

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Implementación de Control de Contaminación en Talleres de
Mantenimiento de Vehículos”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Félix José Reyes Chévez

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2012

AGRADECIMIENTO

Al Gran Yo soy, mi creador y quien
me ha dado todo en la vida: Jesús.
A la Espol por su excelente enseñanza.

DEDICATORIA

A mi preciosa familia, pilar fundamental de lo que soy y espero ser: Sandrita, José Daniel y Camilita.

A mis Padres que me supieron inculcar valores desde pequeño.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Gustavo Guerrero M.
DECANO DE LA FIMCP
PREIDENTE

Ing. Ernesto Martínez L.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Rodolfo Paz M.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA:

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR

POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Félix José Reyes Chévez

RESUMEN

El presente trabajo de investigación es llevado a cabo en Sociedad Industrial y Comercial que es una empresa distribuidora automotriz, el cual ofrece en sus talleres el servicio de reparaciones y garantía de fábrica.

Entre los servicios que ofrece la empresa están:

- Reparación de motor.
- Reparación por choque.
- Chequeos eléctricos.
- Chequeo de niveles de fluidos
- Reparación de sistema acondicionador de aire.
- Pintura.
- Reparación preventiva y correctiva.
- Reparación del sistema en general.

El objetivo planteado al iniciar este trabajo es respaldar a los talleres de mantenimiento locales, revisando sus actuales prácticas de control de contaminación, hacer recomendaciones y proporcionando soluciones viables para el mejoramiento de la

calidad de las reparaciones, conllevando a la apertura de nuevos mercados y logrando la satisfacción de los clientes.

La metodología aplicada en esta tesis es primero describir el taller de mantenimiento y su situación actual, haciendo énfasis en la importancia del control de contaminación en las reparaciones.

Posteriormente, el estudio se centro en un análisis de la situación actual, teniendo como premisas los mayores obstáculos que generalmente se presentan al momento de iniciar el control de la contaminación en talleres y la realización de una inspección general de las diversas áreas de servicio mecánico.

Luego, se planteó las recomendaciones de las inspecciones realizadas, además se enumeró los trabajos a realizar e indicadores de control de contaminación por cada área de servicio que hay en el taller.

A continuación, se implementó un plan de acción por área de servicio, el cual incluyo la adquisición de herramientas, desarrollo de procesos de control de contaminación, análisis de costos/beneficios de realizar la inversión.

Al final se estableció las conclusiones y recomendaciones de este estudio llegando a los objetivos trazados al comienzo del mismo.

Como precedente a este hecho, se realizó esta tesis como una guía para que los talleres de mantenimiento mecánicos puedan implementar el programa de control de contaminación en sus instalaciones, procesos y empleados que trabajan directamente en las reparaciones.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGÍA.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE PLANOS.....	VI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. DESCRIPCIÓN DE TALLER DE MANTENIMIENTO MECÁNICO.....	3
1.1. Organigrama.....	3
1.2. Áreas de servicio mecánico.....	6
1.3. Distribución de trabajos en taller.....	11
1.4. Importancia del control de contaminación.....	12
1.5. Definición del problema.....	13
CAPÍTULO 2	
2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	16
2.1. Inspección general de las áreas de servicio mecánicos.....	16

2.2. Obstáculos para implementación de control de contaminación.....	56
2.3. Problemas relacionados con el control de contaminación.....	65

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS EFECTUADO.....	99
3.1. Recomendaciones a implementar.....	99
3.2. Trabajos a realizar por área de servicio.....	107
3.3. Creación de indicadores de control de contaminación.....	127

CAPÍTULO 4

4. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE CONTAMINACIÓN.....	135
4.1. Plan de acción.....	135
4.2. Adquisición de herramientas de control de contaminación.....	137
4.3. Análisis de costo/beneficio.....	138
4.4. Procesos de control de contaminación.....	140
4.5. Análisis de resultados.....	152

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	157
--	-----

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

cc	Centímetros Cúbicos
g	Gramo
Ho	Espesor mínimo de la película lubricante
mm	Unidad de medida de longitud; Milímetros
Psi	Unidad de medida de presión; Equivale a una libra por pulgada cuadrada.
ml	Mililitros

SIMBOLOGIA

CC	Control de Contaminación.
ISO	Organización Internacional para la Estandarización; Americana
NAS	Organización Internacional para la Estandarización; Europea
%	Porcentaje

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Organigrama general.....	5
Figura 1.2 Distribución de áreas de servicios mecánicos.....	6
Figura 2.1 Análisis situación actual: Procedimiento de lavado de vehículos.....	17
Figura 2.2 Análisis situación actual: Sistema de separación de aceite y lodo.....	19
Figura 2.3 Análisis situación actual: Falda de hormigón a la entrada del taller.....	21
Figura 2.4 Análisis situación actual: Puertas para el taller.....	23
Figura 2.5 Análisis situación actual: Pisos sellados.....	25
Figura 2.6 Análisis situación actual: Áreas de seguridad.....	27
Figura 2.7 Análisis situación actual: Tarimas componentes mayores.....	29
Figura 2.8 Análisis situación actual: Soportes componentes grandes.....	31
Figura 2.9 Análisis situación actual: Protección en bancos de montaje.....	33
Figura 2.10 Análisis situación actual: Abastecimiento de aire.....	35
Figura 2.11 Análisis situación actual: Uso de disolvente.....	37
Figura 2.12 Análisis situación actual: Abastecimiento de aceite.....	39
Figura 2.13 Análisis situación actual: Ubicación de esmeriladora.....	41
Figura 2.14 Análisis situación actual: Tapones para mangueras.....	43
Figura 2.15 Análisis situación actual: Protección componentes críticos.....	45
Figura 2.16 Análisis situación actual: Protección componentes por armar.....	47
Figura 2.17 Análisis situación actual: Protección de nuevas piezas.....	49

Figura 2.18 Análisis situación actual: Disposición de aceite usado.....	51
Figura 2.19 Análisis situación actual: Método de limpieza de aceite derramado.....	53
Figura 2.20 Análisis situación actual: Método de limpieza del piso.....	55
Figura 2.21 Obstáculos de Implementación: Falta de compromiso de la Alta Dirección.....	58
Figura 2.22 Obstáculos de Implementación: Falta de Planificación.....	60
Figura 2.23 Obstáculos de Implementación: Reclamos por mal servicio.....	62
Figura 2.24 Tipo de contaminantes.....	66
Figura 2.25 Desgaste por abrasión.....	68
Figura 2.26 Desgaste por fatiga.....	71
Figura 2.27 Cabezal de bomba hidráulica dañada por contaminación.....	85
Figura 2.28 Acercamiento a cabezal de bomba hidráulica dañada por contaminación.	86
Figura 2.29 Platos de presión dañados por contaminación.....	87
Figura 2.30 Bomba hidráulica dañada por tierra en el sistema.....	90
Figura 2.31 Daño en bomba hidráulica por tierra en el sistema.....	91
Figura 3.1 Capacitación activa.....	106
Figura 3.2 Situación recomendada: Procedimiento de lavado de vehículos.....	107
Figura 3.3 Situación recomendada: Sistema de separación de aceite y lodo.....	108
Figura 3.4 Situación recomendada: Falda de hormigón en la entrada al taller.....	109
Figura 3.5 Situación recomendada: Puertas para el taller.....	110
Figura 3.6 Situación recomendada: Pisos sellados.....	111
Figura 3.7 Situación recomendada: Áreas de seguridad.....	112

Figura 3.8 Situación recomendada: Tarimas componentes mayores.....	113
Figura 3.9 Situación recomendada: Soportes componentes grandes.....	114
Figura 3.10 Situación recomendada: Protección en bancos de montaje.....	115
Figura 3.11 Situación recomendada: Abastecimiento de aire.....	116
Figura 3.12 Situación recomendada: Uso de disolvente.....	117
Figura 3.13 Situación recomendada: Abastecimiento de aceite.....	118
Figura 3.14 Situación recomendada: Ubicación de esmeriladora.....	119
Figura 3.15 Situación recomendada: Tapones para mangueras.....	120
Figura 3.16 Situación recomendada: Protección componentes críticos.....	121
Figura 3.17 Situación recomendada: Protección componentes por armar.....	122
Figura 3.18 Situación recomendada: Protección de nuevas piezas.....	123
Figura 3.19 Situación recomendada: Disposición de aceite usado.....	124
Figura 3.20 Situación recomendada: Método de limpieza de aceite derramado.....	125
Figura 3.21 Situación recomendada: Método de limpieza del piso.....	126

INDICE DE PLANOS

	Pág.
Tabla 1	Distribución de personal.....4
Tabla 2	Detalle de proceso de chequeo y regulación de frenos y de aceite.....8
Tabla 3	Detalle de proceso de cambio de zapatillas de frenos y de aceite.....9
Tabla 4	Detalle de proceso recepción de vehículo.....10
Tabla 5	Distribución de trabajos en taller.....11
Tabla 6	Código ISO de limpieza de acuerdo con el tipo de maquina lubricada.....75
Tabla 7	Código internacional de limpieza según la norma ISO 4406.....76
Tabla 8	Utilidad perdida por contaminación.....80
Tabla 9	Costos de reparación con CC vs. Sin CC.....97
Tabla 10	Reclamos por mal servicio de mantenimiento.....98
Tabla 11	Matriz de problema/solución por áreas de servicio.....127
Tabla 12	Matriz de planeación de recepción de vehículos.....128
Tabla 13	Matriz de control de ingreso de vehículos.....129
Tabla 14	Matriz de control de tareas a los mecánicos.....130
Tabla 15	Hoja de registro de datos del vehículo.....131
Tabla 16	Hoja de revisión y diagnostico del daño vehicular.....132
Tabla 17	Hoja de orden de trabajo.....133
Tabla 18	Hoja de resultados.....134
Tabla 19	Plan de capacitación por áreas de servicio.....136

Tabla 20	Medición de cumplimiento de desempeño.....	137
Tabla 21	Inversión en mejoras dentro y fuera del taller.....	138
Tabla 22	Ahorro al implementar el programa de control de contaminación.....	139

INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad respaldar a los talleres de mantenimiento de vehículos locales, revisando sus actuales prácticas de control de contaminación, hacer recomendaciones y proporcionando soluciones viables para el mejoramiento de la calidad de las reparaciones, conllevando a la apertura de nuevos mercados, logrando la satisfacción de los clientes y obteniendo mayores beneficios económicos.

La metodología a aplicar es primero describir el taller de mantenimiento y su situación actual, haciendo énfasis en la importancia del control de contaminación en las reparaciones como también hacer un estudio de márgenes de ganancia del negocio, estimado según las áreas de servicio que tenga el taller y la cantidad de trabajo que haya en cada una de ellas.

Posteriormente, el estudio se centrará en un análisis de la situación actual, teniendo como premisas los mayores obstáculos que generalmente se presentan al momento de iniciar el control de la contaminación en talleres y la realización de una inspección general de las diversas áreas de servicio mecánico.

Luego, se plantea las recomendaciones de las inspecciones realizadas, además se enumera los trabajos a realizar e indicadores de control de contaminación por cada área de servicio que haya en el taller.

A continuación, se implementará un plan de acción por área de servicio, la cual incluirá la adquisición de herramientas, desarrollo de procesos de control de contaminación, análisis de costos/beneficios de realizar la inversión.

Además se establece las conclusiones y recomendaciones de este estudio llegando a los objetivos trazados al comienzo del mismo.

CAPITULO 1

1. DESCRIPCION DE TALLER MECANICO

1.1 ORGANIGRAMA

La sociedad Industrial y Comercial Automotriz, para el desarrollo de sus actividades en la sucursal de Guayaquil, en lo que respecta al área de Talleres Mecánicos Autorizados que ofrecen el servicio de mantenimiento, cuenta con 44 personas vinculadas a la compañía. Las 44 personas involucran al personal ejecutivo, administrativos, jefes, mecánicos y ayudantes, como se puede

apreciar en la tabla 1. El organigrama general de la empresa se lo puede apreciar en la figura 1.1.

TABLA 1. Distribución de personal

Cargo	Colaboradores	Antigüedad
Ejecutivos	4	2 a 6 años
Jefe de servicio	1	5 años
Asesores de vehículos	2	6 años
Secretarias y Asistentes	4	1 a 5 años
Cobrador	1	1 año
Encargado de Bodega de Repuestos	1	8 meses
Comprador de repuesto	1	3 años
Electricistas	3	2 años
Mecánicos	10	2 a 4 años
Ayudantes	16	1 a 3 años
Lavador de vehículos	1	1 año
Total	44	

ORGANIGRAMA GENERAL DE LA EMPRESA 2011

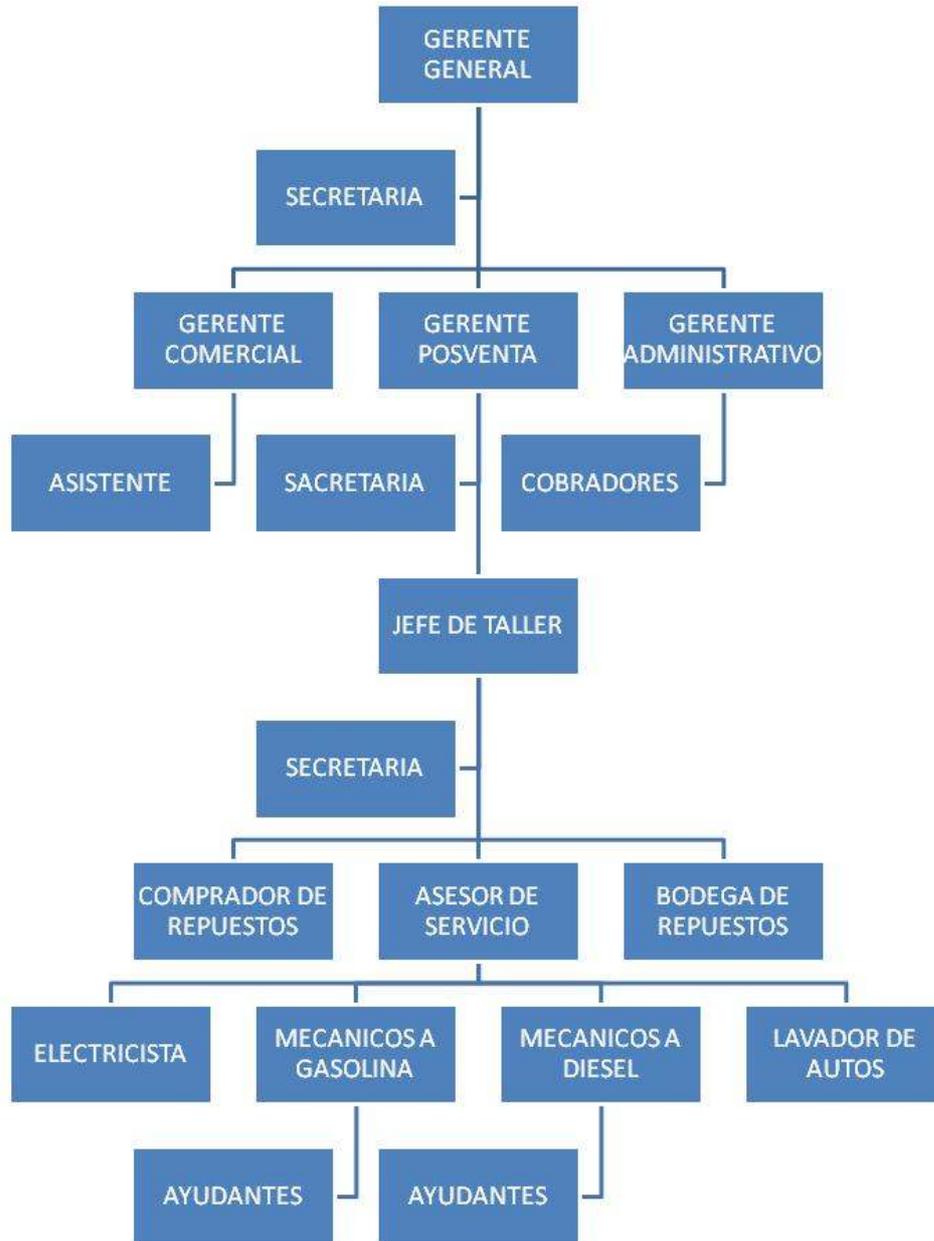


FIGURA 1.1. ORGANIGRAMA GENERAL

1.2 AREAS DE SERVICIO MECANICOS

El área de servicio de los mecánicos está distribuida según la figura 1.2.



