



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

**“Mejoramiento de la Productividad de un Taller Mecánico de
Reparación de Motores de Combustión Interna utilizando
Herramientas de Mejora Continua”**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del Título de

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Luis Gabriel Alejandro Palma

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2013

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de esta Tesis de Grado y especialmente al Ing. Víctor Guadalupe Director de Tesis, por su invaluable ayuda.

DEDICATORIA

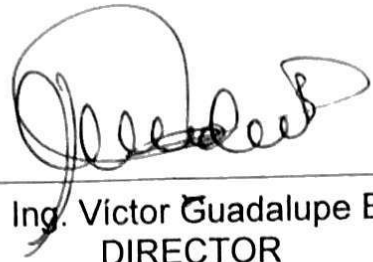
A MIS PADRES

A MIS FAMILIARES

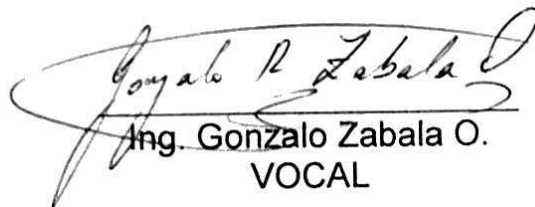
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Dr. Kleber Barcia V., Ph.D.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Víctor Guadalupe E.
DIRECTOR



Ing. Gonzalo Zabala O.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Luis Gabriel Alejandro Palma

RESUMEN

El desarrollo de la presente tesis, ha sido elaborada en las instalaciones de un taller mecánico de reparación de motores de combustión interna, el cual se denomina Taller R.G.M. se encuentra ubicado en el norte de la ciudad de Guayaquil. Comenzó su actividad comercial el 15 de noviembre de 1971, dedicándose a la prestación de servicios en cuanto tiene relación al mantenimiento y reparación de todo tipo motores de vehículos. En el año de 1984, entra en una etapa de auge en relación a importaciones; ya que se vio en la necesidad de no solamente brindar servicios sino vender el producto, como son los repuestos automotrices, para finalizar la obra eficazmente. Desde ese entonces ha venido sufriendo transformaciones necesarias para suplir la necesidad de los clientes debido al desarrollo de nuevas tecnologías.

Sin embargo debido al crecimiento de las actividades de la empresa, y a pesar de contar con una buena infraestructura y con la cantidad de equipos necesarios para realizar las reparaciones, se descuida un factor importante que hace referencia a la calidad, ya que con el afán de cubrir las cantidades de reparaciones solicitadas no se cubrían los programas de mantenimiento de los equipos del taller, provocando deterioros acelerados y por ende paros no planeados de los mismos debido a fallas eléctricas o averías mecánicas, e incluso el incumplimiento del plazo de entrega de la reparación de un motor. Además con la adquisición de un nuevo reto acerca de proveer los repuestos

utilizados en las reparaciones, la elaboración de los presupuestos tardaban demasiado, y por ende la aprobación del mismo, lo que producía una inconformidad en los clientes.

Para remediar estas dos situaciones se decidió realizar un estudio que permitiese implementar herramientas de mejora continua, con la finalidad de solucionar las inconvenientes con los clientes, y por ende mejorar la productividad del taller que se encontraba siendo afectada. Un camino es implantar metodologías de mantenimiento, dentro de lo cual se encuentra el Mantenimiento Autónomo el cual es un pilar fundamental del Mantenimiento Productivo Total en la organización. Dicha metodología se basa en el entrenamiento de los operadores de maquinas herramientas, preparando documentos necesarios para ejecutar limpieza, lubricación, aprietes y estandarización de tareas que conlleven a mantener el buen estado de los equipos utilizados en la reparación de un motor, debido a la alta importancia que posee la disponibilidad de los mismos. Con la capacitación del personal tanto en mecánica general como en el mantenimiento autónomo se realizó la familiarización de los operadores con sus equipos, aprendieron a conocer la estructura interna de los mismos, su funcionamiento, problemas que pueden presentarse en su operación, perjuicios que causa el depósito de polvo y la limpieza incorrecta, falta de apriete en tornillos o pernos flojos, como también los problemas que se presentan con la falta de lubricación.

Además, con la finalidad de complementar la mejora del servicio de la reparación de motores, se implementó un servicio de reparación con presupuesto fijo, lo cual ahorra tiempo de aprobación, dando lugar a una inmediata reparación, el cliente puede conocer el valor de la reparación en poco tiempo, y ya no esperar hasta la elaboración del mismo, esto ayudó a reestructurar las funciones del personal técnico y administrativo, se concientizó al personal con respecto a la importancia de las implementaciones realizadas.

En el resultado final del proceso los operarios con los conocimientos adquiridos conocen la forma de eliminar el polvo y suciedad de las máquinas para evitar el desgaste prematuro de las partes móviles de los equipos, extendiendo su vida útil y disminuyendo el tiempo de paros no planeados. Conoce los métodos de lubricación, la cantidad y frecuencia con que se deben realizar este tipo de tareas, minimizando las probabilidades de perder tiempo por averías, contribuyendo al mejoramiento de la productividad del taller, evitando los reprocesos que eran frecuentes antes de la implementación, reduciendo los costos de producción enfocándose en las áreas críticas mediante el desarrollo de estudios y diseño de planes de mejora basados en la metodología del mantenimiento autónomo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	V
ABREVIATURAS.....	VIII
SIMBOLOGÍA.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	.XII
INTRODUCCIÓN.....	1
 CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES.....	4
1.1. Objetivos Generales y Específicos.....	6
1.2. Justificación de la Tesis.....	6
1.3. Alcance de la Tesis.....	7
 CAPÍTULO 2	
2. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. Conceptos Importantes.....	10
2.2. Objetivos del Mantenimiento.....	13
2.3. Clases de Mantenimiento.....	14

2.4. Mantenimiento Productivo Total.....	25
2.5. Mantenimiento Autónomo.....	34
2.6. Indicadores de Mantenimiento.....	37
2.7. Motores de Combustión Interna.....	41
2.8. Tipos de Motores de Combustión Interna.....	45
2.9. Sistemas de Lubricación.....	52
2.10. Rectificadoras.....	64
2.11. Herramientas de Diagnóstico.....	70

CAPÍTULO 3

3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	72
3.1 Descripción de la Empresa.....	72
3.2 Descripción del Problema.....	77
3.3 Diagrama de Flujo de las Operaciones.....	81
3.4 Evaluación de los tiempos usados en las operaciones.....	94
3.5 Cálculo de la Eficiencia Global Inicial.....	98

CAPÍTULO 4

4. IMPLEMENTACIÓN DEL “MANTENIMIENTO AUTÓNOMO”.....	101
4.1 Concepto y Objetivos del Mantenimiento Autónomo.....	101
4.2 Desarrollo del Mantenimiento Autónomo paso a paso.....	102
4.3 Puntos Clave para la Implementación Exitosa del Mantenimiento	

Autónomo.....	115
4.4 Resultados Logrados con la Implementación.....	116
4.5 Mejoramiento Técnico del Personal.....	127
4.6 Entrenamiento para conseguir Tiempos Óptimos de Reparación..	132
4.7 Servicios Proyectados con Presupuestos Fijos.....	133
4.8 Auditorías del Mantenimiento Autónomo.....	151

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	156
5.1 Conclusiones.....	156
5.2 Recomendaciones.....	158

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

E	Errores posibles
HP	Caballos de fuerza
h	Horas
Ht	Horas trabajadas
K/S	Factor de confianza – precisión
N.E.	No aplica
N'	Número de observaciones requeridas
N	Observaciones iniciales
Pf	Producción final
P	Productividad
psi	Libras por pulgada al cuadrado
USD	Dólares
USD/h	Dólares por hora
X	Tiempos elementales representativos

SIMBOLOGÍA

,	Coma
/	División
\$	Dólares
=	Igual
$\geq$	Mayor o igual
μ	Medida de la población
x	Multiplicación
()	Paréntesis
%	Porcentaje
$\bar{X}$	Promedio
.	Punto
$\sqrt{}$	Raíz cuadrada
—	Resta
+	Suma
Σ	Sumatoria
$\frac{3}{4}$	Tres cuartos
σ^2	Varianza

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.1.	Metodología de la Tesis.....	7
Figura 2.1.	Ciclo 4 Tiempos.....	44
Figura 2.2.	Disposición de Cilindros.....	44
Figura 2.3.	Motor en línea 4 Cilindros.....	47
Figura 2.4.	Motor en V – 8 Cilindros.....	47
Figura 2.5.	Motor en VR – 2 Cilindros.....	47
Figura 2.6.	Motor Boxer – 4 Cilindros.....	48
Figura 2.7.	Motor en W – 8 Cilindros.....	48
Figura 2.8.	Motores de 2 Tiempos.....	50
Figura 2.9.	Funcionamiento de Motores Wankel.....	52
Figura 2.10.	Lubricación por Salpicadura.....	53
Figura 2.11.	Sistema a Presión.....	54
Figura 2.12.	Cárter Seco.....	55
Figura 2.13.	Bomba de Engranajes.....	56
Figura 2.14.	Bomba de Lóbulos.....	57
Figura 2.15.	Bomba de Paletas.....	55
Figura 2.16.	Manómetro.....	55
Figura 2.17.	Contacto Presión de Aceite.....	59
Figura 2.18.	Válvula Limitadora de Presión.....	60
Figura 2.19.	Filtrado en Serie.....	61
Figura 2.20.	Filtrado en Derivación.....	62
Figura 2.21.	Cartucho Recambiable.....	62
Figura 2.22.	Filtro Monoblock.....	63
Figura 2.23.	Filtro Centrífugo.....	63
Figura 2.24.	Enfriador de Aceite.....	64
Figura 2.25.	Máquina Rectificadora.....	67
Figura 3.1.	Taller R.G.M.....	73
Figura 3.2.	Diagrama de Causa-efecto utilizado en Investigación.....	76
Figura 3.3.	Diagrama de Flujo – reparación de Motores.....	77
Figura 3.4.	Diagrama de Operaciones del Proceso.....	79
Figura 3.5.	Diagrama Analítico del Proceso.....	80
Figura 3.6.	Diagrama Inicial de Operaciones.....	82
Figura 3.7.	Diagrama de Recorrido Inicial.....	91
Figura 3.8.	Distribución de Tiempos.....	93
Figura 3.9.	Reporte de Producción.....	95
Figura 3.10.	Reporte de Horas Trabajadas.....	96
Figura 4.1.	Relación Mantenimiento Autónomo – Técnica 5S.....	113
Figura 4.2.	Reporte de Producción Final.....	120

Figura 4.3.	Reporte Final de Horas Trabajadas.....	121
Figura 4.4.	Índices de Productividad.....	122
Figura 4.5	Prueba de Normalidad.....	137
Figura 4.6.	Diagrama Final de Procesos.....	142
Figura 4.7.	Diagrama Final Analítico del Proceso.....	143
Figura 4.8.	Diagrama de Operaciones en la Actualidad.....	144
Figura 4.9.	Diagrama Final de Recorrido.....	146

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1	Índices de Productividad Taller R.G.M.....	98
Tabla 2	Eficiencia Inicial de la Rectificadora.....	99
Tabla 3	Pasos del Mantenimiento Autónomo.....	103
Tabla 4	Control de Inspección y Limpieza.....	105
Tabla 5	Control de Lubricación y Engrase.....	107
Tabla 6	Lista de Elementos de Control Visual en el Equipo.....	109
Tabla 7	Matriz ECRS para Fuentes de Contaminación y Áreas de Difícil Acceso.....	112
Tabla 8	Eliminar Fuentes de Contaminación y Áreas de Difícil Acceso I Etapa.....	117
Tabla 9	Eliminar fuentes de Contaminación y Áreas de Difícil Acceso II Etapa.....	119
Tabla 10	Eficiencia Final Obtenida en la Rectificadora.....	124
Tabla 11	Capacitación Mantenimiento Autónomo Nivel I.....	129
Tabla 12	Capacitación Mecánica General Nivel I.....	129
Tabla 13	Capacitación Mantenimiento Autónomo Nivel II.....	131
Tabla 14	Capacitación Mecánica General Nivel II.....	131
Tabla 15	Medición de Tiempos Preliminares en Reparación $\frac{3}{4}$ de Motor 6 Cilindros.....	135
Tabla 16	Tiempos Óptimos de Reparación por Modelos.....	139
Tabla 17	Tiempos Administrativos Óptimos.....	140
Tabla 18	Listado de Repuestos antes de Falla 10.000 Horas.....	147
Tabla 19	Costo de Repuestos Utilizados en la Reparación de Componentes de un Motor de Combustión Interna.....	148
Tabla 20	Costo Tarifa Fija.....	149
Tabla 21	Auditoría de Mantenimiento Autónomo I Etapa.....	153
Tabla 22	Auditoría de Mantenimiento Autónomo II Etapa.....	154

INTRODUCCIÓN

Desde inicios de los años 2000, en el país se producen dos transformaciones dentro del mercado del mantenimiento y reparación de motores, una tecnológica y otra exclusivamente comercial: los vehículos automotores (tanto domésticos como industriales, transportes de carga, maquinarias agrícolas y estacionarias) empiezan a contar masivamente con una tecnología de punta en cuanto a sus sistemas de operación, al diagnóstico, detección de fallas y el proceso de reparación óptimo; las terminales automotrices incorporan talleres de reparación en las concesionarias oficiales, expulsando un elevado contingente de mecánicos por carecer del conocimiento tecnológico adecuado.

Este desfasaje no afecta únicamente la rentabilidad, el trabajo y la calidad del servicio independiente y sus proveedores, también genera una serie de distorsiones de alcance comunitario. Las opciones de consumo se orientan compulsivamente a oferentes cada vez más concentrados en la Calidad Total.

La Calidad es total porque comprende todos y cada uno de los aspectos, todas y cada una de las personas de la organización. El sistema tradicional trataba de arreglar la calidad después de haber cometido los errores. Pero la Calidad se centra en conseguir que las cosas se hagan bien a la primera.

Durante la realización de este trabajo en el **Taller R.G.M.** se identificó varios factores humanos que influían negativamente en la productividad de esta Compañía, tales como la falta de control en los procesos de reparación, la falta de capacitación técnica a nivel de mecánica general como en conocimientos sobre la importancia del mantenimiento autónomo en la industria y lo mucho que este ayuda para mantener el buen estado, disponibilidad y óptimo funcionamiento de los equipos, desorganización en los procedimientos, funciones claramente establecidas y otras que mantenían al Taller sumido en un gran problema debido a sus bajas producciones.

A pesar de contar con una gran infraestructura tanto en instalaciones como en equipo especializado para poder desarrollar eficientemente sus funciones, la misma no encontraba un camino que le permita satisfacer las necesidades de reparación a sus clientes lo que provocaba que muchos de ellos reparen con la competencia ya que ellos ofrecían reparar en menos tiempo.

Es por este motivo que se desarrolló un estudio de todos los tiempos que intervenían en una reparación bajo métodos estadísticos, logrando identificar las falencias en estos procesos para luego corregirlas ya que además se implantaron las NORMAS ISO 9000-2008, permitiendo mantener constantemente una mejora continua en todos los sectores, se implementaron los formatos de mantenimiento autónomo y se culturizó al

personal sobre la importancia del mismo para los equipos con los que se trabaja en el taller, lo que provocó un cambio en la mentalidad y producción tanto personal como general, llevando finalmente a obtener los objetivos principales como el aumento de la producción, control de la eficiencia, incremento de la productividad, disponibilidad de los equipos reduciendo el tiempo de paros no planeados gracias a la implementación de mantenimiento autónomo, además con la finalidad de mejorar en el servicio de reparación de motores de combustión interna se implementó los presupuestos de tarifa fija lo que ayudó al cliente a dar una aprobación rápida del presupuesto para la respectiva reparación y de esta forma entregar en menos tiempo el motor reparado debido a la importancia que el mismo tiene para el cliente.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

En un mundo empresarial cada vez más competitivo y globalizado, los talleres de servicio automotriz pequeños y medianos en el país tienen la necesidad prioritaria de mejorar sus estándares de servicio mediante la tecnología o en la mejora de sus procesos, todo esto para poder estar a la altura de talleres internacionales que hoy en día copan una gran parte del mercado interno.

Con estos antecedentes hay muchas empresas dedicadas a mejorar la calidad de su servicio o producto dentro de un entorno organizado con parámetros internacionales dejando a un lado la antigua costumbre de dirección de una empresa en la producción. El desafío de las empresas en Ecuador es implementar nuevas costumbres y conceptos para tener estándares que permitan competir con empresas multinacionales.

El hombre, desde los albores mismo de su existencia, siempre buscó la manera de transformar y elaborar los productos brutos de la naturaleza a

fin de aprovecharlos mejor. Sus primeras armas, herramientas y utensilios de uso doméstico nacieron de este afán creador. Hoy son innumerables los objetos fabricados por él, que da mayor bienestar y seguridad a su existencia.

Todo esto, ya se trate de un simple botón de una camisa o de un tren, representa el progreso material que ha alcanzado la sociedad en la cual vive. Constituye el fruto de la inteligencia y del trabajo del hombre que, a través de los siglos, ha venido sumando sus conocimientos y experiencias hasta formar la actual civilización.

Cuando la elaboración y transformación de los productos naturales se realiza en el hogar o en un taller, en forma individual o por un grupo reducido de individuos, constituye la actividad económica llamada artesanía. Sus herramientas e instrumentos de trabajo son tradicionales; es decir, que no han variado a través del tiempo. Así, el herrero, el carpintero y el alfarero practican la artesanía.

Cuando esta actividad se realiza en grandes establecimientos en forma organizada y con medios electromecánicos, reciben el nombre de empresas de servicios, que son parte importante de la economía de un país.

1.1 Objetivos Generales y Específicos

Objetivo General

Mejorar la productividad en un taller de reparación de motores de combustión interna aplicando mantenimiento autónomo.

Objetivos Específicos.

- Elaborar el diagnóstico inicial de la organización
- Identificar los problemas y pérdidas de tiempos, para llegar a las causas y consecuencias del problema.
- Implementar un plan de entrenamiento sobre equipos y procesos a sus trabajadores, que coadyuve a mejorar la productividad y calidad de sus servicios.
- Elaborar formatos e implementar un sistema de indicadores y realizar su análisis.

1.2. Justificación de la Tesis

El taller mecánico de reparación de motores, se propone implementar una mejora continua al proceso a través de la técnica del Mantenimiento Autónomo que se fundamenta básicamente en la prevención del deterioro de los equipos y componentes de los mismos. El mantenimiento llevado a cabo por los operadores y preparadores del equipo, puede y debe contribuir significativamente

en la optimización de la eficiencia y eficacia del equipo; y, en el desarrollo de la economía de la empresa, variables que no se han estudiado en esta organización y a la vez que servirán como referencia para su aplicación en los diferentes talleres mecánicos, creando un efecto positivo en la productividad de la organización y en su permanencia en el mercado.

1.3 Alcance de la Tesis.

La metodología usada para el desarrollo en el presente proyecto de Tesis, se describe en la Figura 1.1

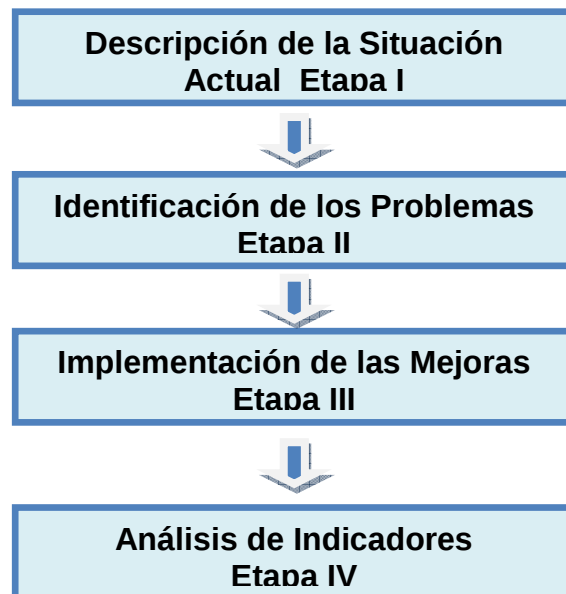


FIGURA 1.1 METODOLOGÍA DE LA TESIS

El desarrollo de esta metodología se lleva a cabo de la siguiente manera:

Etapas I

Descripción de la Situación Actual del Proceso.

El análisis de la situación actual del proceso se realiza a través de reuniones con el Jefe del Taller y Supervisores, en donde se identifican fortalezas y debilidades, que da una idea clara para poder elaborar el diagrama de flujo del proceso y un mapeo de la cadena de valor del proceso actual.

Etapas II

Identificación de los problemas.

Se realiza entrevistas a los operarios de las diferentes áreas del proceso para descubrir problemas potenciales, que luego son clasificados según su tipo con el propósito de seleccionar los más críticos para ser mejorados.

Etapas III

Implementación de Mejoras.

En esta parte se desarrolla y se propone un plan para ser implementado con el propósito de dar solución a los problemas

encontrados y nuevamente se realiza un mapeo de la cadena de valor.

Etapas IV

Análisis de Indicadores.

Luego de haber aplicado la Técnica del Mantenimiento Autónomo se realizan evaluaciones para medir el avance del proceso en estudio.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

A continuación se presenta un marco conceptual, el cual define los conceptos básicos que deben estar claros para la comprensión del tema.

2.1 Conceptos importantes.

El concepto de sistema, en general, está sustentado sobre el hecho de que ningún sistema puede existir aislado completamente y siempre tendrán factores externos que lo rodean y pueden afectarlos.

El manejo de la palabra sistema es muy antiguo, sin embargo, en la actualidad es difícil obtener una definición precisa y clara, debido a la necesidad existente de satisfacer los requisitos lógicos de los diferentes contextos donde el término sistema puede ser utilizado. No obstante a continuación se presentan algunas definiciones de sistema:

- ❖ Es el conjunto de dos o más elementos interrelacionados entre sí, que trabajan para lograr un objetivo común.
- ❖ Un sistema puede ser concebido como un cierto aspecto de la realidad, al que se puede adscribir una descripción, en la que básicamente se enuncien una serie de partes componentes y una forma de interacción entre ellas, que suministre un vínculo que las organice en la unidad que es el sistema.
- ❖ Es la idea de un conjunto de elementos conectados entre sí y que forman un todo, de modo que muestran las propiedades más bien del todo que de sus partes.
- ❖ Un sistema es un conjunto de elementos relacionados entre sí en función de un objetivo común, actuando en determinado entorno y con capacidad de autocontrol. En la definición de sistemas que se han presentado, se encierra una forma particular de ver el mundo; con la aplicación de la visión sistémica se trata de aprender cualquier realidad no sólo a través del estudio separado de sus partes, sino mediante un enfoque totalizador, donde juegan un importante papel las relaciones entre sus partes y el concepto de organización.

Clasificación de los Sistemas.

Existe una diversidad de clasificaciones, se mostrará a continuación solo una clasificación a nivel general:

- ✓ **Sistemas abiertos:** Son aquellos que en sus actividades de transformación, reciben entradas del medio ambiente y vuelcan hacia él sus salidas, es decir, están en constante comunicación con su entorno.
- ✓ **Sistemas cerrados:** Son aquellos que tienen la capacidad de importar, por sí mismos, energía e información de su medio ambiente exterior para compensar la pérdida durante su funcionamiento.

Medio Ambiente.

El ambiente de un sistema, es el conjunto de todos aquellos elementos que rodean al mismo, al determinarse un cambio en sus atributos o relaciones estas pueden interactuar o modificar el sistema.

Sistema de Gestión.

Se define sistema de gestión como “el conjunto de procesos, comportamiento y herramientas que se emplean para garantizar

que la organización realiza todas las tareas necesarias para alcanzar sus objetivos.”

2.2 Objetivos del Mantenimiento.

Varios autores definen el término *mantenimiento* del siguiente modo:

- ❖ Combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantienen en, o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas.
- ❖ Disciplina integradora que garantiza la disponibilidad, funcionalidad y conservación del equipamiento, siempre que se aplique correctamente, a un costo competitivo. Esto significa un incremento importante de la vida útil de los equipos y sus prestaciones.
- ❖ Es el conjunto de acciones que permite conservar o restablecer un sistema productivo a un estado específico, para que pueda cumplir un servicio determinado.

En general, el mantenimiento es gerenciar recursos y planificar actividades sobre la base de estudios estadísticos, donde se emplean filosofías de la nueva generación, desarrolladas en la última década, y en constante actualización.

2.3 Clases de Mantenimiento.

Para que una gestión sea efectiva y eficiente, es necesario plantear estrategias en el mantenimiento bajo la consideración, como aspecto básico para la selección del tipo de tácticas de mantenimiento, las características de las fallas. Así mismo, dichas tácticas deben obedecer a los siguientes principios filosóficos:

❖ **Mantenimiento Rutinario.** Es el que comprende actividades tales como: lubricación, limpieza, protección, ajustes, calibración u otras; su frecuencia de ejecución es hasta periodos semanales, generalmente es ejecutado por los mismos operarios de los sistemas y su objetivo es mantener y alargar la vida útil de dichos sistemas operativos evitando su desgaste.

Este tipo de mantenimiento tiene una duración promedio de ejecución de entre 25 y 30 minutos diarios o entre 5% y 10% de la jornada de trabajo diario, en algunas ocasiones se ha presentado que esta duración puede ser menor dado el tipo de maquinaria, ejemplo de esto son las empresas del ramo textil debido a que la mayoría de los sistemas son simples y requieren de poco tiempo para realizarles el mantenimiento rutinario.

❖ **Mantenimiento Programado.** Toma como basamento las instrucciones técnicas recomendadas por los fabricantes, constructores, diseñadores, usuarios y experiencias conocidas, para obtener ciclos de revisión y/o sustituciones para los elementos más importantes de un sistema a objeto de determinar la carga de trabajo que es necesario programar. Su frecuencia de ejecución cubre desde quincenal hasta generalmente periodos de un año. Es ejecutado por las cuadrillas de la organización de mantenimiento que se dirigen al sitio para realizar las labores incorporadas en un calendario anual.

❖ **Mantenimiento por Avería o Reparación.** Es ejecutado por la organización de mantenimiento (mano de obra especializada) para lograr funcionamiento a corto plazo de los sistemas, se subsanan las fallas que se producen al azar siempre buscando el registro de la información para futuros análisis que ayudarán en la toma de decisiones y auditorías de proceso. Su condición se da debido que no es posible detener los sistemas y entonces se atacan las fallas, luego del análisis estas fallas se corrigen o se eliminan de forma integral. Este tipo de mantenimiento no se

programa en el tiempo debido a que afecta negativamente el proceso productivo ya que paraliza la producción.

❖ **Mantenimiento Correctivo.** Se basa fundamentalmente en los datos recabados a lo largo del proceso de la gestión de mantenimiento y sobre todo en los que se registran debido a fallas ya que luego de analizada la información sobre las averías, busca eliminar la falla y la ejecución de trabajos o de actividades de mantenimiento a mediano plazo.

En este término, se debe tener en cuenta que corregir es eliminar a profundidad, entonces, los trabajos de mantenimiento correctivo deben ser planificados y programados en el tiempo para que no afecte el proceso productivo. Este tipo de ejecución de mantenimiento también es conocido como parada de planta.

Aquí se cubren actividades tales como ampliaciones, modificaciones, cambio de especificaciones, construcciones, reconstrucciones, reparaciones generales y debe ser ejecutados por personal calificado bien sea o no de la empresa.

