



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar,  
Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre  
activos de la flota de renta de maquinaria pesada

Rodrigo Emilio Leal Trangay

Asesorado por Ing. Erik Ricardo Wagner Zamora

Guatemala, enero de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
Vocal I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Vocal II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
Vocal III	Ing. Julio David Galicia Celada
Vocal IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Vocal V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
Secretario	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
Examinadora	Inga. Lenny Virginia Gaitán Rivera
Examinador	Ing. Carlos Alex Olivares Ortiz
Examinador	Ing. Julio Sebastián Granja Pérez
Secretario	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAMC (DEFINIR, MEDIR, ANALIZAR, MEJORAR, CONTROLAR) DE SEIS SIGMA PARA LA MEJORA DEL RETORNO SOBRE ACTIVOS DE LA FLOTA DE RENTA DE MAQUINARIA PESADA

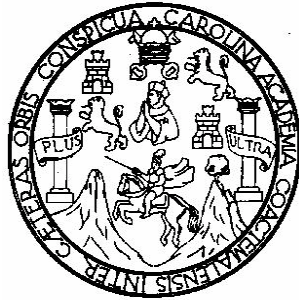
Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Mecánica Industrial con fecha 11 de mayo de 2004.

---

Rodrigo Emilio Leal Trangay

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAMC (DEFINIR, MEDIR, ANALIZAR,  
MEJORAR, CONTROLAR) DE SEIS SIGMA PARA LA MEJORA DEL RETORNO  
SOBRE ACTIVOS DE LA FLOTA DE RENTA DE MAQUINARIA PESADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**RODRIGO EMILIO LEAL TRANGAY**

ASESORADO POR: ING. ERIK RICARDO WAGNER ZAMORA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ENERO DE 2005



Guatemala, 3 de Septiembre de 2004

**Señora Directora  
Inga. Marcia Véliz  
Escuela de Ingeniería Mecánica industrial  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Ciudad**

Estimada Inga. Véliz:

Atentamente, me dirijo a usted para informarle que he asesorado la elaboración del trabajo de graduación titulado: "APLICACION DE LA METODOLOGIA DMAMC (DEFINIR, MEDIR, ANALIZAR, MEJORAR, CONTROLAR) DE SEIS SIGMA PARA LA MEJORA DEL RETORNO SOBRE ACTIVOS DE LA FLOTA DE RENTA DE MAQUINARIA PESADA" al estudiante Rodrigo Emilio Leal Trangay, quien habiendo cumplido con instrucciones del suscrito ha completado el desarrollo del trabajo.

El trabajo de graduación cumple con los objetivos planteados y además, se ajusta al contenido indicado y autorizado según protocolo, lo que permite proseguir los trámites correspondientes.

Atentamente,

**Ing. Erik Ricardo Wagner Zamora  
Ingeniero Mecánico Industrial  
Colegiado No. 5276**



## **ACTO QUE DEDICO**

A DIOS

POR PERMITIRME COMPARTIR ESTA JORNADA CON MUCHAS PERSONAS  
MARAVILLOSAS

A MIS PADRES:

RODRIGO LEAL LÓPEZ

CARMEN HERMINIA TRANGAY DE LEAL

POR EL AMOR, CONFIANZA Y APOYO DEPOSITADO EN MÍ A LO LARGO DE  
MUCHOS AÑOS DE ALEGRÍAS Y PENAS

A MI ESPOSA, INGRID CABRERA

MI FUENTE DE INSPIRACIÓN, POR SU INQUEBRANTABLE FE Y APOYO

A MI HIJA, ANA LAURA

MI MOTIVO PARA BUSCAR CADA DÍA SER MEJOR

A MIS HERMANOS Y HERMANOS POLÍTICOS

JOSÉ FRANCISCO

FABIOLA DEL CARMEN

ALMA NINETH

BYRON LEONEL

A MI PRIMO

JOSÉ ALFREDO ALMENGOR TRANGAY (QEPD)

PARA ALGÚN DÍA OBTENER SU PERDÓN.





## **AGRADECIMIENTOS**

A LA CORPORACIÓN GENERAL DE TRACTORES, S.A.

AL ING. ERIK RICARDO WAGNER ZAMORA

A LA INGA. MARÍA COLMENARES DE GUZMÁN

AL SR. CRISTIAN MONTERROSO

AL PUEBLO DE GUATEMALA QUE CON SU TRABAJO DIARIO HACE POSIBLE EL  
FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

## ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	v
GLOSARIO	viii
OBJETIVOS	xiii
RESUMEN	xv
INTRODUCCIÓN	xvii
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Filosofía de mejora Seis Sigma	1
1.1.1. Historia de Seis Sigma	3
1.1.2. Conceptos claves del sistema Seis Sigma	5
1.1.2.1. Una introducción al sistema de medición de Seis Sigma	11
1.1.2.1.1. Sigma, desviación estándar y eliminación de variación	11
1.1.2.1.2. Clientes, defectos y niveles Sigma	12
1.1.2.2. Diseño y rediseño del proceso con Seis Sigma	13
1.1.2.3. Manejo del proceso	14
1.1.2.4. Software estadístico Minitab	15
1.1.2.4.1. Introducción a Minitab	16
1.2. El modelo de mejora DMAMC de Seis Sigma	21

1.2.1.	Etapa Definir	22
1.2.2.	Etapa Medir	23
1.2.3.	Etapa Analizar	24
1.2.4.	Etapa Mejorar	25
1.2.5.	Etapa Controlar	26
1.3.	Diferencias entre Calidad Total y el modelo de Seis Sigma	27
1.4.	Cinturones negros, verdes y otros papeles claves en Seis Sigma	32
1.5.	Definición de ROA (retorno sobre activos)	35
1.5.1.	Estructura del índice financiero de Dupont	35
1.6.	Descripción de la línea de equipos disponibles para renta	36
1.6.1.	Tractores de cadenas	36
1.6.2.	Excavadoras hidráulicas	37
1.6.3.	Retroexcavadoras	37
1.6.4.	Cargadores frontales	38
1.6.5.	Motoniveladoras	38
1.6.6.	Vibrocompactadores	39
1.6.7.	Minicargadores	39
1.6.8.	Miniexcavadoras	40
1.6.9.	Montacargas	40
1.6.10.	Plantas eléctricas	41
2.	SITUACIÓN ACTUAL	43
2.1.	Estructura de la flota de renta	43
2.1.1.	Nivel de inventario	48
2.1.2.	Cálculo del ROA (retorno sobre activos)	48
2.1.2.1.	Análisis del índice de Dupont	49
2.1.3.	Cálculo de disponibilidad	51

2.1.3.1.	Disponibilidades históricas	52
2.2.	Validar oportunidades comerciales	53
2.3.	Selección de equipo de mejora	60
2.4.	Análisis de riesgo del proyecto	62
2.5.	Documentar y analizar procesos	64
2.5.1.	Diagrama de proceso	66
2.5.1.1.	Análisis de valor agregado	70
2.5.2.	Diagrama PEPSC (Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas, Clientes)	72
2.6.	Medición de variables que afectan el rendimiento	75
2.6.1.	Determinar variables a medir	75
2.6.1.1.	Indicadores de entrada del proceso	76
2.6.1.2.	Elementos del proceso e indicadores de relación	78
2.6.1.3.	Indicadores de salida del proceso	79
2.6.1.4.	Seleccionar los indicadores correctos	80
2.6.1.5.	Desarrollar definiciones operacionales de medición	81
2.6.1.6.	Desarrollar un plan de medición	83
2.6.2.	Recolectar datos	84
3.	PROPUESTA DE MEJORA	87
3.1.	Análisis de datos	87
3.1.1.	Estratificación de la medición	88
3.1.1.1.	Análisis de Pareto para causas	88
3.1.2.	Matriz de causas y efectos	94
3.1.3.	Prueba de hipótesis e intervalos de confianza	96
3.1.4.	Correlación entre causas y efectos	98

3.2.	Creación de mejoras	98
3.2.1.	Generar ideas de mejora	98
3.2.1.1.	Lluvia de ideas	99
3.2.2.	Evaluar y seleccionar soluciones	103
3.2.2.1.	Matriz de Pugh para la selección de soluciones	103
3.3.	Propuesta final de mejora	107
4.	IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS	111
4.1.	Prueba piloto de soluciones	111
4.1.1.	Análisis de prueba piloto	112
4.1.1.1.	Conclusiones de prueba piloto	114
4.2.	Análisis de riesgo del negocio por cambios sugeridos	115
4.3.	Presentar recomendaciones	115
4.4.	Procedimientos y estándares	117
4.5.	Plan de comunicación	117
5.	MEJORA CONTINUA DEL PROCESO	119
5.1.	Plan de control	119
5.1.1.	Límites de control y especificaciones	120
5.1.1.1.	Indicadores de entrada y salida	120
5.1.2.	Mapa de nuevo proceso	122
5.1.3.	Tabla de responsabilidades	123
5.1.4.	Análisis de problemas potenciales	124
5.1.4.1.	Acciones sugeridas ante problemas potenciales	124

CONCLUSIONES	127
RECOMENDACIONES	131
BIBLIOGRAFÍA	133
APÉNDICES	135

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Métodos y herramientas esenciales de Seis Sigma	6
2	Pantalla principal de Minitab®	17
3	Vista de un gráfico generado con Minitab®	19
4	Distribuciones normales	20
5	Gráfico de control estadístico de proceso	20
6	Tractor de cadenas	36
7	Excavadora hidráulica	37
8	Retroexcavadora	37
9	Cargador frontal	38
10	Motoniveladora	38
11	Vibrocompactadora	39
12	Minicargador	39
13	Miniexcavadora	40
14	Montacargas	40
15	Planta eléctrica diesel	41
16	Organigrama de la flota de renta	46
17	Gráfico de tendencia de ventas, inventario y utilidad	47
18	Gráfico comparativo de ROA, rotación de activos, disponibilidad y utilidad	54
19	Características de los equipos eficaces	61



20	Diagrama de proceso de mantenimiento de flota de renta	68
21	Diagrama de causas	69
22	Diagrama PEPSC	74
23	Diagrama de relación de indicadores del proceso	77
24	Pareto de gastos de mantenimiento año 2002	89
25	Pareto de gastos de mantenimiento año 2003	89
26	Pareto para gastos de mantenimiento por tipo de repuesto, año 2002	91
27	Pareto para gastos de mantenimiento por tipo de repuesto, año 2003	91
28	Pareto para gastos de mantenimiento por tipo de repuesto de motor, año 2002.	92
29	Pareto para gastos de mantenimiento por tipo de repuesto de motor año 2003	92
30	Matriz de causas y efectos	95
31	Matriz de Pugh problema 1	105
32	Matriz de Pugh problema 2	106
33	Hoja de control del proceso	121
34	Mapa de nuevo proceso	122

## TABLAS

I	Diferencias entre Calidad Total y Seis Sigma	28
II	Resumen de ventas, utilidades e inventario promedio, años 1998 a 2003	47
III	Cálculo de ROA	49
IV	Cálculo del índice de Dupont	50
V	Disponibilidades históricas	53
VI	Costos relativos a la flota de renta (1998 – 2003)	54
VII	División de las ventas según categorías.	56
VIII	Análisis porcentual de costos con respecto a ventas	57
IX	Tipos de mantenimiento preventivo para maquinaria pesada	67
X	Códigos ISO de conteo de partículas	108
XI	Resumen de costos obtenidos en prueba piloto	112
XII	Plan de comunicación para el nuevo procedimiento	118
XIII	Tabla de responsabilidades	123
XIV	Costo de mantenimiento por tipo para el año 2002	136
XV	Costo de mantenimiento por tipo para el año 2003	156
XVI	Tabla de referencia para calcular el nivel sigma	166

## GLOSARIO

### **Activos**

En este trabajo los activos están representados por el inventario de maquinaria disponible para renta, como el propósito de la medición de ROA es calcular el retorno sobre la inversión realizada en maquinaria, se dejaron fuera del análisis los activos diferidos como las cuentas por cobrar y otros.

### **Análisis espectrográfico**

Es una prueba de laboratorio para aceites que identifica el metal o aleación específica que forma las partículas presentes en el aceite. Se usa para identificar señales anormales de desgaste en los componentes lubricados mediante la interpretación adecuada de un especialista. El análisis espectrográfico identifica partículas entre 10 y 15 micrones.

***Balance Scorecard***

Es un sistema de gerencia, que permite a las organizaciones aclarar su visión y estrategia. Provee retroalimentación de procesos internos y externos para mejorar continuamente el desempeño estratégico.

***Benchmark***

También conocido como mejor práctica, se refiere a un índice o resultado con el cual se compara alguna actividad o proceso; proviene de las mejores prácticas utilizadas por otras empresas que se dedican a la misma actividad y que ya han obtenido dicho índice o resultado.

**Códigos de distribución**

El sistema informático que se maneja permite el rastreo de los tipos de repuestos utilizados para la reparación de maquinaria; cada repuesto tiene asignado un código de distribución que permite identificar si es un repuesto utilizado en el motor, transmisión, sistema hidráulico, etc. En este trabajo se realizó una extracción de dichos códigos para poder realizar la estratificación de costos.

<b>DBS</b>	Sistema informático utilizado por la empresa para registrar todas las transacciones que se realicen; es un acrónimo al término en inglés, Dealer Business System; es un sistema basado en un servidor AS400 de IBM.
<b>DMAMC</b>	Acrónimo de las palabras Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar, que define la metodología utilizada por Seis Sigma para la mejora de procesos.
<b>DMEDI</b>	Acrónimo de las palabras Definir, Medir, Explorar, Desarrollar, Implementar, que define la metodología utilizada por Seis Sigma para la creación de nuevos procesos.
<b>GET</b>	Se refiere a las piezas de herramienta de corte, es un acrónimo del término en inglés, <i>Ground Engaging Tools</i> . Son las piezas de desgaste que van en cucharones, hojas topadoras y otros implementos de la maquinaria; estas piezas deben ser reemplazadas periódicamente, debido al desgaste que sufren por el contacto con materiales abrasivos como tierra, rocas, etc.

**IN** Es una abreviatura utilizada en el trabajo para referirse a la preparación de las plantas eléctricas previo a ser rentadas, cambio de voltaje, amperaje y otros trabajos que se deben realizar propios de las plantas eléctricas.

**MC** Es una abreviatura utilizada en el trabajo para referirse al mantenimiento correctivo realizado en las máquinas.

**MICRÓN** Un micrón es una medida métrica igual a una millonésima parte de un metro. La partícula visible por el ojo humano más pequeña es de 40 micrones.

**MP** Es una abreviatura utilizada en el trabajo para referirse al mantenimiento preventivo realizado en las máquinas.

**PE** Es una abreviatura utilizada en el trabajo para referirse a la preparación para entrega, la cual se refiere a las operaciones que realizan los técnicos para preparar una máquina antes de que empiece su operación normal.

**ROA** Retorno sobre Activos. Utilidad neta / Activos.

**Tarifas fijas** Se refiere a una tarifa de cobro en la cual el taller establece un cobro fijo por un trabajo específico.