FIGURA 1.2. DISTRIBUCIÓN DE ÁERAS DE SERVICIOS MECÁNICOS

En las tablas 2, 3 y 4 se detalla los procesos principales de la operación del taller con sus respectivos puntos:

- Las entradas documentales y físicas
- Controles con los que se debe seguir el proceso
- Actividad del proceso
- Los recursos utilizados
- Las salida documental y física
- El destino
- Los indicadores que se miden en cada proceso
- El responsable y autoridad del proceso

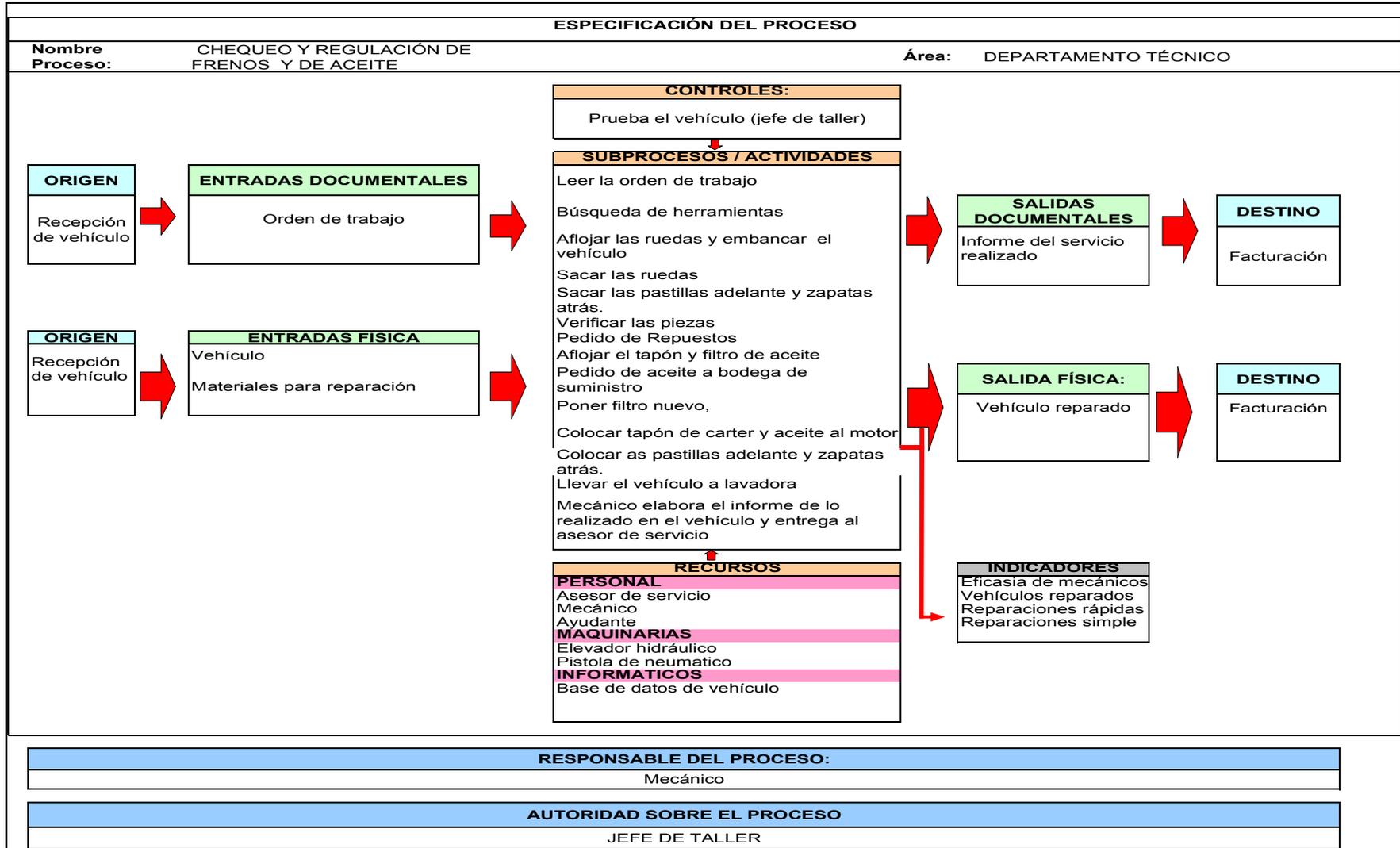
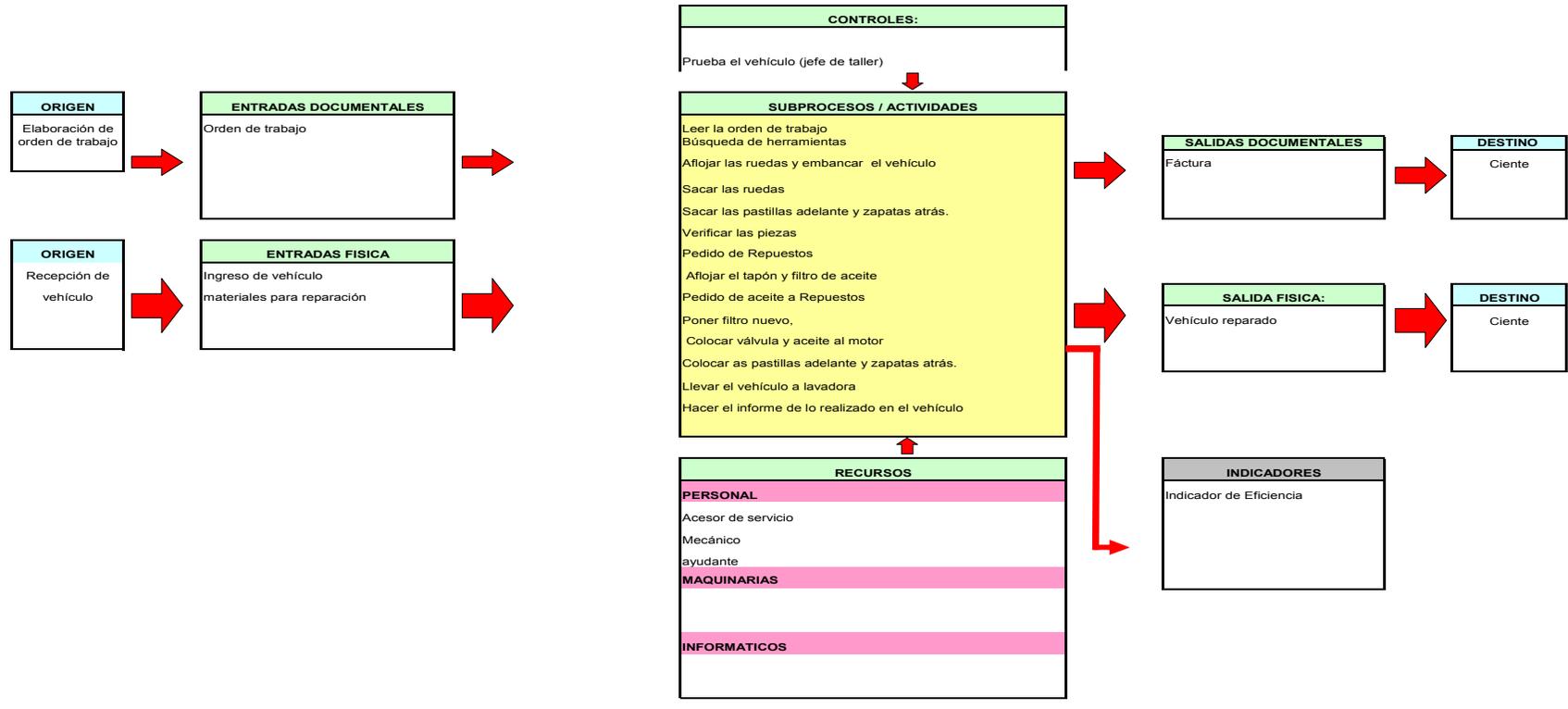


TABLA 2. DETALLE DE PROCESO DE CHEQUEO Y REGULACION DE FRENOS Y DE ACEITE.

Nombre Proceso: CAMBIO DE ZAPATILLAS DE FRENOS Y DE ACEITE
Código del Proceso:

Area: DEPARTAMENTO TÉCNICO
Nivel: 1



RESPONSABLE DEL PROCESO:
 Mecánico

AUTORIDAD SOBRE EL PROCESO
 JEFE DE TALLER

TABLA 3. DETALLE DE PROCESO DE CAMBIO DE ZAPATILLAS DE FRENOS Y DE ACEITE

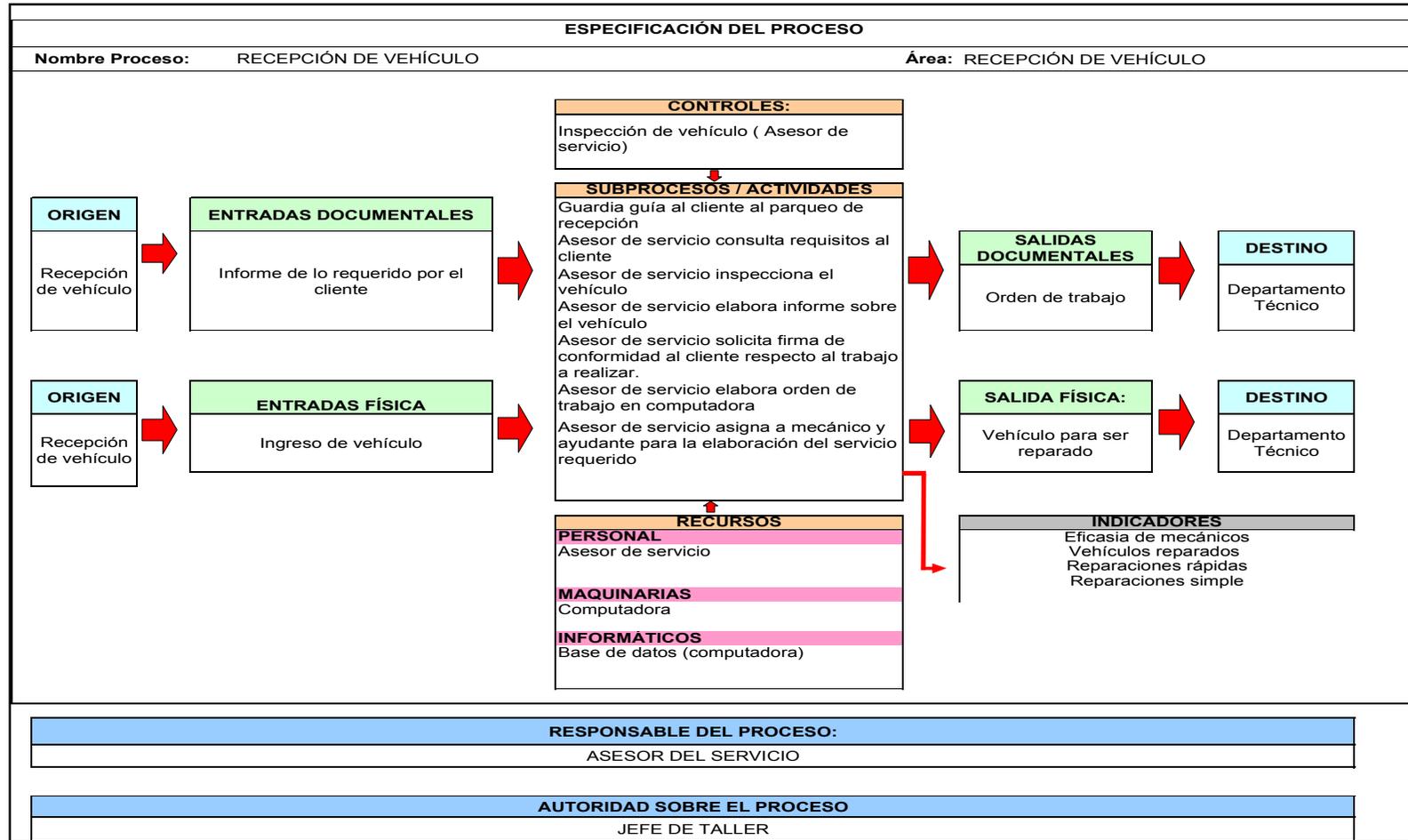


TABLA 4. DETALLE DE PROCESO DE RECEPCIÓN DE VEHÍCULO

1.3 DISTRIBUCIÓN DE TRABAJOS EN TALLER

La cantidad estimada de reparaciones dentro de Talleres Mecánicos Autorizados está calculada sobre las ventas realizadas en el periodo de enero a diciembre del 2011.

En la Tabla 5 se puede visualizar el número de trabajos al mes de las reparaciones más comunes.

TABLA 5. Distribución de trabajos en el taller

Descripción de Reparaciones	No. de trabajos al mes (promedio)
Cambio de aceite al motor, revisión de los niveles en general	52
Limpieza y calibración de frenos, cambio de llantas	49
Limpieza de inyectores	33
Reparación ABC	32
Chequeo bomba de agua	24
Reparación de la suspensión	23
Cambio de banda de distribución y templador	22
Reparación de la caja	19
Revisar los cambios	16
Reparación del motor	13
Cambio de empaque del motor	11
Cambio de retenedor de la corona	6
Total	300

1.4 IMPORTANCIA DEL CONTROL DE CONTAMINACION

Los expertos en Sistemas Hidráulicos atribuyen el 70-80 % de todas las fallas de los componentes en vehículos y maquinarias es la contaminación de partículas.

La importancia de la implementación del control de contaminación en los talleres de mantenimiento radica en dos puntos fundamentales,

- 1.- Preservar la calidad y el óptimo funcionamiento de los vehículos y
- 2.- Proteger la inversión realizada por los clientes en sus reparaciones.

Es por ello que el control de la contaminación ya no es una opción, sino una obligación dentro de los talleres de mantenimiento que quieren prevenir costos de garantía más amplios, aumento de las fallas de repetición y fallas asociadas, ocasionado a la insatisfacción del cliente.

Es importante revisar las actuales prácticas de control de contaminación, para mejorar la calidad de las reparaciones, conllevando a la apertura de nuevos mercados y logrando la satisfacción de los clientes.

Cada vez que se encuentra inconformidad (tanto en el producto, como en el proceso) en el sistema, se deben tomar las acciones correctivas no solo para resolver el problema inmediato sino también, y sobre todo, para prevenir las reincidencias de las inconformidades halladas. Las acciones correctivas deben ser apropiadas al impacto de los problemas encontrados.

1.5 DEFINICION DEL PROBLEMA

Los clientes cada día están necesitando vehículos y máquinas con mayor potencia, mayor fuerza de arranque y tiempos de producción más rápido.

Debido a esto, las empresas relacionadas con el cálculo, diseño y construcción de vehículos y maquinarias tienen la tendencia de instalar sistemas electrohidráulicos en los diferentes componentes de los vehículos. Así también se necesita mayores presiones en los sistemas conllevando a la reducción de los espacios libres en los compartimentos.