❖ **Mantenimiento Circunstancial.** Mantenimiento aplicado a los sistemas que sirven de apoyo al proceso y cuyas actividades se

encuentran programadas y la decisión de ejecutarlas no depende de la organización de mantenimiento sino de otros entes o factores de la organización, tal es el caso de incorporación o no de líneas de producción al proceso, trabajar de acuerdo a determinados horarios o ciertas condiciones climáticas o del ambiente, etc.

En este tipo de mantenimiento se tiene la planificación y programación de las actividades, ya sea rutinarias o programadas, para cuando se dé el inicio o el arranque del equipo, si durante su funcionamiento, se presentan fallas, se atacan, se analizan y se corrigen es decir se hace mantenimiento por avería donde a través del análisis de datos se aplica mantenimiento correctivo.

❖ **Mantenimiento Predictivo.** Es el mantenimiento planificado y programado basándose en análisis técnicos y en la condición del equipo, antes de ocurrir una falla, sin detener el funcionamiento normal del equipo, para determinar la expectativa de vida de los componentes y reemplazarlos en tiempo óptimo, minimizando costos.

❖ **Mantenimiento Preventivo.** El estudio de fallas de un sistema productivo deriva dos tipos de averías; aquellas que generan resultados que obliguen a la atención de los sistemas productivos mediante mantenimiento correctivo y las que se presentan con cierta regularidad y que ameritan su prevención. El mantenimiento preventivo es el que utiliza todos los medios disponibles, incluso los estadísticos, para determinar la frecuencia de las inspecciones, revisiones, sustitución de piezas claves, probabilidad de aparición de averías, vida útil, u otras. Su objetivo es adelantarse a la aparición o predecir la presencia de las fallas.

Parámetros de Mantenimiento.

Para asegurar un buen desempeño de las funciones de los equipos es necesario medir de forma simple sus características esenciales a través de los siguientes parámetros:

- **Confiabilidad:** Es la probabilidad de que un objeto o sistema opere bajo condiciones normales durante un periodo de tiempo establecido, el parámetro que identifica la confiabilidad es el Tiempo Medio de Fallas, es decir son lapsos de tiempos entre una falla y otra.

- **Mantenibilidad:** Es la probabilidad de que un objeto o sistema sea reparado durante un periodo de tiempo, bajo condiciones procedimentales establecidas para ello, siendo su parámetro básico el Tiempo Promedio Fuera de Servicio.
- **Disponibilidad:** Es el tiempo que un objeto o sistema permanece funcionando dentro del sistema productivo bajo ciertas condiciones determinadas. Este parámetro es tal vez el más importante dentro de un sistema productivo, ya que de él depende la planificación del resto de actividades de la organización.

Gestión de Mantenimiento.

La gestión de mantenimiento puede ser definida como “la efectiva y eficiente utilización de los recursos materiales, económicos, humanos y de tiempo para alcanzar los objetivos del mantenimiento”.

La gestión del mantenimiento industrial moderno se presenta como un conjunto de técnicas para cuidar la tecnología de los sistemas de producción a lo largo de todo su ciclo de vida, llegando a utilizarlos con la máxima disponibilidad y siempre al menor costo, garantizando, entre otras cuestiones, una asistencia técnica eficaz a

través de una buena formación y gestión de competencias en el uso y mantenimiento de dichos sistemas asegurando la disponibilidad planeada dentro de las recomendaciones de garantía y uso de los fabricantes de los equipos e instalaciones.

Etapas de la Gestión de Mantenimiento.

En una gestión de mantenimiento, la planificación y programación representan el punto de partida. Ella lleva involucrada la necesidad de imaginar y relacionar las actividades probables que habrán de cumplirse para lograr los objetivos y resultados esperados. A continuación se describen cada una de las etapas de la gestión de mantenimiento:

❖ Planificación.

Es un proceso que consiste en la definición de rutinas y procedimientos y en la elaboración de planes detallados para horizontes relativamente largos, usualmente trimestrales o anuales, lo cual implica la determinación de las operaciones necesarias, mano de obra requerida, materiales a emplear, equipos a utilizar y duración de las actividades.

En la planificación del mantenimiento se debe considerar los siguientes aspectos:

- a) Se deben tener establecidos objetivos y metas en cuanto a los objetos a mantener.
- b) Se debe garantizar la disponibilidad de los equipos o sistemas.
- c) Establecer un orden de prioridades para la ejecución de las acciones de mantenimiento.
- d) Sistema de señalización y codificación lógica.
- e) Inventario técnico.
- f) Procedimientos y rutinas de mantenimiento.
- g) Registros de fallas y causas.
- h) Estadísticas de tiempo de parada y tiempo de reparación.

❖ **Programación.**

El proceso de programación consiste en establecer las frecuencias para las asignaciones del mantenimiento preventivo, las fechas programadas son esenciales para que exista una continua disponibilidad de equipos e instalaciones. Se inicia con la solicitud y envío de la orden de trabajo.

❖ **Ejecución, control y evaluación.**

Estos procesos vinculan dos acciones administrativas de singular importancia como son la dirección y la coordinación de los esfuerzos del grupo de realizadores de las actividades generadas en los procesos de planificación y programación cuya finalidad es garantizar el logro de los objetivos propuestos. En general la ejecución, el control y la evaluación, permiten que las actividades se realicen tal cual fueron planificadas, los resultados deben ser comparados con estándares y evaluados de forma de retroalimentar el proceso inicial.

El Mantenimiento como Sistema.

El estudio de la organización como sistema abierto, tuvo su origen en los planteamientos realizados por el biólogo inglés Ludwing Von Bertalanffy, quien señaló que los enfoques hasta ese momento se habían concentrado demasiado en las partes individuales de la organización (tareas técnicas, personas, entre otros), y no lo suficiente en la relación de todas las piezas interactuando en conjunto. Esta teoría enunciada por Bertalanffy se conoce en la actualidad como La Teoría General de Sistemas, la cual representa la base para integrar y entender el conocimiento de una gran variedad de fenómenos dentro de las organizaciones. El estudio

desde el punto de vista sistémico, permite analizar y entender las diversas interrelaciones que se dan dentro de la misma. Las organizaciones empresariales, vistas como sistema, tienen entradas de su medio ambiente, en forma de gente, materiales, dinero e información; esto permite considerar a la organización como un sistema socio-técnico abierto, integrado por varios subsistemas, más aún, es la integración y estructuración de actividades humanas en torno a varios procesos tecnológicos.

El enfoque de sistemas para modelar la función mantenimiento, permite estudiarla como un subsistema del Sistema Organización, y el cual presenta las características básicas de un sistema abierto: entradas, procesos de transformación, salidas y retroalimentación; a tal efecto, Duffuaa, S., Raouf, A. y Campbell, J. (2000), señalan que el sistema de mantenimiento puede visualizarse como un modelo sencillo de entrada-salida, cuyas entradas son: mano de obra, administración, herramientas, repuestos, equipos, etc.; y las salidas son: equipos funcionando, confiables y bien configurados para lograr la operación planeada de la planta, lo cual permite optimizar los recursos para aumentar al máximo las salidas del sistema de mantenimiento.

Atendiendo el enfoque de sistemas, el sistema de mantenimiento está constituido por: el subsistema tecnológico, el subsistema humano, el subsistema administrativo, el subsistema de apoyo, el medio externo, los objetivos y metas.

- 1) **Subsistema tecnológico:** Lo constituyen los equipos e instalaciones objetos del mantenimiento, el conocimiento, procedimientos, métodos, prácticas operativas, parámetros e indicadores.
- 2) **Subsistema humano:** Lo constituyen el sujeto de mantenimiento, la cultura, aptitudes y habilidades, filosofía del liderazgo, comunicaciones, normas de comportamiento.
- 3) **Subsistema administrativo:** Conformado por la estructura organizativa, las políticas, la toma de decisiones, los procedimientos administrativos, funciones, flujos de trabajo.
- 4) **Subsistema de apoyo:** Conformado por los instrumentos del mantenimiento, materiales, herramientas, equipos de prueba, repuestos, información técnica e información del desempeño.
- 5) **Medio externo:** Está constituido por las políticas de la empresa, el mercado laboral, la comunidad y el ambiente en general.
- 6) **Objetivos y metas:** Constituyen la razón de ser de la organización y las estrategias para lograrlo.

2.4 Mantenimiento Productivo Total (TPM).

El TPM es el sistema japonés de mantenimiento industrial, orientado a lograr cero accidentes, cero defectos y cero averías. Es un sistema de organización donde la responsabilidad no recae solo en el departamento de mantenimiento sino en toda la estructura de la empresa, donde el buen funcionamiento de los equipos o instalaciones depende y es responsabilidad de todos.

Del TPM, se puede decir que este es una filosofía de mantenimiento industrial que combina los conceptos de calidad total en las técnicas de mantenimiento y el involucramiento de todo el personal de las empresas, que a través de su aplicación se logra maximizar el valor de indicador efectividad total de los sistemas, la relación continua y directa del mantenedor-operador.

Características del TPM.

- Focalizar la gestión hacia la efectividad total del sistema.
- Dar gran importancia al desarrollo de las competencias de las personas.
- Mantener un ambiente de trabajo con alto grado motivacional e involucrar a todas las personas y todos los niveles de la organización.

- La ejecución de las actividades se logran con pequeños grupos autónomos.
- Es sistematizado.
- La raíz de las paradas de los equipos lo atribuye a las personas involucradas en los procesos.
- Establece la figura del operador-mantenedor.
- No acepta paradas no planificadas de los sistemas.

Beneficios de la Aplicación del TPM.

- ✓ Aumenta la productividad laboral.
- ✓ Reduce los actos inseguros de las personas.
- ✓ Mejora el ambiente de trabajo.
- ✓ Aumenta la creatividad y generación de ideas.
- ✓ Promueve el trabajo en equipo.
- ✓ Aumenta la disponibilidad de los sistemas.
- ✓ Disminuye las paradas no planificadas.
- ✓ Disminuye los defectos en los procesos.
- ✓ Busca mantener la calidad del servicio.
- ✓ Aumenta la satisfacción del cliente.
- ✓ Optimiza los costos de mantenimiento.
- ✓ Reduce los inventarios y genera rotación del mismo.
- ✓ Asegura la protección integral del ambiente y de los sistemas.

Los Ocho Pilares del TPM.

Los procesos fundamentales son también llamados "pilares". Estos sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado, y se implantan siguiendo una metodología disciplinada, potente y efectiva; la filosofía del Mantenimiento Productivo Total se basa en la aplicación de estos pilares:

1. **Mantenimiento Programado**, se busca unificar criterios de acuerdo a los tipos de mantenimiento empleados en esta filosofía así como realizar una planificación, programación y control del mantenimiento a aplicar.
2. **Mejoras individuales en los equipos**, son actividades realizadas por equipos inter-funcionales de trabajo que tiene como objetivo eliminar las pérdidas en los equipos y procesos.
3. **Proyectos MP/LCC** (*Mantenimiento Preventivo/Costo del Ciclo de Vida*), para conseguir la mejor forma de alta disponibilidad de los sistemas a través de análisis de costos.
4. **Educación y Capacitación**, se debe tener siempre presente que la mano de obra es la pieza fundamental de cualquier proceso y

por ende se debe capacitar para que estos sean multifuncionales, aquí nace el operador-mantenedor.

5. **Mantenimiento de la Calidad.** Busca una relación entre los defectos de los productos y las entradas de todo proceso, mano de obra, máquinas, métodos y materiales, con el fin de establecer parámetros que puedan fijar las condiciones del proceso y así ejecutar acciones que prevengan futuros defectos.
6. **Control Administrativo.** Busca conseguir las mejores formas de control para la optimización de las áreas relacionadas al mantenimiento, algunas de estas formas de control son: las 5's, Just in Time, Kamban, Cuadro de Gestión Visual y Tormenta de Ideas.
7. **Medio Ambiente.** Seguridad e higiene, estudia la optimización del mismo.
8. **Mantenimiento Autónomo.** está compuesto por un conjunto de actividades que se realizan diariamente por todos los trabajadores en los equipos que operan, incluyendo inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambio de herramientas y piezas, estudiando posibles mejoras, analizando y solucionando problemas del equipo y acciones que conduzcan

a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento.

Etapas para el Desarrollo del TPM.

Las etapas que se han identificado dentro de la instalación progresiva del **TPM** se pueden observar en la guía descrita a continuación:

Etapa 1

Limpieza.

En esta fase se busca limpiar la máquina de polvo y suciedad, a fin de dejar todas sus partes perfectamente visibles. Se implementa además un programa de lubricación, se ajustan sus componentes y se realiza una puesta a punto del equipo (se reparan todos los defectos conocidos).

Etapa 2.

Medidas para descubrir las causas de la suciedad y las fallas.

Una vez limpia la máquina es indispensable que no vuelva a ensuciarse y a caer en el mismo estado. Se deben evitar las causas de la suciedad, el polvo y el funcionamiento irregular, se mejora el acceso a los lugares difíciles de limpiar y de lubricar,

además se busca reducir el tiempo que se necesita para estas dos funciones básicas (limpiar y lubricar).

Etapas 3.

Preparación de procedimientos de limpieza y lubricación.

En esta fase aparecen de nuevo las dos funciones de mantenimiento primario o de primer nivel asignadas al personal de producción. Se preparan en esta fase procedimientos estándar con el objeto de que las actividades de limpieza, lubricación y ajustes menores de los componentes se puedan realizar en tiempos cortos.

Etapas 4.

Inspecciones generales.

Conseguido que el personal se responsabilice de la limpieza, la lubricación y los ajustes menores, se entrena al personal de producción para que pueda inspeccionar y chequear el equipo en busca de fallos menores y fallos en fase de gestación, y por supuesto, solucionarlos.

Etapas 5.

Inspecciones autónomas.

En esta etapa se preparan las gamas de mantenimiento autónomo, o mantenimiento operativo. Se preparan checklist de

las máquinas, realizados por los propios operarios, y se ponen en práctica. Es en esta fase donde se produce la verdadera implantación del mantenimiento preventivo periódico realizado por el personal que opera la máquina.

Etapla 6.

Orden en la distribución.

La estandarización de actividades es una de las esencias de la Gestión de la Calidad Total. Se busca crear procedimientos para la limpieza, la inspección, la lubricación, el mantenimiento de registros en los que se reflejarán todas las actividades de mantenimiento y producción, la gestión de la herramienta y del repuesto, etc.

Etapla 7.

Optimización y autonomía en la actividad.

La última fase tiene como objetivo desarrollar una cultura hacia la mejora continua en toda la empresa, se registra sistemáticamente el tiempo entre fallos, se analizan éstos y se proponen soluciones. Y todo ello, promovido y liderado por el propio equipo de producción.

El tiempo necesario para completar el programa varía de 2 a 3 años, y suele desarrollarse de la siguiente manera:

- ❖ La Gerencia da a conocer a toda la empresa su decisión de poner en práctica TPM.
- ❖ Se realiza una campaña masiva de información y entrenamiento a todos los niveles de la empresa.
- ❖ Se crean un Comité de Gerencia, Comités departamentales y Grupos de Tarea para analizar cada tema.
- ❖ Se definen y redactan las políticas y las metas que se fijarán al programa TPM - Se define un plan de desarrollo de TPM que se traduce en un programa de todas las actividades y etapas.
- ❖ Se inicia el análisis y mejora de la efectividad de cada uno de los equipos de la planta. Se registran y analizan los datos de fiabilidad y mantenibilidad.
- ❖ Se define el sistema y se forman grupos autónomos de mantenimiento que inician sus actividades inmediatamente después de la **“partida oficial”**. En este momento el departamento de mantenimiento verá aumentar su trabajo en forma considerable debido a los requerimientos generados por los grupos desde las áreas de producción.
- ❖ Se inicia el entrenamiento a operadores y mantenedores a fin de mejorar sus conocimientos
- ❖ Se proponen mejoras en los equipos productivos.

- ❖ En último lugar, se consolida la implantación total de TPM y se estudia su efectividad.

Relación del TPM con la Técnica de las 5S.

La técnica de las **5S** se basa en actividades de calidad, competitividad y productividad en la empresa. Las **5S** se deben asumir como los fundamentos sobre los cuales se puede construir una cultura de calidad, ya que están orientadas a reforzar actitudes y buenos hábitos en el puesto de trabajo. Estos hábitos de trabajo disciplinado, ordenado y con metodología conducen a lograr metas de calidad y productividad superiores. Las 5S, son cinco palabras que en japonés empiezan con la letra S y cuyo significado es el siguiente:

- 1) **Seiri (Clasificar):** consiste en identificar y separar los objetos necesarios de los innecesarios y en desprenderse de éstos últimos.
- 2) **Seiton (Ordenar):** consiste en establecer el modo en que deben ubicarse e identificarse los objetos necesarios, de manera que sea fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos.

- 3) **Seiso (Limpiar):** consiste en identificar y eliminar las fuentes de suciedad, asegurando que todos los medios se encuentran siempre en perfecto estado.
- 4) **Seiketsu (Estandarizar):** consiste en distinguir fácilmente una situación normal de otra anormal, mediante normas sencillas y visibles para todos.
- 5) **Shitsuke (Disciplina):** consiste en trabajar permanentemente de acuerdo con las normas establecidas.

Cada una de estas palabras implica la realización de acciones específicas para su puesta en marcha. La metodología existente en las **5S** será útil durante el desarrollo del Mantenimiento Autónomo. La aplicación de Mantenimiento Autónomo en oficinas y áreas administrativas se podrá realizar aplicando las 5S, ya que en estas áreas no es necesario realizar acciones de mantenimiento preventivo como en una fábrica.

2.5 Mantenimiento Autónomo.

El mantenimiento tiene como uno de los principales objetivos, que el operador pueda identificar fallas, el cuidado de los equipos, limpieza, lubricación, reparaciones menores, etc. son logros que se dan conforme el programa de mantenimiento autónomo se consolide. Cuando hay conocimiento del operador, al realizar su

diaria inspección puede detectar una anomalía antes que se convierta en falla.

Objetivos del Mantenimiento Autónomo

Los objetivos son:

- ❖ Eliminar el deterioro acelerado.
- ❖ Retardar el deterioro normal.
- ❖ Restaurar las condiciones básicas de los equipos.

El deterioro de un equipo o una máquina es la degradación operativa de un equipo, máquina o proceso que culmina con una falla y paro del equipo. El proceso de deterioro es tan lento que no se nota y se puede acostumbrar a él.

El desarrollo del Mantenimiento Autónomo sigue una serie de etapas o pasos (siete), los cuales pretenden crear progresivamente una cultura de cuidado permanente del sitio de trabajo.

Se busca lograr las condiciones básicas de equipos, establecer una nueva disciplina de inspección por parte del personal de operaciones y usar el empoderamiento como herramienta de trabajo para los gestores.

Los 7 pasos del Mantenimiento Autónomo.

Los puntos que se toman en cuenta en este tipo de mantenimiento se dividen en dos grandes partes; la primera, se debe desarrollar junto al instructor de la capacitación donde se mostrará la forma correcta de llevar a cabo las labores del mantenimiento autónomo; la segunda, formulada para que se realice por todos los trabajadores que han recibido una capacitación. Los pasos son los siguientes:

1. Limpieza inicial.
2. Eliminación de Fuentes de Contaminación y Lugares de difícil acceso.
3. Estándares de Limpieza, Inspección y Lubricación.
4. Inspección General.
5. Inspección Autónoma.
6. Orden y Arreglo.
7. Mantenimiento Autónomo Total.

Indicadores del Mantenimiento Autónomo

Los indicadores del mantenimiento autónomo son los siguientes:

- ✓ Tiempo Promedio para Fallar (TPPF) –
- ✓ Tiempo Promedio para Reparar (TPPR)

- ✓ (MTTR)
- ✓ Disponibilidad
- ✓ Utilización
- ✓ Confiabilidad
- ✓ Tiempo Promedio entre Fallos (TMEF) –MTBF).

2.6 Indicadores de Mantenimiento.

En la gestión de mantenimiento existen diversos indicadores que muestran las relaciones existentes entre elementos lo cual permite optimizar los recursos no solo físicos sino también humanos que hacen parte del departamento de mantenimiento.

Un indicador es una relación que existe entre dos elementos que pueden ser de naturaleza distinta.

Ejemplo= unidades vendidas/unidades totales

Se muestra las relaciones directas e inversas proporcionalmente de dichos elementos.

A continuación en la gestión de mantenimiento se verá algunos indicadores de costo y algunos indicadores de mano de obra (personal de mantenimiento).

Indicadores de costo de mantenimiento.

- **Indicador de costo de mantenimiento por facturación.**

Este índice expresa la relación entre el **costo total de mantenimiento** y la **facturación de la empresa**, en el período considerado. El dato de facturación lo pueden solicitar al departamento de contabilidad

$$\text{CMFT} = \frac{\text{CTMN}}{\text{FTEP}}$$

Sirve para saber en qué medida está reduciendo costos de mantenimiento una organización, porque si mantiene los costos totales de mantenimiento con base en la facturación se puede saber si estos aumentaron o disminuyeron.

- **Indicador de Costos de Mantenimiento por Producción**

Este indicador muestra la influencia que tiene el costo de mantenimiento en el costo final del producto normalmente puede rondar el 5% a 12%.

$$\text{CMPP} = \frac{\text{Costos de Mantenimiento Totales}}{\text{Costos de Producción}}$$

- **Indicador de Costos de Mantenimiento Preventivos por mantenimientos Totales**

Este indicador pone de manifiesto el grado de utilización de técnicas preventivas frente a las correctivas, este puede rondar el 20%. Refleja que tanto mantenimiento preventivo se está haciendo con respecto al total, en las organizaciones se debe buscar que el costo de mantenimiento correctivo sea mucho menor que el costo de mantenimiento preventivo.

CPCT = Costo del mto. Preventivo / Costos Totales de Mantenimiento (preventivo +correctivo)

Indicadores de Mano de Obra

- **Horas de paro por horas realizadas**

Este indicador muestra la relación entre las horas empleadas para la producción y las de paro del equipo por averías. Al tomar las horas de paro en lugar del número de averías introducimos en la relación un concepto de gravedad de las averías. Al tomar las horas de producción realizadas, también se está considerando la tasa de inutilización del equipo la cual generalmente oscila entre el 1% y el 3%.

$HPHP = \frac{\text{Horas de Paro por Mantenimiento}}{\text{Horas de Producción Realizadas}}$

- **Trabajo en Mantenimiento Preventivo**

Se señala la relación entre las horas hombre gastadas en **trabajos programados en mantenimiento preventivo** y las horas hombre disponibles, entendiéndose por horas hombre disponible, aquellos presentes en la instalación y físicamente posibilitados de desempeñar los trabajos requeridos.

$TBMP = \frac{\text{totalidad (HHMP)}}{\text{Totalidad (HHDP)}}$

- **Trabajo en Mantenimiento Correctivo**

Es la relación entre las horas hombre gastadas en reparaciones de mantenimiento correctivo y las horas hombre disponible.

$TBMC = \frac{\text{totalidad (HHMC)}}{\text{Totalidad (HHDP)}}$

- **Ociosidad del Personal de Mantenimiento**

Demuestra la relación entre la diferencia de las horas hombre disponibles menos las **horas hombre trabajadas**, sobre las horas

hombre disponibles, indicando por lo tanto, cuanto del tiempo del personal no fue ocupado en ninguna actividad.

$$\text{OCPM} = \frac{\text{totalidad (HHDP-HHTM)}}{\text{totalidad (HHDP)}}$$

- **Exceso de Servicio del Personal de Mantenimiento**

Se muestra la relación entre la diferencia de las horas hombre trabajadas y disponibles, sobre las horas hombre disponibles, indicando por lo tanto, cuanto del tiempo del personal fue ocupado por encima de la carga normal de trabajo.

$$\text{ESPM} = \frac{\text{totalidad (HHTP-HHDP)}}{\text{totalidad (HHDP)}}$$

2.7 Motores de combustión interna.

Un motor de combustión interna es un tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química de un combustible que arde dentro de una cámara de combustión. Su nombre se debe a que dicha combustión se produce dentro de la máquina, según su funcionamiento se tiene:

- De 4 tiempos
- De 2 tiempos

➤ Wankel

Funcionamiento Motores 4 Tiempos

Un motor de 4 tiempos puede tener de uno a 48 cilindros. El cilindro es la parte principal del motor, ya que dentro de este se produce la reacción química que transmite potencia hacia una carga aplicada.

- 1) **Primer tiempo o admisión:** en esta fase el descenso del pistón, aspira la mezcla aire combustible en los motores de encendido provocado o el aire en motores de encendido por compresión. La válvula de escape permanece cerrada, mientras que la de admisión está abierta. En el primer tiempo el cigüeñal gira 180° y el árbol de levas da 90° , la válvula de admisión se encuentra abierta y su carrera es descendente.
- 2) **Segundo tiempo o compresión:** al llegar al final de carrera inferior, la válvula de admisión se cierra, comprimiéndose el gas contenido en la cámara por el ascenso del pistón. En el 2º tiempo el cigüeñal da 360° y el árbol de levas da 180° , además ambas válvulas se encuentran cerradas y su carrera es ascendente.

- 3) **Tercer tiempo o explosión/expansión:** al llegar al final de la carrera superior el gas ha alcanzado la presión máxima. En los motores de encendido provocado o de ciclo Otto salta la chispa en la bujía, provocando la inflamación de la mezcla, mientras que en los motores diesel, se inyecta a través del inyector el combustible pulverizado, que se auto inflama por la presión y temperatura existentes en el interior del cilindro. En ambos casos, una vez iniciada la combustión, esta progresa rápidamente incrementando la temperatura y la presión en el interior del cilindro y expandiendo los gases que empujan el pistón. Esta es la única fase en la que se obtiene trabajo. En este tiempo el cigüeñal gira 180° mientras que el árbol de levas 90° , ambas válvulas se encuentran cerradas y su carrera es descendente.
- 4) **Cuarto tiempo o escape:** en esta fase el pistón empuja, en su movimiento ascendente, los gases de la combustión que salen a través de la válvula de escape que permanece abierta. Al llegar al punto máximo de carrera superior, se cierra la válvula de escape y se abre la de admisión, reiniciándose el ciclo. En este tiempo el cigüeñal gira 180° y el árbol de levas 90° . Cuatro tiempos que se puede visualizarlos en la Figura 2.1.

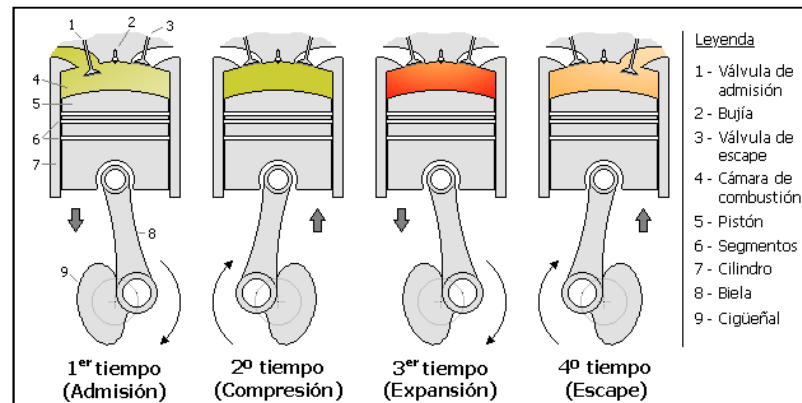


FIGURA 2.1 CICLO 4 TIEMPOS

Disposición de Cilindros en Motores 4 Tiempos:

Los motores de 4 tiempos que tienen más de un cilindro, pueden tener varias formas de disponerlos en el block, como se observa en la Figura 2.2.