## OBJETIVOS

### GENERAL

Mejorar el retorno sobre activos de una flota de renta de maquinaria pesada mediante la metodología Seis Sigma.

### ESPECÍFICOS

1. Establecer mediante la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar & Controlar) de Seis Sigma los principales rubros de costo de la flota de renta.
2. Establecer un sistema de control efectivo para el monitoreo de las ventas y costos de una flota de renta de maquinaria pesada.
3. Aportar a una empresa guatemalteca una solución eficiente a uno de los problemas más críticos de su gestión empresarial.
4. Utilizar metodologías innovadoras en el ámbito, y un enfoque rigurosamente estadístico de la ingeniería industrial para dar soluciones a un problema de gestión empresarial.

5. Reducir la incertidumbre en el proceso de toma de decisiones de los cuadros gerenciales, en lo que respecta a la flota de renta, mediante un análisis estadístico del mismo.
6. Comprobar el potencial de la filosofía Seis Sigma para la mejora de los procesos de servicio.
7. Que sirva de referencia para los estudiantes y profesionales de la Universidad de San Carlos que pretendan conocer y aplicar la metodología Seis Sigma en sus respectivas empresas.

## RESUMEN

Seis Sigma se ha constituido en los últimos años como la punta de lanza de mejora para muchas organizaciones de clase mundial; si bien muchos de los conceptos y herramientas no son nuevos ya que tienen su fundamento en el movimiento de Calidad Total y de Reingeniería, Seis Sigma combina lo mejor de ambos movimientos, a la vez que trata de buscar soluciones a los problemas que dichos movimientos encontraron. Seis Sigma se basa principalmente en dos modelos de mejora conocidos como DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) y DMEDI (Definir, Medir, Explorar, Desarrollar, Implementar); la primera se concentra en la mejora de procesos ya existentes, por lo que puede ser considerado el brazo de Calidad Total de Seis Sigma. Por su parte, el modelo DMEDI se concentra en la creación de procesos nuevos para el desarrollo de nuevos productos, incursión en nuevos mercados, reemplazo de procesos obsoletos, por lo tanto puede ser considerado como el brazo de Reingeniería de Seis Sigma.

La metodología DMAMC de Seis Sigma fue utilizada en el presente trabajo para identificar las causas principales del bajo retorno sobre los activos de una flota de renta de maquinaria pesada; las causas principales detectadas fueron:

1. alto costo de preparación de maquinaria nueva (proceso de preparación y revisión antes de la entrega al cliente), y

2. no existía ningún control administrativo sobre el gasto en filtros utilizados en el mantenimiento preventivo de la maquinaria, lo cual motivaba un costo excesivo en dicho rubro.

Ambas causas tenían un efecto combinado bastante perjudicial para el ROA (Retorno sobre activos), causando aproximadamente 1.7% de pérdida monetaria sobre el ROA.

Una vez identificadas y medidas dichas causas, se procedió a desarrollar las soluciones factibles para corregir los problemas, utilizando para ello diversas herramientas de medición y generación de ideas como: gráficos de Pareto, matriz de causas y efectos, lluvias de ideas, mapas de proceso. Llegando finalmente a la implementación de dos nuevos procedimientos para mejorar el retorno sobre activos. Se espera que dichos procedimientos representen una mejora en el ROA de 1.7%, lo cual significa una mejora del 25% sobre el ROA del año previo a la ejecución de este proyecto.

## INTRODUCCIÓN

Seis Sigma es un método altamente técnico de calidad que persigue la reducción de costos, mejora de productividad, retención de clientes y un alto estándar, 3.4 defectos por millón de oportunidades; son éstas y otras características las que lo han constituido en uno de los métodos más utilizados en la actualidad por empresas alrededor del mundo como General Electric, Motorola, Caterpillar, Telefónica y otras. Sin embargo, en los países latinoamericanos, Seis Sigma apenas empieza a sonar como un tema entre los ingenieros industriales. Actualmente, casi toda la literatura sobre el tema está en inglés, lo cual se constituye en una barrera para el aprendizaje de la metodología.

Tradicionalmente, la mayoría de los enfoques de calidad ha dedicado especial énfasis en la planta de producción, y esto está bien, ya que si se quiere competir en el mercado mundial lo primero es tener un producto de muy buena calidad; pero al final de la jornada, también son críticos los procesos de soporte: compras, mantenimiento, cobros, mercadotecnia, ventas etc. ya que de muy poco servirá tener el mejor producto si se da a conocer o no se es eficiente procesando las ordenes de entrega del producto, etc. Es precisamente en uno de estos procesos de soporte donde el presente trabajo de graduación hará énfasis, ya que constituye una mayor oportunidad de mejora y muchas veces ni siquiera analizada mediante un enfoque sistemático de ingeniería industrial.

Mediante el desarrollo de un proyecto real de Seis Sigma real en el mundo de los negocios y especialmente en el área transaccional, se entregará a la Facultad una guía para la aplicación de la Metodología DMAMC, que constituye el corazón del esfuerzo Seis Sigma, y que será de mucha utilidad al futuro estudiante universitario, profesional de ingeniería industrial o de cualquier otra carrera que necesite conocer más a fondo este tema.

El proyecto de Seis Sigma tiene como objetivo principal la reducción de los costos asociados con la operación de una flota de renta de maquinaria pesada; la reducción de dichos costos incrementará la utilidad y, por lo tanto, el índice de retorno sobre activos, el cual constituye el indicador más importante para los accionistas, quienes esperan un retorno adecuado a la inversión realizada.







# **1. ANTECEDENTES GENERALES**

## **1.1. Filosofía de mejora Seis Sigma**

Reducción de costos, mejora de productividad, retención de clientes son solo algunas de las promesas del sistema de manejo de calidad Seis Sigma.

Existen varias perspectivas sobre lo que realmente es Seis Sigma, algunas empresas lo definen como “un método altamente técnico utilizado por ingenieros y estadísticos para afinar procesos y productos”, verdad a medias. Es cierto que la medición y la estadística son un ingrediente clave en el proceso de mejora Seis Sigma, pero no son la historia completa.

Una segunda definición de Seis Sigma es que es un objetivo de “casi perfección” en cumplir los requerimientos de los clientes. Esto también es exacto; de hecho, el término “Seis Sigma” se refiere a un objetivo de desempeño, derivado estadísticamente, el cual significa 3.4 defectos por millón de actividades u “oportunidades”. Éste es un objetivo que pocas empresas o procesos pueden reclamar hoy día.

Otra manera de definir Seis Sigma es un esfuerzo de “cambio de cultura” para posicionar a una empresa para mayor satisfacción del cliente y competitividad.

Tomando en cuenta estas definiciones y algunas otras formales, los autores del libro *"The Six Sigma Way"*<sup>1</sup> han llegado a la siguiente definición la cual es una de las más precisas que existe:

SEIS SIGMA: un sistema flexible y completo, para obtener, sostener y maximizar el éxito de nuestros negocios. Seis Sigma es únicamente impulsado por un cercano entendimiento de las necesidades de nuestros clientes, disciplina en el uso de hechos, datos y análisis estadísticos, y una atención diligente para manejar, mejorar y reinventar nuestros procesos.

El tipo de "éxito de nuestros negocios" a los que se refiere la definición es diverso y puede incluir:

- a. reducción de costos,
- b. mejora de la productividad,
- c. crecimiento de nuestra participación de mercado,
- d. retención de clientes,
- e. reducción de tiempos de ciclo,
- f. reducción de defectos,
- g. cambio de cultura,
- h. desarrollo de productos/servicios,

y muchos más.

---

<sup>1</sup> Extraído del libro *The Six Sigma Way*, autores: Peter S. Pande, Robert P. Neuman & Roland R. Cavanagh

### 1.1.1. Historia de Seis Sigma

Hoy día, la existencia y el éxito del líder en equipos electrónicos Motorola está atado a Seis Sigma. Ésta es la compañía que inventó los conceptos y que ha integrado esta filosofía dentro de su sistema de gestión empresarial. Mientras tanto, General Electric ha utilizado Seis Sigma para fortalecer su posición como una compañía de clase mundial.

A principios de los años 80 y 90, Motorola era una de muchas corporaciones estadounidenses y europeas que fueron objeto del gran ataque de las corporaciones japonesas. Los ejecutivos de Motorola, preocupados debido a que la calidad de sus productos era muy pobre, a pesar de que se encontraban inmersos en muchos programas de calidad, empezaron una búsqueda sobre procedimientos eficientes para mejorar; fue entonces (1987) cuando un nuevo enfoque nacido en la división de comunicaciones de Motorola, en ese entonces a cargo de George Fisher, empezó a ayudar a Motorola a reinventarse a sí misma y a convertirse en la empresa de clase mundial que hoy conocemos todos. El concepto innovador de mejora fue llamado "Seis Sigma".

Lo que Seis Sigma ofreció a Motorola fue una forma simple de medir y comparar su desempeño con respecto a los requerimientos de los clientes<sup>1</sup> y un objetivo ambicioso de calidad casi perfecta<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Denominado la medida Seis Sigma

<sup>2</sup> Denominado el Objetivo Seis Sigma de Calidad.

Conforme esta iniciativa se dispersó por toda la compañía, con el apoyo del Presidente de Motorola el Sr. Bob Galvin, Seis Sigma le dio el empuje necesario para obtener lo que en ese entonces parecían objetivos de mejora casi imposibles.

El vuelco de Motorola ha sido tan remarcable en el largo plazo como los resultados favorables obtenidos por General Electric en tan solo unos años. Solamente dos años después del inicio de Seis Sigma, Motorola recibió el premio de calidad *"Malcolm Baldrige National Quality Award"*. El nivel de empleados aumentó de 70,000 en 1980, a cerca de 130,000 en la actualidad.

Los resultados obtenidos por Motorola han sido el producto de miles de esfuerzos de mejora individuales, afectando áreas como diseño de productos, manufactura y servicios en todas sus unidades básicas de negocio.

Más que como un grupo de herramientas, Motorola aplicó Seis Sigma como una forma de transformar su negocio, una forma impulsada por comunicación, entrenamiento, liderazgo, trabajo en equipo, medición y un enfoque continuo en los clientes.

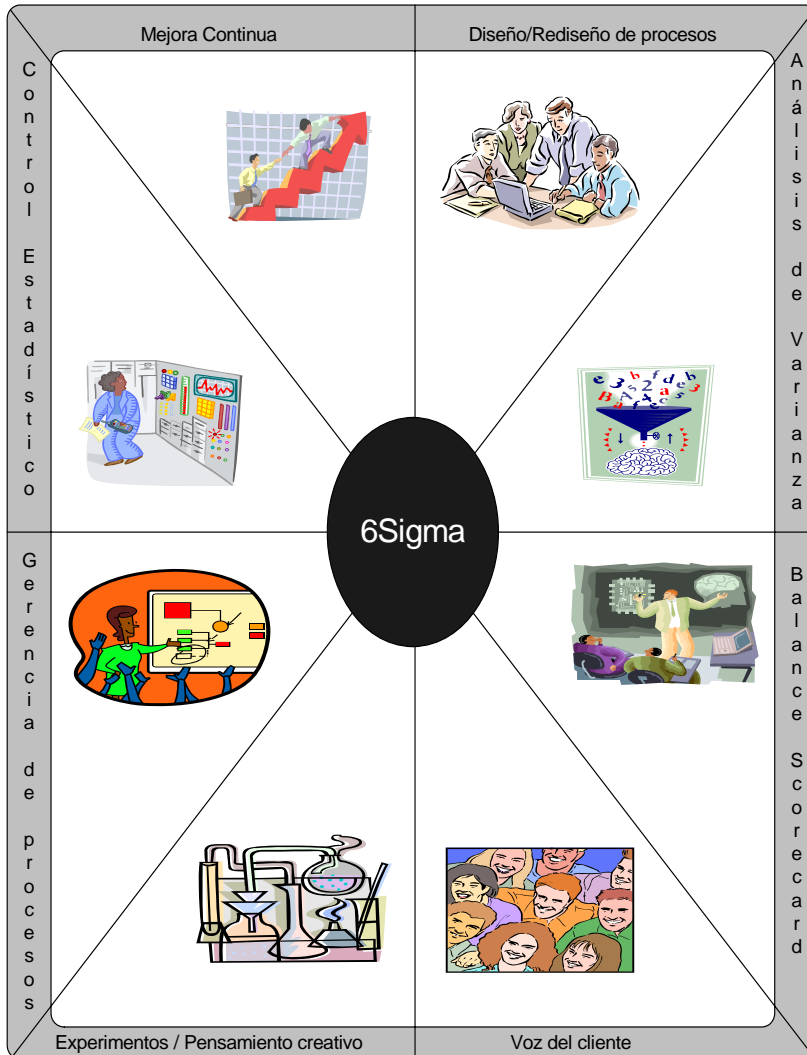
### **1.1.2. Conceptos claves del sistema Seis Sigma**

Como muchos de los grandes inventos, Seis Sigma no es “todo nuevo”. Mientras algunos temas de Seis Sigma son bastante recientes en la gerencia de pensamiento, otros tienen sus fundamentos en sentido común.

Antes de aceptar que el origen no es tan importante, recordamos un dicho que dice: “El sentido común es el menos común de los sentidos”.

Desde una perspectiva de las “herramientas” utilizadas, Seis Sigma es un universo bastante extenso; la Fig. 1 es un sumario de las muchas herramientas utilizadas, pero de ninguna manera todos los métodos de Seis Sigma.

Figura 1 Métodos y herramientas esenciales de Seis Sigma



Mientras más se adentre en el mundo de Seis Sigma, más se descubrirá acerca de las formas como se relaciona con otras ideas, tendencias y herramientas del mundo de negocios de hoy día. Algunas de estas tendencias, que tienen aplicación directa o pueden complementar una iniciativa de Seis Sigma, incluyen:

- a. manufactura esbelta<sup>1</sup>,
- b. sistemas de manejo de relación con clientes<sup>2</sup> (CRM),
- c. inventario justo a tiempo<sup>3</sup> (JIT),
- d. Kaizen,
- e. globalización,
- f. Poka-Yoke y
- g. las 5 S.

Como todo modelo de mejora o sistema, Seis Sigma está guiado por algunos principios básicos, que son apoyados por muchas herramientas y métodos, que serán utilizados y explicados más adelante en este documento.

Se distinguen seis principios básicos:

Principio 1: Genuino enfoque en el cliente

Durante el auge del movimiento de la Calidad Total de los años 80 y 90, multitud de empresas escribió políticas y declaraciones de misión, diciendo "cumplir o exceder las expectativas y requerimientos de nuestros clientes". Desafortunadamente, muy pocas empresas trataron escuetamente de mejorar su entendimiento de las expectativas o requerimientos de los clientes. Incluso, cuando trataron, la recolección de información fue una iniciativa de una sola vez o de muy corta duración, y por lo tanto ignoró la naturaleza dinámica de las necesidades de los clientes; ¿cuántos clientes quieren lo mismo hoy que hace cinco años?.