Como resultado de suplir estas necesidades, los sistemas de fluidos de hoy en día son más sensibles a la contaminación, en especial los siguientes compartimentos:

- 1.- Sistemas Hidráulicos
- 2.- Transmisiones
- 3.- Sistemas de Combustible
- 4.- Motores.

Los sistemas de fluidos contaminados producen los siguientes resultados:

- 1.- Reducen la vida útil del componente y el fluido.
- 2.- Reducen la productividad
- 3.- Pueden llevar a una avería catastrófica y costoso tiempo de inactividad y reparaciones.

En el caso de Sociedad Industrial y Comercial, no posee procedimientos y medidas para el cuidado y prevención de la contaminación en sus talleres por estar involucrada con todo lo relacionado a servicios de reparación, la empresa es responsable por un número finito de factores que interrelacionan con sus diferentes departamentos, equipos, herramientas de trabajo, los cuales pueden causar un problema de garantías.

Entre los factores ya mencionados se tiene el manejo de desechos sólidos y líquidos, a lo cual se suman factores como el drenaje de las aguas contaminadas.

Para realizar una evaluación de una empresa dedicada al mantenimiento de los automóviles, es necesario identificar los componentes ambientales y las actividades pre-operativas que están inmersas dentro de los procesos que se realizan dentro de la misma.

Entre los principales factores, componentes, y recursos que tienen una relación directamente e indirectamente afectiva a la contaminación están los siguientes:

- 1.- Desechos sólidos de materiales o piezas en mal estado.
- 2.- Desechos de fluidos al ambiente.
- 3.- Drenaje de aguas contaminadas.

Antes de proceder a realizar un determinado análisis a cada uno de los ítems mencionados anteriormente, es necesario tener en cuenta que una vez identificados los impactos negativos se generarán una serie de medidas para que sean reducidos o eliminados sus efectos.

CAPITULO 2

2. ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL

2.1 INSPECCION GENERAL DE LAS AREAS DE SERVICIO MECANICOS

2.1.1 Situación ideal: Procedimientos existentes para lavado de todos los vehículos y componentes antes de que ingresen al taller

La intención es quitar la suciedad del vehículo o componente, que pudiera contaminar el taller o el vehículo en el que se está

trabajando. Un vehículo limpio y un taller limpio crean la atmósfera apropiada libre de contaminación para que se repare o se realicen los servicios al vehículo. Es también más fácil detectar fugas y realizar una inspección visual completa.

Situación real: En la figura 2.1 se puede verificar que no existe procedimientos para lavado de máquinas y componentes que ingresan al taller.



FIGURA 2.1 Análisis situación actual: Procedimiento de lavado de vehículos

2.1.2 Situación ideal: Sistema de separación de aceite y lodo (del agua de lavado)

Estos sistemas de reciclado/filtrado de agua que filtran y separan el lodo, aceite, agua y sólidos, etc., nos permiten reutilizar el agua.

Situación real: En la figura 2.2 se confirma que no hay pozo de sedimentación o drenaje. Esto significa que el lodo no tiene cómo escapar, por lo cual el vehículo debe moverse por el lodo para llegar al taller.



FIGURA 2.2 Análisis situación actual: Sistema de separación de aceite y lodo.

2.1.3 Situación ideal: Falda de hormigón a la entrada del taller

Debe haber una falda de hormigón a la entrada del taller para evitar el ingreso de suciedad y lodo en el taller de componentes.

Debe considerarse tener un proceso existente de limpieza regular de la falda para quitar toda suciedad y escombros que se hayan acumulado.

Situación real: En la figura 2.3 se confirma que no hay falda de hormigón a la entrada del taller.



FIGURA 2.3 Análisis situación actual: Falda de hormigón a la entrada del taller

2.1.4 Situación ideal: Se recomiendan puertas para el taller

Se recomienda tener puertas para reducir los niveles de polvo y para mantener limpio el taller.

El viento y las tormentas de polvo pueden depositar grandes cantidades de polvo en los trabajos de reparación, por lo cual se requieren puertas de una buena clasificación.

Situación real: En la figura 2.4 se verifica que no hay puertas en los talleres.



FIGURA 2.4 Análisis situación actual: Puertas para el taller

2.1.5 Situación ideal: Los pisos están sellados

Mantener los pisos sellados permite tener la capacidad para prevenir la penetración del aceite y otros líquidos en el hormigón. El tenerlos sin sellar ocasiona la absorción del aceite y mayor contaminación, a la vez que crean condiciones potencialmente resbaladizas e inseguras, ya que existirán riesgos de caídas, con diferentes consecuencias.

Situación real: Los pisos no se encuentran sellados, como se puede apreciar en la figura 2.5.



FIGURA 2.5 Análisis situación actual: Pisos sellados

2.1.6 Situación ideal: Áreas de seguridad marcadas y mantenidas libres de obstáculos

Las pasarelas/áreas de seguridad deben estar correctamente marcadas con líneas de seguridad, y mantenerlas libres de obstáculos.

Las áreas de almacenamiento deberían estar correctamente marcadas y los ítems almacenados en forma ordenada.

Situación real: Las áreas designadas no están correctamente marcadas, o las marcas están desgastadas, como se puede observar en la figura 2.6.



FIGURA 2.6: Análisis situación actual: Áreas de seguridad

2.1.7 Situación ideal: Las tarimas dedicadas, construidas para ser utilizadas como soporte para componentes mayores en los cuales se trabaja con frecuencia

Las tarimas dedicadas/ construidas para soporte se utilizan para que los componentes no descansen sobre el piso.

Las tarimas construidas para soporte se deben utilizar para componentes mayores tales como motores, transmisiones y diferenciales, etc., con los cuales se trabaja a menudo. Dichas tarimas construidas para soporte proveen un entorno seguro de trabajo a la vez que facilitan la limpieza del taller.

Situación real: Como se puede observar en figura 2.7 los componentes están almacenados sobre el piso. Esto crea una situación potencialmente insegura, y se podría dañar el componente. Esto también inhibe la limpieza correcta del piso.



FIGURA 2.7 Análisis situación actual: Tarimas componentes mayores

2.1.8 Situación ideal: Se utilizan bloques de madera para soportar los componentes grandes

Es posible que algunos componentes grandes, con los cuales no se trabaja con tanta frecuencia, no se adapten a las tarimas dedicadas de soporte. También, en algunos casos, es posible que los bloques de madera o el encofrado puedan proveer la mejor manera de soportar componentes tan grandes.

Situación real: Componentes grandes soportados con peligro, como lo confirma la figura 2.8.



FIGURA 2.8: Análisis situación actual: Soportes componentes grandes

2.1.9 Situación ideal: Los bancos designados de montaje están cubiertos con superficies protectoras

Los bancos de montaje designados deben estar cubiertos con plástico duradero o esteras de caucho para proteger las piezas sensibles.

Estos bancos de montaje se deben limpiar por lo menos diariamente.

Situación real: La figura 2.9 confirma que el banco de trabajo esta sin tapa protectora y sin un mantenimiento diario de limpieza.



FIGURA 2.9 Análisis situación actual: Protección en bancos de montaje

2.1.10 Situación ideal: Tubería de abastecimiento de aire provee aire limpio y seco

Las tuberías de aire están sujetas tanto a suciedad y agua condensada. Debemos recordar que el agua es una sustancia contaminante en esta situación. El rociado de humedad sobre las piezas puede causar la oxidación. Por lo tanto, se requiere un separador de agua y un filtro.

Situación real: No hay separador de agua ni filtro en el abastecimiento de aire, tal como lo muestra la figura 2.10.



FIGURA 2.10 Análisis situación actual: Abastecimiento de aire

2.1.11 Situación ideal: Tarimas para disolventes filtrados para cumplir con ISO 16/13

La tarima para disolventes con filtro final de 4 micrones, filtro de bolsa de 15 ó 25 micrones en el dispositivo de vaciado, y filtro de tierra diatomácea (para quitar el aceite del disolvente). El filtro de tierra diatomácea quita el aceite del disolvente. El filtro de bolsa, sujetado al dispositivo de vaciado, quita las partículas más grandes para que el filtro de 4 micrones dure más y realice una función más eficaz para quitar las partículas más pequeñas.

Situación real: No existen tarimas para disolventes filtrados. Los componentes son desarmados en medio de la suciedad. Como se puede observar en la figura 2.11.



FIGURA 2.11 Análisis situación actual: Uso de disolvente

2.1.12 Situación ideal: Abastecimiento de aceite cumple con ISO 16/13

Las tuberías de abastecimiento de aceite en el taller deben estar equipadas con filtro final y el aceite entregado cumplir con el objetivo de limpieza de ISO 16/13.

El aceite se debe comprobar regularmente con conteo de partículas para asegurar su cumplimiento.

Situación real: No hay filtro final, ni procedimiento de filtrado de aceite, como se puede verificar en la figura 2.12.



FIGURA 2.12 Análisis situación actual: Abastecimiento de aceite

2.1.13 Situación ideal: No hay esmeriladores cerca de las áreas de montaje

Los esmeriladores en tarima se deben colocar en áreas específicas en el taller para la conveniencia del técnico.

Sin embargo, no se deben ubicar en las áreas de montaje a menos que estén aislados del entorno de montaje.

Situación real: La figura 2.13 confirma que el esmerilador de tarima se encuentra en un cuarto sucio y áreas críticas del taller.



FIGURA 2.13 Análisis situación actual: Ubicación de esmeriladora

2.1.14 Situación ideal: Tapas y tapones utilizados para mangueras y tubería

Se deben utilizar tapones y tapas de plástico o metal. Todos los extremos de las mangueras ó tuberías deben estar correctamente tapadas.

Situación real: La figura 2.14 se muestra que no se usan tapas y hay trapos que se han introducido en los agujeros.

Cualquiera manguera o tubo que no se ha tapado o taponado correctamente está sujeta a polvo y escombros transportados por el aire.



FIGURA 2.14 Análisis situación actual: Taponos para mangueras

2.1.15 Situación ideal: Se usan tapas protectoras en componentes críticos

Componentes críticos deben estar protegidos contra la oxidación con envoltorio de plástico.

Los cigüeñales, árboles de levas, bombas, etc. están individualmente protegidos contra la oxidación, envueltos y almacenados en un área protegida para evitar daños.

Situación real: La figura 2.15 muestra que los componentes críticos no están cubiertos y ni protegidos contra la oxidación.



FIGURA 2.15 Análisis situación actual: Protección componentes críticos

2.1.16 Situación ideal: Los componentes que esperan para ser armados están cubiertos con plástico y protegidos contra la oxidación

Los componentes deben estar almacenados en un envase estructuralmente resistente y limpio, y estar envueltos en plástico; todos los extremos de las mangueras y tubos deben estar taponados.

Esto es para las piezas y componentes que se han limpiado y están esperando una decisión de re-montaje. Esta norma se aplicaría a las piezas limpias que se montarán en menos de 5 días.

Situación real: La figura 2.16 muestra que no hay tapa protectora o envoltura en las piezas almacenadas.

Está claro que los componentes que se dejan sin proteger acumularán contaminantes.



FIGURA 2.16: Análisis situación actual: Protección componentes por armar

2.1.17 Situación ideal: Las nuevas piezas se guardan en el envoltorio original hasta estar listos para ser montados

Las piezas deben estar almacenadas en sus envoltorios originales.

Esto provee la mejor protección contra la instalación de una pieza o componente contaminado.

Situación real: No hay tapa o envoltorio en las piezas que están esperando para ser montados.

Como se ve en la figura 2.17, los repuestos tanto nuevos como usados están en un mismo lugar, sin las envolturas originales.



FIGURA 2.17: Análisis situación actual: Protección de nuevas piezas

2.1.18 Situación ideal: Métodos aprobados de almacenamiento y disposición de aceites usados

Aceite residual quitado del taller con sistema de bomba de aspiración o con carro de aspiración.

Este método minimiza la posibilidad de vertidos, lo cual a su vez minimiza la oportunidad de la contaminación del piso con aceite.

Situación real: Aceite residual quitado del taller con cubos, barriles u otros envases abiertos.

Los cubos abiertos de aceite en el taller no proyectan una imagen profesional. También aumentan la probabilidad de vertidos, y mayor contaminación como se ve en la figura 2.18.



FIGURA 2.18 Análisis situación actual: Disposición de aceite usado

2.1.19 Situación ideal: Métodos oportuno de la limpieza de los vertidos de aceite

Los vertidos de aceite se limpian inmediatamente utilizando una aspiradora o material absorbente específicamente diseñado para absorber aceite, y luego una limpieza con agua limpia, preferiblemente caliente.

Situación real: Como se observa en la figura 2.19, los vertidos de aceite no se limpian dentro de una hora, y se utiliza aserrín u otro material granular para absorber el aceite vertido.

El uso de materiales granulares no se recomienda para absorber el aceite vertido porque los residuos de estos materiales pueden permanecer después de barrer, dejando aceite en el piso. Estos materiales también crean polvo en el aire.



FIGURA 2.19 Análisis situación actual: Método de limpieza de aceite derramado

2.1.20 Situación ideal: Métodos de limpieza del piso

Se debería utilizar un cepillo y barredora motorizados diariamente.

La acción de fregado del cepillo motorizado y la aspiradora de la barredora debieran realizar un trabajo más eficaz que la limpieza manual.

Situación real: En la figura 2.20 se indica que los pisos no se limpian según se requiere. Los pisos no se limpian diariamente, y se utilizan materiales inapropiados. El uso de materiales granulares no se recomienda para la limpieza de pisos.



FIGURA 2.20 Análisis situación actual: Método de limpieza del piso

2.2. OBSTACULOS PARA IMPLEMENTACION DE CONTROL DE CONTAMINACION

Los mayores obstáculos para poder implementar el control de contaminación pueden variar según las dimensiones físicas y económicas de los talleres mecánicos.

Es así, que para este caso en particular se pudo obtener esta información mediante la utilización de las encuestas al cliente interno y al cliente externo, como también a través de la experiencia del Gerente de Servicio con lo cual se logro obtener la información suficiente como para llegar a los obstáculos principales para este cambio de cultura.

Los resultados obtenidos reflejan los problemas reales que afronta la empresa en este momento.

2.2.1 Falta de compromiso de la Alta Dirección.

No existe un sistema de control de la contaminación, debido a que la Dirección no le otorga importancia al tema. En la figura 2.21 se visualiza el diagrama de causa/efecto de este obstáculo.

Causa

- Ninguna practica de control de contaminación en las reparaciones.
- Desorganización de las diferentes áreas del taller, debido a que no se encuentran definidas políticas de calidad en las reparaciones.
- Aumento de garantías de mano de obra, por malas reparaciones realizadas.
- Reclamos por mal servicio.

Efecto

- Desorganización en los procesos.

- Reparaciones con contaminación, lo cual conlleva a posibles garantías.
- Retraso en las reparaciones.
- No cumplimiento en los tiempos de entrega.