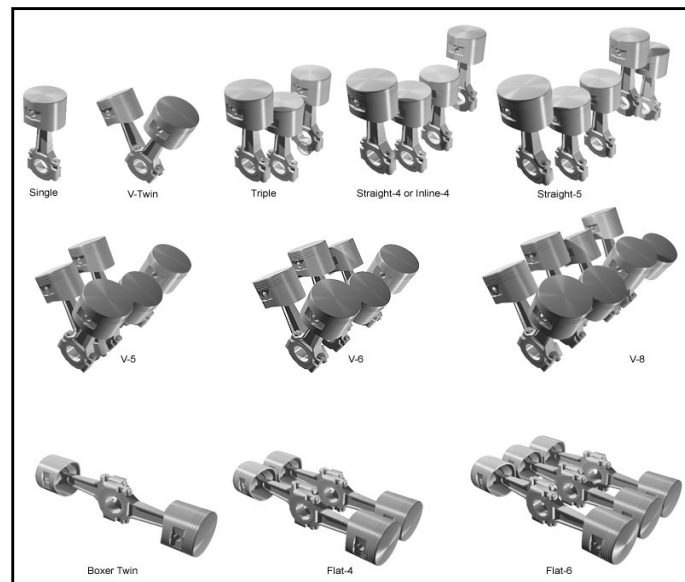


FIGURA 2.2 DISPOSICIÓN DE CILINDROS

2.8. Tipos de Motores de Combustión Interna.

✚ **En Línea:** El motor en línea normalmente disponible en configuraciones de 2 a 6 cilindros, el motor en línea posee todos los cilindros alineados en una misma fila, sin desplazamientos.

✚ **En V:** En él los cilindros se agrupan en dos bancadas o filas de cilindros formando una letra V que convergen en el mismo cigüeñal. En estos motores el aire de admisión es succionado por dentro de la V y los gases de escape expulsados por los laterales. L y R

Se usa en motores a partir de dos cilindros, sobre todo en automóviles de tracción delantera, ya que acorta la longitud del motor a la mitad. La apertura de la V varía desde 54° o 60° hasta 90° o 110° aunque las más habituales son 90° y 60°.

✚ **En VR:** Es la misma configuración anterior, pero el grado de apertura entre las bancadas es de aproximadamente 15°.

✚ **Bóxer / En V a 180°:** El motor Bóxer es el utilizado en los Volkswagen Escarabajo, Volkswagen Kombi, el Porsche 911, y

es muy usado actualmente por Subaru (en el Impreza, Legacy, etc.) y tienen por lo general entre 4 y 6 cilindros.

El motor con V de 180°, de configuración muy similar al motor Boxer, es usado por algunas ediciones especiales de Ferrari y Alfa Romeo. La diferencia básica consiste en que ocasionalmente, los motores con V en 180° no usan un muñón largo como en el Bóxer, sino que las bielas comparten la misma posición en el cigüeñal, haciendo que mientras un pistón se acerca al cigüeñal el otro se aleje, opuesto a lo que sucede en el Bóxer en el que los pistones se alejan y acercan al mismo tiempo. La V de 180° se usa en motores de más de 8 cilindros donde ha resultado más efectiva, mientras que el Bóxer se usa en pares con menos de 6 cilindros y por ello se han asociado mutuamente como un mismo tipo de disposición.

 **En W :** Es una especie de doble V combinada en tres o cuatro bancadas de cilindros y un cigüeñal, que data de la década de 1920, y son usadas en algunos vehículos modernos del Grupo Volkswagen, como el Audi A8, el Volkswagen Touareg o el Volkswagen Phaeton.

Ejemplos de tipos de motores de combustión interna visualizados en las **Figuras: 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7**



FIGURA 2.3 MOTOR EN LÍNEA – 4 CILINDROS

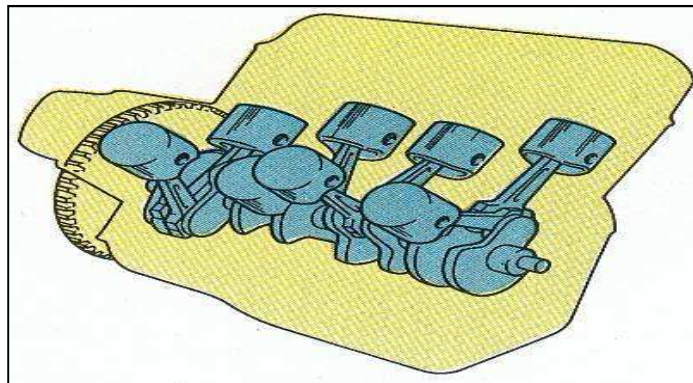


FIGURA 2.4 MOTOR EN V – 8 CILINDROS

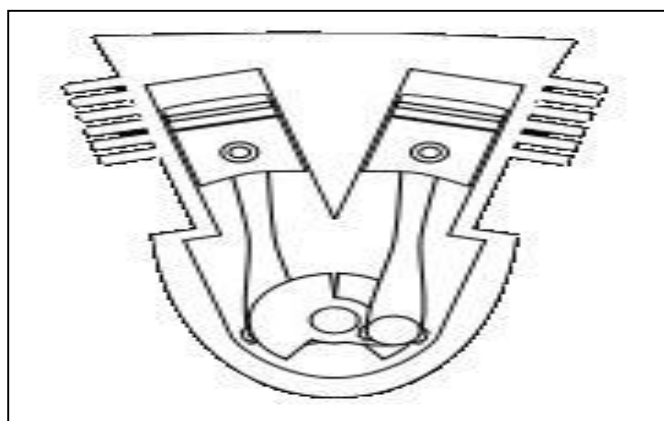


FIGURA 2.5 MOTOR EN VR DE 2 CILINDROS

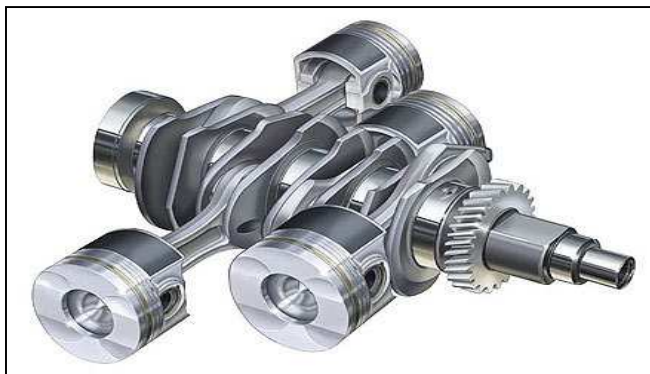


FIGURA 2.6 MOTOR BOXER – 4 CILINDROS



FIGURA 2.7 MOTOR EN W – 8 CILINDROS

Funcionamiento de Motores 2 Tiempos.

El motor de dos tiempos, también denominado motor de dos ciclos, es un motor de combustión interna que realiza las cuatro etapas del ciclo termodinámico (admisión, compresión, expansión y escape) en dos movimientos lineales del pistón (una vuelta del cigüeñal). Se diferencia del más conocido y frecuente motor de cuatro tiempos de ciclo de Otto, en el que este último realiza las cuatro etapas en dos

revoluciones del cigüeñal. Existe tanto en ciclo Otto como en ciclo Diesel.

- **Fase de admisión-compresión.**

El pistón se desplaza hacia arriba (la culata) desde su punto muerto inferior, en su recorrido deja abierta la lumbrera de admisión. Mientras la cara superior del pistón realiza la compresión en el Carter, la cara inferior succiona la mezcla de aire y combustible a través de la lumbrera. Para que esta operación sea posible el cárter tiene que estar sellado. Es posible que el pistón se deteriore y la culata se mantenga estable en los procesos de combustión.

- **Fase de explosión-escape.**

Al llegar el pistón a su punto muerto superior se finaliza la compresión y se provoca la combustión de la mezcla gracias a una chispa eléctrica producida por la bujía. La expansión de los gases de combustión impulsa con fuerza el pistón que transmite su movimiento al cigüeñal a través de la biela. En su recorrido descendente el pistón abre la lumbrera de escape para que puedan salir los gases de combustión y la lumbrera de transferencia por la que la mezcla de aire-combustible pasa del cárter al cilindro. Cuando el pistón alcanza el punto inferior empieza a ascender de

nuevo, se cierra la lumbrera de transferencia y comienza un nuevo ciclo. (Figura 2.8)

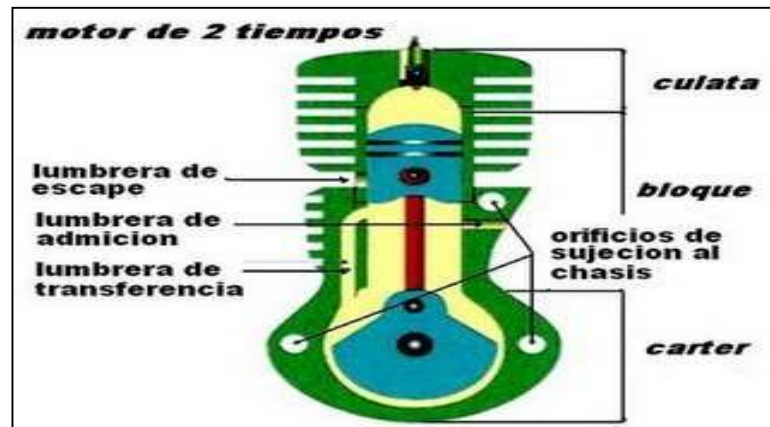


FIGURA 2.8 MOTORES DE 2 TIEMPOS

Los motores de 2 tiempos pueden ser de uno a 4 cilindros, y las disposiciones de estos en el block pueden ser iguales a los motores de 4 tiempos.

Funcionamiento de Motores Wankel.

El motor Wankel es un tipo de motor de combustión interna, inventado por Félix Wankel, que utiliza rotores en vez de los pistones de los motores alternativos.

Un motor rotativo o Wankel, en honor a su creador el Dr. Félix Wankel, es un motor de combustión interna que funciona de una manera completamente diferente de los motores alternativos.

En un motor alternativo; en el mismo volumen (mililitros) se efectúan sucesivamente 4 diferentes trabajos —admisión, compresión, combustión y escape. En un motor Wankel se desarrollan los mismos 4 tiempos pero en lugares distintos de la carcasa o bloque; con el pistón moviéndose continuamente de uno a otro. Más concretamente, el cilindro es una cavidad con forma de 8, dentro de la cual se encuentra un rotor triangular que realiza un giro de centro variable. Este pistón comunica su movimiento rotatorio a un cigüeñal que se encuentra en su interior, y que gira ya con un centro único.

Al igual que un motor de pistones, el rotativo emplea la presión creada por la combustión de la mezcla aire-combustible. La diferencia radica en que esta presión está contenida en la cámara formada por una parte del recinto y sellada por uno de los lados del rotor triangular, que en este tipo de motores reemplaza a los pistones.

El rotor sigue un recorrido en el que mantiene sus 3 vértices en contacto con el "freno", delimitando así tres compartimentos separados de mezcla. A medida que el rotor gira dentro de la cámara, cada uno de los 3 volúmenes se expande y contraen alternativamente; es esta expansión-contracción la que succiona el aire y el combustible hacia el motor, comprime la mezcla, extrae su energía expansiva y la expelle hacia el escape. (Figura 2.9)

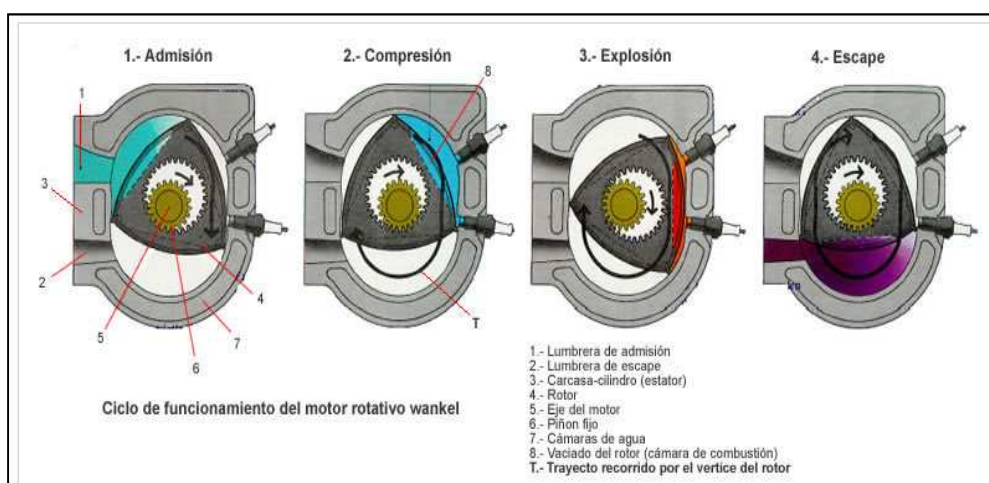


FIGURA 2.9 FUNCIONAMIENTO MOTORES WANKEL

2.9 Sistemas de Lubricación.

Se denominan sistemas de lubricación a los distintos métodos de distribuir el aceite por las piezas del motor. Se distinguen los siguientes:

a) **Salpicadura:**

Resulta poco eficiente y casi no se usa en la actualidad (en solitario). Consiste en una bomba que lleva el lubricante de el carter a pequeños "depósitos" o hendiduras, y mantiene cierto nivel, unas cuchillas dispuestas en los codos del cigüeñal "salpican" de aceite las partes a engrasar. (Figura 2.10)

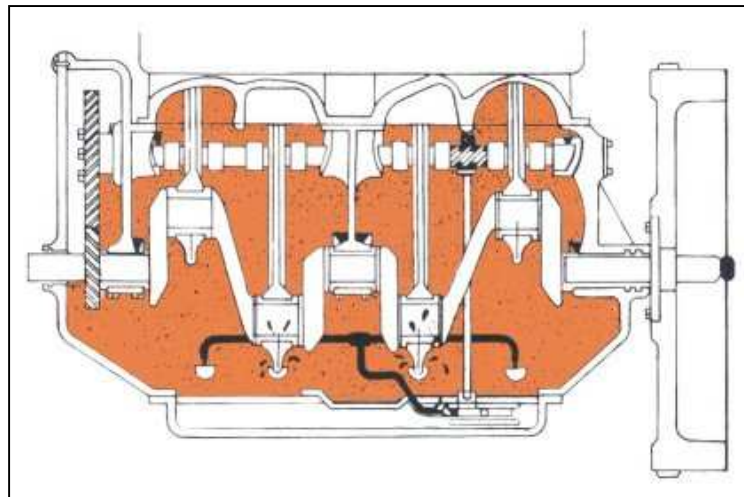


FIGURA 2.10 LUBRICACIÓN POR SALPICADURA

De este sistema de engrase se van a aprovechar los demás sistemas en cuanto al engrase de las paredes del cilindro y pistón.

b) **Sistema mixto**

En el sistema mixto se emplea el de salpicadura y además la bomba envía el aceite a presión a las bancadas del cigüeñal.

c) Sistema a presión

Es el sistema de lubricación más usado. El aceite llega impulsado por la bomba a todos los elementos, por medio de unos conductos, excepto al pie de biela, que asegura su engrase por medio de un segmento, que tiene como misión raspar las paredes para que el aceite no pase a la parte superior del pistón y se queme con las explosiones. (Figura 2.11)

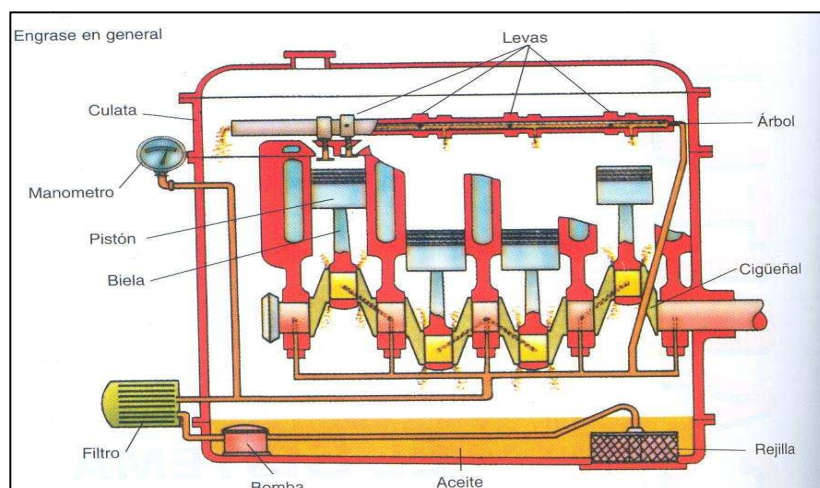


FIGURA 2.11 SISTEMA A PRESIÓN

De esta forma se consigue un engrase más directo. Tampoco engrasa a presión las paredes del cilindro y pistón, que se engrasan por salpicadura.

d) **Sistema de Carter seco**

Este sistema se emplea principalmente en motores de competición y aviación, son motores que cambian frecuentemente de posición y por este motivo el aceite no se encuentra siempre en un mismo sitio.

Consta de un depósito auxiliar **(D)**, donde se encuentra el aceite que envía una bomba **(B)**. Del depósito sale por acción de la bomba **(N)**, que lo envía a presión total a todos los órganos de los que rebosa y, que la bomba B vuelve a llevar a depósito **(D)**. (Figura 2.12)

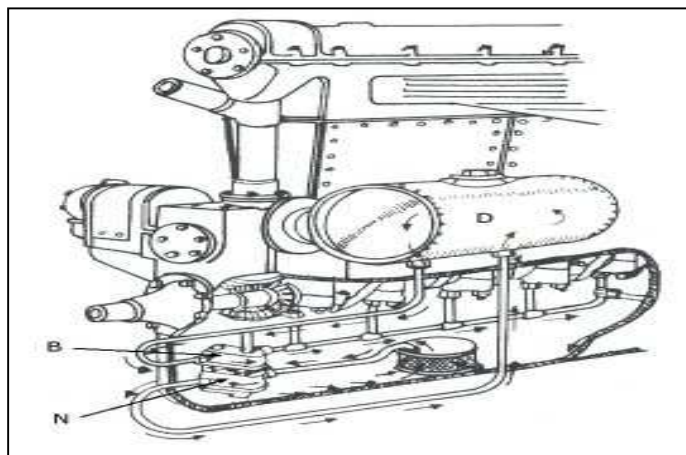


FIGURA 2.12 CÁRTER SECO

Elementos de un circuito de lubricación

1. Bombas de aceite

Su misión es la de enviar el aceite a presión y él una cantidad determinada. Se sitúan en el interior del cárter y toman movimiento por el árbol de levas mediante un engranaje o cadena. Existen distintos tipos de bombas de aceite:

a. Bomba de engranajes

Es capaz de suministrar una gran presión, incluso abajo régimen del motor. Está formada por dos engranajes situados en el interior de la misma, toma movimiento una de ellas del árbol de levas y la otra gira impulsada por la otra. Lleva una tubería de entrada proveniente del cárter y una salida a presión dirigida al filtro de aceite. (Figura 2.13)

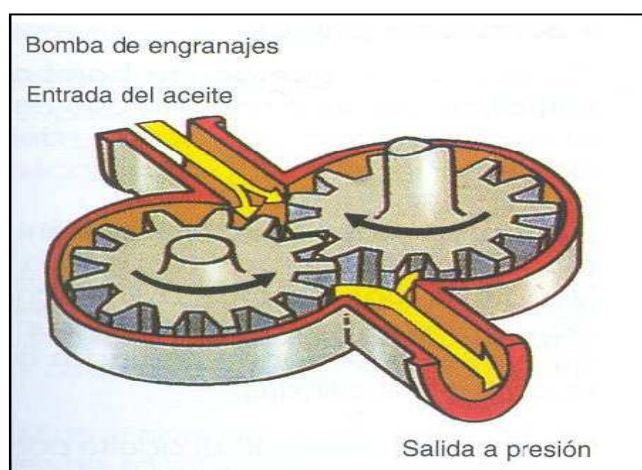


FIGURA 2.13 BOMBA DE ENGRANAJES

b. Bomba de lóbulos

También es un sistema de engranajes pero interno. Un piñón (rotor) con dientes, el cual recibe movimiento del árbol de levas, arrastra un anillo (rodete) de cinco dientes entrantes que gira en el mismo sentido que el piñón en el interior del cuerpo de la bomba, aspira el aceite, lo comprime y lo envía a una gran presión. La holgura que existe entre las partes no debe superar las tres décimas de milímetro. (Figura 2.14)

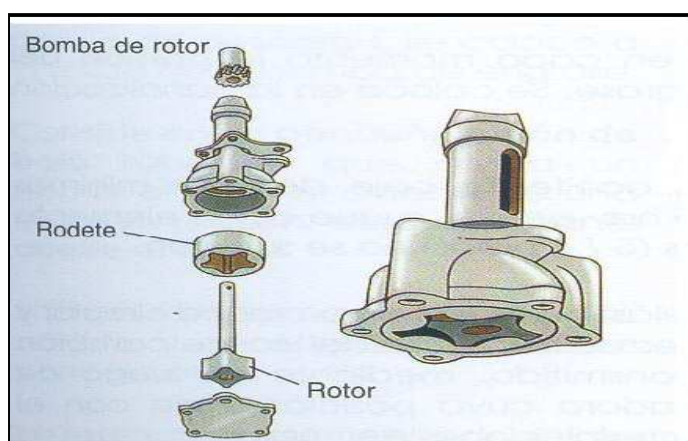


FIGURA 2.14 BOMBA DE LÓBULOS

c. Bomba de paletas

Tiene forma de cilindro, con dos orificios (uno de entrada y otro de salida). En su interior se encuentra una excéntrica que gira en la dirección contraria de la dirección del aceite, con dos paletas pegadas a las paredes del cilindro por medio de dos muelles (las

paletas succionan por su parte trasera y empujan por la delantera). (Figura 2.15)

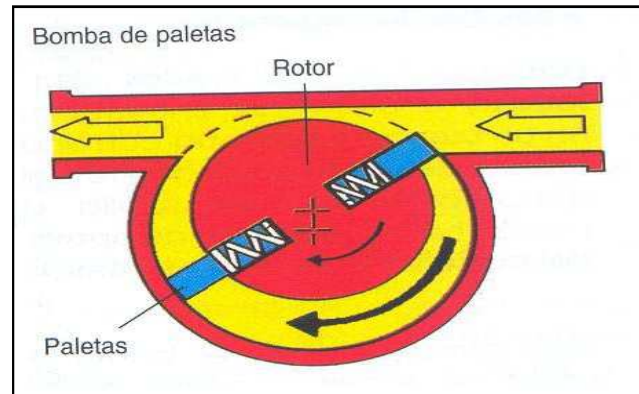


FIGURA 2.15 BOMBA DE PALETAS

2. Manómetro

Se encarga de medir la presión del aceite del circuito en tiempo real. (Figura 2.16).



FIGURA 2.16 MANÓMETRO

3. Contacto de Presión de Aceite

Interrupor accionado por la presión del aceite que abre o cierra un circuito eléctrico. Cuando la presión del circuito es muy baja se enciende una luz. (Figura 2.17)



FIGURA 2.17 CONTACTO PRESIÓN DE ACEITE

4. Testigo luminoso

Indica la falta de presión en el circuito, y se enciende la luz cuando la presión baja de 0'5 hg/cm² e indica la falta de aceite.

5. Indicador de nivel

También se coloca un indicador de nivel que actúa antes de arrancar el motor y con el contacto dado. La aguja marca cero con el motor en marcha.

6. Válvula limitadora de presión

También se puede denominar válvula de descarga o reguladora, va colocada en la salida de aceite de la bomba de aceite. Su misión es cuando existe demasiada presión en el circuito abre y libera la presión. Consiste en un pequeño pistón de bola sobre el que actúa un muelle. La resistencia del muelle va tarada a la presión máxima que soporte el circuito. (Figura 2.18)

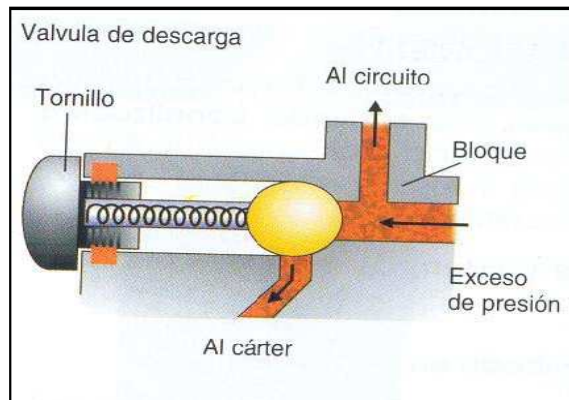


FIGURA 2.18 VÁLVULA LIMITADORA DE PRESIÓN

7. Filtros de aceite.

El aceite en su recorrido por el motor va recogiendo partículas como:

- Partículas metálicas (desgaste de las piezas)
- Carbonilla y hollín (restos de la combustión)

El aceite debe ir limpio de vuelta al circuito y este dispone de dos filtros:

- Un filtro antes de la bomba (rejilla o colador)
- Un filtro después de la bomba (filtro de aceite o principal)

El filtrado puede realizarse de dos maneras: en serie y en derivación.

- Filtrado en serie: todo el caudal de aceite pasa por el filtro.

Es el más utilizado. (Figura 2.19)

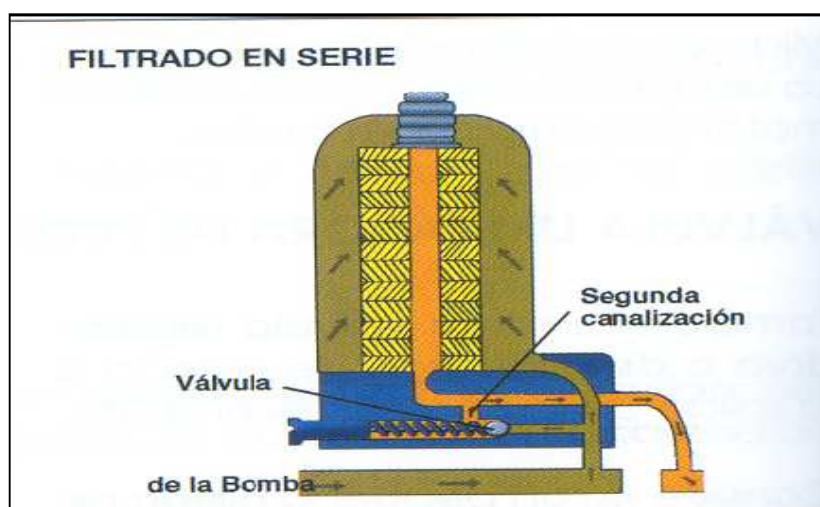


FIGURA 2.19 FILTRADO EN SERIE

- Filtrado en derivación: solo una parte del caudal de aceite pasa por el filtro. (Figura 2.20)

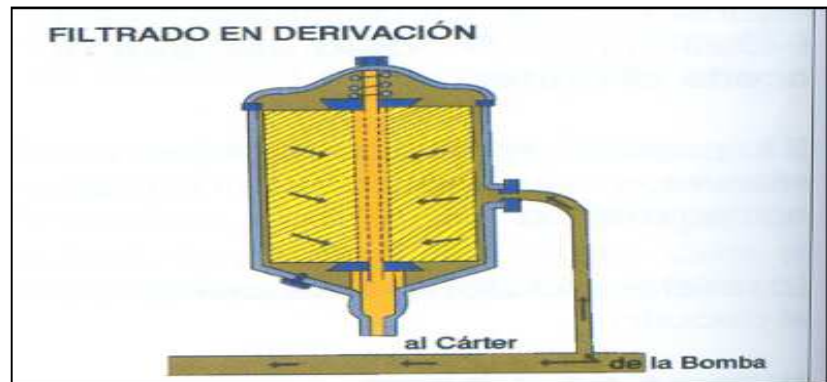


FIGURA 2.20 FILTRADO EN DERIVACIÓN

Tipos de filtro de aceite

Los filtros van provistos de un material textil y poroso y van provistos de una envoltura metálica. Figuras 2.21, 2.22, 2.23. Los más usados son:



FIGURA 2.21 CARTUCHO RECAMBIABLE

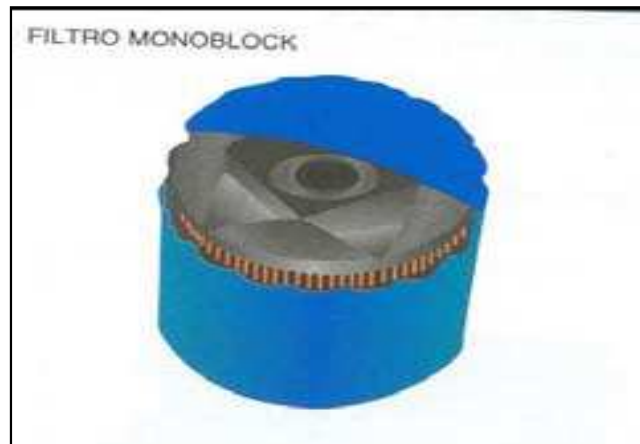


FIGURA 2.22 FILTRO MONOBLOCK



FIGURA 2.23 FILTRO CENTRÍFUGO

8. Refrigeración del aceite

Debido a las altas temperatura el aceite pierde su viscosidad (se vuelve más líquida) y baja su poder de lubricación. Se emplean dos tipos de refrigeración:

1. Refrigeración por cárter
2. Refrigeración por radiador: El aceite pasa por un radiador controlado por una válvula térmica, la cual cuando el aceite está demasiado caliente deja pasar agua que procede del radiador del sistema de refrigeración de agua(mientras esta frío el aceite no deja pasar agua).

