seis datos de entrada analizados anteriormente.
- El resultado (plan de MPA) debe ponerse en práctica y al cabo de unas pocas semanas de experiencia, adaptar las tareas y frecuencias de acuerdo a los resultados obtenidos. Esto es lo que se conoce como "Plan de MPA dinámico".

2.7 TAREAS TÍPICAS DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento tiene un procedimiento típico, tal como se esquematiza en la figura 2.6

Todos los equipos van a requerir las cuatro tareas básicas de MP: limpieza, lubricación, inspección y ajuste.

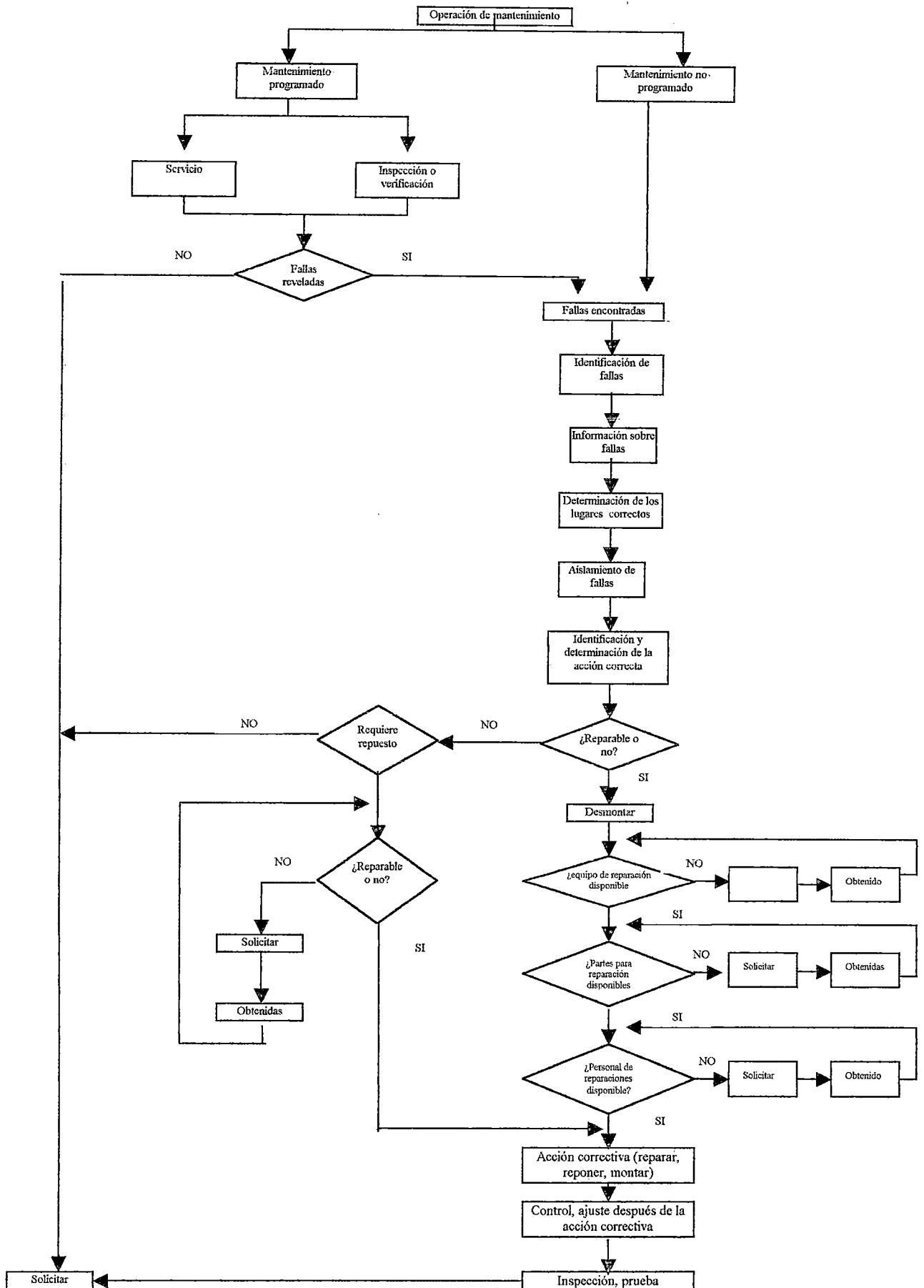
Las tareas de mantenimiento se subdividen en tres: (Fig. 2.7)

- Inspección
- Conservación
- Reparación

Para explicar estos conceptos veamos los siguientes conceptos auxiliares.

- Estado real
- Estado Teórico

Fig. 3.6 Procedimiento de mantenimiento



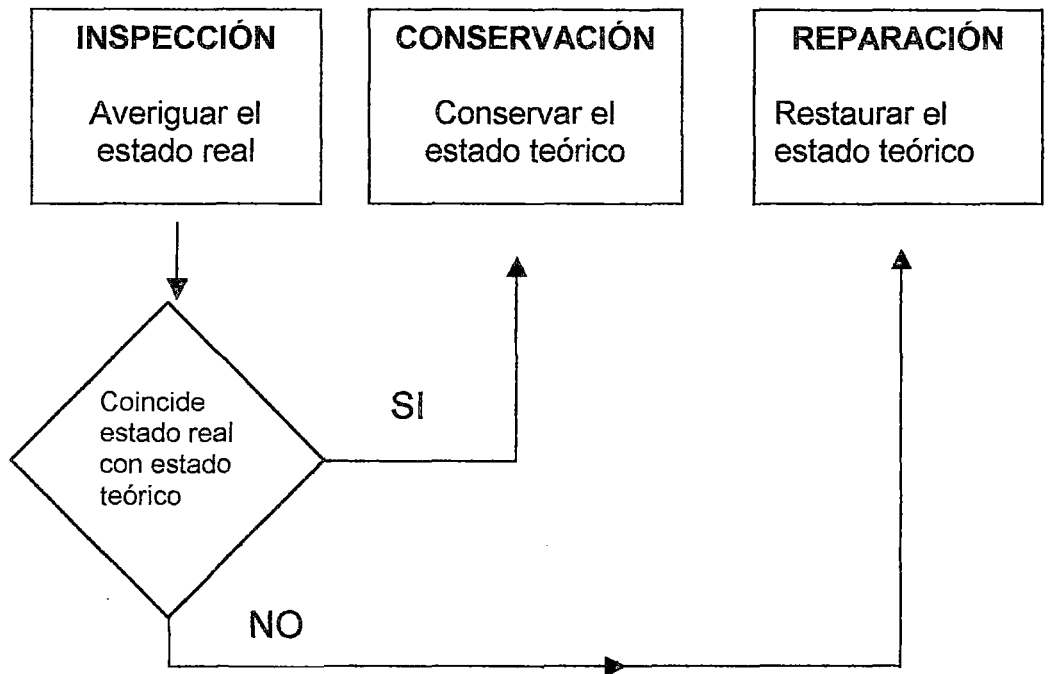


Fig. 2.7. Relación entre las diferentes tareas de mantenimiento

Por estado real se entiende el estado en que realmente se encuentran en un momento determinado, las instalaciones, los equipos de producción y demás instrumentos técnicos de trabajo.

Por estado teórico, se entiende el estado en que, según se ha establecido y exigido, tiene que estar los instrumentos de trabajo en un caso determinado.

La inspección sirve para averiguar y evaluar el estado real. Con los trabajos de conservación se pretende conservar el estado teórico. La función de los trabajos de reparación es restaurar el estado teórico.

La inspección tiene una importancia particular; en efecto, si en una inspección se constata que el estado real comprende el estado teórico, lo que

hay que hacer, es mantener ese estado efectuando trabajos de conservación. Sí, en cambio, en una inspección se constata que el estado real diverge del estado teórico, al paso siguiente consistirá en efectuar trabajos de reparación para restaurar el estado teórico.

El conjunto total de las actividades de mantenimiento abarca, además:

- Medidas preventivas para impedir fallas (inspección y conservación).
- Medidas provocadas por las fallas.

2.7.1 La inspección de los equipos:

Forman parte de la inspección todas las medidas que sirven para averiguar y evaluar el estado real de edificios y equipos de producción; tales como: máquinas, instalaciones e instrumentos técnicos de trabajo. La inspección consiste en examinar si esos equipos están en buen estado y funcionan correctamente. Cuanto más importante es el equipo (mayor criticidad), más y mejor se le debe inspeccionar.

La inspección es una de las medidas preventivas propias del mantenimiento. Su carácter preventivo se manifiesta en el hecho que las inspecciones se realizan a intervalos prefijados. El intervalo entre dos inspecciones se puede determinar con diversas unidades de medida. Por ejemplo, se puede repetir una inspección después de dos semanas o después de una determinada cantidad de días (unidades de tiempo). También se puede fijar el intervalo según la cantidad de horas de funcionamiento de la máquina o bien una determinada cantidad de unidades

de productos fabricados. En toda inspección hay que tener en cuenta tres criterios relacionados con las instalaciones:

- La capacidad de funcionamiento de las mismas.
- Su seguridad.
- El mantenimiento de su valor.

- La capacidad de funcionamiento se entiende generalmente al hecho a que el estado real corresponda al estado teórico. Es mantener la capacidad de funcionamiento aunque el estado real difiera del estado teórico. Por ejemplo: Un eje que siga funcionando a pesar de que su cojinete ya tenga un juego excesivo.

Comparando el estado teórico con el estado real constatado en la inspección, se puede calcular si una instalación de una empresa todavía está plenamente su condiciones de funcionar o nó. Según cual sea el tipo y el alcance de la divergencia entre el estado teórico y el real, habrá que tomar las medidas adecuadas de reparación para restaurar el estado teórico. Cuando el estado real coincide con el estado teórico, hay que llevar a cabo trabajos de conservación para mantenerlo; en caso contrario, la capacidad de funcionamiento no fuera la óptima, habrá que restablecer con trabajos de reparación.

En la inspección se efectúan también controles de seguridad. Todos las instalaciones de la empresa tiene que cumplir las normas las normas vigentes de seguridad. Ni el personal ni los bienes materiales tienen que correr peligro.

La inspección es un medio para mantener el valor de las instalaciones de la empresa. El estado real constatado en la inspección proporcionar información acerca de hasta qué punto se mantiene el valor de un recurso físico. Además puede verse lo que hay que hacer para mantener el valor.

Existen dos tipos básicos de inspección:

1. Sensorial, mediante el uso de los sentidos.
2. Instrumental, mediante el empleo de instrumentos y herramientas.

2.7.1.1 Inspección Sensorial:

1. **Con la vista se puede detectar:** suciedad, herrumbre, falta de lubricación, bajo nivel de aceite, piezas rotas, faltantes o gastadas, piezas y sujetadores sueltos, mala alineación; piezas de seguridad rotos (ejem: protectores), pérdidas hidráulicas, cables correas o tendido eléctrico deshilachados, acumulación de virutas o fibras metálicas, indicadores descompuestos, lectura anormal de medidores, piso resbaladizo u otros peligros para los operadores, problemas en la calidad del producto y muchas otras cosas más.
2. **Con el oído se puede detectar:** Exceso de ruido, chirridos y golpeteos, pérdidas neumáticos (aire), sonidos extraños, sonidos adicionales (que indican que algo a cambiado), funcionamiento lento (# de rpm) y otras cosas más.

3. **Con el olfato se puede detectar:** Fricción (componentes funcionando en seco), excesivo calor (lubricación, aislamiento eléctrico), rotura de productos (líquidos) y otros.
4. **Con el Tacto se puede detectar:** Exceso de vibración (en cojinetes, motores, fajas en V, ventiladores, cajas de engranajes, componentes giratorios, etc.), piezas sueltas o rotas no visibles, calor excesivo, acabado superficial y más.

Todas estas inspecciones, pueden ser efectuadas, y generalmente lo son por los operadores, pero de forma reactiva y no proactiva (planificada y programada).

Debemos incluir estas inspecciones en forma de listas de verificación en su programación de MP.

2.7.1.2 Inspección instrumental:

Son realizados con aparatos de medición, se miden y calculan las distintas magnitudes para poder formarse una opinión. Esto generalmente se usa en el MPd.

Como ejemplo de la inspección instrumental tenemos la medición del juego del cojinete de una máquina herramienta. El juego de rodaje no debe sobrepasar una determinada divergencia, con respecto al estado teórico. Cuando esta divergencia se vuelve demasiado grande hay que cambiar el cojinete.

Se recomienda que durante la etapa de implantación de un sistema de inspección instrumental considere el reemplazo de los instrumentos por medidores u otros dispositivos que se pueden leer u observar, la instalación de un termómetro permanente o dispositivos térmicos (que indiquen el exceso de calor en un motor en lugar de medir la temperatura. También es necesario se desarrollen listas de verificación de inspección y se determine las frecuencias para realizar inspecciones de mantenimiento. Este puede combinarse con tareas de MP global o con rutinas de mantenimiento Predictivo (MPd).

Una de las consideraciones más importantes de un programa de MP es el costo del programa Vs. El costo del equipo.

Es una pérdida de tiempo y dinero, gastar para inspeccionar y conservar un repuesto que sólo cuesta \$20.= equipo que además no interrumpiría la producción en caso de falla.

Se establecen límites en las inspecciones del equipo, manteniéndolas en un cierto costo por ejemplo no inspeccionar debajo de US\$ 100.= para un equipo en particular.

FRECUENCIA DE LA INSPECCIÓN

Después que se ha tomado la decisión de inspeccionar un determinado equipo hay que definir los intervalos e inspección. Las frecuencias de mantenimiento caen dentro de tres clases: (Fig. 2.8.)

1. Largas

2. Cortas
3. Correctas (muy raro)

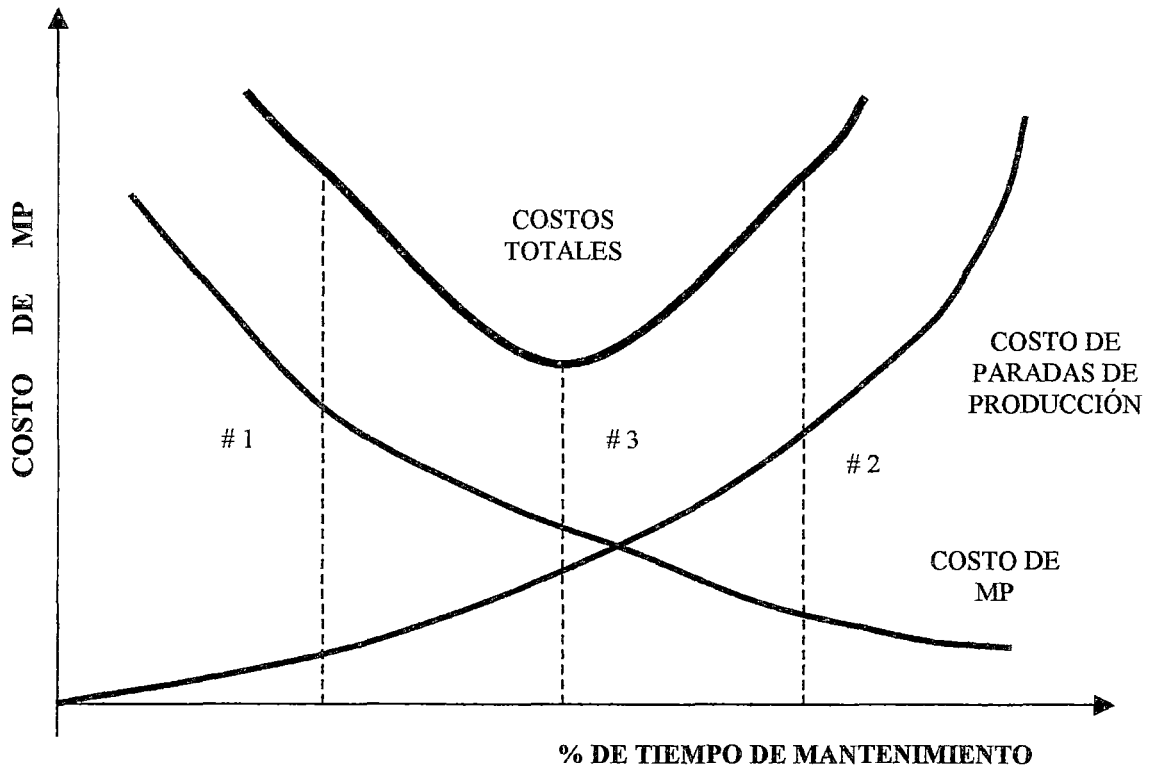


Fig. 2.8. COSTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

En el caso de intervalo de mantenimiento poco frecuentes (#1 en la Fig. 2.8) será evidente el número excesivo de fallas que ocurren. El equipo fallará antes de recibir el servicio apropiado. El otro extremo son los intervalos de mantenimiento demasiados frecuentes (#2 en la figura 2.8) este es desperdicio de mano de obra y de repuestos los cuales son cambiados antes de que se desgasten. Esto adiciona un costo innecesario al programa de MP.

El programa debe evaluarse para observar cuando están ocurriendo las fallas. Si no hay fallas, se supone que se está realizando demasiado MP. Se pueden reducir costos alargando los tiempos de servicio. Se espera que alrededor del 20% de los equipos fallará antes del servicio si los tiempos del

MP son establecidos correctamente (#3 de la figura). Si la razón de fallas es menor tratar de alargar los tiempos para reducir costos. Si la razón de fallas es alta, tratar de reducir el tiempo entre servicios para reducir las paradas imprevistas. Para establecer apropiadamente la frecuencia e programación de MP es necesario contar con registros apropiados. Hay métodos que emplean análisis estadísticos y modelos de probabilidad que pueden dar cuadros de tiempos más exactos, los cuales son necesarios. Algo que debemos tener presente es que cada extremo será costoso. Cualquiera sea el método empleado deberá dar el resultado considerado necesario: bajo costo de mantenimiento.

Inspecciones realizadas por el operador

Muchas compañías piden a sus operadores que realizan algún tipo de inspección, pero estos no logran resultados significativos por tres razones ya conocidas:

1. Se exige inspección, pero no se estimula a los trabajadores para que prevengan el deterioro de los equipos (falta motivación por falta de dirección).
2. Se exige inspección, pero no se conoce el tiempo suficiente para llevarla a cabo (falta de oportunidad)
3. Se exige inspección, pero no se realiza el adiestramiento necesario (falta de habilidad).

Inevitablemente, hay problemas con la inspección cuando los ingenieros de mantenimiento preparan las listas de verificación (hoja de chequeo) y simplemente se entregan a los operadores. Hay que indicar que elementos a chequear son los más importantes y cuánto tiempo se necesita, indicar que los procedimientos de inspección sean más fluidos y que los operadores deben aprender ciertas destrezas para realizar la inspección.

2.7.2 Conservación

Abarca todas las actividades que contribuyan a mantener el estado teórico de los recursos físicos. Los objetivos son:

- Mantener la capacidad de funcionamiento de las instalaciones evitando que sufran fallas.
- Disminuir la frecuencia de las fallas, aminorando el desgaste.

Las medidas de conservación tiene un carácter preventivo. Es importante que los operadores participen en los trabajos de conservación, al cuidar los recursos físicos se están identificando con los medios de producción y se debe considerar como trabajo normal del personal que se ocupe de la conservación.

Las tareas de conservación básicas son:

- Limpieza
- Lubricación
- Ajuste.

2.7.2.1 La limpieza de los equipos

Es la actividad de MP más sencilla y económica, pero es definitivamente la más efectiva.

Esto no consiste simplemente en que el equipo parezca limpio, aunque tenga un efecto. Limpieza también significa tocar y mirar cada pieza para detectar defectos y anomalías ocultas, tales como exceso de vibración, calor y ruido. Definitivamente si la limpieza no se realiza de esta manera pierde todo significado.

Los defectos en los equipos sucios están ocultos tanto por razones físicas como psicológicas. Por ejemplo, el juego, el desgaste, las deformaciones, las fugas y demás defectos pueden ocultarse en el equipo sucio. Cuando los operadores limpian cuidadosamente una máquina que ha estado funcionando sin atención durante largo tiempo puede encontrar muchos defectos, ocasionalmente incluso defectos serios que son el presagio de una falla seria.

Los operadores toman parte en tres tipos de actividades que promueven equipos más limpios:

- Gana conocimiento y respeto por sus equipos al llevar a cabo una limpieza concienzuda inicial.
- Eliminan las fuentes de suciedad y contaminación y consiguen que sea más fácil realizar la limpieza.
- Desarrollan sus propios estándares +de limpieza y lubricación

Es importante determinar que hay que limpiar, con que frecuencia, qué materiales y herramientas se van a emplear y quien lo hará.

2.7.2.2 La lubricación de los equipos

Generalmente después de un determinado tiempo de funcionamiento hay que lubricar el cojinete de un eje. De esta manera se evita que por falta de lubricación se dificulte el funcionamiento de la pieza.

La lubricación previene al deterioro del equipo y preserva su fiabilidad. Hay que determinar qué se debe lubricar, con que frecuencia, qué lubricante usar y quien lo hará y con mucho cuidado.

Cuando se prepara los estándares de lubricación, se debe probar personalmente el procedimiento, antes, con el fin de asegurar que sea posible completarlos dentro del tiempo especificado y también chequear que los puntos y canales de lubricación estén operativos.

La lubricación no sirve para nada si sus mecanismos no funcionan y por lo tanto hay que mejorar los equipos para valerse por completo a los visores (niveles de aceite), indicadores (presión y de temperatura del lubricante), horómetros, etc.

Debemos determinar un sistema sencillo para identificar los lubricantes y asociarlos a los puntos correspondientes, como por ejemplo un código de colores o el empleo de conexiones no intercambiables.

Métodos de lubricación:

1. A cargo de mantenimiento (a pedido, a luego de una inspección)

Normalmente este sistema de lubricación falla con frecuencia, por tratarse de una responsabilidad compartida. El procedimiento típico es: los operadores solicitan, mantenimiento lubrica. Por lo general esta solicitud llega demasiado tarde; lo que pasa es que los operadores no le prestan atención hasta que ven que el equipo “hecha humo”, se recalienta o se pasa y recién en ese momento realizan el pedido.

2. Rutas de lubricación

Este es un método altamente recomendado. Una persona a cargo equipada con todos los lubricantes y herramientas necesarias, revisa en serie todas las máquinas de acuerdo a la programación de la ruta, efectúa toda la lubricación necesaria y lleva los registros correspondientes. Es un método económico y eficaz con una responsabilidad clara.

3. A cargo de los operadores

Es un método excelente e incluso menos costoso ya que no hay tiempo de traslado a la máquina ni tiempo de espera.

Se considera a los operadores “Propietarios de los equipos” y es importante que los operadores estén motivados para querer realizarlo, deben estar capacitados para saber cómo hacerlo, y se les debe dar el tiempo para efectuar la inspección y la lubricación. La disciplina será importante y debe reforzarse haciendo que el operador lleva un registro.

2.7.2.3 El ajuste de los Equipos

Un tornillo flojo puede dar origen a una falla, los operadores son quienes se encuentran en una mejor posición para asegurar diariamente que todos los elementos de sujeción estén correctamente tensados. Es típico que un único perno suelto sea la causa directa de una avería, porque además causa vibraciones y en consecuencia otros pernos comienzan a soltarse.

Para eliminar los pernos sueltos y vibraciones se usa contra tuercas arandelas de presión u otros mecanismos de bloqueo. Además poner marcas de ubicación en los pernos y tuercas principales y así poder descubrir fácilmente durante la limpieza de los pernos que están sueltos. Para iniciar un programa de ajuste, en primer lugar debemos de obtener las calibraciones de apriete de acuerdo a normas de los equipos, documentarlas y hacer que se cumplan.

2.7.3 Reparación

Son todas las medidas que contribuyen a restaurar el estado teórico.

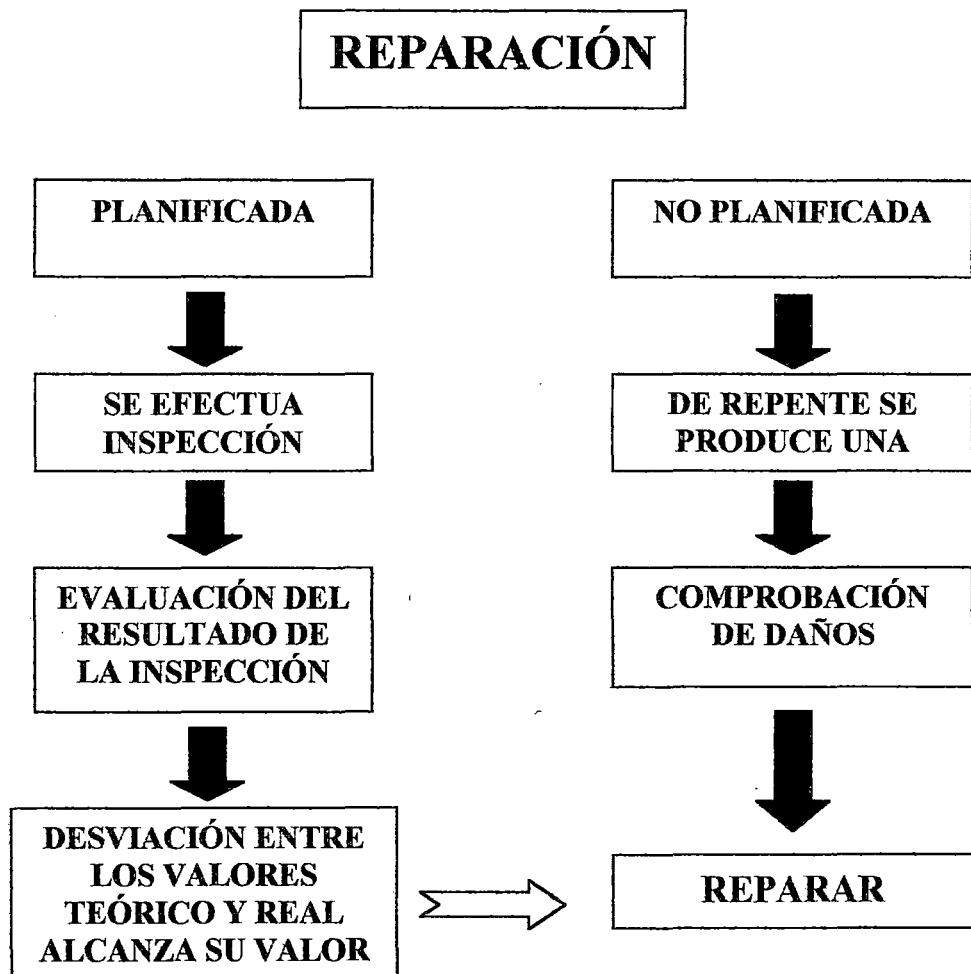
Hay 2 tipos de reparaciones:

- Reparación planificada y
- Reparación no planificada

La reparación planificada se lleva a cabo cuando en la inspección se ha constatado un estado real que permita suponer que pronto va a producirse una falla. En este caso se dispone de tiempo suficiente para planificar y preparar las medidas necesarias de mantenimiento.

Esto tiene la ventaja de que la reparación se puede ejecutar en forma rápida y racional.

La reparación no planificada se hace cuando ocurre una falla repentina que no se había previsto. La causa de este tipo de fallas puede radicar por ejemplo, en fallas de material o de operación. Antes de que se haga la reparación es necesario examinar el tipo y la causa de la falla (comprobación de daños). Esta constatación permite ver cuales son correctamente las reparaciones que hay que efectuar.



TIPOS DE REPARACIÓN

2.8 EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN EL OPERADOR

Esta estrategia es un componente del Mantenimiento Productivo Total (TPM) denominado Mantenimiento Autónomo.

Es difícil alcanzar el 100% de cumplimiento de las actividades planificadas de mantenimiento, ya sea por falta de tiempo ó por falta de personal de mantenimiento disponible. Pero debemos lograr la mayor cantidad posible de trabajos de MP

Además sabemos que muchas tareas de MP, tales como: limpieza, inspección, ajustes, lubricación, etc. Son bastante simples de realizar y sobre todo de corta duración. Dichas tareas normalmente las realiza el personal de mantenimiento, personal que está altamente capacitado para realizar tareas de mayor complejidad. Además el costo de mano de obra para realizar éstas tareas simples es alto y por lo tanto lo es el costo total de MP. Por otro lado el tiempo disponible de este personal se reduce sustancialmente.

Por esta razón, es recomendable la participación de los propios operadores en la actividad de MP lo que permitirá realizar el doble de tareas de MP, con muy poco costo adicional.

En el mantenimiento predictivo (MPd) es un proceso diferente; es improbable que los operadores puedan realizar todo el MPd. Esto requiere el uso de equipos sofisticados y un nivel de entrenamiento que muchas de las compañías no tienen o no desean dar a los operadores de las máquinas.

Transfiriendo más tareas de MP a los operadores, (especificado en el cuadro 5.4) tendríamos más tiempo para hacer mantenimiento predictivo. Pero no es tan sencillo como parece y tenemos que hacer los siguientes pasos para lograrlo:

- ☞ Con una adecuada **motivación** podemos incorporar a los operadores para que realicen tareas de mantenimiento. Cuando corresponda analizar el equipo para realizar mejoras, debemos formar grupos de trabajo. El elemento clave es la participación de los operadores, quienes trabajan con el equipo día a día, junto con el personal de mantenimiento, supervisores, ingenieros, etc. Normalmente los operadores estarán bastante deseosos y motivados a participar en la mejora de "Su máquina". Será sorprendente, cuánto pueden contribuir los operadores en este proceso.

- ☞ A producción le interesa tener **máxima disponibilidad del equipo** y éste operará si el MP se realiza de acuerdo a lo programado. Además el costo de mantenimiento disminuirá debido a que muchos de los tiempos de viaje y demoras del técnico, registradas en cada tarea, desaparecerían. Cuando el equipo falle, no estará fuera de producción mucho tiempo, pues, en muchos casos los operadores estarán entrenados para saber cómo ponerlo operativo, así, estando de acuerdo en que ambas áreas se beneficiarán, se eliminarán las barreras históricas.

- ☞ Todos los operadores deberán recibir **entrenamiento** para lograr un conocimiento básico del equipo y adquirir habilidades de mantenimiento. No solo los operadores estarán entrenados, sino que estarían altamente motivados a hacer las tareas de mantenimiento. Entenderán cómo trabaja su máquina y desearán mantener operando a su mejor condición. Así lograremos más tiempo de producción del equipo, se logrará una alta calidad de los productos o servicios, el cual es el objetivo final de todo proceso de manufactura. Y es importante saber que un operador sin entrenamiento, que no se involucra con el equipo y que no necesita desarrollar habilidades de mantenimiento será una reliquia del pasado.

- ☞ Para que los operadores operen en condiciones seguras, lubriquen sus máquinas, las inspeccionen necesitan un **entrenamiento**, pero esto toma su tiempo y cuanto más puedan aprender y motivarse, más querrán hacer. Hay limitaciones reales que encontrará y tendrá que conocerlas.

El personal de mantenimiento al ver que los operadores colaboran con las labores de MP pueden sentir una amenaza a la seguridad de su trabajo entonces estaremos necesitando un plan para redistribuir las actividades hacia un nuevo y mayor objetivo la organización del "HIGH TECH" ⁽¹⁾, en una

¹ HICH TECH, Tecnología de Punta, Tecnología de Avanzada.

organización necesita alcanzar con el nuevo y más complejo equipo del futuro.

2.9 DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El procedimiento para desarrollar un sistema de MP que considere todos los aspectos que permitan un adecuado desarrollo de las actividades de MP se mencionan a continuación:

1. Basándonos en el análisis de los equipos determinar que tareas de MP debería estar realizando.
2. Determinar los requisitos de tiempos de MP para cada máquina (incluyendo los costos)
3. Aplicar la regla del 80/20 ó técnica de PARETO. Solución de problemas para determinar el 20% de los problemas de los equipos que ocasionan el 80% de las pérdidas del tiempo.
4. Determinar si el operador puede participar en tareas menores de MP (esto tendrá una gran influencia en nuestro sistema de MP)
5. Comenzar por equipos críticos (de criticidad 1, quizás 2) ó por los equipos que generan la mayor tasa interna de retorno (costo vs. Beneficio) y realice correctamente las tareas básicas.
6. Informar sobre los resultados (beneficios) de MP a la gerencia y al área de operaciones para contar con un apoyo continuo.

7. No intentemos comenzar con un sistema de MP si no contamos con el compromiso de la gerencia de implementarlo durante 1 año (presentar un buen ejemplo y un buen plan)

2.10 ORGANIZACIÓN DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO.

Organizar el dpto de mantenimiento abarca algo más que simplemente contar con personal y proveer herramientas y equipos. Se debe evaluar tres objetivos y elaborar los medios para lograrlos:

- ☞ La organización
- ☞ La comunicación
- ☞ El conocimiento del trabajo

2.10.1 La organización es el primer paso

El primer paso para establecer la organización es seleccionar la cabeza del dpto. de mantenimiento, luego la sección de planificación y programación, que controla las órdenes de trabajo.

El organigrama se define por adelantado de modo que cada persona puede familiarizarse con la parte que realizará y comprenderá la importancia de su trabajo en el departamento. Se establecen las descripciones de trabajo de los supervisores del dpto. para ayudarlos a responsabilizarse de su función en particular, definiendo claramente las tareas y responsabilidades.

El tamaño del almacén de herramientas requeridas se basan en la proximidad a los talleres mecánicos donde pueden concentrarse la mayoría de los trabajos.

Dentro del herramental incluir máquinas de soldar eléctricas estacionarias y portátiles. La ubicación de los tomacorrientes convencionales revelará cualquier necesidad de ubicación.

Implementar un chequeo y control de herramientas reducirá sus pérdidas.

2.10.1.1 Sistema de información

Esta formado por la información que proviene de:

- El fabricante del equipo: descripción del equipo y recomendaciones de mantenimiento
- El departamento de Mantenimiento: Ficha del equipo, historia, hojas de lubricación, hojas de verificación e inspección, ordenes de trabajo (O/T), etc.
- Los operadores del equipo: Debemos tener reuniones de trabajo con ellos en el que se les permita plantear todo tipo de problemas que presenten los equipos y cuales pueden ser sus causas.
- El área de Ingeniería: Es muy importante el aporte útil de los Ingenieros en especial cuando se trate de procedimientos de

lubricación, de ajuste de los equipos y cuando se incorpore el MPd.

- El resultado del análisis de condición del equipo: Detectará áreas de atención de MPA, que generalmente son tareas de limpieza y aspectos de seguridad (Áreas a inspeccionar).
- Resultado del análisis de la efectividad de los equipos: Basados en las pérdidas actuales de los equipos tales como fallas, reducción de la calidad, períodos de inactividad, paradas, etc.

Es importante por que nos permite determinar los beneficios del MP y establecer un orden de prioridades de actividades de MPA basándose en la tasa costo/beneficio.

2.10.1.2. La orden de trabajo

Debe contener los siguientes requisitos como mínimo:

- Nombre de la Cía.
- Fecha de emisión
- Fecha solicitada y dpto.
- Descripción el trabajo: ubicación, materiales a usarse
- Tiempo real y estimado del trabajo
- Nombre del que origina la orden y el N° de la orden de trabajo

Además, pueden preverse espacios para esquemas o diseños, números de código, dependiendo de la cantidad del detalle requerido.

2.10.1.3. Requisición de Repuestos

Requiere un estudio analítico de la operación del equipo, las áreas críticas deben garantizar una inversión más altas en reservas que en una planta que opera 8 horas. El equipo crítico debe considerarse primero.

Debe ponderarse el costo de piezas de repuesto contra la posibilidad de falla de un equipo crítico. Se requiere varias semanas, quizás meses, para establecer un inventario de piezas de repuesto prudente que satisfaga las necesidades de nuestro equipo. Es importante considerar repuestos especiales y necesarios tales como tornillos, empaquetaduras, etc. que no se venden normalmente como piezas de repuesto.

2.10.1.4. El programa de entrenamiento

Desde el período de contratación inicial para puestos calves es necesario que comience un programa de entrenamiento. Debe haber un medio de control para asegurar a la administración que el personal en entrenamiento estén llevando el paso.

El rango de tipos de programas va desde cursos por correspondencia combinados con trabajos prácticos, de la experiencia de trabajo, a las clases de teoría e instrucción práctica en el trabajo.

2.10.2. Dos modos de comunicación importante

Las órdenes de trabajo, informes de servicio externo y registros de maquinaria son medios obligatorios de comunicación de mantenimiento, además tenemos el importante informe de progreso de mantenimiento a la gerencia. Las comunicaciones, que es una vía de doble sentido, sirven a la gerencia y al dpto. para servir a su buen propósito, el informe debe contener información como costos; hora-hombre, número de personas y grado de eficiencia. Es importante que el control de mantenimiento esté en contacto con todos los supervisores de mantenimiento en todo momento. Los radios, teléfonos portátiles, son un excelente medio para lograrlo y son eficientes y ahorran tiempo para realizar trabajos de emergencia, así como suministra información de ubicación.

