

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**

**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA**



**CONSTRUCTORA MECO S.A.**

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE RETROEXCAVADORAS  
CARGADORAS.

ESTUDIO TÉCNICO DE HERRAMIENTAS DE CORTE PARA EXCAVDORAS

INFORME PRELIMINAR DE LOS PROYECTOS DE GRADUACIÓN

AUTOR: CARLOS GRANADOS ARAGÓN

PROFESOR GUIA: ING. MANUEL MATA COTO

NOVIEMBRE 2003

# Índice General

---

Dedicatoria	VII
Agradecimientos	VIII
Resumen	X
Summary	XII

## ***CAPITULO 1*** \_\_\_\_\_ **1**

### ***INTRODUCCIÓN*** \_\_\_\_\_ **1**

#### **1.1 Descripción de la empresa** \_\_\_\_\_ **2**

#### **1.2 Estructura de la empresa** \_\_\_\_\_ **3**

## ***CAPITULO 2*** \_\_\_\_\_ **7**

### ***JUSTIFICACIÓN DE LOS PROYECTOS*** \_\_\_\_\_ **7**

#### **2.1 Planteamiento del Estudio Técnico de Herramientas de Corte para Excavadoras.** \_\_\_\_\_ **8**

#### **2.2 Justificación del Proyecto de Herramientas de corte para Excavadoras.** \_\_\_\_\_ **10**

#### **2.3 Justificación del Programa de Mantenimiento Preventivo para Retroexcavadoras Cargadoras** \_\_\_\_\_ **11**

##### 2.3.1 Definición de Mantenimiento Preventivo \_\_\_\_\_ **11**

##### 2.3.2 Ventajas del Mantenimiento Preventivo: \_\_\_\_\_ **12**

##### 2.3.3 Constructora MECO \_\_\_\_\_ **13**

## ***CAPITULO 3*** \_\_\_\_\_ **15**

### ***DISEÑO DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO*** \_\_\_\_\_ **15**

#### **3.1 Desarrollo del Programa de Mantenimiento Preventivo (PMP).** \_\_\_\_\_ **16**

##### 3.1.1 Etapa No. 1 \_\_\_\_\_ **18**

##### Selección de las máquinas \_\_\_\_\_ **18**

##### 3.1.2 Etapa No.2 \_\_\_\_\_ **20**

##### Valoración del grado de deterioro de las máquinas. \_\_\_\_\_ **20**

3.1.3 Etapa No.3	24
Estudio técnico de las máquinas.	24
<b>Fuente: Base de Datos Explorer</b>	<b>26</b>
3.1.4 Etapa No.4	27
Formación del archivo técnico de la máquina	27
3.1.5 Etapa No.5	28
Codificación de las máquinas.	28
3.1.6 Etapa No.6	28
3.1.6 Etapa No.6	29
Determinar parámetros de funcionamiento global.	29
Eficiencia del Mantenimiento Preventivo ( $\eta_{MP}$ ).	29
Consumo de combustible.	30
Temperatura.	30
Presión de aceite de motor.	31
3.1.7 Etapa No.7	32
Objetivos del Programa de Mantenimiento Preventivo (PMP).	32
3.1.8 Etapas No. 8 y 9	33
División en partes y subpartes de la máquina.	33
3.1.9 Etapa No. 10	35
Manual de Mantenimiento Preventivo (MMP)	35
Inspección A.	37
Inspección B	43
Inspección C	44
Inspección D	44
Inspección E	45
Inspección F	45
3.1.10 Etapa No. 11	46
Repuestos requeridos por inspección.	46
3.1.11 Etapa No.12	48
Disponibilidad para el Mantenimiento Preventivo (DMP).	48
3.1.12 Etapa No.13	50
Elaboración del Gantt.	50
3.1.13 Etapa No.14	53
Procedimiento para realizar las inspecciones.	53
3.1.14 Etapa No.15	55
Estrategia de motivación.	55
3.1.15 Etapa 16	58
Costos de Mantenimiento Preventivo.	58

## ***CAPITULO 4*** **60**

### ***ANÁLISIS TÉCNICO DE HERRAMIENTAS DE CORTE PARA EXCAVADORAS*** **60**

<b>4.1 Conceptos fundamentales.</b>	<b>61</b>
4.1.1 Elementos de carga de material.	63
4.1.2 Elementos básicos de corte de material	65

Las bases. _____	65
Los dientes. _____	66
Elementos adicionales de corte y resistencia _____	67
<b>4.2 Diseño de herramienta de corte _____</b>	<b>69</b>
4.2.1 Aplicación de bajo impacto alta abrasión: _____	69
4.2.2 Aplicación de alto impacto y abrasión media. _____	74
<b>4.3 Procedimiento de reparación. _____</b>	<b>76</b>
4.3.1 Fractura dúctil. _____	76
4.3.2 Fractura frágil _____	78
<b><i>Bibliografía</i> _____</b>	<b>79</b>
<b><i>Apéndices</i> _____</b>	<b>80</b>

## Índice de figuras

---

Figura 1.1.	Organigrama general de la empresa	5
Figura 1.2.	Organigrama de la División a Equipo	6
Figura 3.3.	Archivo digital de las ordenes de trabajo	26
Figura 4.4.	Diagrama de excavadoras	61
Figura 4.5.	Balde de herramienta de corte	63
Figura 4.6.	Base de diente de corte	65
Figura 4.7.	Diente de corte	66
Figura 4.8.	Cuchilla de corte lateral	67
Figura 4.9.	Placas de desgaste	67
Figura 4.10.	Excavadora	68
Figura 4.11.	Pluma y balde de excavadora	69
Figura 4.12.	Representación de cubo de material I	70
Figura 4.13.	Representación de cubo de material II	71
Figura 4.14.	Herramienta de corte de excavadora	75

## Índice de tablas

---

Tabla N°1 Descripción de retroexcavadoras cargadoras	13
Tabla N°2 Entrevista a operadores	24
Tabla N°3 Frecuencia de inspección	35
Tabla N°4 Repuestos por inspección	46
Tabla N°5 Ciclos de inspección	50
Tabla N°6 Flujo grama para ejecución de inspección	54

## Dedicatoria

---

*A quienes mis sacrificios han sido como propios:*

*Mis padres Carlos y Felicia, a Elena y a mis*

*hermanas Maureen y Marcela*

*Gracias por el apoyo incondicional que me*

*han ofrecido.*

## AGRADECIMIENTOS

---

Agradezco a la familia Navarro Aragón por tratarme siempre con tanto cariño y esmero, a mi tía Nuria, mi prima Gabriela y toda mi familia por su ayuda y amistad durante mis años de estudio, a la familia Cruz Mora por su apoyo en estos últimos años de mi carrera, al Ing. Fausto Fabio Roldán que a compartido conmigo muchas buenas experiencias. Agradezco también a la Ing. Irma Pérez y al Ing. Alfredo Vidal por enseñarme, con su ejemplo, lo que significa ser un excelente profesional, al Ing. Manuel Mata por ser mi asesor de práctica y transmitirme tantos conocimientos valiosos, pero especialmente agradezco a mi padre que con gran cariño me regaló mucho de su sabiduría, a mi madre que se esforzó todos los días por ayudarme a alcanzar mis metas y a Elena, la persona que más admiró y quien se ha convertido en mi motivación para querer ser mejor.

Gracias.

## RESUMEN

---

Constructora MECO es una empresa dedicada a la construcción de obras civiles en Costa Rica y el resto de Centroamérica. Posee una flota de maquinaria pesada para construcción de 115 vehículos y 78 camiones para el transporte de material.

El principal objetivo de la empresa en el área de maquinaria y transporte es desarrollar Programas de Mantenimiento Preventivo que reduzcan los costos de operación y aumenten la disponibilidad de las máquinas.

Debido a la gran cantidad de máquinas, a su condición y al tipo de organización en la empresa, se decidió desarrollar un Programa de Mantenimiento Preventivo piloto con la flota de retroexcavadoras cargadoras o “Back Hoe” debido su importancia y a la cantidad de información disponible acerca de ellas.

El Programa de Mantenimiento Preventivo se desarrollo en diecinueve etapas usando los conocimientos adquiridos en el curso de Administración de Mantenimiento I impartido en la carrera.

Se elaboró un Manual de Mantenimiento Preventivo con seis inspecciones, cada una con frecuencias asignadas según la cantidad de horas trabajadas por el equipo.

También se introdujo algunas técnicas predictivas como el análisis de aceite y de refrigerante que ayudarán diagnosticar posibles fallas futuras.

Este manual será el modelo para elaborar los manuales de los demás equipos como niveladoras, tractores de oruga, excavadoras, vagonetas, y evitar los paros de producción.

En el estudio técnico de las herramientas de corte para excavadoras se analizó las cargas y aplicaciones a las que están sometidas y se exponen recomendaciones para el uso de las diferentes partes que las componen.

El estudio técnico inicia el control de estos componentes que tienen una gran importancia ya que todos los otros sistemas están diseñados en función de la herramienta de corte.

Los dos proyectos son parte de la nueva tendencia de administración de la maquinaria en la empresa dirigida a una mejor distribución del tiempo de los trabajadores y al máximo rendimiento de los recursos.

## Summary

---

Constructora MECO is a company dedicated to civil constructions works in Costa Rica and Central América. It has a fleet of heavy machinery of 115 vehicles and 78 trucks for material transportation.

The main goal for the company in the machinery and transportation fields is to develop preventive maintenance programs in order to decrease the operational costs and to increase the machines availability

Because the big amount of machines, its conditions and the company's organization, it was decided to develop a pilot preventive maintenance program with the Back Hoe's fleet, because its importance and information available.

The Preventive Maintenance Program was developed in nineteen stages using the knowledge in the Maintenance Management Course, taken in the career of Electromechanical Engineering, in the Costa Rican Institute of Technology (Instituto Tecnológico de Costa Rica).

It was made a Preventive Maintenance Manual including up to six inspections, each with assigned frequencies, depending of the quantity of worked hours by the equipment.

Also, it was introduced some predictive techniques, like the oil and coolant analisis that helps to discover futures failures.

This manual, become the model to develop the manual for the rest of the equiment in order to stop the unexpected production inactivity.

In the technical studie of the cutting tools for scavengers, it was analyzed loads and applications that they are dealing with, and some recommendations for use for the different component parts are given.

The Technical Study starts the control of these components that has a big importance, because all the other systems are designed in terms of their cutting tools.

These two projects are part of a new tendency of machinery management in the company, towards a better distribution of time, workers and maximum performance of resources.

# **CAPITULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

## 1.1 Descripción de la empresa

---

Constructora MECO S.A. fue fundada en 1977 por el Señor Ángel Cerdas Gonzáles. Es hoy una de las empresas constructoras más grandes de Centroamérica.

Las actividades principales de la empresa son las siguientes:

- Construcción de carreteras, caminos y puentes.
- Construcción de represas y proyectos hidroeléctricos.
- Alcantarillados y sistemas de tratamiento de aguas.
- Planteles para industrias.
- Proyectos de riego.
- Patios de contenedores.
- Tanque de almacenamiento de combustibles.
- Urbanizaciones.
- Oleoductos.
- Alquiler de maquinaria pesada.
- Suministro y colocación de mezcla asfáltica.
- Producción de agregados para la construcción.

Actualmente Constructora MECO desarrolla Proyectos en Guatemala, Honduras, Belice, Nicaragua, Costa Rica y Panamá.

## 1.2 Estructura de la empresa

---

Constructora MECO S.A. es dirigida por una junta directiva y por la presidencia de la empresa, las cuales administran la empresa por medio de cinco divisiones, encargadas cada una, de un aspecto específico de la operación de compañía. Las divisiones son las siguientes:

- División Financiera.
- División de Proyectos.
- División de Agregados.
- División Asfaltos.
- División Equipo.

Cada división esta dirigida por un gerente y subdividida en departamentos. Las divisiones de Proyectos, Asfaltos y Agregados son de producción, la División de Equipo es de servicio.

La División Financiera administra los recursos económicos y humanos de la empresa.

La División de Proyectos administra y dirige los proyectos de la empresa en Costa Rica. Los proyectos son dirigidos por ingenieros civiles o en construcción los cuales coordinan el consumo de materiales, el recurso humano, la cantidad y el tipo de máquinas necesarias para la producción.

La División de Agregados extrae, clasifica y comercializa el material para construcción de las minas o tajos de la empresa.

La División de Asfaltos hace la mezcla asfáltica para la colocación en los proyectos y para venta externa.

La División de Equipo es la responsable de administrar el equipo. Se divide en dos departamentos:

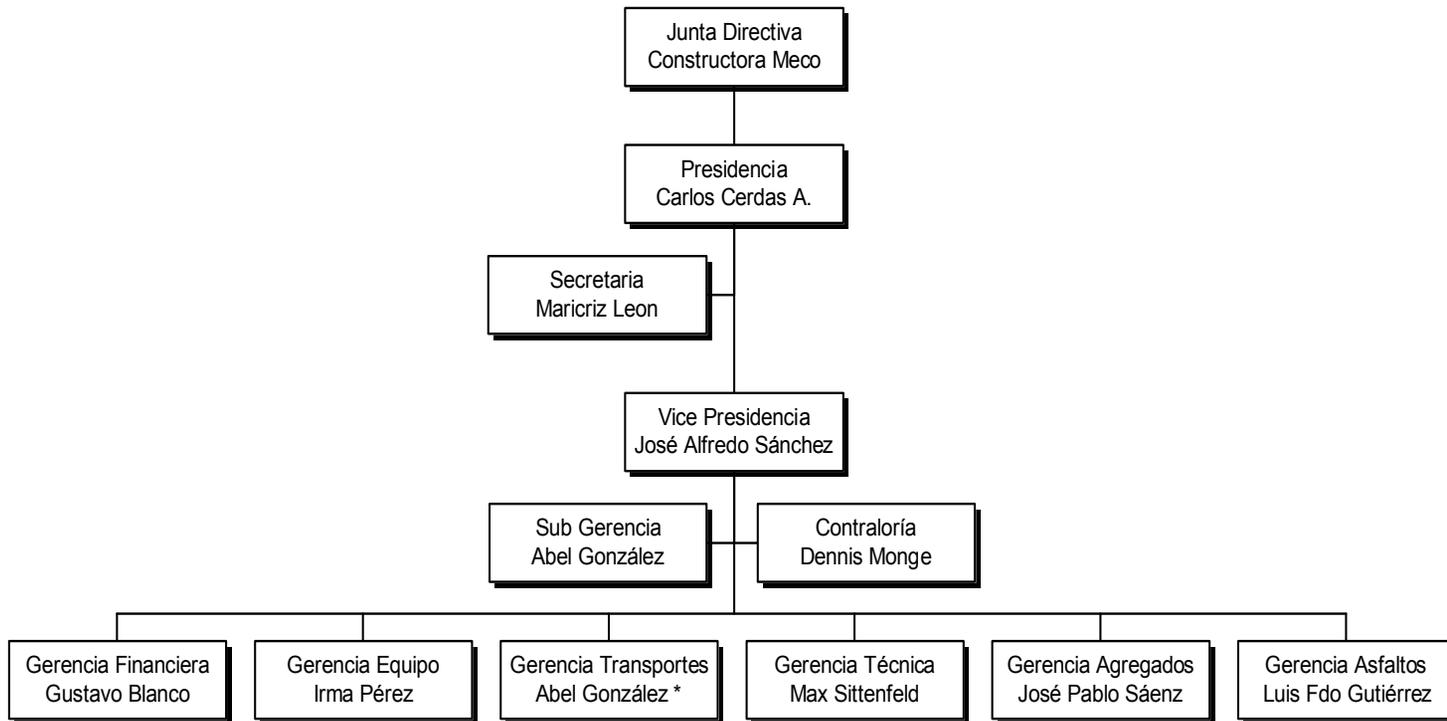
1. Talleres
2. Mantenimiento

El departamento de talleres se encarga de llevar a cabo las reparaciones correctivas.

El Departamento de Mantenimiento coordina la lubricación, el consumo de llantas, el consumo de baterías, las inspecciones y reparaciones preventivas y actualmente incursiona en el control, implementación, configuración y selección de herramientas de corte de los equipos.

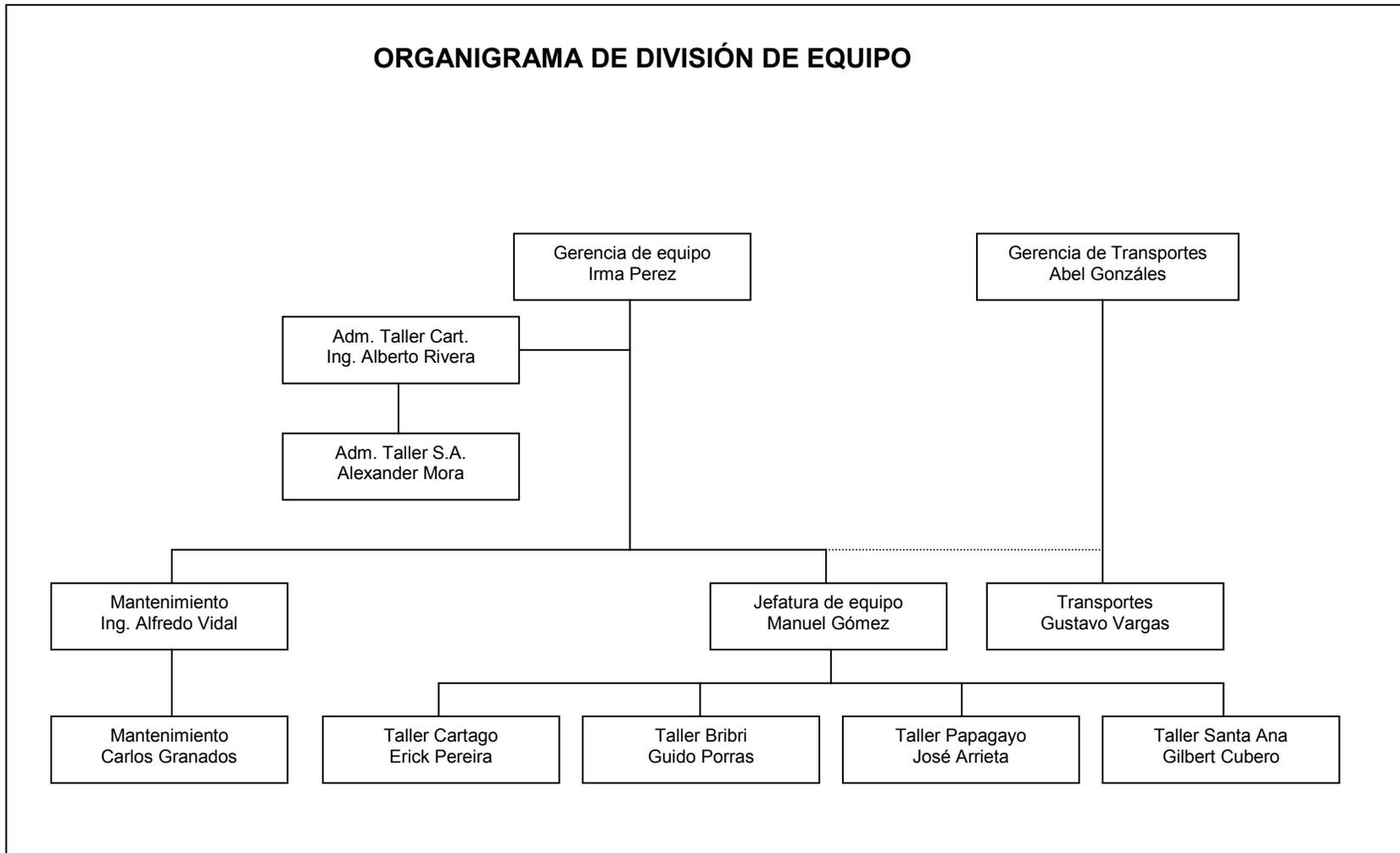
A continuación se presenta el organigrama general de la empresa y el organigrama de la División de Equipo.

## ORGANIGRAMA GENERAL DE LA EMPRESA



*Fuente: Constructora MECO S.A.*

Figura 1.1. Organigrama General de la Empresa



*Fuente: Constructora MECO S.A.*

Figura 1.2. Organigrama de División Equipo

# **CAPITULO 2**

## **JUSTIFICACIÓN DE LOS PROYECTOS**

---

## **2.1 Planteamiento del Estudio Técnico de Herramientas de Corte para Excavadoras.**

---

La herramienta de corte es el componente más funcional en una excavadora ya que todos los demás sistemas están diseñados en función de la capacidad y características del balde.

Las averías en estos elementos son frecuentes y el desgaste es acelerado, estas razones motivaron a la gerencia de la División de Equipo a buscar una solución a los altos costos de reparación.

El estudio técnico de estos componentes es el inicio de la solución a este problema

Para definir el proyecto se plantearon las siguientes preguntas.

¿Cómo mejorar la resistencia de las herramientas de corte de las excavadoras?

¿Cómo evitar las fracturas de la estructura de la herramienta de corte?

¿Cómo evitar el desgaste acelerado de las superficies de contacto de las herramientas de corte?

¿Cómo mejorar la elección de las herramientas?

¿Que accesorios debemos usar para mejorar las características de desgaste?

¿Cómo mejorar el procedimiento de reconstrucción y reparación de una herramienta de corte para excavadora?

Además, estas preguntas nos ayudan establecer los siguientes objetivos de la investigación:

- Establecer el tipo de herramienta de corte para cada aplicación en las excavadoras. Si se elige la herramienta adecuada para una aplicación esta estará sometida a los esfuerzos para los que está diseñada.
- Elegir los tipos de accesorios con los que deben de trabajar las herramientas de corte. Al elegir adecuadamente los accesorios el rendimiento de la herramienta aumenta ya que estos estarán diseñado para resistir las cargas a las que estará sometida.
- Establecer un procedimiento de reconstrucción de las herramientas de corte que permita alargar su tiempo de vida útil en operación.