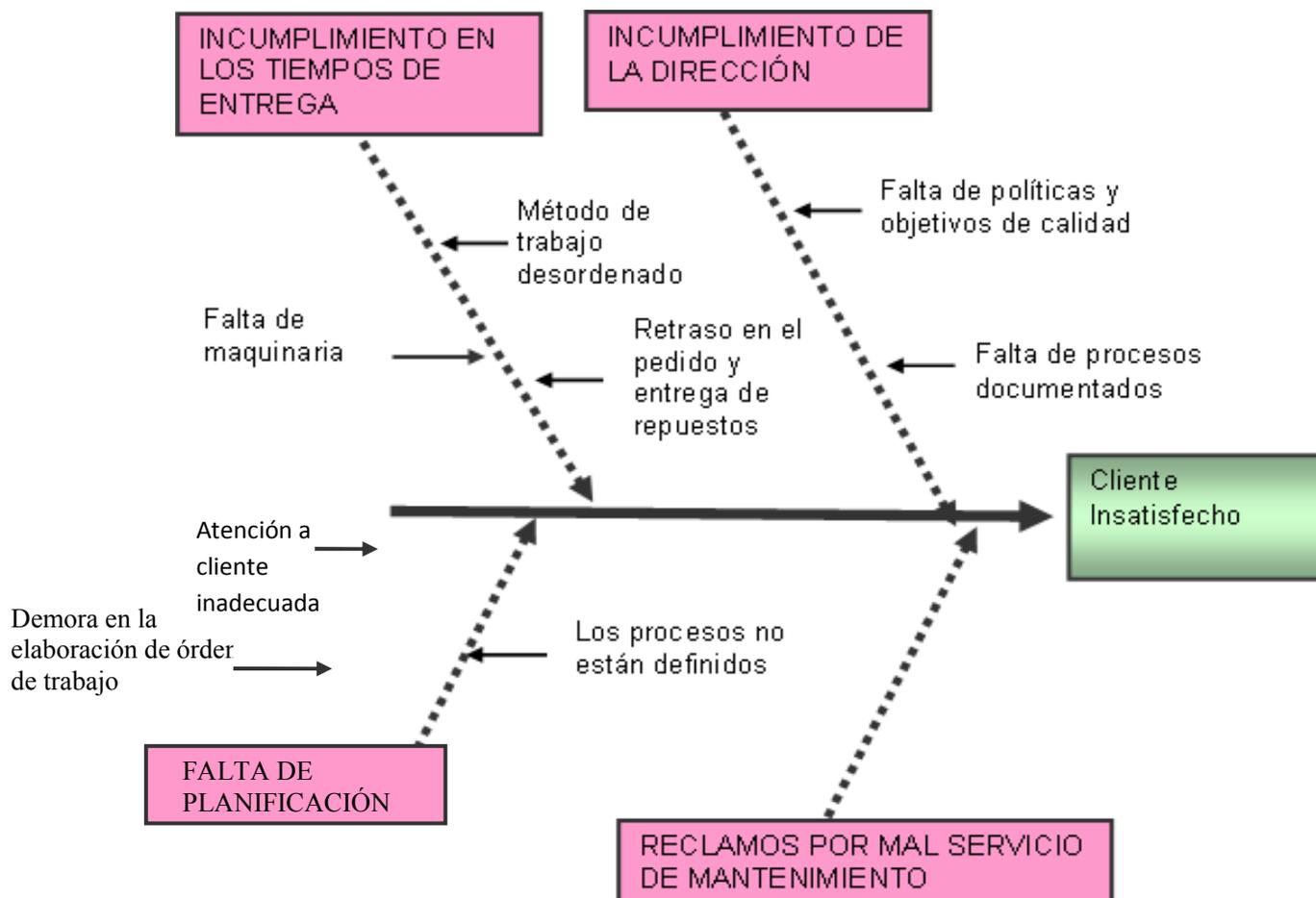


FIGURA 2.21 Obstáculos de Implementación: Falta de compromiso de la Alta Dirección

2.2.2 Falta de planificación

No se entregan los trabajos a tiempo ya que a lo largo del proceso de reparaciones y entrega del vehículo, ocurren comúnmente varias causas como las que se visualizan en la figura 2.22.

Causa

- Los procesos no están definidos.
- Falta de herramientas para realizar el trabajo.
- Desmotivación.
- Demora en el servicio de mantenimiento.
- Demora en los pedidos de repuestos.

Efectos

- Reclamos de clientes.
- Aumento de tiempo no cobrable de los mecánicos.
- No cumplimiento de tiempo de entrega de reparaciones.
- Retrasos en reparaciones.

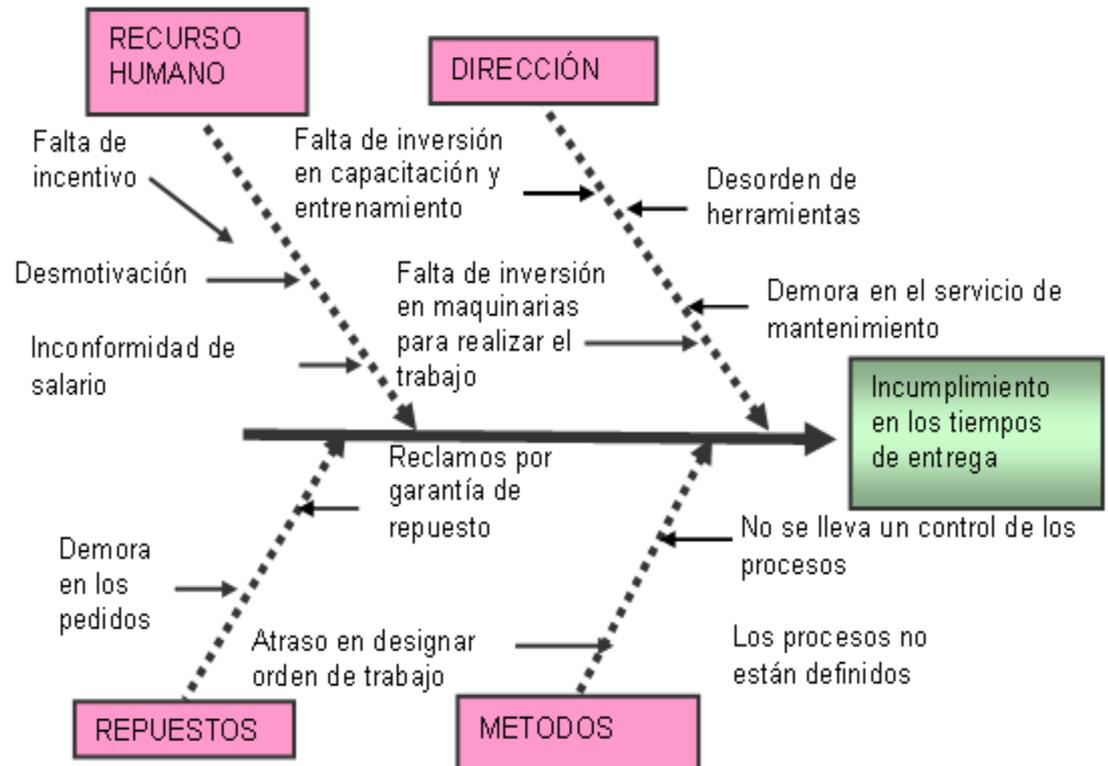


FIGURA 2.22 Obstáculos de Implementación: Falta de Planificación.

2.2.3 Reclamos por mal servicio

Los reclamos por mal servicio sin duda es uno de los problemas más serios, se produce porque una vez realizado el trabajo no se lleva a cabo el respectivo control del mismo, también sucede por los repuestos que vienen con falla de fabricación. Se puede visualizar este caso en la figura 2.23.

Causas

- Falta de control de calidad de reparaciones
- No implementan acciones preventivas
- No establecen procedimientos

Efecto

- Reclamos de los clientes
- Garantías por malas reparaciones

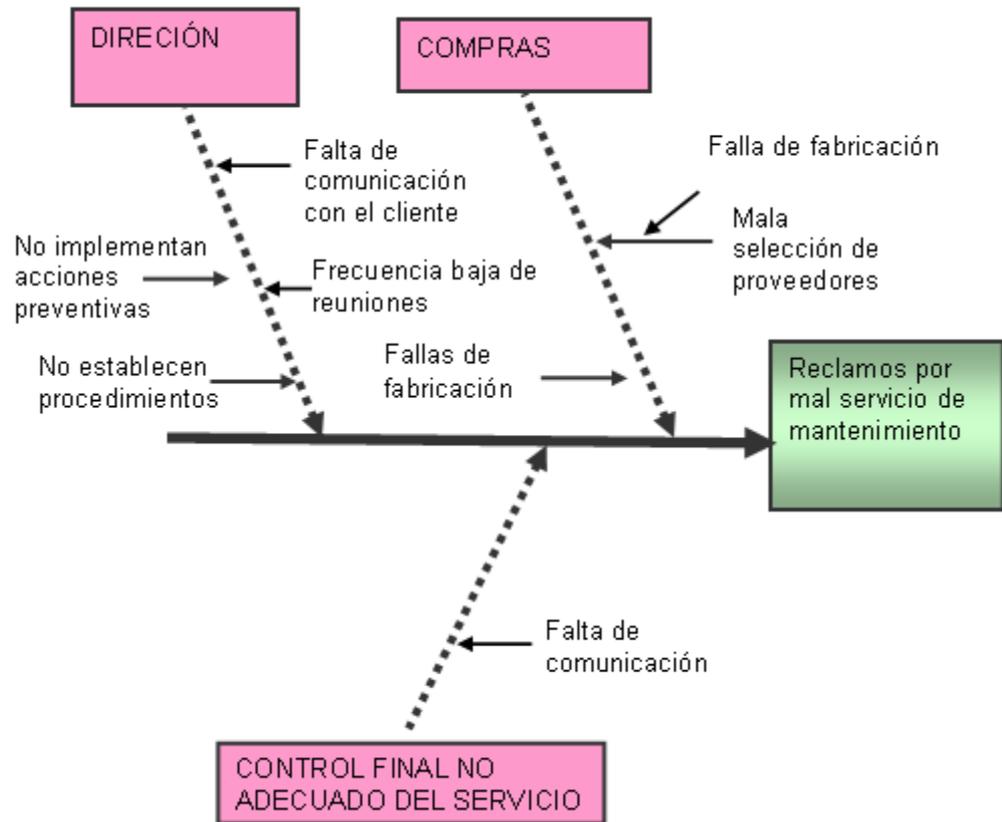


FIGURA 2.23 Obstáculos de Implementación: Reclamos por mal servicio

2.2.4 Cambio de la cultura de los mecánicos

Los mecánicos son reacios al cambio drástico que implica llevar a cabo la implementación del control de contaminación en las reparaciones, debido a los años en que han venido trabajando de una manera inapropiada, como también al habitual temor a lo nuevo.

Causas

- Experiencia laboral realizando el trabajo de forma desordenada.
- Falta de incentivos por reparaciones bien realizadas, es decir sin problemas de garantía.
- Falta de capacitación.
- Áreas de trabajos desordenadas.
- Falta de procedimientos para llevar a cabo las reparaciones.

Efectos

- Precio de mano de obra bajos debido al poco criterio de los mecánicos.
- Problemas de garantías asociados a la reparación mal hecha por parte de los mecánicos.
- Desmotivación por falta de incentivos.
- Demora en entrega de reparaciones.
- Insatisfacción del cliente.

2.3 PROBLEMAS RELACIONADOS CON EL CONTROL CONTAMINACION

2.3.1 Que son los contaminantes

La contaminación es cualquier sustancia ajena al sistema ya sea este Hidráulico, Transmisiones, Sistemas de Combustible o Motores.

Hay dos tipos de contaminantes: partículas contaminantes y contaminantes químicos, como se puede ver en la figura 2.24.

2.3.1.1 Partículas contaminantes

Las partículas contaminantes son las más comunes, medibles y controlables. Pueden originarse en la fábrica, ser transferidas por medio de nuevos aceites, generadas internamente, o ingresadas durante el mantenimiento, servicio, durante el cambio de accesorios, y durante la operación de los vehículos. Ejemplos de partículas contaminantes incluyen la suciedad, arena, pintura, y las partículas que provienen del desgaste del metal y la goma.

2.3.1.2 Contaminantes químicos

Los contaminantes químicos incluyen el calor, el agua y el aire. Estas se combinan para descomponer la composición química del aceite generando contaminación en la forma de oxidación y ácidos. Al igual que las partículas contaminantes, los contaminantes químicos pueden originarse adentro o afuera del sistema.



FIGURA 2.24 Tipo de contaminantes

2.3.2 Que es el desgaste

El desgaste es el fenómeno que más afecta la productividad de los vehículos ya que obliga a su detención ya sea de manera programada ó intempestiva cuando alguno de sus componentes falla de manera catastrófica. En los componentes se presentan algunos tipos de desgaste los desgastes por abrasión, por fatiga y sedimentación que de manera silenciosa van desgastando sus superficies sin que el usuario en la mayoría de los casos detecte a tiempo condiciones anormales en su funcionamiento, las cuales conllevan inexorablemente a su deterioro, pérdida de tolerancias, a un comportamiento errático y por consiguiente a su reemplazo. No obstante a pesar de que es difícil en la práctica detectar los desgastes, sin embargo, el aceite se puede monitorear periódicamente mediante un Conteo de Partículas, el cual permite conocer la cantidad de partículas sólidas y metálicas clasificadas por tamaño presentes en el aceite; si la cantidad de partículas está por encima del valor máximo permisible para el mecanismo que el aceite lubrica, es necesario filtrar ó cambiar el aceite para evitar que se presente el desgaste en los sistemas.

2.3.2.1 Desgaste por Abrasión

Es consecuencia de la presencia de partículas sólidas y metálicas de un tamaño igual ó mayor que el espesor mínimo de la película lubricante y de la misma dureza ó mayor a la de las superficies metálicas del mecanismo lubricado; el desgaste abrasivo es mayor en la superficie más blanda, como se ve en la figura 2.25.

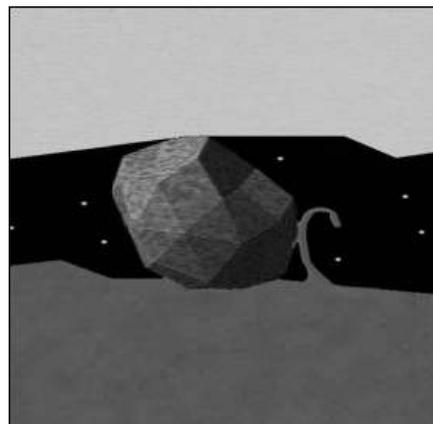


FIGURA 2.25 Desgaste por abrasión

Las partículas sólidas como el silicio dan lugar a un considerable desgaste abrasivo debido a la elevada dureza de este material. Cuando las partículas del mismo tamaño que el mínimo espesor de la película lubricante se

encuentran entre las dos superficies "ruedan" removiendo la película límite y desprendiendo material; cuando son de mayor tamaño se fracturan dando lugar a partículas del mismo tamaño que el mínimo espesor de la película lubricante generando desgaste abrasivo y de un tamaño menor que propician el desgaste erosivo de dichas superficies metálicas. Las partículas de menor tamaño también pueden propiciar desgaste abrasivo si la carga que actúa sobre el mecanismo se incrementa ó la viscosidad del aceite se reduce ya sea por incremento en la temperatura de operación, contaminación con agua ó con aceites de menor viscosidad. También es factible que se incrusten partículas en una de las superficies y actúen como una herramienta de corte, removiendo material de la otra.

El desgaste abrasivo en un mecanismo se puede controlar filtrando el aceite de tal manera que su condición se mantenga dentro del código de limpieza recomendado por la norma ISO 4406 de acuerdo con el tipo de mecanismo lubricado; esto quiere decir que el número de partículas cuyo tamaño es mayor que el espesor mínimo de la película lubricante es menor ó igual que el especificado; esto no

significa que no se presente el desgaste abrasivo del mecanismo sino que éste estará dentro de los valores máximos permisibles para alcanzar la vida proyectada por el fabricante de la máquina. En la actualidad no es factible eliminar totalmente el desgaste abrasivo debido a la imposibilidad de contar con aceites completamente limpios y con filtros que garanticen un nivel de contaminación cero.