2.10.3. Las fuentes de conocimiento de trabajo

Debe estudiarse totalmente dos fuentes de información para el conocimiento del trabajo:

1. Los planos del equipo, diagramas de flujo y manuales del equipo
2. Los manuales de las políticas de la compañía y el organigrama

Un archivo adecuado se establece para todos los planos de la planta como un sistema para chequear las copias que se encuentran fuera. Tener un juego completo de planos de trabajo para que utilicen los trabajadores además del juego retenido en la oficina. Todos los cambios en equipos,

tuberías, alambrado, etc., deben leerse, recordar exactamente donde el departamento de mantenimiento tiene acceso. El organigrama de la Cía debe revisarse para precisar a donde pertenece el dpto. de mantenimiento. Cada supervisor de área debe informar directamente a la cabeza del dpto. de mantenimiento, de este modo, existirá una comunicación fluida entre la jefatura del dpto. y el área donde el trabajo se está realizando.

Posteriormente un cargo de supervisor intermedio puede situarse para manipular los elementos funcionales del dpto.; esto permitirá a la jefatura del dpto. concentrarse en tareas administrativas generales y una supervisión general en su conjunto.

CAPÍTULO III

LA EMPRESA Y EL MANTENIMIENTO

3.1. LA EMPRESA DEL ESTUDIO

➤ GÉNESIS

La empresa del presente estudio es Corporación de Ingeniería Civil S.A. (CICSA), fundada hace 45 años con socios y capitales peruanos; como pionera en el área de la construcción, entre sus activos iniciales contó con:

- Dos palas excavadoras de control mecánico, de marca Northwest, modelo 25 D.
- Un tractor con pluma lateral.
- Dos volquetes.
- Un camión cisterna
- Tres mezcladoras para concreto.

➤ RUBRO

CICSA, es una empresa del sector construcción que efectúa obras de saneamiento, tales como:

- Instalación de tuberías para los servicios de agua y alcantarillado.
- Construcción de reservorios para agua potable.
- Construcción de plantas de tratamiento para agua potable.
- Canales de irrigación
- Descolmatación de ríos.
- etc.

El principal cliente de CICSA es SEDAPAL, que mediante licitación le encarga la ejecución de diversas obras de saneamiento como: la instalación de tuberías de agua potable, desagüe, planta de tratamiento para agua potable, etc.

➤ **UBICACIÓN Y ÁMBITO DE ACCIÓN.**

La empresa del estudio, CICSA, tiene como sede la ciudad de Lima, en la cual tiene un campus de 18 000 m², donde están sus oficinas administrativas, almacenes y maestranza en general, cuya distribución se detalla en el Plano 01. El ámbito de acción y de CICSA en la ciudad de Lima y provincias, por ello cuando tiene que ejecutar obras fuera de su sede central, construye componentes para sus almacenes, equipos, parte administrativa y control del ente contratante. Cuando en Lima tiene una obra distante de su sede central, construye un

campamento donde acantona su maquinaria, herramientas, material, etc., combinando y coordinando sus actividades con la sede central.

➤ ORGANIZACIÓN.

La empresa tiene una estructura orgánica lineal, tal como se observa en la Figura 3.1., destacando los siguientes órganos:

b. Órgano directivo

Constituido por dos entes ejecutivos:

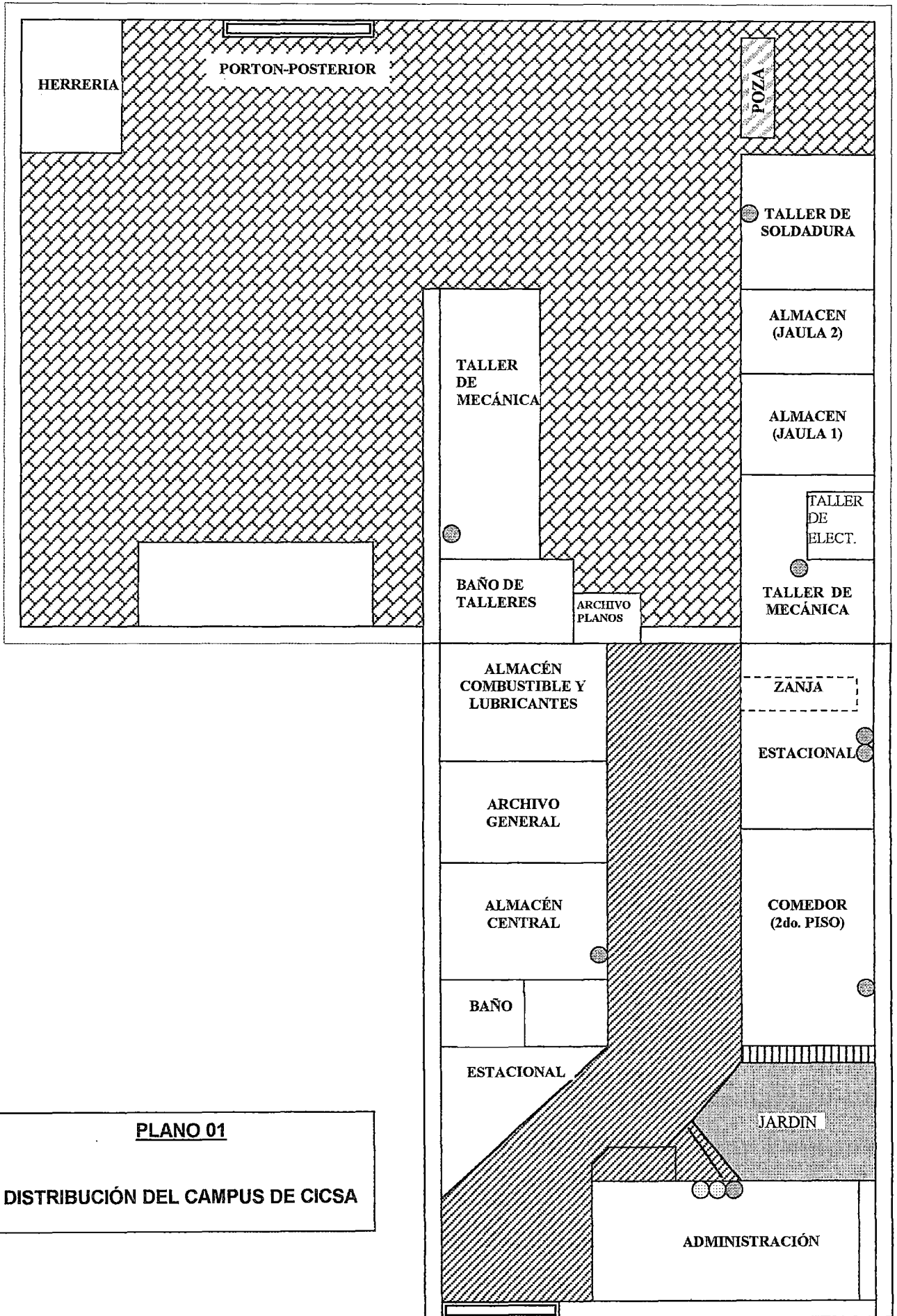
- El Director Ejecutivo que a su vez es el Gerente financiero, es el máximo organismo de autoridad, su función principal es administrar y ejecutar las políticas y estrategias de la empresa, definidas por el Directorio.
- Director Ejecutivo, desempeñando la labor de Jefe de obras y Jefe de equipos, está encargado de la administración, supervisión de las obras y las máquinas y equipos.

Este tiene a su cargo los departamentos de Licitaciones, Contabilidad y Mantenimiento.

c. Órganos operativos

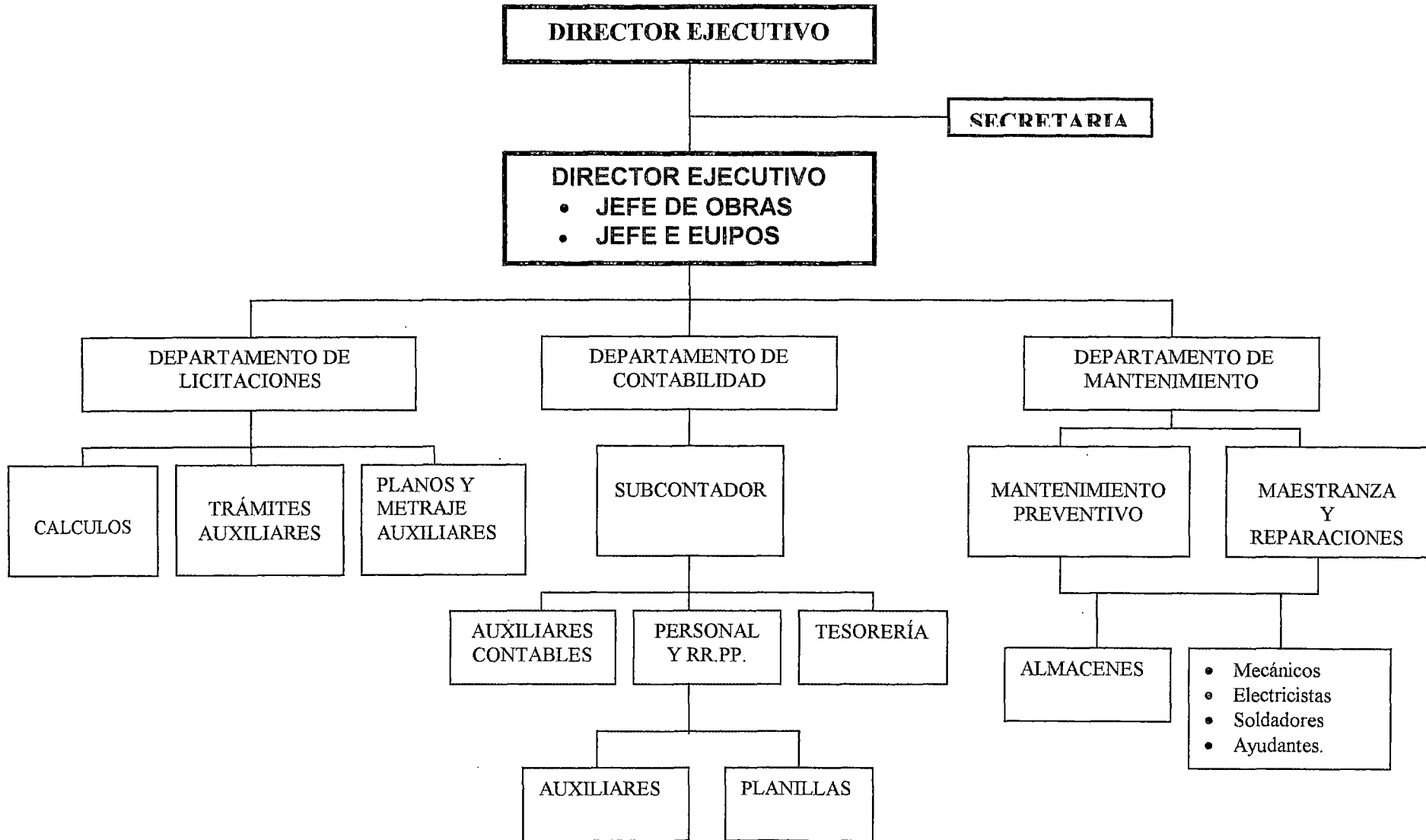
- **Departamento de Licitaciones.**

Es la encargada de rastrear, coordinar y preparar la documentación y los presupuestos para las licitaciones.



PLANO 01
DISTRIBUCIÓN DEL CAMPUS DE CICSA

FIGURA 3.1
ORGANIGRAMA DE CICSA



En este departamento se tiene: el personal para cálculos de las licitaciones, personal de trámites auxiliares, técnicos de planos y metraje.

- **Departamento de contabilidad.**

Tiene como función llegar el manejo contable, el control interno y la administración del personal, para ello cuenta con las unidades de personal y relaciones públicas, auxiliares contables y tesorería.

d. Departamento de mantenimiento

Es una unidad operativa importante para la empresa, por que se encarga del buen funcionamiento operativo de los equipos y maquinaria, su estructura orgánica se detalla en otro acápite de este capítulo.

➤ **RECURSOS HUMANOS**

La cantidad de personal con que opera CICSA es variable, está en función a la cantidad y dimensión de las obras que ejecuta, pero básicamente cuenta con aproximadamente 20 personas en modo permanente, y de allí se puede llegar a contratar 60 personas más. El recurso humano está distribuido de la siguiente manera:

AREA	PERSONAL CALIFICADO	PERSONAL NO CALIFICADO
Gerencia	02	
Administración	04	
Operadores	02	
Mantenimiento	08	04
TOTAL	16	04

➤ **MAQUINARIA Y EQUIPO**

La empresa cuenta con 241 unidades operativas para la ejecución de sus compromisos de construcción, los cuales son:

TIPO DE EQUIPO / MAQUINARIA	CANTIDAD
Motocicleta	01
Automóviles y camionetas	18
Camiones	18
Cargadores frontales	04
Tractores	04
Retroexcavadoras	10
Dumper	03
Elevadores y fajas transportadoras	13
Compactadores tipo plancha	18
Grupos electrógenos	14
Mezcladoras y dosificadoras	21
Bombas y motobombas	33
Motoniveladoras	01
Rodillos lisos vibratorios	10
Equipos de soldar	13
Compresoras, equipos neumáticos	14

Motosierras	09
Vibradores a gasolinas y electr.	24
Montacargas	03
Equipo para prefabricados	10
TOTAL	241

Las marcas, modelos, color, motor, capacidad se detalla en el Anexo 01. La maquinaria pesada constituida por los cargadores frontales, tractores, retroexcavadoras, motoniveladoras, montacargas, la constituyen 22 máquinas. Entre estas, se tiene 10 retroexcavadoras que tienen las siguiente características:

Código	Marca/Modelo	Color	Chasis	Marca Modelo Motor	H.P.	Capacidad.
146513	NORTHWEST#2 ** 25 D	NARANJ	23665	CATERPILLAR/3304	92	20 TON
147713	NORTHWEST#1 ** 25 D	NARANJ	23655	PERKINS/6.354	92	20 TON.
148107	POCLAIN ** 90 CK	ROJO	13554	DEUTZ/FGL9	128	0.57M3
148513	CASE ** 680 E	AMARIL	9221746	PERKINS T4-236	90	0.95 M3
148803	CASE ** 580-H	AMARI	6987-109	PERKINS/4.236I	73	0.76M3
149201	CASE ** 680-L	AMARI	JJG0071068	CUMMINS/6.590	90	1.15 M3
149311	JOHN DEERE 690E-LC**	AMARI	DW690EL542667	JOHN DEERE 260IT	130	0.85 M3
149501	JOHN DEERE ** 410D	AMARIL	TO410DB805164	JOHN DEERE 4045T	85	1.0 M3
149705	CATERPILAR ** 426C	AMARIL	6XN00370	CATERPILLAR/3054T	84	0.95 M3
149812	KOMATSU ** PC200-6	AMARIL	102863	KOMATSU / S6D102E1A	133	1.00 M3

Como Se observa, en su gran mayoría son máquinas conocidos como equipos de movimientos de tierras, otras son máquinas inherentes a la construcción como mezcladoras de concreto, estacionarias y móviles, vibradores para concreto, cortadoras de concreto, bombas para concreto, unidades de transportes, compresoras neumáticas, grúas hidráulicas, etc.

Los principales operaciones y trabajos realizados pool de maquinaria son:

- a. **Corte y eliminación** de material para obtener el terreno de fundación y determinar la subrasante. Las unidades utilizados en esta etapa son: tractores de orugas, cargadores frontales, camiones volquete, camiones cisterna.
- b. **Excavaciones de zanja** para la instalación de tubería para agua ó desagüe, las unidades empleadas para esta labor son: excavadoras hidráulicas, cargadores frontales, grúas hidráulicas, camiones cisterna, mezcladoras para concreto y vibradores para concreto.
- c. **Conformación y compactación para obtener la sub-base y base**, esparcido del material cama (arena), para esto se emplea vibroapisonadores portátiles, bombas de agua, y herramientas manuales.
- d. **Instalación de tuberías**, para esto se utiliza grúas hidráulicas y de no contar con estas con los brazos de las excavadores también pueden realizar estas montajes contando con la pericia de sus operadores.
- e. **Relleno de zanja**, se hace con arena gruesa hasta cubrir el tubo, luego se adiciona material de la excavación previamente zarandeado de acuerdo a especificaciones.

- f. **Compactación final**, se hace con rodillos, vibratorios camiones cisterna, vibroapisonadores y equipos de nivelación.
- g. **Pavimentado o asfaltado**, Se emplea pavimentadora (“Esparcidora”), Rodillo tandem (doble rola) y Rodillos neumáticos.
- h. **Limpieza, riego de liga**, de la superficie de la primera capa asfáltica para proceder a la segunda. El riego de liga se realiza usando 100% de RC-250 (curado rápido en caliente). Se utiliza compresora de aire y camión imprimidor.
- i. **Pavimentado, compactación y sellado de la segunda carpeta asfáltica**, se usa las siguientes máquinas: Pavimentadora, Rodillo tandem (doble rola) y rodillos vibratorios.

3.2. ANÁLISIS ECONÓMICO DE CICSA

Según EL balance General de 1999, (cuadro 3.1), CICSA tiene la siguiente situación económica:

- **PRUEBAS DE LIQUIDEZ**

Estos índices ponderan la capacidad d la empresa para hacer frente a sus compromisos a corto plazo. Se ha considerado los siguientes ratios:

CUADRO 3.1

BALANCE GENERAL AL 31 DE DICIEMBRE DE 1999

Incluye cuentas de ajuste por inflación

ACTIVO:		PASIVO:	
ACTIVO CORRIENTE		PASIVO CORRIENTE	
Caja y Bancos	524,348.30	Sobregiros Bancarios	132,485.30
Cuentas por cobrar Comerciales	1,257,914.82	Tributos por pagar	289,296.85
Anticipos Otorgados	35,420.10	Cuentas por Pagar Comerciales	450,345.45
Otras cuentas Por Cobrar	956,482.15	Remuneraciones por Pagar	149,285.00
Existencias	249,140.29	Otras Cuentas por Pagar	857,349.82
Gastos Pagados por Anticipado	<u>150,275.81</u>	Beneficios Sociales de Trabajadores	<u>12,525.82</u>
TOTAL ACTIVO CORRIENTE	3,173,581.47	TOTAL PASIVO CORRIENTE	2,078,523.42
ACTIVO NO CORRIENTE		PASIVO NO CORRIENTE	
Inversiones en valores	142,351.16		
Inmuebles, Maquin. y Eq. Neto	3,215,458.90	Otras Deudas a Largo Plazo	<u>251,430.20</u>
Intangibles	<u>135,784.59</u>		
TOTAL ACTIVO NO CORRIENTE	3,493,594.65	TOTAL PASIVO NO CORRIENTE	251,430.20
OTROS ACTIVOS		OTROS PASIVOS	
		GANANCIAS DIFERIDAS	31,216.69
		PATRIMONIO:	
		Capital Social	3,451,788.20
		Capital Adicional	179,634.51
		Reservas	235,000.18
		Resultados Acumulados	135,482.67
		Resultado del ejercicio	304,100.25
		TOTAL PATRIMONIO	<u>4,306,005.81</u>
TOTAL ACTIVO	<u>6,667,176.12</u>	TOTAL PASIVO Y PATRIMONIO	<u>6,667,176.12</u>
			<u>0.00</u>

$$\begin{aligned}
 \text{Liquidez General} &= \frac{\text{Activo corriente}}{\text{Pasivo corriente}} \\
 &= \frac{3\,173\,581.47}{2\,078\,523.42} \\
 &= 1.5268
 \end{aligned}$$

Es decir, que CICSA está en buena posición para afrontar los compromisos de corto plazo.

$$\begin{aligned}
 \text{Prueba Acida} &= \frac{\text{Act. Corriente} - \text{Existencias}}{\text{Pasivo corriente}} \\
 &= \frac{3\,173\,581.47 - 249\,140.29}{2\,078\,523.42} \\
 &= 1.4069
 \end{aligned}$$

La empresa está en situación de afrontar sus compromisos con solvencia económica.

$$\begin{aligned}
 \text{Liquidez Absoluta} &= \frac{\text{Caja y Bancos}}{\text{Pasivo corriente}} \\
 &= \frac{524\,348.30}{2\,078\,523.42} \\
 &= 0.25
 \end{aligned}$$

La disponibilidad de caja y bancos para afrontar las necesidades económicas en 1999 fueron escasas, que dificultó la operatividad de la empresa.

- **PRUEBAS DE SOLVENCIA**

Este ratio permite conocer el grado de solvencia de la empresa para hacer rente a sus obligaciones con la realización de sus activos.

$$\begin{aligned}
 \text{Solvencia Patrimonial} &= \frac{\text{Patrimonio}}{\text{Pasivo total}} \\
 &= \frac{4306005.81}{2329953.62} \\
 &= 1.848
 \end{aligned}$$

Contablemente la empresa tiene la suficiente solvencia patrimonial para afrontar sus compromisos financieros.

$$\begin{aligned}
 \text{Independencia financiera} &= \frac{\text{Pasivo total}}{\text{Activo total}} \\
 &= \frac{2306005.81}{6667176.12} \\
 &= 0.3458
 \end{aligned}$$

CICSA, tiene independencia financiera.

$$\begin{aligned}
 \text{Endeudamiento patrimonial} &= \frac{\text{Pasivo total}}{\text{Patrimonio}} \\
 &= \frac{2306005.81}{4306005.81} \\
 &= 0.5355
 \end{aligned}$$

La compañía tiene, aún, margen para endeudarse más con respecto a su patrimonio.

3.3. MANTENIMIENTO

No se cuenta con manual de funciones, los directivos y determinación de las funciones se dan de modo verbal y conforme se van dando los requerimientos laborales, algunas funciones el personal se entienden como tácitas.

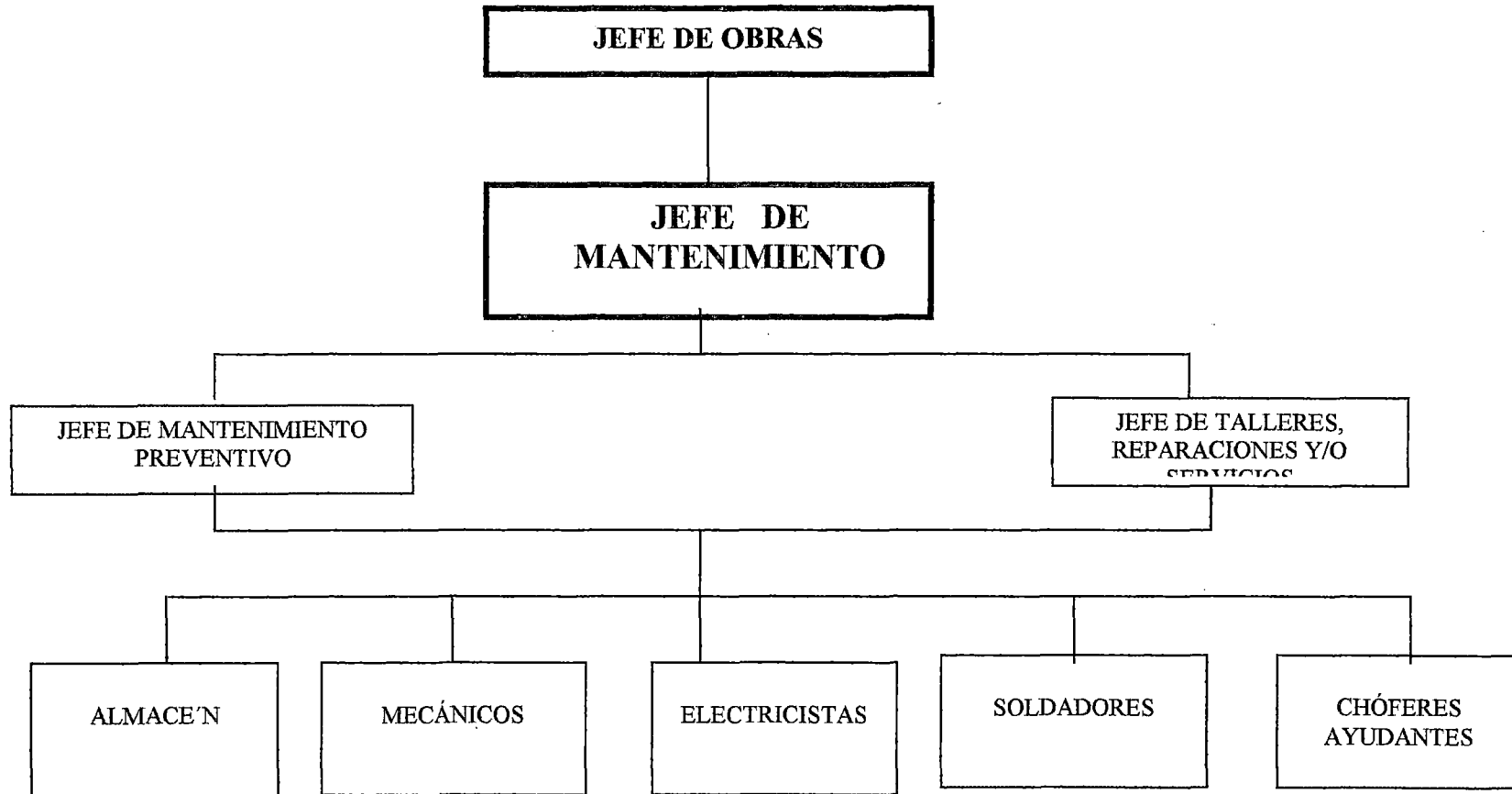
- **Organización**

Jerárquicamente el jefe de mantenimiento depende del jefe de obras, quien da las directivas de la funcionalidad del mantenimiento (Figura 3.2)

- a. Jefe de Mantenimiento, es responsable de:
 - La organización y funcionalidad del mantenimiento.
 - Administrar el personal de mantenimiento.
 - Elaborar los planes de trabajo de mantenimiento.
 - Que la maquinaria opere eficientemente.
 - Planear el mantenimiento preventivo.
 - Elaborar los costos de mantenimiento.
 - Evaluar las propuestas de mantenimiento ofertadas por terceros.
 - Supervisar el trabajo de mantenimiento.
 - Vigilar la existencia de los recursos de mantenimiento.
 - Velar por el abastecimiento oportuno de los insumos para mantenimiento.
- b. Jefe de Mantenimiento Preventivo, es responsable de:
 - Efectuar el mantenimiento preventivo de los equipos y máquinas, conforme a las indicaciones de los manuales y las exigencias de los equipos de acuerdo a su desgaste o esfuerzo.

FIGURA 3.2

ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO



- Controlar el estricto cumplimiento del mantenimiento preventivo
 - Que el cuaderno de equipo de cada máquina esté disponible y actualizado.
 - Que las máquinas y equipos al iniciar su jornada de trabajo estén en buenas condiciones operativas.
 - Coordinar con el jefe de talleres y reparaciones las necesidades y el trabajo de mantenimiento.
 - Desplazar un módulo de mecánico para los equipos y máquinas acantonadas en el campamento de alguna obra.
- c. Jefe de Talleres, Reparaciones y Servicios, tiene por función:
- Efectuar el mantenimiento correctivo de los equipos y máquinas.
 - Reparar las fallas.
 - Recomendar los cambios de algunas piezas, sean por desgaste o daño.
 - Coordinar con el jefe de mantenimiento preventa los requerimientos de insumos de mantenimiento.
 - Informar al jefe de mantenimiento de la situación operativa de los equipos y máquinas.

- **Recursos Humanos Operativos**

El mantenimiento cuenta con un equipo de técnicos, compuesto por:

- 4 mecánicos
- 1 electricista
- 2 soldadores
- 3 ayudantes.
- 2 choferes (como mínimo)
- 1 almacenero.

- **Stock**

El almacén se cuenta como mínimo con el siguiente stock:

- Un juego de filtros de motor
- Un juego de transmisión
- Un juego de sistema hidráulico
- Lubricantes para dos meses.
- Repuestos básicos: pernos, pines, taladros, engrasadores, lijas, herramientas manuales, etc.
- Además se tiene una caja chica de S/. 3,500 para cosas urgentes y cosas reactivas.

- **Tipo de Mantenimiento**

El tipo de mantenimiento que se aplica es el Mantenimiento Preventivo (MP), es decir que el mantenimiento se aplica de acuerdo a lo indicado por el manual de cada equipo, desde el inicio (máquina nueva) y continua cada 10, 50, 100, 250, 500, 1000 y 2000 horas de operación o de acuerdo al kilometraje cuando se trata de unidades de transporte.

Así por ejemplo para una Excavadora POCLAIN 90CK, el mantenimiento preventivo consiste en:

- Servicio rutinario: Engrase diario de todos puntos, efectuado por el operador o el ayudante. Semanalmente el mantenimiento de las uñas del cucharón, es necesario señalar que una uña puede ser reconstruida un máximo de 2 veces, para luego ser cambiada por una uña nueva.
- El servicio de mantenimiento según las horas de operación son las siguientes:

Cantidad de horas	Mantenimiento de:
10	Chequear aceite motor y filtros / cambio aceite transmisión/ filtros, reglaje de motor.
50	Cambio de aceite con filtro

200	Cambio aceite motor c/filtros. Reconstrucción uñas de cucharones.
400	Cambio de aceite motor c/filtros Cambio uñas nuevas
500	Cambio filtros hidráulicos y aceite / Reajuste de carrilería, Reglaje del motor.
600	Reforzado de cucharón / c/soldadura y refuerzos.
800	Cambio 12 pernos y orugas y reajuste general de pernos
1000	Soldaduras de cañería y aceite hidráulico. Cambio de mangueras del cucharón
1200	
1400	Refuerzo de cucharón
1600	Cambio de portauñas nuevas
1800	
2000	Cambio de aceite hidráulico total y filtros. Reemplazo de mangueras hidráulicas.
2200	Falla motor por inyección
2400	
2500	
2600	
2800	
3000	
3200	
4500	Falla motor por anillos, descompresionado y roturas. .Cambio de anillos y empaques
6000	Falla motor por desgaste
6015	Necesita Over Haul. Se hace reparación total. Tiempo 35 días.
6020	
6200	
6400	Electroválvulas falladas, se reemplazan

8000	Cambio de aceite hidráulicos + filtros
8100	Falla motor de traslación (motor hidráulico revienta rodaje). Se importa uno nuevo de Francia. Dura 45 días.
8120	Opera nuevamente. Falla sistema eléctrico.
11000	Carriles gastados Cadena gastada 1 bat. rajada

- **Documentación utilizada por Mantenimiento**

Mantenimiento para su control tiene en uso la siguiente documentación:

- Informe de mantenimiento (documento 01), que consta de 4 partes: Información general (identificación de la máquina o equipo, fecha, obra), Descripción del problema o servicio, tiempo dedicado en horas y las observaciones. Este es un documento generado por el mecánico.
- Informe diario de equipo (documento 02), generado por el operador de la máquina, dando a conocer la situación operativa de la máquina.
- Informe semanal de equipo (documento 03), es el consolidado semanal de la operatividad, consumo de combustible y lubricantes de la máquina.
- Informe de taller (documento 04)

- Orden de reparación (documento 05)
- Nota de pedido (documento 06)
- Guía de Remisión (documento 07)

Todos estos documentos están recopilados en el Anexo 02

CAPÍTULO IV

DIAGNÓSTICO DEL MANTENIMIENTO

ACTUAL EN LA EMPRESA DEL ESTUDIO

4.1. PREMISAS DEL MODELO DE ANÁLISIS DE MANTENIMIENTO ACTUAL

En los actuales momentos de competitividad empresarial, ésta debe establecer estrategias de cambio, en un marco de referencia para la eficacia de la organización, partiendo del análisis de factores que interactúan cuando se aplica la estrategia.

El marco de referencia es el propuesto por W.J. Makenzie, **modelo de las siete eses:**

- Strategy (estrategia)
- Structure (estructura)
- Systems (sistemas)
- Style (estilo)
- Staff (integración personal)
- Skills (habilidades)

- Superordinate Goals (metas de orden superior) ó Shared values (valores)

Tal como se ilustra en el gráfico 4.1, cada uno de estos factores tiene igual importancia e interactúa con todos los demás factores.

➤ **ESTRUCTURA**

El modelo de Las siete eses agrega una perspectiva contemporánea al problema de la estructura de la organización. En el ambiente complejo y siempre cambiante de hoy, la organización del mantenimiento en CICSA, debe efectuar cambios estructurados temporales para enfrentar los cambios, por ello se debe analizar la actual estructura su forma (organización) de trabajo, fundamentos, procedimientos.

➤ **ESTRATEGIA**

Analizar los elementos de la estrategia que tiene la empresa y cómo los desarrolla.

➤ **SISTEMAS**

Consta de todos los procedimientos formales e informales que permiten que la organización del mantenimiento de CICSA funciones; tales como el establecimiento de estándares operaciones, de capas de operaciones, de calidad, de performance.

➤ **ESTILO**

El “estilo” no se refiere a la personalidad, sino al patrón de acciones fundamentales y simbólicas emprendidas por los directores de la empresa, comunica prioridades con más claridad que las palabras aisladas y puede influir profundamente en los resultados de la empresa.

➤ **INTEGRACIÓN DE PERSONAL**

El personal es un recurso valioso que se debe sentir, desarrollar, cuidar y asignar con sumo cuidado. Por ello se debe evaluar los factores inherentes al desarrollo del personal.

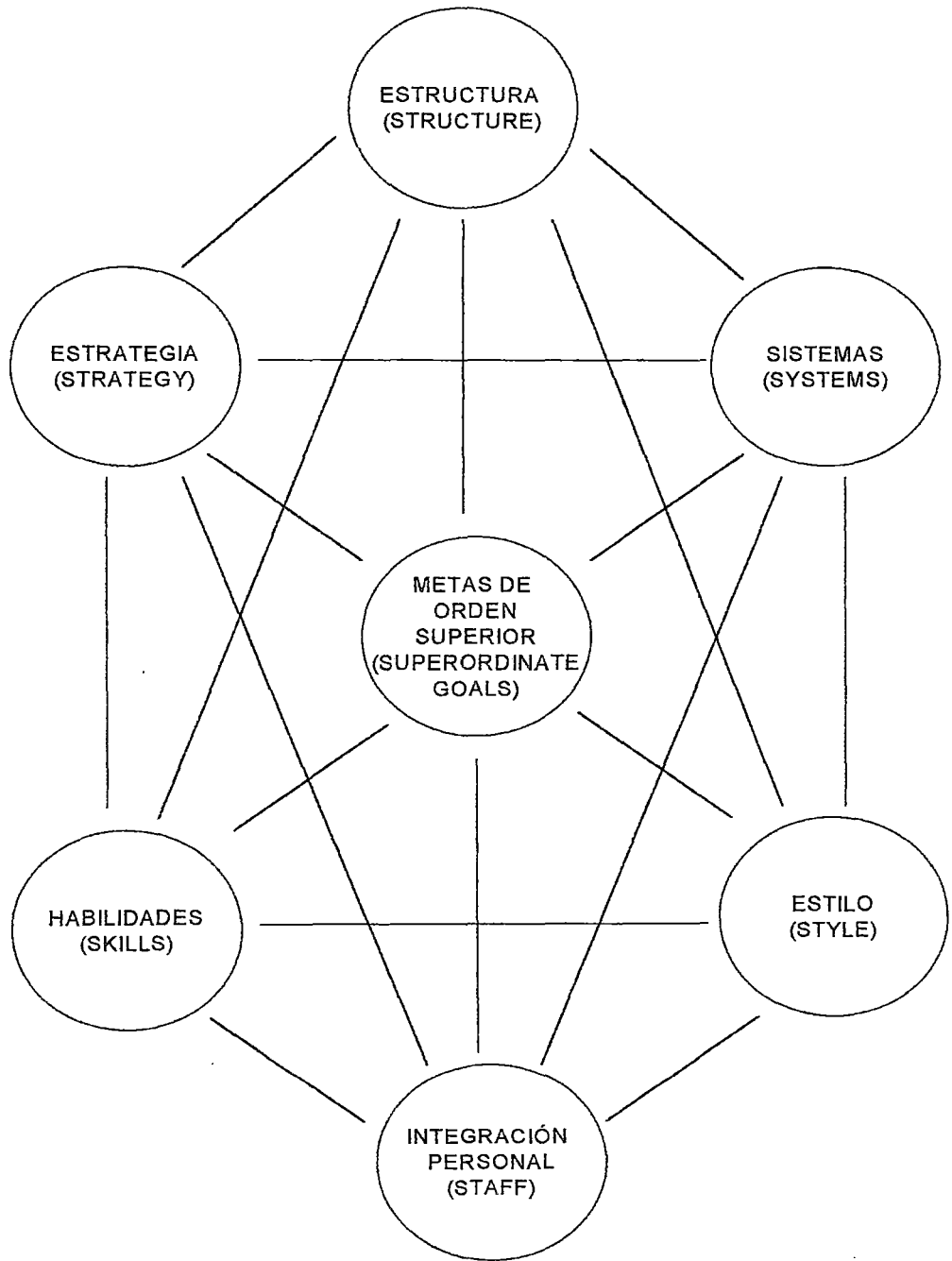
➤ **HABILIDADES**

El término habilidades se refiere a aquellas actividades que la organización realiza mejor y por las cuales se le conoce y para ello como está la eficiencia de la labor de mantenimiento.