## **2.2 Justificación del Proyecto de Herramientas de corte para Excavadoras.**

---

La importancia de este proyecto se centra en los altos costos de reparación de las herramientas de corte cuando se fractura o desgasta.

El fabricante recomienda que los baldes no sean reparados ya que los cambios de temperatura fragilizan el metal y las soldaduras generan puntos de concentración de esfuerzos que producen otra fractura.

El problema es que los baldes tienen un precio alto, generalmente tienen un valor superior a los \$3 000 y un juego de dientes y bases cuesta mas de \$1 500 en una excavadora PC 300 a diferencia de una reparación que cuesta entre \$700 y \$1200. Aparentemente hay un ahorro con la reparación, pero no se toma en cuenta que las reparaciones en los talleres de soldadura de la empresa no tienen un procedimiento que asegura la calidad y pueden producirse fallas recurrentes.

En este trabajo se desarrolla un procedimiento de reparación para las dos causas de fallas. Con este procedimiento se no afecta el material en forma apreciable.

Actualmente existen diferentes tipos de baldes diseñados para diversos tipos de operación que evitan fallas por sobrecarga o impacto. Este trabajo esta dirigido también a dar algunas recomendaciones de los baldes adecuados para cada operación.

## **2.3 Justificación del Programa de Mantenimiento Preventivo para Retroexcavadoras Cargadoras**

---

### **2.3.1 Definición de Mantenimiento Preventivo**

El mantenimiento preventivo es la programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido y no a una demanda del operario o usuario;

Su propósito es prever las fallas manteniendo los sistemas, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos.

La característica principal de este tipo de Mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno.

Con un buen Mantenimiento Preventivo, se obtienen experiencias en la determinación de causas de las fallas repetitivas o del tiempo de operación seguro de un equipo, así como a definir puntos débiles de instalaciones, máquinas, etc.

### **2.3.2 Ventajas del Mantenimiento Preventivo:**

- Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento.

- Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos/máquinas.

- Mayor duración, de los equipos e instalaciones.

- Disminución de existencias en Almacén y, por lo tanto sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.

- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de Mantenimiento debido a una programación de actividades.

- Menor costo de las reparaciones.

### 2.3.3 Constructora MECO

La flota actual de cargadoras retroexcavadoras de Constructora MECO S.A. es de 9 máquinas, están distribuidas en los proyectos de Papagayo, Bribri y Rutinarios (asfalto). Estos equipos son usados para movimientos de tierra pequeños como zanjas, desniveles pequeños y limpiezas. También se usan para el manejo de materiales y con herramientas especiales como martillos hidráulicos.

Se eligió este tipo de máquina como plan piloto por las siguientes razones.

1. *Uniformidad de flota.* Las retroexcavadoras son relativamente nuevas en comparación con el resto de los equipos de la empresa y hay gran uniformidad con respecto a modelos. Los equipos de esta flota son los siguientes:

Tabla N° 1. Descripción Retroexcavadoras Cargadoras

CATEGORIA	TIPO	NÚMERO	MARCA	MODELO	AÑO
EC	11	12	CASE <sup>1</sup>	580L	1998
EC	11	16	CATERPILLAR	416C	1999
EC	11	17	CATERPILLAR	416C	1998
EC	11	18	CATERPILLAR	416C	-
EC	11	21	CATERPILLAR	420D <sup>2</sup>	2002
EC	11	22	CATERPILLAR	420D	2002
EC	11	24	CATERPILLAR	420D	2002
EC	11	25	CATERPILLAR	420D	2003
EC	11	26	CATERPILLAR	420D	2003

---

<sup>1</sup> El equipo marca CASE varía en algunas características básicas, como dimensión de la estructura, capacidades de trabajo, pero los sistemas son iguales a los de los equipos Caterpillar.

<sup>2</sup> Las características de los 416C y 420D son similares, solo varían en la potencia del motor.

2. *Producción.* Las retroexcavadoras cargadoras tienen una alta tasa de producción, esto se debe a que pueden trabajar en movimientos de tierra en espacios grandes y pequeños, lo que evita que tengan tiempos de paro por falta de trabajo.
3. *Disponibilidad.* Se puede lograr alta disponibilidad ya que los proyectos tienen paros de producción cada doce días. El periodo para hacer las inspecciones y reparaciones necesarias se negociara con el ingeniero a cargo del proyecto.
4. *Valor de mercado.* Las retroexcavadoras cargadoras tienen una vida útil aproximada de seis años, luego se negocian por máquinas nuevas con algún proveedor, por lo que se debe mantener en buenas condiciones.

# **CAPITULO 3**

## **DISEÑO DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

---

## **3.1 Desarrollo del Programa de Mantenimiento Preventivo (PMP).**

---

El Programa de Mantenimiento Preventivo fue diseñado siguiendo 19 etapas de planificación que estructuran el procedimiento de. Las etapas del programa son:

1. Selección de las máquinas para el Programa de Mantenimiento Preventivo.
2. Valoración del grado de deterioro de las máquinas.
3. Estudio técnico de las máquinas.
4. Formación del archivo técnico.
5. Codificación de las máquinas.
6. Determinar los parámetros de funcionamiento global.
7. Objetivos del Programa de Mantenimiento Preventivo.
8. División de la máquina en partes.
9. División de la máquina en subpartes.
10. Elaboración del Manual de Mantenimiento Preventivo.
11. Determinar los repuestos requeridos para cada inspección.
12. Calcular la disponibilidad para el mantenimiento preventivo.
13. Elaborar el gráfico de Gantt para programar las inspecciones.

14. Elaborar el procedimiento para la realización de las inspecciones.
15. Elaborar una estrategia de motivación para las personas involucradas en el programa.
16. Cálculo del Costo Total del PMP.
17. Inicio del PMP.
18. Evaluación de resultados.
19. Actualización del PMP.

En este trabajo no se desarrollaron las últimas 3 etapas debido a que estas se cumplirán una vez iniciado el Programa de Mantenimiento Preventivo. Las primeras 16 etapas serán explicadas a continuación.

### 3.1.1 Etapa No. 1

#### ***Selección de las máquinas***

Para ejecutar el Programa de Mantenimiento Preventivo se escogió un plan piloto para introducir el concepto en la empresa. Se decidió que la flota de retroexcavadoras cargadoras o “*Back Hoe*” son las que mejor se ajustan para el inicio de la tendencia preventiva.

En la selección de los equipos para el plan piloto del Programa de Mantenimiento Preventivo intervienen las siguientes variables:

a. *Importancia de las máquinas en el proceso productivo.* Estos equipos son los más versátiles de todas las máquinas de construcción móviles ya que puede funcionar como grúa, como cargador, como excavadora, entre otras funciones.

b. *Costo de falla.* La tarifa por hora de una retroexcavadora en el mercado es de ¢5000 en promedio. Esto significa que si una retroexcavadora cargadora dañara un motor en forma inesperada gastaría 6 días de un mecánico que equivale aproximadamente 61 horas, con una de hora venta mecánico de ¢6000, significa un costo por hora mecánico de ¢366000, suponiendo 3 días de espera de repuestos y seis días de reparación se perderían 99 horas de producción lo que suma ¢495000 y le sumamos el costo de los repuestos que sería alrededor de ¢1200000 esto sumaría un total de ¢2061000.

Este costo se puede reducir planificando la reparación ya que la hora mecánico disminuiría por que se distribuiría mejor el tiempo, los días de espera de repuestos se reducen a cero, la cantidad de repuestos necesarios disminuye y por lo tanto las horas de paro de producción también se reducen lo que se reflejaría en una reducción importante del costo de reparación.

c. *Nivel de organización Producción – Mantenimiento.* Los proyectos tiene periodos de trabajo regulares de doce días y tres días de descanso. En estos días los talleres tienen mecánicos disponibles, esto facilita la realización de las inspecciones.

d. *Disponibilidad de información acerca de las máquinas.* Existen las siguientes fuentes de información:

- Manuales de partes (digitales e impresos). El manual partes de la retroexcavadora Case se encuentra en forma impresa y el de las retroexcavadoras Caterpillar se encuentran en forma digital e impresa. En estos podemos encontrar los despieces de todos los sistemas y cada componente referenciado a un número de parte.

- Manuales de Mantenimiento y operación (impresos). En estos se puede encontrar los procedimientos de operación, procedimientos de mantenimientos básicos, periodos de mantenimiento básicos, tabla de lubricantes y grasas, y partes de cambio frecuentes recomendadas por el fabricante.

- Registro de averías (digital). Este se encuentra en las consultas del módulo de Administración de Servicio del programa de la empresa, Explorer.

- Historial de mantenimiento (digital e impreso). También se encuentra en las consultas de Administración de Servicio de Explorer.

- Conocimientos de los técnicos.

Se determinó que con estos recursos se puede analizar los equipos y elaborar un manual de mantenimiento preventivo.

### **3.1.2 Etapa No.2**

#### ***Valoración del grado de deterioro de las máquinas.***

Se valoró el grado de deterioro de las máquinas por medio de inspecciones realizadas por el inspector de maquinaria del Departamento de Mantenimiento. El resultado de las inspecciones preliminares fue el siguiente:

#### **11-12**

##### 1. Sistema Hidráulico:

- Fuga de aceite por cilindros de la articulación de la pluma.\*
- Fuga de aceite por el cilindro del estabilizador.\*
- Fuga de aceite por el cilindro de volteo del balde frontal.\*
- Fuga de aceite por los cilindros de la dirección.

##### 2. Sistema de Frenos:

- Fuga de aceite en la bomba de frenos.
- Baja eficiencia de los frenos.\*

##### 3. Estructura:

- Bujes y pines de la articulación delantera del balde dañados.\*
- Articulación de giro lateral de la pluma dañada.\*
- Asiento del operador y base del asiento en mal estado.
- Falta el soporte de tope giro de la pluma.\*

##### 4. Diferencial Trasero:

- Fuga de aceite por el retenedor.\*

## **11-16**

### 1. Sistema de Combustible:

- Vibración excesiva en la bomba de inyección de combustible.
- Base de los filtros de diesel fracturada.

### 2. Estructura:

- Falta el seguro y el soporte de la pluma.\*
- Pin central del muelle trasero desajustado.
- Desgaste excesivo del cucharón frontal.

### 3. Sistema de Enfriamiento del Motor:

- Fajas del abanico en mal estado.
- Marcador de temperatura del refrigerante del motor fuera de operación.

### 4. Sistema de Frenos:

- Freno de estacionamiento fuera de operación.

### 5. Diferenciales:

- Fuga de aceite por el retenedor del diferencial trasero.\*

## **11-17**

### 1. Sistema Eléctrico:

- Falta el interruptor del embrague.
- Luces de la cabina dañadas.
- Luz intermitente fuera de operación.

### 2. Estructura:

- Seguro de la pluma en mal estado.\*
- Guías de extensión de la pluma en mal estado.

- Dientes del balde frontal y del balde trasero en mal estado.
3. Sistema hidráulico:
    - Cilindro de la pluma en mal estado.\*
    - Faltan gasas en las mangueras del cilindro de volteo del balde frontal.
  4. Sistema de Frenos:
    - Fuga interna en el sistema de frenos. El aceite hidráulico pasa al diferencial.\*

#### **11-21**

1. Motor:
  - Gasto excesivo de aceite de motor (2 galones por semana).
2. Sistema hidráulico:
  - Fuga de aceite por los sellos del visor de nivel.

#### **11-22**

1. Motor:
  - Vibración excesiva del motor.
2. Estructura:
  - Bases de los dientes del balde trasero en mal estado.
  - Pines de la base de la pluma en mal estado.\*
  - Pines del cilindro de volteo en mal estado.\*
3. Sistema hidráulico:
  - Sistema hidráulico de la pluma no funciona.
4. Transmisión:
  - Fuga de aceite por el control de la transmisión.

El 11-25 y el 11-26 no presentan ninguna avería. Las averías frecuentes están marcadas con asterisco.

La valoración dio como resultado una valiosa retro alimentación técnica que se uso en la elaboración del Manual de Mantenimiento Preventivo.

### 3.1.3 Etapa No.3

#### ***Estudio técnico de las máquinas.***

El estudio técnico se realizó en los siguientes pasos.

a. *Entrevistas a los operadores.* Se elaboró el siguiente cuestionario para los operadores.

Tabla N° 2. Entrevista para Operadoras

<b>ACTIVO:</b>	
<b>HORIMETRO:</b>	
<i>¿Cuáles son las aplicaciones más comunes de la máquina?</i>	
<i>¿Cuántos intervalos de trabajo tiene la máquina en el día y cuánto duran?</i>	
<i>¿Cuáles son los niveles de líquido que usted revisa y con que frecuencia lo hace?</i>	
<i>¿Cuáles son los periodos actuales de cambio de aceite de la máquina?</i>	
<i>¿Cuáles son los periodos actuales de engrase?</i>	
<i>¿Cuáles son las fallas frecuentes en los sistemas de la máquina?</i>	
<i>Firma del operador:</i>	

Las preguntas se diseñaron para obtener información de la operación y el mantenimiento que el operador le da a la retroexcavadora y comparar lo con las recomendaciones del fabricante.

La información brindada por los operadores es muy valiosa para la elaboración del manual de mantenimiento preventivo ya ellos pasan once horas diarias operando una retroexcavadora por lo que están muy familiarizados con las fallas que se presentan.

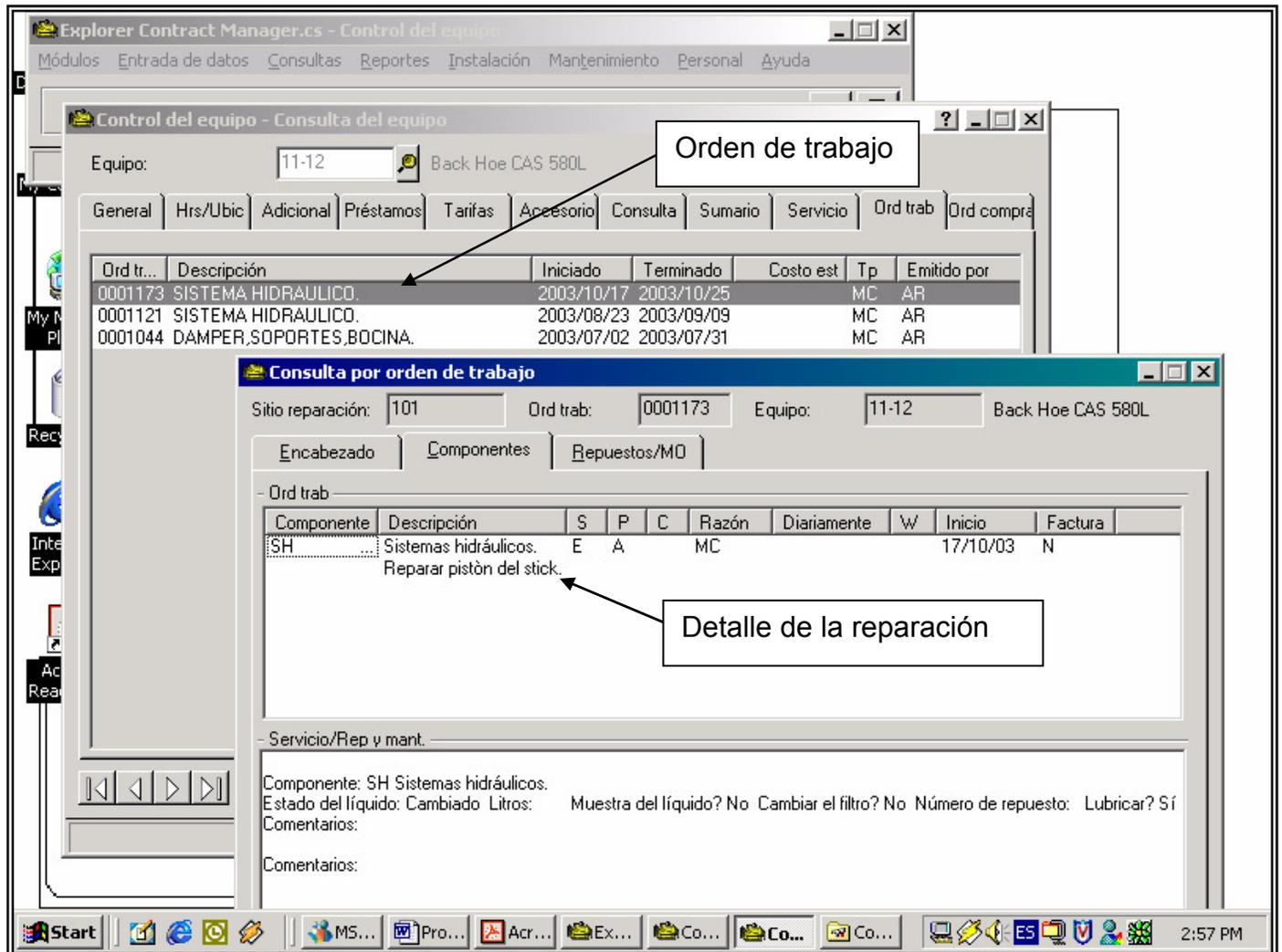
b. Revisión de manuales. Se especialmente los manuales de operación de las máquina para determinar conocer el tipo de cargas y desgastes a los que están sometidos los sistemas.

También se reviso los manuales de partes para observar los despieces e identificar las partes que generalmente fallan como rodamientos, sellos, válvulas, soportes entre otros.

c. Historial de las máquinas. Se revisó el historial de las máquina en el programa o base de datos de la empresa donde se registran las reparaciones por medio de ordenes de trabajo.

En el historial de reparaciones se encuentra la fecha de la reparación, el costo, los repuestos, el mecánico asignado y la duración. También se encuentra el historial de mantenimiento o registro de servicio en donde se encuentran los cambios de aceite realizado a los diferentes componentes y las fechas en que se hicieron.

A continuación se muestra la pantalla de control de equipo y el detalle de uno de las ordenes de trabajo.



Fuente: Base de Datos Explorer

Figura 3.3. Archivo digital de ordenes de trabajo

#### **3.1.4 Etapa No.4**

##### ***Formación del archivo técnico de la máquina***

El archivo técnico se diseñó en formato digital y físico por seguridad. El archivo digital se maneja en la base de datos organizacional que maneja información del historial de lubricación, historial de reparaciones, fichas técnicas, análisis de reparaciones y historial de reparaciones mayores.

El archivo físico está compuesto por tres secciones, la primera contiene la información técnica de la máquina, la segunda es un historial de lubricación donde se registran las ordenes de servicio y la tercera un registro de reparaciones donde se almacena la retroalimentación técnica.

### 3.1.5 Etapa No.5

#### ***Codificación de las máquinas.***

Para codificar las máquinas de toda la flota de la Constructora MECO se utiliza un código alfa numérico compuesto por las siguientes partes:

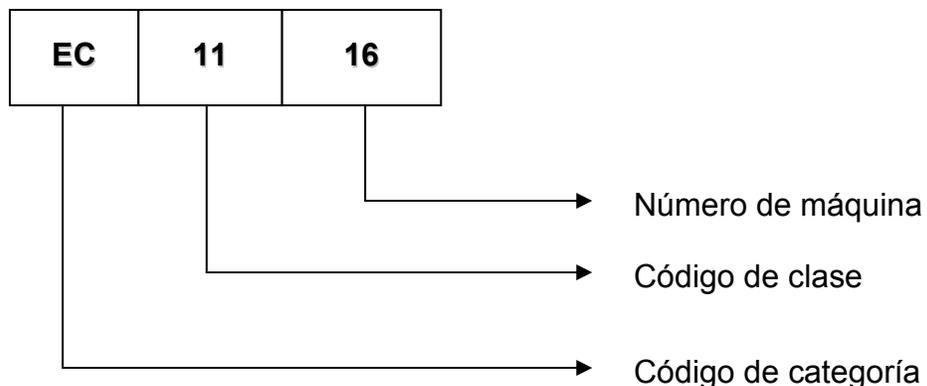
a. *Categoría.* Se clasifica en diferentes áreas de trabajo (EC para equipo de construcción, EA para equipo de asfalto, ET para equipo de transporte). Las retroexcavadoras tiene la clasificación EC.

b. *Clase.* Se identifica el tipo de equipo dentro de la categoría (Tractores, Niveladoras, Cargadores, Excavadoras), y se identifican por un número. Las retroexcavadoras cargadoras tiene asignado el número 11.

c. *Número de máquina.* Este identifica cada máquina.

La codificación completa de un retroexcavadora es EC 11-Num.