---

<sup>1</sup> Traducido del término en inglés *Lean Manufacturing*

<sup>2</sup> Traducido del término en inglés *Customer Relationship Management (CRM)*

<sup>3</sup> Traducido del término en inglés *Just in Time (JIT)*

## Principio 2: Gerencia impulsada por datos y hechos

Seis Sigma toma el concepto de “Gerencia por hechos” a un nuevo y más poderoso nivel. A pesar de la atención puesta en los últimos años a la medición, sistemas de manejo de información mejorados, gerencia del conocimiento etc., no debería sorprendernos que la mayoría de decisiones de negocios sigue basándose en suposiciones y/u opiniones. La disciplina de Seis Sigma empieza por clarificar qué medidas son claves para mejorar el desempeño; entonces aplica el análisis para construir un entendimiento cercano de las variables clave y optimizar los resultados.

En resumen, Seis Sigma ayuda a la gerencia a responder dos preguntas esenciales:

1. ¿ Qué información / datos realmente se necesitan ?
2. ¿ Cómo se debe utilizar esa información / datos para maximizar el beneficio ?

## Principio 3: Enfoque en procesos, mejora y gerencia

En Seis sigma, la acción ocurre en los procesos, ya sea diseñando productos y servicios, midiendo desempeño, mejorando eficiencia y la satisfacción de los clientes; Seis Sigma ubica a los procesos como el vehículo clave del éxito comercial.



#### Principio 4: Gerencia proactiva

En su descripción más sencilla, “proactivo” significa actuar anticipando los eventos futuros, es lo opuesto de ser “reactivo”. En el mundo real significa concentrarse en la prevención de problemas (incendios), en lugar de actuar como un bombero, preguntándonos constantemente ¿por qué hacemos las cosas de esta manera?, en lugar de defender ciegamente cómo hacemos las cosas.

Ser realmente proactivo, lejos de ser aburrido o excesivamente analítico, es un punto de inicio para la creatividad y el cambio efectivo. Gerenciar de crisis en crisis nos mantiene muy ocupados –dando una falsa impresión de estar bajo control de todas las cosas-; en realidad, éste es un signo de un gerente u organización que ha perdido el control.

#### Principio 5: Colaboración sin barreras

Las oportunidades disponibles a través de colaboración entre compañías y con sus proveedores y clientes son enormes.

Seis Sigma expande las oportunidades de colaboración, conforme las personas aprenden cómo sus roles encajan en la “fotografía general” y pueden reconocer y medir la interdependencia de actividades en todas las partes de un proceso. Esto demanda una actitud que está comprometida a usar el conocimiento de los procesos y de los clientes para el beneficio de todos los involucrados.

#### Principio 6: Búsqueda por la perfección; tolerancia por las fallas

Este último principio podría parecer contradictorio. ¿Cómo se puede perseguir la perfección y, al mismo tiempo, tolerar las fallas? En esencia, ambas ideas son complementarias. Ninguna compañía llegará cerca de un nivel de desempeño Seis Sigma, sin lanzar nuevas ideas y procesos (lo cual siempre involucra algún riesgo). Si las personas que ven alguna alternativa o forma de proveer un mejor servicio, bajar costos, mejorar productividad etc., están demasiado temerosas de las consecuencias de un error, ellas nunca siquiera tratarán esa nueva alternativa. El resultado: estancamiento y muerte.

Afortunadamente, las técnicas de Seis Sigma para mejorar el rendimiento incluyen una fuerte dosis de manejo del riesgo (si va a caer, trate de caer seguro). El punto crucial es que cualquier compañía que hace de Seis Sigma su objetivo estará constantemente empujando hacia una mayor perfección, mientras, tendrá que estar dispuesta a aceptar y manejar algunos retrocesos.

### **1.1.2.1. Una introducción al sistema de medición de Seis Sigma**

Es el momento de dar una explicación sobre el sistema de medición que el término Seis Sigma describe. En este punto se mencionarán algunos de los conceptos detrás de las medidas de Seis Sigma y cuáles son esas medidas.

#### **1.1.2.1.1. Sigma, desviación estándar y eliminación de variación**

La letra "sigma" en el alfabeto Griego -  $\sigma$  - es un símbolo usado en la notación estadística para representar la "desviación estándar" de una población. Desviación estándar es un indicador de la cantidad de "variación" o inconsistencia en cualquier grupo de artículos o proceso. Por ejemplo, si se compran tres camisas de la misma medida y resulta que una es demasiado pequeña, eso es variación; de hecho hay infinitos ejemplos de variación, porque cualquier cosa varía en algún grado, la variación es parte de la vida.

Observar la variación ayuda a los gerentes a entender completamente el desempeño real de un negocio y sus procesos. En el pasado y aún hoy, las organizaciones miden y describen sus esfuerzos en términos de "promedios": costo promedio, tiempo de ciclo promedio, tamaño de envío promedio, etc.; pero los promedios pueden "esconder" problemas al disipar la variación.

Por ejemplo, si se le promete a los clientes que las órdenes de repuestos estarán completas en seis días hábiles a partir de la fecha de la colocación de la orden, podría ser que al realizar un análisis se obtenga que el tiempo promedio de entrega de órdenes es de 4.2 días. Sin embargo, ese número promedio podría obviar el hecho que debido a una amplia variación de su proceso, más del 15% de las órdenes estén llegando en más de seis días, o sea, tarde. En este caso, si no se redujera la variación se tendría que alcanzar un tiempo promedio de entrega de dos días solamente para asegurar que todas las entregas sean en tiempo. Por el otro lado, si se reduce significativamente la variación, se podría tener un tiempo de entrega promedio de cinco días y no tener entregas tarde; es por éstas razones que entender y controlar la variación puede beneficiar a ambos, el cliente y la empresa, porque no se tendrá que pagar por esfuerzos adicionales innecesarios solamente para cumplir el requisito del cliente, ya que en la mayoría de los casos un tiempo de entrega de cinco días es menos costoso que uno de dos días.

El objetivo del desempeño de Seis Sigma es reducir la variación a tal nivel que seis sigmas o sea seis desviaciones estándar, puedan caer entre los límites de las especificaciones definidas por el cliente.

#### **1.1.2.1.2. Clientes, defectos y niveles Sigma**

No todos los casos pueden manejarse dentro de una curva normal, como el caso del ejemplo anterior, un antiguo Gerente de Calidad de Motorola, el Sr. Alan Larson, dijo que la simplicidad del acercamiento que se estudiará a continuación es una de las grandes ventajas de Seis Sigma.

El primer paso, fundamental para Seis Sigma, es definir claramente como un requerimiento explícito, que es lo que el cliente desea. En el lenguaje de Seis Sigma esos requerimientos son frecuentemente llamados RCC<sup>1</sup> que significa Requerimientos Críticos del Cliente. El siguiente paso es contar el número de defectos que ocurren, entendiendo como defecto cualquier circunstancia o evento por el cual el proceso o producto falla en cumplir un requisito crítico del cliente.

Una vez que se han contado los defectos, se puede calcular el porcentaje de artículos sin defectos, y usar una tabla de referencia como la mostrada en el Apéndice 2, para determinar el "nivel sigma".

Los niveles de desempeño Sigma son frecuentemente expresados como DPMO "Defectos por millón de oportunidades" .

#### **1.1.2.2. Diseño y rediseño del proceso con Seis Sigma**

Una de las razones por las cuales los líderes de las empresas perdieron la paciencia con las iniciativas de calidad en los años ochenta, fue la lentitud con la que las mejoras parecían darse. Esa frustración abrió la puerta a una nueva tendencia: la reingeniería, a mediados de los años noventa. A pesar de que la reingeniería finalizó generando sus propias decepciones, ofreció una perspectiva importante para mejorar el desempeño de las empresas: las mejoras

---

<sup>1</sup> Traducido del término en inglés CCR Critical Customer Requirements

incrementales por sí solas no permiten mantener el rápido paso del cambio en las áreas de tecnología, demandas de los clientes y competencia.

Ésas son las razones por las cuales Seis Sigma une ambas tendencias: mejora de procesos y diseño/rediseño, incorporándolas como estrategias esenciales y complementarias para el éxito sostenido. En el diseño/rediseño el objetivo no es arreglar sino reemplazar un proceso o una parte del mismo con uno nuevo.

### **1.1.2.3. Manejo del proceso**

Otra estrategia clave de Seis Sigma es la más evolucionaria. Ésta involucra un cambio en el enfoque de superintendencia y dirección de las funciones hacia el entendimiento y facilitación de los procesos, el flujo de trabajo que provee valor a los clientes y a los accionistas. En un proceso maduro de gerencia de procesos, los principios y métodos de Seis Sigma se convierten en una parte integral de manejar una empresa:

- a. los procesos son documentados y manejados de “extremo a extremo” y la responsabilidad ha sido asignado, de tal forma que asegure una gerencia cruzada de las funciones de los procesos críticos;
- b. los requisitos de los clientes están claramente definidos y son regularmente actualizados;
- c. medidas de las salidas, actividades de procesos y de las entradas son significativas;
- d. los gerentes y empleados usan las medidas y el conocimiento del proceso para medir el desempeño del mismo en tiempo real para entonces tomar

acciones buscando resolver los problemas y aprovechar las oportunidades, y

- e. mejora continua y el diseño/rediseño de los procesos es utilizado constantemente para elevar los niveles de desempeño, competitividad y utilidades de la empresa.

#### **1.1.2.4. *Software* estadístico Minitab®**

MINITAB® fue desarrollado por la corporación estadounidense Minitab Inc.; éste es un *software* de computadora que permite realizar toda una serie de cálculos estadísticos para poder analizar datos; se pueden crear gráficas y realizar los análisis estadísticos necesarios para determinar el mejor modelo de los procesos.

MINITAB® es el paquete ideal para un programa de Seis Sigma y otros proyectos de mejora de calidad, pues permite realizar análisis que van, desde los cálculos estadísticos más simples como medias, desviaciones etc., pasando por el control estadístico de procesos, llegando hasta los modelos estadísticos más complejos requeridos en el diseño de experimentos.

La versión actual de MINITAB® es la catorce, es la utilizada en este trabajo de graduación para realizar muchos de los análisis estadísticos. La única limitante con respecto al software Minitab® es que actualmente no existe una versión en idioma español por lo que toda la documentación presentada se refiere a la versión en idioma inglés.

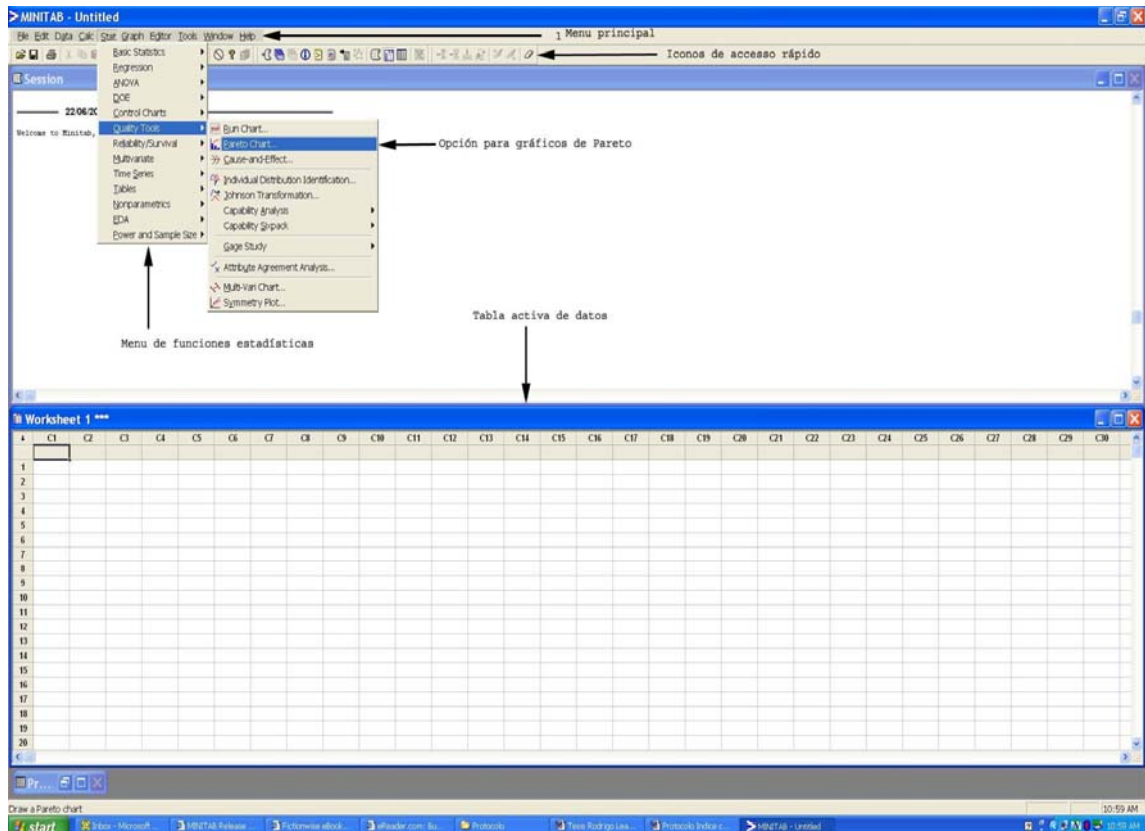
Es importante aclarar que, al no ser el objetivo de este trabajo presentar una guía de utilización de Minitab®, no se entrará en detalle sobre las funciones y forma de trabajar del *software*; sin embargo, sí es conveniente que el lector conozca algo de la herramienta principal que se utilizó para realizar muchos de los cálculos y gráficos en este proyecto.

#### **1.1.2.4.1. Introducción a Minitab®**

En la Fig. 2 se muestra la pantalla principal de Minitab® y se identifican los principales puntos que trataremos en esta sección.