➤ **METAS DE ORDEN SUPERIOR**

Se refiere a los conceptos, valores y aspiraciones que sirven de guía de la empresa, del mantenimiento y cómo están unidos en el propósito común que están dadas en la misión.

GRÁFICO 4.1
MODELO DE LAS SIETE ESES



* SHARED VALUES (Valores)

4.2. MARCO DE REFERENCIA PARA EL MANTENIMIENTO ACTUAL

1. Evaluación de la Organización del Mantenimiento

a. Estructura

En CICSA la organización de mantenimiento es formal de tipo lineal, por lo que se tiene que el mantenimiento muestra las siguientes desventajas:

- El mantenimiento es rígido e inflexible, dificultando la innovación y la adaptación de éste ante las contingencias de las máquinas; como es el caso de los equipos desplazados a los campamentos ubicados lejos de la sede central, equipos que requieren de mantenimiento preventivo y correctivo, pero como en la organización no se cuenta con una unidad móvil de mantenimiento proactivo y se recupere a la experiencia y buena voluntad de los conductores con las limitaciones técnicas de mecánica que implica esta acción.
- La dirección viene del jefe de obras, quien tiene bajo su mando todas las actividades de mantenimiento, dificultando la cooperación y la iniciativa del personal de mantenimiento.

b. Jerarquía

Se tiene una jerarquía plana (sólo se tiene dos niveles administrativos; jefe de mantenimiento en el primer nivel

administrativo, y los jefes de mantenimiento preventivo y de talleres), que facilita la toma de decisiones en el mantenimiento.

c. Coordinación

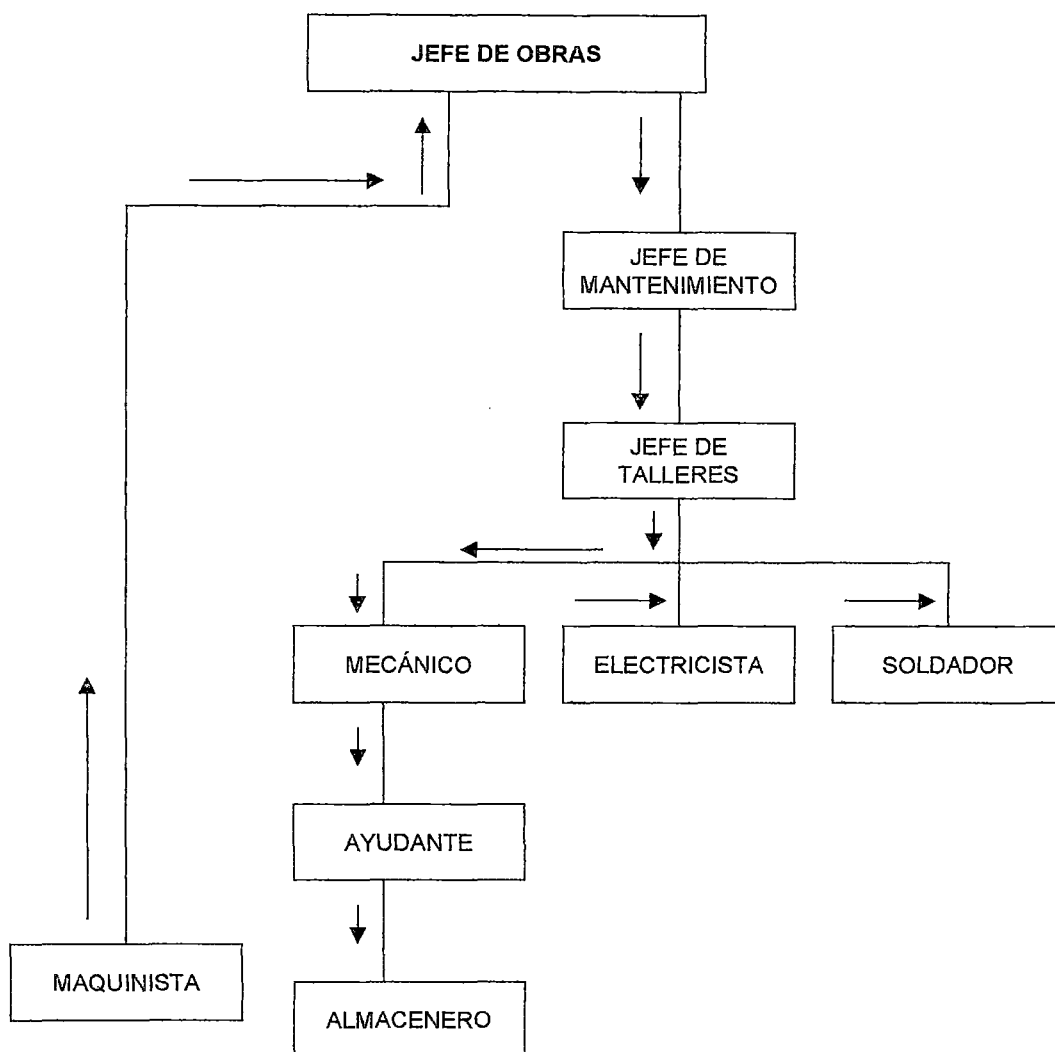
La utilización del recursos humano de mantenimiento (mecánicos, electricistas, soldadores y ayudantes) y de recursos materiales (repuestos, insumos, etc.), obligan al jefe de mantenimiento preventivo y al jefe de talleres, reparaciones y servicios a coordinar estrechamente a fin de integrar las actividades en sus actividades diarias.

d. Comunicación

Según esta estructura, el jefe de obras es el superior absoluto de los maquinistas. De allí, que cuando ocurre la necesidad de reparar una máquina, el maquinista reporta al jefe de obras de ese requerimiento. El Jefe de obras pone en conocimiento al jefe de mantenimiento, quien a su vez lo comunica al jefe de talleres de reparaciones. El jefe de talleres ordena al mecánico, al electricista, al soldador, al ayudante y al almacenero para que de los repuestos e insumos del caso. Una vez ejecutado el servicio, el soldador, el electricista efectuada y éste al jefe de mantenimiento, quien se encarga de informar al jefe de obras que la máquina está operativa. Aquí, el jefe de obras comunica al maquinista que la máquina está reparada.

Cuando el mecánico termina el servicio, el camino que sigue la comunicación, para darse cuenta de la reparación, es exactamente el inverso. El recorrido para efectuar la

comunicación de una reparación de una máquina es el siguiente.



En este proceso se involucra innecesariamente al jefe de obras en un problema rutinario.

e. Funcionalidad

No existe un manual de funciones, no existiendo una especificación de las funciones, las cuales se dan de modo verbal y conforme surgen las contingencias de mantenimiento.

2. Evaluación de la Operatividad del Mantenimiento.

a. Personal

- El número de personal resulta suficiente para atender la cantidad de maquinaria pesada que requiere reparación, más no para dar el mantenimiento preventivo; por ello, el personal de mantenimiento no desarrolla actividades fuera de la sede central.
- El personal de mantenimiento requiere ser capacitado constantemente, hecho en el cual la empresa no invierte.

b. El Mantenimiento Preventivo

- Se privilegia el mantenimiento correctivo (reparaciones) sobre el mantenimiento preventivo. El personal de mantenimiento está constituido para efectuar las reparaciones, teniendo como centro de operaciones la sede central, hacia donde deben llevarse las máquinas que requieren de una reparación. Cuando una máquina está en campamento y requiere de una reparación, se desplaza un mecánico, quien evalúa el daño, si el daño es menor la repara, sino recomienda que se le lleve a la sede central o a una empresa que preste el servicio de reparación.
- La reparación de las máquinas está centralizada en la sede central, donde se cuenta con la infraestructura, recursos humanos, materiales e insumos necesarios

para la reparación. Evitándose los costos de desplazamiento.

- Cuando el daño de la máquina es mayor a la capacidad operativa del taller de reparaciones, se le deriva a una empresa de reparaciones de maquinaria pesada con mayor envergadura, previa cotización del servicio. Esto ocurre por las limitaciones técnicas del equipo de mantenimiento.

c. El Mantenimiento correctivo

- El Mantenimiento correctivo que se desarrolla en CICSA es el básico, por que se limita al cambio de aceite, combustible, uñas de las cucharas de la excavadora, uno que otro engrase. Es decir, no se cumple cabalmente con las recomendaciones del fabricante sobre el mantenimiento.
- Cada máquina cuenta con un cuaderno (bitácora), donde el maquinista anota el mantenimiento que él efectúa conforme a su experiencia y hasta donde llega su conocimiento, más no forma parte un programa. El maquinista, básicamente mide y observa el aceite, el combustible observa las llantas, engrasa y ajusta los principales mandos. En suma, el mantenimiento preventivo la realiza el maquinista (operario), más no el mecánico que está abocado a las reparaciones.

- El mantenimiento preventivo que efectúa el maquinista, no forma parte de un programa, mucho menos de un planeamiento de dicho mantenimiento. Y más aún, se realiza sin criterio técnico, sino como un hecho mecánico y necesario según su experiencia para evitarse problemas en su manejo, antes que para preservar la máquina.
- Los mecánicos, electricista y soldador y ayudantes no forman parte de unidad alguna para desarrollar el mantenimiento preventivo a las máquinas que se han desplazado a los campamentos, y que por su lejanía a la sede central no vienen a esta sede, quedando lejos de atención inmediata de los mecánicos.

d. Evaluación del almacén de Mantenimiento

- El almacén de mantenimiento cuenta con un stock mínimo para atender las reparaciones menores y los insumos para mantenimiento preventivo. Stock, que para algunos repuestos es frecuente que esté en nivel cero, sea por que son de menor uso, no hay los recursos económicos o el almacenero cree conveniente no comunicar su compra hasta que requiera.
- Por falta de stock de repuestos o insumos de mantenimiento no se atiende oportuna y cabalmente los servicios de mantenimiento preventivo y reparación.

En consecuencia el mantenimiento actual, presenta la siguiente problemática:

1. No cuenta con manual de funciones, que permita conocer al personal de mantenimiento cuales son sus funciones y de esta manera establecer responsabilidades y coordinaciones.
2. La organización no contempla la conformación de un módulo de mantenimiento itinerante para los equipos desplazados en los campamentos donde se ejecutan obras. Por ello, en la obra, los operadores de máquinas son los encargados de efectuar la limpieza y lubricación basados en el empirismo, es decir en su experiencia; y según su experiencia comunican a la administración de obra para los cambios de aceite y filtros para los motores, desgaste de piezas de los cucharones o lampones, servicios de soldadura, refuerzos o cualquier servicio inherente a los equipos.
3. Los servicios de mantenimiento que se realizan en campamento son mayormente de tipo correctivo, cuando la máquina muestra una falla mayor.
4. Tardanza en el abastecimiento de insumos de mantenimiento que afectan la operatividad de la maquinaria.

4.3. DETERMINACIÓN DE LOS PROBLEMAS DE MANTENIMIENTO

1. No se cuenta con manual de funciones que permita conocer al personal cuales son sus funciones y de esta manera establecer responsabilidades, coordinaciones.
2. La organización no contempla la conformación de un módulo e mantenimiento itinerante para los equipos desplazados a los campamentos donde se ejecutan obras. Por ello, en la obra, los operadores de máquinas son los encargados de efectuar la limpieza y lubricación basados en el empirismo, es decir, en su experiencia, y según su experiencia comunican a la administración de obra para los cambios de aceite y filtros para los motores, desgastados de piezas de los cucharones o lampones , servicios de soldadura , refuerzos o cualquier servicio inherente.
3. Los servicios de mantenimiento que se realizan en campamento son mayormente de tipo correctivo, se actúa cuando hay una falla.
4. Tardanza en el abastecimiento de insumos de mantenimiento que afectan la operatividad de la maquinaria.
5. El mantenimiento operativo no funciona cabalmente.

Utilizando el modelo de Mackenzie o el modelo de las 7 eses, en el cuadro 4.1 se tiene el resumen de los problemas del diagnostico organizacional, y en el cuadro 4.2, se aprecia la distribución de la incidencia de los problemas en los procesos.

CUADRO 4.1**DIAGNÓSTICO ORGANIZACIONAL DEL MANTENIMIENTO**

- 1. STRATEGY (Estrategia)**
 - No hay planeamiento estratégico, táctico ni operativo
- 2. STRUCTURE (Estructura)**
 - Organigrama desactualizado, no contempla el mantenimiento de la maquinaria acantonada en campamentos.
 - Inadecuado trabajo en equipo
 - Ausencia de manual de procedimiento.
- 3. SYSTEMS (Sistemas)**
 - No existe sistemas de medición y control del desempeño
 - Se carece de un sistema de Programación de servicios.
 - Deficiencias en el Sistema de Mantenimiento Preventivo de la maquinaria en campamento.
 - No hay estándares de sistemas de control de calidad
- 4. STYLE (Estilo)**
 - Deficiencias de control y exigencias sobre el personal
- 5. STAFF(Personal)**
 - Falta capacitación / actualización al personal
- 6. SHARED VALUES (Valores)**
 - Vaguedad de valores empresariales (Sentido de pertenencia / Renombre / Calidad)
- 7. SKILLS (Destrezas)**
 - Deficiencia en el aprovisionamiento de repuestos.
 - Deficiencias en la atención de mantenimiento de la maquinaria

CUADRO 4.2
PROBLEMAS EN LOS PROCESOS

Tipo de Problemas

1. Alto costo promedio por servicio
2. Escaso desplazamiento externo
3. Alto nivel de fallas
4. Deficiente programación
5. Baja productividad del mantenimiento
6. Bajo grado de satisfacción de calidad
7. Alto índice de averías en la maquinaria

MANTENIMIENTO

PROCESOS	1	2	3	4	5	6	7
Lubricación	X	X	X				X
Ajustes	X	X	X			X	X
Electricidad	X	X	X	X			X
Limpieza / Revisión	X	X	X	X	X	X	X
Sustitución de elementos	X	X	X	X	X	X	X
Overhaul	X	X	X	X	X	X	X
Soldadura	X	X	X	X			X
Revisión de Sistemas	X	X	X	X	X	X	X

En el cuadro 4.3 se tiene la matriz de priorización de problemas que es la selección de problemas o resolver o mejorar, y en el cuadro 4.4 están tipificados y determinados los problemas de mantenimiento, dados en:

- Problemas organizacionales
- Problemas en el proceso

A fin de determinar las causas probables de los problemas del proceso, se analizó dichas causas en el Diagrama Causa-Efecto o Diagrama Ishikawa (Gráfico 4.2 y 4.3), de este modo determinar las causas raíces del problema; esto , se realizó teniendo en cuenta las variables que intervienen en el método de trabajo de mantenimiento, gestión, mano de obra, repuestos materiales y programación.

**CUADRO 4.3
MATRIZ DE PRIORIZACIÓN DE PROBLEMAS**

CRITERIO DE SELECCIÓN	VALOR (%)
1. Impacto obtenido por la solución	40
2. Facilidad de solución	10
3. Disponibilidad de información	30
4. Costos de solución	20

PROBLEMAS	1		2		3		4		TOTAL	%
1. Deficiente programación	18	7.2	14	1.4	15	4.5	15	3.0	16.1	15.9
2. Escaso desplazamiento externo	20	8.0	10	1.0	13	3.9	15	3.0	15.9	15.7
3. Bajo grado de satisfacción de calidad	17	6.8	14	1.4	15	4.5	13	2.6	15.3	15.1
4. Baja productividad del mantenimiento	18	7.2	14	1.4	12	3.6	14	2.8	15.0	14.8
5. Alto nivel de fallas	19	7.6	17	1.7	8	2.4	12	2.4	14.1	14.0
6. Alto Costo promedio por servicio	18	7.2	12	1.2	10	3.0	8	1.6	13.0	12.9
7. Alto índice de averías en la maquinaria	14	5.6	8	0.8	11	3.3	10	2.0	11.7	11.6
Rango de calificación: 0.20									101.1	100.0

CUADRO 4.4**PROBLEMAS DE MANTENIMIENTO A MEJORAR****PROBLEMAS ORGANIZACIONALES**

- 1. STRATEGY (Estrategia)**
 - No hay planeamiento estratégico, táctico ni operativo
- 2. STRUCTURE (Estructura)**
 - Organigrama desactualizado.
 - Ausencia de manual de procedimientos
- 3. SYSTEMS (Sistemas)**
 - No existe sistemas de medición y control del desempeño
 - Falta estandarizar do control de calidad
 - Falta de programación de servicios
 - Deficiencias en el Sistema de Mantenimiento Preventivo de la maquinaria en campamento.
- 4. STYLE (Estilo)**
 - Falta formalizar las órdenes
- 5. STAFF (Personal)**
 - Falta capacitación / actualización al personal
- 6. SHARED VALUES (Valores)**
 - Falta inculcar y corregir algunos valores empresariales.
- 7. PROBLEMAS EN EL PROCESO**
 - Deficiente programación
 - Escaso desplazamiento externo

GRÁFICO 4.2
DIAGRAMA CAUSA-EFECTO DE LA DEFICIENTE PROGRAMACIÓN EN MANTENIMIENTO

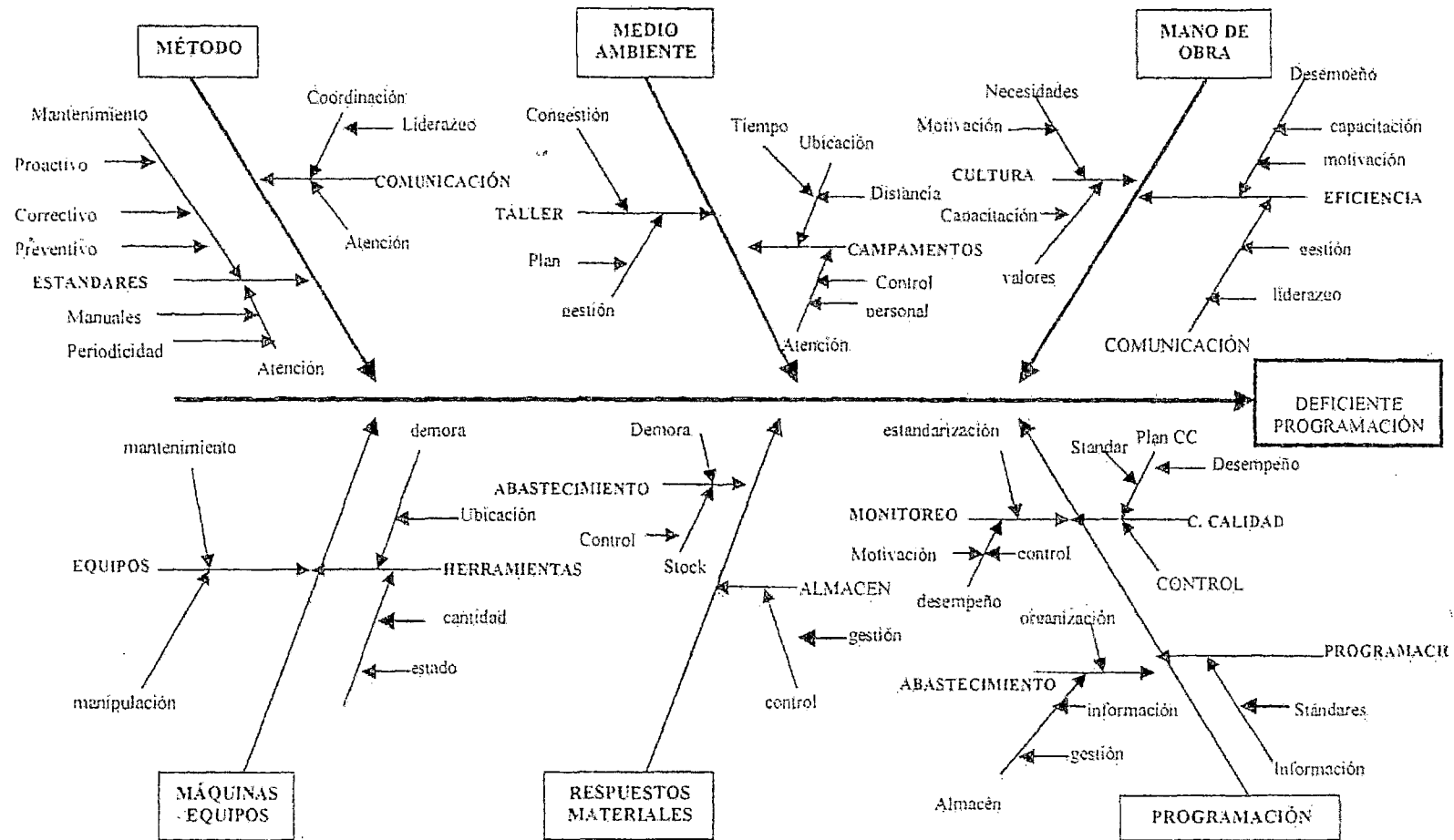
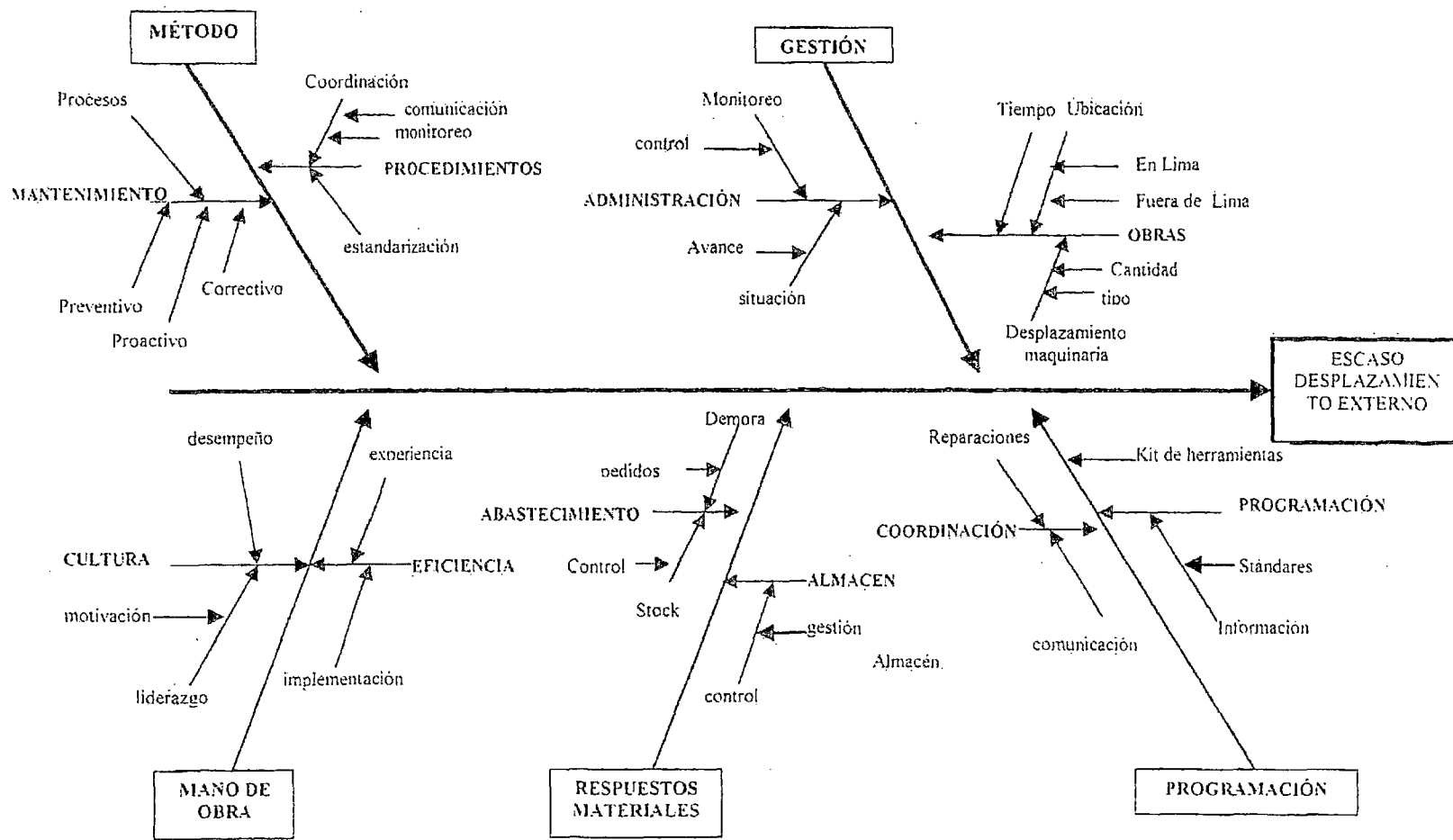


GRÁFICO 4.3
DIAGRAMA CAUSA-EFECTO DE LA DEFICIENTE PROGRAMACIÓN EN MANTENIMIENTO



CAPÍTULO V

EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO

5.1. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

A los problemas priorizados y analizados sus causas, se da las siguientes alternativas de solución.

- a. Plantear un sistema de mantenimiento preventivo, en cuyo diseño se tenga en cuenta las contingencias del mantenimiento por desplazamiento a los campamentos, cuando las máquinas se han movilizadas hacia obras lejanas del taller central.
- b. Un modelo de programación de mantenimiento preventivo

5.2. FUNDAMENTOS DE ORDEN PARA LA PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

En el planteamiento de la propuesta se ha empleado el mantenimiento preventivo 100%, en el mantenimiento predictivo solo se alcanza hacer el análisis espectral de aceite de los motores, sistemas hidráulicos y transmisiones.

Si bien es cierto que no empleamos las demás herramientas del MPd, el análisis espectrográfico de aceite es el más representativo para nuestro fin, ya que en una retroexcavadora sus diferentes sistemas son: De energía (Mototres Diesel, hidráulicos, neumáticos, eléctricos), de transmisión (Caja de cambios, mecánicas y automáticas, reducción de mandos finales, etc) emplean lubricantes para su funcionamiento y con estos análisis estamos prediciendo cuando va fallar ese lubricante o algún componente mecánico interno y así poder reemplazarlo o repararlo y así mejorar su ciclo de vida. Con esta aplicación estamos eliminando el establecimiento de estándares para el reemplazo de lubricantes o repuestos inherentes a la máquina.

En el anexo 03 y 04 tenemos copia del análisis espectrográfico del aceite del motor de la excavadora que hizo la compañía Ferreyros y otro análisis hecho por la compañía Pennzoil.

En CICSA no se cuenta con el departamento de ingeniería ni con aparatos de pruebas sofisticados que son necesarios para estos propósitos.

En la compañía Minera Antamina sus excavadoras tienen instalados computadoras y sus operadores están entrenados para leer e interpretar señales de vibración, incluso están interconectados con un microprocesador el cual gráfica las tendencias del desgaste lo cual permitiendo mejorar las estimaciones sobre la condición del sistema o parte que se esta evaluando. Nosotros no tenemos esos equipos, pero cuando se disponga de ellos estaremos para aprender a implementarlo.

El método utilizado para evaluar cada uno de los factores que intervienen en las diferentes alternativas de mantenimiento, es el Ranking de Factores, mediante el cual se prioriza el tipo de mantenimiento a implementarse en el presente estudio.

En el cuadro 5.1 están los factores (actividades) que intervienen en el mantenimiento y su codificación. En el cuadro 5.2 se tiene los criterios y la escala de codificación con el que se pondera cada factor. Con estos valores se evalúan por diferentes alternativas de mantenimiento. Quedando seleccionado el **mantenimiento preventivo, por tener el más alto valor, 1250 puntos**, seguido del mantenimiento predictivo con 1158 puntos, luego el mantenimiento productivo total con 1115 puntos y finalmente el mantenimiento reactivo con 926 puntos (cuadro 5.3)

Con lo descrito líneas arriba se hace el planteamiento de propuesta para el sistema de mantenimiento en CICSA, donde se aplica gran parte de las recomendaciones del MP, la cual se implementa en el punto 5.4. Programación del mantenimiento que dá la periodicidad del mantenimiento de una excavadora, luego como se verá en la figura 5.3 se ilustra el diagrama de flujo de la secuencia del mantenimiento preventivo y la figura 5.4 se ilustra la frecuencia del mantenimiento preventivo.

CUADRO 5.1

DETERMINACIÓN DE FACTORES EN EL MANTENIMIENTO

FACTOR	CÓDIGO
PLANIFICACIÓN	1
PROGRAMACIÓN	2
LIMPIEZA	3
INSPECCIÓN	4
PRUEBA	5
AJUSTES	6
SERVICIOS	7
REPARACIONES (MENORES)	8
DESMANTENIMIENTO TOTAL DEL EQUIPO	9
RECONSTRUCCIÓN DE PARTES	10
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE PARTES	11
NIVEL DE HABILIDAD DEL PERSONAL	12
RETIRO MÁQUINA DE CIRCULACIÓN POR BUEN TIEMPO	13
RECALIBRA Y PRUEBA FUNCIONAMIENTO	14
REQUERIMIENTO DE HERRAMIENTAS	15
DESPLAZAMIENTO DE HERRAMIENTAS FUERA DEL TALLER	16
INSPECCI ACÚSTICO	17
INSPECCI DE VIBRACIONES	18
PRUEBAS DE AISLAMIENTO	19
INSPECCI ESPECTOGRÁFICO DE ACEITE	20
TERMOGRAFÍA	21
INSPECCIÓN INFRARROJO	22
COSTO OPERATIVO	23
INVERSIÓN DE IMPLEMENTACIÓN	24

CUADRO 5.2

CRITERIOS Y ESCALA DE CALIFICACIÓN

CARGO	CRITERIO	ESCALA DE CALIFICACIÓN
I.	REQUERIMIENTO DEL FACTOR	
	Necesario	10
	Puede ser necesario	8
	No es necesario	5
II.	ACTIVIDADES QUE REALIZAR	
	Si	10
	Con limitaciones	8
	No	5
III.	GRADO DE SOFISTICACIÓN DE VAS HERRAMIENTA/EQUIPOS	
	Alto	10
	Medio	8
	Básico / no requiere	5
IV.	CALIFICACIÓN TÉCNICA DE MANO DE OBRA	
	Alto	10
	Mediana	8
	Básico / no es necesario para este factor	5
V.	COSTO DE OPERACIÓN	
	Bajo / no incide	10
	Normal	8
	Alto	5
VI.	INVERSIÓN DE IMPLEMENTACIÓN	
	Alto	10
	Mediano	8
	Bajo / no se requiere	5

CUADRO 5.3

TABLA DE EVALUACIÓN DE LOS TIPOS DE MANTENIMIENTO A EMPLEARSE EN EL PRESENTE ESTUDIO

FACTOR	MANTENIMIENTO REACTIVO							MANTENIMIENTO PROACTIVO																				
								M. PREVENTIVO							M. PREDICTIVO							M. PRODUCTIVO TOTAL						
	I	II	III	IV	V	VI	Total	I	II	III	IV	V	VI	Total	I	II	III	IV	V	VI	Total							
1	5	5	5	5	10	5	35	10	10	8	10	8	8	54	5	10	8	10	8	8	49	10	10	8	10	5	8	51
2	5	5	5	5	10	5	35	10	10	8	10	8	8	54	10	10	8	10	8	8	44	8	10	8	10	5	8	51
3	5	5	5	5	10	5	35	10	10	5	5	10	5	45	5	5	5	10	5	5	35	8	8	5	5	5	5	36
4	5	5	5	5	10	5	35	10	10	8	8	8	5	49	5	5	5	10	5	5	35	8	8	5	5	5	5	36
5	5	5	5	5	10	5	35	10	10	8	8	8	5	49	8	8	8	8	5	5	42	8	8	8	8	8	5	45
6	8	10	5	8	10	8	49	10	10	8	8	8	5	49	5	5	5	10	5	5	35	8	8	8	8	8	5	45
7	5	5	5	5	10	5	35	10	10	8	8	8	5	49	8	8	8	8	8	5	45	8	8	8	8	8	5	45
8	8	8	8	8	8	8	48	10	10	8	8	8	5	49	5	5	5	10	5	5	35	8	8	8	8	8	5	45
9	5	5	5	5	10	5	35	10	10	10	10	5	10	55	8	10	10	10	8	8	54	8	8	8	8	8	8	48
10	5	5	5	5	10	5	35	10	10	10	10	5	10	55	8	8	8	8	8	8	48	8	8	8	8	8	8	48
11	8	8	8	8	8	8	48	10	10	10	10	8	8	58	10	10	10	10	8	8	56	8	8	8	8	8	8	48
12	5	8	5	5	10	8	41	10	10	10	10	10	10	60	10	10	10	10	8	5	53	8	8	8	8	8	8	48
13	5	5	5	5	10	5	35	10	10	10	10	10	10	60	5	5	10	10	5	5	40	8	8	8	8	8	8	48
14	8	8	8	8	8	8	48	10	10	10	10	10	10	60	10	10	10	10	8	8	56	8	8	8	8	8	8	48
15	5	8	5	8	5	5	36	10	10	10	10	10	10	60	8	8	8	8	8	8	48	8	8	8	8	8	8	48
16	5	5	5	5	10	5	35	8	8	8	8	8	8	48	5	5	5	5	10	5	35	5	5	5	5	10	5	35
17	5	5	5	5	10	5	35	8	8	8	8	10	8	50	10	10	10	10	5	10	55	8	8	8	8	8	8	48
18	5	5	5	5	10	5	35	8	8	8	8	10	8	50	10	10	10	10	5	10	55	8	8	8	8	8	8	48
19	5	5	5	5	10	5	35	8	8	8	8	10	8	50	10	10	10	10	5	10	55	8	8	8	8	8	8	48
20	5	5	5	5	10	5	35	8	8	8	8	10	8	50	10	10	10	10	5	10	55	8	8	8	8	8	8	48
21	5	5	5	5	10	5	35	8	8	8	8	10	8	50	10	10	10	10	5	10	55	8	8	8	8	8	8	48
22	5	5	5	5	10	5	35	8	8	8	8	10	8	50	10	10	10	10	5	10	55	8	8	8	8	8	8	48
23	8	8	8	8	8	8	48	8	8	8	8	8	8	48	10	10	10	10	8	10	58	10	10	10	10	5	8	53
24	8	8	8	8	8	8	48	8	8	8	8	8	8	48	10	10	10	10	10	10	60	10	8	8	8	5	10	49
TOTAL	926							1250							1158							1115						

Respecto al mantenimiento productivo total (TPM) su definición enfatiza en la **efectividad global del equipo** y no en el mantenimiento y en **una activa participación de los operadores** en vez de “todos los empleados de la compañía”.

Aquí se implementa los valores de **sentido de pertenencia del equipo** y el hecho de **trabajar para una compañía de primer nivel**, los operadores toman conciencia de estos valores y aprenden que a su máquina hay que sentirla propia y quererla y mantenerla en la mejor condición, y es así que aceptan se entusiasman y aprenden varias labores de mantenimiento preventivo y estarán permanentemente motivados para colaborar con los mecánicos cuando hacen labores de mantenimiento y de paso aprenden algo más sobre **su máquina**.

Aquí implementamos un conjunto de actividades de TPM con el operador que aprende y aplica en la excavadora (cuadro 5.4), ayudado por el cuenta horas que le permite determinar (previa coordinación con el departamento de mantenimiento) el momento de las operaciones para lo cual cuenta con herramientas necesarias y un ayudante permanente.

5.3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO.

5.3.1. Organización del Mantenimiento propuesto

5.3.1.1. FUNDAMENTOS

Teniendo en cuenta que el mantenimiento muestra dos características operativas:

- Carácter contingible de las fallas en la máquina en el tiempo y espacio. Es decir, que la máquina, por desgaste, deterioro o accidente debido al paso del tiempo o características geomorfológicas del lugar donde opera subyace en ella posibilidad de fallar alguno de sus mecanismos sistemas operativos, requiriendo un mantenimiento preventivo o correctivo (reparación).
- Carácter modulable. Que consiste en el requerimiento de contar con un equipo (módulo) de mantenimiento que atienda los requerimientos en la sede central o en los campamentos, con respuesta inmediata a las necesidades.
- Es por ello que la organización del mantenimiento la enfocamos desde el punto de vista de sistemas y de contingencias, que implica la integración de cinco subsistemas:

Subsistema de objetivos y valores: que en este caso, mantenimiento debe tener en buen estado operativo a las máquinas, a fin de responder a los requerimientos sociales, como puede ser la descolmatación de ríos que eviten

inundaciones, excavar tierra para colocar tuberías de servicios de agua y/o desagüe, movimiento de tierras para nivelar o asfaltar, etc.