2.3.2.2 Desgaste por fatiga o erosivo

Es la pérdida lenta de material en las rugosidades de las dos superficies que se encuentran en movimiento relativo como resultado del impacto de partículas sólidas ó metálicas en suspensión en el aceite de un tamaño mucho menor que el mínimo espesor de la película lubricante. Estas partículas al entrar en la zona de la película lubricante, cambian su trayectoria lineal como resultado del cambio de presiones, se desordenan y chocan con las rugosidades; es posible que cuando empiezan a chocar no causen desgaste, pero van fatigando poco a poco las superficies que impactan hasta

que finalmente dan lugar al desprendimiento de material, como se observa en la figura 2.26.

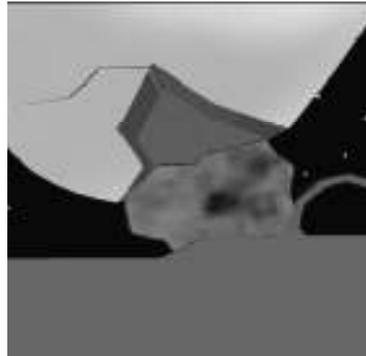


FIGURA 2.26 Desgaste por fatiga

El desgaste erosivo, entre dos superficies lubricadas, siempre estará presente ya que ningún aceite es completamente limpio aún cuando cumpla con los estándares de limpieza de la Norma ISO 4406 para aceites nuevos y usados. El desgaste erosivo se puede presentar bajo condiciones de lubricación fluida como resultado del empleo de un aceite de una viscosidad mayor que la requerida debido a que el exceso de capas en la película lubricante "barren" la capa límite que se encuentra adherida a las superficies metálicas haciendo que dichas capas

friccionen las rugosidades y las desgasten por erosión. El tipo de flujo de la película lubricante es laminar pero puede cambiar a turbulento cuando el Índice de Viscosidad del aceite utilizado es bajo; en este caso la viscosidad del aceite se reduce considerablemente al aumentar la temperatura de operación dando lugar a que al cambiar las condiciones de flujo a turbulento la película límite se desprenda de las rugosidades y genere por consiguiente desgaste erosivo en las mismas.

En conclusión el desgaste erosivo en los mecanismos lubricados se puede presentar tanto por la presencia de partículas sólidas y metálicas en el aceite de un tamaño menor que el espesor mínimo de la película lubricante como también por el empleo de aceites de una viscosidad mayor que la requerida ó por la utilización de aceites con Índices de Viscosidad bajos (menores de 70). De igual manera, aún cuando no se presenten los factores anteriores en un mecanismo lubricado, el desgaste erosivo siempre estará presente, porque todo aceite, aun cuando esté nuevo contiene un determinado número de partículas sólidas en suspensión. La única manera de que no se presentará el

desgaste erosivo en los mecanismos lubricados sería garantizando que el aceite utilizado sea completamente limpio, lo cual, con la tecnología de filtración disponible en la actualidad no es factible lograrlo. El desgaste erosivo se puede minimizar al máximo pero no se puede evitar.

2.3.2.3 Conteo de Partículas y Normas ISO 4406

La cantidad de partículas presentes en una muestra de aceite se determinan mediante la utilización de un Contador de Partículas (funciona con una base óptica láser) que permite una medición absoluta de las partículas de 2 mm. en adelante (no especifica el tipo de material). Estos equipos trabajan de acuerdo con las normas internacionales de filtración ISO 4406 y NAS 1638; las más utilizada en América es la ISO 4406 y en Europa la NAS 1638. La norma ISO 4406 clasifica las partículas en tamaños 2mm, 5mm y 15mm. Para poder evaluar si un aceite que está trabajando en un vehículo cumple con los estándares de limpieza requeridos para evitar que en los mecanismos lubricados se presenten el desgaste erosivo y abrasivo por encima de los máximos permisibles, es necesario conocer primero cuál es el código

ISO de limpieza recomendado para el aceite de acuerdo con el mecanismo que está lubricando; si el código ISO de limpieza del aceite está por debajo del recomendado, los mecanismos lubricados estarán expuestos a menos desgaste erosivo y abrasivo y por el contrario si es mayor, los niveles de desgaste también lo serán y por lo tanto la vida de dichos mecanismos será tanto menor cuanto mayor sea el nivel de contaminación del aceite.

En la tabla 6 se especifican las recomendaciones del código ISO de limpieza requerido de acuerdo con el mecanismo lubricado. En la tabla 7 los códigos de limpieza de acuerdo con la Norma ISO 4406.

TABLA 6. Código ISO de limpieza de acuerdo con el tipo de maquina lubricada

Componentes		Presión del sistema de lubricación, Psi		
		Hasta 2.000	2.000-3.000	Mayor de 3.000
Bombas	- Engranajes y de paletas	20/18/15	19/17/16	
	- Pistones	19/17/15	18/16/14	17/15/13
	- Variables de paletas y de	18/16/14	17/15/13	
Válvulas	- Solenoide, de llenado y cheque	20/18/15		19/17/14
	- Control de presión y de flujo	19/17/14		19/17/14
	- De cartucho y de dirección	17/15/12		16/14/11
	- Servo válvula	16/14/11	16/14/11	15/13/10
	- De cartucho	18/16/13		17/15/12
Actuadores	- Cilindros	20/18/15	20/18/15	20/18/15
	- Motores de paletas, de	20/18/15	19/17/14	18/16/13
	- Motores de pistones axiales	19/17/14	18/16/13	17/15/12
	- Motores de levas ondulantes	18/16/14	17/15/13	16/14/12
Transmisión hidrostática	- Transmisión	17/15/13	16/14/12	16/14/11
Rodamientos	- De bolas	15/13/11		
	- De rodillos	16/14/12		
Cojinetes lisos	- De baja velocidad	17/15/13		
	- De alta velocidad	18/16/14		
Reductores de velocidad		17/15/13		

**TABLA 7. CÓDIGO INTERNACIONAL DE LIMPIEZA SEGÚN LA NORMA
ISO 4406**

Código de limpieza	Número de partículas por cada 100 cc. de muestra		Código de limpieza	No. de partículas cc. de muestra	
	Mas de	Hasta incluyendo		Mas de	Hasta incluyendo
24	8x1000	16x1000	12	2x1000	4x1000
23	4x1000	8x1000	11	1x1000	2x1000
22	2x1000	4x1000	10	500	1x1000
21	1x1000	2x1000	9	250	500
20	500x1000	1x1000	8	130	250
19	250x1000	500x1000	7	64	130
18	130x1000	250x1000	6	32	64
17	64x1000	130x1000	5	16	32
16	32x1000	64x1000	4	8	16
15	16x1000	32x1000	3	4	8
14	8x1000	16x1000	2	2	4
13	4x1000	8x1000	1	1	2

La norma ISO 4406 especifica el código de limpieza de un aceite con base en tres números que corresponden a los códigos estandarizados en la tabla 7 y que indican, el primero, el número de partículas mayores ó iguales a 2mm; el segundo a 5mm y el último a 15mm, presentes en 100 cc. de una muestra del aceite evaluado. Por ejemplo un código ISO 20/17/13 indica, de la tabla 6, que hay presentes en la muestra de aceite entre 500x1000 y 1x1000 partículas mayores ó iguales a 2mm; entre 64x1000 y 130x1000 a 5mm y

entre 4x1000 y 8x1000 a 15mm. Este código ISO se compara con el recomendado en la tabla para el mecanismo que se está lubricando y se concluye si el nivel de limpieza del aceite es aceptable ó no. El análisis de la cantidad de partículas presentes en el aceite se debe hacer para cada rango de partículas, ya que debido a su tamaño pueden generar problemas diferentes de desgaste en los mecanismos lubricados. Si las partículas de 2 y 5 mm. están por fuera del rango establecido en la Tabla para ese mecanismo es un indicativo de que se está presentando desgaste erosivo y se deben analizar las causas que lo están generando (bajo Índice de Viscosidad del aceite, viscosidad del aceite mayor que la recomendada ó presión de aplicación del aceite mayor que la requerida si el sistema de lubricación es por circulación), sin embargo este tipo de desgaste no es crítico pero se deben tomar las medidas correctivas necesarias (como la filtración del aceite) ya que de lo contrario a mediano ó a largo plazo puede llegar a causar la falla catastrófica del mecanismo. Si las de 15 mm. en adelante están por fuera del código ISO es señal inequívoca de que un daño más grave se está presentando en el mecanismo y por consiguiente se debe complementar el Conteo de Partículas con otras técnicas de análisis de desgaste como la Espectrofotometría de Emisión Atómica y la Aerografía para tener un panorama analítico de mayor amplitud que permita tomar decisiones más acertadas.

Cuando se utiliza el conteo de partículas (si no se tiene disponible la Espectrofotometría de Emisión Atómica) para evaluar el desgaste periódico de un componente es necesario graficar el contenido de las partículas mayores ó iguales a 2 mm., 5 mm. y 15 mm. respectivamente y compararlos con el código ISO establecido para dicho componente. La curva más crítica depende del espesor mínimo de la película lubricante (h_o). Las partículas de un tamaño igual ó superior a h_o y en una concentración por encima de la máxima permisible son las peligrosas ya que dan lugar a desgaste abrasivo que es más crítico que el erosivo, por lo tanto es necesario conocer el valor de h_o , ó en caso contrario calcularlo de acuerdo con el elemento que se esté lubricando (las recomendaciones de la tabla 6 obvian este cálculo). Cuando el contenido de partículas se sale del código ISO de limpieza establecido es necesario programar el cambio del filtro de aceite del sistema y/o proceder a filtrar el aceite hasta que quede bajo el código ISO recomendado.

2.3.3 Efectos de la contaminación en componentes.

2.3.3.1 Efecto 1: Reducción de la eficiencia del sistema

La productividad del vehículo y la eficiencia de los sistemas ya sean estos Hidráulico, Transmisiones, Sistemas de Combustible o Motores van de la mano. Si cualquiera de estos sistemas no funciona con una eficiencia máxima, el rendimiento del vehículo disminuye.

Las pérdidas de eficiencia suelen ocurrir lentamente y pueden ser del 16 al 20 por ciento antes de que el conductor detecte una pérdida de rendimiento. Estas pérdidas de eficiencia “invisibles” también pueden aumentar el consumo de combustible.

En transmisiones, diferenciales y mandos finales suelen sufrir por contaminación por lo que están ubicadas debajo del vehículo donde hay tierra y agua. Esta contaminación causa más daño a las piezas porque la tendencia es olvidarse de

estos componentes o hacer los cambios de aceite basado en kilómetros y no en las condiciones de trabajo.

Como se ve en la tabla 8, el valor aproximado de utilidad perdida debido a la reducción de eficiencia en los sistemas es de aproximadamente \$2200 mensuales para una excavadora hidráulica, y si a esto le sumamos el alto consumo de combustible y a la demora en la entrega de los trabajos, dará como resultado que es de suma importancia tener conciencia acerca del control de contaminación.

TABLA 8. Utilidad perdida por contaminación.

Estudio de Utilidad Perdida Mensual debido a la Reducción de Eficiencia en los Sistemas					
Parametros	Costo por hora	Hora de trabajo diarias	Días de trabajo	Eficiencia de Sistemas	Ingreso Estimado
Sin Reducción de Eficiencia	\$ 40	10	27	100%	\$ 10,800
Con Reducción de Eficiencia	\$ 40	10	27	80%	\$ 8,640
Utilidad Perdida					\$ 2,160

2.3.3.2 Efecto 2: Acelera el desgaste de los componentes

El 75 al 85 por ciento de las fallas de las bombas hidráulicas, motores, cilindros y válvulas se deben a la contaminación.

Debido a las holguras extremadamente pequeñas de los sistemas actuales, incluso las partículas invisibles pueden dañar las bombas hidráulicas, bombas de inyección, motores hidráulicos, transmisiones, embragues, cilindros hidráulicos, válvulas hidráulicas, etc. en forma de desgaste abrasivo ó de fatiga.

Entre los problemas relacionados con el desgaste acelerados de los componentes debido a la contaminación están los siguientes.

2.3.3.2.1 Entrada de agua al sistema:

Cuando el auto está funcionando, la transmisión y los diferenciales están calientes por la fricción entre engranajes, ejes y cojinetes. Al momento de pasar

por el agua, se enfrían, contrayendo el volumen del aceite dentro del equipo, causando una entrada de aire por el respiradero. Este respiradero normalmente está localizado en la parte superior de la transmisión o el diferencial. Si el respiradero está abierto para igualar las presiones y se encuentra debajo del agua, ingresa agua al componente.

Así también, en las bombas hidráulicas la presencia de agua en el sistema conlleva a un daño de los barrel y pistones que la componen, conllevando a la falla prematura del componente y a altos costos de reparación.

Esta contaminación trae cuatro problemas.

1. El agua actúa inmediatamente causando corrosión en todas las superficies interiores.

2. La mezcla de aceite y agua forma un líquido de mayor viscosidad y ocasiona menor lubricación.

3. El agua sucia contiene partículas de tierra que empiezan a tener un desgaste abrasivo todas las piezas en contacto.

4. La combinación de tierra y herrumbre consumen los aditivos del aceite y reduce la habilidad del mismo para combatir la oxidación, causando un aumento de viscosidad y reducción en lubricación.

Ejemplo real por contaminación con agua en Sistemas Hidráulicos.

Fotos de una Bomba Hidráulica de Alta Presión para excavadoras hidráulicas.

Daños por entrada de agua al sistema.

En la figura 2.26 se visualiza el cabezal de la bomba hidráulica, donde se señala el excesivo desgaste en las pistas de deslizamiento de los platos de presión.

Un acercamiento a esta falla se encuentra en la figura 2.27.

En la figura 2.28, se observa el desgaste en los platos de presión debido a la entrada de agua en el sistema.



FIGURA 2.27 Cabezal de bomba hidráulica dañada por contaminación

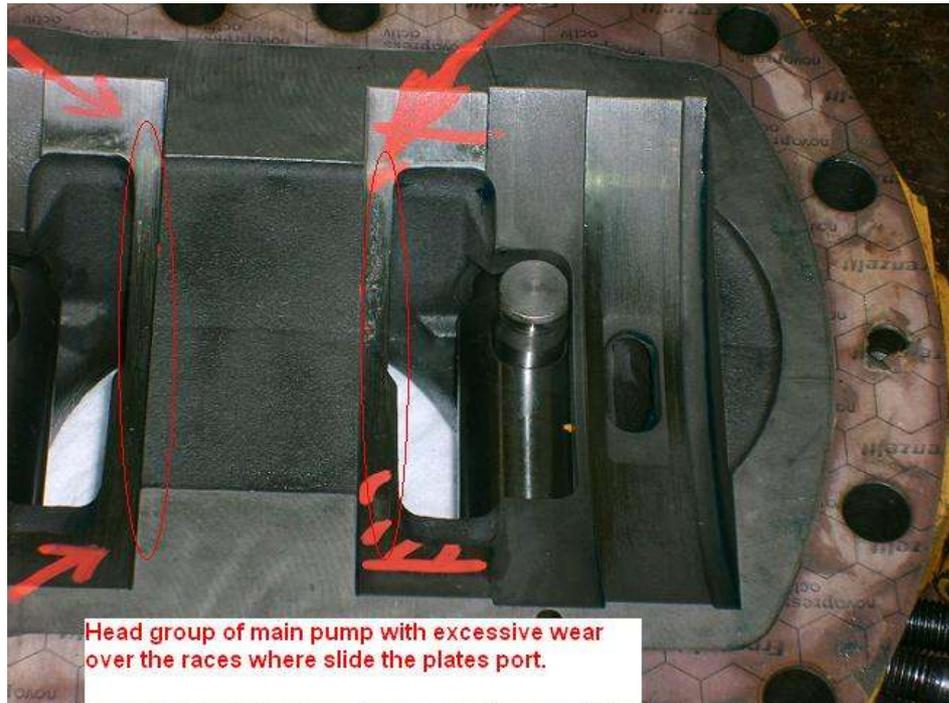


FIGURA 2.28 Acercamiento a cabezal de bomba hidráulica dañada por contaminación



FIGURA 2.29 Platos de presión dañados por contaminación

2.3.3.2.2 Entrada de tierra al sistema

La tierra entra a los sistemas por simple succión. Cada vez que se opera el vehículo el aceite y las piezas se expanden, expulsando aire por el respiradero al medioambiente. Cuando estaciona el vehículo, se contraen las piezas, succionando aire del medioambiente por el mismo respiradero. La localización del respiradero debajo del vehículo donde las ruedas generan polvo hace que este entre al sistema.