Figura 2 Pantalla principal de Minitab®



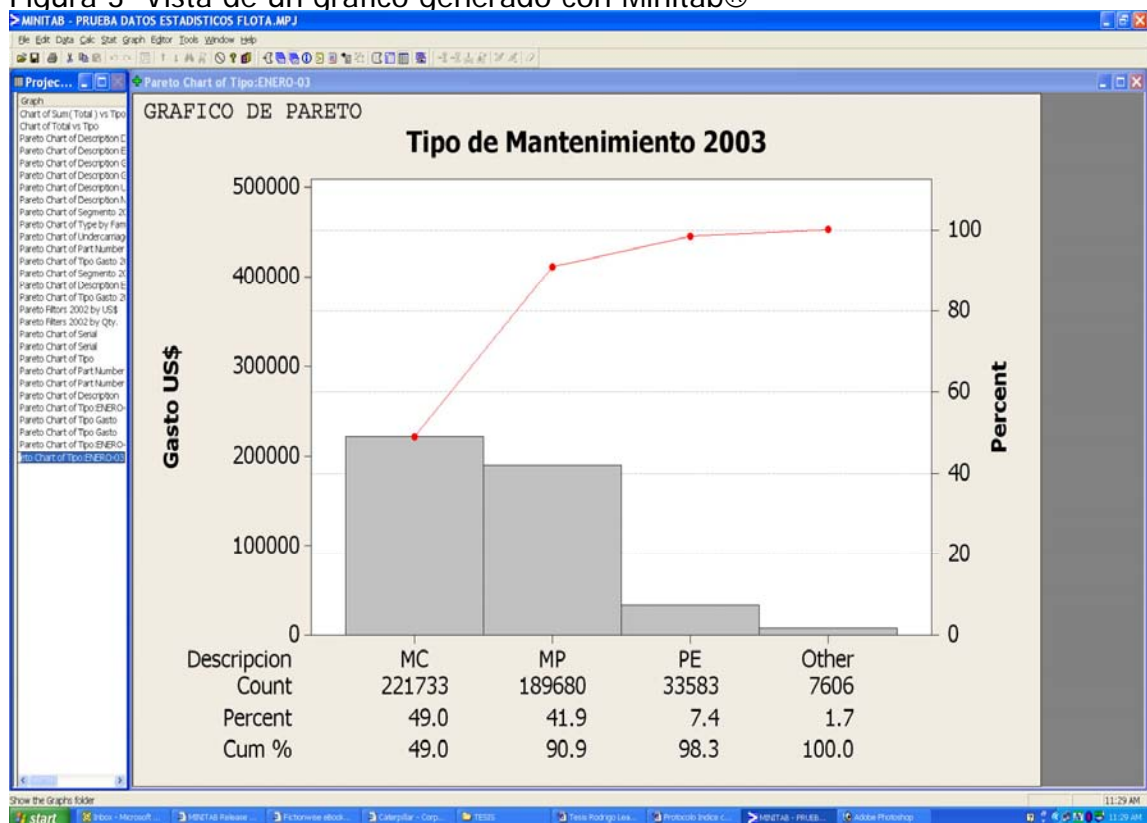
La barra de menús principales está configurada por los siguientes componentes:

- *FILE* : sirve para realizar las operaciones básicas con los archivos de datos, gráficas y análisis; operaciones como abrir, cerrar, salvar, imprimir, son ejecutadas desde este menú.
- *EDIT* : en este menú se encuentran las funciones para editar cualquier objeto activo dentro de Minitab®, como tablas y gráficas

- *DATA* : este menu contiene las funciones para el manejo de datos que se encuentran en las tablas; desde acá podemos indicar el tipo de dato, numérico, fecha, texto etc.; adicionalmente, permite realizar ciertas operaciones con los datos como selección de celdas y columnas dentro de la tabla, ordenamiento de datos según el criterio seleccionado, borrar columnas y/o líneas.
- *CALC* : permite realizar cálculos diversos como multiplicaciones, divisiones, sumas, restas, exponenciales, logaritmos, etc., con los datos contenidos dentro de la tabla activa.
- *STAT* : es el menú principal en lo referente a los cálculos estadísticos; desde aquí podemos seleccionar una completa gama de cálculos estadísticos como pruebas de hipótesis, análisis de varianzas, media aritmética, desviación estándar, gráficos de Pareto, gráficos de control estadístico, regresiones lineales, cuadráticas y cúbicas, etc.
- *GRAPH* : dentro de este menú se encuentra la mayoría de opciones para realizar gráficas con los datos de la tabla activa, gráficos como histogramas, de puntos, gráficos de valores marginales, etc.
- *TOOLS* : contiene diversas herramientas como editor de notas, calculadora, explorador de Windows®, para poder realizar esas funciones dentro de Minitab®.

- *WINDOW* : permite configurar la forma de presentación de datos en la pantalla de Minitab®
- *HELP* : contiene todo lo referente a la ayuda para poder utilizar de una mejor manera

Figura 3 Vista de un gráfico generado con Minitab®



La Fig. 3 muestra un gráfico de Pareto en Minitab® para una serie de datos, se pueden generar muchos tipos de gráficos de los cuales algunos son utilizados en este proyecto.

Otros tipos de gráficas que son posibles se muestran en las Fig. 4 y Fig. 5

Figura 4 Distribuciones normales

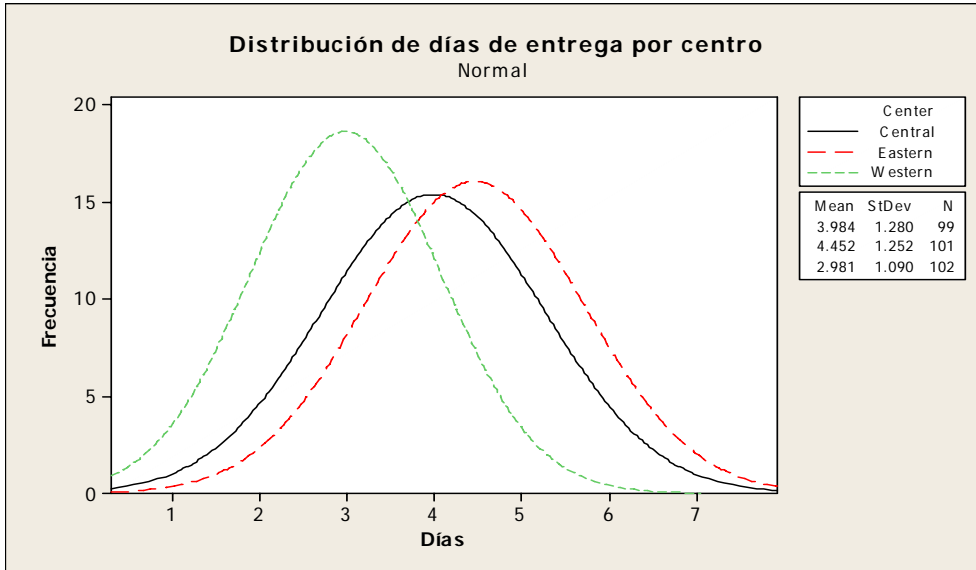
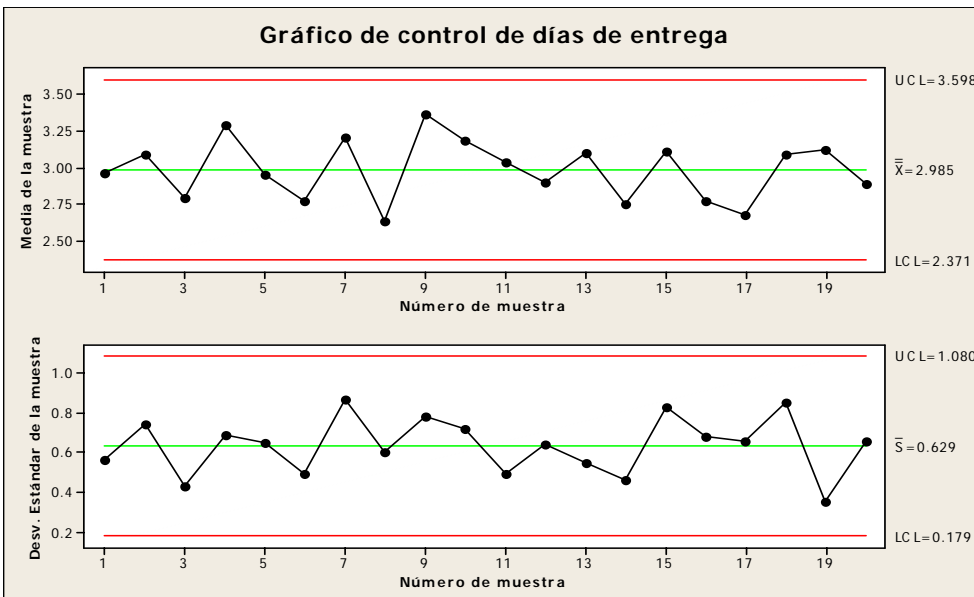


Figura 5 Gráfico de control estadístico de proceso



## **1.2. El modelo de mejora DMAMC de Seis Sigma**

La metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) se ha vuelto muy común en las organizaciones Seis Sigma; se utiliza en ambas situaciones, diseño/rediseño, y mejora de procesos.

Entre las características de la metodología DMAMC se encuentran las siguientes:

- a. se concentra en problemas reales, relacionados directamente con el resultado final;
- b. produce resultados en un intervalo de tiempo de 4 a 6 meses;
- c. utiliza herramientas y técnicas múltiples, incluidos métodos estadísticos rigurosos cuando sea necesario;
- d. mantiene mejoras a largo plazo;
- e. disemina las mejoras en toda la organización, y
- f. actúa como un agente de cambio.

En las siguientes secciones se presenta un resumen de cada una de las etapas del ciclo DMAMC, resaltando para cada una de ellas su objetivo, actividades principales, herramientas que se pueden utilizar y las entregas clave.

### **1.2.1. Etapa: definir**

#### **Objetivo:**

Identificar y validar la oportunidad de mejora, desarrollar los procesos comerciales, definir los requisitos determinantes de los clientes o accionistas y prepararse para constituir un equipo de proyecto eficaz.

#### **Actividades principales:**

- a. Validar o identificar la oportunidad comercial.
- b. Validar o desarrollar el estatuto del proyecto.
- c. Identificar y representar los procesos.
- d. Identificar posibilidades de ganancias rápidas y refinar el proceso.
- e. Traducir la voz del cliente (VOC) en requisitos críticos del cliente (RCC).
- f. Desarrollar guías para el equipo y reglas básicas.

#### **Herramientas y técnicas potenciales:**

- a. Plan de acción del proyecto.
- b. Diagramas de flujo de proceso.
- c. Encuestas.

#### **Entregas:**

- a. Equipo preparado para trabajar en el proyecto.
- b. Mapas del proceso.
- c. Requisitos críticos del cliente.
- d. Plan de acción.

### **1.2.2. Etapa: medir**

#### **Objetivo:**

Identificar las mediciones esenciales para evaluar el éxito en el cumplimiento de los requisitos del cliente y comenzar a desarrollar una metodología para recopilar de modo efectivo información que mida el rendimiento de los procesos. Comprender los elementos de los cálculos de Seis Sigma y establecer la línea de base de Seis Sigma para los procesos que está analizando el equipo.

#### **Actividades principales:**

- a. Identificar indicadores de entrada, proceso y salida.
- b. Desarrollar la definición operativa y plan de medición.
- c. Representar y analizar datos.
- d. Determinar si existe una causa especial para la variación de un proceso.
- e. Determinar el rendimiento sigma.
- f. Recopilar otros datos de rendimiento de referencia.

#### **Herramientas y técnicas potenciales:**

- a. Diagrama PEPSC (Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas, Clientes).
- b. Análisis de valor agregado.
- c. Gráficos de control.

#### **Entregas:**

- a. Indicadores de entrada, proceso y salida.

- b. Definiciones operativas.
- c. Formatos y planes de recopilación de datos.
- d. Rendimiento de referencia.

### **1.2.3. Etapa Analizar**

#### **Objetivo:**

Estratificar y analizar los datos para identificar un problema específico y definir un enunciado de problema que se entienda fácilmente. Identificar y validar causas principales que aseguren la eliminación de las causas principales reales y, de esta forma, el problema en que se concentra el equipo.

#### **Actividades principales:**

- a. Estratificar el proceso.
- b. Estratificar datos e identificar un problema específico.
- c. Desarrollar el enunciado del problema.
- d. Identificar las causas principales del o de los problemas.
- e. Diseñar el análisis de verificación de las causas principales.
- f. Validar las causas principales.

#### **Herramientas y técnicas potenciales:**

- a. Diagrama de Pareto.
- b. Pruebas de hipótesis.
- c. Modelos de regresión sencilla y regresión múltiple.



- d. Análisis de varianzas (ANOVA).
- e. Matriz de causas y efectos.
- f. Diagrama de Ishikawa.

**Entregas:**

- a. Análisis de datos.
- b. Causas primordiales validadas.
- c. Enunciado del o de los problemas.

**1.2.4. Etapa Mejorar**

**Objetivo:**

Identificar, evaluar y seleccionar las soluciones de mejora adecuadas. Desarrollar un método de administración de cambios para asistir a la organización en la adaptación a los cambios introducidos, mediante la puesta en práctica de soluciones.

**Actividades principales:**

- a. Generar ideas de soluciones.
- b. Determinar los impactos de la solución.
- c. Evaluar y seleccionar soluciones.
- d. Desarrollar mapas de nuevos procesos y plan de alto nivel.
- e. Desarrollar y presentar la representación gráfica.
- f. Comunicar soluciones a todos los implicados.

### **Herramientas y técnicas potenciales:**

- a. Análisis costo beneficio.
- b. Diagrama de Gantt para implementación de solución.
- c. Diagramas de flujo de proceso.
- d. Matriz de Pugh.

### **Entregas:**

- a. Soluciones.
- b. Documentación y mapas de procesos nuevos.
- c. Hitos de implementación.
- d. Impactos y beneficios de mejora.

## **1.2.5. Etapa Controlar**

### **Objetivo:**

Entender la importancia de planificar y ejecutar según el plan y determinar el método que debe utilizarse para asegurarse de alcanzar los resultados previstos. Entender la forma de diseminar las lecciones aprendidas, identificar las oportunidades y procesos para repetición y estandarización.

### **Actividades principales:**

- a. Desarrollar y poner en práctica el plan piloto y la solución.

- b. Verificar la reducción en la mejora de sigma de la causa principal resultante de la solución.
- c. Identificar si son necesarias soluciones adicionales para lograr el objetivo.
- d. Identificar y desarrollar oportunidades de repetición y estandarización.
- e. Integrar y administrar soluciones en los procesos de trabajo diarios.
- f. Integrar las lecciones aprendidas.
- g. Identificar los siguientes pasos y planes de los equipos para las oportunidades restantes.

**Herramientas y técnicas potenciales:**

- a. Análisis de modos de falla y efectos.
- b. Gráficos de control.

**Entregas:**

- a. Sistemas de control de procesos.
- b. Normas y procedimientos en gestión.
- c. Evaluación del equipo.
- d. Análisis de problemas potenciales.
- e. Beneficio planificado analizado.

**1.3. Diferencias entre Calidad Total y el modelo de Seis Sigma**

Seis Sigma es de muchas formas un renacimiento vigoroso de los ideales de calidad y métodos del control estadístico, y aplicando éstos con mayor pasión y compromiso que no fue la regla en el pasado.

Seis Sigma ha revelado un potencial para el éxito que va más allá de los niveles de mejora alcanzados por muchas empresas mediante sus esfuerzos de Calidad Total. Los programas de Calidad Total del pasado fueron víctimas frecuentes de errores que afectaron tanto a los resultados de los programas como a la reputación de Calidad Total, errores que podrían ser fácilmente repetitivos por las empresas ahora embarcándose en programas de Seis Sigma

Algunos expertos han expresado su opinión en el tema y consideran que los errores de los programas de Calidad Total y las posibles soluciones para estos errores dentro de un programa de Seis Sigma son los que se presentan en la Tabla I.