Ejemplo: (código completo)



### 3.1.6 Etapa No.6

#### ***Determinar parámetros de funcionamiento global.***

#### **Eficiencia del Mantenimiento Preventivo ( $\eta_{MP}$ ).**

El parámetro más importante para determinar la eficiencia y efectividad del programa de mantenimiento de una flota es la cantidad del tiempo que producción puede disponer del equipo. Para determinar esto se toma en cuenta factores que afectan el tiempo en que el equipo esta en buenas condiciones para producir. La única manera de medir este desempeño es tomando el tiempo total que el equipo puede producir (TD) y sacar la fracción de este en que el equipo no se puede usar por servicio (TND), el porcentaje resultante es el tiempo disponible neto ( $\eta_{MP}$ ).

$$\eta_{MP} = 1 - \frac{TND}{TD} \times 100\%$$

El tiempo no disponible para producción se calcula midiendo el tiempo utilizado para la lubricación ( $t_{LUB}$ ), la reparación de llantas ( $t_i$ ), las reparaciones ( $t_R$ ) y sumándolos. Este tiempo se interpreta como el tiempo de servicio necesario para que el equipo pueda ser usado para producción. El tiempo de reparaciones ( $t_R$ ) debe ser calculado sumando el tiempo de reparaciones mayores ( $t_{RM}$ ) de reparaciones menores ( $t_{Rm}$ ) y restándole el tiempo de espera de repuestos ( $t_{RR}$ ), para medir el tiempo efectivo que usan los técnicos para reparar.

$$t_R = (t_{RM} + t_{Rm}) - t_{RR}$$

El tiempo disponible para la producción (TD) se calcula multiplicado el número de horas diarias de producción normal ( $P_D$ ) multiplicado por el número de días por periodo ( $N_T$ ) y multiplicado por el número de periodos al año ( $T$ ).

$$TD = P_D \cdot N_T \cdot T$$

Como resultado obtenemos la siguiente fórmula:

$$\eta_{MP} = \left[ 1 - \left( \frac{t_{LUB} + t_{LL} + t_i + [(t_{RM} + t_{Rm}) - t_{RR}]}{P_D \cdot N_T \cdot T} \right) \right] \cdot 100$$

### **Consumo de combustible.**

El consumo de combustible es un parámetro de funcionamiento ya que si la máquina funciona correctamente el consumo de combustible se puede mantener en un valor constante determinado. Establece algunas condiciones, por ejemplo: si el motor tiene un problema de compresión bajan los torques y la potencia a un régimen de revoluciones dada, lo que provoca que el operador suba las revoluciones por operación y consuma más combustible. Si el sistema hidráulico tiene algún problema se refleja en un descenso de la capacidad de maniobra del balde, si la transmisión central o los diferenciales tienen problemas de transmisión de potencia los movimientos del cargador pierden velocidad y ambos problemas también provocan que suban las revoluciones del motor provocando un mayor consumo de combustible. Por esta razón medir el rendimiento del combustible en estas máquinas es un indicador de problemas de rendimiento de uno o varios sistemas. Este consumo se puede medir en litro por mes lo que reflejará una tendencia en un año y se puede comparar con los cambios de producción.

### **Temperatura.**

Los sensores de temperatura del motor brindan información de condiciones de trabajo de la máquina en operación. Una temperatura alta en el motor puede ser provocada por un empaque del cabezote dañado, por una obstrucción en el sistema de refrigeración del motor, problemas de transferencia de calor en el radiador, en el tiempo inyección, en el turbo cargador, anomalías en el funcionamiento del ventilador del radiador y en la calibración de las válvulas de admisión y escape.

Una alta temperatura puede provocar un bajo rendimiento del motor y acelerar el proceso de falla del motor.

**Presión de aceite de motor.**

Este parámetro brinda información sobre el estado del sistema de lubricación. Si este parámetro está por debajo del valor establecido el motor baja en gran medida el rendimiento y puede causar daños severos a los componentes del mismo. Si está por encima del valor correspondiente puede provocar desgaste abrasivo por las partículas en suspensión y alta temperatura del motor.

### **3.1.7 Etapa No.7**

#### ***Objetivos del Programa de Mantenimiento Preventivo (PMP).***

- a. Elaborar inspecciones periódicas para asegurar que la máquina tenga un alto rendimiento y disponibilidad para producción.
- b. Disminuir el costo por reparaciones correctivas. Este costo incluye el costo de repuestos, costo de horas mecánico y de tiempo fuera de operación.
- c. Mejorar los parámetros de funcionamiento global.
- d. Capacitar a los técnicos y personal administrativos en temas de mantenimiento programado.

### **3.1.8 Etapas No. 8 y 9**

#### ***División en partes y subpartes de la máquina.***

Se dividió a los retroexcavadoras cargadoras en forma tal que permitiera clasificar las partes por circuitos de fluidos y función de componentes, de la siguiente forma:

- a. Motor: comprende el conjunto de block, cabezote, distribución, carter, circuito de aceite y todos los componentes internos.
- b. Sistema de Combustible: comprende el circuito de combustible desde el tanque hasta el inyector, incluyendo la bomba de inyección, los filtros de servicio y separador de agua.
- c. Sistema de Admisión de aire: comprende el tubo de entrada, el filtro de aire, el turbo cargador y el múltiple de admisión.
- d. Sistema de escape: comprende el múltiple de escape y la tubería.
- e. Sistema de enfriamiento: es el circuito del refrigerante y comprende el radiador, la bomba de agua, los filtros, el termostato y las mangueras.
- f. Sistema hidráulico: comprende la bomba de aceite, los filtros, pistones, válvulas y mangueras.
- g. Sistema de frenos: comprende el contenedor, las mangueras, y el circuito de discos del diferencial.
- h. Transmisión: es la caja de engranajes. Incluye el convertidor de par.
- i. Diferenciales: comprende la caja de engranajes.
- j. Mandos Finales: incluye la caja de engranajes.
- k. Sistema Eléctrico: incluye el sistema de carga, arranque y accesorios.

l. Chasis: Es el conjunto de componentes estructurales del equipo.

m. Rodaje: Comprende aros y llantas.

### 3.1.9 Etapa No. 10

#### **Manual de Mantenimiento Preventivo (MMP)**

El Manual de Mantenimiento Preventivo (MMP) está compuesto por seis inspecciones o servicios en los que se atienden todos los sistemas del equipo.

Las inspecciones se encuentran en orden alfabético y cada una corresponde a una revisión en un periodo de tiempo. Estos periodos se derivan de las inspecciones del fabricante y el estudio de fallas frecuentes de las máquinas. La siguiente tabla presenta los periodos recomendados y los alternativos.

Tabla N° 3. Frecuencias de inspección

Inspección	Periodo (horas)	Periodo alternativo
A	250	6 semanas
B	500	3 meses
C	1000	6 meses
D	2000	1 año
E	3000	1 año y 6 meses
F	6000	3 años

Las fuentes de información para elaborar las inspecciones fueron:

- *Los manuales del fabricante.* Las inspecciones se basaron en las recomendaciones del fabricante y en sus publicaciones, como el Manual de Operación y Mantenimiento de retroexcavadoras 420D y 416C, Manual de Partes de retroexcavadoras 420D y 416C.
- *Historial de reparaciones.* Constructora MECO inicio en el año 2001 una base de datos organizacional llamada Explorer que contiene módulos para cada departamento. En el moduló de Administración de servicio se puede hacer una consulta al registro de mantenimiento donde se encuentra las fallas más frecuentes de las máquinas.
- *Inspecciones de campo.* Se determinó el grado de deterioro de las máquinas por medio de inspecciones de campo realizadas por el inspector de maquinaria, y el ingeniero de mantenimiento. De estas inspecciones e obtuvo algunas fallas que se debían contrarrestar con las inspecciones.
- *Entrevista a los técnicos.* Se entrevistó al os técnicos para conocer cuales eran los ajustes necesarios y otras reparaciones frecuentes.

A continuación se explicaran las inspecciones por componente.

## **Inspección A.**

La inspección inicia con los cambios de aceite de motor y filtros del circuito de lubricación. Se revisa el motor en busca de fugas de aceite en la base de la bomba de aceite, en el empaque de válvulas, en el empaque de carter, en el retenedor del cigüeñal, en la tapa de distribución, en la base de los filtros de aceite, en la tubería de abastecimiento de turbo cargador y tapones de carter.

Se recomienda un análisis de aceite de motor donde se registren los siguientes valores:

1. Desgaste del motor. Se revisa contenido de Hierro, Cobre, Estaño, Aluminio y Plomo.
2. Contaminantes. Se revisa la cantidad de partículas de agua y silicio.
3. Estado del aceite: Se revisa el estado del paquete de aditivos, la viscosidad y la oxidación de l aceite.

En el sistema de combustible se cambia el filtro para evitar obstrucciones, esta operación esta recomendada por el fabricante en un periodo de 500 horas pero en este trabajo se a corto el periodo debido a que en Costa Rica el diesel tiene 0.3 puntos porcentuales más de azufre que lo recomendado por el fabricante de las máquinas y el mal almacenamiento de este combustible lo contamina por falta de limpieza en los tanques. Para evitar que entre agua al sistema de combustible se drena el filtro separador de agua y el tanque de combustible que evita que se oxiden los componentes. También se realiza una revisión detallada del circuito externo de combustible para buscar fugas, fracturas, desgastes o algún cambio anormal de los materiales.

En el sistema de admisión de aire se revisa el indicador de obstrucción para determinar el estado del filtro de aire. Se limpia y revisa la tubería de admisión de aire para evitar fugas por aberturas o conductos mal acoplados. Además se

lubrican las gasas o tornillos con aceite penetrante para evitar que se traben con el tiempo.

En el sistema de escape revisa por fugas ya que este sistema esta sujeta a una gran cantidad de vibración y ácidos formados por la combustión y el agua que lo deteriora en forma acelerada. Además se lubrican las gasas para evitar que se traben.

En el sistema de enfriamiento se revisa el nivel de refrigerante, se limpia y lubrica los conductos externos para revisar si hay fugas. Se limpia el radiador con aire comprimido para evitar la acumulación de suciedad que evite la transferencia de calor. También se revisan las correas del abanica ya que al estar expuestas al calor producido por el motor y los cambios de aceleración en su rotación producen grietas y desgastes que las hace fallar frecuentemente.

El sistema crítico para la inspección es el sistema hidráulico ya que presenta la mayor cantidad de fallas en el historial de reparaciones. La falla de los sellos de los pistones es la causa más frecuente para sacar de operación una retroexcavadora, estos son afectados por el polvo que se adhiere a las superficies de alta precisión de los pistones hidráulicos y las sobrecargas a los que son sometidos, por esto se da énfasis a la revisión de los sellos de los pistones de la máquina. También se revisa el nivel de aceite y se llena si es necesario.

En el sistema de frenos se revisa el nivel de aceite y se rellena si es necesario. Enciende la máquina y se revisa el freno de servicio impulsando la retroexcavadora y aplicando los frenos. Al apagar la máquina se prueba el freno de estacionamiento.

En la transmisión se revisa el nivel de aceite de la transmisión y se rellena si es necesario. Se revisa por fugas en la transmisión y en la junta con el convertidor de par.

En el diferencial se revisa el nivel de aceite y se rellena si es necesario. También se revisa por fugas ya que estas son frecuentes en los tapones y juntas de las carcazas del diferencial al igual que en los mandos finales.

En la mayoría de las máquinas de construcción y automotrices el sistema eléctrico es un punto frecuente de fallas pero según el historial de reparaciones se observó que no en las retroexcavadoras no estaba fallando. Pro esto se realizan inspecciones moderadas del sistema de luces, panel de instrumentos, batería y conexiones, y alarmas.

Al elaborar la inspección del chasis se considero incluir operaciones de limpieza, búsqueda de fracturas y desgastes para repararlas la apariencia de la máquina.

La inspección del sistema de rodaje consiste en llenar una fórmula especial para este componente que consiste en la medición de la profundidad de estría, presión y datos de identificación de la llanta. De este modo se puede proyectar su desgaste y mantener en control.

La ultima parte de la inspección se contiene 10 diferentes puntos de engrase de la máquina para mantener lubricados los puntos de movimientos que no son lubricados por aceite.

A continuación se muestra la inspección A. Las inspecciones B, C, D, E y F se encuentran en los apéndices.



## MANTENIMIENTO PREVENTIVO

### INSPECCIÓN A

### RETROEXCAVADORES

ACTIVO:		FECHA:
DESCRIPCIÓN:		PROYECTO:
MODELO:		HORIMETRO:
TECNICO:		
<b>MOTOR (MO)</b>		
CAMBIAR EL ACEITE DEL MOTOR		
CAMBIAR LOS FILTROS DE ACEITE.		
REVISAR POR FUGAS DE ACEITE. REPORTAR		
<b>SISTEMA DE COMBUSTIBLE (SC)</b>		
CAMBIAR LOS FILTROS DE COMBUSTIBLE		
DRENAR EL FILTRO SEPARADOR DE AGUA		
REVISAR LOS CONDUCTOS Y TUBERIAS DE DIESEL. REPORTAR		
DRENAR AGUA Y SEDIMENTOS DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE		
<b>SISTEMA DE ADMISION DE AIRE (SA)</b>		
REVISAR EL INDICADOR DE SERVICIO DEL FILTRO DE AIRE		
LIMPIAR LA PARTE EXTERIOR DE LA TUBERIA DE ADMISION		
REVISAR LA TUBERÍA DE ADMISION POR FUGAS Y OBSTRUCCIONES		
LUBRICAR GAZAS Y TORNILLOS DE APRIETE		
<b>SISTEMA DE ESCAPE (ES)</b>		
REVISAR POR FUGAS EN EL ESCAPE DEL MOTOR		
LUBRICAR GAZAS Y TORNILLOS DEL SISTEMA DE ESCAPE		
<b>SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL MOTOR (SE)</b>		
REVISAR EL NIVEL DE MEZCLA REFRIGERANTE (AGUA/COOLANT)		
LIMPIAR LAS TUBERIAS DE REFRIGERANTE		
REVISAR POR FUGAS EN EL SISTEMA		
LUBRICAR GAZAS Y TORNILLOS DEL SISTEMA		
LIMPIAR EL RADIADOR		
REVISAR LAS CORREAS DE ABANICO		

<b>SISTEMA HIDRÁULICO (SH)</b>
REVISAR EL NIVEL DE ACEITE HIDRÁULICO.
REVISAR LAS MANGUERAS DEL SISTEMA HIDRÁULICO
REVISAR EMPAQUES DEL PISTON DEL STICK
REVISAR LOS EMPAQUES DE LOS PISTONES DE LAS ESTABILIZADORAS
REVISAR EMPAQUES DE VALVULAS DE PISTON
<b>SISTEMA DE FRENOS (SF)</b>
REVISAR EL NIVEL DE ACEITE HIDRÁULICO.
REVISAR EL FUNCIONAMIENTO DEL FRENO DE ESTACIONAMIENTO
REVISAR EL FUNCIONAMIENTO DE LOS FRENOS DE SERVICIO
<b>TRANSMISION (TR)</b>
REVISAR EL NIVEL DE ACEITE
REVISAR POR FUGAS EN EL CONJUNTO DE LA TRANSMISION CENTRAL
REVISAR POR FUGAS EN EL CONVERTIDOR DE PAR
<b>DIFERENCIALES (D)</b>
REVISAR EL NIVEL DE ACEITE
REVISAR POR FUGAS
<b>MANDOS FINALES (MF)</b>
REVISAR EL NIVEL DE ACEITE DE LOS MANDOS FINALES
MANDO DELANTERO DERECHO
MANDO DELANTERO IZQUIERDO
MANDO TRASERO DERECHO
MANDO TRASERO IZQUIERDO

**SISTEMA ELECTRICO (EL)**

REVISAR LAS FAJAS DEL ALTERNADOR

REVISAR LAS LUCES DE OPERACIÓN

REVISAR LA OPERACIÓN DE INSTRUMENTOS DEL PANEL

REVISAR EL NIVEL DE ELECTROLITO DE LA BATERÍA

REVISAR Y LIMPIAR CONEXIONES DE LA BATERÍA

PROBAR ALARMA DE RETROCESO

**CHASIS (CH)**

LIMPIAR EL CHASIS

LIMPIAR EL INTERIOR DE LA CABINA

LLENAR EL DEPOSITO DEL LIMPIA PARABRISAS (CABINA CERRADA)

PROBAR LOS LIMPIADORES (CABINA CERRADA)

INSPECCIONAR LOS CINTURONES DE SEGURIDAD

**ENGRASE**

COJINETES DE LA PLUMA RETROEXCAVADORA

COJINETES DEL BRAZO RETROEXCAVADOR

COJINETES DEL CUCHARON RETROEXCAVADOR

COJINETES DE LOS CILINDROS RETROEXCAVADORES

COJINETES DE PIVOTES DE DIRECCIÓN DELANTEROS

COJINETES DEL CUCHARON CARGADOR

COJINETES DEL CILINDRO Y VARILLAJE DEL CUCHARON CARGADOR

COJINETES DEL LOS CILINDROS DE LOS ESTABILIZADORES

COJINETES DEL BASTIDOR Y CILINDRO DE ROTACIÓN

JUNTA UNIVERSAL DEL EJE DELANTERO

## **Inspección B**

En el motor se agrega una revisión de los soportes mecánicos del motor que se desgastan por vibración y condiciones de temperatura y humedad. Se incluye una revisión de la alineación de las poleas por medio de un reloj comparador de carátula que indica si hay algún ángulo de inclinación que afecte el desgaste de las correas.

En el sistema de combustible se inspecciona la fijación de la bomba de inyección debido a que puede presentar fugas de aceite y los técnicos la clasificaron como falla frecuente.

En el sistema de admisión de aire se revisa la fijación del turbo cargador para asegurarse de que la vibración del motor no dañara el componente.

También se revisa la fijación del sistema de escape ya frecuentemente oscilan. En el sistema de enfriamiento se revisa los alabes del ventilador por si existen grietas o desgaste.

En el sistema hidráulico se revisa la parte exterior de las válvulas de control ya que en el historial de mantenimiento presenta una alta frecuencia de falla. También se cambia el filtro de aceite hidráulico según recomendaciones de los fabricantes.

En el sistema eléctrico se incluyen la prueba de densímetro y el probador de descarga que determinan el estado de la batería. Además se incluye una limpieza detallada de la caja de fusibles para poder identificar fallas.

Se inspecciona las tapas de acceso para comprobar los pivotes y seguros, también se revisan los tacos guía del brazo extensible según recomendación del fabricante.

## **Inspección C**

Se realiza una calibración de las válvulas según recomendación del fabricante ya que mejora la sincronización del ciclo de combustión.

En el sistema de combustible se desmontan los inyectores y el mecánico hace una inspección visual para identificar posible corrosión. Estos son enviados a un taller de reparación externa que comprueba su capacidad de flujo e inyección y los ajusta.

Se desmonta el turbo cargador y se revisan el juego axial y radial que indica el estado de los cojinetes, luego se envía una reparación externa donde revisan los componentes detalladamente y balancean el eje.

Se toma una muestra de refrigerante del motor para determinar su estado y el del sistema.

En la transmisión y el diferencial se hace un cambio de aceite y se limpia la rejilla filtrante que limpia el aceite de obstrucciones.

En el sistema eléctrico se incluye una revisión del voltaje de carga y amperaje de carga que determinan el funcionamiento del alternador.

En el chasis se revisa la estructura contra vuelcos (ROPS) para asegurarse de su fijación y estado mecánico. Esta inspección es recomendada por el fabricante.

## **Inspección D**

En la inspección D se desmonta la bomba de combustible para que sea calibrada. Estos calibrados se hacen porque el desgaste progresivo cambia los flujos recomendados de combustible.

Además se realiza un cambio de aceite hidráulico y se analizan todos los aceites de todos los sistemas.

### **Inspección E**

La inspección E no varía mucho de la inspección D, solo se le agrega la pintura de la tubería de escape para protegerla del desgaste corrosivo.

Se drena el refrigerante para agregar una mezcla de agua refrigerante nueva con las propiedades necesarias para proteger el motor. En el mismo sistema de refrigeración se aprovecha el drenaje para cambiar el termostato ya que el resorte se fatiga y puede ser obstruido.

### **Inspección F**

La inspección de fue diseñada par revalorar la máquina a la mitad de su vida útil. Por esto incluye una reparación del motor designada como “over hall” a baja escala, que consiste en el cambio de las piezas comunes de desgaste en el motor como anillos de pistón, rodamientos de biela, bancada, y árbol de levas, empaques de motor, retenedores y superficies de contacto.

Se desmontan y revisan otros componentes como la bomba de agua, la bomba de aceite hidráulico, el arrancador y el alternador.

### 3.1.10 Etapa No. 11

#### ***Repuestos requeridos por inspección.***

En la tabla a continuación se presentan los repuestos necesarios por cada inspección de mantenimiento preventivo. Primero se presentan los de la inspección A, luego se presenta los repuestos que se agregan en la siguiente inspección. Siempre se necesitan los repuestos requeridos en las inspecciones anteriores. Por ejemplo, si se realiza una inspección D se debe tener los repuestos de esta inspección más los de la A, B y C.

Tabla N° 4. Repuestos por inspección

Inspecciones	Cantidad
Inspección A	
Aceite de Motor	1.9 GAL
Filtros para motor	1
Filtros de combustible	1
Inspección B	
Filtros de aceite hidráulico	1
Inspección C	
Empaque de válvulas de cabezote	1
Aceite de Transmisión	4.5 gal
Aceite de Diferenciales	6 gal
Fajas de alternador	
Fajas de abanico	
Inspección D	
Aceite hidráulico	1 gal
Inspección E	
Refrigerante	2.8 GAL
Termostato	1

---

Continuación de tabla N° 4

Inspección F	
Anillos de Pistones	12
Retenedores	2
Tornillos de Biela	8
Tornillos de bancada	10
Juego de empaques	1
Bomba de agua	1
Arrancador	1
Alternador	1

### 3.1.11 Etapa No.12

#### ***Disponibilidad para el Mantenimiento Preventivo (DMP).***

La disponibilidad para Mantenimiento Preventivo o DMP, por sus siglas, representa la cantidad de tiempo que se tiene para realizar las inspecciones.

Para hacer este cálculo se necesita el Tiempo de no producción o TNP que significa la cantidad de tiempo que las máquinas están fuera de operación con personal de mantenimiento en el taller.

También se necesita la cantidad de Operarios Disponibles o OPD que se refiere al número de mecánicos, lubricadores y electricistas que se estiman para llevar acabo las inspecciones.