Subsistema técnico: Es el conjunto de conocimientos técnicos especializados en el mantenimiento y reparación de maquinaria pesada. En este subsistema está el perfil de la especialización de conocimiento y habilidades de los técnicos y personal auxiliar de mantenimiento. Comprende, también, la organización del mantenimiento.

Subsistema psicosocial: Es el conjunto de técnicos y auxiliares que constituyen la unidad orgánica de mantenimiento en CICSA. Este personal tiene un comportamiento individual y motivación, agregándose sus sentimientos, valores, actitudes, expectativas dinámica de grupo, dando lugar al clima organizacional de CICSA en general y la unidad de mantenimiento en general.

- **Subsistema estructural**

Esta referido a las tareas específicas que tienen cada uno de los miembros de mantenimiento dentro de la organización que deben estar diferenciadas e integradas en la estructura organizacional y referidos en el manual de funciones.

- **Subsistema Administrativo**

Abarca toda la organización de mantenimiento al relacionarla con su medio ambiente, donde se fijan los objetivos y establecer el proceso de control de mantenimiento.

En la figura 5.1 se tiene la concurrencia de estos subsistemas en la organización.

5.3.1.2. ORGANIZACIÓN PROPUESTA

En la figura 5.2 se esquematiza la organización propuesta para mantenimiento.

A. Jefe de mantenimiento

Tiene como funciones:

1. Analizar y evaluar la dirección el mantenimiento, revisando continuamente, aspectos como:

- Las partes del equipo que requieren ser inspeccionadas, limpiadas, lubricadas o sustituidas y la frecuencia correspondiente.
- Reparaciones que deben hacerse a la máquina, así como su costo y ventajas.
- El tipo y cantidad de trabajo de mantenimiento que debe ser realizado por servicios de terceros. Trabajo normal de reparación lo que debe hacerse para reducirlo ó eliminarlo.
- Las necesidades de capacitación el personal de mantenimiento.
- Los niveles de almacén más convenientes para piezas de repuesto, herramientas de mantenimiento y materiales de mantenimiento.

2. Planificar y programar el trabajo de mantenimiento

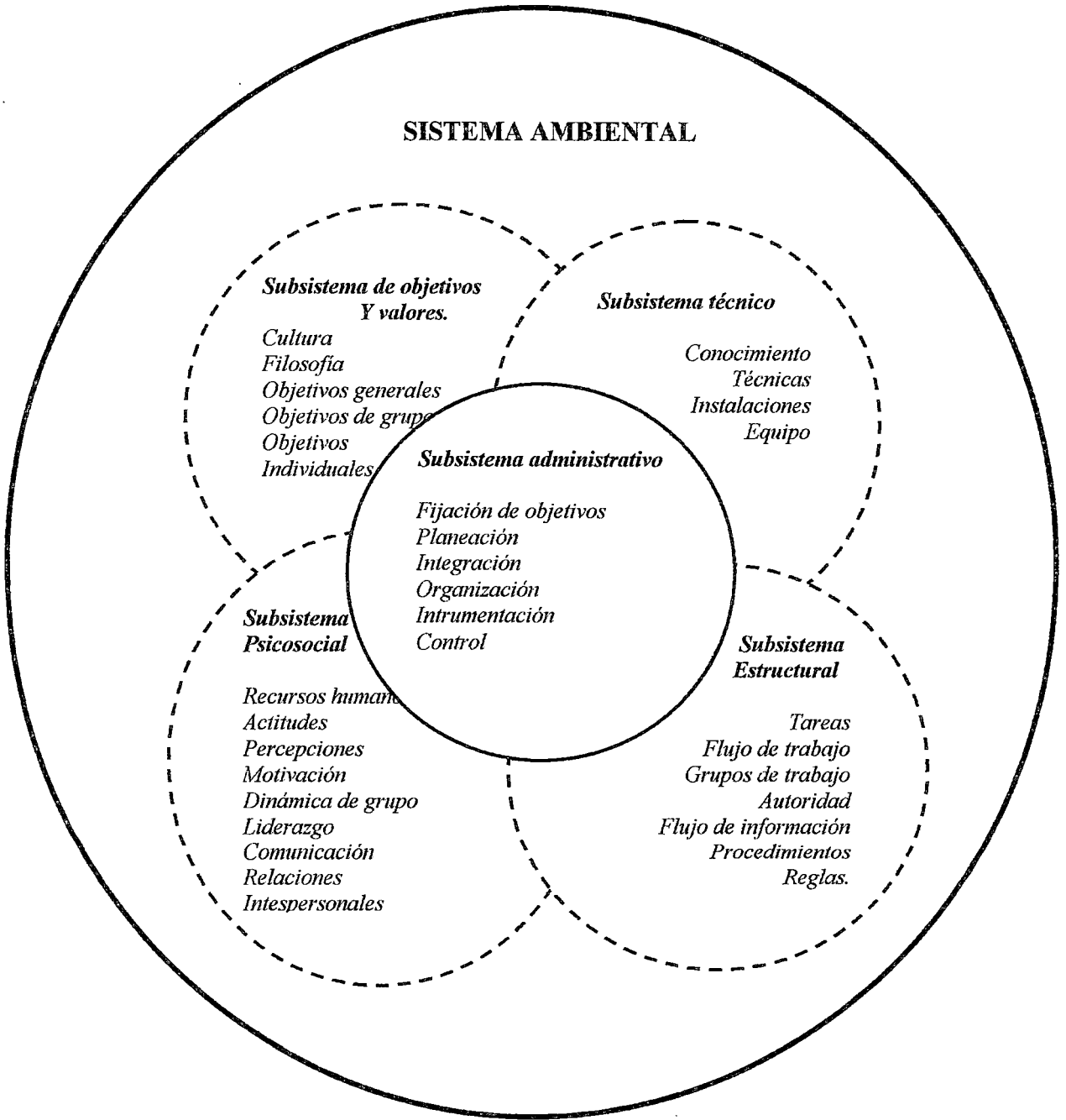
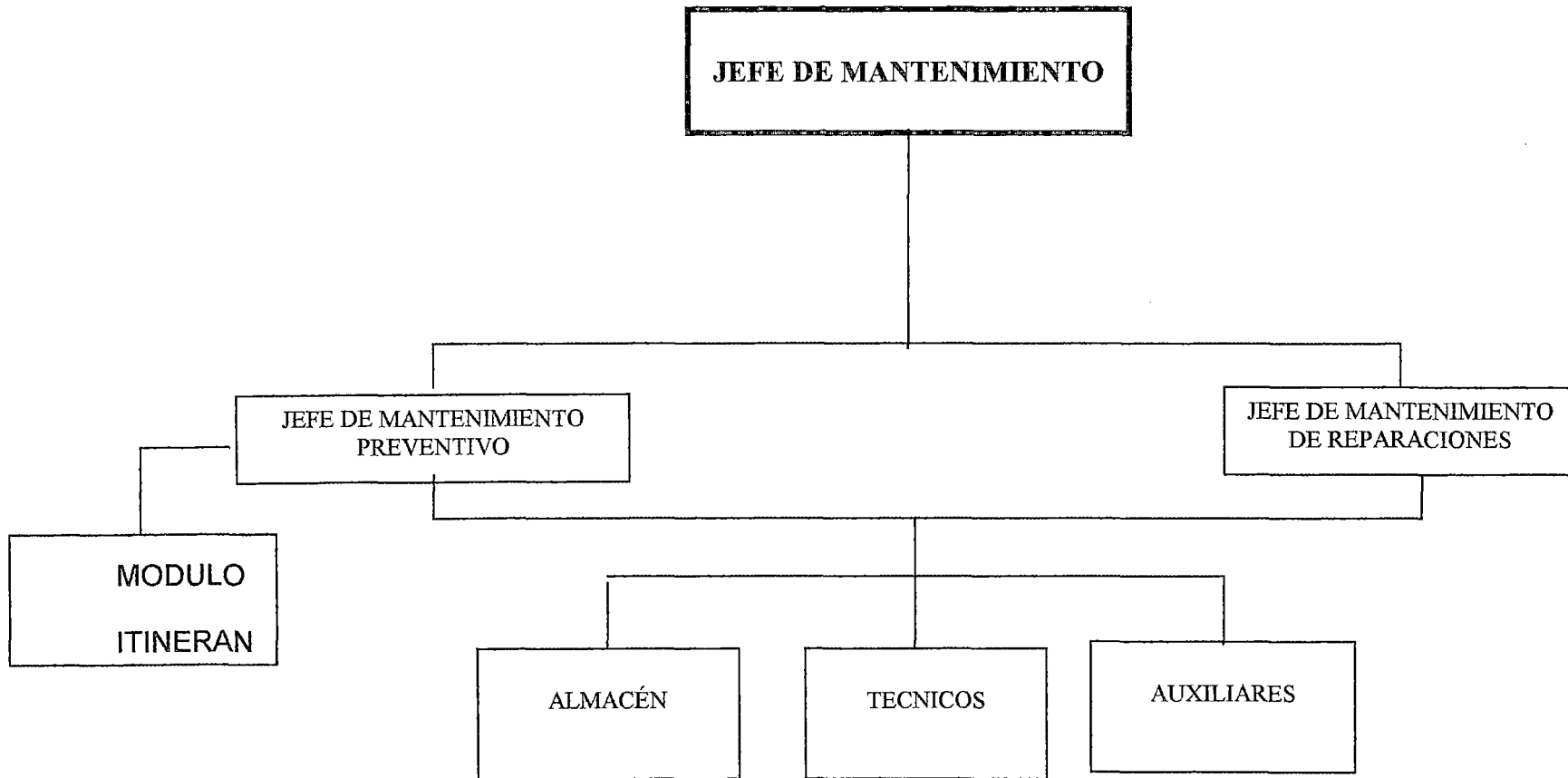


FIGURA 5.1. El sistema de Organización

FIGURA 5.2
ORGANIZACIÓN PROPUESTA DE MANTENIMIENTO



3. Mantener un nivel de stock del almacén de mantenimiento.
De manera que el suministro adecuado de piezas de repuesto, herramientas y materiales de mantenimiento o afecten el cumplimiento del cronograma del avance de las obras por efecto de la maquinaria.
4. Aplicar los tiempos tipo de la utilización de la mano e obra para cada tipo de reparación mantenimiento preventivo.
5. Realizar gestiones administrativas referente al mantenimiento.
6. Preparar el presupuesto de mantenimiento.

B. JEFE DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Tiene como funciones básicas las siguientes tareas:

1. Realizar el trabajo sistemático de inspección de las máquinas, a fin que la máquina este en buenas condiciones operativas al empezar las labores diarias.
2. Efectuar ciertos reglajes básicos.
3. Realizar la limpieza del equipo al terminar las labores diarias.
4. Efectuar el engrase y/o lubricación, especialmente del tipo que se requiere frecuentemente y no precisa equipo especial ni desmontaje de la máquina, las defensas ni las cubiertas.
5. Servicios, como mantener el nivel adecuado de aceite o agua.
6. Sustitución rutinaria de piezas.
7. Realizar la programación diaria del mantenimiento preventivo.

8. Determinar la carga de trabajo del personal de mantenimiento.
9. Hacer estudios de medición de trabajo.
10. Efectuar el control de las labores de mantenimiento y elevar los reportes respectivos.
11. Organizar, dirigir y controlar el Módulo Itinerante de Mantenimiento (MIM), que se encargará de dar el mantenimiento preventivo (y correctivo, previa coordinación con el jefe de talleres, reparaciones y servicios) de las máquinas acantonadas en los campamentos. Este módulo desarrollará todas las labores inherentes al mantenimiento preventivo que se dan en la sede central, para ello debe contar con los equipos herramientas, repuestos y materiales de mantenimiento necesarios para el cumplimiento de su labor. El MIM, estará constituido por el siguiente personal: un mecánico, un electricista, un auxiliar de mecánica y un soldador.

C. JEFE DE MANTENIMIENTO DE REPARACIONES

Tiene las funciones básicas siguientes:

1. Administrar el taller de mantenimiento.
2. Efectuar las reparaciones de las máquinas afectadas en su operatividad.
3. Determinar la necesidad de efectuar la reparación por terceros.
4. Administrar el almacén de mantenimiento

5. Adiestrar a los operarios de mantenimiento.

D. ALMACEN (ALMACENERO)

Se encarga de:

1. Mantener los niveles de stock de repuesto, herramientas y materiales de mantenimiento.
2. Llevar el control del almacén
3. Elevar los informes y requerimientos de repuestos y materiales de mantenimiento.
4. Hacer mantenimiento de almacén.

E. TÉCNICOS

Constituido por:

- Mecánicos
- Electricistas
- Soldadores

Que son la base del mantenimiento preventivo y del mantenimiento de reparaciones. Su función es la de realizar las labores en equipo de mantenimiento y/o reparaciones de las maquinas.

F. AUXILIARES

Son los:

- Ayudantes de mecánica.
- Choferes ayudantes

Tienen como función el apoyar las labores de los técnicos en el mantenimiento de las máquinas.

HERRAMIENTAS

a. Para el mantenimiento fuera del Taller

Se debe contar con el siguiente herramental:

- Una caja de mecánico estándar, incluyendo un juego de herramientas manuales, como llaves de extensión, adaptadores, dados, destornilladores (estrella, plano, corto plano, delgadoplano, dado). Alicates, pinza, martillo, llave francesa, gauges.
- Herramientas generales.
- Herramientas especiales
- Comprobadores y equipo: tacómetros, vacuómetros, multímetro, manómetros de comprensión, torquímetros, taladros, gata, compresor de aire, etc.
- Un analizador de motores

b. Para el taller

Las herramientas del taller, en términos generales, están en buenas condiciones, pero es necesario hacer el recambio de las herramientas especiales, porque hay algunas que no se les ubican o muestran alto grado de desgaste; así mismo es necesario ampliar el número de comprobadores y algunos equipos.

5.3.1.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA MAQUINA

Entre a maquinaria pesada utilizada en el movimiento de tierra, se tiene la excavadora de orugas (Anexo 5).

La excavadora de orugas es una máquina totalmente hidráulica, se compone de una chasis portador que recibe los órganos de transmisión y la corona de rodillos a la que va sujeta la torreta. La parte delantera de esta última soporta los equipos. El motor térmico, los conjuntos hidráulicos y el puesto de conducción también están sobre la torreta.

La potencia hidráulica la proporciona la bomba. Esta, arrastrada por el motor térmico dirige el fluido hidráulico hacia los distribuidores. Al accionar el conductor las palancas de mando, los distribuidores dirigen el fluido hacia los diferentes gatos o motores.

Un circuito de refrigeración compuesto de una bomba de circulación y de un refrigerador ventilado independiente, mantiene el fluido a la temperatura normal de funcionamiento.

En el Anexo 6 se detalla las partes de la excavadora de orugas, destacando, la torreta, los motores (hidráulico de rotación, hidráulico de traslación y térmico), bomba hidráulica, circuito hidráulico, chasis, etc.

La excavadora de orugas presenta seis modelos: 60CL, 75 CL, 90 CL, 90ck, 115 CL y 160 ck. Destaca el modelo 90 ck, que tiene las siguientes características.

TORRETA

Armazón

Estructura mecanosoldada : 8.1 t.

Masa de torreta

Amplios pasillos antedeshlizantes

Capotaje isonorizado de acuerdo con las normas vigentes.

Orientación

Un motor hidráulico con toma directa sobre la corona de orientación

Frenado opcional

Par 3350 m daN

Velocidad de rotación de la torreta 6.1 rpm

Cabina

Desmontable, insonorizada

Parabrisas totalmente escamotable, sin ángulos muertos

Puertos y elevación de la cabina opcionales

Conducción

Mandos asistidos hidráulicamente

Equipo y rotación: 2 palancas

Desplazamiento: 2 pedales

Frenado hidráulico automático

Dos limpiaparabrisas de dos velocidades lavacrystales, calefacción y descongelación, luz de techo, encendedor.

Faros de trabajo: sobre torreta: 2 x 70w

Sobre los equipos: 2 x 70w

Seguridades

Para desplazamiento o transporte, bloqueo de la torreta desde la cabina.

En caso de parada del motor térmico, mando de bajada de los equipos al suelo.

Cristal de seguridad, claxon, intermitentes luminosos de señalización.

Protección cabina

Cinturón de seguridad.

Esferas indicadoras:

Temperatura motor, cuentahoras

Indicadores luminosos:

Presión de aceite, rotura de correa de la turbina de aspiración, carga de baterías, temperatura motor, comienzo de obstrucción de filtros de aceite y de aire motor.

- **CIRCUITO HIDRÁULICO**

- Circuito de caudal variable con independencia y simultaneidad de todas las funciones.

Presión de trabajo hasta: 320 bares

Presión máxima (esfuerzo, velocidad reducida y precisión): 400

bares

Caudal: 47 a 188 l/mm

Capacidad del depósito hidráulico; 165L

Capacidad total del circuito: 250L

- Empuje de los gatos:

Equipo retro

Pluma: 66,000 daN

Balancín; 52900 daN

Cuchara: 45400 daN

- Motores

Motores hidráulicos lentos de par elevado, autofrenado u Junta giratoria

- Junta giratoria
Autolubricada

- **MOTOR**

Número de motores 1 Motor DEUTZ: F6L912

Potencial total SAE a 2800 rpm: 95,7 KW (130Ccb)

Diesel 4 tiempos

Cilindrada: 5652 cm³

Diámetro. 100 mm

Carrera: 120 mm

Refrigeración: por aire

Arranque por baterías 2 baterías de 12 Volt = 24 V: 160 A/h

- **CHASIS**

- **Estructura**

Tipo tractor con elementos meanosoldados: 2

2 rodillos de engrase permanente: Rodillo Superior 4

Rodillo Inferior 14

5.4. PLANEAMIENTO DEL MANTENIMIENTO

5.4.1. VISION

La empresa CICSA por la posición de liderazgo que tiene en su sector, conoce los retos que implica la globalización de la economía y por lo tanto es muy importante cultivar una visión sistemática, donde todos los agentes que integran el proceso de mantenimiento busquen maximizar sus resultados: mayor productividad, disminución de paradas de maquina, mayor

disponibilidad de las instalaciones y servicio, aumento de la seguridad y la protección del medio ambiente, mejora de la calidad de los servicios y una sustancial disminución de los costos de mantenimiento.

En este contexto, es necesario que MANTENIMIENTO asuma un papel proactivo para llegar a ser un ente integrador para hacer frente a la competitividad.

De ahí que la dirección de la empresa asume el compromiso pleno de apoyar la implementación del sistema de mantenimiento, lo cual implica:

- Compromiso con el funcionamiento del mantenimiento.
- Compromiso ético.
- Compromiso presupuestal
- Compromiso organizacional.
- Compromiso funcional
- Compromiso de la asignación de los recursos necesarios
- Compromiso del respeto al personal
- Compromiso de planeamiento

5.4.2. MISIÓN DE LA EMPRESA

El propósito de la función de mantenimiento es conservar las funciones de los equipos de movimiento de tierras a lo largo de sus vidas tecnológicamente útiles:

- Para la satisfacción de sus propietarios, de sus usuarios y de su sociedad en su conjunto. Los propietarios están satisfechos si cada máquina genera un retorno satisfactorio de la inversión que hizo al adquirirlos, los usuarios (normalmente los operadores) están satisfechos si cada máquina continúa funcionando perfectamente para

hacer su función específica. Finalmente la sociedad en su conjunto esta satisfecha si los equipos no fallan de manera que amenacen el medio ambiente.

- Seleccionando y aplicando las técnicas mas rentables y utilizando los recursos que se necesiten (personas, repuestos y herramientas)
- Administrando las fallas y sus consecuencias eligiendo las opciones correctas del total de la serie de opciones.
- Logrando el apoyo activo de todas las personas involucradas Hay que reconocer que el mantenimiento depende de las personas, no solo de los mantenedores, sino de los operadores diseñadores y vendedores.

Es necesario reconocer la necesidad de crear un ambiente donde todos estén involucrados con los recursos teniendo un entendimiento común y correcto de lo que necesita hacer.

5.4.3. VALORES CULTURALES Y POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO

- Garantía: Expresando en cada servicio de mantenimiento a la maquinaria pesada.
- Eficiencia: Cumpliendo eficiente de los servicios de mantenimiento.
- Identificación: Motivar el sentido de pertenencia del trabajador, por laborar en una empresa de amplio reconocimiento.
- Confianza: Reconocida por los operadores de la maquina al confiar en los mecánicos de la empresa.

5.4.4. PERIODICIDAD DE MANTENIMIENTO

De acuerdo a las recomendaciones del fabricante de la excavadora tomamos las frecuencias de los mantenimientos a realizar y que son cada 10, 50, 100, 500, 1000 y 2000 horas, las cuales están resumidas en el cuadro 5.4. y 5.5

El sistema de mantenimiento esta referido a una maquina que trabaja en promedio 10 horas diarias equivalente a 50 horas semanales y que en promedio anualmente opera 2000 horas.

El ciclo de vida de los equipos de movimientos de tierras es de 5 años o 10 000 horas de operación según CAPECO 1997 (Ing. Ramos Salazar Jesús) es el órgano que representa al sector Construcción en el Perú, coincide con renombrados técnicos del tema por lo que asumimos como dato confiable.

Nosotros de acuerdo a nuestra experiencia hemos comprobado el tiempo promedio es de 8500 horas siempre y cuando se cumplan con los mantenimientos recomendados por el fabricante y ajustes que se hagan en el programa para mejorar la confiabilidad.

5.4.5 SECUENCIA Y FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO

La secuencia operativa del mantenimiento preventivo de una máquina se debe iniciar con la identificación y ubicación de la máquina y continua con el proceso tal como se grafica en la figura 5.3.

CUADRO 5.4

ACTIVIDADES DE TMP PARA LA EXCAVADORA (RESPONSABLE DE EJECUCIÓN: EL OPERADOR)	FRECUENCIA DEL MANTENIMIENTO					
	10h	50h	100h	200h	1000h	2000h
➤ Limpieza general de la máquina	X					
➤ Engrase de articulaciones y pivotes del cucharón	X					
➤ Engrase de articulaciones de balancín		X				
➤ Engrase de la casona de orientación		X				
➤ Engrase de acoplamiento motor/bomba		X				
➤ Limpieza (sopleteo) de los filtro de aire del motor		X				
➤ Verificación del nivel de aceite del motor	X					
➤ Cambio de aceite del motor diesel				X		
➤ Reemplazo de filtros de aceite y de combustible del motor				X		
➤ Revisión y mantenimiento de baterías(2) 12V 160 amp/hora		X				
➤ Limpieza de las aletas de refrigeración del motor		X				
➤ Reemplazo de años del cucharón excavador		X				
➤ Limpieza del filtro de sombra de alimentación de combustible		X				
➤ Limpieza comparador de polvo filtro de aire						
➤ Limpieza filtro de aspiración depósito hidráulico		X	X			
➤ Reglaje de tensión de correos de ventilador de motor			X			
➤ Limpieza de refrigerador hidráulico				X		
➤ Pruebas de estanqueidad de los gatos hidráulicos				X		
➤ Cheques y/o reemplazo de acumulador hidroneumético			X			
➤ Aprietes de pernos necesarios	X	X				
➤ Verificación nivel de aceite hidráulico			X			
➤ Verificación de fugas de lubricantes y anomalías	X					

CUADRO 5.5
PERIODICIDAD DE MANTENIMIENTO

NIVEL

Aceite motor térmico.....
 Fluído hidráulico.....
 Reductores de traslación.....
 Baterías.....

ENGRASE

Corona de orientación.....
 Dentado corona de orientación.....
 Compresor de claxon.....
 Acoplamiento motor bomba (específico 115).....
 Equipos.....

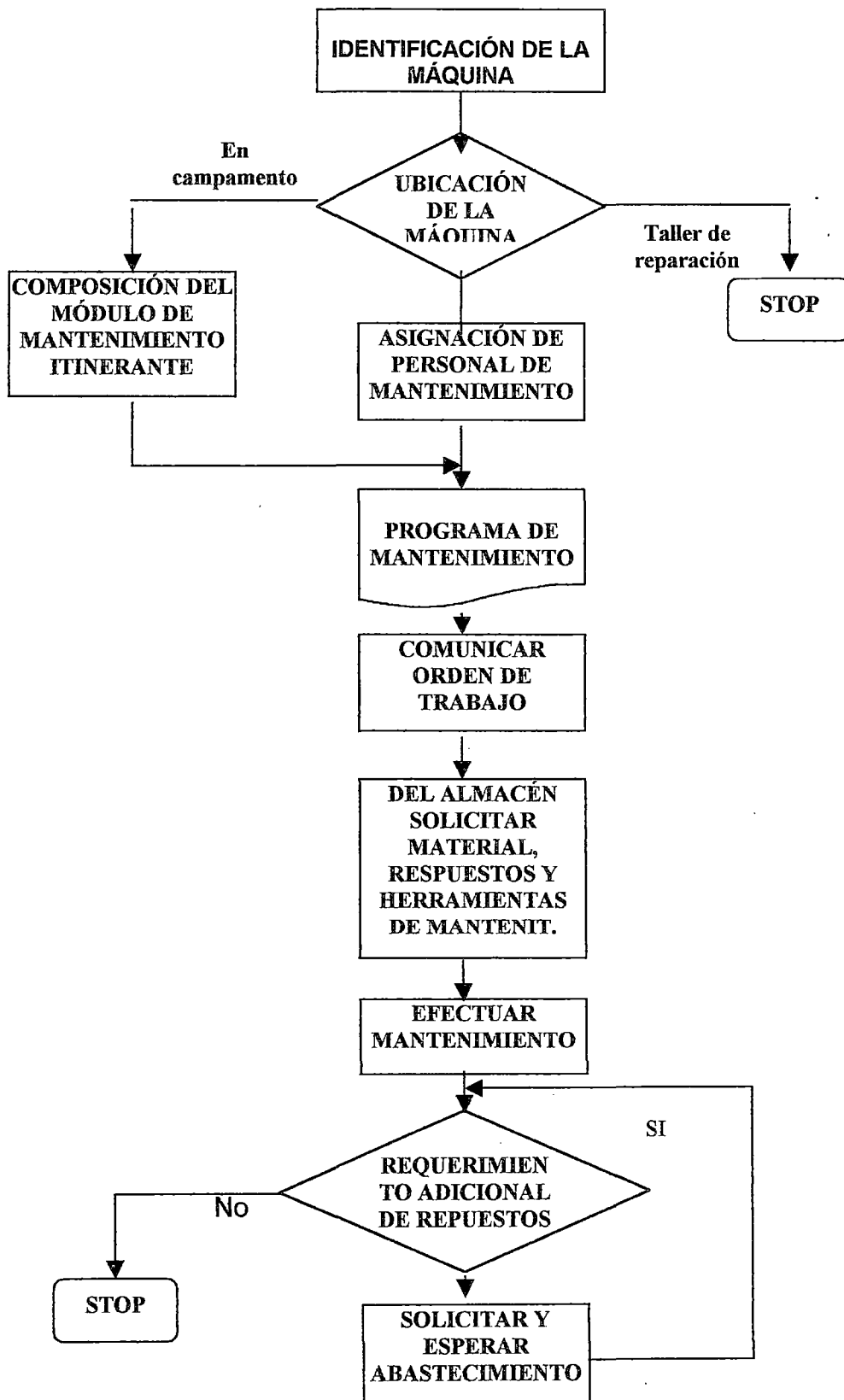
CAMBIO DE ACEITE

Aceite motor térmico.....
 Circuito hidráulico completo.....
 Reductores de traslación.....

OTROS MANTENIMIENTOS

Sustitución filtro de aceite motor.....
 Limpieza aletas de refrigeración.....
 Reglaje juego de balancines.....
 Sustitución filtro de combustible.....
 Limpieza filtro bomba de alimentación.....
 Inyectores.....
 Bomba de inyección.....
 Limpieza recuperación de polvo filtro de aceite.....
 Filtro de aspiración depósito hidráulico.....
 Filtro tapón respiradero.....
 Tensión de correas.....
 Refrigerador hidráulico.....
 Acumulador hidroneumático.....
 Tensión de orugas.....
 Baterías.....
 Motor de arranque - Teletermómetro.....
 Alternador.....

	10 h	50 h	100 h	200 h	1000 h	2000 h
Aceite motor térmico.....	●					
Fluído hidráulico.....	○					
Reductores de traslación.....				◆		
Baterías.....			●			
Corona de orientación.....		▲				
Dentado corona de orientación.....		■				
Compresor de claxon.....			●			
Acoplamiento motor bomba (específico 115).....				▲		
Equipos.....	▲					
Aceite motor térmico.....				●		
Circuito hidráulico completo.....						○
Reductores de traslación.....						◆
Sustitución filtro de aceite motor.....				●		
Limpieza aletas de refrigeración.....			●	●		
Reglaje juego de balancines.....				●		
Sustitución filtro de combustible.....			●			
Limpieza filtro bomba de alimentación.....	●					
Inyectores.....				●		
Bomba de inyección.....				●	●	
Limpieza recuperación de polvo filtro de aceite.....				●		
Filtro de aspiración depósito hidráulico.....					●	
Filtro tapón respiradero.....					●	
Tensión de correas.....			●		●	
Refrigerador hidráulico.....			●		●	
Acumulador hidroneumático.....			●		●	
Tensión de orugas.....					●	
Baterías.....				●		
Motor de arranque - Teletermómetro.....					●	
Alternador.....					●	

FIGURA 5.3.**SECUENCIA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

La frecuencia del mantenimiento preventivo en función a las horas operativas de la máquina se estipula en la figura. 5.4

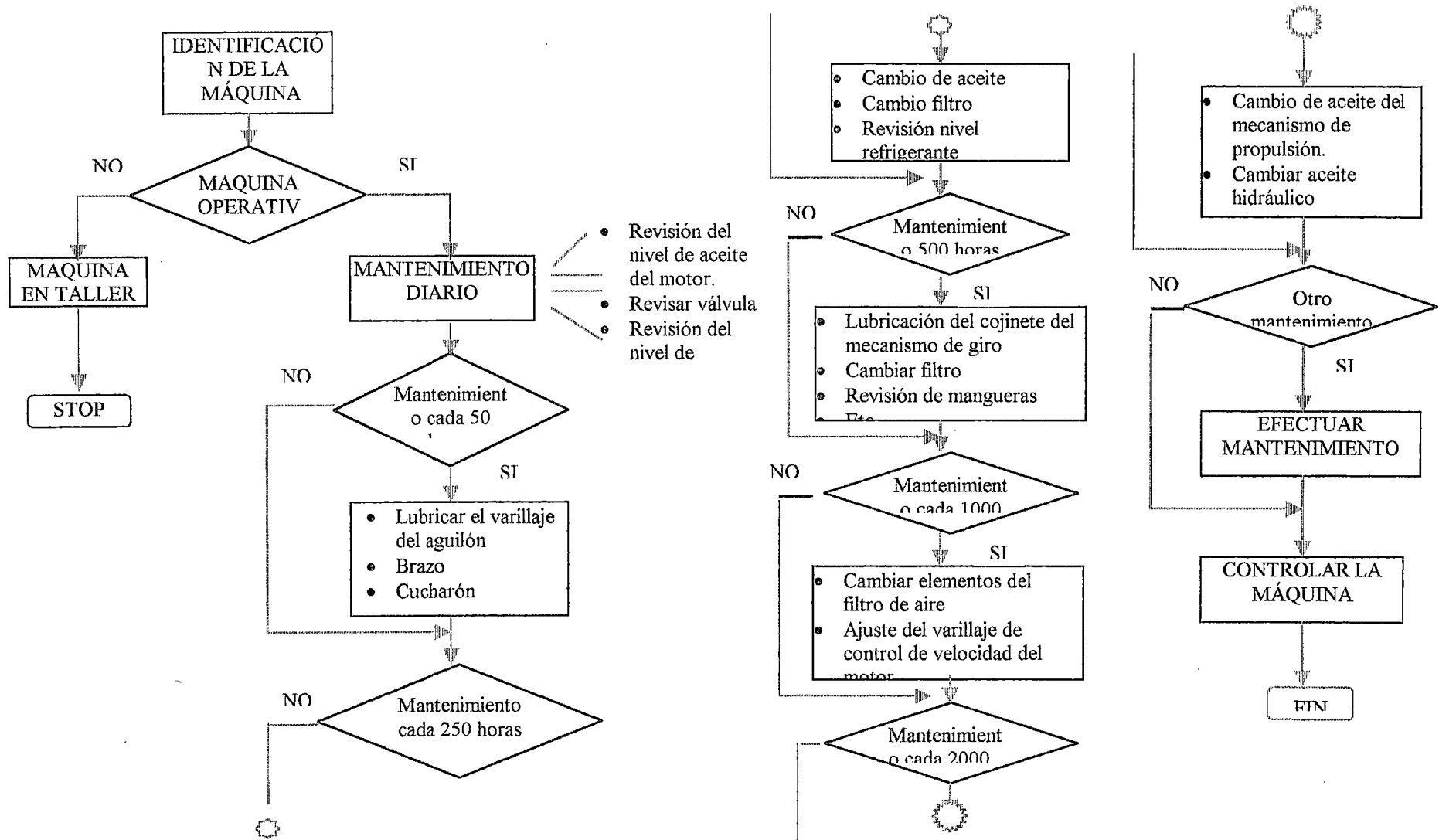
5.4.6 PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO

5.4.6.1 PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO ACTUAL

La programación del mantenimiento actual se caracteriza por:

- No existir una programación tal como debe ser, pues, ésta se limita hacer el mantenimiento de rutina diaria, que consiste en la lubricación y engrasado de las partes más esenciales.
- Para este mantenimiento sólo se cuenta con un ayudante de mecánica que se desplaza hacia la maquinaria que está en los campamentos.
- El mantenimiento preventivo no se dá adecuadamente, dado que el ingeniero de campo, encargado de las obras fuerza la máquina a que trabaje lo cual determina que ésta se vaya deteriorando aceleradamente por falta de mantenimiento y de reparación oportuna.
- La reparación de ésta maquinaria se da cuando la falla ya no permite que la máquina opere.
- La programación para el mantenimiento actual se tiene en el cuadro 5.6., que se limita hacer la programación que existe en los manuales.

FIGURA 5.4.
FRECUENCIA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO



- Otro aspecto de la programación de mantenimiento actual es que, no se conoce cuales son las fallas más frecuentes, no existen reportes de la frecuencia de las fallas ni los tiempos promedios de reparación.
- Cabe señalar que el mantenimiento rutinario, el que se hace cada 10 horas, es realizado por el maquinista. Y los mantenimientos de 50, 100 y 250 horas los realiza el mecánico con la participación del operario de la máquina.

5.4.6.2 PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROPUESTO.

Para la programación del mantenimiento preventivo para un pool de máquinas pesadas, se establecen los siguientes parámetros:

- **OBRA:** Reemplazo de 5.58 Km de tubería de agua y desagüe en el proyecto de Puruchuco en los distritos de Ate-Vitarte y La Molina en la provincia de Lima
- **DURACIÓN:** 8 meses (octubre 1998 a Mayo 1999)
- **MAQUINARIA:**
 - 4 retroexcavadoras (2 de oruga y 2 de llantas)
 - 2 cargadores frontales

- 2 tractores (1 lampon y 1 de pluma lateral).
 - 3 volquetes propios y 8 volquetes alquilados
 - 1 grúa pluma
 - 2 compresoras neumáticas.
 - 1 camión concretero
 - 1 mezcladora portátil
 - 3 rodillos vibradores y vibropisonadores
 - 2 camiones cisternas
 - 2 grupos electrógenos
 - 2 camiones
 - 1 motoniveladora
 - 3 camiones pick up
- Teniendo en cuenta que las máquinas trabajan en promedio 10 horas diarias, de lunes a sábado; en los 8 meses que dura la obra en referencia, se tiene las siguientes horas de trabajo.

Período	Nº de días	Nº de horas
1 día	1	10
1 semana	6	60
1 mes	25.2 (*)	252
8 meses	202	2016

** Los días laborales del período de la obra (enero-agosto del 2001), son 202 días, es decir, 25.2 días por mes ($200/8 = 25.2$)*

- En las 2016 horas de trabajo que dura la ejecución de la obra, se realizaron el siguiente número de mantenimientos preventivos:

Período de mantenimiento (horas)	N° de Mantenimientos
10	202
50	40
100	20
250	8
500	4
600	3
800	3
1000	2
2000	1

- El mantenimiento preventivo se realiza cuando la máquina está parada o sin operar, es decir, del final de sus operaciones diarias y el inicio de las labores del día siguiente.
- Se cuenta con el siguiente personal disponible:

Código	Descripción
M1	Mecánico 1
M2	Mecánico 2
M3	Mecánico 3
M4	Mecánico 4
E	Electricista
S1	Soldador 1
S2	Soldador 2
A1	Ayudante 1
A2	Ayudante 2
A3	Ayudante 3
O1	Operador 1
O2	Operador 2
X	Almacenero

En el cuadro 5.7 se identifican las fallas de mayor frecuencia su tiempo promedio, el tiempo de reparación y el personal que participa en la reparación de estas fallas.