Tabla I Diferencias entre Calidad Total y Seis Sigma

<p>Error 1. Falta de integración</p> <p>Calidad frecuentemente ha sido considerada una actividad paralela, separada de los temas claves de la estrategia de los negocios y desempeño. Algunas señales de advertencia incluyen "Comités de calidad" hechos de delegados más que de el equipo gerencial, o la existencia de un "Departamento de Calidad" . Un problema surgió cuando los mandos medios fueron dejados fuera del proceso de decisión, y la autoridad sobre la solución fue dejada a los equipos sobre los cuales los gerentes no tenían autoridad alguna. La integración también se perdió porque a pesar del término "total", el esfuerzo de calidad fue limitado a los departamentos de producción y manufactura.</p>	<p>Solución de Seis Sigma:</p> <p>Integrar los beneficios del negocio a los beneficios personales.</p> <p>Las organizaciones Seis Sigma están haciendo que la gerencia de procesos, mejoramiento y medición sea parte de las responsabilidades diarias de los gerentes operativos. Los incentivos están relacionados a Seis Sigma, lo que ayuda a reforzar el mensaje que Seis Sigma es parte del trabajo.</p>

<p><b>Error 2. Apatía del liderazgo</b></p> <p>En casi todos los esfuerzos de calidad total, el liderazgo estuvo activamente involucrado en el proceso de liderazgo. Sin embargo, el escepticismo ha sido obvio y su voluntad para impulsar las ideas de calidad ha sido débil; en esas organizaciones, la calidad fue sentida como algo temporal y, cuando los líderes que iniciaron el movimiento dejaron la compañía, se comprobó que efectivamente era temporal.</p>	<p><b>Solución de Seis Sigma:</b></p> <p>El liderazgo a la vanguardia del esfuerzo.</p> <p>En algunas compañías como General Electric, Motorola, AlliedSignal, la pasión por Seis Sigma en el nivel ejecutivo más alto no deja lugar a dudas; al mismo tiempo existe el reconocimiento del liderazgo acerca de que Seis Sigma es sinónimo de reinención del negocio.</p> <p>Es siempre prudente recordar que el mejor símbolo acerca de la disposición de una empresa o departamento para involucrarse en un proceso de Seis Sigma, es cuando los ejecutivos más altos han tomado la decisión de que el cambio es esencial para el éxito continuo del negocio, o para su supervivencia.</p>
<p><b>Error 3. Un concepto confuso</b></p> <p>La confusión del concepto de Calidad Total empieza con la palabra calidad en sí misma. Éste es un termino familiar con muchos significados. En muchas empresas, calidad se refiere a un departamento con funciones y responsabilidades específicas para el "control de calidad" o "aseguramiento de calidad", donde la disciplina tiende a enfocarse más en estabilizar que en mejorar procesos. La idea completa de las filosofías de calidad también hizo que el concepto fuera misterioso para muchas personas. La confusión de los procesos de Calidad Total fue entonces agravada conforme nuevos enfoques emergieron, como ISO9000 y reingeniería, y éstos no fueron integrados dentro del esfuerzo de calidad ya existentes.</p>	<p><b>Solución de Seis Sigma:</b></p> <p>Un mensaje simple, consistente y repetitivo.</p> <p>En este punto, Seis Sigma puede afrontar muchas de las mismas dificultades de Calidad Total. Después de todo las palabras "Seis Sigma" no son perfectamente descriptivas del sistema que representan. La definición Seis Sigma es un sistema de negocios para alcanzar y mantener el éxito a través del enfoque en el cliente, manejo de procesos y mejoramiento continuo, así como el uso de hechos y datos. Esta definición parece clara, exacta y bastante específica. Comunicar esta definición continuamente y evitar el debate sobre cuáles herramientas son obligatorias, o cuál filosofía Seis Sigma está siguiendo, pueden ayudar a mantener el enfoque y evitar ser confuso o difuso.</p>

<p>Error 4. Un objetivo poco claro</p> <p>Muchas compañías hicieron el esfuerzo de calidad incluso más confuso cuando definieron objetivos como "cumplir o exceder los requerimientos de los clientes", pero no hicieron nada para medir el proceso en su camino para cumplir ese objetivo. Los métodos de calidad enseñados en los años ochenta y noventa también hicieron un trabajo muy pobre para manejar con la realidad de los múltiples y continuamente cambiantes requerimientos de los clientes. Sin herramientas para realmente entender las necesidades de los clientes, los esfuerzos de Calidad Total se convirtieron en un ciclo abierto, en el cual una empresa podría cumplir los requisitos de hoy, pero no estar lista para cumplir los de mañana, dejando la puerta abierta a los competidores.</p>	<p>Solución de Seis Sigma:</p> <p>Un objetivo claro es el punto central de Seis Sigma.</p> <p>Éste es un objetivo extremadamente duro, pero aún creíble, al contrario de las pasadas campañas de "cero defectos". Ya sea que el objetivo sea expresado en porcentaje (99.9997 % perfecto), o en defectos por millón de oportunidades (3.4 DPMO), o <math>6\sigma</math>, las personas involucradas en las iniciativas de Seis Sigma pueden ver los resultados de los proyectos crecer y traducirlos en impacto monetario. También es muy importante el enfoque en monitorear los cambios en las necesidades y requerimientos de los clientes, ya que esto permite construir un sistema dinámico para medir el desempeño basado en las últimas y más exigentes demandas de sus clientes.</p>
<p>Error 5. Actitudes puritanas</p> <p>Uno de los efectos más frustrantes de Calidad Total fue la creación de lo que se llamó "Policía de calidad", individuos que insistían en hacer las cosas solamente de cierta forma. Desviarse de esa forma o creencia significaba ir en contra del ideal de calidad o de las enseñanzas de algún "experto". Los efectos de ese puritanismo de calidad fueron:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) los recursos fueron utilizados para analizar problemas, usando herramientas que podrían no ser apropiadas o necesarias, o todavía peor,</li> <li>2) las personas normales (los no-expertos) tratando de aplicar conceptos de calidad fueron desmotivadas en su esfuerzo.</li> </ol>	<p>Solución de Seis Sigma:</p> <p>Adaptar las herramientas y el grado de rigor a las circunstancias</p> <p>Tan pronto como los líderes de las empresas y los involucrados en el proceso reconozcan que Seis Sigma es una manera de crear y manejar una organización más exitosa, que demanda una gran diversidad de habilidades, no solamente experiencia técnica, se podrá evitar este problema. La actitud más sana que se puede adoptar es usar las herramientas y enfoques que generen resultados con la simplicidad y facilidad más grande.</p> <p>No hay nada erróneo con tener métodos consistentes o aplicar técnicas avanzadas para medir y mejorar los procesos, es la consistencia sin sentido la que hace el daño. Como Seis Sigma utiliza muchas ideas y métodos, puede vencer el problema de la pureza; sin embargo, hay que advertir que las actitudes puritanas que dañaron a los programas de Calidad Total, significan un peligro latente para el sistema de Seis Sigma.</p>

<p><b>Error 6. No romper las barreras internas</b></p> <p>Aún cuando la Calidad Total se encontraba en sus días de máximo apogeo, ésta seguía siendo una actividad “departamentalizada”. Esto no es todo malo, dado que hay clientes de ciertos departamentos, y departamentos que tienen procesos que pueden ser medidos y mejorados. Pero la mayoría de las pláticas acerca de calidad “Total” fue solo eso, pláticas. Los proyectos de mejora fueron hechos en departamentos aislados del resto, Ingeniería tenía sus proyectos, también Finanzas, Manufactura etc., Calidad Total se cambió conforme evolucionó y se ocupó de proyectos que involucraban más departamentos, pero en muchos casos ésta se enfocaba en pequeños conflictos no en actividades mayores y críticas para los clientes.</p>	<p><b>Solución de Seis Sigma:</b></p> <p>Prioridad en gerencia de procesos interfuncionales.</p> <p>Los mejores practicantes de Seis Sigma han puesto en lo más alto de su lista de prioridades el evitar la creación de silos de calidad.</p> <p>Es importante tanto como un objetivo y como una herramienta eliminar el desperdicio creado por la mala comunicación entre departamentos.</p> <p>El éxito de Seis Sigma en este contexto solo podrá ser determinado en el largo plazo.</p>
<p><b>Error 7. Entrenamiento inefectivo</b></p> <p>Se usa el término inefectivo para resumir toda la variedad de problemas que pueden darse durante un proceso de Calidad Total; la verdad es que no hay una manera perfecta de entrenar una organización para Calidad Total o para Seis Sigma. Siempre hay retos alrededor de tiempo, profundidad y recursos. Tampoco podemos decir que todo el entrenamiento de Calidad Total fue inefectivo, pero existió una tendencia a ser “liviano”, y enfocado más en enseñar las herramientas que en proveer un contexto acerca de cómo hacer que las mejoras funcionaran; como resultado las personas conocían las herramientas, pero no la mejor forma de cuando y donde aplicarlas. El énfasis del entrenamiento de Calidad Total fue en proyectos y, por lo tanto, no parecía importante para las responsabilidades diarias de las personas.</p> <p>Tal vez el peor error es que frecuentemente se cayó en un juego de números, en el cual el éxito lo determinaba el número de personas entrenadas o el número de equipos formados.</p>	<p><b>Solución de Seis Sigma:</b></p> <p>Cinturones negros, verdes y cinturones negros maestros.</p> <p>Las empresas en Seis Sigma están poniendo estándares muy demandantes para la enseñanza e impulsándola con las inversiones necesarias en tiempo y dinero para ayudar a las personas a cumplir con esos estándares. Mientras muchas organizaciones sufren cuando el entrenamiento toma más de dos horas, en General Electric el entrenamiento como cinta negra, toma tres semanas, con exámenes de seguimiento y aprendizaje continuo a través de conferencias y otros foros. Aún más impresionante es el entrenamiento de cinta verde, cada empleado con responsabilidades gerenciales debe recibir un mínimo de dos semanas de entrenamiento en los métodos de Seis Sigma.</p> <p>El entrenamiento, además, está ligado a los trabajos de las personas, y crear medidas para los resultados son considerados en el diseño del entrenamiento y en las expectativas puestas en los que asisten al entrenamiento antes y después de recibirlo.</p>

<p>Error 8. Enfoque en Calidad del producto</p> <p>A pesar de la descripción de Total, muchos esfuerzos de calidad fueron concentrados en los procesos de producción o manufactura, no en los de servicio, logística, mercadeo y otras áreas igualmente críticas.</p> <p>Por ejemplo, una compañía de impresiones estaba enfocando a sus equipos en eliminar milímetros de desviación en el corte de papel, mientras su proceso para darle seguimiento a las órdenes era un total desastre. Incluso si la calidad del producto fuera excelente, los clientes no lo podrían obtener en el tiempo deseado.</p>	<p>Solución de Seis Sigma:</p> <p>Atención a todos los procesos de la empresa.</p> <p>Seis Sigma no solamente trabaja en las áreas de servicios y de transacciones, sino que probablemente ofrece más oportunidades en dichas áreas que en producción.</p>
--	--

#### **1.4. Cinturones negros, verdes y otros papeles clave Seis Sigma**

Uno de los aspectos de Seis Sigma que ha recibido más publicidad es el de la creación de grupos de expertos de medición de procesos y mejoramiento conocidos como "cinturones negros", "cinturones negros maestros" y "cinturones verdes". Una de las tareas claves conforme se inicia con cualquier iniciativa de mejora Seis Sigma, es definir los papeles que desempeñarán cada una de estas posiciones dentro de su organización.

A continuación se dan algunas de las características y responsabilidades principales de cada una de las posiciones necesarias para que una organización pueda desarrollar todo el potencial de Seis Sigma.



### Coordinador de implementación de Seis Sigma

- a. Reporta al Gerente General o Presidente.
- b. Puede ser una posición de tiempo parcial (algún Gerente de alto nivel cumpliendo esta función además de su papel normal).
- c. Responsable por el desarrollo e implementación de los planes para la empresa.
- d. Responsable por la efectividad y eficiencia del sistema de soporte y comunicaciones de Seis Sigma.
- e. Asistir al liderazgo ejecutivo de la empresa con la ubicación de recursos y la priorización de proyectos.
- f. Coordinar la selección de proyectos con los patrocinadores de proyectos.
- g. Dar soporte a la alta gerencia para que ellos puedan liderar los esfuerzos de Seis Sigma.

### Patrocinador de proyecto / dueños de proyectos

- a. Gerente de línea.
- b. Responsable por la identificación y ejecución de los proyectos de Seis Sigma.
- c. Trabaja con el coordinador de implementación en la priorización y selección de proyectos.
- d. El dueño del proyecto es la persona responsable por el desempeño del proceso bajo consideración y controla los recursos asociados con el proceso.

### Cinturón negro

- a. Posición de tiempo completo.
- b. Responsable de entrenar a los cinturones verdes en el proceso DMAMC.
- c. Trabaja y asesora a la gerencia media en la formulación e implementación de los planes de mejora.
- d. Responsable de entregar los resultados esperados para el proyecto.
- e. Utiliza y disemina en la empresa las herramientas y métodos de Seis Sigma.
- f. Colabora con otros cinturones negros para beneficiar otros departamentos o proyectos.
- g. Reporta al patrocinador del proyecto.

### Cinturones verdes

- a. Trabaja tiempo parcial en áreas específicas para extender el alcance de los cinturones negros en los proyectos.
- b. Integra la metodología Seis Sigma en su trabajo diario.
- c. Puede desarrollar miniproyectos de mejora.

## 1.5. Definición de ROA (retorno sobre activos)

La fórmula de Dupont puede ser utilizada para calcular el retorno sobre la inversión (capital), conocido por su término en inglés como ROI<sup>1</sup>, que puede ser dividido en dos factores, margen de utilidad y rotación. En el pasado los gerentes han tendido a enfocarse solamente en el margen y han ignorado la rotación de activos.

Debido a que la principal inversión de una flota de renta la constituyen las máquinas disponibles para la renta, y esta maquinaria a su vez constituye el principal activo de la flota de renta, los términos ROI y ROA<sup>2</sup> (retorno sobre activos), son iguales; a raíz de esta particular similitud hemos decidido identificar al resultado de la fórmula Dupont como ROA, para poder medir el beneficio para los accionistas del capital invertido en la flota de renta.

### 1.5.1. Estructura del índice financiero de Dupont

La corporación Dupont fue la primera en reconocer la importancia de observar ambos componentes (margen de utilidad y rotación) en medir el desempeño de una organización. El desglose del ROI conocido como la *fórmula Dupont*, es expresado como el producto de esos dos factores como se muestra abajo:

---

<sup>1</sup> Del inglés *Return On Investment*

<sup>2</sup> Del Inglés *Return On Assets*

Retorno sobre activos = Retorno sobre ventas \* Rotación de activos

$$\text{ROA} = \frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Ventas}} \times \frac{\text{Ventas}}{\text{Activos}} = \frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Activos}}$$

El desglose del ROA está basado en la tesis de que las utilidades están directamente relacionadas a la habilidad de la gerencia para manejar eficientemente los activos y controlar los gastos. El margen de utilidad es la medida de la utilidad o eficiencia operacional; por el otro lado, la rotación de activos mide qué tan bien una compañía maneja los mismos.

## 1.6. Descripción de la línea de equipos disponibles para renta

### 1.6.1. Tractores de cadenas

Figura 6 Tractor de cadenas



Los tractores de cadenas son máquinas ampliamente utilizadas en la construcción, por su habilidad para limpieza de terrenos y realizar cortes. La flota de renta posee varios tamaños de tractores identificados por distintos modelos, los cuales son: D5M, D6M, D6R y D8R; a lo largo de este trabajo se identifica a la familia de tractores con las iniciales TRK.