Se debe establecer un para metro de medida del tiempo adecuado para determinar estos factores. Por el tipo de operación de las máquinas se pueden usar horas y los periodos son bisemanales.

El TNP son las horas del equipo fuera de producción en un bísmana, esto corresponde a tres días, el taller tiene mecánicos once horas por día, en total el TNP sería la multiplicación de las once horas por los tres días disponibles.

TNP = 33 horas

Para calcular el OPD se estiman cuatro operarios disponibles, dos mecánicos, un electricista y un lubricador, todos trabajando once horas por día.

OPD = 4 operarios

El DMP es el resultado de la multiplicación del OPD por el TNP.

DMP = 33 horas x 4 operarios = 132 horas

El resultado es de 132 horas de operario en general por bisemana. Pero las inspecciones necesitan cierta cantidad de horas por especialidad por lo que se debe calcular las horas mecánico ( $DMP_M$ ), lubricador ( $DMP_L$ ) y electricista ( $DMP_E$ ) por separado.

$$DMP_M = 33 \text{ horas} \times 2 \text{ mecánicos} = 66 \text{ horas / mecánico}$$

$$DMP_L = 33 \text{ horas} \times 1 \text{ lubricador} = 33 \text{ horas / lubricador}$$

$$DMP_E = 33 \text{ horas} \times 1 \text{ electricista} = 33 \text{ horas / electricista}$$

### 3.1.12 Etapa No.13

#### ***Elaboración del Gantt.***

Para programar las inspecciones se usa el periodo de inspección opcional ya que es imposible proyectar las horas que va a trabajar la máquina.

Se programó las inspecciones en las semanas que restan del año ya que no se ha determinado los periodos de trabajo del año entrante.

Para programar estas inspecciones se utilizó el último horímetro reportado y se ubico en la tabla N° 5 para relacionarlo con el horímetro siguiente.

Tabla N° 5. Ciclos de Inspección

INSPECCION	HORIMETRO
A	250
B	500
A	750
C	1000
A	1250
B	1500
A	1750
D	2000
A	2250
B	2500
A	2750
E	3000
A	3250
B	3500
A	3750
D	4000
A	4250
B	4500
A	4750
C	5000
A	5250
B	5500
A	5750

Continuación de la tabla N° 5

F	6000
A	6250
B	6500
A	6750
C	7000
A	7250
B	7500
A	7750
D	8000
A	8250
B	8500
C	8750
E	9000
A	9250
B	9500
A	9750
D	10000
A	10250
B	10500
A	10750
C	11000
A	11250
B	11500
A	11750
F	12000

En la tabla se representan dos ciclos de inspecciones completos que equivalen a la vida útil de la máquina.

A continuación se presenta la programación en un gráfico de Gantt.

ACTIVO	INSPECCION	UBICACIÓN	NOVIEMBRE																											
			10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30							
11-12	A	PAPAGAYO																												
11-16	A	PAPAGAYO																												
11-17	A	RUTINARIOS																												
11-18	B	RUTINARIOS																												
11-21	B	RUTINARIOS																												
11-22	A	PAPAGAYO																												
11-24	A	BRIBRI																												
11-25	B	RUTINARIOS																												
11-26	A	PAPAGAYO																												

ACTIVO	INSPECCION	UBICACIÓN	DICIEMBRE																															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
11-12	A	PAPAGAYO																																
11-16	A	PAPAGAYO																																
11-17	A	RUTINARIOS																																
11-18	B	RUTINARIOS																																
11-21	B	RUTINARIOS																																
11-22	A	PAPAGAYO																																
11-24	A	BRIBRI																																
11-25	B	RUTINARIOS																																
11-26	A	PAPAGAYO																																

### **3.1.13 Etapa No.14**

#### ***Procedimiento para realizar las inspecciones.***

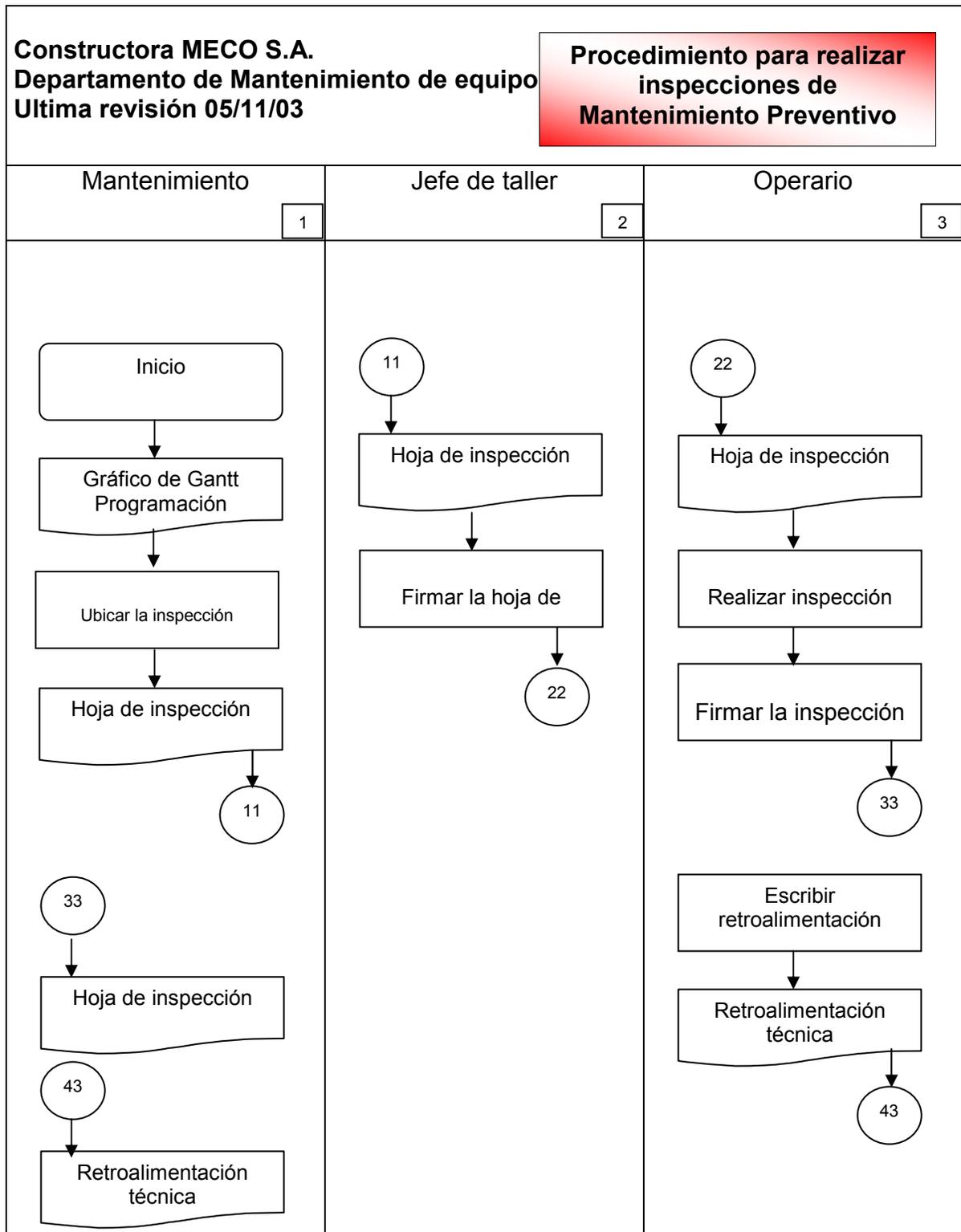
El procedimiento para realizar las inspecciones fue diseñado según la estructura de empresa para que no implique un cambio en los procedimientos ya establecidos.

El proceso empieza en el Departamento de Mantenimiento, donde se controla los periodos de inspección por medio del Gantt anual. Se entrega una hoja de inspección al jefe de taller para que este la firme y le ordene a un mecánico que realice la inspección.

El operario realiza la inspección la firma y le entrega al departamento de mantenimiento junto con una retroalimentación técnica que son archivadas en el historial de la máquina.

A continuación se presenta el procedimiento en un flujo grama.

Tabla N° 6. Flujo grama para ejecución de la inspección.



### **3.1.14 Etapa No.15**

#### ***Estrategia de motivación.***

La motivación se realizará por medio de reuniones y capacitación. En estas actividades se le transmitirá, a las personas involucradas en el Programa de Mantenimiento Preventivo, los objetivos del proyecto.

Tanto los mecánicos como personal administrativo deben ver el programa como una capacitación en las tendencias actuales de mantenimiento y que esto servirá como una herramienta para su futuro laboral y académico.

A continuación se explicará el contenido de las técnicas de motivación.

Reuniones:

Programar una reunión con los jefes de taller, el supervisor de maquinaria y el jefe de los operadores para presentar y revisar la propuesta para el Manual de Mantenimiento Preventivo (MMP).

Reunir a los técnicos del taller de maquinaria y personal del Departamento de Mantenimiento para explicar el PMP.

Capacitación:

Elaborar un programa de capacitación para los técnicos de mantenimiento con los siguientes temas.

#### ***1. Funcionamiento básico de motores de combustión interna.***

Sistemas básicos.

Sistemas de lubricación.

Sistemas de refrigeración.

Sistemas de inducción de aire.

Sistemas de escape.

Sistemas de suministro de combustible.

(Personal de Constructoras MECO)

2. Funcionamiento básico de sistemas hidráulicos de retroexcavadoras.

(Proveedores Externos, recomendación MATRA)

3. Funcionamiento de transmisiones de retroexcavadoras.

(Proveedores Externos, recomendación MATRA)

4. Funcionamiento de frenos y diferenciales de retroexcavadoras.

(Proveedores Externos, recomendación MATRA)

5. Lubricación de retroexcavadoras cargadoras.

Aceites recomendados

Análisis de aceite.

Aditivos.

Filtros (composición, recomendaciones y equivalencias).

Uso de fichas de lubricación.

Aditivos para el refrigerante.

(Personal del departamento de Mantenimiento de Constructora MECO,  
Shell y JSM)

6. Composición, estructura, funcionamiento y reparaciones de llantas de retroexcavadoras.

Estructura de las llantas.

Recomendaciones de Mantenimiento de llantas.

Proceso de recauche.

(Personal del Departamento de Mantenimiento de Constructora MECO y de Quirós Y Cía).

### 3.1.15 Etapa 16

#### **Costos de Mantenimiento Preventivo.**

Los costos del mantenimiento fueron calculados por inspección. De esta manera se puede calcular el costo anual colocando las inspecciones en los periodos correspondientes. A continuación se muestra el cálculo anual.

En el año se realizan las siguientes inspecciones:

4 inspecciones A, cada una con un costo de 80 478.50 colones

Con un total por inspecciones A de 80 478.50 colones x 4 = **321 914 colones**

2 inspecciones B, cada un costo de 135 172.43 colones

Con un total por inspección B de 135 172.43 colones x 2 = **270 344.86 colones**

1 inspección C con un costo de **471 261.35 colones**

1 inspección D con un costo de **642 016.15 colones**

El 16.65% de una inspección E que se calcula de la siguiente forma:

Costo E anual = 0.1665 x 708 078.75 colones = **117 895.11 colones**

El 33.33% de una inspección F que se calcula de la siguiente forma:

Costo D anual = .3333 x 2 481 461.17 colones = **827 070.95 colones**

Si totalizamos el costo anual de las inspecciones da como resultado **2 650 502.42 colones.**

Si comparamos con la ganancia de una retroexcavadora en un año que es 17 160 000 de colones trabajando todas las horas disponibles el costo de mantenimiento preventivo en un 15.44% de este valor.

El detalle de los costo de las inspecciones se encuentra en los apéndices de este trabajo.

# **CAPITULO 4**

## **ANÁLISIS TÉCNICO DE HERRAMIENTAS DE CORTE PARA EXCAVADORAS**

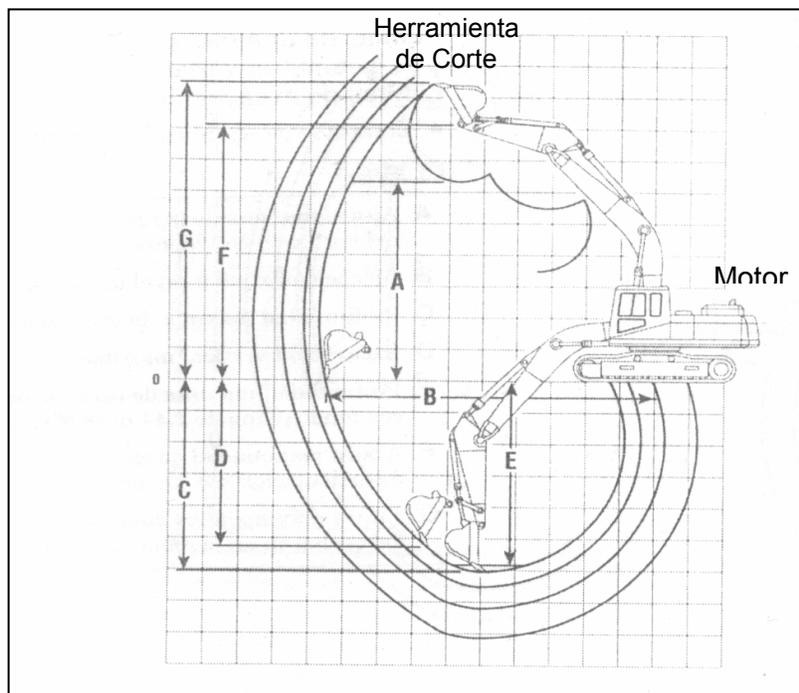
---

## 4.1 Conceptos fundamentales.

---

Las excavadoras son máquinas móviles que utilizan una herramienta de corte para perforar las masas de materiales y cargarlos. Poseen un motor de combustión interna que entrega energía mecánica, la cual, es transferida a un sistema hidráulico que mueve la máquina por medio de orugas y a la herramienta de corte por medio de la pluma.

La pluma o (Boom) es una estructura articulada formada por dos piezas metálicas unidas al bastidor de la máquina y entre ellas por una articulación compuesta por un pin un par de rodamientos lubricados por grasa. Se mueve por la acción de dos pistones hidráulicos alimentados por una serie de mangueras conectadas al sistema hidráulico central de la máquina.



*Fuente: Manual de Rendimiento Caterpillar*

Figura 4.4. Diagrama de Excavadora

La herramienta de corte está conectada a la pluma por medio de un pistón hidráulico y una articulación sujetados por pines y rodamientos también lubricados por grasa.

Esta tiene diferentes secciones que en este trabajo se clasificaron según las cargas, desgaste al que están sometidas y a la función. Se clasifico las partes en tres áreas:

Elementos carga de material (ECM)

Elementos básicos de corte de material (EBCM)

Elementos adicionales de corte y resistencia (EACR)

#### 4.1.1 Elementos de carga de material.

##### *El balde.*

Es una estructura de acero levemente endurecido que sirve como contenedor cuando la herramienta carga material.



Fuente: ESCO Co.

Figura N° 4.5. Balde de herramienta de corte

Son construidos de dos formas:

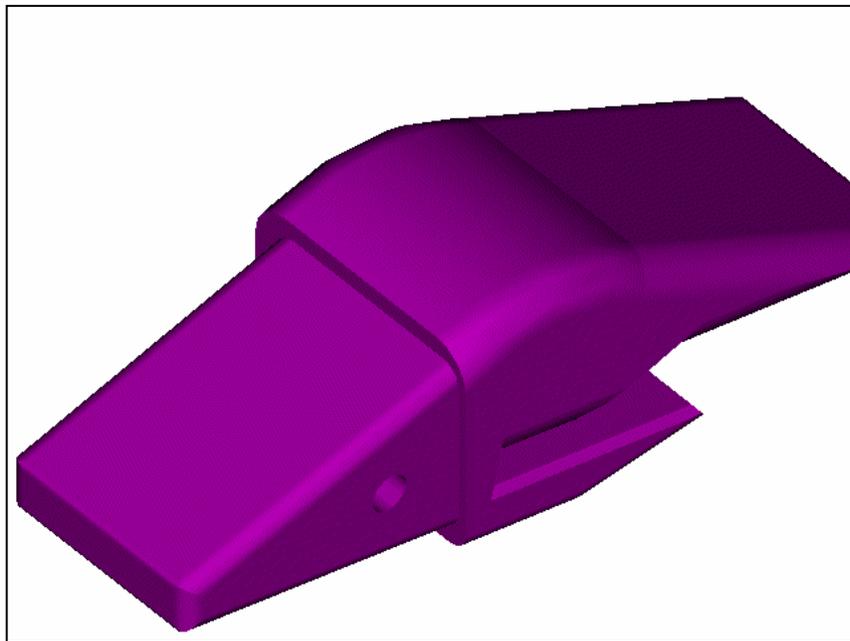
*Fundidos en una sola pieza.* Este método solo puede ser aplicado a baldes de menos de 4m<sup>3</sup> ya que su costo de fabricación es muy elevado. Este tipo de balde soporta mejor las cargas ya que su estructura no posee puntos críticos de concentración de esfuerzo como las soldaduras.

*Soldando las diferentes partes.* En la mayoría diseños de baldes en el mercado se usa este método ya que el costo de su construcción es muy bajo. Sus diferentes partes son unidas por medio de cordones de soldadura que luego son tratados térmicamente para disminuir los efectos del calentamiento. Los baldes estándar tienen 2 paredes laterales, una lamina curva de contención y de 2 a 4 soportes en la parte superior. Esta estructura esta sometidas a una carga distribuida a lo largo de su superficie interior, provocada por el peso del material que este cargado.

#### 4.1.2 Elementos básicos de corte de material

##### ***Las bases.***

Son estructuras de acero con una dureza media que están sujetadas al balde por medio de soldadura. Su función es mantener el diente sujetado y transferir la potencia mecánica.



*Fuente: Constructora MECO S.A.*

Figura 4.6. Base de dientes

**Los dientes.**

Son elementos de acero, algunas veces aleado, con muy alta dureza que se encuentra sujetado a las bases por medio de pines o pasadores. Este es el elemento que asume la mayoría de las cargas y el desgaste de la herramienta ya que su función es cortar el material. Se unen a las bases por medio de un pin o pasador de acero.



*Fuente: Hensley Co.*

Figura 4.7. Diente de corte

### ***Elementos adicionales de corte y resistencia***

Estos son elementos que no son indispensables para el trabajo de la herramienta pero que mejoran su rendimiento, entre ellos están:

Las cuchillas de corte lateral. Poseen altos grados de dureza y sus funciones son aumentar la capacidad de corte del balde y protegerlo del desgaste abrasivo.



*Fuente: ESCO Co.*

Figura 4.8. Cuchillas de corte lateral

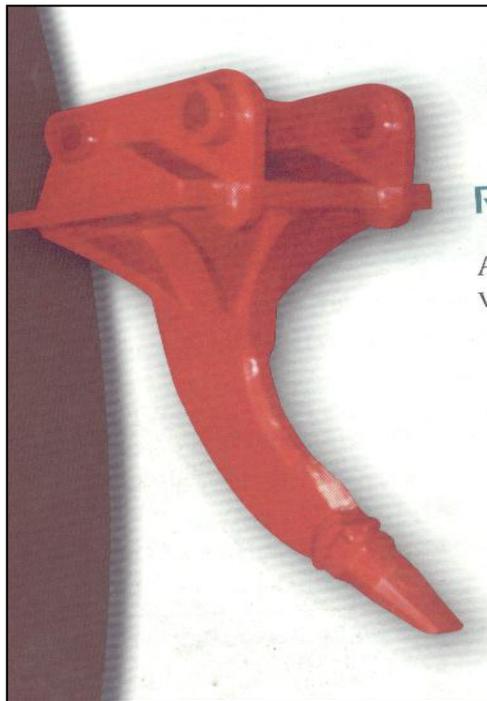
Placas de desgaste. Son pequeños elementos soldables a las superficies de contactos de los baldes. También poseen alta dureza y su función es proteger del desgaste abrasivo.



*Fuente: Hensley Co.*

Figura 4.9. Placas de desgaste

Escariadores o Ripper. Es una estructura que se solda a la parte posterior del balde y su función es escariar la roca o masas de material para dividirlos en partículas que el balde pueda cargar. Si este elemento es usado en esta aplicación a larga la vida de los dientes, las bases, placas laterales, placas de desgaste y el balde.



*Fuente: Esco Co.*

Figura 4.10. Escariador

## 4.2 Diseño de herramienta de corte

---

### 4.2.1 Aplicación de bajo impacto alta abrasión:

En esta aplicación la herramienta de corte no tiene cargas intensas de impacto ya que el material está suelto, generalmente piedras de río, arena o piedra triturada, que no producen gran resistencia al corte y permiten alta capacidad de penetración de los dientes de la herramienta. Debido a esto no es necesario un balde estructuralmente reforzado.