El procedimiento para confecciona este cuadro fue el siguiente:

Como los equipos tienen un promedio de vida acumulada de 5000 horas, el tiempo promedio de la falla lo rescatamos de los manuales de mantenimiento de las máquinas (**información de los fabricantes**) que son datos confiables, y los tiempos de reparación si se tuvo que realizar pacientemente con los técnicos en el mantenimiento rutinario de la empresa, lo cual nos tomó aproximadamente 120 días. Los servicios especiales como los de carrilería, pines, bocinas y cadenas; así como también los servicios de bomba de inyección del motor diesel se tomo información de los talleres especializados en estos rubros

CUADRO 5.7

TIEMPO PROMEDIO DE FALLAS Y TIEMPO DE REPARACIÓN POR MÁQUINA

FALLAS DE MAYOR FRECUENCIA	MAQUINA	TIEMPO MEDIO ENTRE MANTENIMIENTO (Horas)	TIEMPO DE REPARACIÓN (Horas)	INTERVENCIÓN DE MANO DE OBRA (2)
Cambio de filtro de aire	EVC	250	0.166	O
Cambio de filtro de aceite motor	EVC	250	1.500	M,O
Cambio de filtro de combustible	EVC	250	0.250	M,O
Cambio de filtro de transmisión	EVC	250	0.250	M,O
Cambio de filtro de carga de combustible	EVC	250	0.250	M
Cambio de filtro hidráulico	EVC	500	4.000	M,O
Cambio de filtro de respiradero	EC	500	0.166	O
Cambio de cadenas (3)	E	5000	80.000	M,O,2A
Eslabón maestro lado derecho/izquierdo	E	1000	8.000	M,O,A
Reparar las uñas del lampón	C	250	6.000	S,O,A
Reparar las contoneras de los extremos	EC	100	8.000	S,A
Cambiar las fajas del ventilador	EVC	500	0.250	M
Revisar y reparar todo el sistema del ventilador	EVC	500	6.000	M,O
Rellenar las uñas del cucharón	E	50	4.000	S,A
Cambio de las uñas del cucharón	E	250	0.050	O,A
Cambio de la bomba de agua del motor	EVC	500	6.000	M,O
Cambio de la bomba auxiliar, alimentación del combustible	EVC	500	1.000	M,O
Limpieza a la bomba de inyección	ECV	10	0.500	M,O
Engrase y lubricación	EC	250	0.500	O,A
Cambio de aceite de motor	ECV	250	1.500	O,M
Limpieza de aletas de refrigeración de motor	EC	100	0.750	O,A
Limpieza de recuperador de polvo de filtro de aire	EC	200	0.166	M,O
Regulación de balancines de motor	ECV	500	2.500	M,O
Limpieza del sistema de alimentación de combustible	ECV	250	1.500	M,O,A
Cambio de manguera hidráulica	EC	600	2.250	M,O,A
Servicio de cambio de retenes/acelos de botellas hidráulica	EC	800	16.000	M,O,A
Cambio de aceite de reductores finales y transmisión y filtro	EC	1000	20.000	M,O,A
Cambio de aceite de caja de cambio de transmisión	EVC	500	6.000	M,O,A
Cambio de aceite hidráulico total	EVC	2000	24.000	M,O,A
Templado de cadena de orugas	E	200	1.500	M,O,A
Apriete de pernos de carrilería	E	100	2.000	O,A
Servicio de inyectores de combustible	EVC	1000	16.000	M,Serv
Mantenimiento de bomba de inyección de combustible	EVC	2000	60.000	M,Serv
Revisar el refrigerador hidráulico	E	100	0.166	M,O
Carga acumulador hidrométrico	E	1000	6.000	M,Serv
Cambio de ordaja de ruedas	VC	1000	6.000	M,O
Soldadura y reforzamiento de tolva	V	500	16.000	S,O,A
Soldadura tubos de escape y silenciadores	EVC	600	3.000	S,O
Mantenimiento jinetes universales de transmisión	CV	800	6.000	M,O
Mantenimiento llanta (parche neumático)	CV	200	2.500	M,O
Limpieza del tanque de combustible	EVC	400	8.000	M,O
Engrase de articulaciones cucharón/balancín/pluma	EC	10	0.333	O,A
Engrase acoplamiento motor/bomba	EC	200	0.083	O,A
Engrase de corona de orientación	E	500	0.250	O,A
Mantenimiento alternador	EVC	1000	6.000	M
Mantenimiento motor de arranque	EVC	1000	6.000	M
Mantenimiento de baterías	EVC	2000	0.166	E,A
Cambio de llantas.	CV	2000	6.000	O,A

(1) MAQUINA: E = Excavadora V= volquete C = cargador frontal

(2) MANO DE OBRA: O = Operador M = Mecánico A = Ayudante S = Soldador E= Electricista

(3) Cuando la máquina, trabaja en terreno corrosivo (como en arena), el cambio de cadena es alrededor de las 3000 horas, pero en otros terrenos estables el cambio es de 5000 a 6000 horas. Para el cambio de zapata es necesario una parada preventiva. Esta es una reparación realizada por servicios de terceros.

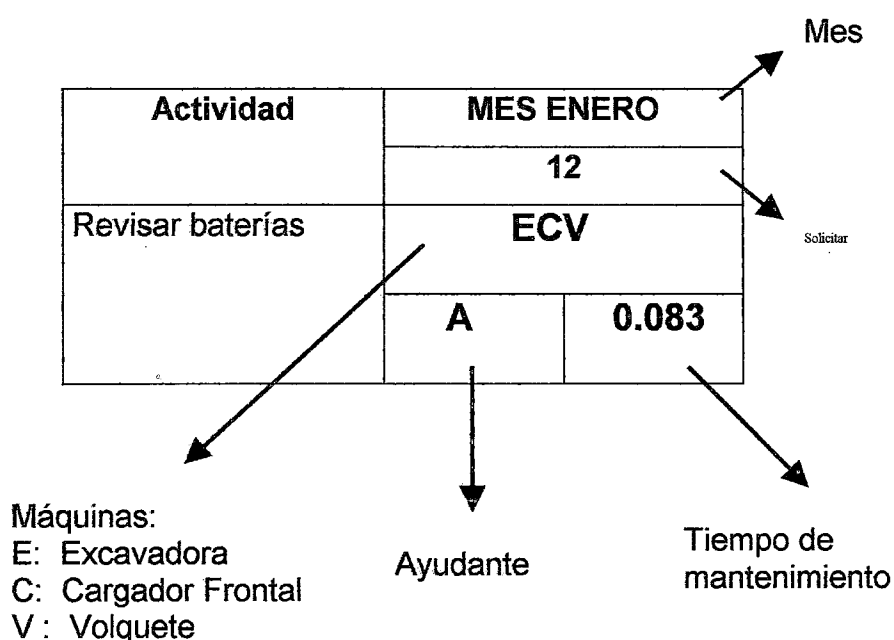
Fuente: Archivo de las guías de remisión del departamento de mantenimiento, cuaderno de máquina

Elaboración: Autor del estudio.

como son: SISTEMAS DE RODAMIENTOS EIRL., AUTOSERVICIOS ELECTRICOS GENERALES (Empresas confiables de Primer Nivel)

La programación mensual de mantenimiento preventivo propuesto en el presente estudio se detalla en el cuadro 5.8, donde se identifica la actividad, es decir la falla y/o reparación que se va a efectuar en el horizonte del planeamiento; además se señala el personal que participa en el mantenimiento y el tiempo promedio que se emplea en realizar esta actividad.

A fin de explicar esta programación tenemos el siguiente recuadro:



CUADRO 5.8

PROGRAMACIÓN MENSUAL DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROPUESTO DE UNA EXCAVADORA (E), CARGADOR FRONTAL (C) Y VOLQUETE (V), ENERO - AGOSTO 2001

PERIODICIDAD (Horas)	ACTIVIDAD	MES DE ENERO															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
10	Revisión del nivel del aceite del motor		ECV	ECV	ECV	ECV	ECV		ECV	ECV	ECV	ECV	ECV	ECV			
		O,A	0,083	O,A	0,083	O,A	0,083	O,A	0,083	O,A	0,083	O,A	0,083	O,A	0,083	O,A	0,083
	Revisión de la válvula de descargue		ECV	ECV	ECV	ECV	ECV		ECV	ECV	ECV	ECV	ECV	ECV			
		O,A	0,083	O,A	0,083	O,A	0,083	O,A	0,083	O,A	0,083	O,A	0,083	O,A	0,083	O,A	0,083
	Revisión del nivel del refrigerante		ECV	ECV	ECV	ECV	ECV		ECV	ECV	ECV	ECV	ECV	ECV			
		O,A	0,083	O,A	0,083	O,A	0,083	O,A	0,083	O,A	0,083	O,A	0,083	O,A	0,083	O,A	0,083
	Revisión del nivel del aceite hidráulico		ECV	ECV	ECV	ECV	ECV		ECV	ECV	ECV	ECV	ECV	ECV			
		O,A	0,083	O,A	0,083	O,A	0,083	O,A	0,083	O,A	0,083	O,A	0,083	O,A	0,083	O,A	0,083
Limpeza de la bomba de inyección		EC	EC	EC	EC	EC		EC	EC	EC	EC	EC	EC				
	O,A	0,5	O,A	0,5	O,A	0,5	O,A	0,5	O,A	0,5	O,A	0,5	O,A	0,5	O,A	0,5	
Engrase de articulaciones cucharón/balancín/pluma		EC	EC	EC	EC	EC		EC	EC	EC	EC	EC	EC				
	O,A	0,333	O,A	0,333	O,A	0,333	O,A	0,333	O,A	0,333	O,A	0,333	O,A	0,333	O,A	0,333	
Limpeza de recuperador del polvo del filtro de aire		EC	EC	EC	EC	EC		EC	EC	EC	EC	EC	EC				
	O,A	0,166	O,A	0,166	O,A	0,166	O,A	0,166	O,A	0,166	O,A	0,166	O,A	0,166	O,A	0,166	
50	Rellenar las uñas del cucharón							E							E		
								S,A	4						S,A	4	
	Lubricar el varillaje del aguilón, brazo y cucharón							E							E		
								A,O	1						A,O	1	
	Engrase de la corona de orientación							E							E		
							A,O	0,25						A,O	0,25		
Engrase del dentado de la corona de orientación							E							E			
							A,O	0,25						A,O	0,25		
100	Revisar baterías														ECV		
															A	0,083	
	Engrasar compresor de claxón														ECV		
															M	0,6	
	Limpeza aletas de refrigeración del motor														EC		
															A,O	0,75	
	Sustitución de filtro de bomba de alimentación														EC		
															M,A	0,5	
	Revisar tensión de correas														EC		
															M,A	0,33	
Revisar refrigeración hidráulica														EC			
														M,A	0,33		
Revisar acumulador hidroneumático														EC			
														M,A	0,33		
Revisar las conteneras de los extremos														EC			
														S,A	8,0		
Apriete de pernos de carrilería														E			
														A,O	2,0		

5.4.6.3 RECURSOS

Taller

En el taller actual se debe construir un ambiente al costado de la Herrería-, para taller de mecánica de contingencias es decir, un área donde estén disponibles las herramientas y equipos de mecánica que se deben llevar para atender los requerimientos de mantenimiento de las máquinas acantonadas en los campamentos

Mano de Obra

Se requerirá de la siguiente mano de obra:

- Seis mecánicos, dos de los cuales deben estar disponibles para el mantenimiento de las máquinas en los campamentos.
- Dos electricistas
- Dos soldadores
- 5 ayudantes, dos de los cuales deben estar disponibles para atender los servicios de mantenimiento de las máquinas de los campamentos.
- Un almacenero
- Un chofer

5.4.6.4 EVALUACION DE LA CONFIABILIDAD EN CICSA:

La información que presentamos a continuación, fueron hechas por el autor de esta tesis en práctica física de hacer el mantenimiento de la compañía en mención por el personal técnico (mecánicos, soldadores, operadores y ayudantes).

Utilizando herramientas del Mantenimiento Predictivo (MPd), se hizo el análisis espectrográfico de aceite del motor de la excavadora, servicio hecho por la compañía Penzoi (Servicio gratuito post venta del lubricante), lo cual dio la información que permitió alargar las horas de periodicidad de los cambios de aceite dentro de las primeras 3000 horas.

En cuanto a la recuperación y prolongación de vida de las uñas de los cucharones se realizaron en la maestranza de CICSA y con el personal de soldadura; al inicio se conto con el asesoramiento técnico de la marca FONTARGEN que comercializa la soldadura CITODUR 1000 que empleamos en el revestimiento.

La confiabilidad se define como la probabilidad que un equipo no falle, es decir, 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 e fin y con la carga para la que fue diseñada.

Conforme un equipo esta operando, su confiabilidad disminuye es decir aumenta la probabilidad de que falle y justamente aquí entra a funcionar las rutinas de mantenimiento planificado que tiene la misión e diagnosticar y reestablecer la confiabilidad perdida.

De acuerdo a las recomendaciones del fabricante de los equipos y la experiencia en el mantenimiento de los mismos en la Cía de estudio, podemos concluir que para mejorar la CONFIABILIDAD y obtener ahorros recomendamos los siguientes cambios en la política de mantenimiento:

1. Uniformizar una sola marca de equipo en las compras futuras para facilitar su maniobrabilidad en cuanto a mantenimiento (conocimientos técnicos, tipo de herramientas, logística, capacitación de personal, etc).
2. Interiorizar el operador y equipo técnico su sentido de pertenencia con el equipo, para así, sentirse dueños y operar y mantenerlos a su mejor condición.
3. En lo referente al mantenimiento de motor:
 - a. En los servicios de cambio de aceite y filtro (de aceite, combustible y aire durante las primeros 3000 horas de vida prolongar los intervalos de 200 a 300 horas, ya que se comprobó que el aceite y los filtros duraron satisfactoriamente su calidad de función, ahorrándose en este período un 9.5% en insumos a lo largo de un ciclo de vida (10,000 horas).

Las técnicas de confiabilidad también se aplican a los bienes de capital que es en este caso los equipos de movimiento de tierras; el hecho de cuantificarlo convierte a la confiabilidad en un parámetro de diseño.

Entonces la confiabilidad se puede someter a especificación y verificación. Para productos que se pueden reparar **el tiempo medio entre mantenimientos TMEM** es una **característica crítica**.

Analizando el motor de una excavadora en cuanto a los servicios de cambio de aceite, vemos que la tasa de fallas es prácticamente constante por lo que, **la distribución del tiempo entre fallas es exponencial**.

La fórmula exponencial para la confiabilidad, cuando la tasa de fallas es constante, la probabilidad de sobrevivir (o confiabilidad) es:

$$P_s = R = e^{-t/\mu}$$

$P_s = R$ = Probabilidad de operar sin fallas durante un periodo igual o mayor que t

$$e = 2.718$$

$$t = \text{Tiempo medio entre mantenimiento (TMEM) horas}$$

$$\mu = \text{Tiempo medio entre fallos (TEF) (vida en un motor) horas.}$$

Para nuestro caso tenemos el TMEM = 200 horas /300 horas.

$$\mu = 10,000 \text{ horas}$$

$$\text{Tenemos : } R_1 = e^{-t/\mu}$$

$$R_1 = e^{-200/10,000} = e^{-0.02} = 0,9802 \quad 98,01\% \text{ de confiabilidad}$$

$$R_2 = e^{-300/10,000} = e^{-0.03} = 0,9704 \quad 97,04 \quad \% \quad \text{de} \\ \text{confiabilidad}$$

Vemos que la aplicación de la fórmula de confiabilidad a nuestra data difiere, en que cuando aumentamos el TMEM en 100 la confiabilidad disminuye en un punto porcentual. Por otro lado en la práctica ayudados con el MPd (análisis espectrográfico de aceite) nos dice que cuando un motor es nuevo podemos desfasar los intervalos de cambio de aceite en 100 horas hasta que cumplan las primeras 3, 000 horas de operación. Esto es lógico porque los componentes son nuevos y no hay desgaste significativo en sus elementos, por otra parte los fabricantes también se protegen al dar excesivas recomendaciones de MP para garantizar y mantener imagen de su producto. Nosotros optamos por aplicar las recomendaciones del MPd dentro de las primeras 3,000 horas de operación.

La fórmula de la confiabilidad nos da un mayor sobrevivencia, cuando acortamos el TMEM

Por ejemplo:

TMEM = 100 horas

$$R = e^{-100/10,000} = e^{-0,01} = 0,9900 \quad 99,00\% \quad \text{de confiabilidad}$$

Luego de las 3000 horas, seguir estrictamente las recomendaciones del fabricante.

La decisión de ampliar la frecuencia del reemplazo del lubricante de 200 a 300 horas fué por lo siguiente :

CICSA S.A. esta asistido por el personal técnico de la compañía Ferreyros y el apoyo sistemático de su Laboratorio de Análisis de Lubricantes, los cuales nos reportan cada 10 días en promedio, los resultados de las muestras enviadas de cada componente de un determinado equipo; tal es así que, pudimos comprobar haciendo el seguimiento a un equipo nuevo con 0 (cero) horas de operación.

Se comprobó en el motor que el aceite del carter duraba en condiciones normales hasta 350 horas (sin ninguna contaminación ni pérdida de viscosidad) por lo cual alargamos la frecuencia a cada 300 horas por seguridad; y llegaba hasta 4,000 horas de operación, en la cual el reporte de análisis de aceite avisaba que empezaba a perder sus propiedades el lubricante, por lo cual decidimos en cerrar en 3,000 horas como límite para esta frecuencia especial.

Luego retornabamos a las recomendaciones del fabricante, siempre contando con el análisis de aceite.

Los lubricantes tienen un rol relevante en esta tarea. El aceite lubricante tiene además de la función de proteger los principales componentes de la maquinaria, la responsabilidad de remover los contaminantes y transportarlos para que puedan ser retenidos por el filtro. Esto lo convierte en un vehículo de información acerca de la presencia de estos contaminantes que son causa de falla (Proactivo) y también nos informa de la presencia de rebabas del desgaste de la maquina diaria (Predictivo).

El análisis de aceite es una técnica simple que proporciona gran información al profesional de mantenimiento con respecto a:

- La salud del lubricante (Proactivo)
- Contaminación del lubricante (Proactivo)
- Desgaste de la maquinaria (Predictivo)

Adicionalmente, con la información que proporciona el análisis de aceite es posible efectuar el cambio de lubricante basado en su condición y no sobre la base del tiempo (como actualmente se programa).

El establecimiento de una selección de pruebas de análisis espectrográfico efectuadas en sitio rutinariamente y pruebas por excepción, disparadas por las pruebas de rutina es una estrategia que permite **incrementar la confiabilidad de la maquinaria**. El nuevo enfoque de esta ya tradicional herramienta le permitirá explotar todo su potencial y tomar su lugar como una de las más simples y poderosas.

- b. Sistema eléctrico: tener en "stand by" 1 (uno) alternador y 1 (uno) arrancador de motor, porque cuando le toque el servicio programado, la máquina no estará parada 8 horas (tiempo que demora su servicio de mantenimiento) sino solo 0.5 que es el tiempo que toma reemplazarlo por el disponible. Aquí tendríamos un ahorro de 7.5 horas por cada servicio y a lo largo de su vida útil tendríamos una disponibilidad adicional de 1 50 horas de operación lo cual nos representa US\$ 8700.
- c. Overhaul del motor, considerando que tenemos 10 retroexcavadoras y 3 cargadores frontales de la misma marca y

potencia de motor, se justifica plenamente tener un "stand by" un motor completo nuevo o reparado íntegramente disponible para reemplazar cuando toca un overhaul de motor a uno de estos equipos.

Teniendo en cuenta que una reparación general de motor demora 30 días y sabemos que diariamente opera 10 horas tenemos 300 horas de maquina paralizada.

Por otro lado si tenemos 1 motor disponible, el tiempo que tomaría en desmontar el usado, montar el nuevo, hacer pruebas respectivas y ponerlo en operación sería de 5 días, o sea de 50 horas, que, comparado con la reparación tenemos un ahorro de 250 horas de operación y considerando el alquiler a \$58/hora nos dá un ahorro de US\$1 4500.=

Además sabemos que un motor nuevo cuesta US\$23000, esta propuesta se paga solo en 2 overhaul considerando que tenemos 13 maquinas idénticas.

- d) Sistema hidráulico; el acumulador hidroneumático, recomendamos tener un stock (el operador) 1 acumulador cargado a la presión de 5.5 bar. Además de un manómetro para chequear cada/50 horas la presión del mismo y así reemplazarlo oportunamente. Inmediatamente enviar a cargar con N₂ el hidroneumático para tenerlo nuevamente disponible.

Cuando el acumulador hidroneumático está por debajo de 5.5 bar, empieza a romper mangueras y cañerías hidráulicas.

- e. Uñas del cucharón excavador:

Un juego de 5 uñas del cucharón excavador trabajando en condiciones normales tiene una vida útil de 50 horas (1 semana) al término del cual hay que reemplazarlo o hacerle un mantenimiento (recuperación y revestimiento con soldadura especial) que nos toma 5 horas.

PEPUESTO (UÑA)	COSTO UNITARIO (\$)	DURACIÓN HORAS	COSTO HORARIO (\$/HR)	AHORRO HORARIO (\$)
ORIGINAL	46.00	50	0.92	0
Con revestimiento especial de soldadura CITODUR 1000	70.00	125	0.56	0.36

Vemos en el cuadro que la uña mejorada en comparación con la uña nueva original tiene una ventaja en ahorro de 0.36 US\$/h y considerando que el cucharón usa 5 uñas tendrán en ahorro anual de US\$3600 y US\$18000 en la vida económica del retroexcavador. Hay que considerar que una uña solo puede ser reconstruida 2 veces, luego del cual se descarta por otra nueva, ya que los trabajos de reconstrucción es sometidas a temperaturas altas donde se produce un reordenamiento molecular que cristaliza su estructura haciéndola frágil, por lo cual la descartamos luego de 2 reconstruidas.

Se considera que los trabajos de reconstrucción se realizan en la maestranza sin interferir las horas de operación de la maquina.

4. Recomiendo tener un mínimo de stock de repuestos con el operador en la máquina para garantizar la confiabilidad de la retroexcavadora.

- 2 juegos de uñas de cucharón
- 1 juego de correas de ventilador
- 1 juego de filtros de motor
- 5 mangueras hidráulicas estándar.
- 1 juego de herramientas para motor y sistema hidráulico.
- 1 acumulador hidroneumático
- 6 bombillas de 24 v.
- 1 gl. de aceite de motor
- 5 gls. de aceite hidráulico
- 1 juego de empaque de motor.

Además recomendamos que el operador siempre tenga un stock 2 juegos de uñas para cambiarlo c/50 horas, operación que le toma 5 minutos.

De lo visto anteriormente podemos aplicar el conocimiento de confiabilidad en forma práctica. Como las máquinas están compuestas por sistema, los sistemas por subsistemas, subsistemas por equipos, los equipos por componentes y así sucesivamente y todo ellos se comportan como eslabones con respecto el suministro de este, sólo tenemos que analizar cuales consideramos que están debajo de la confiabilidad esperada, debido al tipo y frecuencia de fallas que presentan, con el objeto de poner otro equipo (eslabón) o parte de

este para restaurar su confiabilidad. Esta operación se facilita utilizando el enfoque zoom (enfoco progresivo), el cual se aplica primero a los sistemas, tomando en cuenta el tipo de sistema, su fabricación; las recomendaciones del fabricante, el tipo, cantidad y frecuencia de fallas que ha tenido y, en fin todo aquello, que nos muestre en forma práctica la confiabilidad del sistema. Luego se pasa a los subsistemas y así sucesivamente.

Este nos demuestra que para **lograr una alta confiabilidad**, normalmente no es necesario duplicar máquinas completas, sino solamente parte o partes que muestran una baja confiabilidad.

Esta es la verdadera labor de las personas dedicadas al mantenimiento:

estar en primer lugar, analizando las quejas de los operadores a fin de corroborar si efectivamente existe alguna baja confiabilidad en una de los sistemas, subsistemas, equipos y componentes, que forman los eslabones de la cadena que proporciona la retroexcavadora y en segundo, dedicarse a la preservación derivada de los trabajos de mantenimiento.

El ciclo de vida de los equipos de movimientos de tierras es de 5 años ó 10,000 horas de operación; según CAPECO 1997 (Ing. Ramos Salazar Jesús) que es el órgano que representa al sector construcción en el Perú, coincide con renombrados técnicos del tema por lo que asumimos como dato confiable.

El tiempo medio entre fallas TMEF de un motor de una excavadora es 10,000 horas teórico y 8,500 horas en la vida real comprobado.

De acuerdo a nuestra experiencia en CICSA hemos comprobado que el tiempo promedio es de 8,500 horas siempre y cuando se cumplan con las periodicidades de mantenimiento recomendados por el fabricante y los ajuste que se hagan en el programa para así ir mejorando la confiabilidad de los equipos.

El tiempo promedio en la vida de una excavadora se obtuvo a lo largo de años de experiencia que tuve en el departamento de mantenimiento, de la compañía de referencia; una máquina al acumular en promedio este número de horas de vida presentaba las siguientes características:

- Motor descompresionado y los reportes de análisis de aceite indicaban la presencia de cobre (lo cual indicaba los metales de puños de biela y bancada del cigüeñal habían llegado al límite de desgaste) y baja sustancial de la presión de aceite del motor.
- Sistema hidráulico: Baja de la presión del sistema y como consecuencia baja de rendimiento; picadura en los vástagos de los émbolos, disminución del Φ interior de los cilindros de los gatos hidráulicos, presencia alta de desgaste en la bomba hidráulica (reporte del análisis de aceite).
- Sistema de tracción (Carrilería).

Llegaban al límite y algunos pasaban las tolerancias de desgaste de cadenas, las ruedas guías, sprocket y mandos fianles.

Todos estos desgastes nos daban la información que la vida útil de esta excavadora había llegado a su final.

5.5 SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

5.5.1. Seguridad para el maquinista (conductor)

Sean cuales sean las condiciones y los lugares de trabajo: obras privadas o dominio público, las medidas de seguridad que si imponen son las que corresponden a la reglamentación vigente en la profesión y en el país.

Las indicaciones dadas constituyen un resumen de las precauciones elementales que deben observarse:

- Exigir que no se encuentre nadie en los radios de acción del equipo y del contrapeso.
- Estar atento y vigilar la zona de evolución de la máquina frente de corte, posición de los camiones, resistencia del suelo y obstáculos vecinos.
- Hacerse guiar cuando, en trabajos particulares, no se ve la extremidad del equipo

- Rogar a los conductores que bajen de las cabinas de los camiones durante la carga, incluso si las cabinas van equipadas con dispositivos de protección.
- Cuando es posible, instalar la máquina sobre un suelo llano y bastante lejos de los bordes de las excavaciones.
- Si está el terreno inclinado hay que trabajar: con el equipo orientado hacia la parte baja de la pendiente.
- En una obra del dominio público, SEÑALAR la zona de trabajo de la excavadora.

Carga sobre remolque

- Colocar la máquina frente a las rampas de acceso
- Plegar el equipo
- Subir por las rampas
- Una vez sobre el remolque, girar la torreta hacia tras bajar el equipo
- Equipo cargador: según la longitud del remolque, quitar o no la cuchara.
- Equipo retro: recoger el balancín y la cuchara.
- Instalar el eje de inmovilización de la torreta.

- Amarar la excavadora

Descarga del equipo

- Quitar las ataduras y el eje de inmovilización de la torreta
- Poner en marcha el motor térmico
- Levantar el equipo y girar la torreta hacia delante.
- Maniobrar lentamente durante el descenso, bajando el equipo

Desplazamientos

- No efectuar ningún desplazamiento con la pluma desmontada.
- Poner el eje de inmovilización.
- Asegurarse de que la visibilidad es suficiente.
- Si es necesario, desmontar parte el equipo
- Frenar la rotación (según montaje)
- Hacerse guiar en los recorridos difíciles o arriesgados.
- No desplazarse sobre pendientes superiores a 60%
- Bajar pendientes muy inclinadas con el motor térmico a pleno régimen.

Máquina parada

- Estacionar sobre un suelo llano y horizontal, lejos e una zona blanda, de una excavación mal entibada.
- Frenar la rotación de la torreta (según montaje)
- Poner el equipo en el eje de la excavadora gatos recogidos al máximo, y anclar la cuchar (o la bivalva) en el suelo.
- Pararel motor térmico.
- Descomprimir el circuito hidráulico
- Asegurarse de que los capós están encenrojados.
- Cerrar con llave la puerta de la cabina Sobre el dominio público.
- Procurar que ningún elemento de la excavadora desborde sobre la vía pública.
- Si no se puede evitar, colocar una señalización conforme a las normas de tráfico.

5.5.2. Seguridad para los técnicos de mantenimiento.

- a. Tener en cuenta todas las recomendaciones que señala el manual de la máquina, donde se indica las frecuencias que debe tenerse en cuenta cuando se manipula una pieza o parte de la máquina.
- b. Usar el uniforme

- c. Usar los elementos e protección
- d. Seguir las indicaciones de seguridad

5.6. INVERSIÓN DE LA PROPUESTA

La presente reestructuración de mantenimiento en CICSA tiene una inversión de \$ 32600.00 tal como se describe a continuación.

Rubro	\$
Proyecto de reorganización	2.500.00
Construcción de ambiente en el taller	5.500.00
Herramientas	7.600.00
Capacitación de personal	2.000.00
Software de Mantenimiento	2.800.00
Camioneta de Mantenimiento	11.300.00
Implementos de seguridad y vestimenta.	900.00
Total	32.600.00

5.7. CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DEL MANTENIMIENTO PROPUESTO.

Teniendo en cuenta las principales actividades que se realizan para la implementación del mantenimiento propuesto, se estima que este se implementará en 4 meses, tal como se describe en el cuadro 5.9.

CUADRO 5.10

**CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE
MANTENIMIENTO PROPUESTO**

Actividad	Mes	1		2		3		4	
	Quincena	1	2	1	2	1	2	1	2
Aprobación de la propuesta por el Directorio de CICSA		■	■						
Reestructuración orgánica del mantenimiento				■	■				
Construcción de un ambiente en el taller.					■	■	■		
Adquisición de herramientas							■		
Capacitación del personal								■	
Adquisición de camionetas									■
Implantación del software							■	■	

CAPÍTULO VI

COSTOS MANTENIMIENTO

6.1. GENERALIDADES

En el movimiento de tierras la maquinaria es el activo-bienes de capital-, de mayor valor; por ello quien posee ésta tiene como objetivo recuperar el capital invertido con una utilidad razonable, básicamente debido al trabajo realizado por la máquina misma, la cual debe conservarse en buenas condiciones operativas a lo largo de la vida útil de la máquina. De manera que para lograr este objetivo, la utilización de la máquina pesada implica conocer concienzudamente los costos de operación y de posesión.

Entre los factores que afectan el costo de poseer y operar la maquinaria pesada se tiene los siguientes: valor de adquisición, valor de inversión medio, anual, valor de salvataje, costos fijos costos variables.

6.2. Costos de Operación.

El costo de operación de una maquinaria es la cantidad de dinero invertido en adquirirla, hacerla funcionar, realizar trabajo y mantenerla en buen estado de conservación.

Lo gastos de operación está constituido por los siguiente rubros:

- Costo inicial o valor de adquisición de la máquina (Va)

Es el precio actual en el mercado de la máquina. Esta incluye el precio de la unidad puesta en el puerto de embarque (FOB), más los gastos de embarque, fletes y desembarque en el Puerto del Callao (CIF-Callao), pagos de derecho Ad Valorem, sobre tasa arancelaria, 16V, 15C (de ser aplicables), derechos portuarios de almacenaje, seguro para bienes en tránsito, otros gastos conexos (cartas de crédito, garantías, etc), y el transporte hasta el punto de maquinarias del propietario, entre otros. En el caso de las retroexcavadoras de $\frac{3}{4}$ a $3 \frac{1}{2}$ yd³, se tiene la siguiente información importadora:

- Partida Arancelaria: 829.40.00.00
- Derecho Ad/Val % CIF: 15
- R.D. 3715: 0,50
- D.Leg. 775; IGV: 18%
- Vida económica Útil (N)

Es el período durante el cual dicha máquina trabaja con un rendimiento económicamente justificable. Una retroexcavadora sobre oruga, tiene establecido 5 años de vida económica útil o 10,000 horas de operación.

- Valor de inversión media anual (VIMA)

Es el valor que se considera como invertido al principio de cada año de vida de la maquinaria. Depende generalmente del precio de venta de las máquinas y de su vida económica útil

Se puede calcular aplicando la siguiente fórmula:

$$VIMA = \frac{N + 1}{2N} \times Va$$

donde:

N : Vida económica útil en años.

Va: Valor de adquisición de la maquinaria

- Valor de Salvataje (Vr)

Llamado también Valor Recuperable o de Rescate, se le define como el valor de reventa que tendrá la máquina al final de su vida económica.

Generalmente, el valor de rescate fluctúa entre 20 a 25% del valor de adquisición. En países como el Perú este valor es menor.

- Gastos Fijos

Son los gastos permanentes e independiente al trabajo que ejecute la máquina. Estos gasto fijos s derivan de los correspondientes a:

- Depreciación (D)
 - Interés de capital invertido (I)
 - Seguros (S)
 - Gastos de almacenaje (A)
 - Gastos de mantenimiento y reparación (MR)
- **Gastos Variables**

Los gastos variables que provienen de la utilización de la maquinaria son los siguientes:

- **Combustibles.** La cantidad y precio de los combustibles consumidores varía con la potencia, ubicación (altitud), clase de trabajo y tipo e máquina.
- **Lubricantes.** El consumo de aceite de motor, aceite para controles hidráulicos y transmisión, y grasas está en relación con la capacidad de la máquina y el mantenimiento que se aplique periódicamente.

Los consumos de combustible, lubricantes y grasas para una retroexcavadora sobre ruga son los siguientes:

Potencia Hp	Capacidad Yd ³	Combustible gl/hr	Lubricantes gl/hr	Grasas lb/hora
80-100	0,50-1,3 yd ³	3.30	0.11	0.05
115-165	0,75-1,6 yd ³	5.00	0.15	0.07
170-250	1.1-2,75 yd ³	7.50	0.22	0.10
325	2,0-3,8 yd ³	10.30	0.28	0.14

- Filtros

El costo de este concepto se puede estimar en un 20% del costo total de lubricantes y combustibles.

- Llantas

Es uno de los rubros más difíciles de estimar al analizar el costo hora de una máquina debido a que la vida útil de una llanta está afectada por diversos factores como son: el mantenimiento curvatura de la vía, pendiente, carga, velocidad máxima, posición de las llantas, superficie de la vía, presión del inflado, etc. Pero una retroexcavadora se estima que la llanta tiene una vida útil de 2000 horas.

- Costo de hora-hombre de operadores y mecánicos

- Costos generales y utilidad.

Se consideran los gastos correspondientes a la administración, instalación y equipamiento de talleres, personal de vigilancia y control, vehículos para el

transporte y servicio del equipo, sueldos de supervisores y controladores de tiempo, personal administrativo, archivos, almacén de repuestos, etc.

6.3. COSTO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN.

Son los gastos para realizar la conservación de las máquinas en buenas condiciones, a fin de que trabaje con un rendimiento normal durante su vida económica; el costo de reparación es aquel que valor de la mano de obra de los mecánicos y de los repuestos necesarios para mantener la máquina en operación.

El proceso de cálculo del mantenimiento y reparación para una máquina sobre oruga (retroexcavadora) es la siguiente:

1. Costo de mantenimiento y reparación del tren de rodaje

a. Factor de derecho importación de repuestos (FDIR)

El FDIR calculado por CAPECO en un listado de 136 repuestos que se han importado en un determinado período, en el que el valor FOB flete, seguros, valor C & F, costo de almacén y la relación del costo de almacén FOB más los márgenes de comercialización da el costo almacén de la máquina.

La variación del Costo de Almacén/FOB, es de 1,519 al que se adicionará el margen de comercialización existente entre el costo de almacén y el precio de venta al público, en promedio del orden de 27,7% de esta variación o sea 0,421, ello de

acuerdo a lo consignado por los proveedores de repuestos de maquinarias.

Por lo tanto, el valor del FDIR es el siguiente:

- Costo Almacén/FOB (%) = 1,519 (1)
 - Margen de Comercialización (27.7% de (1)) = 0,421
-
- FDIR = 1,940

b. Costo de Mano de Obra (Mecánicos)

El costo de hora-hombre de mecánicos en el Perú, es de U.S. \$4.81 (MP), este valor deberá actualizarse en cada oportunidad que se modifique la mano de obra, tal como se puede apreciar en el Anexo 02.

c. Composición Porcentual de Mano de Obra y Repuestos (Nuevos y reparados).