### 1.6.2. Excavadoras hidráulicas

Figura 7 Excavadora hidráulica



Las excavadoras hidráulicas son unas de las máquinas más versátiles y con mayor demanda en el mercado guatemalteco, son utilizadas para hacer trabajos de excavación, dragado de ríos pequeños, quineles en agricultura, cortes de cerros y muchas otras clases de trabajo. La flota de renta posee varios modelos, los cuales son: 320BL, 320CL, 322BL, 330BL, 330CL. En este trabajo la familia de excavadoras hidráulicas será identificada con las siglas HEX.

### 1.6.3. Retroexcavadoras

Figura 8 Retroexcavadora



Las retroexcavadoras, debido a su doble funcionalidad (excavación y carga de camiones), a su facilidad de movimiento y a que se ajustan muy bien para trabajos pequeños, son ampliamente utilizadas en el medio guatemalteco, los modelos con que cuenta la flota de renta son: 416C, 416D, y 420D. Esta familia será identificada con las siglas BHL.

#### 1.6.4. Cargadores frontales

Figura 9 Cargador frontal



Los cargadores frontales se utilizan principalmente para cargar camiones de volteo; son ampliamente utilizados por las operaciones de explotación arenera y agregados. Los modelos que posee la flota de renta son: 924F, 924G, 928G, 950G. La familia de cargadores frontales será identificada con las siglas WHL.

#### 1.6.5. Motoniveladoras

Figura 10 Motoniveladora



Las motoniveladoras se utilizan para esparcir el material de construcción de manera homogénea sobre los caminos; también se utilizan para hacer camellones, peraltes, zanjas de drenaje, así como en el mantenimiento de caminos rurales. Los modelos que posee la flota de renta son: 120H y 140H. La familia de motoniveladoras se identificará con las siglas MOT.

### 1.6.6. Vibrocompactadoras

Figura 11 Vibrocompactadora



Las vibrocompactadoras se utilizan en la construcción de caminos rurales y carreteras para compactar el material de base y el asfalto. La flota de renta posee los siguientes modelos: CS-433C, CS-533C. Esta familia se identifica con las siglas VIB.

### 1.6.7. Minicargadores

Figura 12 Minicargador



Los minicargadores se utilizan en la construcción ligera, principalmente en la construcción de casas, pero también se usan en otras aplicaciones. Los modelos que posee la flota de renta son: 216, 226, 236 y 246. Esta familia se identifica con las siglas SKS.



### 1.6.8. Miniexcavadoras

Figura 13 Miniexcavadora



Estas máquinas son una versión en pequeño de la excavadoras hidráulicas; la flota de renta cuenta con varios modelos: 301.5, 302.5, 303.5. Esta familia se identifica con las siglas MHEX.

### 1.6.9. Montacargas

Figura 14 Montacargas



Los montacargas son ampliamente utilizados por la industria nacional; en la flota de renta existen algunos montacargas para suplir la demanda aunque, debido a que el enfoque principal es en la maquinaria de construcción, el inventario de montacargas no representa más del 5% del total del inventario. Esta familia se identifica con las siglas LTK.



### 1.6.10. Plantas eléctricas

Figura 15 Planta eléctrica diesel



Las plantas eléctricas son rentadas a nuestros clientes como respaldo a su suministro de electricidad normal, o para eventos especiales los cuales requieren energía eléctrica en lugares de difícil acceso. Esta familia se identifica con las siglas ENG.







## **2. SITUACION ACTUAL**

### **2.1. Estructura de la flota de renta**

Se ha realizado un organigrama de la flota de renta, el cual se encuentra en la Figura 16, para tener una mejor comprensión de la estructura administrativa. Como explicación a dicho organigrama se tiene lo siguiente: la flota de renta está a cargo del Supervisor de flota de renta quien, reporta directamente a la Gerencia de ventas, la cual es responsable de la toma de decisiones en lo que respecta a nivel de inventario, tarifas de renta, renovación de equipos, etc. Las rutinas de mantenimiento y todo lo referente a decisiones de mantenimiento están a cargo del Supervisor de la flota de renta, quien a su vez cuenta con 3 inspectores de maquinaria, que son los encargados de realizar los servicios menores, de verificar el correcto funcionamiento de los equipos en el campo, así como de realizar las entregas y recepciones de equipo a los clientes. La flota de renta también cuenta con una asistente, la cual se encarga de realizar las facturaciones y archivar los informes de los inspectores; por último, dos pilotos de transporte que son los encargados de trasladar la maquinaria hacia y desde los lugares de trabajo que los clientes requieran.

Las máquinas de la flota de renta son identificadas por el modelo respectivo y por la serie de la máquina; por ejemplo, un tractor de cadenas es identificado de la siguiente forma: D6R (modelo) 7GR00792 (serie); estos dos números de identificación serán ampliamente utilizados en el presente documento, asimismo, se incluirá a la familia a la que pertenecen según se describió en la sección 1.1.1.2 línea de producto, es decir, para el mismo caso del tractor se tendría lo siguiente: D6R 7GR00792 TRK (familia: tractores de cadenas); en el caso de una retroexcavadora diríamos: 416D BFP07095 BHL lo cual corresponde a modelo, serie y familia, respectivamente.

Para poder continuar el análisis de la situación actual, se hacen las siguientes definiciones operativas:

Ventas de renta: se refiere a las ventas por concepto de renta de maquinaria.

Ventas de usados: se refiere a las ventas de máquinas usadas, conforme las máquinas llegan a 4,000 horas de uso, éstas son vendidas como usadas; sin embargo, también se venden antes de llegar a dicho horómetro si un cliente manifiesta interés por una máquina usada cuyo modelo se encuentre en la flota de renta.

Horómetro: se refiere al total de horas trabajadas de una máquina; la cantidad de horas es medida por un horómetro instalado en cada máquina.

Inventario promedio: se refiere al inventario promedio anual, calculado de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Inventario promedio} = \frac{\text{Inventario inicial} + \text{Inventario final}}{2}$$

Primero se analizó el comportamiento de las utilidades anuales, el inventario promedio y las ventas durante los años 1998 a 2003, la Tabla II.

Figura 16 Organigrama de la flota de renta

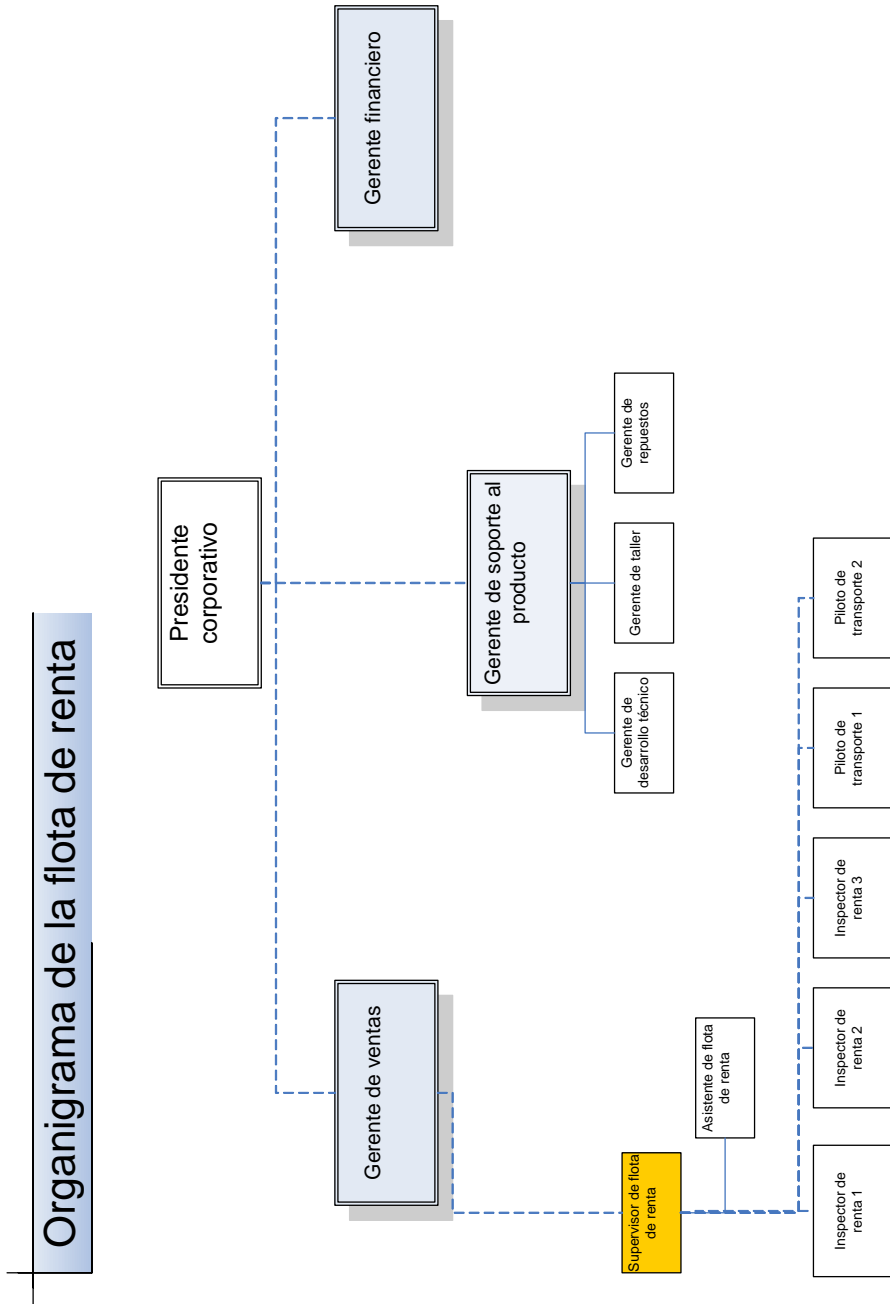
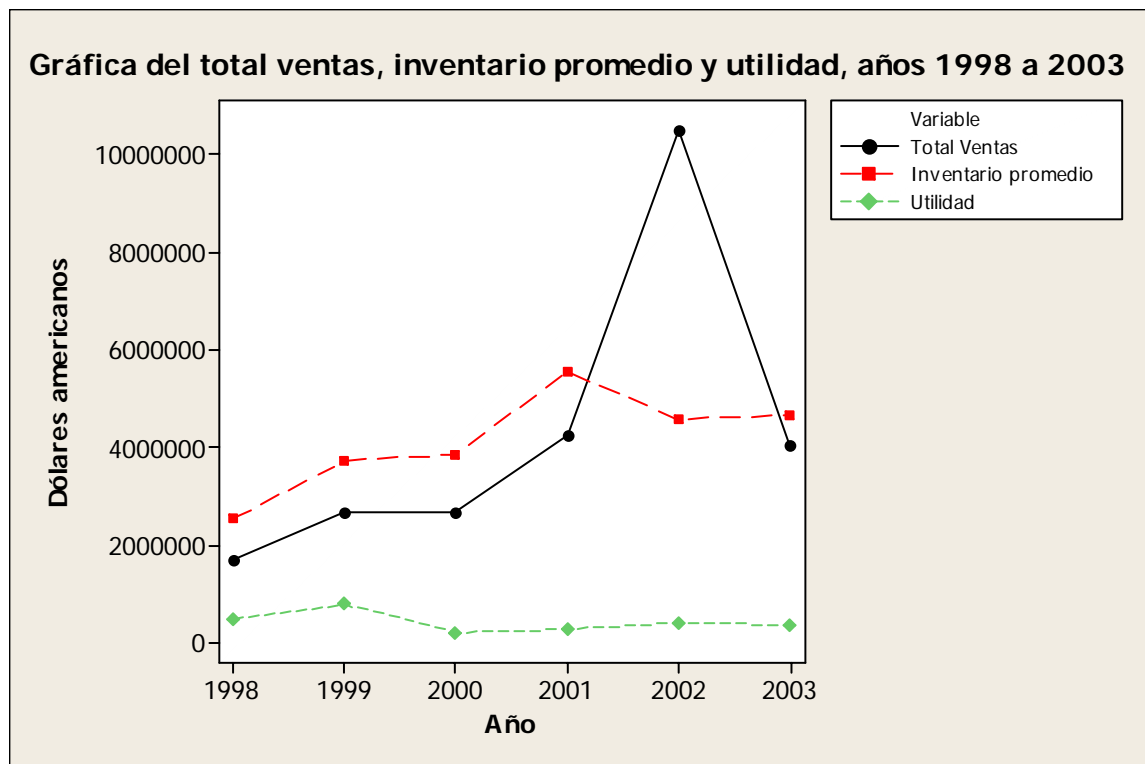




Tabla II Resumen de ventas, utilidades e inventario promedio, años 1998 a 2003

Año	Total ventas	Utilidad neta total	% utilidad total	Inventario promedio
1998	\$1,702,297	\$477,347	28.04%	\$2,526,302
1999	\$2,663,374	\$782,504	29.38%	\$3,719,455
2000	\$2,675,678	\$200,780	7.50%	\$3,856,277
2001	\$4,237,122	\$269,519	6.36%	\$5,551,237
2002	\$10,490,814	\$403,075	3.84%	\$4,568,245
2003	\$4,065,081	\$356,776	8.78%	\$4,669,295

Figura 17 Gráfico de tendencia de ventas, inventario y utilidad



Del gráfico de la Figura 17 y de los datos de la Tabla II, se puede observar que, si bien el inventario promedio y las ventas han ido en aumento año tras año, las utilidades registraron una disminución entre los años 1999 y 2000 y luego de eso han permanecido bastante estables, sin tendencias al alza.

### **2.1.1. Nivel de inventario**

La flota de renta constituye una de las inversiones en capital más grandes de la Corporación, por lo que la rentabilidad de dicha inversión es crítica para los accionistas y el bienestar de la compañía. Actualmente, la flota de renta tiene una inversión de más de US\$ 5 millones en diferentes tipos de maquinaria pesada, totalizando más de 75 equipos.

### **2.1.2. Cálculo del ROA (retorno sobre activos)**

Como se definió en la sección 1.5, se hace referencia al ROA como el retorno sobre activos; en el caso de la flota de renta ese índice ROA también es el ROI (retorno sobre inversión), ya que la maquinaria para renta constituye al mismo tiempo la mayor inversión de los accionistas y el activo más grande de la flota.

El ROA en su forma más simple se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{ROA} = \frac{\text{Utilidad neta para el periodo}}{\text{Activo promedio para el periodo}}$$

En la Tabla III vemos el cálculo del ROA para los últimos 5 años.

Tabla III Cálculo de ROA

Año	Utilidad neta total	Inventario promedio	ROA
1998	\$477,347	\$2,526,302	18.90%
1999	\$782,504	\$3,719,455	21.04%
2000	\$200,780	\$3,856,277	5.21%
2001	\$269,519	\$5,551,237	4.86%
2002	\$403,075	\$4,568,245	8.82%
2003	\$356,776	\$4,669,295	7.64%

En los dos últimos años (2002 y 2003), el índice de ROA (retorno sobre activos) de la flota de renta fue de 8.82% y 7.64% respectivamente; estos bajos retornos han preocupado a la dirección de la empresa por lo que, aprovechando la reciente iniciativa de Seis Sigma, ha decidido que se trabaje en varios proyectos en la flota de renta, para mejorar sus procesos e incrementar el ROA, objeto del presente trabajo.