(Ver Figura 2.24)

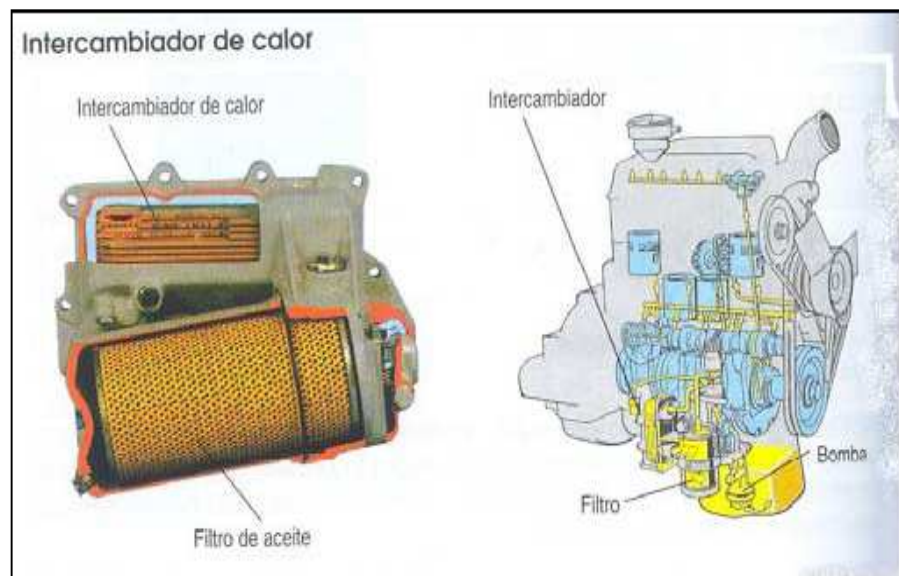


FIGURA 2.24 INTERCAMBIADOR DE CALOR

2.10 Rectificadoras

Las piezas que forman el conjunto de un motor son expuestas a desgaste y deformaciones. Esto se debe al rozamiento entre las piezas y al calor generado entre las partes móviles. Para arreglar

estos desgastes y deformaciones se usa la técnica del rectificado que se basa en el mecanizado de las piezas, hasta hacer iguales las superficies de contacto y brindarles un acabado superficial que disminuya el rozamiento y ayude en la lubricación de los órganos en movimiento.

Se hace el rectificado en piezas tales como: los cilindros del bloque del motor, cigüeñales, arboles de levas, asientos de válvulas, etc.

Además se rectifican las piezas de ajuste que necesiten la planificación de la superficie como por ejemplo, culatas, bloques del motor, etc. El rectificado es una técnica de mecanizado parecido al que hacen las fresadoras y tornos. Se cambian las cuchillas o fresas por muelas abrasivas, que logran un acabado superficial más fino y una medida final más precisa.

Para el rectificado de los motores se usa una maquinaria determinada, diseñada para el trabajo en las diferentes piezas del motor, como podrían ser las usadas para rectificar los cilindros del motor, la rectificadora cilíndrica para cigüeñales, o la rectificadora usada para planificar culatas.

El rectificado es una operación que se efectúa en general con piezas ya trabajadas anteriormente por otras máquinas

herramientas hasta dejar un pequeño exceso de metal respecto a la dimensión definitiva. El rectificado tiene por objeto alcanzar en las dimensiones tolerancias muy estrictas y una elevada calidad de acabado superficial; se hace indispensable en el trabajo de los materiales duros o de las superficies endurecidas por tratamientos térmicos. Las herramientas empleadas son muelas giratorias.

Muelas Abrasivas

Están compuestas por granos abrasivos aglomerados en dispersión en un cemento que define la forma de la herramienta. Los granos representan infinitos filos que, al actuar con elevada velocidad sobre la pieza en elaboración, arrancan minúsculas partículas de material. Este modo de trabajar indica también los requisitos que deben poseer los abrasivos: dureza, resistencia al desgaste y resistencia a la rotura.

Los abrasivos utilizados actualmente son artificiales. El Alundum (hasta 99 % de Al_2O_3 cristalizado) conocido en el comercio también con los nombres de Corundum, Coralund, Aloxite y Alucoromax, se utiliza generalmente para trabajar aceros. El carburo de silicio (SiC) conocido como Carborundo. Crystolon y Carborite, más duro, pero menos resistentes a la rotura, se utiliza para materiales durísimos

que son poco tenaces (fundiciones y carburos metálicos) o materiales blandos (aluminio, latón y bronce). El Borolón es el abrasivo artificial más duro y resistente que se conoce.

La dimensión de los granos está vinculada a la utilización de la muela: para muelas desbastadoras se emplea grano grueso; para operaciones de rectificado se pasa de los granos medianos a los finos, hasta llegar a los polvos utilizados para el pulido. El número índice del grosor de los granos expresa el número de hilos por pulgada contenido en el último cedazo separador atravesado (los granos más finos llegan hasta 240 hilos).

Los aglomerantes de las muelas pueden ser cerámicos, de silicato sódico y arcilla, o elásticos.

Los aglomerantes cerámicos, constituidos por arcillas, cuarzo y feldespato, que reducidos a polvo se empastan con el abrasivo y se conforman con moldes apropiados, después de un periodo de desecación lenta se vitrifican en hornos de túnel (a unos 1.500 °C durante 3-5 días). Son de uso corriente y poseen óptimas cualidades, pero presentan poca elasticidad. Los aglomerantes de silicato sódico y arcilla requieren una cocción a 200-300 °C; con esta pasta se construyen muelas menos duras que las anteriores y

con acción abrasiva reducida; son más económicas, pero de menor duración. Los aglomerantes elásticos, adoptados para la construcción de muelas delgadas para corte o capaces de un elevado grado de acabado, pueden ser el caucho vulcanizado, la baquelita u otras resinas sintéticas, o goma laca.

Los datos característicos de una muela son el tipo de abrasivo, su granulación (gruesa, mediana, fina o muy fina), su tenacidad (muy blanda, blanda, mediana, dura o muy dura), su estructura (cerrada,, mediana o abierta) y el tipo de cemento aglomerante.

Máquinas y Equipos Rectificadores:



FIGURA 2.25 MÁQUINA RECTIFICADORA

- Máquinas herramientas y equipos utilizados para la rectificación de la culata.
- Máquina para rectificar culatas (de tres ángulos), con sus herramientas.
- Máquina para rectificar válvulas con sus herramientas.
- Máquina para pruebas hidroneumáticas con sus herramientas.
- Máquina para rectificar superficies planas.
- Máquina extractora e instaladora de guías de válvulas.
- Extractor de asientos.
- Instalador de asientos.
- Extractor de guías.
- Instalador de guías.
- Rimas y Buriles.

Con estas máquinas herramientas se realizan operaciones específicas como:

- ✓ Rectificación de cigüeñales.
- ✓ Alesado de cilindros.
- ✓ Bruñido de cilindros.
- ✓ Alesado de bujes de árboles de levas, comando y balanceadores.

- ✓ Rectificación integral de tapas de cilindros y planos de block.
- ✓ Rectificación de árboles de levas.
- ✓ Mecanizado de asientos de válvulas.
- ✓ Rectificación de válvulas.
- ✓ Mecanizado y bruñido de interiores de bielas y bancadas.
- ✓ Alesado de bujes de biela y su escuadrado.

2 .11 Herramientas de Diagnóstico.

Las herramientas de diagnóstico más utilizadas son:

- **RAYOS X y ULTRASONIDO** para control de aptitud y análisis de estructuras de ejes, cigüeñales y piezas en general.
- **SHOT PENNING** proceso y técnica, para cigüeñales, ejes o piezas varias.
- **DISTENSIONADO ELECTRÓNICO** para liberar tensiones residuales de soldaduras, en mecanizados y/o rectificado de cigüeñales y piezas varias.
- **ENDOSCOPIA ELECTRÓNICA** para analizar impurezas, fisuras o suciedad en zonas de difícil acceso, orificios de lubricación, etc.

- **CONTROL DE ALINEACIÓN CON TELESCÓPIO DE MICROALINEACIÓN ÓPTICA** para control de alineación de alojamiento de cojinetes de bancada y para control de plenitud de superficie de placa base, blocks, frames, etc. hasta 30m de longitud. Para controles In Situ o en la fábrica.
- **LABORATORIO QUÍMICO** para análisis cualitativo y cuantitativo de las diferentes aleaciones.
- **LABORATORIO FÍSICO** para el estudio de las estructuras y durezas de las distintas aleaciones.

Con este tipo de herramientas se asegura la calidad de los trabajos realizados en la rectificadora que sean de alta calidad, y tener los mínimos problemas posibles al momento de realizar las pruebas dinamométricas.

CAPÍTULO 3

3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

Existen varios factores que disminuyen la productividad de una empresa, como la falta de capacitación técnica, de procedimientos establecidos; procesos ineficaces, innecesarios e inexistentes que conducen solamente a la pérdida de recursos.

3.1 Descripción de la Empresa.

Taller R.G.M es una Compañía de Servicio dedicada a la reparación de motores de combustión interna de maquinaria de una marca líder a nivel mundial **Figura 3.1.**



FIGURA 3.1 TALLER R.G.M.

Taller R.G.M. se encuentra ubicado al norte de la ciudad de Guayaquil y también en la ciudad de Quito, sus instalaciones cuentan con una oficina principal donde trabaja el personal administrativo, Gerentes, Supervisores, Técnicos, Asistentes y varios galpones donde se realizan las reparaciones de los motores a través de sus mecánicos especializados.

El galpón del área de reparación de motores de combustión interna, es cerrada para poder prevenir excesos de polvo y contaminación, cuenta con un área de recepción de equipos donde son trasladados a través de tecles automáticos de 2 toneladas marca **YALE** a una área inicial de lavado, cuenta con una máquina lavadora de alta presión marca **WAP** de 2.600 psi para limpieza externa de los motores, otra lavadora de componentes que trabaja con químicos marca **HYDROBLAST** que realiza una limpieza completa tanto interna como externa de todo tipo de suciedad, grasa u óxido.

El área de reparación de motores cuenta además con varias sub-áreas donde se dividen los trabajos según la especialidad y son los siguientes: Área de recepción-limpieza, desarmado, mecanizado, reparación de componentes, armado y prueba.

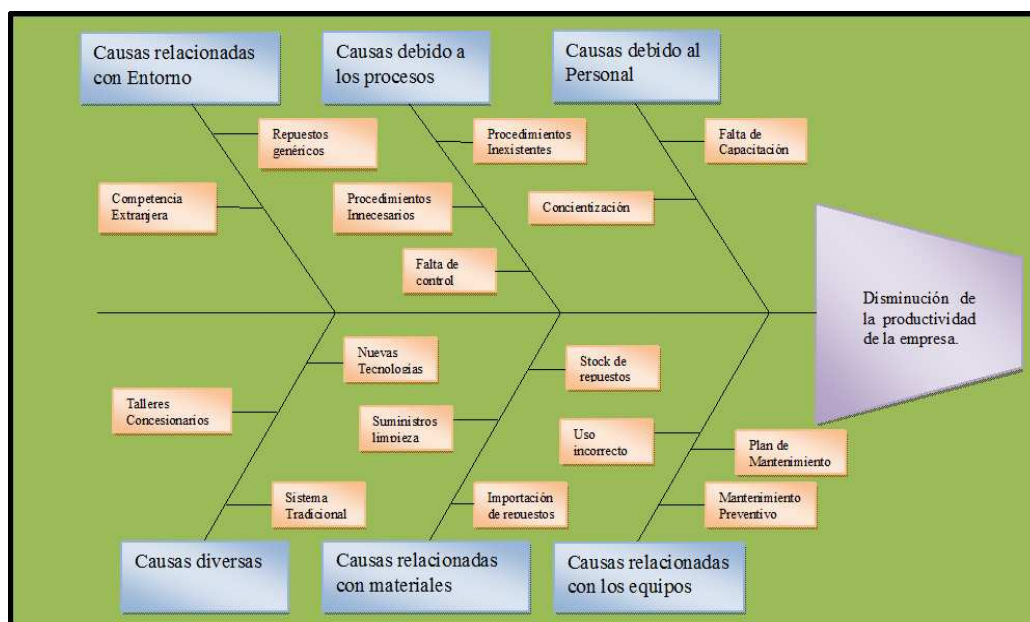
En el área de mecanizado se puede mencionar la rectificadora marca **ROBBI**, y cada una de estas áreas cuenta con herramientas especiales según sus necesidades.

Se destaca actualmente el uso de dos bancos de inyección marca **HARTRIDGE** y de dos dinamómetros nuevos marca **TAYLOR** instalados en los dos Talleres (Guayaquil y Quito) que sirven para

probar motores con una potencia máxima de 1.500 HP, lo que ofrece gran confianza en las reparaciones.

Taller **R.G.M.** con el afán de servir a sus clientes, constantemente se actualiza e incorpora nuevos proyectos de desarrollo de los cuales ha conseguido los siguientes certificados: ISO9000, Control de Contaminación y actualmente está implementando 6 SIGMA a varios procesos para realizar mejoras continuas.

A pesar de que el taller cuenta con muy buena infraestructura no se aprovecha todos sus recursos eficientemente. Para poder determinar la causa raíz de los problemas se hace uso de una herramienta de diagnóstico como es el diagrama causa – efecto (espina de pescado). Figura 3.2.



**FIGURA 3.2 DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO UTILIZADO
EN LA INVESTIGACIÓN
(Espina de Pescado)**

Como se observa en la figura 3.2 en el diagrama causa efecto, la problemática se enfoca en varias causas tales como: falta de capacitación del personal, falta de control en los procesos, falta de registro observaciones y datos técnicos más importantes, aprovechamiento eficiente de la mano de obra, falta de planes de mantenimiento preventivo en equipos.

3.2 Descripción del Problema.

A continuación se grafica mediante un diagrama de flujo las operaciones realizadas en un proceso común de reparación de motores de combustión interna **Figura 3.3.**

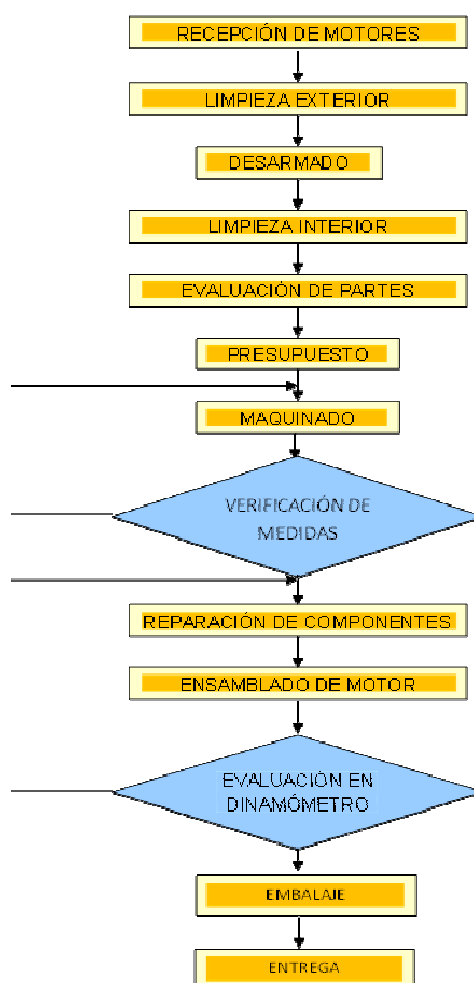


FIGURA 3.3 DIAGRAMA DE FLUJO DE REPARACIÓN DE MOTORES

Como se puede observar existen trece operaciones importantes donde se deberían registrar mediante hojas de control, los datos más relevantes y observaciones que fueron apareciendo, lo cual no existía.

Entre estas operaciones existen dos puntos de verificación, en donde se analiza las medidas y datos obtenidos como dimensiones, potencia, temperatura, presión, etc. para luego comparar con los datos técnicos de Fábrica y poder determinar la confiabilidad de la reparación, en estos dos puntos de verificación deberían existir informes de evaluación que certifiquen los datos obtenidos , que incluyan los datos actuales, datos de comparación , nombre del mecánico que realizó la toma de medidas o pruebas, nombre del supervisor encargado y notas adicionales, estos informes de evaluación existían pero incompletos, facilitando cualquier error.

Una vez tomados todos los datos y de llegar a existir una diferencia en los parámetros se deberá regresar a los puntos ya sea de maquinado o de reparación de componentes para corregir el problema.

Las herramientas de análisis que permiten determinar las fases del proceso donde existe el cuello de botella de una manera general, es a través de los diagramas de operaciones del proceso y el diagrama analítico del proceso. Figura 3.4 y Figura 3.5.

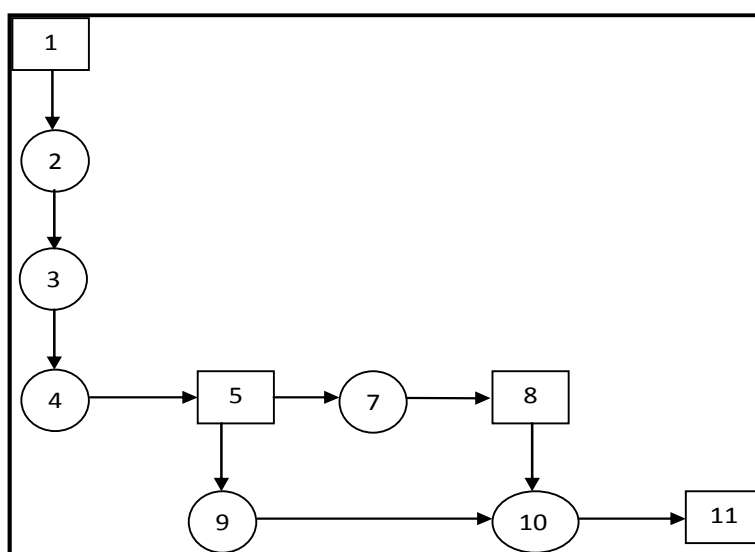


FIGURA 3.4 DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO

En estos diagramas se puede identificar el contenido de cada operación realizada en el proceso de reparación de un motor de combustión interna.

Como se puede observar los puntos que causan el cuello de botella en el proceso son los punto 5 y 6, los cuales corresponden a la evaluación de partes y a la elaboración del presupuesto.

A continuación se muestra en la figura 3.5 el diagrama analítico del proceso con sus respectivos tiempos.

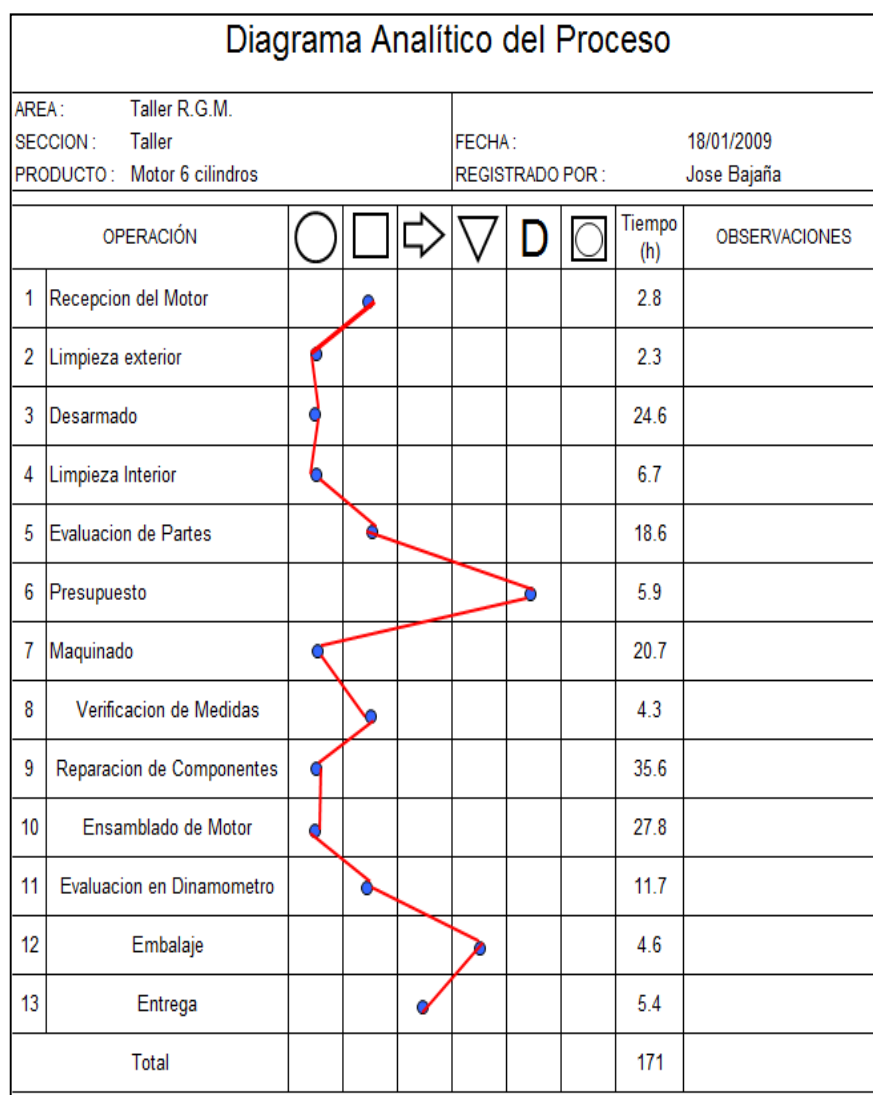


FIGURA 3.5 DIAGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO

En este diagrama se enfoca el punto 6 que representa claramente el retraso de la reparación de un motor lo que provoca que el tiempo total utilizado para la reparación de un motor sea de 171 horas.

3.3 Diagrama de Flujo de las Operaciones.

Uno de los grandes problemas que existen en el Taller es la demora en entregar sus presupuestos para las respectivas reparaciones, si se considera que un cliente aprueba inmediatamente el presupuesto, el motor reparado era entregado en el lapso promedio de un mes, llegando a existir casos en que la reparación de un motor demoraba hasta dos meses.

Como se puede observar existe un gran problema en los tiempos de operación, por lo antes citado se debe implementar un plan de mantenimiento autónomo con la finalidad de obtener tiempos óptimos de reparación.

Para empezar se realiza el diagrama de operaciones figura 3.6 de los tiempos promedios por operaciones existentes en Enero de 2.009 fecha en que se inicia el estudio; los tiempos obtenidos son referenciales y sirven solamente para poder visualizar el problema en general.

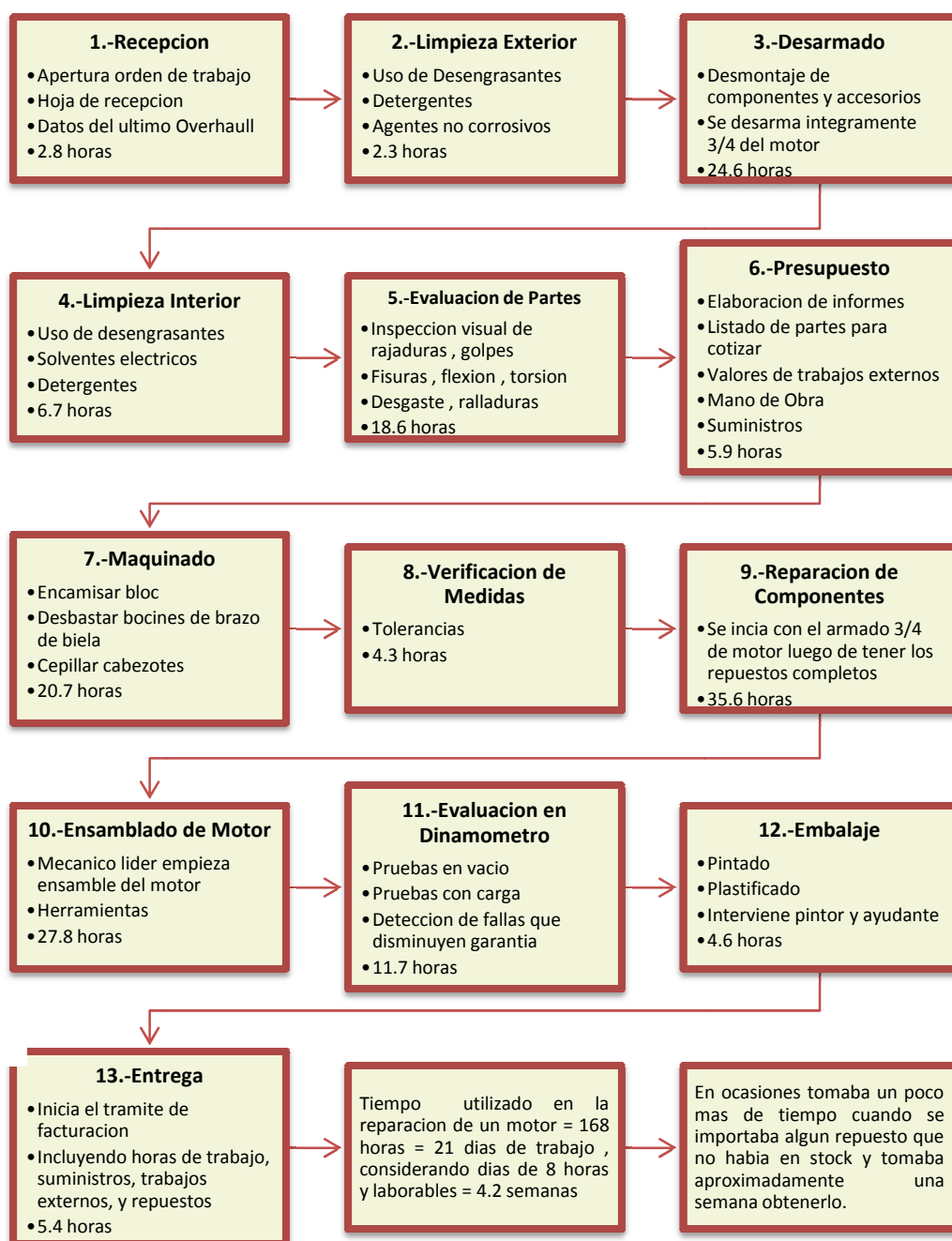


FIGURA 3.6 DIAGRAMA INICIAL DE OPERACIONES

Como se puede observar en la **figura 3.6**, cada proceso está indicado con sus respectivos tiempos promedios existentes, a continuación se describen todas las operaciones con sus tiempos:

✚ La operación de recepción de motores incluye apertura de la orden de trabajo en el sistema operativo donde se ingresan los datos del equipo y del cliente, el tiempo de traslado al galpón, el desembarque del motor y una sencilla recepción del equipo tomaba 2,8 h en promedio e intervenían tres personas administrativas, el Recepcionista quien abre la orden de trabajo (0,75 h), Coordinador de Servicio quien acompañaba al cliente al galpón (0,5 h) y el Supervisor Técnico quien se encarga de recibir el motor y llenar una hoja de recepción, más un ayudante de mecánica quien desembarca el motor del vehículo (1,55 h) como se observa ya desde el inicio existe una demora en el proceso, es decir que un cliente debía permanecer por lo menos un promedio de 2,8 h solo en entregar el motor al Taller; debido a esto existen muchos comentarios negativos y por lo tanto es una parte del proceso que debe ser corregida.