*Fuente: Constructora MECO S.A.*

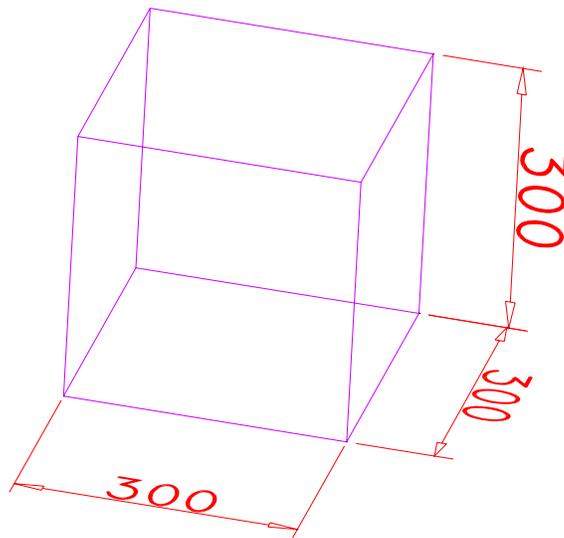
Figura N° 11. Pluma y Herramienta de excavadora

Por otro lado los baldes en esta aplicación están sometidos a alta abrasión ya que las partículas con las que están en contacto se encuentran en un rango de diámetro de entre 300mm a 1mm. Esta gran cantidad de partículas aumenta el área de contacto y por lo tanto la fricción. Este aumento de área se demuestra de la siguiente forma:

Si tomamos un cubo de material de las dimensiones de la figura obtenemos la siguiente área de contacto.

$$A_c = 300mm \cdot 300mm \cdot 6 = 540000mm^2$$

$A_c$  = área de contacto



*Fuente: Constructora MECO S.A.*

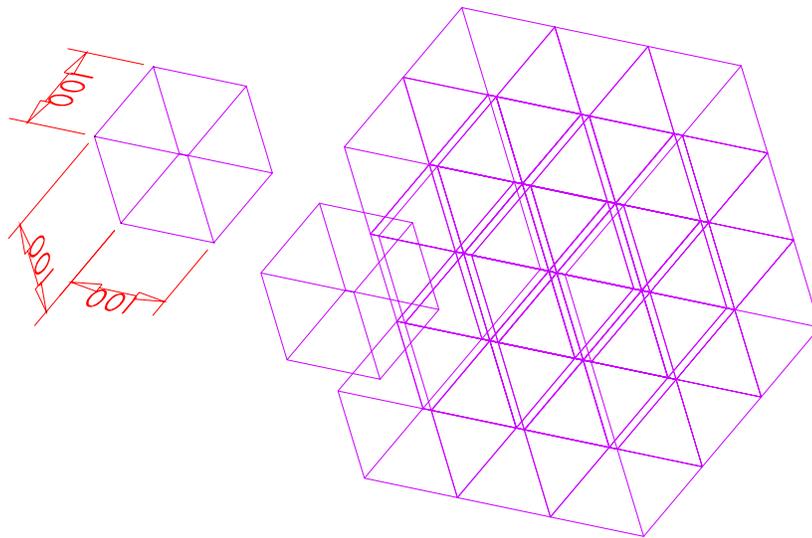
Figura N° 4.12. Representación de cubo de material

Pero si dividimos el material en partículas de cúbicas de 100 mm y hacemos el cálculo de área para el mismo volumen obtenemos el siguiente valor:

$$A_c = 100 \cdot 100 \cdot 6 = 60000 \text{mm}^2$$

Por cada partícula de material tendríamos 60 000mm<sup>2</sup> de área, pero para compararlo con el volumen anterior se debe multiplicar por la cantidad de cubos de 60 000mm<sup>2</sup> que caben en cada arista del cubo de 540 000mm<sup>2</sup>.

$$A_c = 60000 \text{mm}^2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 = 1620000 \text{mm}^2$$



*Fuente: Constructora MECO S.A.*

Figura N° 4.13. Representación de cubos de material II

El resultado de la comparación es el siguiente:

$$\Delta A_c = 1620000 \text{mm}^2 - 540000 \text{mm}^2 = 1080000 \text{mm}^2$$

Lo que significa un aumento del 66.66% del área de contacto y como la fricción es proporcional al área de contacto se aumenta también en un 66.66%.

Al disminuir el volumen de las partículas se aumenta la densidad del material ya que cuando una roca esta “entera” contiene generalmente grandes espacios libres en su interior ocupados por aire, las partículas pequeñas se juntan y eliminan gran cantidad de aire en el volumen total. Otra razón del aumento de la densidad es que generalmente las rocas pequeñas y la arena son extraídas de un río lo que hace que el material se combine con agua eliminando totalmente los volúmenes de aire.

El aumento de densidad provoca que la masa del material cargado aumente y por lo tanto el peso. Esto también provoca el aumento de la fricción de las partículas ya que la fuerza de fricción es el resultado del coeficiente de fricción estático o cinético multiplicado por la fuerza normal, la fuerza normal es proporcional al peso como lo demuestra la siguiente fórmula.

$$f = \mu_k N$$

$\mu_k$  = Coeficiente de fricción cinético

N = Fuerza Normal

Fuerzas de fricción tan altas en áreas tan pequeñas provocan y la alta abrasión y este efecto combinado con una alta concentración de partículas de silicio provoca cortes microscópicos en el acero de la herramienta de corte.

Si el ciclo de corte se repite muchas veces la herramienta sufre un desgaste natural constante.

Por estas razones se recomienda un balde con las siguientes características:

1. Alta dureza superficial. 350 HB
2. Alta capacidad de colmado (volumen de material)
3. Alto peso
4. De 5 a 6 dientes, con una dureza de 450 HB
5. Dientes con perfiles auto – afilantes.
6. 3 hileras en la parte posterior del labio de botones de desgaste la hoja técnica de este elemento esta en los anexos.

#### 4.2.2 Aplicación de alto impacto y abrasión media.

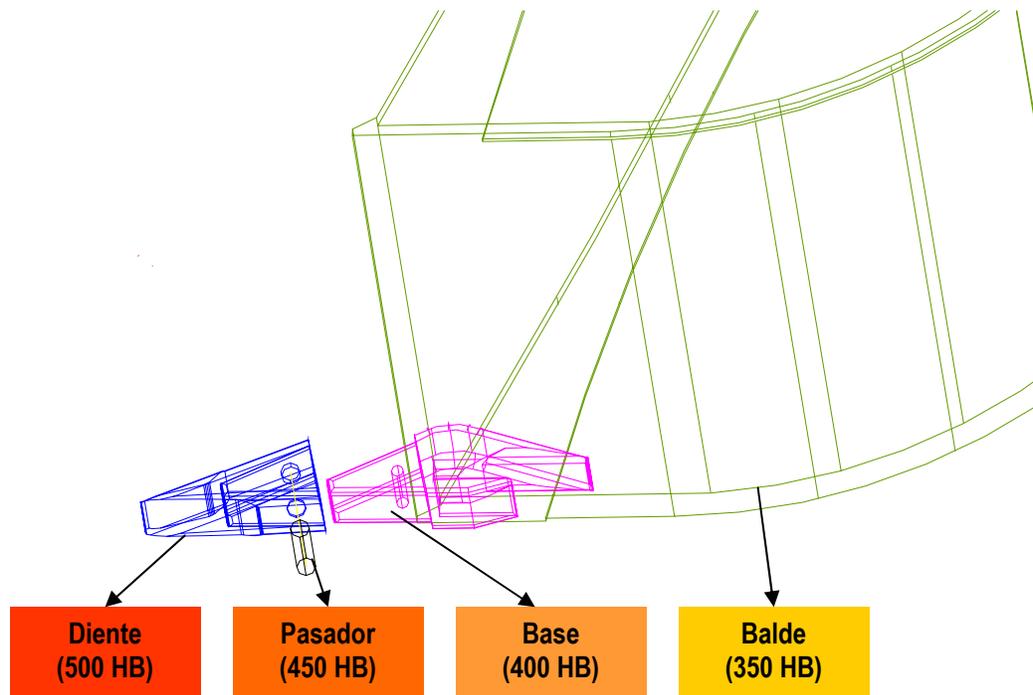
En esta aplicación la herramienta de corte esta sometida a cargas intensas en periodos de tiempo cortos ya que tiene que cortar material sólido de una cantera o “tajo seco”.

La capacidad de penetración de los dientes se ve afectada por que el material a cortar es compacto y duro.

Esto provoca que el impacto se transmita a la estructura del balde, a los pines y al sistema hidráulico causando fallas en los empaques de los pistones, válvulas, sellos, mangueras y bombas.

Para evitar esto se debe buscar un medio de compensación, lo cual es difícil ya que también se debe aprovechar la transmisión de fuerza. Pero hay un diseño que combina capacidad de corte, compensación y transmisión de fuerza.

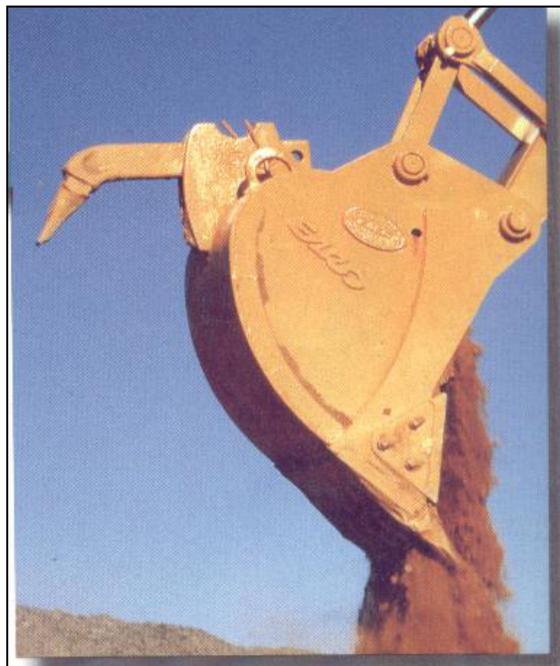
En este se utiliza la estructura de la herramienta de corte para compensar el impacto por medio de cambios de dureza del material.



Esta compensación evita fracturas en los puntos de concentración de esfuerzos ya la onda de choque disminuye su velocidad e intensidad conforme avanza en la estructura.

Para esta aplicación se recomiendan baldes con las siguientes características:

1. Dientes y bases de muy alta dureza.
2. Baldes livianos de baja dureza superficial.
3. Cuchillas laterales corte.
4. Para esta aplicación se recomienda un dispositivo adicional llamado escariador o "ripper" que aumenta la capacidad de corte y penetración en material compacto en un 40% y aumenta la vida del balde en un 30%.



*Fuente: ESCO Co.*

Figura N° 4.14. Herramienta de Corte con Escariador

## 4.3 Procedimiento de reparación.

---

### 4.3.1 Fractura dúctil.

Las fracturas dúctiles se caracterizan por un cambio en la forma de la zona afectada y es provocada por una sobrecarga del balde. Este cambio de forma hace que generalmente en las reparaciones se corte con llama de oxiacetileno parte de la zona afectada. Este corte provoca un intenso cambio de temperatura en el material cercano al corte.

Los cambios de temperaturas en corto tiempo afectan la estructura de metal provocando que el grano reduzca su tamaño y se disminuya la ductibilidad. Estos cambios hacen que el balde se fragilice y este propensa a otra fractura.

Para evitar esto se diseñó el siguiente procedimiento para reparación de fractura dúctil.

1. Limpie con un solvente anticorrosivo la zona de trabajo.
2. Marque con tiza las zonas asignadas a cada temperatura de precalentamiento.
3. Con la llama de acetileno precaliente los 15 centímetros alrededor de la zona de corte a 250 °C. y verifique esta temperatura con un lápiz térmico.
4. Precaliente las zonas a 25 centímetros de la fractura a una temperatura de 150 °C.
5. Corte el material necesario.
6. Disminuya lentamente la temperatura del material (5°C/min) hasta llegar a 100 °C, en este punto dejar enfriar por convección natural.

7. Biselar el material con una profundidad de 5mm por cada centímetro de grosor del material y a 50° de inclinación.
8. Precalentar el material de la misma forma que se preparó para el corte.
9. Depositar la soldadura 7018 en cordones del largo del bisel. Por cada cordón depositado limpiar cuidadosamente la escoria con solvente y secar.
10. Dejar enfriar a la velocidad del corte.

### **4.3.2 Fractura frágil**

La fractura frágil se presenta cuando la herramienta recibe un impacto de alta intensidad en corto tiempo. Esto provoca una fractura con poca deformación. Este tipo de fractura se presenta en forma de grietas y pérdidas de material. A continuación se presenta un procedimiento para la reparación de este tipo de falla:

1. Limpiar el material en la zona a soldar con solventes
2. Biselar el material con una profundidad de 5mm por cada centímetro de grosor del material y a 50° de inclinación.
3. Precalentar el material a 250 °C en los primeros 20 cm y a 150 en los siguientes 10cm.
4. Depositar la soldadura 7018 en cordones del largo del bisel. Por cada cordón depositado limpiar cuidadosamente la escoria con solvente y secar.
5. Enfriar el material a una velocidad de 5 °C /min..

## Bibliografía

---

Smith. Fundamentos de la ciencia de materiales. 2° edición. Mc Graw Hill. Madrid, 1993.

Fishbane, Gasiorowicz, Thorton. Física para ciencias e ingeniería. Volumen I. 3° edición. Prentice Hall. Madrid, 1993.

Gere, Timoshenco. Mecánica de Materiales. 4° edición. Internacional Thomson Editores. México D.F. 1997.

Valverde, Jorge. Administración de Mantenimiento I. Costa Rica: ITCR, 2000

### Otros documentos:

Manual de Rendimiento Caterpillar. Caterpillar Inc. E.E.U.U. 2002

Manual de Operación y Mantenimiento. Retroexcavadoras Cargadoras 420D y 430D. Caterpillar Inc. 2000

Recomendaciones de fluidos para máquinas Caterpillar. Caterpillar Inc. 2002

# APÉNDICES

## **MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

### **COSTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**



**MANTENIMIENTO PREVENTIVO  
INSPECCIÓN A  
RETROEXCAVADORES**

ACTIVO:	
DESCRIPCIÓN:	
MODELO:	
TECNICO:	

FECHA:	
PROYECTO:	
HORIMETRO:	

**MOTOR (MO)**

CAMBIAR EL ACEITE DEL MOTOR

CAMBIAR LOS FILTROS DE ACEITE.

REVISAR POR FUGAS DE ACEITE. REPORTAR

**SISTEMA DE COMBUSTIBLE (SC)**

CAMBIAR LOS FILTROS DE COMBUSTIBLE

DRENAR EL FILTRO SEPARADOR DE AGUA

REVISAR LOS CONDUCTOS Y TUBERIAS DE DIESEL. REPORTAR

DRENAR AGUA Y SEDIMENTOS DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE

**SISTEMA DE ADMISION DE AIRE (SA)**

REVISAR EL INDICADOR DE SERVICIO DEL FILTRO DE AIRE

LIMPIAR LA PARTE EXTERIOR DE LATUBERIA DE ADMISION

REVISAR LA TUBERÍA DE ADMISION POR FUGAS Y OBSTRUCCIONES

LUBRICAR GAZAS Y TORNILLOS DE APRIETE

**SISTEMA DE ESCAPE (ES)**

REVISAR POR FUGAS EN EL ESCAPE DEL MOTOR

LUBRICAR GAZAS Y TORNILLOS DEL SISTEMA DE ESCAPE

**SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL MOTOR (SE)**

REVISAR EL NIVEL DE MEZCLA REFRIGERANTE (AGUA/COOLANT)

LIMPIAR LAS TUBERIAS DE REFRIGERANTE

REVISAR POR FUGAS EN EL SISTEMA

LUBRICAR GAZAS Y TORNILLOS DEL SISTEMA

LIMPIAR EL RADIADOR

REVISAR LAS CORREAS DE ABANICO

**SISTEMA HIDRÁULICO (SH)**

REVISAR EL NIVEL DE ACEITE HIDRÁULICO.

REVISAR LAS MANGUERAS DEL SISTEMA HIDRÁULICO

REVISAR EMPAQUES DEL PISTON DEL STICK

REVISAR LOS EMPAQUES DE LOS PISTONES DE LAS ESTABILIZADORAS

REVISAR EMPAQUES DE VALVULAS DE PISTON

**SISTEMA DE FRENOS (SF)**

REVISAR EL NIVEL DE ACEITE HIDRÁULICO.

REVISAR EL FUNCIONAMIENTO DEL FRENO DE ESTACIONAMIENTO

REVISAR EL FUNCIONAMIENTO DE LOS FRENOS DE SERVICIO

**TRANSMISION (TR)**

REVISAR EL NIVEL DE ACEITE

REVISAR POR FUGAS EN EL CONJUNTO DE LA TRANSMISION CENTRAL

REVISAR POR FUGAS EN EL CONVERTIDOR DE PAR

**DIFERENCIALES (D)**

REVISAR EL NIVEL DE ACEITE

REVISAR POR FUGAS

**MANDOS FINALES (MF)**

REVISAR EL NIVEL DE ACEITE DE LOS MANDOS FINALES

MANDO DELANTERO DERECHO

MANDO DELANTERO IZQUIERDO

MANDO TRASERO DERECHO

MANDO TRASERO IZQUIERDO

**SISTEMA ELECTRICO (EL)**

REVISAR LAS FAJAS DEL ALTERNADOR

REVISAR LAS LUCES DE OPERACIÓN

REVISAR LA OPERACIÓN DE INSTRUMENTOS DEL PANEL

REVISAR EL NIVEL DE ELECTROLITO DE LA BATERÍA

REVISAR Y LIMPIAR CONEXIONES DE LA BATERÍA

PROBAR ALARMA DE RETROCESO

**CHASIS (CH)**

LIMPIAR EL CHASIS

LIMPIAR EL INTERIOR DE LA CABINA

LLENAR EL DEPOSITO DEL LIMPIA PARABRISAS (CABINA CERRADA)

PROBAR LOS LIMPIADORES (CABINA CERRADA)

INSPECCIONAR LOS CINTURONES DE SEGURIDAD

LIMPIAR LAS VENTANAS (CABINA CERRADA)

REVISAR EL CUCHARON RETROEXCAVADOR

REVISAR EL CUCHARON CARGADOR

**RODAJE (RO)**

HACER UNA INSPECCÓN DE LLANTAS Y LLENAR LA FORMULA ADJUNTA

**ENGRASE**

COJINETES DE LA PLUMA RETROEXCAVADORA

COJINETES DEL BRAZO RETROEXCAVADOR

COJINETES DEL CUCHARON RETROEXCAVADOR

COJINETES DE LOS CILINDROS RETROEXCAVADORES

COJINETES DE PIVOTES DE DIRECCIÓN DELANTEROS

COJINETES DEL CUCHARON CARGADOR

COJINETES DEL CILINDRO Y VARILLA DEL CUCHARON CARGADOR

COJINETES DEL LOS CILINDROS DE LOS ESTABILIZADORES

COJINETES DEL BASTIDOR Y CILINDRO DE ROTACIÓN

JUNTA UNIVERSAL DEL EJE DELANTERO



**MANTENIMIENTO PREVENTIVO  
INSPECCION B  
RETROEXCAVADORES**

ACTIVO:	
DESCRIPCIÓN:	
MODELO:	
TECNICO:	

FECHA:	
PROYECTO:	
HORIMETRO:	

**MOTOR (MO)**

REVISAR LOS SOPORTES DEL MOTOR  
REVISAR LA CORRECTA LINEACIÓN DE LAS CORREAS  
SACAR MUESTRA DE ACEITE DE MOTOR

**SISTEMA DE COMBUSTIBLE (SC)**

REVISAR CUIDADOSAMENTE LA FIJACIÓN DE LA BOMBA DE COMBUSTIBLE

**SISTEMA DE ADMISION DE AIRE (SA)**

REVISAR LA FIJACIÓN DEL TURBOCARGADOR

**SISTEMA DE ESCAPE (SS)**

REVISAR LA FIJACIÓN DE LA TUBERÍA DE ESCAPE

**TRANSMISION (TR)**

CAMBIAR EL ACEITE

**SISTEMA ELECTRICO (EL)**

MEDIR LA DENSIDAD DEL ELECTROLITO DE LA BATERIA  
HACER LA PRUEBA DE DESCAR DE LA BATERIA  
REVISAR Y LIMPIAR CAJA DE FUSIBLES

**CHASIS (CH)**

INSPECCIONAR LAS TAPAS DE ACCESO Y LOS PROTECTORES  
INSPECCIONAR LOS TACOS DEL BRAZO EXTENSIBLE

**ENGRASE**

ESTRÍAS DEL EJE DE IMPULSION



**MANTENIMIENTO PREVENTIVO  
INSPECCION C  
RETROEXCAVADORES**

ACTIVO:	
DESCRIPCIÓN:	
MODELO:	
TECNICO:	

FECHA:
PROYECTO:
HORIMETRO:

**MOTOR (MO)**

CALIBRAR LAS VALVULAS DEL MOTOR

**SISTEMA DE COMBUSTIBLE (SC)**

REVISAR INYECTORES DE COMBUSTIBLE

**SISTEMA DE ADMISION DE AIRE (SA)**

REVISAR SI EL EJE DEL TURBOCARGADOR GIRA LIBRE

REVISAR SI EXISTE EL JUEGO AXIAL

REVISAR SI EXISTE EL JUEGO RADIAL

**SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL MOTOR (SE)**

ANALIZAR LA MEZCLA REFRIGERANTE DEL MOTOR

**SISTEMA HIDRÁULICO. (SH)**

REVISAR EL CALIBRAJE DE LAS VALVULAS DE ALIVIO

**TRANSMISION (TR)**

SACAR MUESTRA DE ACEITE DE TRANSMISION

LIMPIAR REJILLA MAGNÉTICA DE LA TRANSMISIÓN

**DIFERENCIALES (D)**

CAMBIAR EL ACEITE

REVISAR POR FUGAS

SACAR MUESTRA DEL ACEITE DE DIFERENCIAL

**MANDOS FINALES (MF)**

CAMBIAR EL ACEITE MANDO DELANTERO DERECHO

CAMBIAR EL ACEITE MANDO DELANTERO IZQUIERDO

CAMBIAR EL ACEITE MANDO TRASERO DERECHO

CAMBIAR EL ACEITE MANDO TRASERO IZQUIERDO

**SISTEMA ELECTRICO (EL)**

MEDIR LA CORRIENTE DE CARGA

MEDIR EL VOLTAJE DE CARGA

**CHASIS (CH)**

INSPECCIONAR LA ESTRUCTURA CONTRA VUELCOS (ROPS)

**ENGRASE**

LUBRICAR LOS COJINETES DE LAS RUEDAS



**MANTENIMIENTO PREVENTIVO  
INSPECCION D  
RETROEXCAVADORES**

ACTIVO:	
DESCRIPCIÓN:	
MODELO:	
TECNICO:	

FECHA:
PROYECTO:
HORIMETRO:

**MOTOR (MO)**

CAMBIAR EL EMPAQUE DE TAPA DE VALVULAS

**SISTEMA DE COMBUSTIBLE (SC)**

REVISAR Y CALIBRAR BOMBA DE INYECCIÓN

**SISTEMA HIDRÁULICO. (SH)**

CAMBIAR EL ACEITE HIDRÁULICO.