#### 2.1.2.1. Análisis del índice de Dupont

Según se indicó en la sección 1.5.1, se utiliza el índice de Dupont para lograr un enfoque más completo sobre el análisis del ROA, y nos sirve para ver en perspectiva los dos factores que pueden mejorar el retorno sobre activos, el margen de utilidad y la rotación de activos. El cálculo de dicho índice para los años 1998 a 2003 se presenta en la Tabla IV.

Tabla IV Cálculo del índice de Dupont

Año	% de utilidad neta	Rotación de activos	ROA
1998	0.28	0.67	18.90%
1999	0.29	0.72	21.04%
2000	0.08	0.69	5.21%
2001	0.06	0.76	4.86%
2002	0.04	2.30	8.82%
2003	0.09	0.87	7.64%

Como resultado de este cálculo vemos que la rotación de activos se ha mantenido bastante constante, a excepción del año 2002 donde la rotación casi se triplicó; esto indica que ese año hubo ventas excepcionalmente altas, pero si observamos más de cerca, vemos que el porcentaje de utilidad neta fue el más bajo de todos los años (0.04), lo que indica que para lograr ese volumen de ventas se otorgaron precios especiales; si solamente se hubieran observado los datos de ROA sin sus componentes de rotación y porcentaje de utilidad, se hubiera concluido que fue un buen año y mejor que los dos anteriores (2000 y 2001), pero se hubiera dejado de lado el hecho importante de la disminución del porcentaje de utilidades.

Adicionalmente vemos que a partir del año 2000 el porcentaje de utilidad neta ha bajado drásticamente, lo cual produjo como consecuencia natural una disminución del ROA. La disminución de la utilidad neta se ha dado a consecuencia de una mayor competencia en el mercado, lo cual ha obligado a vender a precios menores; sin embargo, los costos de operación de las máquinas se han mantenido constantes o en aumento; es por eso que el presente trabajo pretende precisamente analizar dichos costos de operación, para buscar formas de reducción de los mismos y tratar de mejorar el ROA.

### 2.1.3. Cálculo de disponibilidad

La disponibilidad es el valor medido de utilización de una máquina en un promedio móvil de 12 meses; adicionalmente no se calcula el valor individual, sino el de familias de máquinas; es decir según la clasificación hecha en la sección 1.6, de esa cuenta tendremos la disponibilidad para tractores de cadenas (TRK), excavadoras hidráulicas (HEX), etc.

Para calcular la disponibilidad, se considera que cada máquina puede ser utilizada un total de 176 horas/mes; este total de horas es calculado a partir de una jornada laboral de 44 horas semanales, y luego se multiplica dicho valor por 4 semanas al mes.

Por lo tanto, si una máquina estuvo rentada en un determinado mes un total de 100 horas, dicha máquina tendría la siguiente disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{100}{176} * 100 = 57\%$$

Sin embargo, se utiliza un promedio móvil de 12 meses, por lo cual el total de horas posibles de renta sería igual a 176 por 12 meses, y suponiendo que durante ese período se rentó la máquina 1200 horas, se obtendría lo siguiente:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{1200}{2112} * 100 = 57\%$$

Adicionalmente, si se tuvieran 6 máquinas de la misma familia, se tendría que el total de horas posibles de renta serían 2112 horas/año por 6 máquinas; el resultado de dicho cálculo se convierte en el denominador, y si suponemos que en total se rentaron 7500 horas, el cálculo sería el siguiente:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{7500}{12672} * 100 = 59\%$$

El indicador de disponibilidad es muy importante para la flota de renta, ya que muestra qué tan eficientemente se ha rentado la maquinaria. Existe un "*benchmark*" que la flota debe cumplir con respecto a este indicador, y es de al menos un 60% de disponibilidad por familia.

### **2.1.3.1. Disponibilidades históricas**

Se presentan en la Tabla V los índices de disponibilidad histórica para las diferentes familias de maquinaria de la flota de renta, para los años 1999 a 2003.

Tabla V Disponibilidades históricas

<b>AÑO</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>
<b>FAMILIA</b>	<b>Disponibilidad</b>	<b>Disponibilidad</b>	<b>Disponibilidad</b>	<b>Disponibilidad</b>	<b>Disponibilidad</b>
Tractores	68.94%	75.67%	75.67%	97.24%	81.21%
Cargadores	65.15%	64.01%	74.40%	88.16%	98.27%
Excavadoras	80.47%	82.95%	47.07%	99.16%	100.01%
Retroexcavadoras	30.95%	72.09%	63.16%	73.71%	71.88%
Motoniveladoras	81.28%	98.51%	93.93%	74.83%	71.33%
Vibrocompactadoras	54.24%	45.26%	48.30%	94.23%	64.59%
Montacargas	38.45%	65.26%	30.24%	19.25%	69.71%
Plantas	49.94%	46.72%	52.09%	54.97%	97.21%
Minicargadores	N/D <sup>1</sup>	N/D	N/D	N/D	40.82%
Miniexcavadoras	N/D	N/D	N/D	N/D	35.70%
<b>PROMEDIO ANUAL</b>	<b>58.68%</b>	<b>68.81%</b>	<b>60.61%</b>	<b>75.19%</b>	<b>73.07%</b>

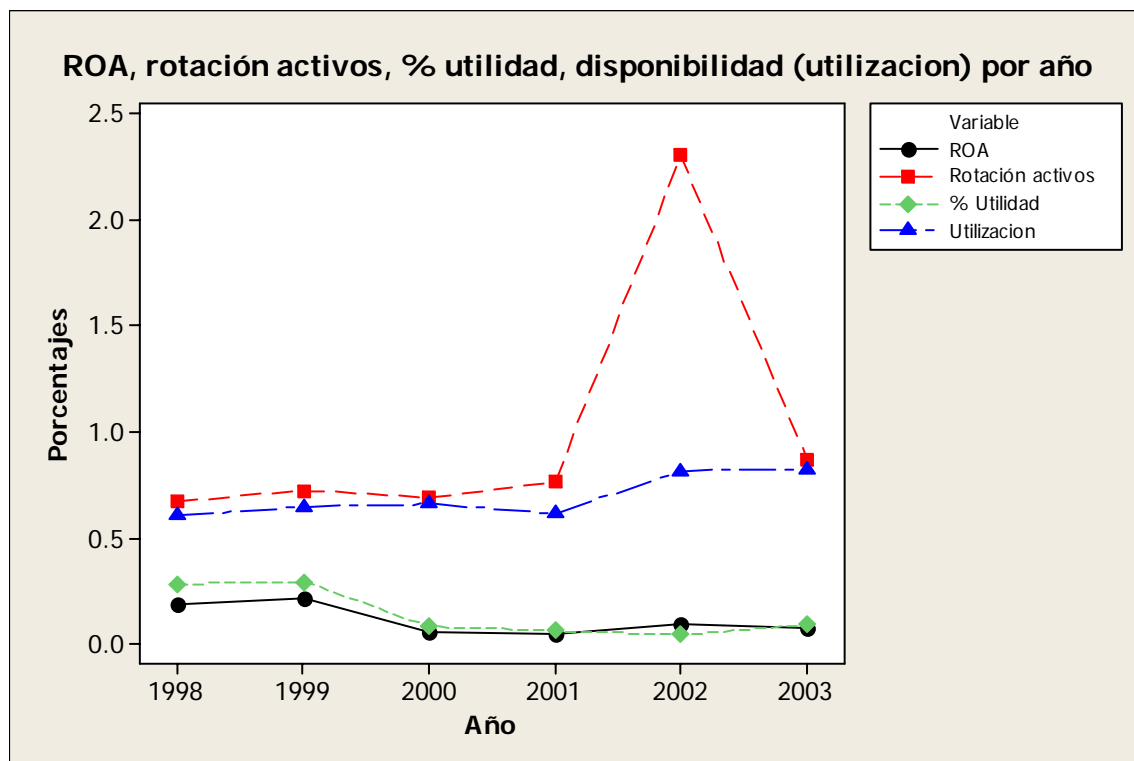
## 2.2. Validar oportunidades comerciales

En esta sección, se trata de validar que en efecto existe una oportunidad para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta, de la Tabla IV y de la Fig. 16; se observa que el ROA ha caído dramáticamente desde el año 2000; también esto coincide con una caída de la utilidad de la flota de renta. Considerando el historial de disponibilidad en la Tabla V y la gráfica, se deben analizar las razones por las cuales, a pesar de haber mantenido la disponibilidad durante los años 2000 a 2003 e incrementar las ventas la utilidad y, por consiguiente el ROA, presentan una tendencia a la baja.

---

<sup>1</sup> N/D es una abreviación para No Disponible, para los años que se indican no existían estos modelos de maquinaria en la flota de renta.

Fig. 18 Gráfico comparativo de ROA, rotación de activos, disponibilidad y utilidad



Si también consideramos los costos relativos de la flota de renta para el mismo período (1998 - 2003), obtenemos la Tabla VI.

Tabla VI Costos relativos a la flota de renta (1998 – 2003)

Año	Total ventas	Costo Maq. usada	Costo de ventas de renta	Costo mantenimiento	Costos fijos	Total costos
1998	\$1,702,297	\$393,457	\$486,032	\$194,341	\$151,120	\$1,224,950
1999	\$2,663,374	\$549,969	\$875,749	\$238,417	\$216,736	\$1,880,871
2000	\$2,675,678	\$867,949	\$971,683	\$354,863	\$280,403	\$2,474,898
2001	\$4,237,122	\$1,155,883	\$1,472,538	\$772,293	\$566,889	\$3,967,603
2002	\$10,490,814	\$6,386,828	\$2,007,799	\$744,072	\$949,040	\$10,087,739
2003	\$4,065,081	\$930,686	\$1,660,331	\$534,780	\$582,508	\$3,708,305



La descripción de costos es la siguiente:

Costo maquinaria usada : se refiere al valor en libras de las máquinas usadas de la flota de renta que fueron vendidas en el año respectivo.

Costo de ventas de renta: se refiere al costo de realizar una venta de horas de renta; este costo está constituido por el valor de depreciación por hora de la máquina. El valor de depreciación es típicamente el 50% del valor de venta de la hora de renta antes del Impuesto sobre el Valor Agregado.

Costo de mantenimiento: se refiere a los costos incurridos por el mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, de la maquinaria disponible para la renta.

Costos fijos: se refiere a todos los gastos de salarios administrativos, edificios, sistemas informáticos, seguros y otros necesarios para la operación de la flota de renta.

Total de costos: se refiere a la sumatoria de todos los costos de la flota de renta.

Se hace a continuación un análisis porcentual de los diferentes costos con respecto a los totales de venta. Para poder realizar dicho análisis es necesario definir claramente cómo se dan las ventas a través de la flota de renta.

Ventas de renta: corresponde al total del valor anual de renta por hora que se ha cobrado a los clientes.

Ventas usados: corresponde al total del valor anual que se ha percibido por concepto de ventas de máquinas usadas del inventario de la flota de renta; esto es posible porque se tienen establecidos periodos de renovación de la maquinaria, por lo tanto, luego de cumplidos dichos periodos, se procede a la venta de la máquina usada en el mercado local.

En la Tabla VII se presentan las ventas divididas según su rubro.

Tabla VII División de las ventas según categorías

<b>Año</b>	<b>Ventas de renta</b>	<b>Ventas usados</b>	<b>Total ventas</b>
1998	\$1,153,509	\$548,788	\$1,702,297
1999	\$1,827,731	\$835,643	\$2,663,374
2000	\$1,767,084	\$908,594	\$2,675,678
2001	\$2,771,658	\$1,465,464	\$4,237,122
2002	\$3,486,020	\$7,004,794	\$10,490,814
2003	\$2,950,010	\$1,115,071	\$4,065,081

Es importante definir las ventas de renta, ya que el *benchmark* establecido para el costo del rubro de mantenimiento es del 12% sobre el total de las ventas de renta.

Asimismo, es importante medir la utilidad respecto a cada una de estas categorías, ya que de esta forma se decidirá sobre si la oportunidad comercial se encuentra en una o en ambas categorías, y de esta manera enfocaremos los esfuerzos de este proyecto en la que represente más oportunidad.

Tabla VIII Análisis porcentual de costos con respecto a ventas

Año	Porcentaje de costo de mantenimiento sobre ventas totales	Porcentaje de mantenimiento sobre ventas de renta	Porcentaje de costos fijos sobre ventas totales	Porcentaje de costos de ventas sobre ventas de renta	Porcentaje de costo de maq. usada sobre ventas de usados
1998	11.42%	16.85%	8.88%	42.14%	71.70%
1999	8.95%	13.04%	8.14%	47.91%	65.81%
2000	13.26%	20.08%	10.48%	54.99%	95.53%
2001	18.23%	27.86%	13.38%	53.13%	78.87%
2002	7.09%	21.34%	9.05%	57.60%	91.18%
2003	13.16%	18.13%	14.33%	56.28%	83.46%

Para entender de mejor manera la Tabla VIII, se toma como muestra el año 1998; a partir de la tabla se puede determinar que en dicho año, el 11.42% de las ventas totales fue a costo de mantenimiento de la maquinaria; esto también significó el 16.85% de las ventas de renta. Es importante anotar nuevamente que el benchmark de los costos de mantenimiento con respecto a las ventas de renta es del 12%, por lo que en este año nuestros costos fueron 4.85% mayores que el benchmark esperado.

Llegado a este punto del análisis puede surgir la siguiente pregunta en el lector ¿ por qué el *benchmark* es sobre las ventas de renta y no sobre las totales ?. Esta decisión está basada en el hecho de que los gastos de mantenimiento, tanto preventivos como correctivos se realizan a lo largo de la vida de la máquina; por lo tanto dichos gastos son efectuados para que las máquinas puedan seguir siendo utilizadas y por lo tanto rentadas; adicionalmente, dichos costos son estimados al momento de hacer el cálculo de cual será la tarifa de renta por hora para cada modelo de máquina; tradicionalmente se ha asignado un porcentaje de 12% sobre el valor de la tarifa de renta por hora como una provisión para los costos de mantenimiento, el 12% resulta del benchmark establecido por otras empresas alrededor del mundo que cuentan con operaciones de flota de renta de la misma clase.

Siguiendo con el análisis para el año 1998 a partir de la tabla, también podemos anotar que el 8.88% de las ventas fueron a costos fijos, los cuales incluyen salarios, comisiones, seguros. Por último, se ve que el 42.14% de las ventas de renta correspondieron a costos de venta, que corresponden al valor de depreciación de las máquinas, el cual es calculado por hora de utilización de la máquina; es decir, si se supone que la tarifa de renta por hora tiene un valor de US\$ 20 para determinado modelo, el valor de depreciación corresponde a US\$ 8.43 y esto multiplicado por el total de horas rentadas.