✚ Luego de recibir el equipo este pasa al área de lavado donde se limpia exteriormente usando una lavadora a presión, este

proceso demora en promedio 2,3 h debido a que se realizan varias lavadas con químicos y detergente, esto más el uso de una lavadora a presión inapropiada hacen que el tiempo de lavado exterior sea elevado, esta operación la realiza un ayudante de mecánica.

✚ Con el motor limpio se lo lleva al área de desarmado donde el mecánico líder empieza a desmontar los componentes principales del motor como bomba de inyección, bomba de agua, bomba de aceite, turbo alimentadores, bomba de transferencia, motor de arranque y alternador los cuales son distribuidos a varias sub-áreas de reparación para que mecánicos especializados se encarguen en desarmar dichos componentes.

✚ El mecánico líder además de desmontar todos los componentes secundarios como cañerías, bases, codos, etcétera, desarma íntegramente el $\frac{3}{4}$ de motor el mismo que incluye el cigüeñal, barra de levas, brazos de biela y pistones, este proceso completo de desarmado implica un promedio de 24,6 h para motores de 6 cilindros.

Una vez desarmado todos los componentes del motor, estos pasan al área de lavado nuevamente, donde ingresan a una lavadora especial que realiza la limpieza tanto interna como externa de los componentes retirando todo tipo de suciedad, grasa, oxido y pintura; después de un tiempo promedio de 6,7 h, los componentes salen completamente limpios y son retirados de la máquina para identificarlos con la orden de trabajo correspondiente, en esta operación interviene un ayudante de mecánica quién vigila la operación correcta de la máquina.

Después se llevan las partes a cada una de las sub-áreas donde cada pieza principal es evaluada y se elabora un informe, se tiene los siguientes, en el cigüeñal y barra de levas se revisan las medidas actuales, su dureza, radio de curvatura, flexión, torsión y si existe presencia de óxido, ralladuras y golpes; en el bloc se revisa las medidas del túnel y si existe presencia de rajaduras que no permitan el buen funcionamiento de este componente; en los brazos de biela se miden los diámetros internos, se verifica si existe flexión o torsión y si hay presencia de golpes, oxidación o alguna otra deformación, en los pistones se miden los espacios donde se alojan los rines, su diámetro interno y si existen ralladuras

pronunciadas o pérdida excesiva de material debido a la combustión; en las camisas se verifica su grado de desgaste y si existe una fisura o ralladura que impidan su reutilización.

✚ En las sub-áreas cada componente se analiza por un mecánico especializado, se tiene que para el cabezote se evalúa si existe torcedura y si tiene rajaduras o alguna marca de soldadura que indique alguna falla crítica, además se analizan las válvulas, resortes, seguros y guías para asegurar un correcto funcionamiento; en la bomba de agua se revisa la caja principal, el eje y la turbina los cuales no deben presentar desgastes excesivos ya que esto disminuye considerablemente la presión; en la bomba de aceite se revisa la caja, válvula y piñones si existe desgaste excesivo; en la bomba de inyección se inspecciona el eje principal y los bombines los cuales no deben estar desgastados para que puedan cumplir el objetivo de bombear a cierta presión el combustible; los inyectores son evaluados en un banco de prueba manual y se examina el rociado y la presión de apertura; en el turbo se examinan las cajas, el eje, las turbinas los cuales deben tener un desgaste mínimo y no tener rajaduras o ralladuras ya que estos componentes son considerados como críticos debido a que

trabajan a elevadas velocidades y temperaturas, finalmente en los componentes eléctricos como motor de arranque y alternador se revisan el rotor y estator si existe continuidad.

En esta parte del proceso trabajan cinco mecánicos y su tiempo promedio es de 18,6 h donde incluye el tiempo total de evaluación, la elaboración de los informes y listado de partes, este último es una parte crítica debido a la importancia de seleccionar correctamente los repuestos que son necesarios, además genera retrasos en las reparaciones ya que se pierden más de 8 h en realizar los listados ya que estos deben ser consultados en microfichas, es importante indicar que un gran porcentaje de los repuestos necesarios se repiten entre una y otra reparación.

📌 Luego de realizar la evaluación de los componentes y piezas que son parte del motor, y con los listados de partes que se elaboran, estos se entregan al Supervisor Técnico quien los revisa y luego autoriza al vendedor del Taller que cotice los mismos.

Estos listados no se imprimen en el área de trabajo sino en otra área lo cual genera pérdida de tiempo ya que el vendedor debe trasladarse a otro sitio para retirar los listados, posteriormente estos se entregan al Supervisor Administrativo quien reúne toda la información faltante como los valores de los trabajos externos, suministros y los tiempos de mano de obra que se consultan a los mismos mecánicos, lo que provoca un problema debido a que no es una información veraz ya que esta a criterio de un mecánico sin el debido estudio, hasta tener impreso el presupuesto, el Taller invierte 5,9 h en la elaboración del presupuesto e intervienen tres personas administrativas.

Después de que el cliente aprueba la reparación, la orden se habilita para pedir repuestos, en promedio la Importadora se demora una semana en traer los repuestos que no tiene en stock, en esta parte del proceso las reparaciones se detienen si los repuestos que se importan son críticos como por ejemplo, pistones, camisas, chapas, rines, bombines, ejes, etc.; lo que impide continuar con la reparación.

✚ Uno de los procesos que pueden continuar es el de maquinado, en este interviene un mecánico y emplea un promedio de 20,7

h; su labor se simplifica en encamisar el bloc, desbastar bocines de brazos de biela y cepillar cabezotes, alguna otra operación de maquinado se la realiza en talleres autorizados.

Terminado los trabajos de maquinado se evalúan nuevamente para verificar las medidas, en este proceso intervienen dos mecánicos y se utiliza un promedio de 4,3 h.

Con los repuestos completos el Supervisor Administrativo autoriza a los mecánicos iniciar la reparación, en esta operación el tiempo promedio es de 35,6 h e intervienen cinco mecánicos.

Una vez reparados los componentes y el $\frac{3}{4}$ de motor, el mecánico líder empieza con el ensamblado del motor, donde son montados los componentes nuevamente para completarlo, en este proceso trabaja un mecánico y utiliza un promedio de 27,8 h, algo importante de indicar es que la utilización de otro mecánico en el ensamblaje aumenta considerablemente las horas en este proceso.

Finalmente uno de los procesos claves es la prueba del motor en el dinamómetro, gracias a esta prueba se puede detectar

alguna falla en la reparación lo que disminuye considerablemente las probabilidades de una garantía, en esta parte del proceso interviene un mecánico quien se encarga de montar el motor en bases y acopla todas las mangueras como la de circulación de agua y la de combustible además los sensores necesarios que permitan medir temperaturas y presiones; luego el motor es encendido, se prueba en vacío y con carga para determinar la potencia del mismo, una vez que se obtienen los parámetros de operación del motor y se corrige cualquier falla se procede a desmontar todos los accesorios instalados, todo este proceso implica un promedio de 11,7 h.

🔧 Con el motor reparado y probado este se traslada al área de embalaje donde es pintado y plastificado, en esta parte del proceso intervienen un pintor contratado y un ayudante de mecánico, ambos tienen listo su trabajo en un promedio de 4,6 h.

🔧 Paralelamente se inicia el trámite de facturación, el Supervisor Administrativo autoriza al Asistente Administrativo cerrar y facturar la orden, para lo cual el asistente verifica que todas las horas de los mecánicos, suministros, trabajos externos y

repuestos estén cargadas a la orden de trabajo, una vez hecho esto se comunica al Supervisor quien revisa finalmente los valores totales de no existir discrepancias se autoriza la facturación.

De existir pérdidas el Supervisor debe solicitar autorización al Gerente para proceder, este trámite más el de entregar el motor al cliente implican 5,4 h e intervienen siete personas administrativas.

En resumen este diagrama de recorrido inicial es el siguiente.

Figura 3.7.

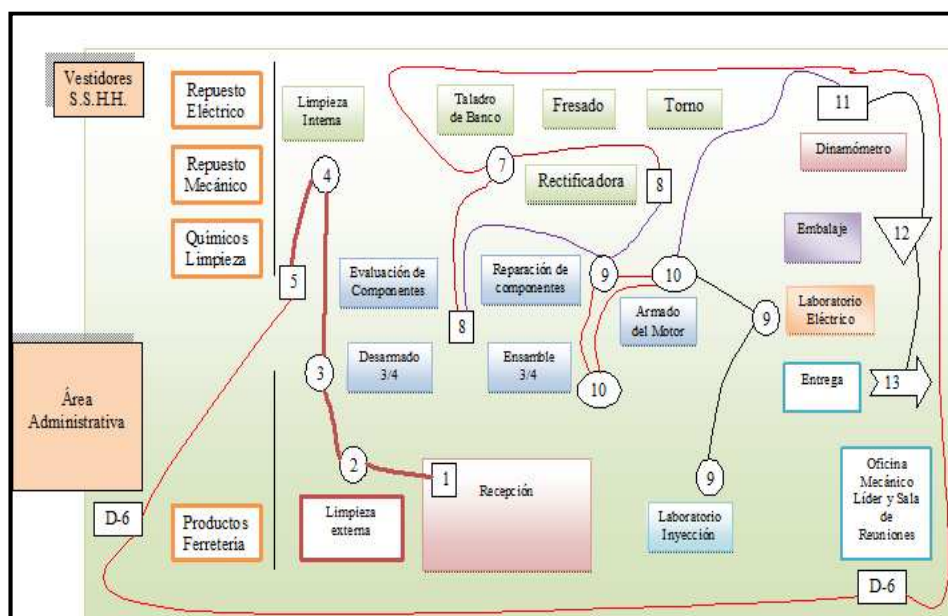


FIGURA 3.7 DIAGRAMA DE RECORRIDO INICIAL

Con el diagrama de recorrido se puede verificar lo antes descrito, se nota claramente que la problemática del proceso está en los puntos 5 y 6. En el punto seis se visualiza primero la participación administrativa y luego la participación del mecánico líder, es por esto que se ocasiona el problema y da origen a la ineficiencia en la elaboración de un presupuesto debido al desperdicio de tiempo, los mecánicos deben esperar la respuesta del cliente la cual da paso a la respuesta administrativa para poder continuar con la reparación. De esta evaluación de tiempos y procesos se puede simplificar que existe mal uso y falta de control del tiempo además procesos innecesarios los cuales pueden ser eliminados sin afectar la calidad del trabajo sino mas bien mejorarlo.

Como se puede observar en el gráfico de Distribución de Tiempos **figura 3.8**, el tiempo total de reparación promedio estaba repartido de la siguiente manera: 1,5 semanas en entregar el presupuesto (29%); 2,5 semanas en entregar la reparación (52%) y cuando no existe algún repuesto en stock 1 semana más como mínimo en la importación (19%).

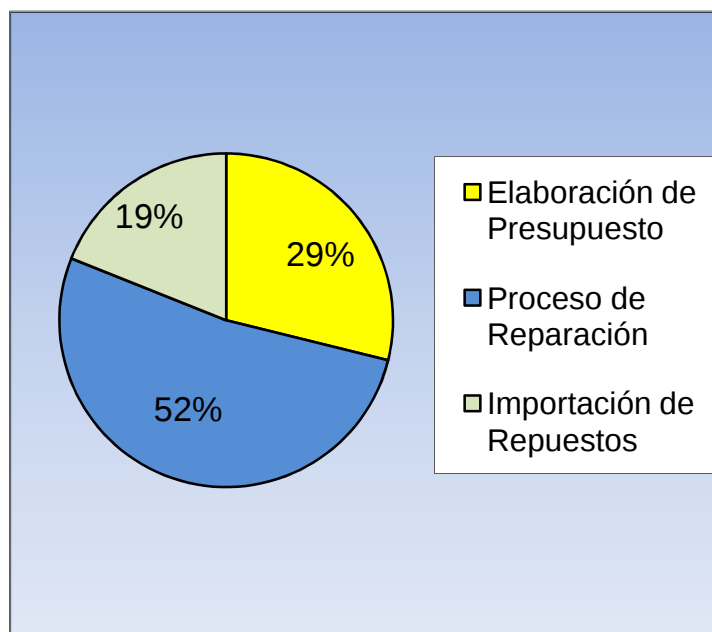


FIGURA 3.8 DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS

Muchos factores contribuyen en la demora, la falta de atención al cliente, la falta de tiempos establecidos que permitan un compromiso con el cliente ya sea en la entrega del presupuesto ó en la reparación, la falta de entrenamiento y capacitación técnica al nuevo personal, la falta de provisión de repuestos más utilizados y muchos otros factores hacen que no guarde relación el tiempo real para entregar una reparación.

Como es evidente, se presentan problemas desde la recepción del equipo hasta la elaboración del presupuesto definitivo, en la fase de reparación los problemas más comunes es la lentitud con que se

realiza una reparación sin considerar los problemas de mal armado que son muy frecuentes y que aparecen en las pruebas dinamométricas y finalmente en la entrega del motor, una serie de trámites administrativos lo que resulta en una constante demora en la reparación de un mes promedio.

3.4 Evaluación de los Tiempos Usados en las Operaciones.

Para evaluar los tiempos usados en las diferentes operaciones, primero se debe empezar a hablar sobre la productividad de la empresa, para ello se debe conocer el significado, “Productividad es la relación entre producción final y factores productivos (tierra, capital y trabajo) utilizados en la producción de bienes y servicios”, entiéndase a la Producción como “La creación y procesamiento de bienes y mercancías” y a los factores productivos como “Los materiales o recursos utilizados en el proceso de producción “. La productividad se calcula generalmente utilizando números índices, por ejemplo, con la producción y las horas trabajadas, para este caso se tomarán estos dos índices históricos de la empresa.

Para determinar la productividad antes de iniciar el programa, se necesita conocer las producciones. Como se puede observar en la figura 3.9, dos años antes de iniciar con el mismo, las ventas

realizadas en Guayaquil fueron de \$77,107 USD en 2008 y disminuyeron en el 2009 a \$62,436 USD y en Quito fueron de \$29,688 USD en 2008 y aumentaron a \$38,998 USD en el año 2009.

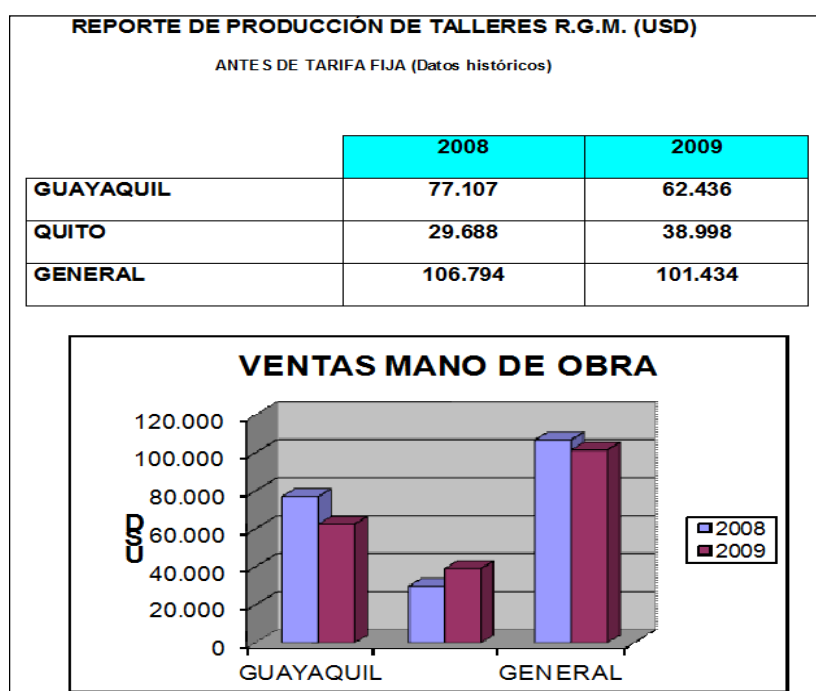


FIGURA 3.9 REPORTE DE PRODUCCIÓN

El segundo parámetro son las horas trabajadas como se muestra en la figura 3.10, para lo cual se tiene que en Guayaquil se trabajaron 10.815 h en 2008 mientras que en el año 2009 disminuyó a 9.820 h; en Quito en cambio se trabajaron 5,643 h en 2008 y en el año 2009 subió a 5.923 h.

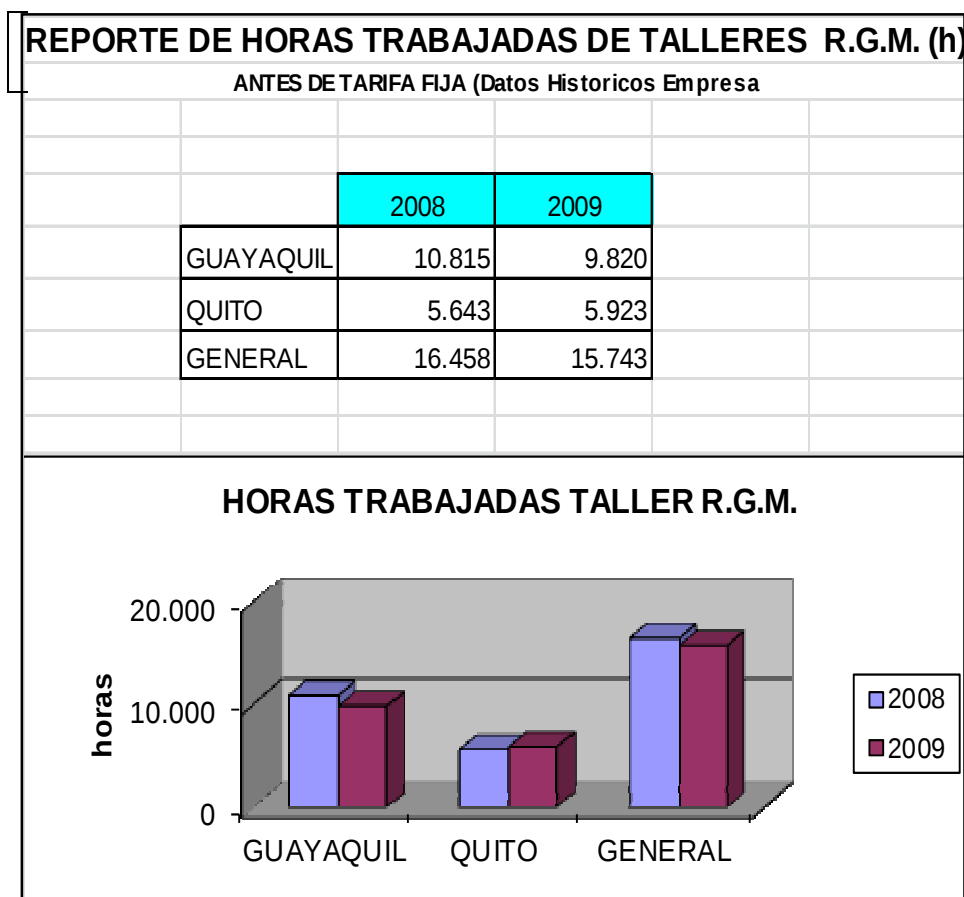


FIGURA 3.10 REPORTE DE HORAS TRABAJADAS

Para determinar la productividad se realiza la siguiente operación:

$$P = \frac{P_f}{H_t}$$

Donde:

P = Productividad

P_f = Producción final

H_t = Horas trabajadas

Por lo tanto, se calculan las productividades en los Talleres de Guayaquil y Quito, en los años de 2008 y 2009:

Taller de Guayaquil, año 2008

$$P_f = \$77,107 \text{ USD}$$

$$H_t = 10.815 \text{ h}$$

$$P = \frac{77.107}{10.815} = 7.13 \text{ USD/h}$$

Según el cálculo la productividad en el Taller de Guayaquil para el año de 2008 es de 7,13 USD/h, en la Tabla 1, se encuentra resumido los índices de productividad alcanzados en el Taller de Guayaquil, Quito y en General para los años de 2008 y 2009.

Como se puede observar en la Tabla 1, antes de iniciar con el programa completo que incluye la implementación de tiempos óptimos de reparación, mantenimiento autónomo y las reparaciones con presupuestos fijos, a nivel **General Talleres R.G.M.** presenta un índice de 6,44 USD/h para el año 2009, este índice ayuda a comparar con los índices obtenidos después de la implementación sugerida.

TABLA 1
INDICES DE PRODUCTIVIDAD TALLER R.G.M. (USD/h)

ANTES DE TARIFA FIJA		
	2008	2009
GUAYAQUIL	7.13	6.36
QUITO	5.26	6.58
GENERAL	6.49	6.44

3.5 Cálculo de la Eficiencia Global Inicial en la Rectificadora.

Luego de establecer y describir la situación inicial de la empresa, cabe recalcar un factor importantísimo que influye directamente en los índices de productividad el cual es el de maquinado por lo que se debe conocer que tan eficiente es el equipo al momento de realizar esta tarea.

Se procede a calcular la eficiencia a través de OEE eficiencia global, el mismo que abarca tres factores que son: Disponibilidad de equipos, calidad y producción, como se muestra a continuación en la Tabla 2.

TABLA 2
EFICIENCIA INICIAL DE LA RECTIFICADORA

CALCULO DE EFICIENCIA					
	Cod	1	2	3	Total
Tiempo total Min	A	423	435	384	1242
Tiempo de paros planeados min	B	0	0	0	0
Tiempo disponible Min	C = A-B	423	435	384	1242
Tiempo de paros no planeados	D	145	159	157	461
Tiempo de operación min	E = C- D	278	276	227	781
INDICE DE DISPONIBILIDAD	F = E/C	0,6572104	0,6344828	0,5911458	0,6288245
Produccion Total (Unidades)	G= Buena +K	0.34	0.35	0.31	1
Produccion tecnica (unid/min)	H	0.0012	0.0011	0.0013	0.0012
Produccion Tecnica unidades	I = E*H	0.33916	0.33661	0.29771	0.9756
INDICE DE PRODUCCION	J = G/I	1	1	1	1
Produccion rechazada unidades	K	0	0	0	0
INDICE DE CALIDAD	L= (G-K)/G	1	1	1	1
EFIC TOTAL (porcentaje)	ETE = F*J*L*100	65.72	63.44	59.11	62.72
Paros no planeados (min)					
Ajuste, calibracion		48		67	
Falta de personal			120		
Falta de materiales de empaque					
Falta de materia prima					
Averias Mecanicas		97		90	
Fallas electricas			39		
Falta de vapor					

Como se puede observar en la Tabla 2 se tiene que el índice que más afecta a la eficiencia total del equipo se encuentra determinado por el índice de disponibilidad por tiempos de paros no planeados debido a los ajustes, calibración, falta de personal debidamente capacitado para el uso del mismo y debido a falta de mantenimiento del equipo, esta última situación se refleja en los paros no

planeados debido a fallas mecánicas y eléctricas lo cual da un resultado de una eficiencia total del 62 %.

Por lo antes citado y tomando en consideración que las averías ocurridas en el equipo no son fallas catastróficas pero que interrumpen el proceso de mecanizado y dado que no se posee un plan de mantenimiento de los equipos utilizados en el taller, se debe implementar mediante formatos, walk around, check list, el mantenimiento autónomo en la rectificadora, equipo piloto en el cual se aplica la herramienta de mejora continua con la finalidad de mejorar la permanencia del buen estado del equipo, el cual realiza la función más importante dentro de lo concerniente a la reparación de un motor de combustión interna.

CAPÍTULO 4

4. IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

4.1 Concepto y Objetivos del Mantenimiento Autónomo.

Concepto del Mantenimiento Autónomo.

El Mantenimiento Autónomo es, básicamente prevención del deterioro de los equipos y componentes de los mismos. El mantenimiento llevado a cabo por los operadores y preparadores del equipo, puede y debe contribuir significativamente a la eficacia del equipo. Esta será participación del "apartado" producción o del operador dentro del TPM, en la cual mantienen las condiciones básicas de funcionamiento de sus equipos.

Objetivos del Mantenimiento Autónomo

- Eliminar las seis mayores pérdidas e incrementar la efectividad operacional del equipo por medio de actividades de grupos pequeños con el apoyo de la administración.
- Educar a los empleados en conocimientos y habilidades relacionados con los equipos.
- Mejorar el equipo, cambiar los métodos de trabajo, y revitalizar el lugar de trabajo.
- Asegurar la calidad del producto o servicio al 100% estableciendo y manteniendo condiciones para cero defectos

4.2 Desarrollo del Mantenimiento Autónomo, paso a paso.

TABLA 3
PASOS DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Paso	Puntos a enfatizar
1. Realizar limpieza inicial 2. Atender causas de equipo sucio	Los empleados aprenden gradualmente que <i>la limpieza es inspección</i> y los resultados van más allá de tener el equipo brillante. Mientras se mejora el mantenimiento del equipo, los operadores no solo conocen como se mejora el equipo, sino que se preparan para continuar trabajando en equipos pequeños
3. Mejorar áreas difíciles de limpiar	Mientras se mejora el mantenimiento del equipo, los operadores no solo conocen como se mejora el equipo, sino que se preparan para continuar trabajando en equipos pequeños
4. Estandarizar actividades de mantenimiento	Emitiendo y revisando los procedimientos estándar, los operadores comprenden que así como la gente que mantiene el equipo, deben tomar, implementar y promover sus propias decisiones de mantenimiento.
5. Desarrollar actividades de inspección generales 6. Realizar inspección autónoma	Los operadores aprenden los puntos vitales de su equipo por medio de estudio e instrucción, mejoran sus habilidades por medio de la práctica, y confirman su nivel de logro por medio de pruebas. Los miembros del equipo prueban su comprensión y adherencia a puntos de inspección importantes
7. Organizar y administrar el lugar de trabajo	Este paso refuerza la estandarización de reglamentaciones y controles, mejora de estándares, y uso de controles visuales para facilitar la administración del mantenimiento.
8. Motivar la administración autónoma	Las actividades del operador se monitorean para que sean consistentes con las metas de la organización.