Así también por medio de los cilindros hidráulicos, en los cuales si el sello externo se encuentra en malas condiciones, puede ser un foco de entrada de tierra al sistema, lo cual conlleva a fallas catastróficas por contaminación.

**Ejemplo real por contaminación de tierra en
Sistemas Hidráulicos.**

Fotos de una Bomba Hidráulica de Alta Presión para excavadoras hidráulicas.

Falla de la misma por entrada de tierra al sistema.

En la figura 2.29 se observa un panorama amplio acerca de la falla de los pistones de la bomba hidráulica debido a entrada de tierra al sistema.

La entrada de tierra al sistema ocasiona que se generen grandes cantidades de limallas, lo cual conlleva a problemas como este.



FIGURA 2.30 Bomba Hidráulica dañada por tierra en el sistema

En la figura 2.30 se puede apreciar el daño ocasionado al plato de presión y el colapso total de los pistones de la bomba hidráulica.



FIGURA 2.31 Daño en bomba hidráulica por tierra en el sistema.

2.3.3.2.3 Contaminación por otros aceites

Uno de los problemas comunes que tenemos en los sistemas por un aceite equivocado. Muchas veces al analizar un aceite de transmisión o hidráulico encontramos mezclas de aceite de motor, aceites hidráulicos, u otros productos diferentes. Esto viene de tambores o bidones mal identificados, bombas o medidores compartidos entre diferentes productos, saldos de un aceite en un medidor o bidón utilizado para otro aceite, o falta de información y conocimiento para escoger el aceite correcto.

Lubricación:

Transmisiones Manuales y Diferenciales:

La tradición de los mecánicos del país es colocar "aceite" en todas las transmisiones manuales y en los diferenciales. Con esta práctica se acorta la vida

de estos componentes y garantiza trabajo eterno para ellos mismos.

Las razones son:

1. La mayoría de los aceites son clasificados GL-1 y no tiene ningún aditivo para extrema presión. No proveen ninguna protección en lubricación marginal (o lubricación límite).

2. Cada fabricante recomienda la viscosidad de aceite correcta para la tolerancia entre piezas en sus componentes. Si colocamos un aceite muy viscoso, no circula y causa daños en todos los componentes mientras consume más combustible, más fuerza del motor y aumenta la temperatura del aceite, causando oxidación y vida corta.

3. Cuando la viscosidad del aceite de la transmisión es mayor de la recomendada, no puede

desplazarse de los sincronizadores y causa problemas en los cambios, eventualmente dañando los engranajes y recalentando los sincronizadores.

4. Cuando la viscosidad es menor que la recomendada, no hay bastante lubricación hidrodinámica, resultando en desgaste prematuro y mayor dependencia en los aditivos de extrema presión.

La lubricación correcta de la transmisión y los diferenciales depende de dos factores:

1. La viscosidad correcta para proveer la Lubricación Hidrodinámica requerida para las velocidades, cargas, diámetros, ángulos, tolerancias y materiales utilizados. Lubricación hidrodinámica es la película de aceite que separa las piezas dentro de la transmisión o el diferencial.

Cuando hay mucha viscosidad, no circula y deja contacto directo entre piezas de metal. Cuando el aceite es de baja viscosidad, pierde su película y permite el contacto entre las superficies metálicas. Cuando el aceite básico utilizado en la formulación del aceite es de baja calidad, hay mayor tendencia a la oxidación del aceite y esta oxidación aumenta la viscosidad del aceite, limitando su circulación y protección.

2.3.4 Posible avería catastrófica y costos altos de reparaciones.

Generalmente las reparaciones de las transmisiones, mandos finales, bombas y cilindros hidráulicos de los vehículos se deberían realizar a las 10,000 horas ó 5 años aproximadamente teniendo un buen control de contaminación. Pero si no se tiene una conciencia clara acerca de la importancia del control de contaminación estas reparaciones pueden ocurrir en cualquier momento, lo cual conlleva a posibles averías catastróficas y costos altos de reparaciones.

En la tabla 9 se detalla el costo que representa para el propietario de una máquina cuando este falla repentinamente debido a la poca importancia del control de contaminación.

TABLA 9. Costos de Reparaciones con CC vs sin CC

Reparaciones comunes	Costo con Control de Contaminación	Costo sin Control de Contaminación	Diferencia (\$)	Diferencia (%)
Transmisión	3.307,83	5.988,30	2.680,47	81%
Convertidor	842,24	2.772,71	1.930,47	229%
Mandos Finales	3.994,46	5.927,00	1.932,54	48%
Embrague de dirección	1.728,62	2.450,00	721,38	42%
Bomba de transmisión	239,26	878,27	639,01	267%
TOTAL	10.112,40	18.016,28	7.903,88	78%

2.3.5 Alto porcentaje de garantías por reparaciones.

La garantía de las reparaciones es de seis meses tanto en repuestos como en mano de obra. Estos períodos se entienden desde la fecha de facturación del trabajo realizado y su validez queda condicionada a que terceros no manipulen los vehículos.

La garantía los gastos que se puedan ocasionar, como transporte, desplazamiento de operarios o imposición fiscal que grave la nueva operación.

Si durante el periodo de garantía se avería el vehículo en las partes reparadas, el taller debe reparar la avería gratuitamente.

En la tabla 10 han sido identificados los reclamos de los clientes por mal servicios de mantenimiento ocurrido en un promedio mensual. Como se puede observar los costos por reclamos por garantía asciende a \$4.000,00 mensuales que corresponde a la repetición del trabajo.

TABLA 10. Reclamos por mal servicio de mantenimiento

Ítem	Descripción del trabajo	Costo
1	Limpieza del Sistema inyectores	\$ 117
2	Limpieza y calibración de freno, cambio de llantas ,etc.	\$ 827
3	Cambio de aceite al motor revisión de los niveles en genera	\$ 97
4	Reparación de la suspensión	\$ 384
6	Cambio de retenedor de la corona	\$ 34
7	Reparación del motor	\$ 896
8	Revisar los cambios están duros	\$ 301
9	Cambio de empaque del motor	\$ 333
10	Reparación de la caja	\$ 496
11	Reparación ABC	\$ 248
12	Cambio de banda de distribución y templador	\$ 269
Total		\$ 4.000

CAPITULO 3

3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS EFECTUADO

3.1 RECOMENDACIONES A IMPLEMENTARSE

El control de contaminación favorece a un buen clima organizacional para el trabajo productivo. El orden en las tareas de trabajo involucra las diferentes operaciones que se realizan y a todos y cada uno de los trabajadores de la empresa. De la misma manera, el control de contaminación debe estar presente en todos los procesos y formar parte de la conducta de cada uno de nosotros.

Las ventajas en la aplicación de un programa de control de contaminación son las siguientes:

- Incremento de la producción debido al ordenamiento y eliminación de residuos.
- Mayor facilidad para el control de la producción, ya que los materiales y las piezas no se mezclan ni se extravían, los trabajos pueden ser entregados con mayor rapidez y hay menor acumulación de materiales.
- Se ahorra tiempo en la búsqueda de herramientas, utensilios, materiales, etc.
- Se genera mayor espacio útil para el trabajo sin necesidad de estar a cada momento despejando el lugar en que efectúa la labor.
- Los pisos se mantienen limpios y libres de obstáculos.
- Se facilitan los trabajos de conservación y reparación, debido a un acceso más expedito de partes y piezas de los vehículos.

- Se eleva la moral del personal y se crean hábitos positivos hacia el trabajo.
- Reducción significativa de las garantías por mano de obra.
- Aumento del costo de la mano de obra debido a la mejora en los procesos y rapidez de las reparaciones.

Las condiciones del ambiente de trabajo pueden favorecer la ocurrencia de accidentes, pudiéndose señalar entre otras:

- Materiales colocados desordenadamente, que pueden ocasionar tropezones, golpes contra objetos, resbalones y caídas.
- Herramientas filudas mal almacenadas han sido causantes de numerosas cortaduras al tratar de sacar otro material o herramienta.

- La falta de orden y aseo es fuente potencial de incendios. La responsabilidad de la prevención les corresponde a todos los miembros de la empresa. A cada uno de los niveles dentro de la organización se debe asignar responsabilidades en esta materia.
- Establecer un programa de limpieza, a cargo de personal competente, estableciendo las medidas de control pertinentes.
- Incluir entre las responsabilidades de los trabajadores la de mantener buen orden y aseo.
- Mantener un eficiente programa de control de contaminación.
- Crear el cargo de un Coordinador de Control de Contaminación.
- Establecer políticas de incentivos y multas para los trabajadores acerca del Control de Contaminación

Además se debe evitar el uso de lubricantes incorrectos y contaminantes del medio ambiente, capacitando a los mecánicos y cambiando su mentalidad

tradicional que está orientada al mantenimiento correctivo hacia una actitud de mantenimiento preventivo.

La primera responsabilidad del taller es controlar la contaminación es el suelo. Se ha probado que con adecuado mantenimiento y limpieza se podría encontrar con una tasa ISO de por lo menos 18/15. A continuación se mencionan algunas normas de limpieza agresivas que se podrían implementar:

- Trabajar con proveedores de limpieza en partes específicas de la empresa.
- Educar a los empleados sobre el papel vital que ellos juegan en el control de la contaminación.
- Rediseñar estaciones de trabajo para reforzar limpieza.
- Invertir en nuevos tanques del lavado y otras tecnologías de limpieza avanzadas.
- Mantener tapas y puertas cerradas de las áreas del almacenamiento.

- Usar empaquetado, en lugar del cartón, reduciendo contaminación del papel.
- Desarrollar herramientas especiales para técnicos de servicio, ofreciendo una variedad de herramientas y equipos.
- Contratar consultores de control de la contaminación. Designar a expertos de control de contaminación que estén disponibles para identificar áreas de problema potenciales, y que puedan recomendar soluciones, definir un plan de mejora y perfilar un proceso para rastrear aplicación y medir éxito.
- Mantenga pautas de limpieza

Se puede desarrollar y distribuir un juego de pautas de control de contaminación comprendiendo una publicación que incluya normas, cada una con cuadros y las descripciones breves de exactamente lo que constituye una buena, aceptable y no-recomendable práctica. Las pautas les dan un panorama más claro para mejora.

Capacitación Activa: Se puede implementar un programa de capacitación en curso para todo el personal del taller, tal como se observa en la figura 3.1. El programa puede incluir todos los componentes de un programa completo de control de contaminación. Se requiere capacitación en el aula de clase y en la obra misma para asegurar que los participantes estén completamente familiarizados con todos los procesos y procedimientos de un programa exitoso de control de contaminación. La capacitación sobre el Control de Contaminación debe ser una parte integral de la capacitación del técnico. Dicha capacitación debe ser continua para que, mientras que los empleados sean ascendidos, cambien de puestos, se contraten nuevos empleados o se inicien nuevos procedimientos, se mantengan las normas del control de contaminación. Además es importante mantener registros de la capacitación.



Figura 3.1 Capacitación activa

3.2 TRABAJOS A REALIZAR POR AREA DE SERVICIO

A continuación se muestran los trabajos a implementarse para evitar la contaminación, de acuerdo a la necesidad del área de servicio del taller:

AREA DE LAVADO

Situación real: No existe procedimientos para lavado de maquinas y componentes que ingresan al taller.

Se recomienda: Procedimientos existentes para lavado de todos los vehículos y componentes antes de que ingresen al taller, como se observa en la figura 3.2.



Figura 3.2 Situación recomendada: Procedimiento de lavado de vehículos

Situación real: No hay pozo de sedimentación o drenaje. Esto significa que el lodo no tiene cómo escapar, por lo cual la maquina debe moverse por el lodo para llegar al taller.

Se recomienda: Sistema de separación de aceite y lodo (del agua de lavado), como indica en la figura 3.3.



Figura 3.3 Situación Recomendada: Sistema de separación de aceite y lodo.

AREA DE RECEPCION DE VEHICULO

Situación real: No hay falda de hormigón a la entrada del taller.

Se recomienda: Falda de hormigón a la entrada del taller (figura 3.4)



Figura 3.4 Situación recomendada: Falda de hormigón en la entrada al taller

Debe haber un proceso existente de limpieza regular de la falda para quitar toda suciedad y escombros que se hayan acumulado.

AREA EXTERIOR DEL TALLER

Situación real: No hay puertas en los talleres.

Se recomienda: Se recomiendan puertas para el taller (figura 3.5)



Figura 3.5 Situación actual: Puertas para el taller.

El viento y las tormentas de polvo pueden depositar grandes cantidades de polvo en los trabajos de reparación, por lo cual se requieren puertas de una buena clasificación.

AREA INTERIOR DEL TALLER

Situación real: Los pisos no se encuentran sellados

Se recomienda: Los pisos sellados



Figura 3.6 Situación recomendada: Pisos sellados

Mantener los pisos sellados permite tener la capacidad para prevenir la penetración del aceite y otros líquidos en el hormigón, como se ve en la figura 3.6.

AREA DE HERRAMIENTAS

Situación real: Las áreas designadas no están correctamente marcadas, o las marcas están desgastadas

Se recomienda: Pasarelas/áreas de seguridad/áreas de almacenamiento marcadas y mantenidas libres de obstáculos.



Figura 3.7 Situación recomendada: Áreas de seguridad

Las pasarelas/áreas de seguridad deben estar correctamente marcadas con líneas de seguridad, y mantenerlas libres de obstáculos, como se ve en la figura 3.7.

Situación real: Componentes almacenados sobre el piso. Esto crea una situación potencialmente insegura, y se podría dañar el componente.

Se recomienda: Las tarimas dedicadas, construidas para ser utilizadas como soporte para componentes mayores en los cuales se trabaja con frecuencia



Figura 3.8 Situación recomendada: Tarimas componentes mayores

Las tarimas construidas para soporte se deben utilizar para componentes mayores tales como motores, transmisiones, mandos finales y diferenciales, etc., con los cuales se trabaja a menudo, como se ve en la figura 3.8.

Situación real: Componentes grandes soportados con peligro.

Se recomienda: Utilizar bloques de madera para soportar los componentes grandes



Figura 3.9 Situación recomendada: Soportes componentes grandes

Las paletas de madera son aceptables en algunas instancias en las cuales las tarimas dedicadas de soporte no están disponibles. Éstas, por lo menos, evitan que los componentes descansen sobre el piso, y facilitan el transporte y la limpieza del piso, como se ve en la figura 3.9.

Situación real: Banco de trabajo sin tapa protectora y sin mantenimiento diario de limpieza.

Se recomienda: Los bancos designados de montaje están cubiertos con superficies protectoras, como se ve en la figura 3.10.



Figura 3.10 Situación recomendada: Protección en bancos de montaje

Los bancos de montaje designados deben estar cubiertos con plástico duradero o esteras de caucho para proteger las piezas sensibles. Estos bancos de montaje se deben limpiar por lo menos diariamente.

Situación real: No hay separador de agua ni filtro en el abastecimiento de aire.

Se recomienda: Tubería de abastecimiento de aire provee aire limpio y seco, como se observa en la figura 3.11



Figura 3.11 Situación recomendada: Abastecimiento de aire

Sistema de abastecimiento de aire con separador central de agua y filtros en los puntos de surtido.