SACAR MUESTRA DEL ACEITE HIDRÁULICO

**SISTEMA ELECTRICO (EL)**

MEDIR LA CORRIENTE DE ARRANQUE

MEDIR EL VOLTAJE DE ARRANQUE



**MANTENIMIENTO PREVENTIVO  
INSPECCION E  
RETROEXCAVADORES**

ACTIVO:	
DESCRIPCIÓN:	
MODELO:	
TECNICO:	

FECHA:	
PROYECTO:	
HORIMETRO:	

**SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL MOTOR (SE)**

CAMBIAR EL REFRIGERANTE DEL MOTOR

CAMBIAR EL TERMOSTATO



**MANTENIMIENTO PREVENTIVO  
INSPECCION F  
RETROEXCAVADORES**

ACTIVO:	
DESCRIPCIÓN:	
MODELO:	
TECNICO:	

FECHA:	
PROYECTO:	
HORIMETRO:	

**MOTOR (MO)**

- REVISAR LOS RESORTES DE VALULAS.
- REVISAR LOS ASIENTOS DE VALVULAS DEL CABEZOTE
- CAMBIAR EL JUEGO DE EMPAQUES DEL MOTOR
- CAMBIAR LOS RODAMIENTOS DE BIELA
- CAMBIAR LOS RODAMIENTOS DE BANCADAS
- CAMBIAR LOS RODAMIENTOS DEL ARBOL DE LEVAS
- REVISAR LAS SUPERFICIES DE CONTACTO DEL BLOCK
- REVISAR LAS SUPERFICIES DE CONTACTO CABEZOTE
- CAMBIAR ANILLOS DE LOS PISTONES
- CAMBIAR LOS RETENEDORES DEL CIGÜEÑAL
- CAMBIAR LOS TORNILLOS DE CABEZOTE
- CAMBIAR LOS TORNILLOS DE BIELA Y DE BANCADA
- REVISAR SUPERFICIES DE LOS CILINDROS DE PISTON

**SISTEMA DE ADMISION DE AIRE (SA)**

- CAMBIAR TURBOCARGADOR (REFACCIONAR)

**SISTEMA DE ESCAPE (SS)**

- CAMBIAR LAS GAZAS DE LA TUBERIA DE ESCAPE

**SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL MOTOR (SE)**

- CAMBIAR LA BOMBA DE AGUA (REFACCIONAR)

**SISTEMA HIDRÁULICO. (SH)**

- CAMBIAR LA BOMABA DE ACEITE HIDRAULICA (REFACCIONAR)

**SISTEMA DE FRENOS (SF)**

- CAMBIAR LOS DISCOS DE FRENO

**DIFERENCIALES (D)**

- REVISAR EL PIÑON DE ATAQUE
- REVISAR LA CORONA
- REVISAR LA CAJA DE PLANETARIOS

**MANDOS FINALES (MF)**

- |  |
|--|
| REVISAR LA TRANSMISION DE LOS MANDOS FINALES |
|--|

## COSTO DE INSPECCION A

MOTOR (MO)	REPUESTOS		MANO DE OBRA		
	PARTE	COSTO	DURACIÓN	OPERARIO	COSTO
1	CAMBIAR EL ACEITE DEL MOTOR	5,933.50	20	L	€1,047.60
2	CAMBIAR LOS FILTROS DE ACEITE.	3,322.62	20	L	€1,047.60
3	REVISAR POR FUGAS DE ACEITE. REPORTAR		20	M	€1,183.00

### SISTEMA DE COMBUSTIBLE (SC)

4	CAMBIAR LOS FILTROS DE COMBUSTIBLE	4,733.03	20	L	€1,047.60
5	DRENAR EL FILTRO SEPARADOR DE AGUA		10	L	€523.80
6	REVISAR LOS CONDUCTOS Y TUBERIAS DE DIESEL. REPORTAR		20	M	€1,183.00
7	DRENAR AGUA Y SEDIMENTOS DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE		10	L	€523.80

### SISTEMA DE ADMISION DE AIRE (SA)

8	REVISAR EL INDICADOR DE SERVICIO DEL FILTRO DE AIRE		10	L	€523.80
9	LIMPIAR LA PARTE EXTERIOR DE LATUBERIA DE ADMISION		15	L	€785.70
10	REVISAR LA TUBERÍA DE ADMISION POR FUGAS Y OBSTRUCCIONES		10	M	€591.50
11	LUBRICAR GAZAS Y TORNILLOS DE APRIETE		10	L	€523.80

### SISTEMA DE ESCAPE (ES)

12	REVISAR POR FUGAS EN EL ESCAPE DEL MOTOR		10	M	€591.50
13	LUBRICAR GAZAS Y TORNILLOS DEL SISTEMA DE ESCAPE		10	L	€523.80

### SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL MOTOR (SE)

14	REVISAR EL NIVEL DE MEZCLA REFRIGERANTE (AGUA/COOLANT)		10	L	€523.80
15	LIMPIAR LAS TUBERIAS DE REFRIGERANTE		10	L	€523.80
16	REVISAR POR FUGAS EN EL SISTEMA		10	M	€591.50
17	LUBRICAR GAZAS Y TORNILLOS DEL SISTEMA		10	L	€523.80
18	LIMPIAR EL RADIADOR		30	L	€1,571.40
19	REVISAR LAS CORREAS DE ABANICO		10	M	€591.50

### SISTEMA HIDRÁULICO (SH)

20	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE HIDRÁULICO.		10	L	€523.80
21	REVISAR LAS MANGUERAS DEL SISTEMA HIDRÁULICO		30	M	€1,774.50
22	REVISAR EMPAQUES DEL PISTON DEL STICK		15	M	€887.25
23	REVISAR LOS EMPAQUES DE LOS PISTONES DE LAS ESTABILIZADORAS		15	M	€887.25
24	REVISAR EMPAQUES DE VALVULAS DE PISTON		15	M	€887.25

### SISTEMA DE FRENOS (SF)

25	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE HIDRÁULICO.		10	L	€523.80
26	REVISAR EL FUNCIONAMIENTO DEL FRENO DE ESTACIONAMIENTO		10	M	€591.50
27	REVISAR EL FUNCIONAMIENTO DE LOS FRENOS DE SERVICIO		10	M	€591.50

### TRANSMISION (TR)

28	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE		20	L	€1,047.60
29	REVISAR POR FUGAS EN EL CONJUNTO DE LA TRANSMISION CENTRAL		20	M	€1,183.00
30	REVISAR POR FUGAS EN EL CONVERTIDOR DE PAR		20	M	€1,183.00

### DIFERENCIALES (D)

31	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE		20	L	€1,047.60
32	REVISAR POR FUGAS		20	M	€1,183.00

### MANDOS FINALES (MF)

33	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE DE LOS MANDOS FINALES		20	L	€1,047.60
34	REVISAR POR FUGAS		10	M	€591.50

### SISTEMA ELECTRICO (EL)

35	REVISAR LAS FAJAS DEL ALTERNADOR		10	E	€569.10
36	REVISAR LAS LUCES DE OPERACIÓN		30	E	€1,707.30
37	REVISAR LA OPERACIÓN DE INSTRUMENTOS DEL PANEL		15	E	€853.65
38	REVISAR EL NIVEL DE ELECTROLITO DE LA BATERÍA		10	E	€569.10
39	REVISAR Y LIMPIAR CONEXIONES DE LA BATERÍA		30	E	€1,707.30
40	PROBAR ALARMA DE RETROCESO		15	E	€853.65

### CHASIS (CH)

41	LIMPIAR EL CHASIS		90	L	€4,714.20
42	LIMPIAR EL INTERIOR DE LA CABINA		60	L	€3,142.80
43	LLENAR EL DEPOSITO DEL LIMPIA PARABRISAS (CABINA CERRADA)		20	L	€1,047.60
44	PROBAR LOS LIMPIADORES (CABINA CERRADA)		10	L	€523.80
45	INSPECCIONAR LOS CINTURONES DE SEGURIDAD		10	L	€523.80
46	LIMPIAR LAS VENTANAS (CABINA CERRADA)		30	L	€1,571.40
47	REVISAR EL CUCHARON RETROEXCAVADOR		10	L	€523.80
48	REVISAR EL CUCHARON CARGADOR		10	L	€523.80

### RODAJE (RO)

49	HACER UNA INSPECCIÓN DE LLANTAS Y LLENAR LA FORMULA ADJUNTA		20	L	€1,047.60
----	---	--	----	---	-----------

### ENGRASE

50	COJINETES DE LA PLUMA RETROEXCAVADORA		10	L	€523.80
51	COJINETES DEL BRAZO RETROEXCAVADOR		10	L	€523.80
52	COJINETES DEL CUCHARON RETROEXCAVADOR		10	L	€523.80
53	COJINETES DE LOS CILINDROS RETROEXCAVADORES		10	L	€523.80
54	COJINETES DE PIVOTES DE DIRECCIÓN DELANTEROS		10	L	€523.80
55	COJINETES DEL CUCHARON CARGADOR		10	L	€523.80
56	COJINETES DEL CILINDRO Y VARILLAJE DEL CUCHARON CARGADOR		10	L	€523.80
57	COJINETES DEL LOS CILINDROS DE LOS ESTABILIZADORES		10	L	€523.80
58	COJINETES DEL BASTIDOR Y CILINDRO DE ROTACIÓN		10	L	€523.80
59	JUNTA UNIVERSAL DEL EJE DELANTERO		10	L	€523.80

Materiales de servicio	Costo
Limpiador desengrasante para motor	€1,200.00
Aceite Penetrante	€800.00
Grasa Lubricante NLGI 2	€6,000.00
Limpiador de Contactos Eléctricos	€2,500.00
Limpiador y protector de bornes de batería	€2,500.00

Categoría	Horas	Costo
Lubricador	10.42	€32,737.50
Mecánico	4.08	€14,491.75
Eléctrico	1.83	€6,260.10

<b>Duración total en horas =</b>	<b>16.33</b>
<b>Costo total por mano de obra en inspección =</b>	<b>€53,489.35</b>
<b>Costo total por repuesto en inspección =</b>	<b>€13,989.15</b>
<b>Costo por materiales de servicio =</b>	<b>€13,000.00</b>

**Costo total por inspección = €80,478.50**

## COSTO DE INSPECCION B

MOTOR (MO)	REPUESTOS		MANO DE OBRA		
	PARTE	COSTO	DURACIÓN	OPERARIO	COSTO
1	CAMBIAR EL ACEITE DEL MOTOR	5,933.50	20	L	€1,047.60
2	CAMBIAR LOS FILTROS DE ACEITE.	3,322.62	20	L	€1,047.60
3	REVISAR POR FUGAS DE ACEITE. REPORTAR		20	M	€1,183.00
4	REVISAR LOS SOPORTES DEL MOTOR*		10	M	€591.50
5	REVISAR LA CORRECTA LINEACIÓN DE LAS CORREAS*		20	M	€1,183.00
6	SACAR MUESTRA DE ACEITE DE MOTOR*		10	L	€523.80

SISTEMA DE COMBUSTIBLE (SC)					
7	CAMBIAR LOS FILTROS DE COMBUSTIBLE	4,733.03	20	L	€1,047.60
8	DRENAR EL FILTRO SEPARADOR DE AGUA		10	L	€523.80
9	REVISAR LOS CONDUCTOS Y TUBERIAS DE DIESEL. REPORTAR		20	M	€1,183.00
10	DRENAR AGUA Y SEDIMENTOS DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE		10	L	€523.80
11	REVISAR LA FIJACIÓN DE LA BOMBA DE COMBUSTIBLE*		10	M	€591.50

SISTEMA DE ADMISION DE AIRE (SA)					
12	REVISAR EL INDICADOR DE SERVICIO DEL FILTRO DE AIRE		10	L	€523.80
13	LIMPIAR LA PARTE EXTERIOR DE LATUBERIA DE ADMISION		15	L	€785.70
14	REVISAR LA TUBERÍA DE ADMISION POR FUGAS Y OBSTRUCCIONES		10	M	€591.50
15	LUBRICAR GAZAS Y TORNILLOS DE APRIETE		10	L	€523.80
16	REVISAR LA FIJACIÓN DEL TURBOCARGADOR*		15	M	€887.25

SISTEMA DE ESCAPE (ES)					
17	REVISAR POR FUGAS EN EL ESCAPE DEL MOTOR		10	M	€591.50
18	LUBRICAR GAZAS Y TORNILLOS DEL SISTEMA DE ESCAPE		10	L	€523.80
19	REVISAR LA FIJACIÓN DE LA TUBERÍA DE ESCAPE*		20	M	€1,183.00

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL MOTOR (SE)					
20	REVISAR EL NIVEL DE MEZCLA REFRIGERANTE (AGUA/COOLANT)		10	L	€523.80
21	LIMPIAR LAS TUBERIAS DE REFRIGERANTE		10	L	€523.80
22	REVISAR POR FUGAS EN EL SISTEMA		10	M	€591.50
23	LUBRICAR GAZAS Y TORNILLOS DEL SISTEMA		10	L	€523.80
24	LIMPIAR EL RADIADOR		30	L	€1,571.40
25	REVISAR LAS CORREAS DE ABANICO		10	M	€591.50
26	REVISAR EL ABANICO POR GRIETAS Y FRACTURAS*		10	M	€591.50

SISTEMA HIDRÁULICO (SH)					
27	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE HIDRÁULICO.		10	L	€523.80
28	REVISAR LAS MANGUERAS DEL SISTEMA HIDRÁULICO		30	M	€1,774.50
29	REVISAR EMPAQUES DEL PISTON DEL STICK		15	M	€887.25
30	REVISAR LOS EMPAQUES DE LOS PISTONES DE LAS ESTABILIZADORAS		15	M	€887.25
31	REVISAR EMPAQUES DE VALVULAS DE PISTON		15	M	€887.25
32	REVISAR POR FUGAS EN LAS VALVULAS DE CONTROL*		20	M	€1,183.00
33	CAMBIAR LOS FILTROS DE ACEITE HIDRAULICO*	40,173.68	30	L	€1,571.40

SISTEMA DE FRENOS (SF)					
33	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE HIDRÁULICO.		10	L	€523.80
34	REVISAR EL FUNCIONAMIENTO DEL FRENO DE ESTACIONAMIENTO		10	M	€591.50
35	REVISAR EL FUNCIONAMIENTO DE LOS FRENOS DE SERVICIO		10	M	€591.50

TRANSMISION (TR)					
36	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE		20	L	€1,047.60
37	REVISAR POR FUGAS EN EL CONJUNTO DE LA TRANSMISION CENTRAL		20	M	€1,183.00
38	REVISAR POR FUGAS EN EL CONVERTIDOR DE PAR		20	M	€1,183.00

DIFERENCIALES (D)					
39	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE		20	L	€1,047.60
40	REVISAR POR FUGAS		20	M	€1,183.00

MANDOS FINALES (MF)					
41	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE DE LOS MANDOS FINALES		20	L	€1,047.60
42	REVISAR POR FUGAS		10	M	€591.50

SISTEMA ELECTRICO (EL)					
43	REVISAR LAS FAJAS DEL ALTERNADOR		10	E	€569.10
44	REVISAR LAS LUCES DE OPERACIÓN		30	E	€1,707.30
45	REVISAR LA OPERACIÓN DE INSTRUMENTOS DEL PANEL		15	E	€853.65
46	REVISAR EL NIVEL DE ELECTROLITO DE LA BATERÍA		10	E	€569.10
47	REVISAR Y LIMPIAR CONEXIONES DE LA BATERÍA		30	E	€1,707.30
48	PROBAR ALARMA DE RETROCESO		15	E	€853.65
49	MEDIR LA DENSIDAD DEL ELECTROLITO DE LA BATERÍA*		20	E	€1,138.20
50	HACER LA PRUEBA DE DESCARGA DE LA BATERÍA*		20	E	€1,138.20
51	REVISAR Y LIMPIAR CAJA DE FUSIBLES*		30	E	€1,707.30

CHASIS (CH)					
52	LIMPIAR EL CHASIS		90	L	€4,714.20
53	LIMPIAR EL INTERIOR DE LA CABINA		60	L	€3,142.80
54	LLENAR EL DEPOSITO DEL LIMPIA PARABRISAS (CABINA CERRADA)		20	L	€1,047.60
55	PROBAR LOS LIMPIADORES (CABINA CERRADA)		5	L	€261.90
56	INSPECCIONAR LOS CINTURONES DE SEGURIDAD		5	L	€261.90
57	LIMPIAR LAS VENTANAS (CABINA CERRADA)		30	L	€1,571.40
58	REVISAR EL CUCHARON RETROEXCAVADOR		10	L	€523.80
59	REVISAR EL CUCHARON CARGADOR		10	L	€523.80
60	INSPECCIONAR LAS TAPAS DE ACCESO Y LOS PROTECTORES*		30	L	€1,571.40
61	INSPECCIONAR LOS TACOS DEL BRAZO EXTENSIBLE*		20	M	€1,183.00

RODAJE (RO)					
49	HACER UNA INSPECCION DE LLANTAS Y LLENAR LA FORMULA ADJUNTA		20	L	€1,047.60

ENGRASE					
50	COJINETES DE LA PLUMA RETROEXCAVADORA		10	L	€523.80
51	COJINETES DEL BRAZO RETROEXCAVADOR		10	L	€523.80
52	COJINETES DEL CUCHARON RETROEXCAVADOR		10	L	€523.80
53	COJINETES DE LOS CILINDROS RETROEXCAVADORES		10	L	€523.80
54	COJINETES DE PIVOTES DE DIRECCIÓN DELANTEROS		10	L	€523.80
55	COJINETES DEL CUCHARON CARGADOR		10	L	€523.80
56	COJINETES DEL CILINDRO Y VARILLAJE DEL CUCHARON CARGADOR		10	L	€523.80
57	COJINETES DEL LOS CILINDROS DE LOS ESTABILIZADORES		10	L	€523.80
58	COJINETES DEL BASTIDOR Y CILINDRO DE ROTACIÓN		10	L	€523.80
59	JUNTA UNIVERSAL DEL EJE DELANTERO		10	L	€523.80
60	ESTRIAS DEL EJE DE IMPULSION*		10	L	€523.80

Materiales de servicio	Costo
Limpiador desengrasante para motor	€1,200.00
Aceite Penetrante	€800.00
Grasa Lubrificante NLGI 2	€6,000.00
Limpiador de Contactos Eléctricos	€2,500.00
Limpiador y protector de bornes de batería	€2,500.00

Categoría	Horas	Costo
Lubricador	11.42	€35,880.30
Mecánico	6.17	€21,885.50
Eléctrico	3.00	€10,243.80

**Duración total en horas = 20.58**  
**Costo total por mano de obra en inspección = €68,009.60**  
**Costo total por repuesto en inspección = €54,162.83**  
**Costo por materiales de servicio = €13,000.00**

**Costo total por inspección = €135,172.43**

## COSTO DE INSPECCION C

MOTOR (MO)	REPUESTOS		MANO DE OBRA		
	PARTE	COSTO	DURACIÓN	OPERARIO	COSTO
1	CAMBIAR EL ACEITE DEL MOTOR	5,933.50	20	L	€1,047.60
2	CAMBIAR LOS FILTROS DE ACEITE.	3,322.62	20	L	€1,047.60
3	REVISAR POR FUGAS DE ACEITE. REPORTAR		20	M	€1,183.00
4	REVISAR LOS SOPORTES DEL MOTOR		10	M	€591.50
5	REVISAR LA CORRECTA LINEACIÓN DE LAS CORREAS		20	M	€1,183.00
6	SACAR MUESTRA DE ACEITE DE MOTOR		10	L	€523.80
7	CALIBRAR LAS VALVULAS DEL MOTOR*		90	M	€5,323.50
	<i>Cambiar el empaque de válvulas*</i>	2,500.00			

SISTEMA DE COMBUSTIBLE (SC)					
8	CAMBIAR LOS FILTROS DE COMBUSTIBLE	4,733.03	20	L	€1,047.60
9	DRENAR EL FILTRO SEPARADOR DE AGUA		10	L	€523.80
10	REVISAR LOS CONDUCTOS Y TUBERIAS DE DIESEL. REPORTAR		20	M	€1,183.00
11	DRENAR AGUA Y SEDIMENTOS DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE		10	L	€523.80
12	REVISAR LA FIJACIÓN DE LA BOMBA DE COMBUSTIBLE		10	M	€591.50
13	<i>Desmontar y Montar inyectores*</i>		120	M	€7,098.00
	<i>Reparación externa (Comprobación de los inyectores)*</i>	120,000.00			