1° Mano de obra (mecánicos) (M): 30%

2° Repuestos (R) : 70%



d. Costo de mantenimiento y Reparación del Tren de Rodaje

El factor Básico de Tren de Rodaje (FBTR) se halla de acuerdo al modelo e la maquinaria según el cuadro 6.1

El Factor Básico de Rodaje es igual a 6,2 según lo fija el cuadro 6.1

Factores I, A y Z

Se determina los rangos por impacto (I), abrasión (A) y varios o factor Z de acuerdo a las condiciones que se presentan a continuación:

Condiciones	IMPACTO (Factor I)	ABRASIÓN (Factor A)	FACTOR Z
Máximas	0,3	0,4	1.0
Medias	0,2	0,2	0.5
Mínimas	0,1	0,1	0.2

En el cálculo del costo del tren de rodaje; para el caso de tarifa de equipos; se ha estimado por conveniente, en todos los casos, tener como factores los correspondientes a "Condiciones medias", o sea, los factores son:

FACTOR I = 0,2; factor A= 0.2 y factor Z = 0.5

e. Costo total por Hora

a) En dólares puesto en Fábrica USA

$$\text{Costo Total hora (CDT)} = \text{FBTR} \times (1 + A + Z) \text{ (US \$)}$$

Tractor D6D ó similar: Costo total hora = 6,2 (0,2 + 0,2 + 0,5)

$$\text{Costo total hora (CTD)} = 5,58 \approx 5,6 \text{ (U.S. \$)}$$

b) Nacionalizado (en dólares puesto en Almacén-Lima).

Se puede expresar mediante la siguiente fórmula:

$$\text{CNTR} = \frac{\text{CTD}}{\text{MEU}} \times M \times MP + \frac{\text{CTD}}{\text{MEU}} (R \times RN \times \text{FDIR}) + \frac{\text{CTD}}{\text{MEU}} (R \times RR)$$

$$\text{CNTR} = \frac{\text{CTDR}}{\text{MEU}} \times M \times MP + \frac{R}{\text{MEU}} (RN \times \text{FDIR}) + \frac{R}{\text{MEU}} (R \times RR)$$

DONDE:

CNTR = Costo total horario nacionalizado de tren de rodaje en dólares, en Almacén Lima-Perú.

CTD = costo total horario en dólares puesto en fábrica USA

M = Porcentaje de mano de obra (mecánico) utilizado en el mantenimiento y reparación del tren de rodaje.

MEU = Costo de hora-hombre (mecánicos en Estados Unidos \$ 20).

R = Porcentaje total de repuestos utilizado para el mantenimiento y reparación del tren de rodaje.

RN = Porcentaje del total de repuestos que son nuevos.

FDIR = Factor de importación de repuestos.

RR = Porcentaje del total de repuesto que son reparados

Aplicado al ejemplo

$$\text{CNTR} = 5.58 \left(0,30 \times \frac{4,48}{20} + 0,70 (0,80 \times 1,94 + 0,20) \right)$$

$$\text{CNTR} = 7,22$$

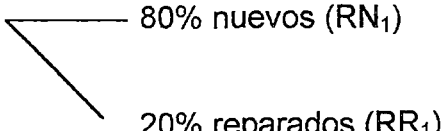
Luego el costo horario de mantenimiento y reparación del tren de rodaje es de U.S. \$ 7,22 en Almacén – Lima

2. Costo de Reserva para Reparaciones

a. composición porcentual de mano obra mecánico) y repuestos (nuevos y reparados).

1° Mano de obra (mecánicos) (M1): 40%

2° Repuestos (R) : 60%

Del 60% de repuestos 

b. factor básico de reparación (FBR)

El factor Básico de reparación es el costo horario estimado que depende del acto de trabajo de la maquinaria, habiéndose calculado dicho factor tomando como referencia el servicio efectuado durante las primeras 10,000 horas. Este factor es dado por el fabricante a través de gráficos para los diferentes modelos de maquinaria cuadro 6.2

Asimismo, el FBR es ajustado a la vida útil de la maquinaria por un factor denominado "multiplicador de vida prolongada: (MVP)

c. Costo total por Hora

a) En dólares puesto en Fábrica USA

$$\text{Costo Total hora (CTDR)} = \text{FBR} \times \text{MVP (US \$)}$$

$$\text{Tractor D6D :} \quad \text{CTDR} = 4,75 \times 1,00$$

$$\text{CTDR} = 4,75$$

b) Nacionalizado (en dólares puesto en Almacén-Lima).

Se puede expresar mediante la siguiente fórmula:

$$\text{CNRR} = \text{CTDR} (M_1 \times \underline{\text{MP}} + \text{CTDR} (R_1 \times \text{RN}_1) 1 \times \text{FDIR}) + \text{CTDR} (R_1 \times \text{RR}_1)$$

MEU

$$\text{CNTR} = \text{CTDR} (M \times \underline{\text{MP}} + R_1 (\text{RN}_1 \times \text{FDIR}) + \text{RR}_1)$$

MEU

DONDE:

CNRR = Costo total horario nacionalizado de reserva para reparaciones en dólares (puesto en Almacén-Lima)

CTDR = costo total horario en dólares puesto en fábrica-USA

M_1 = Porcentaje de mano de obra (mecánico) utilizado para las reparaciones.

MP = Costo de hora-hombre (mecánicos) en Perú.

MEU = Costo de hora-hombre (mecánicos en Estados Unidos)

R_1 = Porcentaje total de repuestos utilizado para el rubro de reserva de reparaciones..

RN_1 = Porcentaje del total de repuestos que son nuevos.

FDIR = Factor de importación de repuestos.

RR_1 = Porcentaje del total de repuesto que se consideran varios a ser reparados.

Reemplazando valores, para hallar el costo por reserva de reparaciones:

$$CNRR = 4,75 \left(0,40 \times \frac{4,48}{20} + 0,60 (0,80 \times 1,94 + 0.20) \right)$$

$$CNRR = 5,42$$

Luego el costo horario de reserva de reparaciones es de U.S. \$
5,42 en Almacén – Lima

3. Elementos Especiales de Desgaste

De acuerdo al estudio realizado por los fabricantes de maquinarias se estima que, para equipos con tren de rodaje, es de US\$ 1,32 por hora (CTEED) (puesto en Fábrica-USA) para elementos especiales de desgaste.

Para determinar el costo horario nacionalizado se tiene en cuenta la siguiente composición porcentual para mano de obra y repuestos:

Mano de obra (M) : 30%

Repuestos (R) : 70%

Del 70% de repuestos : 100% nuevos (RN₂)

Seguidamente se aplicará la fórmula genérica para nacionalizar el costo:

CNDEE = Costo total horario nacionalizado de elementos especiales de desgaste en dólares (puesto en almacén-Lima)

CTEED = Costo total horario en dólares puesto en Fábrica-USA.

M = Porcentaje de mano de obra (mecánicos) utilizado para efectuar el cambio de los elementos especiales de desgaste.

- MP = costo de hora-hombre (mecánicos) – Perú
- MEU = Costo de hora-hombre (mecánicos) en Estados Unidos.
- R = Porcentaje total de repuestos utilizados para este rubro.
- RN = Porcentaje del total de repuestos que se consideran nuevos.

Sustituyendo valores, para calcular el costo de los elementos especiales de desgaste de un Tractor D6D se obtiene:

$$\text{CNEED} = 1,32 (0,30 \times 4,48 + 0,70 (1,00 \times 1,94))$$

$$\text{CNEED} = 1,88$$

4. Costo total por Mantenimiento y Reparación Horario (CTMRH)

El CTMRH se halla sumando los costos de tren rodaje (CNTR), reserva para reparaciones (CNRR) y elementos especiales de desgaste (CNEED):

$$\text{CMTRH} = \text{CNTR} + \text{CNRR} + \text{CNEED}$$

$$\text{En el tractor D6D: CMTRH} = 7,22 + 5,42 + 1,88$$

$$\text{CMTRH} = \text{U.S. } \$ 14,52 / \text{hr.}$$

Por lo tanto, el Costo Total de mantenimiento y reparación horario es igual a:

$$\text{CMTRH} = \text{U.S. } \$ 14,52 \times \text{S/. } 3,50 / \text{US } \$$$

$$\text{CMTRH} = \text{S/. } 50,2 / \text{hora}$$

CAPÍTULO VII

EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA

7.1. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACION

Con el mantenimiento propuesto el aspecto organizacional, el planeamiento la programación y la administración del mantenimiento logra superar la problemática que tiene el mantenimiento actual tal como se puede observar en el cuadro 7.1.

7.2 EVALUACION DE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO

Considerando que actualmente el mantenimiento de la empresa recurre a servicios de terceros para reparar o potenciar una máquina, lo cual implica un costo por servicios de terceros y un costo de alquiler de maquinaria sustituta, que al comparar estos aspectos resulta que el costo de mantenimiento es más ventajoso que requerir el servicio de tercero y/o alquilar una máquina como se ha calculado en el capítulo anterior, el costo de mantenimiento y reparación de una máquina de oruga en resumen es:

CUADRO 7.1

RESULTADOS DEL MANTENIMIENTO PROPUESTO

Mantenimiento Actual	Mantenimiento Propuesto
<p>➤ La organización no contempla el mantenimiento itinerante para las maquinarias acantonada en campamento.</p>	<p><input type="checkbox"/> En la organización propuesta se introduce la unidad de mantenimiento itinerante para atender la maquinaria que está en los campamentos.</p>
<p><input type="checkbox"/> Política administrativa de mantenimiento clásica.</p>	<p><input type="checkbox"/> Administración de mantenimiento proactivo, con desarrollo de valores empresariales, personales, dentro del contexto del planeamiento estratégico.</p>
<p><input type="checkbox"/> No está definida la misión del mantenimiento</p>	<p><input type="checkbox"/> La misión del mantenimiento es ofrecer un servicio de calidad y a bajo costo.</p>
<p><input type="checkbox"/> En el taller de mantenimiento no existe un ambiente para el mantenimiento itinerante.</p>	<p><input type="checkbox"/> Se propone que en el taller de mantenimiento se construya un ambiente para el mantenimiento itinerante, donde estarán las herramientas y equipos que se requiere para hacer el mantenimiento a las máquinas que están en los campamentos.</p>
<p><input type="checkbox"/> Para el mantenimiento de la maquinaria en campamento se cuenta con un ayudante de mecánica y con escasas herramientas.</p>	<p><input type="checkbox"/> Para el mantenimiento de la maquinaria en los campamentos se cuenta con un equipo de mecánica (mecánico, ayudante, soldador), además cuentan con herramientas y equipos propios para esta tarea.</p>
<p><input type="checkbox"/> No existe programación de mantenimiento preventivo.</p>	<p><input type="checkbox"/> Se plantea el planeamiento y la programación de mantenimiento preventivo, teniendo en cuenta los estándares, e incidencias de fallas de la máquinas.</p>
<p><input type="checkbox"/> No hay reportes estadísticos de fallas y reparaciones.</p>	<p><input type="checkbox"/> Se debe tener reportes estadísticos de fallas y reparaciones de moco computarizado.</p>
<p><input type="checkbox"/> No existe asignación adecuada de los recursos humanos y materiales.</p>	<p><input type="checkbox"/> Con la programación del mantenimiento se busca optimizar el empleo de recursos humanos y materiales.</p>
<p><input type="checkbox"/> El stock de insumos de materiales de mantenimiento es en muchos casos escaso y se pierde en la adquisición de éstos.</p>	<p><input type="checkbox"/> Se trabaja con un stock mínimo de materiales y repuestos a fin de no comprometer mucho capital inmovilizado.</p>
<p><input type="checkbox"/> No hay reportes de la eficiencia del mantenimiento.</p>	<p><input type="checkbox"/> Con el planteamiento se mejora la eficiencia del mantenimiento.</p>
<p>PROYECCIONES</p> <p><input type="checkbox"/> Con la política actual apuntamos a un deterioro constante y creciente de la maquinaria lo cual no es definitivamente conveniente.</p>	<p>PROYECCIONES</p> <p>El mantenimiento propuesto de CICSA, debe tener las siguientes proyecciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> En la eventualidad de CICSA se plantee una visión empresarial, de constituirse en una empresa líder entre las empresas que dan servicio de maquinaria pesada, el mantenimiento proactivo (MPA) se constituye en el principal portal de su misión. Por ello CICSA, tras superar los problemas de equilibrio económico, de proyectar la implementación y operatividad el MPA. <input type="checkbox"/> Lograr el trabajo en equipo del mantenimiento, para ello debe aplicar, las nuevas tecnologías administrativas fundamentadas en la aplicación de las relaciones humanas. <input type="checkbox"/> Invertir más periódicamente en la capacitación del personal de mantenimiento y de los operadores. <input type="checkbox"/> Que los costos de mantenimiento disminuyan significativamente. <input type="checkbox"/> Tener como meta "cero defectos" en la gestión de mantenimiento, de manera que se logre el cero tiempo por parada no planeada. <input type="checkbox"/> Efectivizar al menor costo posible el mantenimiento itinerante a las máquinas acantonados en componentes lejanos a la sede central.

Costo	US \$	%
• Costo de mantenimiento y reparación del tren de rodaje	7.22	49.72
• Costo de reserva para reparaciones	5.42	37.33
• Costos de los elementos especiales de desgaste	1.88	12.95
Total US \$ /hora	14.52	100.00
Total S./ hora	50.82	

El mantenimiento y reparación del tren de rodaje es el de mayor incidencia (49.72%) del costo de mantenimiento de la máquina, explicado por su alto componente de repuestos importados.

En el cuadro 7.2 se detalla los costos de alquiler de la maquinaria pesada que ofrece E. Ferreyros. Para el caso de una excavadora hidráulica, se observa que el alquiler horaria es de US\$ 46.09 para dos turnos diarios de 8 horas cada uno y CICSA, alquila a 48 dólares la hora sin considerar operador ni combustible.

En consecuencia el hacer el mantenimiento y la reparación de la maquinaria resulta una buena opción ante la opción de alquilar la máquina.

CUADRO 7.2
COSTO DE ALQUILER DE EQUIPOS DE E. FERREYROS

DESCRIPCIÓN	POTENCIA	CAPACIDAD	TARIFA EN US\$ (INC. IGVA)		OPCION 1	OPCION 2
	HP	(yd ³)	200 HR/MES	Adicional	US\$/HR	US\$/HR
MOTONIVELADORAS						
120 H	125		45.00	18.00	26.25	24.05
135 H	135		52.00	20.80	30.34	27.80
140 H	150		64.00	25.60	37.34	34.21
EXCAVADORAS						
320 BL	128	05-1.9	62.00	24.80	36.17	33.14
322 BL	153	0.82-2.5	66.00	26.40	38.51	35.28
325 BL	168	1.18-2.49	79.00	31.60	46.09	42.23
330 BL	222	1.6-2.7	98.00	39.20	57.18	52.39
RETROEXCAVADORAS						
CARGADORAS						
426 4X2	84	0.96-1.25	25.00	10.00	14.59	13.36
426 4 X 4	84	0.96-1.25	29.00	11.60	16.92	15.50
428 4X 4	78	1.0-1.30	29.00	11.60	16.92	15.50
CARGADORES						
FRONTALES						
924F	105	2.25	38.00	15.20	22.17	20.31
938F	145	2.25	46.00	18.40	26.84	24.59
938G	145	3	49.00	19.60	28.59	26.19
950F	170	3.5	58.00	23.20	33.84	31.00
966F	220	4.5	74.00	29.60	43.17	39.56
RODILLOS						
VIBRATORIOS						
CB534	107	9 TON.,	41.00	16.40	23.92	21.92
CS533	145	9 TON.	35.00	14.00	20.42	18.71
TRACTORES DE						
ORUGAS						
D6G	155		58.00	23.20	33.84	31.00
D8 N/R	305		115.00	46.00	67.10	61.47
VOLQUETES (250						
HS/MES)						
T800 15M3			28.00		16.34	14.97

7.3 EVALUACIÓN DEL HACER MANTENIMIENTO PROACTIVO VS ALQUILER DE EQUIPO

1. Con el mantenimiento proactivo se cuenta con personal con Iniciativa para efectuar al mantenimiento, reparación y potenciación de la maquinaria y está en contacto directo diariamente con la máquina. En tanto que el alquiler de equipo o de servicio de mantenimiento no posibilita el repotenciamiento de la máquina, porque los recursos económicos van direccionados a costear el servicio de terceros.
2. El mantenimiento proactivo es innovador y multidireccional en la labor del equipo de mantenimiento el alquiler de equipos está limitado a un solo aspecto, debido a su costo.
3. Con un equipo de mantenimiento es posible tener una respuesta inmediata ante las contingencias de averías en las máquinas, hecho que no se logra con el servicio de terceros.

7.4. EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

a. Gestión de Mano de obra

Costo de mano de obra	Costo diario	Cantidad	Total
Mecánicos	\$ 20.05	3	60.15
Ayudantes	\$ 16.07	2	32.14
Total			92.29

Costo de mano de obra por
hora de mantenimiento = \$92.29 / 8 11.54

b. Gestión de terceros

Gestión de terceros = $\frac{\text{Costo total de servicios de terceros}}{\text{Costo total de mantenimiento}}$

$$= 1000/3038.14 = 0.329$$

Estos indicadores denotan que el costo de mano de obra de mantenimiento es bajo con respecto al servicio de terceros ya que éste último es tan sólo el 32.9% del costo total de mantenimiento cuando este es requerido por limitaciones de infraestructura o equipamiento del mantenimiento de la empresa.

c. Parámetros de control del área de mantenimiento

La performance del mantenimiento, básicamente es medido por el rendimiento, utilización y productividad, las cuales están relacionadas con los tiempos de trabajo empleados en mantenimiento, así es:

RENDIMIENTO = $\frac{\text{Tiempo estimado de trabajo}}{\text{Tiempo neto trabajado}}$

UTILIZACIÓN = $\frac{\text{Tiempo neto trabajado}}{\text{Total horas utilizadas}}$

PRODUCTIVIDAD = $\frac{\text{Tiempo estimado de trabajo}}{\text{Total horas utilizadas}}$

$$= \frac{\text{Rendimiento}}{\text{Utilización}}$$

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{\text{HORAS Laborales Netas} - \text{HORAS Programadas por Mantenimiento} - \text{Parada por Mantenimiento Reactivo}}{\text{Horas laborables brutas}}$$

Observamos, con estos ratios que el rendimiento del mantenimiento es mayor al 90%, la utilización de la mano de obra en mantenimiento va del 93% al 98% (cuadro 7.3) y la productividad tiene índices mayores al 61%, lo cual nos permite decir que el mantenimiento proactivo es eficiente, por la mayor utilización de la mano de obra el menor número de fallas, el menor número de paradas correctivas, menor cantidad de tiempo empleado en reparaciones correctivas que en el mantenimiento actual; así como un mayor número de horas de funcionamiento de las máquinas.

d. Gestión de stock

Para que el mantenimiento proactivo sea efectivo, dinámico y se evite la pérdida de horas de paralización de la maquinaria debido a la falta de stock de repuestos, es necesario contar con un stock mínimo de repuestos; de manera que el mantenimiento cuente con los repuestos, lubricantes, herramientas y otros insumos necesarios para el mantenimiento y reparación de las máquinas. Se recomienda un stock mínimo de repuestos que cubra las necesidades inmediatas de

CUADRO 7.3

PERFORMANCE DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO VERSUS EL MANTENIMIENTO ACTUAL

CONCEPTO	CON MANTENIMIENTO PREVENTIVO			MANTENIMIENTO ACTUAL		
	EXCAVADOR A	CARGADOR FRONTAL	VOLQUETE	EXCAVADORA	CARGADOR FRONTAL	VOLQUETE
N° de Horas de operación (HI) (1)	2016	2016	2016	2016	2016	2016
N° de Paradas correctivas	3	2	2	4	4	10
N° de Fallas				4	4	10
Tiempo total de reparaciones correctivas (horas)	30	12	9	150	100	150
Paradas programadas para mantenimiento proactivo (HL) (2)	650	385	175			
Paradas por mantenimiento reactivo (no programada) (PR)	20	11	8	130	135	140
Horas de parada por mantenimiento reactivo	20	11	8	192	224	160
Horas de funcionamiento	1986	2004	2007	1544	1557	1566
Costo de mantenimiento preventivo (3)	24874.91	15523.14	10024.78	31314	22814	19714
Costo total de servicio de terceros	1320	1220	650	6600	6600	6500
Tiempo estimado de trabajo (A)	1300	1155	525	1200	1200	600
Tiempo neto trabajado (B)	1399.65	1184.92	583.12	1544	1544	1566
Total de horas utilizadas (C)	1481.65	1267.92	592.12	2016	2016	2016
Rendimiento (A/B) x 100 (%)	92.88	97.47	90.03	77.72	77.72	29.76
Utilización (B/C) x 100 (%)	94.46	93.45	98.48	76.59	76.59	77.68
Productividad (A/C) x 100 (%)	87.74	61.09	88.66	59.52	59.52	77.68
Disponibilidad (%)	66.76	80.36	90.92	76.59	76.59	77.68
Gestión de terceros	5.31	7.86	6.48	21.08	21.08	32.97

(1) No incluye domingos ni feriados

(2) Incluye reparaciones programadas o Overhaul

(3) cuadro 6.4

repuestos. Sin que afecte el impacto del capital inmovilizado o el pago de impuestos. Este stock debe ser el siguiente:

Repuestos	Cantidad	Costo TOTAL US \$
Culatas	02	600.00
Inyectores de combustión	02	180.00
Juegos de filtro de aire de motor	01	120.00
Juego de filtro de aceite de combustible	02	240.00
Alternador de carga	01	140.00
Juego de empaquetadura de motor	01	150.00
Juego de uñas de cuchara	02	450.00
Equipo de soldar	01	3500.00
Equipo de Oxicor	01	400.00
Pernos de carrilería	200	320.00
Aceite de motor Diesel	01	250.00
Aceite de transmisión	01	220.00
Aceite de circuito hidráulico	02	500.00
Total US \$		7070.00

CONCLUSIONES

- El mantenimiento de la maquinaria pesada es una labor intrínseca e inherente a la misma máquina, justificada por su valor de tenencia de y en retorno de la inversión.
- La empresa del estudio, es una empresa de servicios de movimiento de tierras e instalación de infraestructura sanitaria que atraviesa, como la generalidad de las empresas del sector, por serios problemas de liquidez, pero con solvencia para afrontar compromisos a largo plazo.
- El mantenimiento preventivo en la empresa del estudio está quebrado en su función, dado que no se cuenta con un mantenimiento planeado para que la maquinaria que se desplaza a los campamentos, y el mantenimiento que se da a la máquina en esos lugares es empírico y sin planificación, ejecutado por los operarios en base a su experiencia. El mantenimiento preventivo no se cumple a cabalidad, por la falta de una programación acuciosa y técnica.
- El planeamiento del mantenimiento de los equipos pesados es inconsistente, por que no se tiene reportes e fallas y reparaciones que

permitan conocer las proyecciones de los requerimientos de mantenimiento en el futuro.

- No existe control de calidad del mantenimiento en el futuro.
- No existe control de calidad del mantenimiento y la seguridad en la ejecución del mantenimiento y la seguridad no considera una unidad operativa – orgánica para ejecutar al mantenimiento preventivo a la maquinaria que está en los campamentos.
- El costo de mantenimiento US\$ 14.52/hora (S/. 50.82/hora) de una máquina ejecutado por la propia empresa, puede mejorarse, y aún así es una mejor alternativa que alquilar una máquina, que está por los US\$ 58, sin combustible ni operarios es fundamento económico de la conveniencia de tener un mantenimiento preventivo propio y con una programación en concordancia a las horas de operatividad de la maquinaria.

RECOMENDACIONES

- A fin que la maquinaria pesada opere eficientemente durante su vida útil económica es recomendable la aplicación e implementación del mantenimiento proactivo.
- Aún cuando la empresa atraviese por problemas de liquidez, no puede postergar el apoyo económico y técnico al mantenimiento, por que este es el soporte técnico catalizador de las operaciones de la empresa que compromete su propia existencia, por ello se recomienda apuntalar el compromiso de la Alta Dirección de CICSA para que apoye al mantenimiento y sus innovaciones.
- Se recomienda que la empresa tenga como política de mantenimiento la prioridad del mantenimiento proactivo antes que el correctivo o de reparación, de esta manea se evita el desgaste o mayor deterioro e la maquinaria.
- Llevar estadísticas de las fallas, reparaciones, adquisiciones, servicios de terceros y los costos, para que sirvan de base para las proyecciones de mantenimiento.

- Hacer los estudios respectivos para implementar el control de calidad del mantenimiento y, motivar al personal de mantenimiento para que observe estrictamente y cumpla el reglamento de seguridad.
- Es necesario la implementación de un módulo de mantenimiento que se desplace hacia los campamentos y ejecute el mantenimiento Preventivo y Mantenimiento Predictivo.
- Dejar de saldo el empirismo del mantenimiento y dar lugar a un mantenimiento con fundamento técnico.
- Se recomienda implementar el sistema propuesto porque nos encontramos frente a grandes desafíos de competitividad, tenemos que mejorar nuestros estándares de rendimiento, nuevas tecnologías, nuevos procesos de trabajo mejorados y apoyados con los nuevos conocimientos que nos da la tecnología para poder ser competitivos en esta economía cada vez más globalizada. De no hacer lo la competencia nos ganará y nos veremos obligados a quebrar como empresa, lo cual no debe darse.

BIBLIOGRAFÍA

MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA PESADA CATERPILLAR. AYESTA CASTRO, Augusto. Sin pie de editorial, 1994

MANUAL DE REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA PESADA. NICHOLS, Herbert L. Edit Mc. Graw Hill. 1993

MÁQUINAS PARA MOVIMIENTOS DE TIERRAS. DESCRIPCIÓN UTILIZACIÓN-ENTRENAMIENTO. COSTES Jean; PALOMAR, José M (traductor). Editores Técnicos Asociados S.A. 1975

PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO - PROGRAMA DE CAPACITACIÓN CONTINUA. TESUP. S/p editorial. 1999

MANUAL DEL CONDUCTOR - POCLAIN EXCAVADORAS HIDRÁULICAS. POCLAIN. S/p editorial. 1992

DISEÑO DE COMPONENTES DE MÁQUINAS; ORTHWEIN, William. Edit CECSA. 1996

ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO. DOUNCLE, D; Edit CECSA. 1991.

MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS, KNUT, J. Edit
Blume. 1986

MANUAL DEL OPERADOR; VEHÍCULOS RANGO MEDIO KENWORK.
ORGANIZACIÓN VILPAC. s/p editorial. 1998

EL EQUIPO Y SUS COSTOS DE OPERACIÓN. RAMOS SALZAR, Jesús.
CAPECO. 1997.

MANUAL DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL. MORROW, L.C. Edit
CECSA. 1993

OPERATION & MANTINANCE MANUAL – SUPER D155AX – 5
BULLDOZER, KOMATSU. Printed in Japan, 1998.

MANUAL DEL INGENIERO MECÁNICO. MARKS BUMEISTER, Theodore;
AVALLONE, Eugene A y BUMEISTER, Theodore III. Edit Mc Graw Hill,
1996

MANUAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL; SALVENDY, Gabriel. Noriega
Editores Limusa. 1991

ADMINISTRACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES. Enfoque de sistemas y e
contingencias. KAST, Fremont E. Y ROSENWEIG, James E. Edit Mc. Graw
Hill. 1993

ANÁLISIS Y PLANEACIÓN DE LA CALIDAD. J.M. JURAN. Editorial Mc
Graw Hill. 1998.

ADMINISTRACIÓN J.STONER R. FREEMAN D. GILBERT . Editorial ED.
Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. 1999.

ANEXOS

ANEXO 01

INVENTARIO DEL EQUIPO

MECÁNICO EN CICSA

ANEXO 01

CORPORACIÓN DE INGENIERÍA CIVIL S.A.

INVENTARIO DE EQUIPO MECÁNICO

CODIGO	MARCA/MODELO	COLOR	CHASSIS	MARCA MODELO MOTOR	MOTOR NÚMERO	PLACA	HP	CAPACIDAD
--------	--------------	-------	---------	-----------------------	--------------	-------	----	-----------

MOTOCICLETAS

099407	HONDA ** C-90	AZUL	C90000984-PE-94	HONDA	C90E2031308 NI-5429		8	2PERSONAS
--------	---------------	------	-----------------	-------	---------------------	--	---	-----------

AUTOMÓVILES Y CAMIONETAS

108708	NISSAN ** FLG-D21-SF	COBRE	FGD21-A18991	NISSAN/Z20	Z20-555848	OI-9840	80	1 TON
108913	NISSAN ** FLG-D21-SF	BEIGE	FGD21A71746	NISSAN/Z20	Z20-587650	OQ-6841	80	1 TN/VIAJE
108914	VOLVO ** 240 GLE	AZUL M	V1244-247K1352762	VOLVO	3919	KQ-1425	0	5 PERSONAS
109006	NISSAN ** FLG-D21-BF	BLANCO	FGD21-B41369	NISSAN/Z20	Z20-606532	OQ-7503	80	1 TN/VIAJE
109013	NISSAN ** NLM-D21-SF 4x4	BEIGE	NMD21-A53281	NISSAN/Z24	Z24-173323W	OQ-8666	114	2 TON.
109014	NISSAN ** FLGD21SF	BLANCO	FGD21A71796	NISSAN/Z20	Z20587936	CQ-7270	100	1 TON.
109113	NISSAN ** UFL-D21-SF	GRIS	UFGD21-C16217	NISSAN/Z20	Z20622414	OO-2308	0	760 KG
109114	NISSAN ** FLG-D21-SF	BLANCO	FGD21-B13107	NISSAN/Z20	Z20Z20620576	OQ-9390	100	1 TON
109201	AUT.PEUGEOT ** 405 GR	GRIS	315BD5470379155	PEUGEOT	CW10000146	LQ-5073	105	5 PERSONAS
109202	NISSAN ** FLG-D21-SF	BLANCO	FGD21-433945	NISSAN/Z20	Z20-626727	OO-2523	80	1 TON
109213	NISSAN/TERRAND ** 4x4	AZUL	WNYD21009267	NISSAN/Z24	Z24-427388W	RO-2910	110	5 PERSONAS
109214	NISSAN ** FLGD21SF	GRIS	FGD21-434169	NISSAN/Z20	Z20627796	OO-3255	0	
109215	NISSAN ** 20ZUFLGD21	NEGRO	UFGD21-479505	NISSAN/Z20	Z20-626418X	OO-2349	0	
109305	ISUZU ** RODEO	GRIS	2CG58VXP4314736	ISUZU	6VD1145150	RG-0453	0	5 PERSONAS
109313	NISSAN ** TLG 720T	BLANCO	4TLG720M000058	NISSAN/J18S	M8Z-300399	OO-7704	90	1 TON.
109407	TOYOTA ** STOUT	BLANCO	YK110-9500026	TOYOTA-4Y	4Y-0400336	PK-5119	95	2 TON.
109502	NISSAN ** BGD21	BLANCO	BGD21-402724	NISSAN/TD27	TD27-377564	PG-D663	91	2 TON.
109705	TOYOTA ** TERCEL XL	AZUL	EL50-0042950	TOYOTA/4E	2E-2976324	AI-5657	74	4 PERSONAS

CAMIONES

116613	TOYOTA-CIST. ** DA-115	GRIS	DA115-13745	TOYOTA/DA115	2D68499	WQ-4729	95	1500 GAL
117113	DODGE-GRUA ** D-500	BLANCO	5233GP007714	PERFINS/1006-6T	YB50238L50220P	WQ-7829	150	10 TON
117413	VOLVO ** N86-52	ROJO	12547-1	VOLVO/N86-52	72391	WI-4489	180	12 TON
118005	DODGE-VOLQ. ** DN-800	ROJO	D8975JOPO74565	CUMMINS/V8-210	PTJ0014735	WQ-9996	183	10 TON/6M3
118009	DODGE-CIST. ** DP-500	ROJO	D5753I00074224	PERKINS/C6.354.2	PTI0014394	WO-1235	90	2000 GAL
118013	DODGE-GRUA ** D-800	AMARIL	D87975JOPO74804	CUMMINS	PTJ0014774	WO-1031	183	14 TON.
118204	MIXER ** K - CM85C	AMARIL	CM85C-44981	ISSAN DIESEL/FD6	FD6-038157T	XG-4121	175	1.6 M3
118313	DODGE ** D-300	NARANJ	03322B2PO81616	PERFINS-4.236	LD336OU543494W	WO-4254	90	6 TON.
118506	TOYOTA-VOLQ. ** DA-116	AZUL	DA116L-105972	OYOTA/DA116L-H3	2D-237697	WC-5353	148	6 M3/8 TON
118507	TOYOTA-VOLQ. ** DA-116	AZUL	DA116L-105958	OYOTA/DA116L-H3	2D-237658	WC-5354	148	6 M3/8 TON
118513	MIXER INTERN.PAYSTAR ** 500C	BLANCO	HTGJ3T4FCA15208	CUMMINS 240	11272262	XG-8198	270	7 M3
118613	MITSUBISHI ** CANTER TUR	AMARIL	FE214E568046	MITSUBICHI 4D31T	4D31498369	WD-4620	120	4 TON
118614	MITSUBISHI ** CANTER TUR	AMARIL	FE214E565759	MITSUBICHI 4D31T	4D31494346	WD-4640	120	4 TON
118615	DODGE ** DN-800	BLANCO	D8975J6PO81940	CUMMINS / V8-210	PTJ6022110	WO-6717	183	10 TON
118913	MITSUBISHI ** CANTER TUR	BLANCO	FE214EA-00924	MITSUBICHI 4D31T	4D31P901032	WO-8549	120	4 TON
118914	MITSUBISHI ** CANTER TUR	BLANCO	FE214EA-00926	MITSUBICHI 4D31T	4D31P901034	WO-8548	120	4 TON
118915	P&H-GRUA ** 122	BLANCO	56849	CUMMINS/6BT5.9	44345898	-	130	22 TON
119706	FAMEDI - REMOLQUE **	NEGRO	FF 2502297FMD			ZG-8582	0	16 TON

CARGADORES FRONTALES

127908	FIAT ALLIS ** 545-B	AMARIL	21C-07516	FALLIS/MARKII2900	49-06078	-	120	1.7 M3
129501	KOMATSU ** WA250-I	AMARIL	AG-5414	KOMATSU 610T	44991825	-	144	2.1 M3
129702	BOBCAT ** 863	BLANCO	514412492	DEUTZ / FBM1011	00162305	-	73	
129906	THOMAS ** 245 HSD	ROJO	LM000987	DEUTZ/BF4M1011F	00321935	-	82	

TRACTORES

136513	ALLIS CHALMER ** HD-11F	NARANJ		ALLIS CHALMERS	4347782	-	99	
137013	FIAT ** AD-14	AMARIL	005091	FIAT/8205.02	513-002205	-	140	

CORPORACIÓN DE INGENIERÍA CIVIL S.A.

INVENTARIO DE EQUIPO MECÁNICO

CODIGO	MARCA/MODELO	COLOR	CHASSIS	MARCA MODELO MOTOR	MOTOR NÚMERO	PLACA	HP	CAPACIDAD
137613	CASE ** 530 (Tiro)	AMARIL	9221746	CASE	CWCF42 -		48	
138106	CATERPILLAR ** D6-D	AMARIL	4X-7151	CATERPILLAR/3306	8Z004724 -		140	

RETROEXCAVADORAS

146513	NORTHWEST#2 ** 25 D	NARANJ	23665	CATERPILLAR/330	63B2317		92	20 TON
147713	NORTHWEST#1 ** 25 D	NARANJ	23655	PERKINS/6.354	354US23082L		92	20 TON.
148107	POCLAIN ** 90 CK	ROJO	13554	DEUTZ/FGL9	6407008 -		128	0.57M3
148513	CASE ** 680 E	AMARIL	9221746	PERKINS T4-236	LJ334750601936X		90	0.95 M3
148803	CASE ** 580-H	AMARI	6987-109	PERKINS/4.236I	LD8583B266824P		73	0.76M3
149201	CASE ** 680-L	AMARI	JJG0071068	CUMMINS/6.590	44538215 -		90	1.15 M3
149311	JOHN DEERE 690E-LC**	AMARI	DW690EL542667	JOHN DEERE	TO6068T424650		130	0.85 M3
149501	JOHN DEERE ** 410D	AMARIL	TO410DB805164	JOHN DEERE	T04045T475908		85	1.0 M3
149705	CATERPILAR ** 426C	AMARIL	6XN00370	CATERPILLAR/305	5HK50516		84	0.95 M3
149812	KOMATSU ** PC200-6	AMARIL	102863	ATSU / S6D102E1A	238341 -		133	1.00 M3

DUMPER

168013	DATSUN ** LG-620	AMARIL		DATSUN/W8U 1,991	M8U-1L0398 -		56	
168211	LEBRERO ** DH-1800	AMARIL	SR-1740	MWM DITER.	987.1.19315 -		20	1M3/1.5T
168212	LEBRERO ** DH-1800	AMARIL	SR-1739	MWM DITER.	987.1.19318 -		20	1 M3/1.5 T

ELEVADORES Y FAJAS TRANSPORT.