Situación real: No existen tarimas para disolventes filtrados. Los componentes son desarmados en medio de la suciedad.

Se recomienda: Tarimas para disolventes filtrados para cumplir con ISO 16/13



Figura 3.12 Situación recomendada: Uso de disolvente

El filtro de tierra diatomácea quita el aceite del disolvente. El filtro de bolsa, sujetado al dispositivo de vaciado, quita las partículas más grandes para que el filtro de 4 micrones dure más y realice una función más eficaz para quitar las partículas más pequeñas, como se ve en la figura 3.12.

Situación real: No hay filtro final, ni procedimiento de filtrado de aceite.

Se recomienda: Las tuberías de abastecimiento de aceite en el taller deben estar equipadas con filtro final y el aceite entregado cumplir con el objetivo de limpieza de ISO 16/13, como se aprecia en la figura 3.13.



Figura 3.13 Situación recomendada: Abastecimiento de aceite

El aceite se debe comprobar regularmente con conteo de partículas para asegurar su cumplimiento.

Situación real: Esmerilador de tarima en cuarto limpio o áreas críticas del taller.

Se recomienda: No hay esmeriladores cerca de las áreas de montaje, como se ve en la figura 3.14.



Figura 3.14 Situación recomendada: Ubicación de esmeriladora

Los esmeriladores en tarima se deben colocar en áreas específicas en el taller para la conveniencia del técnico.

Situación real: No se usan tapas – hay trapos que se han introducido en los agujeros, o se ha utilizado cinta para cerrar las tuberías abiertas de aceite, lumbreras, etc.

Se recomienda: Se deben utilizar tapones y tapas de plástico o metal. Todos los extremos de las mangueras/tuberías deben estar correctamente tapados, como se aprecia en la figura 3.15.



Figura 3.15 Situación recomendada: Tapones para mangueras

AREA DE BODEGA INSUMOS

Situación real: Componentes críticos no están cubiertos y ni protegidos contra la oxidación.

Se recomienda: Se debe usar tapas protectoras en componentes críticos. Componentes críticos deben estar protegidos contra la oxidación con envoltorio de plástico, como se ve en la figura 3.16.



Figura 3.16 Situación recomendada: Protección componentes críticos

Los cigüeñales, árboles de levas, bombas, etc. están individualmente protegidos contra la oxidación, envueltos y almacenados en un área protegida para evitar daños.

Situación real: No hay tapa protectora o envoltura en las piezas almacenadas.

Se recomienda: Los componentes que esperan para ser armados deben estar cubiertos con plástico y protegidos contra la oxidación, como se observa en la figura 3.17.



Figura 3.17 Situación recomendada: Protección componentes por armar

Los componentes deben estar almacenados en un envase estructuralmente resistente y limpio, y estar envueltos en plástico; todos los extremos de las mangueras y tubos deben estar taponados.

Situación real: No hay tapa o envoltorio en las piezas que están esperando para ser montados.

Se recomienda: Las nuevas piezas/componentes se guardan en el paquete original hasta estar listos para ser montados, como se ve en la figura 3.18.



Figura 3.18 Situación recomendada: Protección de nuevas piezas

Esto provee la mejor protección contra la instalación de una pieza o componente contaminado.

PRACTICAS DEL TALLER

Situación real: Aceite residual quitado del taller con cubos, barriles u otros envases abiertos.

Se recomienda: Métodos aprobados de almacenamiento y disposición de aceites usados. Aceite residual quitado del taller con sistema de bomba de aspiración o con carro de aspiración, como se ve en la figura 3.19.



Figura 3.19 Situación recomendada: Disposición de aceite usado

Situación real: Los vertidos de aceite no se limpian dentro de una hora, y/o se utiliza aserrín u otro material granular para absorber el aceite vertido.

Se recomienda: Métodos y lo oportuno de la limpieza de los vertidos de aceite, como se ve en la figura 3.20.



Figura 3.20 Situación recomendada: Método de limpieza de aceite derramado

Los vertidos de aceite se limpian inmediatamente utilizando una aspiradora o material absorbente específicamente diseñado para absorber aceite, y luego una limpieza con agua limpia, preferiblemente caliente.

Situación real: Los pisos no se limpian según se requiere. Los pisos no se limpian diariamente, y se utilizan materiales inapropiados. El uso de materiales granulares no se recomienda para la limpieza de pisos.

Se recomienda: Métodos de limpieza del piso. Se debería utilizar un cepillo y barredora motorizados diariamente, como se ve en la figura 3.21.



Figura 3.21 Situación recomendada: Método de limpieza del piso

La acción de fregado del cepillo motorizado y la aspiradora de la barredora debieran realizar un trabajo más eficaz que la limpieza manual.

3.3. CREACION DE INDICADORES DE CONTROL DE CONTAMINACION

Se trata de estabilizar el funcionamiento de todas las reglas definidas en las etapas precedentes, con un mejoramiento y una evolución de la limpieza, ratificando todo lo que se ha realizado y aprobado anteriormente, con lo cual se hace un balance de esta etapa y se obtiene una reflexión acerca de los elementos encontrados para poder darle una solución, un ejemplo de esta matriz es la tabla 11.

TABLA 11. Matriz de problema/solución por área de servicio

Descripción	Errores mas comunes	Aplicación de recomendación	Resultados	Observaciones	Procedimiento a sugerir
Area de recepción de vehiculos					
Area de lavado					
Area de herramientas					
Area diesel					
Area gasolina					
Area de bodega de insumos					
Area exterior del taller					

Para un continuo control durante el proceso e incrementar la eficiencia del servicio se puede aplicar matrices de control de contaminación

Este procedimiento abarca el área operativa y su duración se prevé de forma indefinida sin embargo debe revisarse de forma constante las matrices para una posterior mejora.

Matriz Recepción de Vehículos

Se propone una matriz que sirva para realizar una planeación de recepción de vehículos, tabla 12:

TABLA 12. Matriz de planeación de recepción de vehículos

Recepción de Vehículos		
Días	Mañana	Tarde
Lunes		
Martes		
Miércoles		
Jueves		
Viernes		
Sábado		

Vehículos

Se propone una matriz mediante la cual el asistente de taller llevará un control de los vehículos ingresados, con esto se logrará que el cliente esté informado del estado del vehículo y la hora en que este será entregado, como se ve en la tabla 13.

TABLA 13. Matriz de control de ingreso de vehiculos

Control de Vehículos				
Urgente	En espera-repuestos	En espera taller anexo	Para entrega	Entrega

Personal

Se propone una matriz mediante la cual se llevará un control de las tareas delegadas a los mecánicos con la finalidad de verificar el tiempo que se estimó para llevar a cabo la reparación, como se ve en la tabla 14.

TABLA 14. Matriz de control de tareas a los mecánicos.

Control de mecánicos						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Mecánico #1						
Mecánico #2						
Mecánico #3						

Además se propone los siguientes formatos para mayor control:

TABLA DE REGISTRO No. 15
HOJA DE REGISTRO DE DATOS DEL VEHÍCULO

FechaHora

Marca del vehículoCombustible.....

Propietario.....

ACCESORIOS DEL VEHÍCULO	Completo	Incompleto
Parabrisas		
Plumas		
Faros		
Guías		
Retrovisores		
Llantas y emergencia		
Gatos elevadores		
Llave de rueda		
Radio		
Retrovisor interior		
Otros		

Representante

Cliente

TABLA DE REGISTRO No. 16
HOJA DE REVISION Y DIAGNOSTICO DEL DAÑO VEHÍCULAR

FechaHora

Marca del vehículoCombustible.....

Propietario.....

TIPO DE REPARACIONES	Observaciones
Motor	
Caja de cambios	
Suspensión	
Frenos	
Transmisión	
Cambio de rulimán y disco de embrague	
Cambio de terminales de dirección	
Reparación de motor de arranque	
Reparación de alternador	
Chequear luces	

Responsable

TABLA DE REGISTRO No. 17

ORDEN DE TRABAJO

FechaHora

Marca del vehículoCombustible.....

No. De placa

PropietarioFecha de entrega.....

TIPO DE REPARACIONES	Observaciones
Motor	
Caja de cambios	
Suspensión	
Frenos	
Transmisión	
Cambio de rulimán y disco de embrague	
Cambio de terminales de dirección	
Reparación de motor de arranque	
Reparación de alternador	
Chequear luces	

Responsable

TABLA DE REGISTRO No. 18

HOJA DE RESULTADOS

Tipo de vehículo.....Combustible.....

No. De placa.....

Kilometraje.....

Observaciones

Una vez concluido el trabajo de reparación y mantenimiento el vehículo fue sometido a las siguientes pruebas:

Cuyo objetivo es garantizar la reparación del vehículo.

Próximo mantenimiento.....Km

Responsable

CAPITULO 4

4. IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CONTROL DE CONTAMINACION

4.1 PLAN DE ACCION

En la tabla 19 se presenta el cronograma de capacitación con los componentes claves en la implementación de los controles:

TABLA 19. Plan de capacitación por áreas de servicio

Componentes Claves	Fecha Inicio	Fecha Terminación	Responsable	AREA
Procedimiento lavado de maquinaria y componentes	04/06/2011	08/06/2011	Jefe de área	Lavado
Sistema de separación de aceite y lodo	11/06/2011	25/06/2011	Jefe de área	Lavado
Procedimiento en las tarimas de soporte	18/06/2011	22/06/2011	Jefe de área	Herramientas
Procedimiento en el soporte de componentes grandes	25/06/2011	29/06/2011	Jefe de área	Herramientas
Procedimiento en las cubiertas de los bancos de montaje	02/07/2011	06/07/2011	Jefe de área	Herramienta
Procedimiento con esmerilador de tarima	09/07/2011	13/07/2011	Jefe de área	Herramientas
Uso de tapas, tapones envolturas para mangueras, componentes	16/07/2011	20/07/2011	Jefe de área	Herramientas
Métodos de almacenamiento y disposición de aceites usados	23/07/2011	27/07/2011	Jefe de área	Mecánicos
Métodos de limpieza de vertidos de aceite	30/07/2011	03/08/2011	Jefe de área	Mecánicos
Métodos de limpieza de pisos	06/08/2011	10/08/2011	Jefe de área	Área general del taller

El propósito de la implementación de la capacitación es el primer paso, constituyendo para los empleados en una guía de referencia. Todas estas áreas serán monitoreadas en los próximos seis meses para medir el desempeño y luego se hará un seguimiento cada trimestre. En la tabla 20 se encuentra el formato para medir el cumplimiento.

TABLA 20. Medición de cumplimiento de desempeño

.Descripción	% Cumplimiento
Procedimiento lavado de maquinaria y componentes	
Sistema de separación de aceite y lodo	
Procedimiento en las tarimas de soporte	
Procedimiento en el soporte de componentes grandes	
Procedimiento en las cubiertas de los bancos de montaje	
Procedimiento con esmerilador de tarima	
Uso de tapas, tapones envolturas para mangueras, componentes críticos, piezas almacenas y piezas	
Métodos de almacenamiento y disp. de aceites usados.	
Métodos de limpieza de vertidos de aceite	
Métodos de limpieza de pisos	

4.2 ADQUISICION DE HERRAMIENTAS DE CONTROL DE CONTAMINACION

Para el programa de control de contaminación es necesaria la adquisición de nuevas herramientas y la realización de mejoras dentro y fuera del taller, las mismas que se describen en la tabla 21.

TABLA 21. Inversión en mejoras dentro y fuera del taller

Herramientas	Presupuesto	Área
Sistema de abastecimiento de aire con separador central de agua y filtros	\$ 15.500,00	Área general del taller
Tarima para disolventes filtrados	\$ 10.000,00	Mecánicos
Tuberías de abastecimiento de aceite con filtro final	\$ 7.000,00	Mecánicos
Falda de hormigón en la entrada del taller	\$ 20.000,00	Área general
Puertas para el taller	\$ 5.000,00	Exterior del taller
Sellada de pisos en el interior del taller	\$ 10.000,00	Interior del taller
Marcar pasarelas y áreas de almacenamiento	\$ 3.000,00	Área general del taller
Total	\$ 70.500,00	

4.3 ANALISIS DE COSTOS/BENEFICIOS

4.3.1 Inversión inicial

La compra de herramientas, equipos y las mejoras del taller para controlar la contaminación en los procesos de trabajo está considerada como la inversión inicial y su valor es de \$70.500,00. El programa de capacitación está valorado por \$400 por día, al contarse 10 semanas de cinco días cada una, son \$20.000,00.

Entonces tenemos que el total de la Inversión es de \$ 90.500,00.

4.3.2 Beneficios

Además de mejorar radicalmente la satisfacción de los clientes, optimizando el tiempo en los procesos y el servicio de mantenimiento y reparación, la propuesta tiene como meta el ahorro como se observa en la tabla 22.

Tabla 22: Ahorro al implementar programa de control de contaminación

Items	Gasto anual	% Disminución ó Incremento	Ahorro
Disminución de Garantías	\$ 48.000	50%	\$ 24.000
Incremento en costo mano de obra (de \$30 a \$35)	\$ 1.080.000	17%	\$ 183.600
Incremento en ventas de mano de obra	\$ 1.080.000	10%	\$ 108.000
		Total	\$ 315.600

4.3.3. Costo – beneficio

Para que la propuesta sea adecuada a las necesidades de la empresa, el coeficiente de beneficio – costo debe ser mayor que 1, este coeficiente se lo calcula dividiendo los beneficios obtenidos que son los ahorros esperados para los costos totales de la inversión y se tiene que:

$$X = \text{Beneficio} / \text{Costo}$$

$$X = 315.600,00 / 90.500,00$$

$$X = 3,48$$

La propuesta se sustenta en que el beneficio a obtener es mayor que el costo ya que el coeficiente de costo-beneficio es mayor que 1 en \$2,48 lo que indica que por cada dólar que invierte la empresa, ésta obtendrá \$3,48.

4.4 PROCESOS DE CONTROL DE CONTAMINACION

Al iniciar acciones para minimizar los riesgos de contaminación, generalmente se plantea como primera actuación el cambio técnico de los procesos: sustitución de materiales, modificación de equipos o diseño de nuevos productos. Pero también se debe reflexionar sobre la posibilidad de reducir el impacto ambiental negativo a través de cambios en la organización de los procesos y las actividades.

Las Buenas Prácticas son útiles tanto por su simplicidad y bajo costos como por los rápidos y sorprendentes resultados que se obtienen. Requieren,

sobre todo, cambios en la actitud de las personas y en la organización de las operaciones.

Al necesitar una baja inversión su rentabilidad es alta y, al no afectar a los procesos, son bien aceptadas.

4.4.1 Recepción y almacenamiento de materiales, piezas y repuestos

4.4.1.1 Recepción

Conviene revisar los materiales y productos recibidos antes del almacenamiento, y asegurarse de su buen estado. Es recomendable establecer controles de calidad en la recepción de materiales.

4.4.1.2 Almacenamiento

Es conveniente aprovechar el espacio de almacenamiento con la instalación racional, ordenada y sistemática de estanterías. Se aconseja hacer una relación de los productos químicos utilizados y separarlos adecuadamente en el almacén, esta relación debería incluir: abrasivos (pastas para pulir, pastas acabados de superficies), químicos (adhesivos,

productos limpiadores, pinturas, resinas, endurecedores, selladores, anticongelantes, barnices, otros), líquidos hidráulicos/hidrocarburos (aceites hidráulicos, líquidos de freno, grasas, carburantes, disolventes).

Los productos químicos deben estar almacenados de acuerdo a su carácter ácido-básico, de esta forma se evitan reacciones químicas no deseadas en caso de derrames accidentales. Los bidones de productos químicos y tanques tienen que estar herméticamente cerrados para evitar fugas al suelo por derrames, y a la atmósfera por evaporación.