SISTEMA DE ADMISION DE AIRE (SA)					
14	REVISAR EL INDICADOR DE SERVICIO DEL FILTRO DE AIRE		10	L	€523.80
15	LIMPIAR LA PARTE EXTERIOR DE LATUBERIA DE ADMISION		15	L	€785.70
16	REVISAR LA TUBERÍA DE ADMISION POR FUGAS Y OBSTRUCCIONES		10	M	€591.50
17	LUBRICAR GAZAS Y TORNILLOS DE APRIETE		10	L	€523.80
18	<i>Montaje desmontaje del turbo cargador*</i>		120	M	€7,098.00
	<i>Reparación externa (Comprobar partes)*</i>	132,000.00			

SISTEMA DE ESCAPE (ES)					
19	REVISAR POR FUGAS EN EL ESCAPE DEL MOTOR		10	M	€591.50
20	LUBRICAR GAZAS Y TORNILLOS DEL SISTEMA DE ESCAPE		10	L	€523.80
21	REVISAR LA FIJACIÓN DE LA TUBERÍA DE ESCAPE		20	M	€1,183.00

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL MOTOR (SE)					
22	REVISAR EL NIVEL DE MEZCLA REFRIGERANTE (AGUA/COOLANT)		10	L	€523.80
23	LIMPIAR LAS TUBERIAS DE REFRIGERANTE		10	L	€523.80
24	REVISAR POR FUGAS EN EL SISTEMA		10	M	€591.50
25	LUBRICAR GAZAS Y TORNILLOS DEL SISTEMA		10	L	€523.80
26	LIMPIAR EL RADIADOR		30	L	€1,571.40
27	REVISAR LAS CORREAS DE ABANICO		10	M	€591.50
28	REVISAR EL ABANICO POR GRIETAS Y FRACTURAS		10	M	€591.50
29	ANALIZAR LA MEZCLA REFRIGERANTE DEL MOTOR*		10	L	€523.80

SISTEMA HIDRÁULICO (SH)					
30	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE HIDRÁULICO.		10	L	€523.80
31	REVISAR LAS MANGUERAS DEL SISTEMA HIDRÁULICO		30	M	€1,774.50
32	REVISAR EMPAQUES DEL PISTON DEL STICK		15	M	€887.25
34	REVISAR LOS EMPAQUES DE LOS PISTONES DE LAS ESTABILIZADORAS		15	M	€887.25
35	REVISAR EMPAQUES DE VALVULAS DE PISTON		15	M	€887.25
36	REVISAR POR FUGAS EN LAS VALVULAS DE CONTROL		20	M	€1,183.00
37	CAMBIAR LOS FILTROS DE ACEITE HIDRAULICO	40,173.68	30	L	€1,571.40
38	REVISAR EL CALIBRAJE DE LAS VALVULAS DE ALIVIO*		360	M	€21,294.00

SISTEMA DE FRENOS (SF)					
39	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE HIDRÁULICO.		10	L	€523.80
40	REVISAR EL FUNCIONAMIENTO DEL FRENO DE ESTACIONAMIENTO		10	M	€591.50
41	REVISAR EL FUNCIONAMIENTO DE LOS FRENOS DE SERVICIO		10	M	€591.50

TRANSMISION (TR)					
42	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE		20	L	€1,047.60
43	REVISAR POR FUGAS EN EL CONJUNTO DE LA TRANSMISION CENTRAL		20	M	€1,183.00
44	REVISAR POR FUGAS EN EL CONVERTIDOR DE PAR		20	M	€1,183.00
45	SACAR MUESTRA DE ACEITE DE TRANSMISION*		30	L	€1,571.40
46	LIMPIAR REJILLA MAGNÉTICA DE LA TRANSMISIÓN*		120	M	€7,098.00
47	CAMBIAR EL ACEITE DE LA TRANSMISION*	9,060.53	30	L	€1,571.40

DIFERENCIALES (D)					
48	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE		20	L	€1,047.60
49	REVISAR POR FUGAS		20	M	€1,183.00
50	SACAR MUESTRA DEL ACEITE DE DIFERENCIALES*		20	L	€1,047.60
51	CAMBIAR EL ACEITE DE LOS DIFERENCIALES*	12,891.24	30	L	€1,571.40

MANDOS FINALES (MF)					
52	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE DE LOS MANDOS FINALES		20	L	€1,047.60
53	REVISAR POR FUGAS		10	M	€591.50

SISTEMA ELECTRICO (EL)					
54	REVISAR LAS FAJAS DEL ALTERNADOR		10	E	€569.10
55	REVISAR LAS LUCES DE OPERACIÓN		30	E	€1,707.30
56	REVISAR LA OPERACIÓN DE INSTRUMENTOS DEL PANEL		15	E	€853.65
57	REVISAR EL NIVEL DE ELECTROLITO DE LA BATERÍA		10	E	€569.10
58	REVISAR Y LIMPIAR CONEXIONES DE LA BATERÍA		30	E	€1,707.30
59	PROBAR ALARMA DE RETROCESO		15	E	€853.65
60	MEDIR LA DENSIDAD DEL ELECTROLITO DE LA BATERÍA		20	E	€1,138.20
61	HACER LA PRUEBA DE DESCARGA DE LA BATERÍA		20	E	€1,138.20
62	REVISAR Y LIMPIAR CAJA DE FUSIBLES		30	E	€1,707.30
63	MEDIR LA CORRIENTE DE CARGA*		40	E	€2,276.40
64	MEDIR EL VOLTAJE DE CARGA*		40	E	€2,276.40

CHASIS (CH)					
65	LIMPIAR EL CHASIS		90	L	€4,714.20
66	LIMPIAR EL INTERIOR DE LA CABINA		60	L	€3,142.80
67	LLENAR EL DEPOSITO DEL LIMPIA PARABRISAS (CABINA CERRADA)		20	L	€1,047.60
68	PROBAR LOS LIMPIADORES (CABINA CERRADA)		5	L	€261.90
69	INSPECCIONAR LOS CINTURONES DE SEGURIDAD		5	L	€261.90
70	LIMPIAR LAS VENTANAS (CABINA CERRADA)		30	L	€1,571.40
71	REVISAR EL CUCHARON RETROEXCAVADOR		10	L	€523.80
72	REVISAR EL CUCHARON CARGADOR		10	L	€523.80
73	INSPECCIONAR LAS TAPAS DE ACCESO Y LOS PROTECTORES		30	L	€1,571.40
74	INSPECCIONAR LOS TACOS DEL BRAZO EXTENSIBLE		20	M	€1,183.00
75	INSPECCIONAR LA ESTRUCTURA CONTRA VUELCOS (ROPS)*		30	M	€1,774.50

RODAJE (RO)					
76	HACER UNA INSPECCIÓN DE LLANTAS Y LLENAR LA FORMULA ADJUNTA		20	L	€1,047.60

ENGRASE					
77	COJINETES DE LA PLUMA RETROEXCAVADORA		10	L	€523.80
78	COJINETES DEL BRAZO RETROEXCAVADOR		10	L	€523.80
79	COJINETES DEL CUCHARON RETROEXCAVADOR		10	L	€523.80
80	COJINETES DE LOS CILINDROS RETROEXCAVADORES		10	L	€523.80
81	COJINETES DE PIVOTES DE DIRECCIÓN DELANTEROS		10	L	€523.80
82	COJINETES DEL CUCHARON CARGADOR		10	L	€523.80
83	COJINETES DEL CILINDRO Y VARILLAJE DEL CUCHARON CARGADOR		10	L	€523.80
84	COJINETES DEL LOS CILINDROS DE LOS ESTABILIZADORES		10	L	€523.80
85	COJINETES DEL BASTIDOR Y CILINDRO DE ROTACIÓN		10	L	€523.80
86	JUNTA UNIVERSAL DEL EJE DELANTERO		10	L	€523.80
87	ESTRÍAS DEL EJE DE IMPULSION		10	L	€523.80
88	LUBRICAR LOS COJINETES DE LAS RUEDAS*		10	L	€523.80

Materiales de servicio	Costo
Limpiador desengrasante para	€1,200.00
Aceite Penetrante	€800.00
Grasa Lubrificante NLGI 2	€6,000.00
Limpiador de Contactos	€2,500.00
Limpiador y protector de bornes	€2,500.00

Categoría	Horas	Costo
Lubricador	13.42	€42,165.90
Mecánico	19.92	€70,684.25
Eléctrico	4.33	€14,796.60

**Duración total en horas = 37.67**  
**Costo total por mano de obra en inspección = €127,646.75**  
**Costo total por repuesto en inspección = €330,614.60**  
**Costo por materiales de servicio = €13,000.00**

**Costo total por inspección = €471,261.35**

## COSTO DE INSPECCION D

MOTOR (MO)	REPUESTOS		MANO DE OBRA		
	PARTE	COSTO	DURACIÓN	OPERARIO	COSTO
1	CAMBIAR EL ACEITE DEL MOTOR	5,933.50	20	L	€1,047.60
2	CAMBIAR LOS FILTROS DE ACEITE.	3,322.62	20	L	€1,047.60
3	REVISAR POR FUGAS DE ACEITE. REPORTAR		20	M	€1,183.00
4	REVISAR LOS SOPORTES DEL MOTOR		10	M	€591.50
5	REVISAR LA CORRECTA LINEACIÓN DE LAS CORREAS		20	M	€1,183.00
6	SACAR MUESTRA DE ACEITE DE MOTOR		10	L	€523.80
7	CALIBRAR LAS VALVULAS DEL MOTOR		90	M	€5,323.50
	<i>Cambiar el empaque de válvulas</i>	2,500.00			

### SISTEMA DE COMBUSTIBLE (SC)

8	CAMBIAR LOS FILTROS DE COMBUSTIBLE	4,733.03	20	L	€1,047.60
9	DRENAR EL FILTRO SEPARADOR DE AGUA		10	L	€523.80
10	REVISAR LOS CONDUCTOS Y TUBERIAS DE DIESEL. REPORTAR		20	M	€1,183.00
11	DRENAR AGUA Y SEDIMENTOS DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE		10	L	€523.80
12	REVISAR LA FIJACIÓN DE LA BOMBA DE COMBUSTIBLE		10	M	€591.50
13	<i>Desmontar y Montar inyectores</i> <i>Reparación externa (Comprobación de los inyectores)</i>	120,000.00	120	M	€7,098.00
14	<i>Desmontar y Montar la bomba de inyección*</i> <i>Reparación externa (Comprobar Bomba)*</i>	130,000.00	120	M	€7,098.00

### SISTEMA DE ADMISION DE AIRE (SA)

14	REVISAR EL INDICADOR DE SERVICIO DEL FILTRO DE AIRE		10	L	€523.80
15	LIMPIAR LA PARTE EXTERIOR DE LATUBERIA DE ADMISION		15	L	€785.70
16	REVISAR LA TUBERÍA DE ADMISION POR FUGAS Y OBSTRUCCIONES		10	M	€591.50
17	LUBRICAR GAZAS Y TORNILLOS DE APRIETE		10	L	€523.80
18	<i>Montaje desmontaje del turbo cargador</i> <i>Reparación externa (Comprobar partes)</i>	132,000.00	120	M	€7,098.00

### SISTEMA DE ESCAPE (ES)

19	REVISAR POR FUGAS EN EL ESCAPE DEL MOTOR		10	M	€591.50
20	LUBRICAR GAZAS Y TORNILLOS DEL SISTEMA DE ESCAPE		10	L	€523.80
21	REVISAR LA FIJACIÓN DE LA TUBERÍA DE ESCAPE		20	M	€1,183.00

### SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL MOTOR (SE)

22	REVISAR EL NIVEL DE MEZCLA REFRIGERANTE (AGUA/COOLANT)		10	L	€523.80
23	LIMPIAR LAS TUBERIAS DE REFRIGERANTE		10	L	€523.80
24	REVISAR POR FUGAS EN EL SISTEMA		10	M	€591.50
25	LUBRICAR GAZAS Y TORNILLOS DEL SISTEMA		10	L	€523.80
26	LIMPIAR EL RADIADOR		30	L	€1,571.40
27	REVISAR LAS CORREAS DE ABANICO		10	M	€591.50
28	REVISAR EL ABANICO POR GRIETAS Y FRACTURAS		10	M	€591.50
29	ANALIZAR LA MEZCLA REFRIGERANTE DEL MOTOR*		10	L	€523.80

### SISTEMA HIDRÁULICO (SH)

30	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE HIDRÁULICO.		10	L	€523.80
31	REVISAR LAS MANGUERAS DEL SISTEMA HIDRÁULICO		30	M	€1,774.50
32	REVISAR EMPAQUES DEL PISTON DEL STICK		15	M	€887.25
34	REVISAR LOS EMPAQUES DE LOS PISTONES DE LAS ESTABILIZADORAS		15	M	€887.25
35	REVISAR EMPAQUES DE VALVULAS DE PISTON		15	M	€887.25
36	REVISAR POR FUGAS EN LAS VALVULAS DE CONTROL		20	M	€1,183.00
37	CAMBIAR LOS FILTROS DE ACEITE HIDRAULICO	40,173.68	30	L	€1,571.40
38	REVISAR EL CALIBRAJE DE LAS VALVULAS DE ALIVIO		360	M	€21,294.00
39	SACAR MUESTRA DE ACEITE HIDRAULICO*		20	L	€1,047.60
40	CAMBIAR EL ACEITE HIDRAULICO*	26,323.60	120	L	€6,285.60

### SISTEMA DE FRENOS (SF)

39	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE HIDRÁULICO.		10	L	€523.80
40	REVISAR EL FUNCIONAMIENTO DEL FRENO DE ESTACIONAMIENTO		10	M	€591.50
41	REVISAR EL FUNCIONAMIENTO DE LOS FRENOS DE SERVICIO		10	M	€591.50

### TRANSMISION (TR)

42	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE		20	L	€1,047.60
43	REVISAR POR FUGAS EN EL CONJUNTO DE LA TRANSMISION CENTRAL		20	M	€1,183.00
44	REVISAR POR FUGAS EN EL CONVERTIDOR DE PAR		20	M	€1,183.00
45	SACAR MUESTRA DE ACEITE DE TRANSMISION		30	L	€1,571.40
46	LIMPIAR REJILLA MAGNÉTICA DE LA TRANSMISION		120	M	€7,098.00
47	CAMBIAR EL ACEITE DE LA TRANSMISION	9,060.53	30	L	€1,571.40

### DIFERENCIALES (D)

48	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE		20	L	€1,047.60
49	REVISAR POR FUGAS		20	M	€1,183.00
50	SACAR MUESTRA DEL ACEITE DE TRANSMISION		20	L	€1,047.60
51	CAMBIAR EL ACEITE DE LOS DIFERENCIALES	12,891.24	30	L	€1,571.40

### MANDOS FINALES (MF)

52	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE DE LOS MANDOS FINALES		20	L	€1,047.60
53	REVISAR POR FUGAS		10	M	€591.50

### SISTEMA ELECTRICO (EL)

54	REVISAR LAS FAJAS DEL ALTERNADOR		10	E	€569.10
55	REVISAR LAS LUCES DE OPERACIÓN		30	E	€1,707.30
56	REVISAR LA OPERACIÓN DE INSTRUMENTOS DEL PANEL		15	E	€853.65
57	REVISAR EL NIVEL DE ELECTROLITO DE LA BATERÍA		10	E	€569.10
58	REVISAR Y LIMPIAR CONEXIONES DE LA BATERÍA		30	E	€1,707.30
59	PROBAR ALARMA DE RETROCESO		15	E	€853.65
60	MEDIR LA DENSIDAD DEL ELECTROLITO DE LA BATERÍA		20	E	€1,138.20
61	HACER LA PRUEBA DE DESCARGA DE LA BATERÍA		20	E	€1,138.20
62	REVISAR Y LIMPIAR CAJA DE FUSIBLES		30	E	€1,707.30
63	MEDIR LA CORRIENTE DE CARGA		40	E	€2,276.40
64	MEDIR EL VOLTAJE DE CARGA		40	E	€2,276.40

### CHASIS (CH)

65	LIMPIAR EL CHASIS		90	L	€4,714.20
66	LIMPIAR EL INTERIOR DE LA CABINA		60	L	€3,142.80
67	LLENAR EL DEPOSITO DEL LIMPIA PARABRISAS (CABINA CERRADA)		20	L	€1,047.60
68	PROBAR LOS LIMPIADORES (CABINA CERRADA)		5	L	€261.90
69	INSPECCIONAR LOS CINTURONES DE SEGURIDAD		5	L	€261.90
70	LIMPIAR LAS VENTANAS (CABINA CERRADA)		30	L	€1,571.40
71	REVISAR EL CUCHARON RETROEXCAVADOR		10	L	€523.80
72	REVISAR EL CUCHARON CARGADOR		10	L	€523.80
73	INSPECCIONAR LAS TAPAS DE ACCESO Y LOS PROTECTORES		30	L	€1,571.40
74	INSPECCIONAR LOS TACOS DEL BRAZO EXTENSIBLE		20	M	€1,183.00
75	INSPECCIONAR LA ESTRUCTURA CONTRA VUELCO (ROPS)		30	M	€1,774.50

### RODAJE (RO)

76	HACER UNA INSPECCIÓN DE LLANTAS Y LLENAR LA FORMULA ADJUNTA		20	L	€1,047.60
----	---	--	----	---	-----------

### ENGRASE

77	COJINETES DE LA PLUMA RETROEXCAVADORA		10	L	€523.80
78	COJINETES DEL BRAZO RETROEXCAVADOR		10	L	€523.80
79	COJINETES DEL CUCHARON RETROEXCAVADOR		10	L	€523.80
80	COJINETES DE LOS CILINDROS RETROEXCAVADORES		10	L	€523.80
81	COJINETES DE PIVOTES DE DIRECCIÓN DELANTEROS		10	L	€523.80
82	COJINETES DEL CUCHARON CARGADOR		10	L	€523.80
83	COJINETES DEL CILINDRO Y VARILLA DEL CUCHARON CARGADOR		10	L	€523.80
84	COJINETES DEL CILINDROS DE LOS ESTABILIZADORES		10	L	€523.80
85	COJINETES DEL BASTIDOR Y CILINDRO DE ROTACIÓN		10	L	€523.80
86	JUNTA UNIVERSAL DEL EJE DELANTERO		10	L	€523.80
87	ESTRIAS DEL EJE DE IMPULSION		10	L	€523.80
88	LUBRICAR LOS COJINETES DE LAS RUEDAS		10	L	€523.80

Materiales de servicio	Costo
Limpiador desengrasante para	€1,200.00
Aceite Penetrante	€800.00
Grasa Lubricante NLGI 2	€6,000.00
Limpiador de Constactos	€2,500.00
Limpiador y protector de bornes	€2,500.00

Categoría	Horas	Costo
Lubricador	15.75	€49,499.10
Mecánico	21.92	€77,782.25
Eléctrico	4.33	€14,796.60

**Duración total en horas = 42.00**  
**Costo total por mano de obra en inspección = €142,077.95**  
**Costo total por repuesto en inspección = €486,938.20**  
**Costo por materiales de servicio = €13,000.00**