Como se muestra en la tabla 3, para facilitar, guiar y controlar la labor del operador se realiza un levantamiento de los datos especificados por los fabricantes de las máquinas que forman la sección de rectificación así como varias sugerencias del personal

mantenedor lo que dio como resultado las siguientes tablas que van acorde al desarrollo del mantenimiento autónomo paso a paso:

Como se observa en la tabla 4, el formato consiste en el control de inspección y limpieza, el mismo contribuye en realizar inspecciones visuales periódicas al equipo que va a ser utilizado de tal forma que se garantice su correcta utilización, y minimizando los riesgos de accidentes o de posibles fallas de la maquina y producir paros no planeados.

El formato consta de los días de trabajo laborables y fines de semana en el caso de existir trabajos que se deben entregar de inmediato y es necesario laborar los fines de semana o feriados, con sus respectivos turnos. Se debe indicar la fecha de la semana correspondiente.

Consta en la parte superior los lugares más importantes del equipo que se deben inspeccionar, esto ayuda a que el operador no pierda tiempo y se dirija hacia los lugares exactos de inspección y realizar un chequeo visual rápido además de una limpieza que ayuda a mantener el buen estado del equipo que se esté revisando. En la parte inferior de la presente tabla se muestran las posibles anomalías existentes en el equipo, las cuales están codificadas con

letras y números, el operador debe llenar con estos códigos los casilleros indicados por el día, el turno y el componente de la máquina que se está inspeccionando, luego de esto con el transcurso de los días podremos notar si las novedades continúan, si han sido corregidas o han empeorado con el fin de prevenir fallas catastróficas y evitar costosas reparaciones.

TABLA 4
CONTROL DE INSPECCIÓN Y LIMPIEZA

Taller R.G.M.																									
Semana del del 2012 CONTROL DE INSPECCIÓN Y LIMPIEZA No.																									
Control de Inspección y Limpieza	Sección		Máquina	Limpiar área de trabajo	Verificar nivel de aceite del depósito	Verificar temperatura del aceite	Cables de resistencias	Cables de termocuplas	Puertas y Guardas de Seguridad	Pernos de Anclaje	Interferencia Mecánica con cables y pernos	Seguridades eléctricas	Componentes del sistema expulsor.	Mangueras	Alarma indicadora de filtro sucio	Presiones	Revisar temperatura del túnel	Chequeo motor bomba hidráulica							
Control de Inspección y Limpieza	Día	Turno																							
	Lunes	1er.																							
		2do.																							
	Martes	1er.																							
		2do.																							
	Miérc.	1er.																							
		2do.																							
	Jueves	1er.																							
		2do.																							
	Viernes	1er.																							
		2do.																							
	Sábado	1er.																							
		2do.																							
	Domin.	1er.																							
		2do.																							
					A1: Ok (visto)		B1: Requiere Lubricación		C1: Fuga de aceite		D1: Temperatura alta		E1: Flojo												
					A2: Vibración excesiva		B2: Requiere ajuste		C2: Fuga de agua		D2: Temperatura baja		E2: Roto												
					A3: Ruido excesivo		B3: Requiere limpieza		C3: Fuga de aire		D3: Presión alta		E3: Desgastado												
					A4: Ruido anormal		B4: Requiere cambio		C4: Fuga mecánica		D4: Presión baja		E4: Trizado												

Como se puede observar en la tabla 5, el presente formato es utilizado para realizar las tareas de lubricación y engrase según lo que manifiesta el manual de operación y mantenimiento del fabricante. Este documento sirve como registro de las actividades mencionadas, además de llevar un control y seguimiento de las averías que pueden suscitarse en caso de no realizar las tareas de lubricación y engrase.

Se busca reducir el periodo de desgaste de los componentes internos móviles del equipo, a su vez alargando el tiempo de vida útil del equipo.

El presente formato así mismo consta de los días laborables y fines de semana en caso de ser necesario, en su parte superior las actividades que deben ser ejecutadas cada cierto intervalo de tiempo, y en la parte inferior las posibles anomalías que pudiesen ser encontradas al momento de realizar las tareas establecidas en el formato.

Este documento será archivado en la carpeta de rondas semanales del taller con la finalidad de realizar el respectivo seguimiento de las novedades encontradas, si las mismas persisten, son repetitivas o fueron corregidas y eliminadas, o que efectos producen al momento

de utilizar el equipo y cuales con las consecuencias directas en el trabajo realizado por el operador.

TABLA 5
CONTROL DE LUBRICACIÓN Y ENGRASE

Taller R.G.M																				
Semana del del 2012 CONTROL DE LUBRICACIÓN Y ENGRASE No.																				
Sección	Máquina	Diario		Semanal	Mensual	Bimestral o 1000 h	Trimestral o 1500 h	Semestral o 3000 h	Anual o 6000 h											
				Engrase del camil de desplazamiento	Chequeo de filtro de aire	Limpieza fondo del tanque reservorio	Chequeo de la calidad del aceite (pruebas de neutralización)		Engrasar motor eléctrico	Engrasar bomba de acoplamiento	Engrasar cojinete axial		Limpieza o reemplazo de filtro en bomba	Limpieza filtro de aire			Cambio de aceite hidráulico	Cambio de filtro	Cambio de filtro de sistema de lubricación	Cambio de filtro de sistema hidráulico
Control de Lubricación y Engrase	Día	Turno																		
	Lunes	1er																		
		2do																		
	Martes	1er																		
		2do																		
	Miérc.	1er																		
		2do																		
	Jueves	1er																		
		2do																		
	Viernes	1er																		
		2do																		
	Sabado	1er																		
		2do																		
	Domi.	1er																		
2do																				
A1: Ok			B1: Lubricante degradado		C1: Temperatura alta			D1: Presenta fuga												
A2: Nivel Bajo			B2: Necesita cambio		C2: Temperatura baja			D2: Humedecimiento												
A3: No marca nivel			B3: Necesita limpieza		C3:			D3:												
A4:			B4: Reacondicionamiento		C4:			D4:												

La tabla 6 muestra el formato donde se realizan las marcaciones de áreas que poseen problemas de cualquier índole resultantes de las inspecciones de los formatos antes descritos, contribuye en el seguimiento de los problemas encontrados marcándolos con una tarjeta en sitio, registrado con el componente y porque es necesario tener en cuenta dicha problemática.

Se registra la posible solución del problema, el tiempo estimado de corrección y cuando será corregida la situación. Esta decisión se discute y se ejecuta entre las personas con mayor experiencia.

Con la implementación de los formatos se busca alcanzar las condiciones básicas de los equipos y establecer un sistema que mantenga dichas condiciones. Los principios en los que se fundamentan los 4 primeros pasos son:

- Hacer de la limpieza un proceso de inspección.
- La inspección se realiza para descubrir fallas o cualquier tipo de situación anormal en el equipo y las áreas próximas de trabajo.
- Las fallas deben corregirse inmediatamente para establecer las condiciones básicas del equipo.

TABLA 6

LISTA DE ELEMENTOS DE CONTROL VISUAL EN EL EQUIPO

[illegible]

Como se observa en la tabla 7, para descubrir fallas el proceso de limpieza es muy importante, porque en esta fase se debe cumplir el principio de limpieza es inspección, que no pretende solamente asignar un tiempo para la limpieza al finalizar el turno. Luego de poner en práctica los 3 primeros formatos, se elabora una matriz que ayude a identificar las fuentes de contaminación para después de esto eliminar las mismas.

Gracias a la elaboración de la matriz se explica y se recalca que la falta de limpieza es una de las causas centrales de las averías de los equipos, debido a la abrasión causada por la fricción de los componentes internos que deterioran el estado funcional de las partes de las máquinas, y como consecuencia se presentan pérdidas de precisión lo cual conduce hacia la presencia de defectos de calidad de productos y paradas de equipos no programadas. De aquí la importancia de las actividades de Mantenimiento Autónomo que debe realizar el operario en la conservación de la limpieza.

El operario en un principio busca dejar limpio el equipo y en orden; luego se preocupa no solamente por mantenerlo limpio sino que trata de identificar las causas de la suciedad porque es un trabajo tedioso y que se debe evitar identificando la causa profunda del

polvo, contaminación o suciedad, contribuir así en la identificación de las causas del mal estado del equipo.

Posteriormente en un nivel de pensamiento superior, cuando el operario toma contacto con el equipo para realizar la inspección mediante el aseo podrá identificar otra clase de anomalías como tornillos flojos, elementos sueltos o en mal estado, sitios con poco lubricante, tuberías taponadas, etc. Lo cual va dando lugar a un proceso de estandarización, el operario empieza a formar un nuevo concepto de mantenimiento proactivo, lo cual es de suma importancia para el resto de equipos que conforman el taller.

La limpieza como inspección se debe desarrollar siguiendo estándares de seguridad y empleando los medios adecuados previamente definidos, ya que de lo contrario, se pueden producir accidentes y pérdidas de tiempo innecesarias.

El TPM ofrece una metodología específica de auditoría para realizar la identificación de falta de limpieza, generando un plan de acción de mejora controlado mediante sistemas visuales y de fácil manejo por parte del operador y directivos de la planta.

TABLA 7
MATRIZ ECRS PARA FUENTES DE CONTAMINACIÓN Y ÁREAS DE DÍFICIL ACCESO

MATRIZ ECRS PARA FUENTES DE CONTAMINACIÓN Y ÁREAS DE DÍFICIL ACCESO				
Equipo:		Elaboró:		
Grupo:				
Fecha:				
FUENTES DE CONTAMINACIÓN				
Categoría	Rubros	Tarjeta #	Tarjeta #	Tarjeta #
Acciones contra las fuentes de contaminación	¿Dónde se ve? (Punto contaminado)			
	¿Qué lo hace sucio? (Agente contaminante)			
	¿Cuándo ocurre? (Durante el proceso, durante el arranque, es continuo...)			
	¿Cómo es? (dispersión, fugas, regueros, salpicadura, etc)			
	¿Porqué sucede? (explique el mecanismo de la fuente de contaminación y la causa raíz)			
Claves para mejorar (E-C-R-S)	Eliminar: la misma fuente de contaminación			
	Concentrar. (Concentrar "donde" recoger, recibir...)			
	Reubicar; (cambiar "donde")			
	Simplificar; (limpiar, lavar, mejorar las herramientas)			
ÁREAS DE DÍFICIL ACCESO				
Acciones contra las áreas de difícil acceso	¿Qué es lo difícil? (limpieza, inspección, lubricación,)			
	¿Por qué es difícil? (alto-bajo, atrás, difícil de remover...)			
Claves para mejorar (E-C-R-S)	Eliminar: difícil acceso			
	Reubicar; (cambiar "donde")			
	Simplificar; (limpiar, lavar, mejorar las herramientas)			

Pudiendo introducir en esta primera etapa las tres primeras S o pilares de la fábrica visual, esto es aplicar Seiri, Seiton y Seiso (clasificar, ordenar y limpiar). Donde cabe recalcar que la estrategia de las 5's tiene una estructura que es muy afín con el mantenimiento autónomo en cada etapa de su desarrollo, tal como se lo explica a continuación.

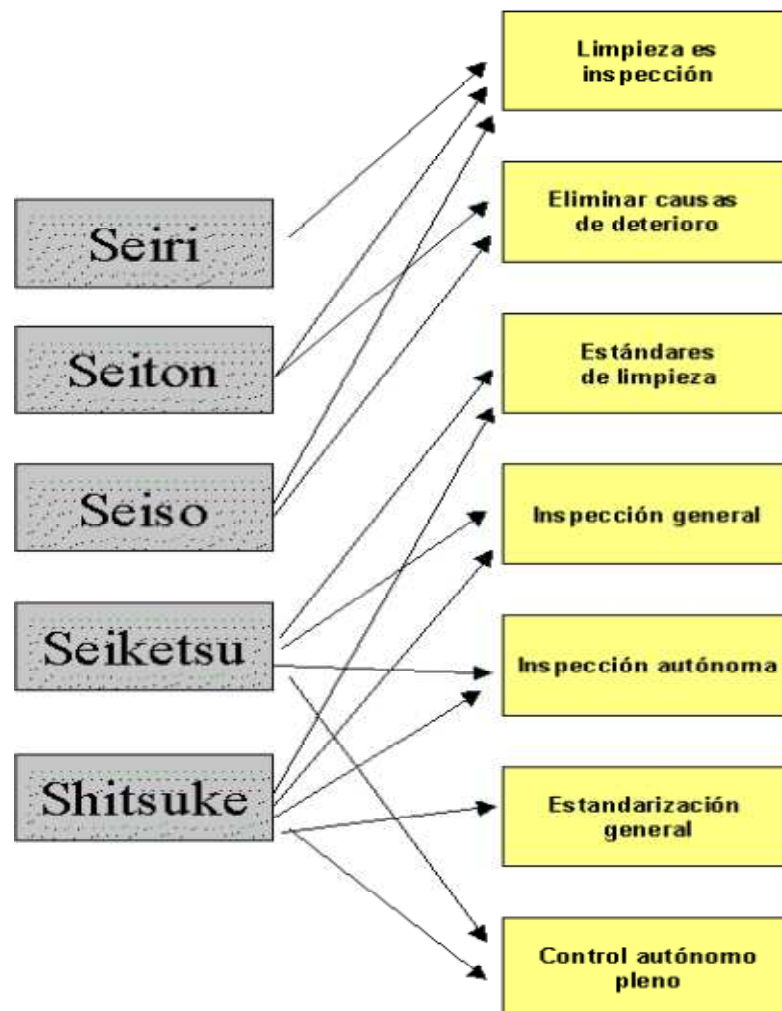


FIGURA 4.1 RELACIÓN MANTENIMIENTO AUTÓNOMO CON TÉCNICAS 5S

Como se observa en la figura 4.1, la misma explica que una limpieza profunda exige que el operario tenga contacto con cada una de las partes y componentes del equipo. Esta actividad produce un mayor interés para evitar que el equipo se ensucie nuevamente. En esta primera etapa, es posible que el operario no logre comprender inicialmente la importancia de la limpieza o que esta debe realizarla otro personal diferente a ellos. En un principio, la calidad de la limpieza no es la esperada, ya que no conocen hasta donde debe ir su responsabilidad de limpieza.

Para el caso de la sección piloto, es notable que algunos operarios dediquen un poco de tiempo para limpiar o soplar aire comprimido sobre el equipo, pero sin comprender que este tipo de situaciones puede producir problemas serios al equipo. Por tanto, el personal de supervisión, mantenimiento y responsables superiores deben facilitar durante un tiempo (que puede llegar a ser prolongado) un soporte y directrices sobre la forma de realizar el trabajo de limpieza y deben ayudar a los operarios a comprender la limpieza como un trabajo de inspección. Con la experiencia, los operarios van comprendiendo los problemas que generan la contaminación y la importancia de su labor en la eliminación de sus causas.

Se debe enfatizar que el Mantenimiento Autónomo permite que el trabajo se realice en ambientes seguros, libres de ruido, contaminación y con los elementos de trabajo necesarios porque el orden de la sección donde se aplica, la ubicación adecuada de las herramientas, medios de seguridad y materiales de trabajo, traen como consecuencia la eliminación de esfuerzos innecesarios por parte del operario, menores desplazamientos con cargas pesadas, reducir los riesgos potenciales de accidente y una mayor comprensión sobre las causas potenciales de accidentes y averías en los equipos.

4.3 Puntos clave de Implementación del Mantenimiento Autónomo.

- ✓ Limpieza diaria, que se toma como un Proceso de Inspección.
- ✓ Inspección de los puntos claves del equipo, en busca de fugas, fuentes de contaminación exceso o defecto de lubricación, etc.
- ✓ Lubricación básica periódica de los puntos claves del equipo.
- ✓ Pequeños ajustes* Formación - Capacitación técnica.
- ✓ Reportar todas las fallas que no puedan repararse en el momento de su detección y que requieren una programación para solucionarse.

4.4 Resultados Logrados con la Implementación.

Para visualizar los resultados logrados, se evalúa tanto la productividad como la eficiencia antes y después de haber puesto en marcha el programa de optimización de tiempos y presupuestos fijos y se muestran las no conformidades obtenidas en las Auditorías externas.

Además para medir la efectividad de los formatos implementados por parte del mantenimiento autónomo se consideran los siguientes diagnósticos.

Con la evaluación realizada en los formatos que se muestran en las tablas 4.2 y 4.3 se obtuvo una calificación mayor al 80%, lo cual indica una efectividad en la implementación de los formatos del mantenimiento autónomo, se logra concientizar al personal que labora en el taller con la ayuda de los programas modulares de capacitación.

TABLA 8

ELIMINAR FUENTES DE CONTAMINACIÓN Y ÁREAS DE DÍFICIL

ACCESO I ETAPA

Diagnóstico Eliminar fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso				
Máquina:		Elaboró:		Fecha:
				Grupo:
Sec.	Rubros	Revisar lo siguiente	Evaluación	¿Qué falta para obtener el máximo puntaje?
1	Áreas de difícil acceso A.D.A.	¿Se identificaron TODAS las ADA para limpiar, lubricar, operar, inspeccionar o que atenten contra la seguridad y se tiene completamente identificada la lista de problemas potenciales?	1-2-3-4-5	
2		Las ADA han sido mejoradas desde la matriz ECRS? ¿Se tienen cuantificados y resumidos los beneficios obtenidos por la implementación de las medidas contra las ADA? (tiempo, peso, dinero)	1-2-3-4-5	
3		¿Se solucionaron mínimo el 70% de las ADA identificadas?	1-2-3-4-5	
4	Estándares	¿Se ha elaborado correctamente el estándar tentativo de lubricación e inspección y se evidencia su ejecución por cada integrante del equipo? (revisar la forma de ejecución por parte de los miembros del equipo)	1-2-3-4-5	
5		Se ha dado la capacitación del "método" del estándar de lubricación e inspección.	1-2-3-4-5	
6	Controles Visuales	¿Existe control visual que identifique riesgos potenciales en la máquina y sus alrededores (riesgos, precauciones, EPP)?	1-2-3-4-5	
7		¿Existe control visual para el control e inspección del proceso (válvulas, tuberías, manómetros, sentidos de giro de motores, etc)	1-2-3-4-5	
8		¿Existen controles visuales tentativos que identifiquen los puntos que se deben lubricar, el tipo de aceite, los niveles y el tipo de lubricante que se debe usar?	1-2-3-4-5	

TABLA 9
ELIMINAR FUENTES DE CONTAMINACIÓN Y ÁREAS DE DÍFICIL
ACCESO II ETAPA

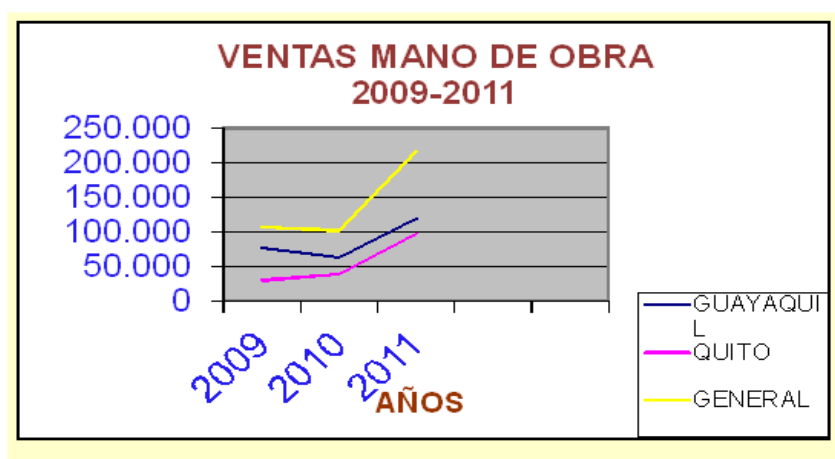
Diagnóstico Eliminar fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso				
Máquina:		Elaboró:		Fecha:
				Grupo:
9		¿Se han revisado las averías y su clasificación por causa, con el técnico de mantenimiento (deterioro forzado, deterioro natural, sobrecarga, error humano, punto débil de diseño) y se están registrando en el formato de número de paros por averías y el resumen mensual? ¿La tendencia disminuye en deterioro forzado?	1-2-3-4-5	
10		¿Se ha retroalimentado el estándar de limpieza para atacar averías por deterioro forzado? Y se evidencia la no reincidencia?	1-2-3-4-5	
11		Se investigó exhaustivamente a través de chequear la pérdida crónica que más afecta la gestión del equipo (averías, paros, defectos de calidad, etc.)?	1-2-3-4-5	
12		¿ Se realizó correctamente el análisis de las pérdidas identificadas?	1-2-3-4-5	
13		¿ Las acciones tomadas para eliminar la pérdida fueron efectivas?	1-2-3-4-5	
14	Gestión	¿Los indicadores definidos por el equipo, están cumpliendo con la línea objetivo? ¿Existen planes de acción documentado para lograr el objetivo?	1-2-3-4-5	
15		¿ Se continúa identificando defectos en la máquina y se solucionan efectivamente (no hay reincidencia del problema)?	1-2-3-4-5	
16	Habilidades	¿Se ha elaborado la evaluación de habilidades y se han propuesto acciones para nivelar a los integrantes del equipo?	1-2-3-4-5	
Sume los puntajes de la evaluación de cada pregunta, el valor resultante debe dividirlo por 80 que es el puntaje máximo y así obtiene el porcentaje del diagnóstico. Este debe ser mayor al 80% para APROBAR.			Total:	Pasa () No Pasa ()

Productividad Actual vs. Anterior.

Como se determina en el **Capítulo 3**, la productividad General del **Taller R.G.M.** es de 6,44 USD / h, antes de implementar el uso de los tiempos óptimos de reparación, presupuestos fijos y mantenimiento autónomo aplicado a los equipos del taller. Una vez implementado los programas a partir del año 2.009 el Taller empezó a incrementar una de las variables que afecta la productividad, sus ventas como se puede observar en la figura, a nivel General, pasó de \$101,434 USD a \$216,218 USD, del año 2.009 al 2.011, un incremento del 113% en ventas de Mano de Obra y en los restantes años igualmente ha existido un incremento considerable en la producción.

REPORTE DE PRODUCCIÓN DE TALLERES R.G.M. (USD)

	2009	2010	2011
GUAYAQUIL	77.107	62.436	118.869
QUITO	29.688	38.998	97.348
GENERAL	106.794	101.434	216.218

**FIGURA 4.2 REPORTE DE PRODUCCIÓN**

La variable que afecta la productividad, para este caso las horas trabajadas también se incrementaron como se observa en la figura, donde apreciamos que entre el 2009 y el 2010 hubo un incremento del 16%; este incremento no fue tan considerable como el obtenido en la producción, lo que asegura un incremento en el índice de productividad ya que se usaron menos horas de trabajo para obtener mayor producción.

REPORTE DE HORAS TRABAJADAS DE TALLERES R.G.M.

(h)
(2009 - 2011)

	2009	2010	2011
GUAYAQUIL	10.815	9.820	10.772
QUITO	5.643	5.923	7.539
GENERAL	16.458	15.743	18.312

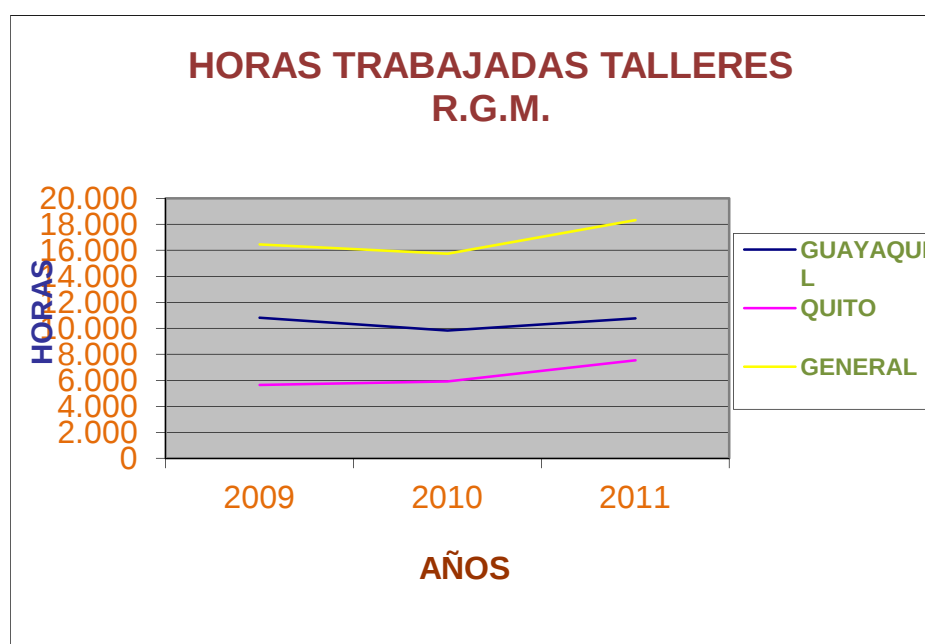


FIGURA 4.3 REPORTE DE HORAS TRABAJADAS

Con los datos revisados tanto el de producción y el de las horas trabajadas, se obtienen las productividades de los años posteriores a la implementación de los cambios, las mismas se muestran en la figura.

INDICES DE PRODUCTIVIDAD TALLER R.G.M. (USD/h)				
(2008 - 2011) HISTORICO				
	2008	2009	2010	2011 *
GUAYAQUIL	11,03	10,70	9,44	9,31
QUITO	12,91	14,87	11,78	11,45
GENERAL	11,81	12,39	10,41	10,20

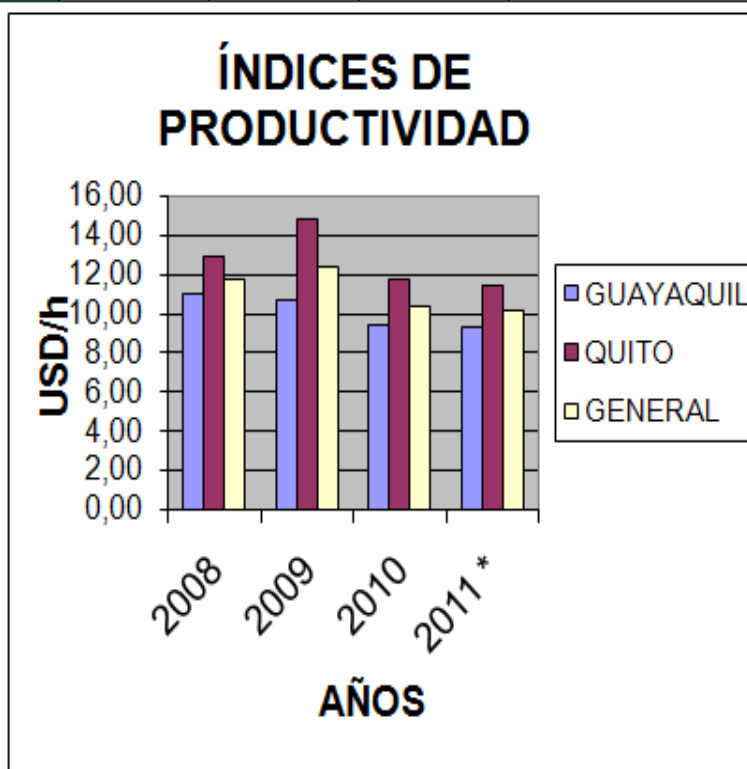


FIGURA 4.4 ÍNDICES DE PRODUCTIVIDAD

Como se puede observar existe un incremento considerable de la productividad, tanto en el Taller de Guayaquil, Quito y a nivel General. A nivel General existe un incremento de 83% en el índice de productividad en el primer año, en el segundo año de 92%, en el tercer año de 62% y en el último año se tiene un incremento

ponderado de 58% y entre los dos talleres el de Quito fue el que más altos índices ha conseguido, llegando a tener hasta 14,87 USD / h.