Un método de control de la contaminación en origen consiste en realizar revisiones periódicas de la integridad de los tanques de almacenamiento de combustible líquido; otro método, compatible con el anterior, es disponer bandejas de derrame que eviten la contaminación del suelo en el trasiego de combustible.

Las revisiones periódicas de los manómetros de los tanques de almacenamiento gases para soldadura (oxígeno, argón,

nitrógeno, CO₂, etc.) pone de manifiesto su integridad y evita pérdidas en las instalaciones.

Conviene establecer un procedimiento en materia de detección, contención y saneamiento de escapes de sustancias almacenadas. El almacenamiento y etiquetado correcto de las sustancias peligrosas que se manejan en la empresa evitan contaminación y accidentes de los trabajadores.

4.4.1.3 Materias primas, piezas y repuestos

Se aconseja extremar el cuidado con los productos químicos en cuya etiqueta se advierte que no deben entrar en contacto con la piel del usuario. El manejo de tales productos puede originar riesgos sanitarios y es posible que desprendan gases u ocasionen subproductos peligrosos.

En cuanto al material de acero o plástico (por ejemplo, piezas de carrocería), chapas, tubos y perfiles que tras su colocación deban pintarse, conviene evitar su

almacenamiento a la intemperie. Estas acciones redundan en una menor contaminación debido a que evitan tratamientos adicionales en las piezas.

A mejor calidad del aceite lubricante, mejor funcionamiento y rendimiento del vehículo, y por consiguiente, menor gasto de combustible. Es aconsejable evitar la compra de aceites lubricantes de baja calidad.

4.4.2 Reparaciones, revisiones mecánicas, chapa y pintura

4.4.2.1 Diagnóstico

Un buen diagnóstico de la avería del vehículo evitará horas de trabajo y cambios innecesarios de piezas, así como derrames de aceites, etc. En los diagnósticos se aconseja extraer los gases de escape y disponer de sistemas de filtrado para reducir la contaminación atmosférica, y minimizar el impacto acústico.

4.4.2.2 Reparaciones

Al desmontar las piezas o partes del motor, debe ponerse cuidado en recoger de manera segregada los aceites y demás fluidos refrigerantes que existan.

Conviene retirar de forma segregada las piezas de carrocería a sustituir; muchas de ellas se pueden reciclar, por ejemplo chapas, piezas de plástico, cristales, etc. Se trata de una acción tendente a minimizar los residuos.

Los equipos de trabajo que evitan o reducen los niveles sonoros al realizar impactos mecánicos mejoran las condiciones de trabajo y reducen contaminación.

Es recomendable disponer de sistemas de extracción de humos y polvos con filtrado (principalmente húmedos) en las operaciones de amolados/cepillados. Dichos polvos son residuos peligrosos pues arrastran partículas de pintura, que impactan negativamente.

Si se realizan cortes (por ejemplo con sierra mecánica) es muy aconsejable la recirculación de las taladrinas empleadas y la vigilancia de los posibles derrames. Las

taladrinas usadas son un residuo peligroso, altamente contaminante para el medio ambiente.

4.4.2.3 Formación

Se puede evitar la generación de residuos, por deterioro de piezas, elaborando instrucciones de montaje adecuadas y formando en ellas a los trabajadores.

4.4.2.4 Residuos

Uno de los residuos peligrosos más importante en la reparación y revisión de vehículos es el que se produce en el cambio de aceites hidráulicos y grasas de maquinaria que pierden sus propiedades de uso. Su vertido contamina el suelo, por ello es conveniente mantener limpio el puesto de trabajo.

4.4.2.5 Limpieza

En la limpieza de los motores deben recogerse todos los posibles derrames de lodos con disolventes o combustible y tratarlos como residuos peligrosos. Se recomienda instalar un sistema de retención del agua residual generada en la operación de limpieza de vehículos.

4.4.2.6 Desengrase

Es muy aconsejable filtrar las emisiones atmosféricas de compuestos orgánicos volátiles procedentes de disolventes; se evitan riegos para la salud de los trabajadores y contaminación. Conviene reutilizar los disolventes cuando sus condiciones y su composición lo permitan.

Para minimizar el volumen de disolventes agotados utilizados en la eliminación de aceites y grasas y conseguir al mismo tiempo un ahorro de materia prima, puede recurrirse a la instalación de un sistema de destilación para recuperación de disolventes agotados. De esta manera, sólo queda como residuo un fondo de destilación que debe tratarse como residuo peligroso.

4.4.2.7 Cambios de líquidos

Si se extreman las precauciones al rellenar los niveles de aceites y otros líquidos de los vehículos, se reduce el riesgo de derrames, que deterioran el suelo y cuya limpieza puede dar origen a la contaminación de las aguas.

Es muy conveniente la instalación de sistemas de mezclado con dosificación mecánica, de este modo se evita el empleo de mayores cantidades de materia prima en la preparación de disoluciones.

4.4.2.8 Filtros y baterías

Los filtros obstruidos provocan un mayor consumo de energía, por ello se debe mantener siempre limpio el filtro de combustible. Estos elementos (filtros de aceite, de combustible, de aire) deben gestionarse como residuos peligrosos.

Las baterías usadas son residuos peligrosos. Los gestores autorizados para su gestión pueden recuperar gran parte de las mismas (plástico y plomo) y dar el tratamiento adecuado a los ácidos agotados.

4.4.2.9 Aceites

Gestionar adecuadamente el aceite usado con los procedimientos actuales de reciclado permite obtener por cada litro de aceite 625 ml. de lubricante nuevo (más de un 60%) con notable ahorro de energía

Una buena práctica consiste en evitar los derrames de aceite o sustancias lubricantes. En el caso de que se produzcan no deben limpiarse con agua, sino con material absorbente. Debe tenerse en cuenta que los textiles y cartones que han estado en contacto con aceites y grasas usadas son residuos peligrosos; por ello debe disponerse de contenedores para su recogida y posterior gestión.

4.4.2.10 Residuos

Los envases vacíos, ya sean de pinturas, desengrasantes, aditivos, gaseosas o de residuos impregnados de estas sustancias, deben clasificarse como residuos peligrosos, ya

que han contenido sustancias contempladas como peligrosas o bien han estado en contacto con ellas.

Conviene almacenar los residuos peligrosos en áreas cubiertas con suelo impermeabilizado, utilizar contenedores herméticos y evitar las mezclas de residuos que incrementan su peligrosidad.

Las zonas de almacenamiento de residuos peligrosos deben ubicarse lejos de arquetas, canaletas, sumideros o cualquier otro elemento del sistema de evacuación de aguas. De esta forma se evita que los derrames accidentales contaminen el agua.

Estos residuos no deben quedar a la intemperie, ya que el agua de lluvia arrastraría las sustancias peligrosas que contienen, contaminando el suelo y las aguas superficiales.

Los aceites usados, grasas, lubricantes y combustibles no deben ser nunca vertidos ni a la red de pluviales, ni a la de aguas negras de los talleres. Se deben acondicionar

tanques para su recogida ya que se trata de residuos peligrosos.

4.4.3 Entrega del vehículo

Es una buena práctica informar a los clientes de las acciones ambientales. Mostrarles las piezas cambiadas y explicarles el destino que se les va a dar ayuda al medio ambiente y mejora la imagen de la empresa.

Conviene que los productos de limpieza de vehículos que se facilitan al cliente sean biodegradables. Deberían seleccionarse aquellos que produzcan un menor impacto ambiental (libres de fosfatos, por ejemplo).

4.4.3.1 Comunicación a los clientes

Las mejores prácticas se basan en la prevención. Conviene informar a los clientes que vigilando el consumo de combustible del vehículo, al detectar un aumento repentino, se puede reparar el fallo rápidamente; cuando se reparan

estas averías se disminuye el consumo de gasolina con la consecuente mejora de la gestión de recursos naturales.

La manera más fácil de lograr un consumo de combustible eficaz es mantener el vehículo atendido. Se contribuye a la mejora ambiental si se concientiza al cliente de la importancia de cumplir los plazos de revisión establecidos por el fabricante y de vigilar la aparición de las primeras señales de avería. Un vehículo bien arreglado usa hasta el 9% menos de gasolina, lo que supone, entre otros beneficios, un 9% menos de emisiones a la atmósfera.

Informar a los clientes de los impactos ambientales generados en las operaciones de mantenimiento y reparación evita que realicen dichas operaciones.

4.5 ANALISIS DE RESULTADOS

Específicamente, el impacto de un exhaustivo programa de Control de contaminación, en combinación con la capacitación de los operadores, está:

- Beneficios cuantificados como el 47 por ciento de mejoramiento del tiempo medio entre tareas de mantenimiento, una reducción de 62 por ciento en el trabajo no programado.

Desde el comienzo del programa, la vida útil de los componentes principales ha mejorado en un intervalo de 17,8 por ciento a 30,8 por ciento, y la tendencia se mantiene. Más importante aun la empresa ha usado el programa de control de contaminación como un trampolín hacia una nueva cultura en el sitio, lo que ha dado como resultado una reducción del 50 por ciento en incidentes de seguridad en el taller de camiones, el de neumáticos y otras áreas de mantenimiento. Por medio del programa se impartió capacitación extensiva, se eliminaron las técnicas de trabajo improvisadas, se aplicaron cambios en las tareas de limpieza y se comenzó a prestar una especial atención a los detalles en todas las prácticas laborales.

Recientemente, se ha alcanzado un mes de trabajo sin lesiones con pérdida de productividad. Desde la implementación del programa de control de contaminación, también se ha notado una tendencia a disminuir la ocurrencia de otros problemas, tales como percances y daños a la planta y a los equipos.

El Taller logró estos impresionantes resultados incorporando el programa de control de la contaminación, pero lo más importante es el cambio de cultura.

4.5.1 Cambio de cultura

“Para alcanzar nuestros objetivos estratégicos de mantenimiento, se tuvo que modificar la cultura”, declaró el supervisor general del taller. “Modificar la cultura fue el desafío más grande. Se necesitó tiempo, esfuerzo y recursos, pero lo logramos por medio de capacitación y dirección. Nuestros capacitadores en mantenimiento entrenaron en el sitio a todo nuestro personal de mantenimiento en procedimientos de control de contaminación”. “Todos en el sitio invirtieron el tiempo, dinero y esfuerzo necesarios para que el programa fuera implementado satisfactoriamente”, agregó

“Creemos que ahora es un placer trabajar en el taller. Una moral mejorada tiene un efecto positivo en la calidad del trabajo. Hemos observado una disminución en el trabajo que necesita ser hecho nuevamente”, agregó el funcionario.

“Todos los empleados entienden claramente los beneficios del programa, y todos trabajan con el objetivo de mantener los altos estándares que hemos alcanzado”, afirmó el supervisor. “Desde el taller surgen permanentemente sólidas muestras de interés en el mejoramiento”.

Los directivos subrayan que siempre se necesita apoyo en todos los niveles a fin de consolidar el programa de control de la contaminación.

“Debido al desafío que significa implementar cambios, se debe brindar apoyo desde los más altos niveles hasta los más bajos”, agregó. “El apoyo del gerente general del taller, fue fundamental para que esto funcionara”. Por ello se aplicó el programa de control de contaminación, supervisando cuidadosamente las condiciones y empleando técnicas adecuadas de operación.

El programa de mejoramiento del mantenimiento de equipos del taller ya está dando beneficios y seguirá haciéndolo. La implementación de un programa de control de la contaminación ha impulsado el cambio de cultura y el cuidado de los pequeños detalles (algunos tan

pequeños que escapan al ojo humano), lo cual ayuda a obtener grandes beneficios.

CAPITULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las medidas que se pueden adoptar para controlar la contaminación van desde acciones directas, tales como buenas tareas de limpieza, hasta las menos comunes, como el conteo de partículas. Los procedimientos básicos se centran en instalaciones limpias, componentes limpios, procesos limpios y fluidos limpios.

5.1 Limpieza.

Un taller limpio implica menos suciedad, polvo y arenilla que se introducirán en los componentes o que serán transferidos allí. Limpiar los pisos con

frecuencia, limpiar inmediatamente los derrames, mantener los espacios de trabajo libres de residuos y limitar el uso del suelo como lugar de almacenamiento. Para secar derrames de fluidos, usar paños absorbentes en lugar de partículas absorbentes, ya que estas generan partículas que el aire puede transportar. Lavar minuciosamente los equipos pesados y de gran tamaño antes de que ingresen al taller.

5.2 Manipulación y almacenamiento adecuados de piezas.

Mantener los componentes embalados hasta que estén listos para ser instalados y almacenarlos en un lugar limpio y seco. Volver a almacenar las piezas con su embalaje original. Proteger los componentes en el área de ensamblaje o mantenimiento y límpielos adecuadamente antes de armarlos.

5.3 Transferencia y almacenamiento de aceite.

Instalar dispositivos desecantes en los tanques de almacenamiento de aceite y de combustible diesel para evitar el ingreso de polvo y agua. Utilizar cubiertas para tambor a fin de evitar la entrada de polvo y agua por alrededor del tapón. Filtrar el aceite con un sistema portátil de transferencia y filtrado. También filtrar el combustible antes de llenar el tanque de la máquina. Cuando se

realice tareas de mantenimiento en los vehículos, usar un sistema de filtro portátil para eliminar los contaminantes de los fluidos.

5.4 Cambio de filtro.

Respetar siempre las frecuencias de cambio de filtros y aceite. Retirar cuidadosamente los filtros usados para asegurarse de que los contaminantes no vuelvan a ingresar al sistema. Mantener el filtro nuevo en su embalaje original hasta que esté listo para ser instalado. Inspeccionar los filtros usados en busca de partículas metálicas u otros indicadores de problemas. Se recomienda que siempre que se repare cualquier sistema se instalen filtros de alto rendimiento y se haga un filtrado por circuito de purificación (tipo riñón).

5.5 Operación y mantenimiento.

Asegurarse de inspeccionar a diario los equipos en busca de pérdidas y reparar inmediatamente las que se encuentren. Mantener adecuadamente las válvulas refrigerantes y de descarga de aceite. Cuando las condiciones lo justifiquen, utilizar protectores de varillas. Controlar la temperatura de los sistemas y prestar atención a las alarmas cuando se utilicen los equipos.

5.6 Conteo de partículas.

El ojo humano es incapaz de percibir la mayor parte de la tierra que daña los sistemas de los vehículos (y no se necesita mucho para ello). Utilice el conteo de partículas para identificar la cantidad de partículas que se encuentran en una muestra de aceite de un mililitro. Los contadores de partículas manejan un intervalo amplio de tamaños, desde 4 micrones hasta más de 70 micrones.

Los empleados del taller trabajaron en conjunto para implementar totalmente el programa de control de contaminación, partiendo de la filosofía de que manejar efectivamente la limpieza de fluidos es la única y mejor oportunidad para aumentar la vida útil de los componentes y reducir los costos operativos.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Revista: Hydraulics & Pneumatics; Junio 1998
- 2.- Guía de administración de sistemas hidráulicos, Caterpillar, Mayo 2003
- 3.- Caterpillar Contamination Control Review, Training exercise, Junio 2011.
- 4.- Inspecciones de Control de Contaminación a Clientes, Félix Reyes, 2009, 2010.
- 5.- <http://cadcamcae.wordpress.com/2008/11/17/%C2%BFque-es-el-desgaste/>, Definición y tipos de desgastes, 2011.
- 6.- Boletín mensual sobre lubricación y mantenimiento. www.wearcheckiberica.es. No. 3, Abril 2004.
- 7.- Folleto de reparaciones de tarifa fija, Tren de Impulsión e Hidráulica, IIASA, 2010.