178101	HERCULES ** E600	AZUL	669800	S/Nx	-		16	600 KLS
178102	HERCULES ** E600	AZUL	669797	S/Nx	BS -		16	600 KLS
178103	HERCULES ** E600	AZUL	669690	S/Nx	-		16	600 KLS
178104	HERCULES ** E600	AZUL		S/Nx	497763-88122314 -		16	600 KLS
178106	HERCULES ** E600	AZUL		S/Nx	453 -		16	600 KLS
178107	HERCULES ** E600	AZUL		B. STRATTON / 326431	97051348 -		16	600 KLS
178108	WINCHE ELEVADOR ** PLATAFC	AMARIL		WISCONSIN THB	128116-5025321 -		12	600 KLS
179213	WINCHE BALDE **	CELEST		DEL CROSA	-		5	300 KG
179313	FAJA TRANSPORTADORA ** E3E ANARAN		No. 10-32662	ROBIN, WY18-3B	1470261 -		5	55 MT/MIN
179314	FAJA TRANSPORTADORA ** M3E ANARAN		No. 10-32662	KOHLER	-		5	55 MT/MIN
179315	FAJA TRANSP. ELECT. **	NARANJ		HITACHI	153-46215 -		2	42 MT/MIN
179316	FAJA TRANSP. ELECT. **	NARANJ		HITACHI	-		2	42 MT/MIN
179317	FAJA TRANSP. ELECT. **	NARANJ			-		2	42 MT/MIN

COMPACTADORES TIPO PLANCHA

188801	COMPACTADORA **	NEGRO	90020	KOHLER	851201 -		8	
188802	COMPACTADORA **	ROJO		KOHLER/M8	-		8	
188901	DYNAPAC ** CM-13	AMARIL		KOHLER/MAGNUM 8	2712300709 -		8	
189502	DYNAPAC ** CM-13	ROJO		KOHLER/M8	2420005672 -		8	
189608	INTERDIN ** CM-13K8	NEGRO	1665	HLER/MAGNUN M8	2531701749 -		8	150 KG.
189610	INHORPERSA ** CIH-13	NEGRO		KOHLER/M8	2428300082 -		8	138 KG.
189611	WACKER ** CIH-13	VER_PL	756104081	WACKER	-		3	67 KG.
189613	INHORPERSA ** CIH13	NEGRO	139610049	KOHLER/M8	2427300097 -		8	138 KG.
189614	INHORPERSA ** CIH13	NEGRO	139610043	KOHLER/M8	2616600359 -		8	138 KG.
189701	INHORPERSA ** CIH-13	AMARIL	139701006	KOHLER/M8	2619800109 -		8	138 KG.
189707	WACKER ** BS 60Y	VER-PL	756107211	WACKER	-		3	
189709	WACKER ** BS 60Y	VER-PL		WACKER	-		3	67 KG.
189713	INHORPERSA ** CIH-13	AMARIL	139701007	KOHLER W8	2619402409 -		8	138 KG.
189714	WACKER ** BS60Y	VER-PL	756107214	WACKER	-		3	67 KG.
189904	MULTIQUIP MIKASA ** MT75HS	NARANJ	F8022	ROBIN / EC12D	1054286		4	69KG
189905	MULTIQUIP MIKASA ** MT75HS	NARANJ	F7293	ROBIN / EC12D	1051955 -		4	69KG
189906	MULTIQUIP MIKASA ** MT75HS	NARANJ	F7295	ROBIN / EC12D	1051913 -		4	69KG
189907	DYNAPAC ** LT 70	ROJO	5670508	ROBIN / EC-12	-		4	70 KG.

CORPORACIÓN DE INGENIERÍA CIVIL S.A.

INVENTARIO DE EQUIPO MECÁNICO

CODIGO	MARCA/MODELO	COLOR	CHASSIS	MARCA, MODELO MOTOR	MOTOR NÚMERO	PLACA	HP	CAPACIDAD
--------	--------------	-------	---------	------------------------	--------------	-------	----	-----------

GRUPOS ELECTRÓGENOS

198206	ALGESA **	VERDE		PERKINS/6.354	TJ07004203250H -		70	50KW
198301	ASEA LISTER **	AZUL/V		LISTER 2i	1195HR2A21 -		25	15 KW
198304	LEROY 3 FASES ** TA250	GRIS		FIAT/604	041-071474 -		60	40 KW
199113	ONAN ** K3500	BLANCO		ONAN/K3500	-		5	3.5 KW
199409	ONAN ** 40 DGAE	VERDE	C930502800	COMMINS/6AT 0.4	53140124 -		105	36 KW
199411	ONAN ** PRO 400E	NEGRO		ONAN/GENERAD. 4EGHEB	GH280-551519 -		9	4 KW
199901	PERFINS-STANFORD ** P27	AZUL/V	D0624A/007	PERKINS/D3.152	CM5033009975990 -		0	24 KW
199902	COLEMAN ** WANGUARD	RO-NE	PM0475003	BRIGG STRITTON	97082149 -		9	5 KW
199903	PERKINS - STANFORD ** P27	AZUL	D0624A/009	PERKINS/D3.152	CM503300997760D -		0	24KW
199904	PERKINS - STANFORD ** P65E	AZUL		PERKINS / T4.236	LJ504180860992D -		90	60 KW
199908	COLEMAN ** VENTAGE 5000	RO_NE		B.STATTON / 185432	96052149 -		9	5KW
199910	HONDA ** EG5000	ROJO	EA7-4125081	HONDA / GX340	GC05-2896264 -		11	5 KW
199911	HONDA ** EG5000	ROJO	EA7-4125062	HONDA / GX340	G005-2896261 -		11	5KW
199915	COLEMAN ** POWERMATE	NEGRO	PM0545212	STRATON / 19G412	980429YD -		10	5KW

MEZCLADORAS Y DOSIFICADORAS

206501	DOSIFICADORA ARBAU ** PB 37	AMARIL					0	12M3/H
206502	MEZ. ARBAU # 1 **	AMARIL		MOTRO ELECT. DELCROSA			20	16P3
206503	MEZ. ARBAU # 2 **	AMARIL		MOTOR ELECT. DEL CROSA			20	16P3
206513	DOSIFICADORA ELBA ** EMMX						0	12M3/HR
207203	MEZ. EIRICH ** AZ52	AZUL		ELECTRICO BAUKNECHT	941225 -		0	750 Lt
208103	PUTZWEISTER ** PPV23	AMARIL	2281034624	DEUTZ F6L912	6330486 -		100	50 m3/h
208401	MEZ. ASLABA **	AMARIL		WINCOSIN/VH4D	168517-6029385 -		16	11p3
208402	MEZ. IMETSA ** TROMPITO	ROJO		KOHLER / K181	1631002722 -		8	5.5 p3
208405	MEZ. ASLABA **	AMARIL		KOHLER / K582S	250808235 -		23	11 P3
208406	MEZ. STETTER ** FAO 250			S/Nx	-		8	9 P3
208407	MEZ. STETTER ** FAO 375			S/Nx	-		8	9 P3
208408	MEZ. IMETSA ** TROMPITO	AMARIL		S/Nx	-		8	9 P3
208410	MEZ. IMETSA ** TROMPITO	AMARIL		KOHLER	2907000379 -		8	9 P3
208411	MEZ. IMETSA ** TROMPITO	ROJO	1606901592	KOHLER / K181R	14150958 -		8	9 P3
208414	MEZ. ASLABA **	AMARIL		LISTER 2i	6370ST2A31-10 -		12	11P3
209011	MEZ. HERCULES **	NARANJ		KOHLER / MAGNUN 16	2019104683 -		16	7 P3
209012	MEZ. DORAGE ** W70	AZUL	23030790	BRI.STR.	K497763 -		10	8 P3
209605	MEZ. RIMAS **	AZUL		KOHLBACH 132S	1095 -		8	11P3
209704	MEZ. INHORPERSA ** TROMPITO	AMARIL	909701023	KOHLER / M3	2620401559 -		8	9 P3
209706	INHORPERSA ** TROMPITO	NARANJ	909706026	KOHLER / M3	2631901409 -		8	9 P3
209709	INHORPERSA ** TROMPITO	NARANJ	9097090053	KOHLER / M3	2712000179 -		8	9 P3

BOMBAS Y MOTOBOMBAS

217001	POZO - BYRON JACKSON **			GM/4030-C	4A-5269 4C / 2T -		70	10 ⁿ
217213	BERKELEY ** 150			CENTURY/SC-1213p-FVA	-		5	2 ⁿ x 1 ⁿ

ANEXO 02

DOCUMENTACIÓN UTILIZADA EN MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA CICSA

ANEXO 5.1

CIC INFORME DE MANTENIMIENTO

UNIDAD ~~10000000~~ FECHA 11-07-200 OBRA 201
CDAR # 14.


Descripción del problema o servicio:

Tiempo dedicado en horas: (0.5 hr)

Observaciones: (Anotar labor efectuada, repuestos usados, otros repuestos necesarios y lo que falta hacer).

NECESITA los siguientes ACCESORIO y SON:

- 01 BATERIA
- 01 SUMINISTRO de aceite PARA HORNETO.
- REPARACION de botella central de LEVANTE HD.
- Cambio de aceite MOTOR y FILTROS para el aceite
- 01 Filtro hidraulico
- 02 BONES de BATERIA
- 10 GALONES de aceite Hidraulica.
- 10 metros cable AUTOPROT. MZ.
- 06 TERMINALES.

NOMBRE DEL MECANICO A Rosales FIRMA 

DOCUMENTO 01

CORPORACIÓN DE INGENIERÍA CIVIL S.A.

INFORME DIARIO DE EQUIPO

UNIDAD PK - 5119 FECHA 13-09-99

Lectura horas al inicio 7. AM.
 Lectura horas al termino 10.10. PM
 Horas trabajadas (motor encendido) 10
 Lectura Kms. Al inicio 246655
 Lectura Kms. Al termino 246760

COMBUSTIBLE/LUBRICANTE ECHADO A LA MAQUINA

Petroleo/gasolina (galones) 55 GALONES 95
 Aceite de motor (galones) -
 Aceite de transmision (galones) -
 Aceite hidraulico (galones) -
 Grasa amarilla (kilos) -
 Grasa negra (kilos) -
 Grasa rodajes (kilo) -

DESCRIPCION DEL TRABAJO APOLLO HOBRA MOQUEGUA

RECLAMOS / DESPERFECTOS HEERRAMIENTAS
LLAVES DE BOCA, DESARMAADORES

Adjunta informe de mantenimiento? SI NO

RUGEL RUIZ GARCIA RUGEL
 NOMBRE-OPERADOR FIRMA OPERADOR

RCH/

RETRO

Unidad JOHN DEERE Semana de 13.9.99 al 19.9.99 Obra 779.

410.D.
149501

Día	Horas	Kms.	Petróleo Gasolina	Aceite Motor	Aceite Transmis.	Aceite Hidrául.	Grasa Amarilla	Grasa Negra	Grasa Rodaje
13	10		8				1/2.		
14	7		12				1/2		
15	5		13				1/2		
16	7		5				1/2		
17	8		14				1/2		
18	105		10				1/2		
19.	4		09				1/2.		
Total	46.		71				3 1/2		

Observaciones

Corporación de Ingeniería Civil S.A.

Ing. G. Boulogne Residente
RESIDENTE

DOCUMENTO 03

ANEXO 5.3

180
175

UNIDAD..... FECHA.../.../.... UBICACION.....

SISTEMA Y FALLA A REPARAR.....

(Indicar número de piezas necesarias en Nº: piezas en stock en S,

ITEM	CODIGO REPUESTO	DESCRIPCION DEL REPUESTO	Nº	S.	PRECIO

Tiempo estimado para la compra de repuestos: días.

Tiempo estimado para la reparación: días.

Hecho por Revisado por
DOCUMENTO 05

NOTA DE PEDIDO

N° :

Fecha :

CODIGO	Cantidad	Unid.	DESCRIPCION	SEGUN ESPECIFICACIONES DEL:	FECHA ENTREGA EN OBRA
Pedido por				Aprobado por	Controlado por

183

ANEXO 5.6

Observaciones:

.....

.....

.....

Corporación
de Ingeniería

DOCUMENTO 07

Jr. Fernando Wiese 680 Lir
PO Box 4194 Lima 100 Pe
T (511) 336 6898 (511) 336
F (511) 336 6863
E postmaster@cic.com.pe
www.cic.com.pe

Fecha 29 Diciembre 1994

Dirección del punto de partida Chorrillos Montevideo

Datos del destinatario

Nombre o razón social ZICSA

Domicilio del punto de llegada Jr. Fernando Wiese 680

R.U.C. 18034454

Nº pedido

Fecha de pedido

Cantidad	Código	Unidad	
01		Unid.	Block de - Water - Bomb - Bomba - Support - Trans - Equip

ANEXO 03

ANÁLISIS ESPECTOGRÁFICO DEL

ACEITE DE MOTOR REALIZADO

POR CIA FERREYROS



División Caterpillar

Lima, 09 de febrero del 2000

SMP 055/2000

Señores
CORPORACION DE
INGENIERIA CIVILES
Jr. Fernando Wiese 680
Lima.-

At.: Sr. Alberto Reyes

Estimados señores:

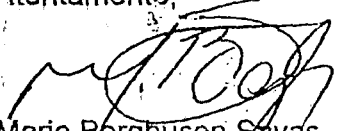
Adjunto a la presente estamos remitiendo el Reporte de Inspección, correspondiente al equipo detallado a continuación, así como los resultados de los análisis de las muestras de aceite extraídas a los mismos y sus respectivas cotizaciones de repuestos

Modelo	Número de Serie	N° Cotización	Monto US\$
CAT 426C	6XN00370	00Q028252	2,338.54

Para cualquier información adicional sírvase comunicarse al teléfono 336-7070- anexo 4400, e.mail: mberghus@ferreyros.com.pe.

Sin otro particular, nos despedimos de Uds.

Atentamente,

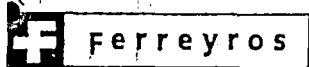

Mario Berghusen Sayas
Jefe Area Coordinación
Ventas Sucursales y SMP

CORPORACION DE INGENIERIA CIVIL S. A.

Fecha Recibido: 10 FEB. 2000

Registro: 1034586

Reporte de inspección



MAQUINAS 1

OFICINA LIMA		INSPECTOR JOSE CUTIEMPER			CLIENTE CORPORACION DE INGENIERIA CIVIL S.A.		
FECHA DE INSPECCION 31-01-2000	MARCA CAT	MODULO MOTOR MAQUINA	MODELO 3054 426L	SERIE 5HR50516 6XN00370	ARREGLO 106-5002 120-9557	HORAS 4393	

LENE LOS COMPONENTES Y ACTIVIDADES DEL MANUAL DE CODIGOS DEL DPTO. DE SERVICIO DE FERREYROS S.A.

- NORMAL
- ATENDER
- INDICADOR

DESCRIPCION DE COMPONENTES		NORMAL	REEMPLAZAR CON SIC.	REEMPLAZAR EMPAQUETADO/SELLO	REPARACION TOTAL	DESMONTEAR E INSTALAR	REPARAR	AJUSTAR Y CALIBRAR	RECONSTRUIR SEGUN INSTRUCCIONES	CAMBIO DE RODAJE / LUBRIFICACION	PRUEBA PARA UBICAR FUGAS/VALVULAS	EVALUACION CON INSTRUMENTOS (SMP-2)	DRENAR/RELLENAR	SOLDAR	ENDEREZAR	ENGRASAR	LAVAR	PINTAR	LIMPIAR	
																				13
MOTOR DIESEL (humo)	1000	✓																		
TURBO ALIMENTADOR	1052	✓																		
CONTROL DE RELACION DE PRESION	1056	-																		
VALVULA DE DERIVACION DE ESCAPE	1057	-																		
REGULADOR DE PRESION DE ADMISION	1076	-																		
COMPRESOR DE AIRE	1065	-																		
GUARDA DEL MOTOR	7154	✓																		
AMORTIGUADOR DE VIBRACIONES	1205	✓																		
BALANCEADOR	1220	-																		
SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE	1050	✓																		
CULATA	1101	✓																		
VALVULAS	1105	✓																		
PRE FILTRO DE AIRE	1055	-																		
ELEMENTO DEL FILTRO DE AIRE	1054	✓																		
MULTIPLE Y TUBERIAS DE ADMISION	1058	✓																		
MULTIPLE DE ESCAPE	1059	✓																		
TRAMPA PARA LLUVIA	1072	✓																		
MEDIDOR DE SERVICIO MECANICO(SMU)	7478	-																		
HOROMETRO ELECTRICO	7480	✓																		
ENFRIADOR DE AIRE	1063	-																		
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	1250	✓																		
TUBERIAS DE INYECCION	1252	✓																		
BOMBAS DE INYECCION	1251	-																		
INYECTORES / TOBERAS	1254	✓																		
BOMBA DE TRANSFERENCIA	1256	✓																		
CAJA DE BOMBAS DE INYECCION	1253	✓																		
GOBERNADOR	1264	✓																		
BOMBA DE CEBADO (PSI)	1258	✓																		
ELEMENTO DE FILTRO DE COMBUST.	1261	✓																		
CONTROL GOBERNADOR/ACELERADOR	1265	✓																		
DESACELERADOR / ACELERADOR	1276	✓																		
SISTEMA DE LUBRICACION	1300	✓																		
BOMBA DE LUBRICACION (PSI)	1304	✓																		
RESPIRADERO DEL CARTER	1317	✓																		
FILTRO DE LUBRICANTE: PAPEL / METALICO	1318	✓																		

MAQUINAS

DESCRIPCION DE COMPONENTES		<div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: small;"> NORMAL REEMPLAZAR CON SIG. REEMPLAZAR EMPAQUETADO/SELO REPARACION TOTAL DESMONTAR/REPARAR ENVIAR LIMPIAR ALINEAR AJUSTAR / CALIBRAR RECONSTRUIR SEGUN INSTRUCCIONES CAMBIO DE RODAJE / COJINETE PRUEBA HIDRAULICA EVALUACION CON INSTRUMENTOS (SMPZ) DRENAR/RELENAR CARGAR BATERIA LIMPIAR INTERIOR (LUSHING) SOLDAR ENGRASAR LAVAR </div>																
		13	14	20	22	70	24	25	26	28	32	38	44	45	46	62	96	74
SISTEMA DE REFRIGERACION (TEMP)	1350	✓																
RADIADOR	1353	✓																
TÉRMOSTATOS	1355	✓																
CONJUNTO DE VENTILADOR	1356	✓																
FAJAS DEL VENTILADOR	1357	✓																
BOMBA DE AGUA	1361	✓																
ENFRIADOR DE ACEITE (del motor)	1378	✓																
MANGUERAS / CAÑERIAS DE AGUA	1380	✓																
TAPA DE RADIADOR	1382	✓																
ENFRIADOR DE TRANSMISION	1375	✓																
SISTEMA ELECTRICO AUXILIAR	1400	✓																
GENERADOR	1404	✓																
ALTERNADOR	1405	✓																
REGULADOR DE VOLTAJE	1410	✓																
BATERIAS (carga)	1401	✓																
CABLES DE BATERIAS	1402	✓																
ARRANCADOR ELECTRICO	1453	✓																
INTERRUPTOR DE ARRANQUE	1416	✓																
DISYUNTOR	1420	✓																
CABLES DE CIRCUITO	1408	✓																
LUCES	7309	✓																
TRANSMISION DIRECTA Y EMBRAGUE	3050	-																
EMBRAGUE SECO	3051	-																
EMBRAGUÉ EN ACEITE	3052	-																
SELECTOR MANUAL DE TRANSMISION	3060	-																
VARILLAJE DE TRANSMISION (D.D)	3065	-																
FILTRO (D.D.): PAPEL/METALICO	3067	-																
CONVERTIDOR/DIVISOR DEL TORQUE	3100	✓																
RETARDADOR	3120	-																
SERVOTRANSMISION	3150	✓																
BOMBA DE LA TRANSMISION	3153	✓																
MANGUERAS DE TRANSMISION	3154	✓																
FILTRO(P.S.) PAPEL/METALICO	3179	✓																
VARILLAJE DE TRANSMISION(P.S.)	3156	X																
GUARDA DE LA TRANSMISION	7153	✓																
EJE DE MANDO/EJE DE TRANSMISION	3250	✓																
UNION UNIVERSAL	3251	✓																
ACOPLE FLEXIBLE	3252	-																
EJE DE TRANSMISION	3253	✓																
EJE DE LA CORONA/CORONA	3256	✓																
DIFERENCIAL	3258	X																
MANDOS FINALES	4050	✓																
SELLOS DE MANDOS FINALES	4052	✓																
EMBRAGUE DE DIRECCION, EN ACEITE	4101	-																
EMBRAGUE DE DIRECCION, SECO	4109	-																
BANDAS DE FRENOS / ZAPATAS	4110	-																
SISTEMAS DE DIRECCION	4300	✓																
CILINDRO DE DIRECCION	4303	✓																
BOMBA DE DIRECCION	4306	✓																
MECANISMO DE LA DIRECCION	4305	✓																

85°C. NO UTILIZA REFRIGERANTE CATERPILLAR

SE DEBE CAMBIAR CADA 3000 HORAS.

NUUEVA.

SIN FUEGO.

14.4V.

LIBRE DE MANTENIMIENTO 13.0V

FUGA DE ACEITE POR LA FUERZA DE CAMBIO.

CAMBIO EL TIPO DE ACEITE EN DIF. POSTERIOR YA SE HIZO.

10/10/2011

2600 PSI

MAQUINAS

DESCRIPCION DE COMPONENTES

			<table border="1"> <tr> <td>NORMAL</td> <td>REEMPLAZAR CON SIC</td> <td>REEMPLAZAR EMPAQUETADO/BELLO</td> <td>VOLTEAR</td> <td>REPARACION TOTAL</td> <td>DESMONTAR</td> <td>REPARAR E AJUSTAR</td> <td>AJUSTAR Y CALIBRAR</td> <td>RECONSTRUIR SEGUN INSTRUCCIONES</td> <td>CAMBIO DE RODAJE / COJINETE</td> <td>EVALUACION CON INSTRUMENTOS (SMP-2)</td> <td>DRENAIR/RELLENAR (FLUSHING)</td> <td>SOLDAR</td> <td>RELLENAR CON SOLDAD AUTOMATICA (TALLER)</td> <td>ENDEREZAR</td> <td>REFORZAR</td> <td>ENGRASAR</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>14</td> <td>18</td> <td>20</td> <td>22</td> <td>24</td> <td>25</td> <td>26</td> <td>28</td> <td>38</td> <td>44</td> <td>46</td> <td>62</td> <td>66</td> <td>68</td> <td>69</td> <td>96</td> </tr> </table>														NORMAL	REEMPLAZAR CON SIC	REEMPLAZAR EMPAQUETADO/BELLO	VOLTEAR	REPARACION TOTAL	DESMONTAR	REPARAR E AJUSTAR	AJUSTAR Y CALIBRAR	RECONSTRUIR SEGUN INSTRUCCIONES	CAMBIO DE RODAJE / COJINETE	EVALUACION CON INSTRUMENTOS (SMP-2)	DRENAIR/RELLENAR (FLUSHING)	SOLDAR	RELLENAR CON SOLDAD AUTOMATICA (TALLER)	ENDEREZAR	REFORZAR	ENGRASAR	13	14	18	20	22	24	25	26	28	38	44	46	62	66	68	69	96
			NORMAL	REEMPLAZAR CON SIC	REEMPLAZAR EMPAQUETADO/BELLO	VOLTEAR	REPARACION TOTAL	DESMONTAR	REPARAR E AJUSTAR	AJUSTAR Y CALIBRAR	RECONSTRUIR SEGUN INSTRUCCIONES	CAMBIO DE RODAJE / COJINETE	EVALUACION CON INSTRUMENTOS (SMP-2)	DRENAIR/RELLENAR (FLUSHING)	SOLDAR	RELLENAR CON SOLDAD AUTOMATICA (TALLER)	ENDEREZAR	REFORZAR	ENGRASAR																															
13	14	18	20	22	24	25	26	28	38	44	46	62	66	68	69	96																																		
CARRILERIA	4150	-																																																
GUARDAS DE LOS RODILLOS INF.	7152	-																																																
BASTIDOR DE RODILLOS	4151	-																																																
ARO DE RUEDA MOTRIZ (SEGMENTADO)	4155	-																																																
ARO DE RUEDA MOTRIZ (SOLDADO)	4156	-																																																
ADAPTADOR DE RUEDA MOTRIZ	4163	-																																																
TEMPLADOR DE CADENA	4157	-																																																
RESORTE TENSOR	4158	-																																																
PLANCHA CARRIL DE RUEDA GUIA	4160	-																																																
GUARDAS DE LA CADENA	4177	-																																																
CADENA DE ORUGA	4170	-																																																
PIÑES Y BOCINAS (paso)	4174	-																																																
ESLABONES (altura)	4171	-																																																
GARRAS DE ZAPATAS (altura)	4173	-																																																
RUEDAS Y NEUMATICOS	4200	✓																																																
CONJUNTO DE RUEDA	4208	✓																																																
ARO Y LLANTA	4202	✓																																																
LLANTA	4203	✓																																																
SISTEMA DE FRENOS DE RUEDAS	4250	✓																																																
CONJUNTO DE FRENO (RUEDAS)	4251	-																																																
CILINDRO MAESTRO	4258	-																																																
CILINDRO DE LA RUEDA	4260	-																																																
VALVULA DE CONTROL DEL FRENO	4265	✓																																																
ROTOCAMARA	4262	-																																																
PASTILLAS DEL FRENO DE DISCO	4273	✓																																																
DISCO DEL FRENO	4255	✓																																																
FRENO DE ESTACIONAMIENTO	4267	✓																																																
TAMBOR DE FRENO	4252	-																																																
ZAPATAS DE FRENO	4253	-																																																
SISTEMA HIDRAULICO (CICLO)	5050	✓																																																
MOTOR HIDRAULICO DE PALETAS	5052	-																																																
BOMBA HIDRAULICA DE PALETAS	5055	✓																																																
BOMBA HIDRAULICA DE PISTONES	5070	-																																																
BOMBA HIDRAULICA DE ENGRANAJES	5073	-																																																
MANGUERAS Y CAÑERIAS HIDRAULICAS	5057	X																																																
UNION GIRATORIA HIDRAULICA	5060	-																																																
GRUPO DE VALVULAS DEL TANQUE	5076	✓																																																
ELEMENTO DE FILTRO	5068	✓																																																
<i>CILINDROS GIRO PLUMA</i>		X																																																
CILINDRO DE LEVANTE	5102	✓																																																
CILINDRO DE INCLINACION	5104	-																																																
CILINDRO DE VOLTEO	5106	✓																																																
LIMITADOR DE LEVANTE	5109	-																																																
UBICADOR DE CUCHARON	5112	-																																																
<i>CILINDRO CUCHARON PLUMA</i>		✓																																																
<i>CILINDRO BRAZO</i>		X																																																
<i>CILINDRO PLUMA</i>		✓																																																
WINCHE	5163	-																																																
BOMBA DE WINCHE	5164	-																																																

MAQUINAS

DESCRIPCION DE COMPONENTES		MANTENIMIENTO																	
		NORMAL	REEMPLAZAR CON SIC.	REEMPLAZAR EMPALME/ADISELLO	VOLTEAR	REPARACION TOTAL	DESMONTAR	REPARAR E INSTALAR	AJUSTAR Y CALIBRAR	RECONSTRUIR SEGUN INSTRUCCIONES	CAMBIO DE COJINETE	PRUEBA PARA UBICAR RAJADURAS/FUGAS	EVALUACION CON INSTRUMENTOS CON DRENAR/PRELENAR	SOLDAR	ENDEREZAR	REFORZAR	PINTAR	ENGRASAR	
		13	14	18	20	22	23	25	26	28	34	38	44	62	68	69	72	96	
IMPLEMENTOS DE TRACTOR TOPADOR	6050	-																	
HOJA TOPADORA	6060	-																	
CANTONERAS	6804	-																	
CUCHILLAS PARA HOJA TOPADORA	6801	-																	
BASTIDOR "C"	6063	-																	
BRAZOS DE EMPUJE - TEMPLADORES	6061	-																	
MUÑO / ROTULA	6069	-																	
CONTROLES DE MOTONIVELADORA	5200	-																	
CAJA DE CONTROL DE MANDOS	5201	-																	
CAJA DE ENGRANAJES DE LEVANTE	5205	-																	
CAJA DE ENG. DE GIRO DEL CIRCULO	5207	-																	
CAJA DE REDUCC. DE GIRO DEL CIRCULO	5208	-																	
CAJA DE ENG. DE INCLINAC. DE RUEDAS	5224	-																	
CONTROL DE DESPLAZAMIENTO LATERAL	5227	-																	
HOJA NIVELADORA	6151	-																	
ZAPATAS DE CIRCULO	6155	-																	
ESCARIFICADOR	6162	-																	
IMPLEMENTOS DEL CARGADOR	6100	✓																	
CUCHARON PARA APLICACION GRAL.	6101	✓																	
MECANISMO DEL CARGADOR	6107	✓																	
PASADORES DEL CUCHARON	6108	✓																	
BRAZOS DE LEVANTE	6119	✓																	
PALANCA DE INCLINACION	6116	✓																	
MECANISMO DE INCLINACION	6117	✓																	
PUNTA (08)		X	CAMBIAR																
TRAILLA	6200	-																	
CILINDRO DE LEVANTE DE COMPUERTA	5301	-																	
CILINDRO DE LEVANTE DE LA CAJA	5303	-																	
CILINDROS DEL EVECTOR	5305	-																	
ELEVADOR	6210	-																	
DESGARRADOR	6312	-																	
PUNTAS DE DESGARRADOR	6808	-																	
IMPLEMENTOS DE EXCAVADOR	6500	✓																	
PLUMA	6501	✓																	
AGUILON	6502	✓																	
CUCHARON DE RETROEXCAVADORA	6503	X	CAMBIAR PUNTA (05)																
MAQUINA	7000	✓																	
BASTIDOR PRINCIPAL (CHASSIS)	7051	✓																	
BARRA ESTABILIZADORA	7206	✓																	
CABINA	7301	✓																	
TOLDO	7302	-																	
INSTRUMENTOS E INDICADORES	7450	✓																	
TABLERO DE INST. DE OPERADOR	7451	✓																	
INDICADOR DEL FILTRO DE AIRE	7452	✓																	
INST. DE TEMP. DEL REFRIGTE. MOTOR	7453	✓																	
INST. DE PRESION DEL REFRGTE. MOTOR	7454	-																	
INST. DE PRESION DEL ACEITE MOTOR	7455	-																	
INST. DE PRESION DEL COMBUSTIBLE	7456	-																	
INST. PRESION ACEITE DEL CONV. TORQ.	7458	-																	
INST. PRESION DE ACEITE DEL FRENO	7460	-																	
INST. DE PRESION DE AIRE	7461	-																	
AMPERIMETRO	7467	-																	

recomendaciones de la inspección



Horímetro: 4393.

oficina LIMA		Inspector JOSE COUTIERREZ		cliente COMPAÑIA INGENIERIA CIVIL S.A.	
marca CAT	motor	modelo 3054	serie SHK50516	arreglo 100-5002	fecha de inspección 31.01.2000
	máquina	426C	6XN0037U	1209554	

comprobante	código No.	descripción de la operación recomendada	tiempo estimado	costo mano obra	repuestos estimados
	(1)	LA MAQUINA SE ENCUENTRA OPERATIVA. ✓			
	(2)	EL TURBOALIMENTADOR PRESENTA UNA FUGA DE ACEITE POR LA EMPAQUETADURA DE LA LINEA DE RETORNO.			
	(3)	SE RECOMIENDA PROGRAMAR LA CALIBRACION DE VALVULAS QUE DEBE HACERSE CADA 2000 HORAS.			
	(4)	LOS FILTROS DE AIRE PRIMARIO Y SECUNDARIO NO SON ORIGINALES Y SE ENCUENTRAN CON POLVO POR AMBOS LADOS DEBIDO A QUE LA UNION DEL EXITO DE SALIDA DE LA CADA DE FILTROS CON LA MISMA NO SELLA E INGRESA POLVO POR ELLA. DEBE REPARARSE LA JUNTA O CAMBIARLE LOS COMPONENTES DEFECTUOSOS. AL REPARAR SE RECOMIENDA CAMBIAR LOS FILTROS.			
	(5)	EL SISTEMA DE REFRIGERACION NO UTILIZA ADITIVOS CATERPILLAR. SE RECOMIENDA LAJAR EL SISTEMA AL MENOS UNA VEZ AL AÑO CON LIMPIADOR CATERPILLAR.			
	(6)	SI NO SE HA CAMBIADO EL TERMOSTATO, SE RECOMIENDA PROGRAMAR EL CAMBIO POR HORAS DE SERVICIO.			
	(7)	HAY FUGA DE ACEITE DE TRANSMISION POR EL SELLO DEL CONTROL DE MARCHAS. REPARAR A LA BREVEDAD.			
	(8)	HAY FUGAS DE ACEITE HIDRAULICO POR EL CILINDRO DE SELLO ENDO DE PLUMA DETECHO, CILINDRO DE BRAZO Y MANGUERA DE SALIDA DEL TANQUE. PARA LOS CILINDROS SE DEBE CAMBIAR LOS SELLOS Y DAR UN BRUÍDO SUPERFICIAL A LOS CILINDROS. EN EL CASO DE LA MANGUERA, DEBE LIMPIARSE LA UNION Y AJUSTAR CORRECTAMENTE.			
	(9)	PARA EL DIFERENCIAL POSTERIOR SE RECOMIENDA UTILIZAR ACEITE CATERPILLAR MTO SAE 30. EL PERUOIL 87W140 NO ES ADECUADO PARA ESTA APLICACION.			
	(10)	LAS DENTAS DE LOS CUCHARONES ESTAN MUY LAMADAS. SE DEBEN CAMBIAR A LA BREVEDAD.			
	(11)	SISTEMA HIDRAULICO Y TRANSMISION TRABAJANDO NORMAL: PRESION MAXIMA: 2950 PSI DE SAL. CONVERTIDOR: 70 PSI - OIL DIRECCION: 3000 PSI - OIL. PRES. MANO BRAZO: 500 PSI - OIL PRESION MARGINAL: 250 PSI. OIL - PRES. LUBRICAR: 15 PSI - OIL. VELOCIDAD CALADO: 2200 RPM. OIL.			
	(12)	SE TOMAN 07 MUESTRAS DE ACEITE. LOS RESULTADOS SE LE HARAN LLEGAR A LA BREVEDAD.			
total					

[Handwritten signature]
firma inspector



Industrial 675 Lima Perú
 Apartado 150
 T 336 7070
 F 336 8844
 Anexo: 4209

CORPORACION DE ING. CIVIL SA
 Cod. 0020610

ORDEN DE SERVICIO
 SEGMENTO Nº
 EQUIPO Nº 145703
 SITIO DE TRABAJO PARECHUEO ✓
 MARCA Caterpillar ✓
 MODELO Nº 425C
 SERIAL Nº 6XN00370
 COMPARTIMIENTO MOTOR ✓
 MARCA / TIPO DE ACEITE PENNZ 15W40
 SE CAMBIO ESTE ACEITE?
 ORDEN DE COMPRA Nº 5MFA
 MUESTRA Nº
 COMPROMISO ESPECIAL
 CONTROL LABORATORIO Nº 00B03684
 EVALUACION DE MUESTRA Normal

Fecha Tomada	Horo-metro	Horas Aceite	Cant. Aceite Agreg.	Observaciones
01/02/00				TODOS LOS RESULTADOS SON NORMALES.
31/01/00	4393	206		
12/07/99				TODOS LOS RESULTADOS SON NORMALES. Seguir muestreando para desarrollar tendencias.
09/07/99	2872	37		

ELEMENTOS DE DESGASTE:											CONDICION DEL ACEITE / CONTAMINANTES								
CU	FE	CR	PB	AL	SI	MO	NA	MG	SN	W	F	A	ST	OXI	NIT	SUL	C/P	TBN	VIS
3	20	0	3	2	5		7		1	N	N	N	35	19	31	24			100
1	8	0	0	2	7		5		0	N	N	N	15	0	0	0			115

L = ALUMINIO PB = PLOMO MG = MAGNESIO ST = SOOT (%) SUL = AZUFRE (%)
 CR = CROMO NA = SODIO W = AGUA (%) OXI = OXIDACION (%) C/P = CONT. DE PARTICULAS
 CU = COBRE MO = MOLIBDENO F = COMBUSTIBLE NIT = NITRACION (%) VIS = VISCOSIDAD EN CST.
 SI = SILICIO A = ANTICONGELANTE (%) A 40°C
 FE = HIERRO SN = ESTAÑO

NOTA: EL PROPOSITO DE ESTE ANALISIS ES UNICAMENTE PARA DETECTAR DESGASTES MECANICOS. NO DEBE ENTENDERSE COMO GARANTIA EXPRESA O IMPLICITA QUE NO OCURRA UNA FALLA DEL EQUIPO O ALGUNO DE SUS COMPONENTES.