Adicionalmente, otro reporte de eficiencia muy significativo e importante para el proceso es la operación del maquinado por lo cual se destaca el resultado obtenido en la eficiencia global de la rectificadora luego de la capacitación del personal y la implementación de los formatos de mantenimiento autónomo aplicado a los equipos de mecanizado, en donde se observa claramente que no se aprovechaba este recurso de la forma adecuada.

Para comparar las eficiencias globales calculadas antes y después de la implementación de la mejora se citan los valores obtenidos los cuales son:

Eficiencia inicial: 62.72 %

Eficiencia final: 92 %

Lo que resulta un incremento del 29.28 % en la eficiencia del equipo.

TABLA 10
EFICIENCIA FINAL OBTENIDA EN LA RECTIFICADORA

CALCULO DE EFICIENCIA				
	Cod	1	2	Total
Tiempo total Min	A	370	350	720
Tiempo de paros planeados min	B	0	0	0
Tiempo disponible Min	C = A-B	370	350	720
Tiempo de paros no planeados	D	34	25	59
Tiempo de operación min	E = C- D	336	325	661
INDICE DE DISPONIBILIDAD	F = E/C	0,908108108	0,928571429	0,918055556
Produccion Total (Unidades)	G= Buena +K	0.583	0.431	1.014
Produccion tecnica (unid/min)	H	0.00165	0.00129	0.00147
Produccion Tecnica unidades	I = E*H	0.58245	0.43086	1.009
INDICE DE PRODUCCION	J = G/I	1	1	1
Produccion rechazada unidades	K	0	0	0
INDICE DE CALIDAD	L= (G-K)/G	1	1	1
EFIC TOTAL (porcentaje)	ETE = F*J*L*100	90.81	92.85	92
Paros no planeados (min)				
Ajuste, calibracion		16	25	
Falta de personal				
Falta de materiales de empaque				
Falta de materia prima				
Averias Mecanicas		18		
Fallas electricas				
Falta de vapor				

Como se observa en la **Tabla 10**, en comparación con la **Tabla 2**, el índice de disponibilidad mejora para el año 2011, aunque se puede observar que todavía existe pérdida de tiempo en ajuste, calibración y averías mecánicas produciendo paros no planeados, pero en menor proporción, aquí también se muestran los resultados de la capacitación del personal, llegando a obtener una eficiencia del

equipo de un 92%, es decir, actualmente se aprovecha este recurso de la manera adecuada gracias a la implementación del mantenimiento autónomo.

La implementación del mantenimiento autónomo logra establecer un procedimiento adecuado de utilización y mantenimiento de óptimas condiciones para el equipo estudiado (rectificadora), la implementación ha dado lugar al origen del individuo operador-mantenedor, logrando reducir el deterioro acelerado del equipo. Haciendo que el operador conozca a fondo su herramienta de trabajo y previniendo fallas extremas o catastróficas en el equipo, se familiariza de tal forma que aprende a desarrollar sus sentidos con respecto a la detección de posibles fallas en su equipo. Es decir se familiariza con su sonido de operación, vibraciones, temperatura de operación del equipo, sistemas de lubricación, lo cual es indispensable para el funcionamiento óptimo del mismo.

Con la implementación de los formatos de mantenimiento rutinario e inspecciones visuales, el operador se siente más seguro al momento de operar su equipo, esto también ayuda a una rápida adaptación del personal nuevo que se contrate para realizar este tipo de trabajo.

Auditoría ISO9000-2008

De la última auditoría externa realizada el 6 de Enero del 2009, se encontraron tres no conformidades de las cuales dos tienen que ver con el presente tema, y son las siguientes:

- “El indicador de Eficacia del proceso de identificación de las necesidades del cliente no miden la eficacia de dicho proceso”.
- “En el manual de procesos, revisión (01), el proceso planificación de la calidad no se evidencia el indicador o medición del proceso referente a la tabla de objetivos de calidad”.

Estas no conformidades correctivas se analizaron y se resolvieron de la siguiente manera: la primera se soluciona incluyendo un campo adicional donde se compara el porcentaje de los presupuestos aprobados, mientras que en la segunda se realizan cambios en la hoja de control “Cumplimiento de Objetivos de Calidad”.

Como se observa finalmente en el **APÉNDICE A**, a pesar de haber definido los objetivos de calidad propuestos para ser

cumplidos dentro del lapso de dos hasta tres años, estos ya se cumplen parcialmente hasta Octubre de 2011.

4.5 Mejoramiento Técnico del Personal.

Para conseguir que un mecánico logre el objetivo principal de reparar un motor y conocer los equipos que utiliza para realizar las diferentes operaciones que contiene una reparación y mantener su buen estado debe poner en práctica los formatos de mantenimiento autónomo de los equipos del taller, este debe seguir una serie de cursos que le permita conocer la parte teórica, necesaria para reparar de una forma rápida, correcta y que no provoque problemas posteriores.

Para ser seleccionado el mecánico debe ser Bachiller Técnico o Tecnológico y debe aprobar la siguiente etapa del programa modular de capacitación, la cual consta de los conocimientos fundamentales del mantenimiento autónomo lo que permite conocer la importancia fundamental de la implementación, además con la finalidad de garantizar un servicio eficiente y una reparación confiable de los motores se incluye un programa de capacitación que fortalezca los conocimientos de mecánica general, con el cual se obtiene el título de Mecánico nivel 1.

Como se observa en las tablas 11 y 12, el objetivo al finalizar la primera etapa de capacitación tanto en mantenimiento autónomo como en mecánica general es que el mecánico conozca sobre el uso y cuidado de las herramientas manuales, herramientas de uso general, herramientas de medición; características principales de los cojinetes y forma de escogerlos; conceptos básicos de los motores; procesos en los sistemas de combustible, aspiración, escape, enfriamiento y lubricación.

El mecánico conoce y está capacitado para hacer un diagnóstico general de cualquier tipo de equipo y especialmente los motores. Aprende como se debe desarmar, evaluar y armar un motor en general y luego se especializa en algunos modelos.

TABLA 11

CAPACITACIÓN MANTENIMIENTO AUTÓNOMO NIVEL I

[illegible]

TABLA 12
CAPACITACIÓN MECÁNICA GENERAL NIVEL I

Cronograma de Capacitación 2011	E	F	M	A	J	A	S	N	D	Recursos	Observaciones	Operador Mecanico	Duration (h)	Costo (\$)
	ne	eb	ar	br	un	go	pt	ov	ic					
Cursos	CAPACITACIÓN GENERAL NIVEL I													
Procesos de Mecanizado	x									SECAP		CC y FM	40	230
					x							KR y JR	40	230
Analisis de Falla Basico	x									IVAN BOHMAN		CC y FM	40	400
						x						KR y JR	40	400
Ingles Basico		x								CEN		CC y FM	80	175
							x					KR y JR	80	175
Reparacion de Motores			x							Centro de Capacitacion Monte Piedra		CC y FM	40	360
								x				KR y JR	40	360
Instrumentacion				x						SECAP		CC y FM	40	190
									x			KR y JR	40	190
Metrologia					x					SECAP		CC y FM	40	210
									x			KR y JR	40	210
Costo Total de la Capacitación (USD)														3130

Luego de obtener el título de mecánico nivel 1, el individuo puede acceder al programa de capacitación en su segunda etapa, en el cual obtiene el título de mecánico nivel II. La segunda etapa consta de la preparación del operador con respecto a la familiarización de su equipo y como mantenerlo en buen estado, conocer su funcionamiento, contribuir con el mantenimiento proactivo por parte del operador y reducir los paros no planeados debido a contaminación o fallas que pudieron ser evitadas con un control de inspección, limpieza o lubricación y engrase. Además como complemento del servicio de reparación de motores de combustión interna y mantener al personal actualizado en sus conocimientos, se programa cursos de mecánica general nivel II. Se debe aprobar los cursos establecidos que se muestran en las tablas 13 y 14, el mecánico conoce como se desarma, evalúa, y repara cualquier componente que sea parte de un motor; en este momento ya está capacitado teóricamente para reparar uno, pero como la práctica es muy importante, además de los cursos teóricos, la capacitación se acompaña con entrenamiento práctico, vigilado por supervisores que han adquirido experiencia en cada uno de los campos.

TABLA 13

CAPACITACIÓN MANTENIMIENTO AUTÓNOMO NIVEL II

Cronograma de Capacitación 2011	E	F	M	A	J	J	A	S	N	D	Recursos	Operador Mecánico	Duración (h)	Costo (\$)
	ne	br	ar	br	un	li	go	pt	ov	ic				
Cursos	CAPACITACIÓN MANTENIMIENTO AUTÓNOMO NIVEL II													
Rectificadoras	x										SECAP	CC y FM	40	160
						x						KR y JR	40	160
Sistemas de Lubricación y Engrase en Rectificadoras	x										SECAP	CC y FM	40	128
							x					KR y JR	40	128
Componentes y Herramientas utilizadas en la Rectificadora		x									Centro de Capacitación Monte Piedra	CC y FM	80	120
								x				KR y JR	80	120
Operaciones de Rectificado			x								Centro de Capacitación Monte Piedra	CC y FM	40	115
									x			KR y JR	40	115
Costo total de la Capacitación (USD)														1040

TABLA 14

CAPACITACIÓN MECÁNICA GENERAL NIVEL II

Cronograma de Capacitacion 2011	J	A	S	N	D	F	M	A	J	Recursos	Observaciones	Operador Mecanico	Duracion (h)	Costo (\$)
	u	g	e	o	i	e	a	b	u					
	l	o	pt	v	c	n	r	r	n					
	i	s	ic	e	i	e	z	i	o					
	t	t	t	t	t	t	t	t	t					
Cursos	CAPACITACIÓN GENERAL NIVEL II													
Reparador de Componentes de un motor	x									Centro de Capacitacion Monte Piedra		CC y FM	40	420
					x							KR y JR	40	420
Reparador de Componentes de sistema de inyeccion		x								Laboratorio de Inyeccion Flavio Moreira		CC y FM	40	380
						x						KR y JR	40	380
Reparador de componentes Sistema hidraulico			x							Centro de Capacitacion Monte Piedra		CC y FM	40	275
							x					KR y JR	40	275
Costo Total de la Capacitación (USD)														2150

4.6 Entrenamiento para Conseguir Tiempos Óptimos de Reparación

Se enseña al operario o los operarios a seguir el método aprobado. Siempre es importante entrenar al operario para que se consiga de él una razonable producción, pero su entrenamiento o instrucción es absolutamente necesaria cuando los métodos se deducen por el estudio de movimientos. Es evidente que no puede esperarse que los operarios descubran por sí mismos el método que el encargado del estudio de los tiempos obtiene como resultado de horas de estudio concentrado.

Por tanto, se les entrena cuidadosamente si se espera que alcancen la producción estándar. Además, no puede hacerse bien un estudio exacto de los tiempos hasta que el operario siga el método aprobado con razonable habilidad.

El entrenamiento del personal mecánico va acompañado con prácticas supervisadas, una vez que el mecánico se encuentra seguro de poder reparar un componente bajo las especificaciones requeridas, solicita que se le haga una prueba la cual es calificada bajo los puntos establecidos en el **ANEXO B**.

El supervisor califica varios aspectos adicionales a la reparación, como uso de literatura, seguridad en el trabajo, uso correcto de herramientas e instrumentos de medición, limpieza y contaminación; lo que asegura una buena reparación.

Así como en la parte teórica, el mecánico reparador de motores debe cumplir una serie de capacidades que se encuentran establecidas en el **ANEXO C**, para poder asegurar una buena reparación.

Mediante este método se obtienen buenos resultados ya que el mecánico utiliza todos los recursos disponibles como información técnica, microfichas y el sistema además establece un orden de trabajo en el cual debe seguir parámetros de seguridad, limpieza para prevenir contaminación, lo cual con su conocimiento práctico asegura reparaciones más confiables y en menor tiempo.

4.7 Servicios Proyectos con Presupuestos Fijos.

Para llegar a obtener un presupuesto fijo de reparación, es necesario primero determinar los tiempos óptimos de reparación y de procesos; para lo cual se emplean los métodos de cronometraje y métodos estadísticos.

A continuación se indican los pasos para la obtención de los tiempos:

- ❖ Se toman cinco tiempos para cada operación.
- ❖ Para cada operación se determina mediante estadística la cantidad de muestras que deben tomarse para considerar un promedio óptimo, tomando en cuenta un margen de error del 10%.
- ❖ Se procede a tomar la cantidad de lecturas necesarias.
- ❖ Se obtienen los tiempos promedios de cada operación.

Por ejemplo, para la reparación de un motor de seis cilindros que incluye el desmontaje de componentes, desarmado de $\frac{3}{4}$, evaluado, armado de $\frac{3}{4}$ y finalmente el montaje de los componentes para completar el motor , se inició el proceso obteniendo cinco mediciones en primera instancia para la reparación $\frac{3}{4}$ de motor, las mismas que se indican en la Tabla 15.

TABLA 15
MEDICIÓN DE TIEMPOS PRELIMINARES EN REPARACIÓN
 $\frac{3}{4}$ MOTOR SEIS CILINDROS

MEDICIÓN	HORAS
1	54,47
2	72,79
3	54,20
4	66,33
5	79,14
Media	65,38

A continuación se procede a obtener el número de mediciones necesarias usando Métodos Estadísticos, se sabe que “Los promedios de las muestras X tomadas de una distribución normal de observaciones, están normalmente distribuidas con respecto a la medida de la población μ ”.

“La variable X con respecto a la medida de la población μ es igual a σ^2 / n , donde n es el tamaño de la muestra y σ^2 la varianza de la población.”

Para demostrar la normalidad de los datos se utiliza la herramienta estadística minitab de la siguiente manera:

1. Se crean 100 datos de forma aleatoria con la media y la desviación estándar calculada
2. Luego se realiza la gráfica donde se verifica la normalidad de los datos.

Se obtiene la siguiente gráfica con los siguientes parámetros:

$$\bar{x} = 65,38$$

$$S = 22,11$$

Como se observa en la figura 4.5, el valor P de probabilidad es mayor a 0.05 lo que confirma que los datos muestreados son normales.

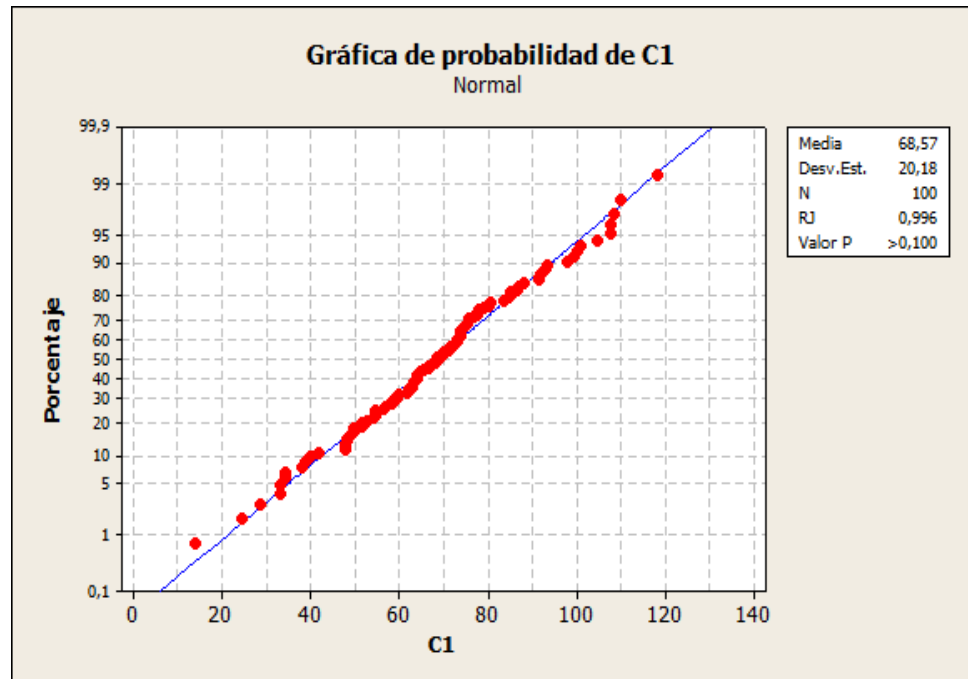


FIGURA 4.5 PRUEBA DE NORMALIDAD

Para calcular el número de observaciones se usa la siguiente ecuación:

$$N' = \left[\frac{\frac{K}{S} \sqrt{N(\sum X^2) - (\sum X)^2}}{\sum X} \right]^2$$

$$\frac{K}{S} = 2 \times \frac{1}{E}$$

Donde:

N' = Número de observaciones requeridas

$$\frac{K}{S} = \text{Factor de confianza – precisión.}$$

X = Tiempos elementales representativos

E = Errores posibles

N = Observaciones iniciales

Para este caso los valores quedan de la siguiente manera:

$$N = 5$$

$$E = 10\%$$

$$\sum X = 54,47 + 72,79 + 54,20 + 66,33 + 79,14 = 326,93$$

$$(\sum X)^2 = (326,93)^2 = 106.883,22$$

$$(\sum X^2) = 54,47^2 + 72,79^2 + 54,20^2 + 66,33^2 + 79,14^2 = 21.865,81$$

$$\frac{K}{S} = 2 \times (1/0.01) = 20$$

$$N' = \left[\frac{20 \sqrt{5(21.865,81) - (106.883,22)}}{326,93} \right]^2$$

$$N' = 9 \text{ mediciones}$$

Posteriormente se obtienen las mediciones restantes para determinar el promedio:

$$\bar{X} = \frac{54,47 + 72,79 + 54,20 + 66,33 + 79,14 + 41,24 + 49,80 + 69,46 + 60,79}{9}$$

$\bar{X} = 60,9 \text{ h}$ (Tiempo promedio de reparación con margen de error del 10%)

Utilizando este método se procede a determinar los tiempos óptimos de reparación del resto de procesos de reparación por tipos de modelos, los cuales se resumen de la siguiente manera:

TABLA 16

TIEMPOS ÓPTIMOS DE REPARACIÓN POR MODELO

PROCESOS	TIEMPO (h)					
	tf4	tf6	ts4	ts6	t2	t3
Reparación de ¼	52	51,56	51,78	49,89	42,44	53,81
Reparación de B/agua	2,5	3,11	3,11	2,94	2,64	3,28
Reparación de B/aceite	3	2,89	3,17	3,17	2,47	2,94
Reparación de B/inyección	10	8,56	9,28	8,72	8,78	8,88
Reparación de B/transferencia	3,5	2,81	3,67	3,11	2,67	3,17
Reparación de turbo	4,5	4,00	5,00	3,89	3,50	3,67
Reparación de cabezote	12	10,17	11,86	10,11	9,90	10,22
Reparación de M/arranque	4	4,44	4,11	3,56	3,89	3,83
Reparación de alternador	4	3,56	3,78	3,67	3,78	3,96
Reparación de polea del vent.	4	3,00	3,56	3,22	3,22	3,46
Prueba en Dinamómetro	8	8,00	8,00	8,00	8,22	8,00
Prueba de inyectores	2,5	4,22	3,44	3,78	3,22	2,76
Prueba de B/inyección	4	3,89	3,78	4,00	3,67	4,17
Evaluación de pistones	3	3,00	2,56	2,17	2,52	2,99
Evaluación de bielas	3	3,44	2,89	2,56	2,99	3,21
TOTAL	120	116,64	119,97	112,78	103,91	118,34

En la **Tabla 16** se muestran todas las actividades que se realizan exclusivamente por los mecánicos. Para la parte administrativa, los tiempos se muestran en la **Tabla 17**, cabe indicar que en los procesos mencionados anteriormente intervienen algunos mecánicos, lo cual incrementa considerablemente el tiempo de reparación y por ende el precio de venta; lo que obliga a reestructurar las funciones al personal administrativo y de limpieza lo que disminuye considerablemente el tiempo de mecánico utilizado en las órdenes de trabajo.

TABLA 17

TIEMPOS ADMINISTRATIVOS ÓPTIMOS

PROCESO	TIEMPO (h)
Recepción	1,25
Limpieza exterior	1,50
Limpieza interior	3,50
Presupuesto	3
Embalaje	1
Entrega	2,5
TOTAL	12,75

A continuación se puede observar en la **Figura 4.6** la nueva estructura de procesos en las reparaciones y sus tiempos; además la sumatoria de todos los tiempos como el lapso en obtener un motor reparado disminuyeron, consiguiendo el objetivo principal.

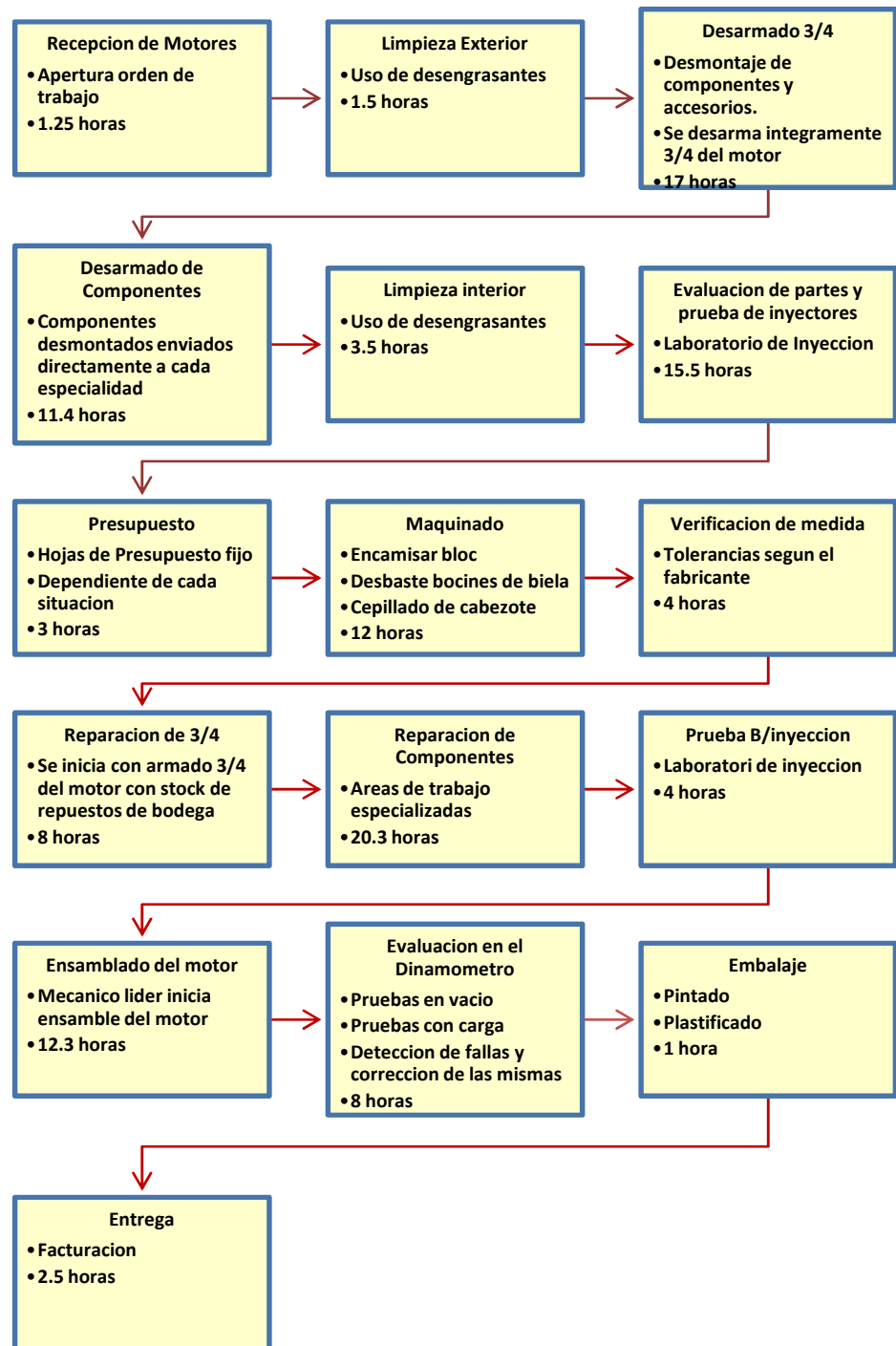


FIGURA 4.6 DIAGRAMA FINAL DE PROCESOS

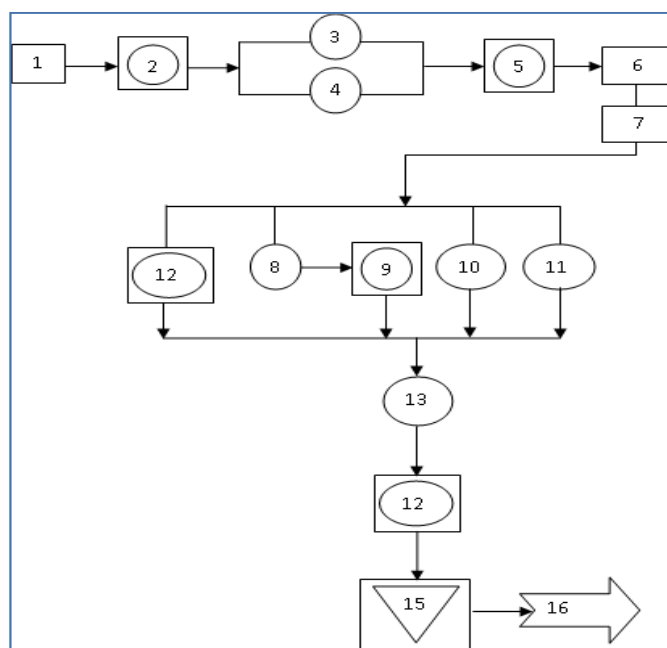


FIGURA 4.7 DIAGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO

En la Figura 4.7 se puede observar cuales son las operaciones dependientes de la elaboración del presupuesto, se muestra claramente que con la implementación del presupuesto tarifa fija se obtiene una rápida respuesta del cliente lo cual autoriza la reparación y por ende las distintas áreas del taller podían realizar sus actividades en conjunto, lo cual no da lugar al desperdicio de tiempo.

El aumento de operaciones no repercute con respecto al proceso debido a que esto se realiza para establecer un orden correcto de reparación y corregir la desorganización que existía en el proceso.

Se obtiene un total de 125 horas, es decir una disminución de 46 horas. Cabe indicar que el resultado obtenido ha sido en base a cronometraje de tiempos luego de la implementación de las herramientas de mejora continua, este valor es muy cercano al que se obtiene teóricamente.

Con el diagrama de operaciones en la actualidad tenemos la **Figura 4.8** la cual muestra las actividades del proceso y cuales se inician de forma conjunta, esto también contribuye a la reducción de horas ociosas, aprovechando los recursos de la mejor manera posible.