**Costo total por inspección = €642,016.15**

## COSTO DE INSPECCION E

MOTOR (MO)		REPUESTOS		MANO DE OBRA		
		PARTE	COSTO	DURACIÓN	OPERARIO	COSTO
1	CAMBIAR EL ACEITE DEL MOTOR		5,933.50	20	L	€1,047.60
2	CAMBIAR LOS FILTROS DE ACEITE.		3,322.62	20	L	€1,047.60
3	REVISAR POR FUGAS DE ACEITE. REPORTAR			20	M	€1,183.00
4	REVISAR LOS SOPORTES DEL MOTOR			10	M	€591.50
5	REVISAR LA CORRECTA LINEACIÓN DE LAS CORREAS			20	M	€1,183.00
6	SACAR MUESTRA DE ACEITE DE MOTOR			10	L	€523.80
7	CALIBRAR LAS VALVULAS DEL MOTOR			90	M	€5,323.50
	<i>Cambiar el empaque de válvulas</i>		2,500.00			
<b>SISTEMA DE COMBUSTIBLE (SC)</b>						
8	CAMBIAR LOS FILTROS DE COMBUSTIBLE		4,733.03	20	L	€1,047.60
9	DRENAR EL FILTRO SEPARADOR DE AGUA			10	L	€523.80
10	REVISAR LOS CONDUCTOS Y TUBERIAS DE DIESEL. REPORTAR			20	M	€1,183.00
11	DRENAR AGUA Y SEDIMENTOS DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE			10	L	€523.80
12	REVISAR LA FIJACIÓN DE LA BOMBA DE COMBUSTIBLE			10	M	€591.50
13	<i>Desmontar y Montar inyectores</i>			120	M	€7,098.00
	<i>Reparación externa (Comprobación de los inyectores)</i>		120,000.00			
14	<i>Desmontar y Montar la bomba de inyección</i>			120	M	€7,098.00
	<i>Reparación externa (Comprobar Bomba)</i>		130,000.00			
<b>SISTEMA DE ADMISION DE AIRE (SA)</b>						
15	REVISAR EL INDICADOR DE SERVICIO DEL FILTRO DE AIRE			10	L	€523.80
16	LIMPIAR LA PARTE EXTERIOR DE LATUBERIA DE ADMISION			15	L	€785.70
17	REVISAR LA TUBERÍA DE ADMISION POR FUGAS Y OBSTRUCCIONES			10	M	€591.50
18	LUBRICAR GAZAS Y TORNILLOS DE APRIETE			10	L	€523.80
19	<i>Montaje desmontaje del turbo cargador</i>			120	M	€7,098.00
	<i>Reparación externa (Comprobar partes)</i>		132,000.00			
<b>SISTEMA DE ESCAPE (ES)</b>						
20	REVISAR POR FUGAS EN EL ESCAPE DEL MOTOR			10	M	€591.50
21	LUBRICAR GAZAS Y TORNILLOS DEL SISTEMA DE ESCAPE			10	L	€523.80
22	REVISAR LA FIJACIÓN DE LA TUBERÍA DE ESCAPE			20	M	€1,183.00
23	PINTAR LA TUBERIA DE ESCAPE*		8,000.00	480	M	€28,392.00
<b>SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL MOTOR (SE)</b>						
24	REVISAR EL NIVEL DE MEZCLA REFRIGERANTE (AGUA/COOLANT)			10	L	€523.80
25	LIMPIAR LAS TUBERIAS DE REFRIGERANTE			10	L	€523.80
26	REVISAR POR FUGAS EN EL SISTEMA			10	M	€591.50
27	LUBRICAR GAZAS Y TORNILLOS DEL SISTEMA			10	L	€523.80
28	LIMPIAR EL RADIADOR			30	L	€1,571.40
29	REVISAR LAS CORREAS DE ABANICO			10	M	€591.50
30	REVISAR EL ABANICO POR GRIETAS Y FRACTURAS			10	M	€591.50
31	ANALIZAR LA MEZCLA REFRIGERANTE DEL MOTOR			10	L	€523.80
32	CAMBIAR EL REFRIGERANTE DEL MOTOR*		4,933.80	60	L	€3,142.80
33	CAMBIAR EL TERMOSTATO*		7,898.00	240	M	€14,196.00
<b>SISTEMA HIDRÁULICO (SH)</b>						
30	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE HIDRÁULICO.			10	L	€523.80
31	REVISAR LAS MANGUERAS DEL SISTEMA HIDRÁULICO			30	M	€1,774.50
32	REVISAR EMPAQUES DEL PISTON DEL STICK			15	M	€887.25
34	REVISAR LOS EMPAQUES DE LOS PISTONES DE LAS ESTABILIZADORAS			15	M	€887.25
35	REVISAR EMPAQUES DE VALVULAS DE PISTÓN			15	M	€887.25
36	REVISAR POR FUGAS EN LAS VALVULAS DE CONTROL			20	M	€1,183.00
37	CAMBIAR LOS FILTROS DE ACEITE HIDRAULICO		40,173.68	30	L	€1,571.40
38	REVISAR EL CALIBRAJE DE LAS VALVULAS DE ALIVIO			360	M	€21,294.00
39	SACAR MUESTRA DE ACEITE HIDRAULICO			20	L	€1,047.60
40	CAMBIAR EL ACEITE HIDRAULICO		26,323.60	120	L	€6,285.60
<b>SISTEMA DE FRENOS (SF)</b>						
39	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE HIDRÁULICO.			10	L	€523.80
40	REVISAR EL FUNCIONAMIENTO DEL FRENO DE ESTACIONAMIENTO			10	M	€591.50
41	REVISAR EL FUNCIONAMIENTO DE LOS FRENOS DE SERVICIO			10	M	€591.50
<b>TRANSMISION (TR)</b>						
42	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE			20	L	€1,047.60
43	REVISAR POR FUGAS EN EL CONJUNTO DE LA TRANSMISION CENTRAL			20	M	€1,183.00
44	REVISAR POR FUGAS EN EL CONVERTIDOR DE PAR			20	M	€1,183.00
45	SACAR MUESTRA DE ACEITE DE TRANSMISION			30	L	€1,571.40
46	LIMPIAR REJILLA MAGNETICA DE LA TRANSMISION			120	M	€7,098.00
47	CAMBIAR EL ACEITE DE LA TRANSMISION		9,060.53	30	L	€1,571.40
<b>DIFERENCIALES (D)</b>						
48	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE			20	L	€1,047.60
49	REVISAR POR FUGAS			20	M	€1,183.00
50	SACAR MUESTRA DEL ACEITE DE TRANSMISION			20	L	€1,047.60
51	CAMBIAR EL ACEITE DE LOS DIFERENCIALES		12,391.24	30	L	€1,571.40
<b>MANDOS FINALES (MF)</b>						
52	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE DE LOS MANDOS FINALES			20	L	€1,047.60
53	REVISAR POR FUGAS			10	M	€591.50
<b>SISTEMA ELECTRICO (EL)</b>						
54	REVISAR LAS FAJAS DEL ALTERNADOR			10	E	€569.10
55	REVISAR LAS LUCES DE OPERACIÓN			30	E	€1,707.30
56	REVISAR LA OPERACIÓN DE INSTRUMENTOS DEL PANEL			15	E	€853.65
57	REVISAR EL NIVEL DE ELECTROLITO DE LA BATERÍA			10	E	€569.10
58	REVISAR Y LIMPIAR CONEXIONES DE LA BATERÍA			30	E	€1,707.30
59	PROBAR ALARMA DE RETROCESO			15	E	€853.65
60	MEDIR LA DENSIDAD DEL ELECTROLITO DE LA BATERIA			20	E	€1,138.20
61	HACER LA PRUEBA DE DESCARGA DE LA BATERIA			20	E	€1,138.20
62	REVISAR Y LIMPIAR CAJA DE FUSIBLES			30	E	€1,707.30
63	MEDIR LA CORRIENTE DE CARGA			40	E	€2,276.40
64	MEDIR EL VOLTAJE DE CARGA			40	E	€2,276.40
<b>CHASIS (CH)</b>						
65	LIMPIAR EL CHASIS			90	L	€4,714.20
66	LIMPIAR EL INTERIOR DE LA CABINA			60	L	€3,142.80
67	LLENAR EL DEPOSITO DEL LIMPIA PARABRISAS (CABINA CERRADA)			20	L	€1,047.60
68	PROBAR LOS LIMPIADORES (CABINA CERRADA)			5	L	€261.90
69	INSPECCIONAR LOS CINTURONES DE SEGURIDAD			5	L	€261.90
70	LIMPIAR LAS VENTANAS (CABINA CERRADA)			30	L	€1,571.40
71	REVISAR EL CUCHARON RETROEXCAVADOR			10	L	€523.80
72	REVISAR EL CUCHARON CARGADOR			10	L	€523.80
73	INSPECCIONAR LAS TAPAS DE ACCESO Y LOS PROTECTORES			30	L	€1,571.40
74	INSPECCIONAR LOS TACOS DEL BRAZO EXTENSIBLE			20	M	€1,183.00
75	INSPECCIONAR LA ESTRUCTURA CONTRA VUELCO (ROPS)			30	M	€1,774.50
<b>RODAJE (RO)</b>						
76	HACER UNA INSPECCION DE LLANTAS Y LLENAR LA FORMULA ADJUNTA			20	L	€1,047.60
<b>ENGRASE</b>						
77	COJINETES DE LA PLUMA RETROEXCAVADORA			10	L	€523.80
78	COJINETES DEL BRAZO RETROEXCAVADOR			10	L	€523.80
79	COJINETES DEL CUCHARON RETROEXCAVADOR			10	L	€523.80
80	COJINETES DE LOS CILINDROS RETROEXCAVADORES			10	L	€523.80
81	COJINETES DE PIVOTES DE DIRECCIÓN DELANTEROS			10	L	€523.80
82	COJINETES DEL CUCHARON CARGADOR			10	L	€523.80
83	COJINETES DEL CILINDRO Y VARILLAJE DEL CUCHARON CARGADOR			10	L	€523.80
84	COJINETES DE LOS CILINDROS DE LOS ESTABILIZADORES			10	L	€523.80
85	COJINETES DEL BASTIDOR Y CILINDRO DE ROTACION			10	L	€523.80
86	JUNTA UNIVERSAL DEL EJE DELANTERO			10	L	€523.80
87	ESTRIAS DEL EJE DE IMPULSION			10	L	€523.80
88	LUBRICAR LOS COJINETES DE LAS RUEDAS			10	L	€523.80

Material de servicio	Costo
Limpiador desengrasante para	€1,200.00
Aceite Penetrante	€800.00
Grasa Lubrificante NLGI 2	€6,000.00
Limpiador de Contactos	€2,500.00
Limpiador y protector de bornes	€2,500.00

Categoría	Horas	Costo
Lubricador	16.75	€52,641.90
Mecánico	33.92	€120,370.25
Eléctrico	4.33	€14,796.60

**Duración total en horas = 55.00**  
**Costo total por mano de obra en inspección = €187,808.75**  
**Costo total por repuesto en inspección = €507,270.00**  
**Costo por materiales de servicio = €13,000.00**

**Costo total por inspección = €708,078.75**

**COSTO DE INSPECCION E**

MOTOR (MO)	REPUESTOS		MANO DE OBRA		
	PARTE	COSTO	DURACIÓN	OPERARIO	COSTO
1	CAMBIAR EL ACEITE DEL MOTOR	5.933.50	20	L	€1,047.60
2	CAMBIAR LOS FILTROS DE ACEITE.	3.322.62	20	L	€1,047.60
3	REVISAR POR FUGAS DE ACEITE. REPORTAR		20	M	€1,183.00
4	REVISAR LOS SOPORTES DEL MOTOR		10	M	€591.50
5	REVISAR LA CORRECTA LINEACIÓN DE LAS CORREAS		20	M	€1,183.00
6	SACAR MUESTRA DE ACEITE DE MOTOR		10	L	€523.80
7	CALIBRAR LAS VALVULAS DEL MOTOR		90	M	€5,323.50
	<i>Cambiar el empaque de válvulas</i>	2.500.00			
8	<i>Desmontar y Montar el cabezote*</i>	232.000.00	120	M	€7,098.00
	<i>Reparación externa*</i>				
9	<i>Desmontar y Montar bielas*</i>		30	M	€1,774.50
	<i>Reparación externa*</i>	80.000.00			€0.00
10	CAMBIAR LOS RODAMIENTOS DE BANCADAS*	30.000.00	30	M	€1,774.50
11	<i>Montar y desmontar el árbol de levas*</i>		30	M	€1,774.50
	<i>Reparación externa*</i>	45.000.00			
12	<i>Desmontar y montar el block*</i>		120	M	€7,098.00
	<i>Reparación externa*</i>	300.000.00			
13	CAMBIAR ANILLOS DE LOS PISTONES*	20.000.00	60	M	€3,549.00
14	CAMBIAR LOS RETENEDORES DEL CIGUEÑAL*	12.000.00	60	M	€3,549.00
15	CAMBIAR LOS TORNILLOS DE CABEZOTE*	8.000.00	10	M	€591.50
16	CAMBIAR LOS TORNILLOS DE BIELA Y DE BANCADA*	7.500.00	10	M	€591.50
17	REVISAR SUPERFICIES DE LOS CILINDROS DE PISTON*	15.000.00	20	M	€1,183.00
18	ARMAR EL MOTOR*	17.000.00	2880	M	€170,352.00

SISTEMA DE COMBUSTIBLE (SC)					
19	CAMBIAR LOS FILTROS DE COMBUSTIBLE	4.733.03	20	L	€1,047.60
20	DRENAR EL FILTRO SEPARADOR DE AGUA		10	L	€523.80
21	REVISAR LOS CONDUCTOS Y TUBERIAS DE DIESEL. REPORTAR		20	M	€1,183.00
22	DRENAR AGUA Y SEDIMENTOS DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE		10	L	€523.80
23	REVISAR LA FUJACIÓN DE LA BOMBA DE COMBUSTIBLE		10	M	€591.50
24	<i>Desmontar y Montar inyectores</i>		120	M	€7,098.00
	<i>Reparación externa (Comprobación de los inyectores)</i>	120.000.00			
25	<i>Desmontar y Montar la bomba de inyección</i>		120	M	€7,098.00
	<i>Reparación externa (Comprobar Bombaba)</i>	130.000.00			

SISTEMA DE ADMISION DE AIRE (SA)					
26	REVISAR EL INDICADOR DE SERVICIO DEL FILTRO DE AIRE		10	L	€523.80
27	LIMPIAR LA PARTE EXTERIOR DE LATUBERIA DE ADMISION		15	L	€785.70
28	REVISAR LA TUBERÍA DE ADMISION POR FUGAS Y OBSTRUCCIONES		10	M	€591.50
29	LUBRICAR GAZAS Y TORNILLOS DE APRIETE		10	L	€523.80
30	<i>Montaje desmontaje del turbo cargador</i>		120	M	€7,098.00
	<i>Reparación externa (Comprobar partes)</i>	132.000.00			

SISTEMA DE ESCAPE (ES)					
31	REVISAR POR FUGAS EN EL ESCAPE DEL MOTOR		10	M	€591.50
32	LUBRICAR GAZAS Y TORNILLOS DEL SISTEMA DE ESCAPE		10	L	€523.80
33	REVISAR LA FUJACIÓN DE LA TUBERÍA DE ESCAPE		20	M	€1,183.00
34	PINTAR LA TUBERÍA DE ESCAPE	8.000.00	480	M	€28,392.00
35	CAMBIAR LAS GAZAS DE LA TUBERÍA DE ESCAPE*	9.300.00	360	M	€21,294.00

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL MOTOR (SE)					
36	REVISAR EL NIVEL DE MEZCLA REFRIGERANTE (AGUA/COOLANT)		10	L	€523.80
37	LIMPIAR LAS TUBERIAS DE REFRIGERANTE		10	L	€523.80
38	REVISAR POR FUGAS EN EL SISTEMA		10	M	€591.50
39	LUBRICAR GAZAS Y TORNILLOS DEL SISTEMA		10	L	€523.80
40	LIMPIAR EL RADIADOR		30	L	€1,571.40
41	REVISAR LAS CORREAS DE ABANICO		10	M	€591.50
42	REVISAR EL ABANICO POR GRIETAS Y FRACTURAS		10	M	€591.50
43	ANALIZAR LA MEZCLA REFRIGERANTE DEL MOTOR		10	L	€523.80
44	CAMBIAR EL REFRIGERANTE DEL MOTOR	4.933.80	60	L	€3,142.80
45	CAMBIAR EL TERMOSTATO	7.898.00	240	M	€14,196.00
46	CAMBIAR LA BOMBA DE AGUA*	55.000.00	60	M	€3,549.00

SISTEMA HIDRÁULICO (SH)					
47	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE HIDRÁULICO.		10	L	€523.80
48	REVISAR LAS MANGUERAS DEL SISTEMA HIDRÁULICO		30	M	€1,774.50
49	REVISAR EMPAQUES DEL PISTON DEL STICK		15	M	€887.25
50	REVISAR LOS EMPAQUES DE LOS PISTONES DE LAS ESTABILIZADORAS		15	M	€887.25
51	REVISAR EMPAQUES DE VALVULAS DE PISTON		15	M	€887.25
52	REVISAR POR FUGAS EN LAS VALVULAS DE CONTROL		20	M	€1,183.00
53	CAMBIAR LOS FILTROS DE ACEITE HIDRÁULICO	40.173.00	30	L	€1,571.40
54	REVISAR EL CALIBRAJE DE LAS VALVULAS DE ALIVIO		360	M	€21,294.00
55	SACAR MUESTRA DE ACEITE HIDRÁULICO		20	L	€1,047.60
56	CAMBIAR EL ACEITE HIDRÁULICO	26.323.00	120	L	€6,285.60
57	<i>Desmontar y Montar la bomba de aceite*</i>		180	M	€10,647.00
	<i>Reparación externa*</i>				

SISTEMA DE FRENOS (SF)					
58	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE HIDRÁULICO.		10	L	€523.80
59	REVISAR EL FUNCIONAMIENTO DEL FRENO DE ESTACIONAMIENTO		10	M	€591.50
60	REVISAR EL FUNCIONAMIENTO DE LOS FRENOS DE SERVICIO		10	M	€591.50
61	CAMBIAR LOS DISCOS DE FRENO*	155.000.00	960	M	€56,784.00

TRANSMISION (TR)					
63	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE		20	L	€1,047.60
64	REVISAR POR FUGAS EN EL CONJUNTO DE LA TRANSMISION CENTRAL		20	M	€1,183.00
65	REVISAR POR FUGAS EN EL CONVERTIDOR DE PAR		20	M	€1,183.00
66	SACAR MUESTRA DE ACEITE DE TRANSMISION		30	L	€1,571.40
67	LIMPIAR REJILLA MAGNÉTICA DE LA TRANSMISIÓN		120	M	€7,098.00
68	CAMBIAR EL ACEITE DE LA TRANSMISION	9.060.53	30	L	€1,571.40

DIFERENCIALES (D)					
69	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE		20	L	€1,047.60
70	REVISAR POR FUGAS		20	M	€1,183.00
71	SACAR MUESTRA DEL ACEITE DE TRANSMISION		20	L	€1,047.60
72	CAMBIAR EL ACEITE DE LOS DIFERENCIALES	12.891.24	30	L	€1,571.40
73	MONTAR Y DESMONTAR EL DIFERENCIAL*		1440	M	€85,176.00

MANDOS FINALES (MF)					
74	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE DE LOS MANDOS FINALES		20	L	€1,047.60
75	REVISAR POR FUGAS		10	M	€591.50

SISTEMA ELECTRICO (EL)					
76	REVISAR LAS FAJAS DEL ALTERNADOR		10	E	€569.10
77	REVISAR LAS LUCES DE OPERACION		30	E	€1,707.30
78	REVISAR LA OPERACIÓN DE INSTRUMENTOS DEL PANEL		15	E	€853.65
79	REVISAR EL NIVEL DE ELECTROLITO DE LA BATERÍA		10	E	€569.10
80	REVISAR Y LIMPIAR CONEXIONES DE LA BATERÍA		30	E	€1,707.30
81	PROBAR ALARMA DE RETROCESO		15	E	€853.65
82	MEDIR LA DENSIDAD DEL ELECTROLITO DE LA BATERIA		20	E	€1,138.20
83	HACER LA PRUEBA DE DESCARGA DE LA BATERIA		20	E	€1,138.20
84	REVISAR Y LIMPIAR CAJA DE FUSIBLES		30	E	€1,707.30
85	MEDIR LA CORRIENTE DE CARGA		40	E	€2,276.40
86	MEDIR EL VOLTAJE DE CARGA		40	E	€2,276.40
87	CAMBIAR EL ALTERNADOR (REFACCIONAR)*	45.000.00	60	E	€3,414.60
88	CAMBIAR EL ARRANCADOR (REFACCIONAR)*	66.000.00	60	E	€3,414.60

CHASIS (CH)					
89	LIMPIAR EL CHASIS		90	L	€4,714.20
90	LIMPIAR EL INTERIOR DE LA CABINA		60	L	€3,142.80
91	LLENAR EL DEPOSITO DEL LIMPIA PARABRISAS (CABINA CERRADA)		20	L	€1,047.60
92	PROBAR LOS LIMPIADORES (CABINA CERRADA)		5	L	€261.90
93	INSPECCIONAR LOS CINTURONES DE SEGURIDAD		5	L	€261.90
94	LIMPIAR LAS VENTANAS (CABINA CERRADA)		30	L	€1,571.40
95	REVISAR EL CUCHARON RETROEXCAVADOR		10	L	€523.80
96	REVISAR EL CUCHARON CARGADOR		10	L	€523.80
97	INSPECCIONAR LAS TAPAS DE ACCESO Y LOS PROTECTORES		30	L	€1,571.40
98	INSPECCIONAR LOS TACOS DEL BRAZO EXTENSIBLE		20	M	€1,183.00
99	INSPECCIONAR LA ESTRUCTURA CONTRA VUELCOS (ROPS)		30	M	€1,774.50
100	PINTAR LA ESTRUCTURA BÁSICA DEL CHASIS*		4800	M	€283,920.00
101	CAMBIAR CALCAMONIAS*		60	M	€3,549.00

RODAJE (RO)					
102	HACER UNA INSPECCION DE LLANTAS Y LLENAR LA FORMULA ADJUNTA		20	L	€1,047.60

ENGRASE					
103	COJINETES DE LA PLUMA RETROEXCAVADORA		10	L	€523.80
104	COJINETES DEL BRAZO RETROEXCAVADOR		10	L	€523.80
105	COJINETES DEL CUCHARON RETROEXCAVADOR		10	L	€523.80
106	COJINETES DE LOS CILINDROS RETROEXCAVADORES		10	L	€523.80
107	COJINETES DE PIVOTES DE DIRECCIÓN DELANTEROS		10	L	€523.80
108	COJINETES DEL CUCHARON CARGADOR		10	L	€523.80
109	COJINETES DEL CILINDRO Y VARILLA DEL CUCHARON CARGADOR		10	L	€523.80
110	COJINETES DEL LOS CILINDROS DE LOS ESTABILIZADORES		10	L	€523.80
111	COJINETES DEL BASTIDOR Y CILINDRO DE ROTACIÓN		10	L	€523.80
112	JUNTA UNIVERSAL DEL EJE DELANTERO		10	L	€523.80
113	ESTRIAS DEL EJE DE IMPULSION		10	L	€523.80
114	LUBRICAR LOS COJINETES DE LAS RUEDAS		10	L	€523.80

Materiales de servicio	Costo
Limpador desengrasante para motor	€1,200.00
Aceite Penetrante	€800.00
Grasa Lubricante NLGI 2	€6,000.00
Limpador de Contactos Eléctricos	€2,500.00
Limpador y protector de bornes de brida	€2,500.00
Sellador de empaques	€3,500.00
Lubricador para armar motor	€1,500.00

Categoría	Horas	Costo
Lubricador	16.75	€52,641.90
Mecánico	221.08	€784,624.75
Eléctrico	6.33	€21,625.80

Duración total en horas = 244.17  
 Costo total por mano de obra en inspección = €858,892.45  
 Costo total por repuesto en inspección = €1,604,568.72  
 Costo por materiales de servicio = €18,000.00

**Costo total por inspección = €2,481,461.17**