LABORATORIO
 ANALISIS DE
 ACEITE



SERVICIO ANALISIS DE FLUIDOS

196
 785 / 192



Industrial 675 Lima Perú
 Apartado 150
 T 336 7070
 F 336 8844
 Anexo: 4209

CORPORACION DE ING. CIVIL SA
 Cod. 0020610

ORDEN DE SERVICIO
 SEGMENTO Nº
 EQUIPO Nº 149703
 SITIO DE TRABAJO FURUOHUCCO
 MARCA Caterpillar
 MODELO Nº 426C
 SERIAL Nº 6YN00370
 COMPARTIMIENTO TRANSMISION
 MARCA / TIPO DE ACEITE PENNZOIL SAE 40
 SE CAMBIO ESTE ACEITE?
 ORDEN DE COMPRA Nº SMP4
 MUESTRA Nº
 COMPROMISO ESPECIAL
 CONTROL LABORATORIO Nº 00603685
 * EVALUACION DE MUESTRA Reducible

Fecha Tomada	Horo-metro	Horas Aceite	Cant. Aceite Agreg.	Observaciones
01/02/00				For Hrs/Operac/Aceite, Rango/desgaste aceptables. Rango de Contador de Particulas es normal. Seguir muestreando para desarrollar tendencias.
31/01/00	4393	493		Se recomienda usar aceite TD-4 SAE 30. Esta usado aceite fuera de especificacion.
12/07/99				For Hrs/Operac/Aceite, Rango/desgaste aceptables. EXCEPTO COBRE ELEVADO. REVISE REGULACION. Seguir muestreando para desarrollar tendencias. y verificar desgaste de cobre.
09/07/99	2672	566		

ELEMENTOS DE DESGASTE:											CONDICION DEL ACEITE / CONTAMINANTES									
CU	FE	CR	PB	AL	SI	MO	NA	MS	SN		W	F	A	ST	OXI	NIT	SUL	C/P	TEN	VIS
98	10	0		1	4						N									1713
143	7	0		2	3						N									1713

AL = ALUMINIO PB = PLOMO MG = MAGNESIO ST = SOOT (%) SUL = AZUFRE (%)
 CR = CROMO NA = SODIO W = AGUA (%) OXI = OXIDACION (%) C/P = CONT. DE PARTICULAS
 CU = COBRE MO = MOLIBDENO F = COMBUSTIBLE NIT = NITRACION (%) VIS = VISCOSIDAD EN CST.
 FE = HIERRO SI = SILICIO A = ANTICONGELANTE (%) A 40°C

NOTA: EL PROPOSITO DE ESTE ANALISIS ES UNICAMENTE PARA DETECTAR DESGASTES MECANICOS. NO DEBE ENTENDERSE COMO GARANTIA EXPRESA O IMPLICITA QUE NO OCURRA UNA FALLA DEL EQUIPO O ALGUNO DE SUS COMPONENTES.

LABORATORIO
 ANALISIS DE
 ACEITE



SERVICIO ANALISIS DE FLUIDOS

197
 186



Av. Industrial 675 Lima Perú
 Apar. 150
 T 336 7070
 F 336 8844
 Anexo: 4209

CORPORACION DE ING. CIVIL SA
 Cod. 0020610

ORDEN DE SERVICIO
 SEGMENTO Nº
 EQUIPO Nº 49705
 SITIO DE TRABAJO BUCARUCCO
 MARCA Caterpillar
 MODELO Nº 426C
 SERIAL Nº 6AN00370
 COMPARTIMIENTO SISTEMA HIDRAULICO
 MARCA / TIPO DE ACEITE MOBIL DTE 25
 SE CAMBIO ESTE ACEITE?
 ORDEN DE COMPRA Nº 3454
 MUESTRA Nº
 COMPROMISO ESPECIAL
 CONTROL LABORATORIO Nº 00E03463
 EVALUACION DE MUESTRA Anormal

01/02/00
 Fecha Tomada 31/01/00 4393
 Horo- metro 493
 Horas Aceite
 Cant. Aceite Agreg.
 DESGASTE DE HIERRO ELEVADO. REVISAR BOMBA/HIDR. Inspeccionar Hermeticidad y Ajuste de Sellos. ENVIE NUEVA MUESTRA LUEGO DE EVALUACION. Se recomienda cambiar Aceite/Filtros. Se recomienda usar aceite TO-4 SAE 10W

12/07/99
 09/07/99 2872 1067
 For Hrs/Operac/Aceite. Rango/desgaste aceptables. EXCEPTO HIERRO ELEVADO. Rango de Contador/Particulas esta Ligeram/Alto. Inspeccionar Hermeticidad y Ajuste de Sellos. Se recomienda cambiar Aceite/Filtros. Envie nueva muestra a 100 hrs.

ELEMENTOS DE DESGASTE:											CONDICION DEL ACEITE / CONTAMINANTES										
CU	FE	CR	FB	AL	SI	MO	NA	MG	SN		W	F	A	ST	OXI	NIT	SUL	C/P	TRN	VIS	
39	71	0		0	15						N									1912	
58	38	0		7	14						N									1914	

- AL = ALUMINIO
- CR = CROMO
- CU = COBRE
- FE = HIERRO
- PB = PLOMO
- NA = SODIO
- MO = MOLIBDENO
- SI = SILICIO
- SN = ESTAÑO
- MG = MAGNESIO
- W = AGUA (%)
- F = COMBUSTIBLE
- A = ANTICONGELANTE (%)
- ST = SOOT (%)
- OXI = OXIDACION (%)
- NIT = NITRACION (%)
- SUL = AZUFRE (%)
- C/P = CONT. DE PARTICULAS
- VIS = VISCOSIDAD EN CST. A 40°C

NOTA: EL PROPOSITO DE ESTE ANALISIS ES UNICAMENTE PARA DETECTAR DESGASTES MECANICOS. NO DEBE ENTENDERSE COMO GARANTIA EXPRESA O IMPLICITA QUE NO OCURRA UNA FALLA DEL EQUIPO O ALGUNO DE SUS COMPONENTES.

LABORATORIO
 ANALISIS DE
 ACEITE



187 198



Av. Industrial 675 Lima Perú
 Apartado 150
 T 336 7070
 F 336 8844
 Anexo: 4209

CORPORACION DE ING. CIVIL SA
 Cod. 0020610

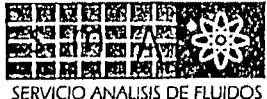
ORDEN DE SERVICIO
 SEGMENTO Nº
 EQUIPO Nº 149705
 SITIO DE TRABAJO FURQUAUCO
 MARCA Caterpillar
 MODELO Nº 426E
 SERIAL Nº 6XN00370
 COMPARTIMIENTO MDO.FINAL.DELAN.12000.
 MARCA / TIPO DE ACEITE CAT
 SE CAMBIO ESTE ACEITE?
 ORDEN DE COMPA Nº 5074
 MUESTRA Nº
 COMPROMISO ESPECIAL
 CONTROL LABORATORIO Nº 0080368E
 EVALUACION DE MUESTRA Reportable

Fecha Tomada	Horo-metro	Horas Aceite	Cant. Aceite Agreg.	Por Hrs/Operac/Aceite, Rangos/Desgaste Normales, Rango de Contador de Particulas es Elevado, Seguir muestreando para desarrollar tendencias.
01/02/00				
31/01/00	4393	493		
12/07/99				Por las Horas de Operacion del Aceite DESGASTE DE HIERRO ELEVADO, Rango de Contador de Particulas es Elevado, Se recomienda Cambiar Aceite, Seguir muestreando para desarrollar tendencias.
09/07/99	2872	2872		

ELEMENTOS DE DESGASTE:										CONDICION DEL ACEITE / CONTAMINANTES									
CU	FE	CR	PB	AL	SI	MO	NA	MG	SN	W	F	A	ST	OXI	NIT	SUL	C/P	TRN	VIS
1	91	0		0	5					N								2320	
3	190	1		1	8					N								2320	

AL = ALUMINIO PB = PLOMO MG = MAGNESIO ST = SOOT (%) SUL = AZUFRE (%)
 CR = CROMO NA = SODIO W = AGUA (%) OXI = OXIDACION (%) C/P = CONT. DE PARTICULAS
 CU = COBRE MO = MOLIBDENO F = COMBUSTIBLE NIT = NITRACION (%) VIS = VISCOSIDAD EN CST.
 FE = HIERRO SI = SILICIO A = ANTICONGELANTE (%) A 40°C

LABORATORIO
 ANALISIS DE
 ACEITE



SERVICIO ANALISIS DE FLUIDOS

NOTA: EL PROPOSITO DE ESTE ANALISIS ES UNICAMENTE PARA DETECTAR DESGASTES MECANICOS. NO DEBE ENTENDERSE COMO GARANTIA EXPRESA O IMPLICITA QUE NO OCURRA UNA FALLA DEL EQUIPO O ALGUNO DE SUS COMPONENTES.

182 199
~~195~~



Av. Industrial 675 Lima Perú
 Apartado 150
 T 336 7070
 F 336 8844
 Anexo: 4209

CONFRACION DE ING. CIVIL SA
 Cód. 0020810

ORDEN DE SERVICIO
 SEGMENTO Nº
 EQUIPO Nº 149703
 SITIO DE TRABAJO FURQUENCO
 MARCA Caterpillar
 MODELO Nº 326C
 SERIAL Nº 6XR00370
 COMPARTIMIENTO MDD.FINAL.DELAN.DERECHO
 MARCA / TIPO DE ACEITE CAT
 SE CAMBIO ESTE ACEITE?
 ORDEN DE COMPRA Nº 3MF4
 MUESTRA Nº
 COMPROMISO ESPECIAL
 CONTROL LABORATORIO Nº 00803687
 * EVALUACION DE MUESTRA Reportable /

01/02/00
 Fecha Tomada Horo- metro Horas Aceite Cant. Aceite Agreg. For Hrs/Operac/Aceite. Rangos/Desgaste Normales. Rango de Contador de Particulas es Elevado. Seguir muestreando para desarrollar tendencias.

31/01/00 4393 493

12/07/99
 Por las Horas de Operacion del Aceite DESGASTE DE HIERRO ELEVADO.
 Rango de Contador de Particulas es Elevado.
 Se recomienda Cambiar Aceite. Seguir muestreando para desarrollar tendencias.

09/07/99 2872 2872

ELEMENTOS DE DESGASTE:

CU	FE	CR	PB	AL	SI	MO	NA	MG	SN
1	84	0		0	5				
6	240	1		2	8				

CONDICION DEL ACEITE / CONTAMINANTES

W	F	A	ST	OXI	NIT	SUL	C/P	TEN	VIS
N								2319	
N								2320	

- AL = ALUMINIO PB = PLOMO MG = MAGNESIO ST = SOOT (%) SUL = AZUFRE (%)
- CR = CROMO NA = SODIO W = AGUA (%) OXI = OXIDACION (%) C/P = CONT. DE PARTICULAS
- CU = COBRE MO = MOLIBDENO F = COMBUSTIBLE NIT = NITRACION (%) VIS = VISCOSIDAD EN CST.
- FE = HIERRO SI = SILICIO A = ANTICONGELANTE (%) A 40°C
- SN = ESTAÑO

LABORATORIO
 ANALISIS DE
 ACEITE



NOTA: EL PROPOSITO DE ESTE ANALISIS ES UNICAMENTE PARA DETECTAR DESGASTES MECANICOS. NO DEBE ENTENDERSE COMO GARANTIA EXPRESA O IMPLICITA QUE NO OCURRA UNA FALLA DEL EQUIPO O ALGUNO DE SUS COMPONENTES.

200
 709 196



Av. Industrial 675 Lima Perú
 Apartado 150
 T 336 7070
 F 336 8844
 Anexo: 4209

CORPORACION DE ING. CIVIL SA
 Cod. 0020610

ORDEN DE SERVICIO
 SEGMENTO Nº 149709
 EQUIPO Nº FURUCHICO
 SITIO DE TRABAJO Caterpillar
 MARCA 4350
 MODELO Nº 6XN00370
 SERIAL Nº
 COMPARTIMIENTO DIFERENCIAL DELANTERO
 MARCA / TIPO DE ACEITE PENNZ BOWMAN
 SE CAMBIO ESTE ACEITE?
 ORDEN DE COMPRA Nº 5MP4
 MUESTRA Nº
 COMPROMISO ESPECIAL
 CONTROL LABORATORIO Nº 00603686
 * EVALUACION DE MUESTRA Reportable

Fecha Tomada	Horo-metro	Horas Aceite	Cant. Aceite Agreg.	Por Hrs/Operac/Aceite, Rangos/Desgaste Normales. Rango de Contador de Particulas es Elevado. Seguir muestreando para desarrollar tendencias.
01/02/00				
31/01/00	4393	493		
12/07/99				Por Hrs/Operac/Aceite, Rangos/Desgaste Normales. Rango de Contador de Particulas es Elevado. Se recomienda Cambiar Aceite. A LAS 1000 HRS.
09/07/99	2872	566		

ELEMENTOS DE DESGASTE:										CONDICION DEL ACEITE / CONTAMINANTES									
CU	FE	CR	PB	AL	SI	MO	NA	MG	SN	W	F	A	ST	OXI	NIT	SUL	C/P	TRN	VIS
8	10	0		0	1					N								2319	
22	28	0		1	3					N								2322	

AL = ALUMINIO PB = PLOMO MG = MAGNESIO ST = SOOT (%) SUL = AZUFRE (%)
 CR = CROMO NA = SODIO W = AGUA (%) OXI = OXIDACION (%) C/P = CONT. DE PARTICULA
 CU = COBRE MO = MOLIBDENO F = COMBUSTIBLE NIT = NITRACION (%) VIS = VISCOSIDAD EN CST.
 FE = HIERRO SI = SILICIO A = ANTICONGELANTE (%) A 40°C

LABORATORIO
 ANALISIS DE
 ACEITE



NOTA: EL PROPOSITO DE ESTE ANALISIS ES UNICAMENTE PARA DETECTAR DESGASTES MECANICOS. NO DEBE ENTENDERSE COMO GARANTIA EXPRESA O IMPLICITA QUE NO OCURRA UNA FALLA DEL EQUIPO O ALGUNO DE SUS COMPONENTES.

301
 190

Av. Industrial 675 Lima Perú
 Apartado 150
 T 336 7070
 F 336 8844
 Anexo: 4209

CORPORACION DE ING. CIVIL SA
 Doc. 0020610

ORDEN DE SERVICIO
 SEGMENTO Nº
 EQUIPO Nº 145702
 SITIO DE TRABAJO PUROCHUCO
 MARCA Caterpillar
 MODELO Nº 426E
 SERIAL Nº 6YN00370
 COMPARTIMIENTO DIFERENCIAL POSTERIOR
 MARCA / TIPO DE ACEITE FENNZ 85W140
 SE CAMBIO ESTE ACEITE?
 ORDEN DE COMPRA Nº 3MF4
 MUESTRA Nº
 COMPROMISO ESPECIAL
 CONTROL LABORATORIO Nº 00603689
 EVALUACION DE MUESTRA Acondrai

Fecha Tomada	Horo-metro	Horas Aceite	Cant. Aceite Agreg.	DESCRIPCION
01/02/00				DESGASTE DE CU/FE ELEVADOS. Rango de Contador de Particulas es Elevado. Se deberia al uso de aceite inadecuado. Recomendamos el aceite con especificacion MT6. Se recomienda Cambiar Aceite. Inspeccionar discos de freno.
31/01/00	4393	493		
12/07/99				For las Horas de Operacion el Aceite DESGASTE DE COBRE/HIERRO ELEVADOS. Rango de Contador de Particulas es INADEPTABLE. Se recomienda Cambiar Aceite. Seguir muestreando para desarrollar tendencias.
09/07/99	2872	566		

ELEMENTOS DE DESGASTE:											CONDICION DEL ACEITE / CONTAMINANTES										
CU	FE	CR	PB	AL	SI	NO	NA	MG	SN		W	F	A	ST	OXI	NIT	SUL	C/P	TBN	VIS	
403	355	1		0	07															2019	
273	511	1		1	15															HIGH	

AL = ALUMINIO PB = PLOMO MG = MAGNESIO ST = SOOT (%) SUL = AZUFRE (%)
 CR = CROMO NA = SODIO W = AGUA (%) OXI = OXIDACION (%) C/P = CONT. DE PARTICULAS
 CU = COBRE MO = MOLIBDENO F = COMBUSTIBLE NIT = NITRACION (%) VIS = VISCOSIDAD EN CST
 FE = HIERRO SI = SILICIO A = ANTICONGELANTE (%) A 40°C

LABORATORIO
 ANALISIS DE
 ACEITE



NOTA: EL PROPOSITO DE ESTE ANALISIS ES UNICAMENTE PARA DETECTAR DESGASTES MECANICOS. NO DEBE ENTENDERSE COMO GARANTIA EXPRESA O IMPLICITA QUE NO OCURRA UNA FALLA DEL EQUIPO O ALGUNO DE SUS COMPONENTES.

ANEXO 04

ANÁLISIS ESPECTOGRÁFICO DEL ACEITE DE DIFERENCIAL REALIZADO POR CÍA PENNZOIL



SERVICIO PENNZ-TEST

FECHA RECEPCION DE LA MUESTRA DT : 12-06-00

FECHA DE REPORTE AL CLIENTE DT : 21-06-00

DATOS DEL CLIENTE

NOMBRE DEL CLIENTE	CIC S.A
CONTACTO	CARLOS BACA

DATOS DE LA MUESTRA

NUMERO DE MUESTRA	1170	1171	1172
NOMBRE	NA	NA	
MODELO / AÑO DE FABRICACION	NA	NA	
SERIE	NA	NA	
HORAS/KILOMETRAJE	NA	NA	
TIPO DE COMBUSTIBLE	NA	NA	
LUGAR DE TRABAJO	NA	NA	
CAPACIDAD DE CARTER (GL)	NA	NA	
MARCA	NA	NA	
NOMBRE	NA	NA	
GRADO (SAE/ISO)	15W-40	15W-40	
API	NA	NA	
MUESTRA TOMADA DE	MOTOR	MOTOR	
HORAS/KILOMETRAJE	NA	NA	
CANTIDAD DE RELLENO (GL)	NA	NA	
FECHA DE MUESTREO	-	-	
FECHA DE RECEPCION LAB.	-	-	
FECHA DE REPORTE LAB.	-	-	
NOTA	-	-	

RESULTADOS DE ANALISIS SOBRE LA CONDICION DE ACEITE, INCLUYE TBN Y TAN PARA TRANSMISION POR ENGRANAJES

VISCOSIDAD @ 40° C (cSt)	118.19	103.79
VISCOSIDAD @ 100° C (cSt)	17.08	13.16
P.I. (°C)	-	-
HOLLIN (A/1. Mm)	0.87	0.27
OXIDACION (A/1. mm)	0.07	0.06
NITRACION (A/1. mm)	0.14	0.10
SULFATACION (A/1. Mm)	0.15	0.10
COMBUSTIBLE (%)	0.00	0.00
AGUA (%)	0.20	0.11
GLICOL (%)	0.00	0.00
ADITIVO (A/1. Mm)	-0.12	-0.12
TBN	13.39	12.27
TAN	-	-

EVALUACION	REPORTABLE • Presenta humedad • Hollin alto	REPORTABLE Presenta humedad
------------	---	--------------------------------

RESULTADO DE ANALISIS ESPECTROGRAFICO

	ELEMENTOS DE DESGASTE METALICO	
Fe Hierro (ppm)	81	48
Al Aluminio (ppm)	7	3
Si Silica (ppm)	9	5
Cu Cobre (ppm)	5	4
Pb Plomo (ppm)	3	2
Cr Cromo (ppm)	11	5

EVALUACION	REPORTABLE Hierro ligeramente alto	NORMAL
------------	---------------------------------------	--------

RECOMENDACION	<ul style="list-style-type: none"> Drenar el aceite Revisar sistema de inyección. Instalar Pennzoil Long Life EF 15W-40 CH-4 / SJ Muestrear a las 150 horas. 	<ul style="list-style-type: none"> Drenar el aceite Instalar Pennzoil Long Life EF 15W-40 CH-4 / SJ Muestrear a las 150 horas.
---------------	--	---



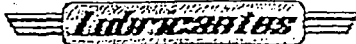
CONSIDERACIONES

1. EVALUACION

NORMAL	Los resultados concuerdan con el Patrón del Producto nuevo
REPORTABLE	Los resultados concuerdan con el Patrón, excepto en.....
ANORMAL	Los resultados exigen acción correctiva en
CRITICO	Los resultados exigen acción inmediata
SIN COMENTARIO	Falta información para evaluar y recomendar acción.
NI	No indica
N/p	No enviaron patrón
Mnp	Muestra no procesada.

2. RECOMENDACIÓN

ESTIMADO CLIENTE: El muestreo de aceites lubricantes PENNZ TEST forma parte integrante del servicio Pos-Venta para cooperar con ustedes en el mantenimiento adecuado del equipo, su respectivo control de costos y evaluación de rendimiento. Deseamos indicar que la decisión de efectuar las recomendaciones mas arriba expuestas en el tiempo y en el lugar será responsabilidad del personal encargado. Es importante tener en cuenta que un análisis de aceite solamente puede dar una imagen de la condición de la maquina en el momento del muestreo y no constituye garantía expresa o implícita de poder evitar completamente una futura avería de dicha maquina o de uno de sus componentes.



SERVICIO PENNZ-TEST
 FECHA RECEPCION DE LA MUESTRA DT : 21-07-00
 FECHA DE REPORTE AL CLIENTE DT : 31-07-00

DATOS DEL CLIENTE

NOMBRE DEL CLIENTE	CORPORACION DE INGENIERIA CIVIL S.A
CONTACTO	CARLOS BACA

DATOS DE LA MUESTRA

NUMERO DE MUESTRA		1274
NOMBRE		MOTOR VOLVO
E	MODELO / AÑO DE FABRICACION	PENTA MD3038B
Q	SERIE	8687475101460304
U	HORAS/KILOMETRAJE	2078.5 H
I	TIPO DE COMBUSTIBLE	D-2
P	LUGAR DE TRABAJO	MAR
O	CAPACIDAD DE CARTER	4.3 LT
A C E F E	MARCA	PENNZOIL
	NOMBRE	LONG LIFE
	GRADO (SAE/ISO)	15W-40
	API	CF-4, CF-2
	MUESTRA TOMADA DE	MOTOR
	HORAS/KILOMETRAJE	183 H
	CANTIDAD DE RELLENO (GL)	4.3 LT
	FECHA DE MUESTREO	06-07-00
	FECHA DE RECEPCION LAB.	24-07-00
	FECHA DE REPORTE LAB.	31-07-00

NOTA 02

RESULTADOS DE ANALISIS SOBRE LA CONDICION DE ACEITE, INCLUYE TBN Y TAN PARA TRANSMISION POR ENGRANAJES

VISCOSIDAD @ 40° C (cSt)	116.40
VISCOSIDAD @ 100° C (cSt)	15.60
P.J. (°C)	Mnp
HOLLIN (A/1. Mm)	N.p
OXIDACION (A/1. mm)	N.p
NITRACION (A/1. mm)	N.p
SULFACION (A/1. Mm)	N.p
COMBUSTIBLE (%)	N.p
AGUA (%)	N.p
GLICOL (%)	N.p
ADITIVO (A/1. Mm)	N.p
TBN	9.75
TAN	-

EVALUACION	<p>NORMAL</p> <ul style="list-style-type: none"> • Leve disminucion TBN ✓ • Verificar regimen de relleno es demasiado. ✓
-------------------	--

RESULTADO DE ANALISIS ESPECTROGRAFICO

Fe Hierro (ppm)	-
Al Aluminio (ppm)	-
Si Silice (ppm)	-
Cu Cobre (ppm)	-
Pb Plomo (ppm)	-
Cr Cromo (ppm)	-

EVALUACION	Evaluar metales a 2500 h de trabajo del equipo.
-------------------	---

RECOMENDACION	<ul style="list-style-type: none"> • El aceite puede continuar ✓ en la máquina. • Tener cuidado con la calidad del combustible es muy probable que tenga alto azufre verificar. • Muestrear proxicamente cuando el aceite cumba 230 h.
----------------------	---



CONSIDERACIONES

1. EVALUACION

NORMAL	Los resultados concuerdan con el Patrón del Producto nuevo
REPORTABLE	Los resultados concuerdan con el Patrón, excepto en.....
ANORMAL	Los resultados exigen acción correctiva en
CRITICO	Los resultados exigen acción inmediata
SIN COMENTARIO	Falta información para evaluar y recomendar acción.
NA	No indica
N/p	No enviaron patrón
Mnp	Muestra no procesada.

2. RECOMENDACION

ESTIMADO CLIENTE: El muestreo de aceites lubricantes PENNZ TEST forma parte integrante del servicio Pos-Venta para cooperar con ustedes en el mantenimiento adecuado del equipo, su respectivo control de costos y evaluación de rendimiento. Desearnos indicar que la decisión de efectuar las recomendaciones mas arriba expuestas en el tiempo y en el lugar será responsabilidad del personal encargado. Es importante tener en cuenta que un análisis de aceite solamente puede dar una imagen de la condición de la maquina en el momento del muestreo y no constituye garantía expresa o implícita de poder evitar completamente una futura avería de dicha maquina o de uno de sus componentes.

Ing. Franz Taurer
Jefe del Departamento Técnico

ANEXO 02

COSTO DE LA HORA – HOMBRE

DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA		
	OPERARIO	OFICIAL	PEON
Remuneración Básica	24,23	21,81	19,31
Total Leyes sociales sobre la Remuneración Básica.	34,22	30,70	27,17
Operario 141,23%			
Oficial 140.74%			
Peón 140.73%			
Bonif. Unificada de construcción (BUC)	7,75	6,54	5,79
Bonificación Movilidad Acumulada (Res.Directoral)	3,60	3,60	3,60
No. 777-87-DR-LIM del 08.87-DR-LIM de 08.07.87)	0,36	0,36	0,36
Overol(Res Direc. No. 777-87-DR-LIM de 08.07.87)			
Total por día de 8 horas	70.16	63.01	56.23
Costo de Hora Hombre (HH)	8,77	7,88	7,03
Operador de Maquinaria Pesada	8,77 x 1,15 = S/. 10,09		
Operador de Máquina Liviana	8,77 x 1,08 = 9,47		
Mecánico	8,77 x 1.15 = 10,09		

ANEXO 05

LA EXCAVADORA

y de un refrigerador ventilado independiente, ma
la temperatura normal de funcionamiento.

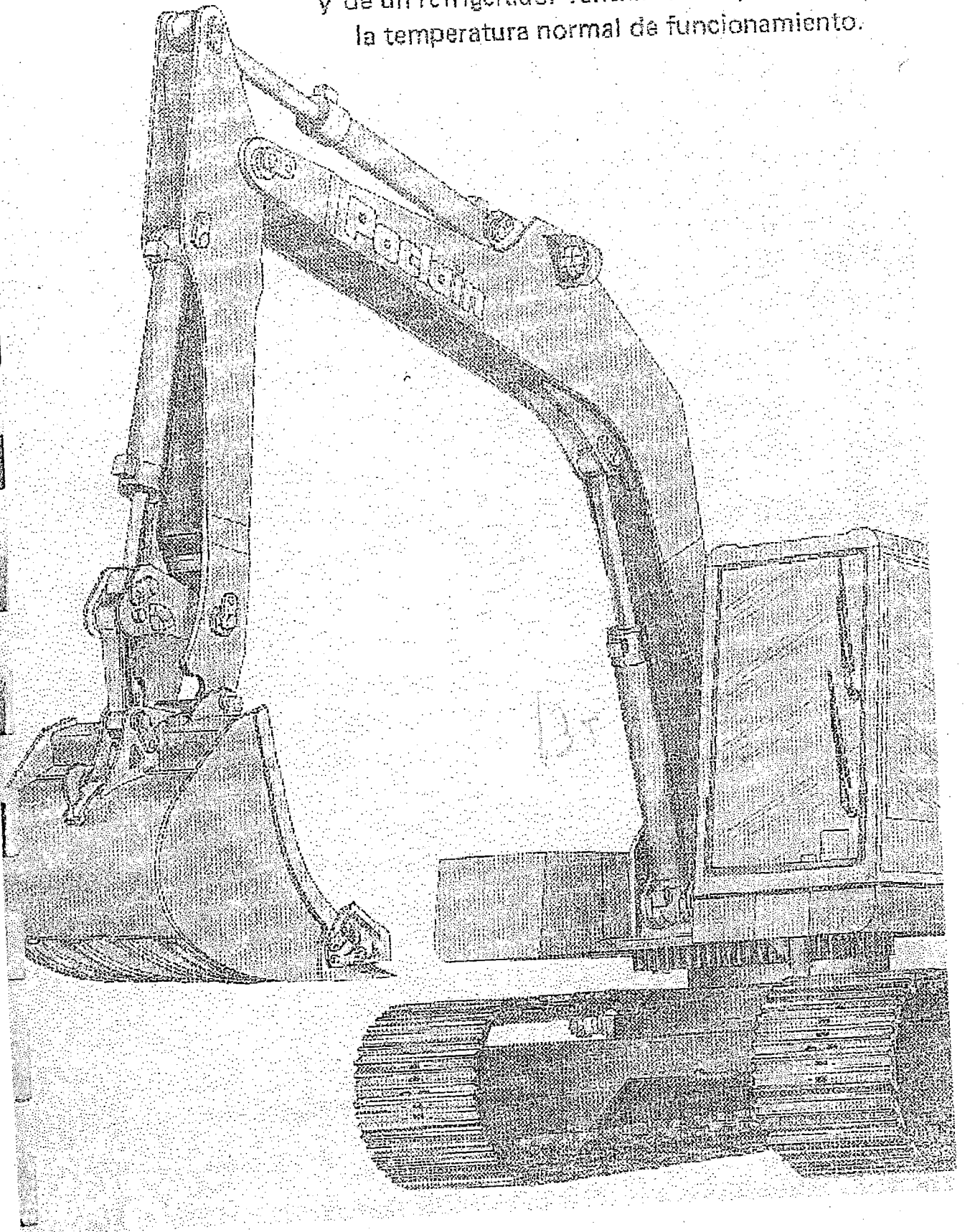


FIGURA 5.1

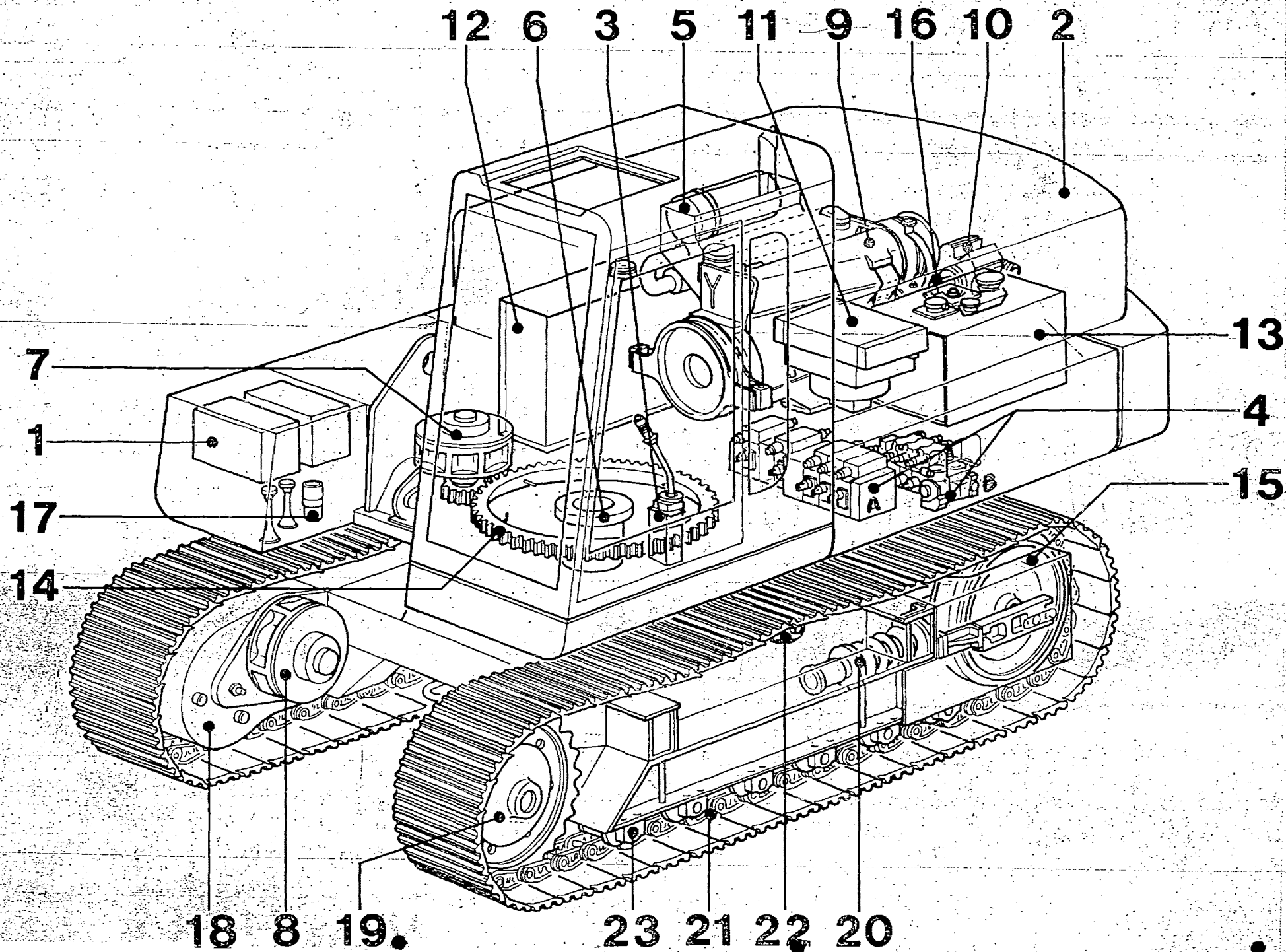


CAT

325B

ANEXO 06

PARTES DE LA EXCAVADORA



- 1 Baterías
- 2 Chasis torreta
- 3 Mandos equipos - rotación
- 4 Distribuidores
- 5 Filtro de aire
- 6 Junta giratoria
- 7 Motor hidráulico de rotación
- 8 Motor hidráulico de traslación
- 9 Motor térmico
- 10 Bomba hidráulica
- 11 Refrigerador hidráulico
- 12 Depósito combustible

- 13 Depósito hidráulico
- 14 Corona de orientación
- 15 Chasis portador
- 16 Acoplamiento motor - bomba
- 17 Compresor de élxon
- 18 Reductores de traslación
- 19 Barbotín
- 20 Tensión hidráulica de orugas
- 21 Eslabones
- 22 Rodillo superior
- 23 Rodillos inferiores

172

ANEXO 07

**PROGRAMACIÓN MENSUAL DEL
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROPUESTO**

ANEXO 08

COSTO DE LA HORA – HOMBRE

COSTO DE LA HORA – HOMBRE

DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA		
	OPERARIO	OFICIAL	PEON
Remuneración Básica	24,23	21,81	19,31
Total Leyes sociales sobre la Remuneración Básica.	34,22	30,70	27,17
Operario 141,23%			
Oficial 140.74%			
Peón 140.73%			
Bonif. Unificada de construcción (BUC)	7,75	6,54	5,79
Bonificación Movilidad Acumulada (Res. Directoral)	3,60	3,60	3,60
No. 777-87-DR-LIM del 08.87-DR-LIM de 08.07.87)	0,36	0,36	0,36
Overol (Res Direc. No. 777-87-DR-LIM de 08.07.87)			
Total por día de 8 horas	70.16	63.01	56.23
Costo de Hora Hombre (HH)	8,77	7,88	7,03
Operador de Maquinaria Pesada	8,77 x 1,15 = S/. 10,09		
Operador de Máquina Liviana	8,77 x 1,08 = 9,47		
Mecánico	8,77 x 1.15 = 10,09		