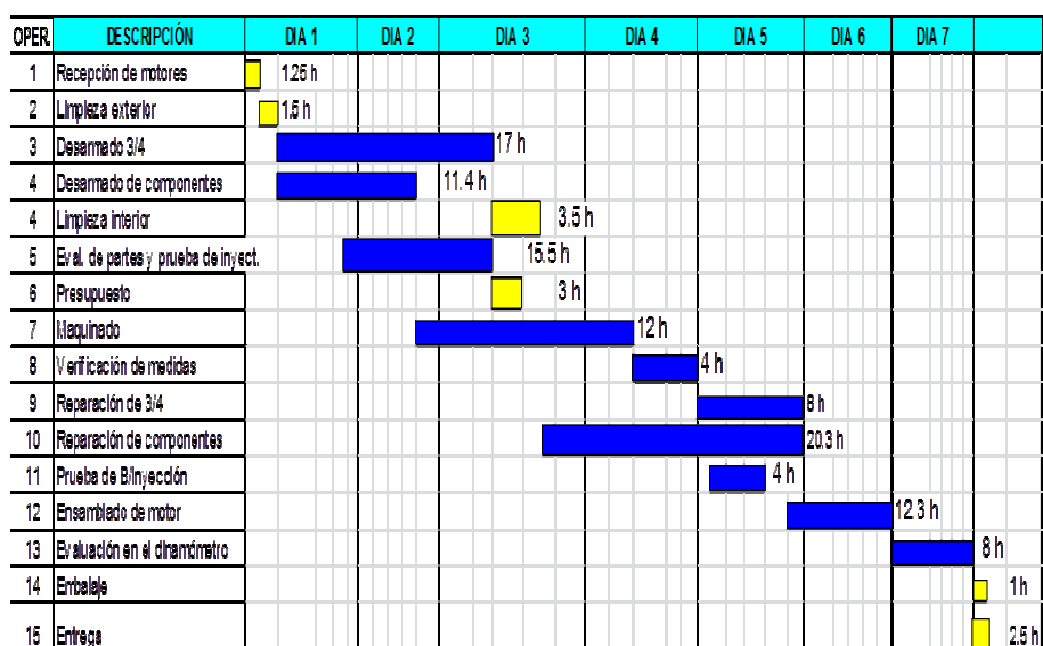


FIGURA 4.8 DIAGRAMA DE OPERACIONES EN LA ACTUALIDAD

Las actividades de desarmado $\frac{3}{4}$ y desarmado de componentes pueden iniciarse conjuntamente lo cual no se hacía. De la misma forma se visualiza que existen actividades que pueden iniciarse a tiempo intermedio de otras operaciones y no necesariamente esperar hasta que terminen para recién en ese momento dar lugar a una nueva tarea, todo esto sucedía por no tener un procedimiento establecido, en base a toda esta información se puede elaborar el nuevo diagrama de recorrido.

En el diagrama de recorrido **Figura 4.9**, se muestra el nuevo procedimiento para la reparación de un motor, el cual establece el siguiente orden: recepción , limpieza , desarmado $\frac{3}{4}$, desarmado de componentes , limpieza interna , evaluación de partes , presupuesto fijo en conjunto área administrativa y mecánico líder del taller y de aquí en adelante se puede dar paso a las operaciones restantes que se resumen en armado del motor , ya que con el presupuesto fijo de repuestos y con el stock necesario de los mismos, el armado $\frac{3}{4}$ puede iniciarse de inmediato seguido por la reparación de componentes, terminando a tiempos iguales y concluyendo con el armado completo del motor, aumentando la eficiencia del proceso. Dando lugar a las pruebas en el dinamómetro y de existir alguna falla, corregirla en el tiempo

estimado de reparación, es decir las pruebas y correcciones actualmente están consideradas dentro de la hora hombre trabajada, y no en un tiempo extra como ocurría en el pasado.

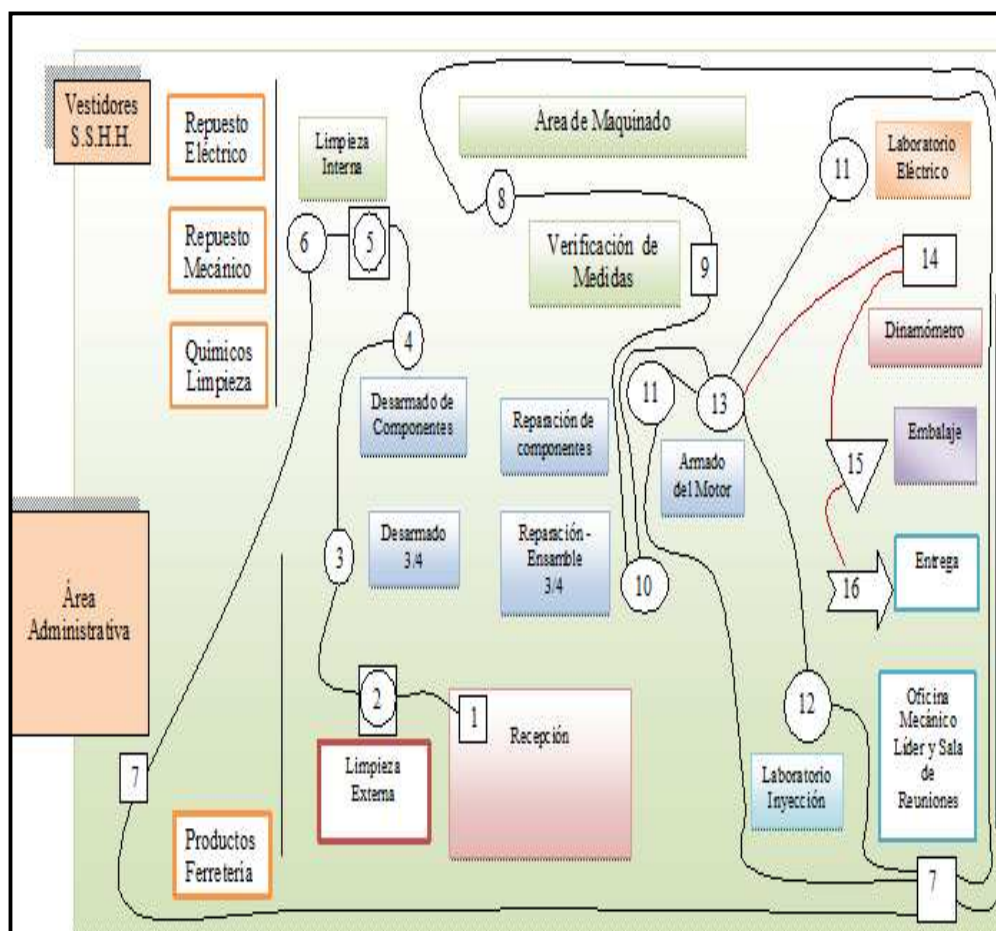


FIGURA 4.9 DIAGRAMA FINAL DE RECORRIDO

Una vez obtenidos los tiempos óptimos de reparación, se determina un listado principal de repuestos, tabla 18; donde se asigna a cada uno un factor de uso el mismo que se determina

según la frecuencia de uso en las reparaciones, ejemplo, para un motor de seis cilindros que va a ser reparado antes de falla a las 10,000 h de uso, se estiman cambiar en el $\frac{3}{4}$ los siguientes repuestos:

TABLA 18

LISTADO DE REPUESTOS ANTES DE FALLA 10.000 HORAS

Ítem:	Medida:	Valor:
Camisas	6 x 100 x 50%	\$. 300
Pistones	6 x 150 x 50%	\$. 450
Rines	6 x 30 x 100%	\$. 180
Pines	6 x 50 x 10%	\$. 30
Bocines de biela	6 x 50 x 10%	\$ 60
Bocines de b/levas	7 x 15 x 100%	\$. 105
Chapas de biela	6 x 20 x 100%	\$. 120
Chapas de bancada	7 x 25 x 100%	\$. 175
Medias lunas	1 x 30 x 100%	\$. 30
TOTAL (USD)		\$ 1450

De la misma forma se obtienen los restantes valores para las demás operaciones de reparación y comprobación de componentes

como se muestra en la tabla 19, esto ayuda considerablemente a la agilidad en las emisiones de los presupuestos ya que un cliente puede tener en menos de una hora un presupuesto y tomar una decisión, ya no debe esperar una semana y media para recién saber cuánto le cuesta la reparación.

TABLA 19
COSTO DE REPUESTOS UTILIZADOS EN LA REPARACIÓN DE COMPONENTES

Operación	Precio de Repuestos Utilizados en Reparación de Motores (USD)					
	tf4	tf6	ts4	ts6	t2	t3
Reparación de ¼	1450	1670	1750	1578	1620	1985
Reparación de B/agua	78	81	89	95	80	91
Reparación de B/aceite	110	108	98	125	112	109
Reparación de B/inyección	90	110	95	103	87	79
Reparación de B/transferencia	78	85	103	99	115	88
Reparación de turbo	435	376	450	278	365	415
Reparación de cabezote	325	360	375	318	298	312
Reparación de M/arranque	89	80	86	82	83	87
Reparación de alternador	90	91	89	110	120	90
Reparación de polea del vent.	30	28	20	31	20	25
Prueba de inyectores	600	650	700	540	610	680
Prueba de B/inyección	110	120	121	115	117	119
Total	3485	3759	3976	3474	3627	4080

Por lo tanto el presupuesto basado en tiempo fijo y tarifa fija para una reparación total de motor por modelos queda establecido en la tabla 20, en donde se indica el costo de mano de obra y el costo de los repuestos utilizados en la reparación.

TABLA 20
COSTO TARIFA FIJA

Modelos	tf4	tf6	ts4	ts6	t2	t3
Costo de tiempo mano de obra (USD)	1800	1749,6	1799,55	1691,7	1558,65	1775,1
Presupuesto de Tarifa Fija (USD)	3485	3759	3976	3474	3627	4080
Total (USD)	5285	5508,6	5775,55	5165,7	5185,65	5855,1

Acerca de los presupuestos establecidos cabe indicar lo siguiente:

- Precios no incluyen IVA.
- La reparación del motor $\frac{3}{4}$ incluye acondicionamiento del sistema eléctrico.
- Reparación del turbo incluye cartridge y en casos específicos el reemplazo del mismo.
- Tarifa fija y Tiempo fijo cero adicionales no incluye reemplazo del bloque, cigüeñal, cabezote, barra de levas, múltiples de escape, componentes completos, y la reutilización de repuestos

y/ó componentes rotos, fisurados, soldados, siniestrados y/ó que no sean originales.

- Para aplicar a tarifa fija y tiempo fijo el motor debe estar armado y operativo.
- Tarifa fija no incluye imprevistos (reemplazo de componentes en caso de ser necesario).
- Tiempos de entrega garantizados.
- Descuento especial del 3% por cada día adicional al plazo establecido.

Además de la recomendación efectuada de reparar antes de las 10.000 horas de servicio como lo especifica el manual de operación y mantenimiento del fabricante cabe recalcar que existen indicadores para reparar un motor, y son los siguientes:

Planeados:

- ❖ Horas de servicio del motor o galones de combustible consumido.
- ❖ Resultados de evaluación de parámetros de funcionamiento del motor.
- ❖ Guía de administración de reacondicionamiento general.

Fallas:

- ✓ Calentamiento excesivo.
- ✓ Fugas.
- ✓ Pérdida de potencia.
- ✓ Exceso de humo (negro, blanco, azul).
- ✓ Ruido inusual.
- ✓ Exceso de gases en el cárter.
- ✓ Aumento de consumo de aceite o combustible.
- ✓ Dificultad en el arranque.
- ✓ Limalla en filtros.

4.8 Auditoría de Mantenimiento Autónomo

Para realizar las auditorías del mantenimiento autónomo de la sección piloto, se utilizan los siguientes formatos. Como se puede observar en las tablas 21 y 22, las cuales muestran los formatos que se utilizan en la ejecución de la auditoría de mantenimiento autónomo se nota los diferentes lugares en donde se aplica la auditoría con sus distintas calificaciones según las novedades encontradas, las cuales se miden con la puntuación que adquiere la instalación auditada.

La auditoría que se realiza contribuye al diagnóstico y situación en la que se encuentra la empresa luego de implementar las mejoras, y se trabaja enfáticamente en las situaciones que no han sido corregidas.

Efectuando las auditorías se puede medir cuan efectiva ha sido la implementación de las herramientas de mejora continua con respecto a los procesos y logística en la reparación de los motores de combustión interna, la calificación debe ser mínimo el 80% de la puntuación total. Para obtener el resultado de la auditoría se suman todas las calificaciones y se divide para 200.

TABLA 21

AUDITORÍA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO I ETAPA

AUDITORÍA DE PASO DEL MANTENIMIENTO AUTONOMO							
SECCION PILOTO							
FECHA DE LA AUDITORIA:							
CRITERIO DE EVALUACION							
5's	Instalación	RANGO					Calif.
		0	5	10	15	20	
CLASIFICAR (SEIRI)	Algún objeto en el pasillo	Si, muchas clases de polvo, basura y otros desperdicios	Puedes atravesar caminando pero esquivando obstáculos, y en vehículo no	Se encuentran objetos apilados en el pasillo	Objetos apilados en el pasillo pero hay letreros de precaución	No existen obstáculos en el pasillo	
	Áreas de trabajo (oficinas)	Objetos son dejados mas de un mes aleatoriamente	Objetos dejados hace mas de un mes pero no estorban especialmente en la esquina	Se dejan artículos que son utilizados en el mes pero no estorban	Se empieza a manejar el concepto justo a tiempo	Se implemento totalmente el concepto justo a tiempo	
	Escritorio, mesas o banco de trabajo	Se encuentra basura u objetos inservibles sobre, debajo o en los cajones	Se encuentran herramientas partes o inmobiliario inservibles	No se identifica lo que está listo para usarse y lo que no	Se encuentran los mismo objetos por una semana sobre la mesa de trabajo o el escritorio	Solo el número de artículos necesarios es almacenado	
	Repisas	Papelería y material de trabajo disperso o desordenado	Se encuentra papelería diagramas, planos o partes inservibles	Lugares para guardar definidos pero no utilizados	Lugares para guardar artículos definidos pero sin operación conveniente de entrada salida	Facilidad de coger y guardar por cualquier persona los artículos después del usarse	
	Almacén	No puedes entrar	Almacenamiento aleatorio	Lugar de almacenamiento definido pero no utilizado	Lugares para guardar artículos definidos pero sin operación conveniente de entrada salida	Se implemento totalmente el concepto justo a tiempo	
TOTAL							
OBSERVACIONES:							
REALIZADA POR:							

TABLA 22

AUDITORÍA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO II ETAPA

AUDITORÍA DE PASO DEL MANTENIMIENTO AUTONOMO							
SECCION PILOTO							
FECHA DE LA AUDITORIA:							
CRITERIO DE EVALUACION							
5's	Instalación	RANGO					Calif
		0	5	10	15	20	
ORDEN. (SEITON)	Papeleria	Papeleria vieja y nueva almacenada conjuntamente y difcil de identificar	Articulos individuales dificiles de encontrar en pocos minutos	Lugar de almacenamiento definido pero no utilizado	Se puede acceder mecanicamente	Procedimientos de control visual en el sistema de archivos	
	Maquinaria	Aun se encuentra en la planta el equipo obsoleto y deteriorado	Están mezcladas las máquinas que sirven con las que no	Solo equipo funcional está en el piso	Al equipo se le da mantenimiento o por prioridades y frecuencia de uso	Se ubica visualmente sobre la maquinaria el programa de mantenimiento	
	Herramienta estacionaria	Aun se encuentra en la planta la herramienta obsoleta y deteriorada	Están mezcladas las herramientas que sirven con las que no	Solo herramientas funcionales están en el piso	A las herramientas se le da mantenimiento o por prioridades y frecuencia de uso	Se ubica visualmente sobre la herramienta el programa de mantenimiento	
	Ilustraciones, planos y diagramas	Diagramas viejos o papeles de desecho están esparcidos y revueltos	Diagramas utilizados están archivados	Diagramas rasgados y manchados son siempre reemplazados con nuevos diagramas	Cada diagrama es protegido con plástico para evitar rasgaduras	Existe un sistema de identificación de la ubicación del diagrama en 3 minutos	
	Componentes y partes	Mezcladas las que sirven y las que no	Se identifican por su localización las que sirven y las que no	Solo las que funcionan son almacenados para protegerlas de daños o corrosión	Se identifica la ubicación del almacenamiento para tener la identificación y el inventario correcto	Ayudas visuales para identificar claramente la ubicación y el estado	
TOTAL							
OBSERVACIONES:							
REALIZADA POR:							

Procedimiento Iso9000-2008 en los Procesos de Reparación.

Las mejoras continuas y mantenidas en una Compañía están ligadas al uso de las normas ISO9000-2008, la cual establece varios puntos que deben ser cumplidos tales como un Manual de Calidad, Manual de Procesos, Manual de Funciones, Manual de Procedimientos, Política de Calidad, Objetivos de Calidad.

Talleres R.G.M. obtuvo la certificación ISO9000-2008 al cumplir todos los puntos dispuestos en la Norma, y dentro de los procedimientos se establecieron parte de los cambios realizados en los procesos de reparación que fueron sugeridos, como se puede observar en el **ANEXO D**, de esta forma se asegura el cumplimiento de los pasos necesarios para mejorar la calidad del servicio.

Adicionalmente, en los Planes de Calidad menciona a los Presupuestos Fijos como una herramienta para alcanzar los Objetivos de Calidad propuestos a corto y largo plazo.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- a. Se cumplió el objetivo principal de aumentar el índice de productividad del **Taller R.G.M.** una vez que se hizo la implantación de los resultados del estudio de los tiempos y procesos de reparación; el índice de productividad a nivel General pasó de 6,44 USD/h a 11,81 USD/h, un incremento del 83%.
- b. Se obtuvo una disminución en los precios de mano de obra a nivel general, de un 28% aproximadamente, debido a que se obtuvieron los tiempos correctos de cada proceso.

- c. Aumentó considerablemente las ventas en el Taller a partir de las implantaciones realizadas con respecto a los presupuesto fijos, la misma que aumentó a nivel General de \$101,434 USD registrados al final del año 2010 a \$216,218 USD registrados al final del año 2011, un incremento de 113% en ventas.

- d. Se implementaron tablas de inspección visual, control de limpieza, lubricación y engrase, las cuales contribuyen a extender el tiempo de vida útil de las maquinarias, además sirven para realizar el respectivo seguimiento de anomalías que se presenten en el equipo al momento de la inspección y de ser repetitivo se planea la eliminación total de la misma.

- e. Se capacitó al personal teórica y técnicamente lo cual complemento la implantación del mantenimiento autónomo ya que poseer el conocimiento adecuado, el mismo pudo ser plasmado en los formatos de control y de evaluación de capacidades, lo que se refleja directamente en el incremento de ventas del taller, disminuyendo los retrabajos.

- f. Se alcanzó en el año 2011 un 84% de satisfacción al cliente, muy por encima del valor propuesto en los objetivos de calidad que fue de 75%.
- g. Mejoró la eficiencia del proceso de rectificación como en los procesos de mecanizado, en un 30% aproximadamente con respecto al año 2010, debido a la implementación del mantenimiento autónomo a los equipos del taller.

5.2 Recomendaciones

- a. Revisar todos los tiempos y precios obtenidos para verificar si ha existido una disminución en ellos y poder aplicar así nuevas tablas de venta que hagan más atractivo reparar en el Taller, de esta forma poder lograr incrementar tanto las ventas de las horas trabajadas a los clientes cobrables al estándar de Fábrica que es de 80%, ya que actualmente está en un 70%; así como también la participación dentro de los clientes a lo recomendado que es de un 40% ya que actualmente estamos en 32%.
- b. Incluir nuevos tiempos óptimos de reparación para modelos, componentes y actividades que vayan apareciendo y sean

necesarias, para que existan todas las alternativas que los clientes puedan solicitar.

- c.** Mantener un continuo entrenamiento a todo el personal como también un buen control en las evaluaciones para mantener las garantías del Taller dentro de lo recomendado por Fábrica, la cual debe ser menor a un 2.3% con relación a la venta de mano de obra y misceláneos.
- d. Toda actividad laboral conlleva un peligro, en el caso de las actividades de mantenimiento el peligro es mucho mayor, por lo que es aconsejable que la empresa instale un botiquín que contenga los elementos necesarios para auxiliar a una persona que pueda sufrir de algún accidente durante la ejecución de su trabajo.
- e. Existen procedimientos y tareas de mantenimiento, las cuales son imposibles de realizar por el personal de mantenimiento de la empresa, por lo que es aconsejable tener un apoyo extra de parte de los proveedores de la maquinaria, pues ellos se especializan en estas actividades específicas.

- f. Para efectuar las actividades de revisión y reparación, deberá de analizarse el mejor momento para cada máquina, esto para no entorpecer las actividades productivas de la empresa en momentos innecesarios.

- g.** El implementar un programa de mantenimiento autónomo implica el cambio de mentalidad y actitud de todo el personal de la empresa, por lo que es necesario que las personas de todas las áreas y niveles estén convencidas de los beneficios que conlleva la implementación de éste. Es conveniente que este cambio empiece por los puestos más altos, ya que ayudará a lograr el cambio de mentalidad en los niveles inferiores.

ANEXOS

TALLER GUAYAQUIL

CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS DE CALIDAD TALLER GUAYAQUIL 2010

Nivel de aceptación de los clientes del distribuidor. El Objetivo es que sea igual o mayor al 40%.

RESULTADOS POR MES (%)

[illegible]

Gastos por garantías del taller. El Objetivo es que sea igual o menor al 2.3% con relación a la venta de mano de obra y misceláneos.

RESULTADOS POR MES (%)

	ENE.	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
%degarantía	0,62%	3,13%	3,78%	0,48%	0,77%	1,75%	0,89%	1,34%	0,67%	0,51%		
%acumuladodegarantías										1,44%		

HORAS TRABAJADAS A CLIENTES. - Debe ser igual o mayor al 75% del Total de horas disponibles.

RESULTADOS PORMES (% de Horas)

[illegible]

NIVEL DE SATISFACCION DE CLIENTES. - Debe ser igual o mayor al 75% y se obtiene de encuestas.

RESULTADOS CADA 6 MESES (% de Nivel de Satisfacción)

	ENE.	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
% de Nivel de Satisfacción	84%						82%						

No aplica la medición.

ANEXO B

CERTIFICACIÓN DE CAPACIDADES

FORMULARIO DE CERTIFICACIÓN DE CAPACIDADES			
Nombre del Técnico:	Fecha:		
Nombre del Auditor:	Horario de inicio:		
Número de Capacidad:	Horario final:		
LITERATURA	SI	NO	N.E.
Selección adecuada			
Interpretación			
Cumplimiento del procedimiento			
Inversión de tiempo adecuada			
Registro de mediciones adecuado			
SEGURIDAD			
Elementos personales adecuados			
Riesgos del entorno controlados			
Actos inseguros controlados			
Conceptos de Seguridad			
Respetar las reglas del área			
HERRAMIENTAS & INSTRUMENTOS			
Selección adecuada			
Uso y manipuleo adecuado			
Estado adecuado			
Orden adecuado			
Lectura de mediciones adecuada			
LIMPIEZA & CONTAMINACIÓN			
Aseo personal adecuado			
Limpieza del área			
Limpieza del componente			
Tratamiento de residuos			
Factores contaminantes controlados			
TRABAJO			
Trabajo realizado con calidad			
Trabajo realizado a tiempo			

ANEXO C

CAPACIDADES NECESARIAS PARA UN MECÁNICO

REPARADOR DE MOTORES

CAPACIDAD	DESCRIPCIÓN
1	Uso de protectores para componentes.
2	Uso de herramientas de medición.
3	Calibración y ajuste de herramientas de medición y ensayo.
4	Procedimientos usando llave dinamométrica.
5	Medición de proyección de camisas.
6	Medición de desgaste del resalto del anillo del pistón.
7	Medición del espacio libre de los cojinetes de biela y bancada.
8	Medición del cigüeñal y reutilización
9	Inspección del sistema de admisión de aire
10	Calibración de válvulas
11	Pruebas al sistema de enfriamiento y a componentes.
12	Identificación de roscas.
13	Uso de manuales y microfichas.
14	Uso de microfichas para la calibración del sistema de combustible.
15	Remoción e instalación correcta de los sellos del cigüeñal.
16	Operación y servicio de la máquina de limpieza.
17	Uso correcto de adhesivos.
18	Apriete correcto de los pernos de la culata.
19	Uso del grupo extractor de cojinetes y engranajes.
20	Instalación del conjunto del pistón en el cilindro.
21	Métodos de levantamiento y bloques de componentes.
22	Uso del calibrador de dial.
23	Uso de herramientas de remoción de sellos.
24	Uso del removedor de espárragos.
25	Remoción de pernos rotos.
26	Uso del cortador de roscas.
27	Uso del extractor de la camisa de cilindros.
28	Obtención de una muestra de aceite.
29	Evaluación del desgaste de pistón, camisa anillos
30	Evaluación del desgaste de cojinetes de biela y bancada.
31	Evaluación del desgaste de válvulas y resortes de válvulas.
32	Prueba de solenoides de corte eléctrico.
33	Uso correcto de la lista de herramientas recomendadas.
34	Procedimiento contra incendios.
35	Uso de números enteros.
36	Uso de números fraccionarios.
37	Conocimiento del sistema operativo.
38	Correcto llenado de formularios de evaluación y prueba.
39	Medición y ajuste de la cremallera de inyección
40	Medición de la velocidad del motor y punto de ajuste.
41	Rectificado de válvulas y asiento de válvulas.
42	Reutilización de culatas.
43	Medición de la gravedad específica del combustible.
44	Prueba a los inyectores de combustible.
45	Inspección de alineación radial y axial.
46	Inspección de entrada de aire al sistema de combustible.
47	Cálculo de la sincronización del sistema de combustible
48	Purga de aire de un sistema de inyección
49	Inspección de las presiones del motor.
50	Evaluación y reutilización del árbol de levas
51	Reparación de componentes

ANEXO D

PLAN DE CALIDAD TALLERES R.G.M.

No.	OBJETIVOS	FECHA LIMITE DE	ACCIONES A TOMAR HASTA JUNIO DEL 2013
01	MERCADO ABARCADO> 40%	DIC-06	*Mayor promoción de los trabajos por Presupuestos Fijos. *Implementación de nuevas tablas de Presupuestos Fijos. *Revisión de tablas de Presupuestos Fijos para hacerlas más atractivas a los clientes.
02	HORAS TRABAJADAS AL CLIENTE> 75%	ENE-05	*Mayor promoción de los trabajos por Presupuestos Fijos. * Implementación de nuevas tablas de Presupuestos Fijos. *Revisión de tablas de Presupuestos Fijos para hacerlas más atractivas a los clientes.
03	NIVEL DE SATISFACCION>75%	DIC-04	*Mantener, mejorar y cumplir el Programa de Capacitación *Elaboración de nuevas tablas de Presupuestos Fijos-. *Implementación de encuestas para monitoreo de la satisfacción del cliente. *Mayor disponibilidad de recursos

BIBLIOGRAFÍA

1. MARKS LIONEL. Manual del Ingeniero Mecánico, Mc GRAW-HILL, 2da. edición en español, 1993.
2. MIGUEL NÚÑEZ BOTINI. Estrategias para el Mejoramiento de la Productividad.
3. PROKOPENKO JOSEPH. La Gestión de la Productividad. Ed.LIMUSA.
4. ING.IGNACIO VALDIVIA MÉNDEZ. Medición y Mejoramiento de la Productividad.
5. SUMANTH DAVID. Ingeniería y Administración de la Productividad. Mc Graw Hill
6. DUFFUAA, Salih RAUF, A; DIXON CAMPBELL, Sistemas de Mantenimiento, Planeación y Control, editorial LIMUSA 2000, México.