Como se pudo observar del análisis de Dupont en la sección 2.1.2.1, uno de los rubros que más ha afectado el ROA es la caída de utilidades; las utilidades por su parte son obtenidas de la resta de los costos totales de las ventas totales; por lo tanto, si se reducen los costos a la vez que se mantienen o incrementan las ventas, se obtendrá una mejora de utilidades y por lo tanto una mejora del ROA; la mejora del ROA depende de la mejora de nuestras eficiencias operacionales determinadas por los costos en los que actualmente se incurren, por lo que la oportunidad comercial se encuentra en reducir los costos de operación de la flota de renta.

Existen dos costos de operación en los cuales se presentan las mayores oportunidades de mejora; éstos son el rubro de mantenimiento el cual vemos que durante los 6 años de nuestro análisis nunca ha llegado al benchmark de 12% solamente en el año 1999 estuvo cerca con un 13.04%; definitivamente los costos de mantenimiento representan una de las mayores oportunidades de mejora comercial, por lo que los análisis posteriores en este trabajo se centrarán en este rubro, y también el otro costo que representa una buena oportunidad de mejora comercial es el de costo de ventas de renta, el cual representa el valor de la depreciación de los equipos y, como se ve, ha aumentado de 42.14% en 1998 hasta 56.28% en el año 2003, por lo que surge como una necesidad reevaluar el período de depreciación para poder determinar el valor de depreciación que se debe asignar a cada modelo.

En conclusión, las mejores oportunidades de obtener ahorros que mejoren el ROA de la flota de renta, se centran en dos tipos de costos: a.) costo de mantenimiento y b.) costo de depreciación, y es alrededor de la reducción de ambos costos en lo que se trabaja en el presente proyecto.

### **2.3. Selección de equipo de mejora**

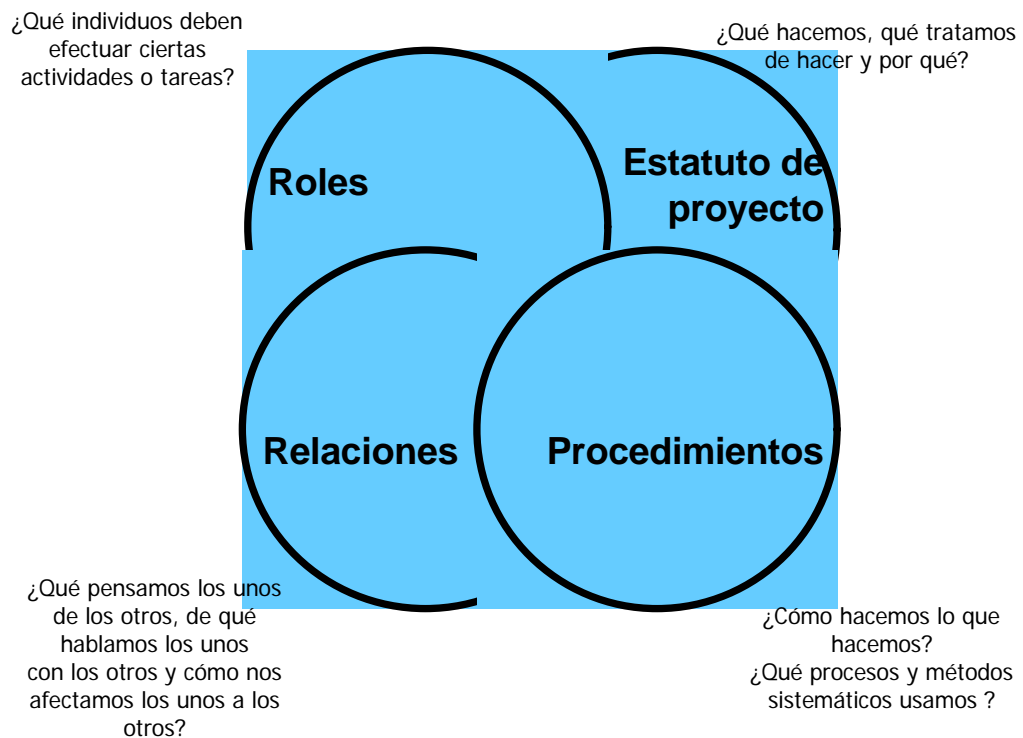
Para el logro de los objetivos de un proyecto de mejora de Seis Sigma es vital la elección de un equipo de personas directamente relacionadas con el proceso, que por esta razón poseen un alto conocimiento del mismo y su colaboración será de mucha utilidad al momento de realizar definiciones operativas del proceso actual y para la generación de ideas de mejora.

Los equipos de mejora eficaces tienen ciertas características que los definen, como las siguientes:

- a. desarrollan un estatuto,
- b. definen las funciones de los miembros y líder del equipo,
- c. establecen procedimientos y reglas básicos, y
- d. establecen relaciones.

Observando el organigrama de la flota de renta en la Fig. 6, vemos que una de las posiciones necesarias, cuyo aporte es vital para este proyecto de mejora, es el del Supervisor de la flota de renta, así mismo el del asistente de contabilidad que registra todos los costos y ventas efectuadas por la flota de renta, debido a la información que él maneja; por lo tanto, ambas personas constituyen el equipo de mejora seleccionado para este proyecto.

Figura 19 Características de los equipos eficaces



## 2.4. Análisis de riesgo del proyecto

El riesgo para los negocios se puede definir como cualquier evento que pueda influir en el logro de los objetivos de una organización.

El riesgo no es malo necesariamente; solo refleja una variabilidad desconocida.

¿ Por qué es necesario analizar el riesgo del negocio en un proyecto de mejora de Seis Sigma ?

- a. Seis Sigma aumenta considerablemente los cambios en la organización.
- b. El riesgo empresarial suele aumentar considerablemente con el cambio.
- c. La administración del riesgo del negocio proporciona una plataforma estable para el cambio.
- d. Mediante la autoevaluación, las estrategias de administración del riesgo se comprenden y se definen mejor.

Desde la perspectiva de la necesidad de mejorar el ROA para la flota de renta, nace el primer factor de riesgo que se define como: riesgo de interrupción del negocio, ya que si no se puede mejorar la rentabilidad de la flota de renta, los accionistas pensarán en tomar acciones más radicales, llegando inclusive a cerrar esta línea de negocio, con las naturales pérdidas de plazas laborales.



Otro factor de riesgo es el denominado: riesgo en la medición de operaciones, ya que la participación de mercado de la flota de renta (horas de renta facturadas) podría disminuir debido a decisiones tomadas durante el proyecto, como reducir el tamaño del inventario o incrementar las tarifas de renta, son las que tendrían un impacto mayor sobre las ventas con la consabida pérdida de participación en el mercado.

Con respecto a riesgos internos originados por cualquier cambio que se dé para mejorar el ROA, existen muy pocos, ya que el mayor riesgo lo constituye el no hacer nada y permitir que la flota de renta permanezca trabajando con márgenes de rentabilidad tan bajos, por lo que se establece la necesidad de revisar la operación para determinar la mejor manera de aumentar la rentabilidad, minimizando en la mayor medida posible el riesgo en la medición de operaciones, ya que deberíamos tratar de mantener un nivel de ventas adecuado.

Como se demostró en la Sección 2.2, las mejores oportunidades comerciales se encuentran en reducir los costos de mantenimiento y de depreciación, por lo que no vemos que la reducción de dichos costos represente ningún riesgo externo, ya que la reducción de los mismos no afectan las tarifas de renta ni el nivel de inventario.

## 2.5. Documentar y analizar procesos

Esta sección muestra todos los diagramas necesarios para entender mejor el proceso de mantenimiento de la flota de renta, el cual es uno de los enfoques de reducción de costos; con respecto a la depreciación no existe un proceso complicado ya que la determinación del porcentaje de depreciación es efectuado por una sola persona con base en una tarifa fija, la cual será analizada y evaluada por este trabajo.

Adicionalmente son importantes algunos comentarios para entender mejor el ciclo del proceso de mantenimiento. La empresa está dividida en departamentos entre los cuales tenemos el Departamento de servicios que se ocupa de los talleres, y como consecuencia vende al Departamento de ventas los servicios de los técnicos necesarios para realizar las reparaciones de maquinaria.

A su vez el Departamento de ventas tiene integrada dentro de su estructura la flota de renta<sup>1</sup> la cual cuenta con 3 inspectores que efectúan servicios de mantenimiento menores a las máquinas, por lo que estos servicios no se contratan con el taller.

---

<sup>1</sup> Ver Fig. 16 Organigrama de flota de renta

Para entender mejor el proceso de mantenimiento, tenemos que saber que el tipo de mantenimiento que se realiza a las máquinas de la flota de renta, puede ser dividido en dos grandes categorías: a) mantenimiento preventivo (MP) y b) mantenimiento correctivo (MC)

Dentro del mantenimiento preventivo (MP) están los intervalos de servicio (cambio de aceite, filtros, fajas, refrigerante, y otros), que recomienda el fabricante; independientemente del tipo de máquina los servicios de mantenimiento preventivo, se tienen que realizar cada 250 horas y están clasificados de acuerdo a la Tabla IX (según el horómetro de la máquina).

Adicionalmente al tipo de mantenimiento, también se indican las actividades principales que se deben realizar y la persona responsable de realizar dicho mantenimiento preventivo dentro de la organización.

El responsable denominado técnico flota en la Tabla IX, se refiere a los inspectores contratados por la flota de renta, y el técnico taller se refiere al técnico del Depto. de servicios siempre de la misma organización.

El proceso para realizar un mantenimiento preventivo, y en general cualquier tipo de mantenimiento/reparación está representado en la Fig. 20.

Adicionalmente, el registro de todas las órdenes de trabajo, y en general de todas las transacciones realizadas por la empresa, se lleva en un sistema informático denominado DBS (*Dealer Business System*), el cual esta basado en un servidor AS400 .

En la Tabla IX se da una descripción general de los mantenimientos preventivos que se realizan en los diversos tipos de maquinaria.

### **2.5.1. Diagrama de proceso**

En la Fig. 20 se muestra el diagrama de proceso para el mantenimiento de la flota de renta y en la 21 se muestra un análisis de causas (Ishikawa) con relación en el alto costo de mantenimiento.

Tabla IX Tipos de mantenimiento preventivo para maquinaria pesada

Tipo de mantenimiento	Horómetro	Responsable	Actividades principales a realizar
PM-0	Cada 50 hrs.	Operador	Engrase de máquina
PM-1	Cada 250 hrs.	Técnico flota	Cambio de aceite y filtro de motor. Revisión de niveles de aceites. Inspección general de la máquina. Tomar muestras de aceite de todos los compartimientos.
PM-2	Cada 500 hrs.	Técnico flota	Realizar mantenimiento PM-1 más lo siguiente: Cambio de filtro primario de aire. Cambio de filtros de transmisión. Cambio de aceite de transmisión. Cambio de filtro secundario del sistema hidráulico.
PM-3	Cada 1000 hrs	Técnico flota	Realizar mantenimientos PM-1 y PM-2, más lo siguiente: Cambio de aceite de mandos finales. Cambio de aceite de ejes.
PM-4	Cada 2000 hrs	Técnico taller	Realizar mantenimientos PM-1, PM-2 y PM-3, más lo siguiente: Cambio de aceite hidráulico. Calibración de válvulas de motor. Cambio de fajas (no todos los modelos).

Figura 20 Diagrama de proceso de mantenimiento de flota de renta

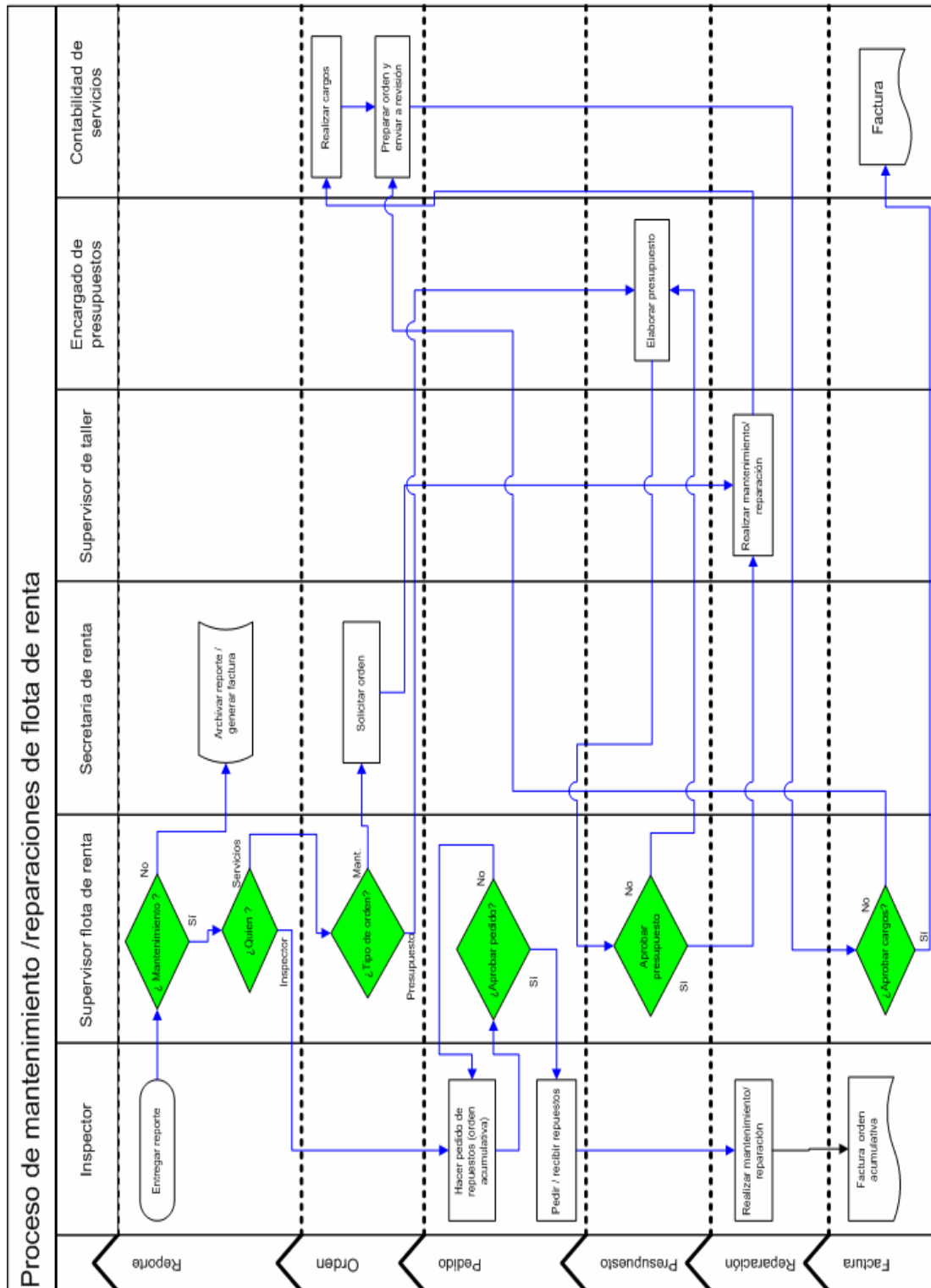
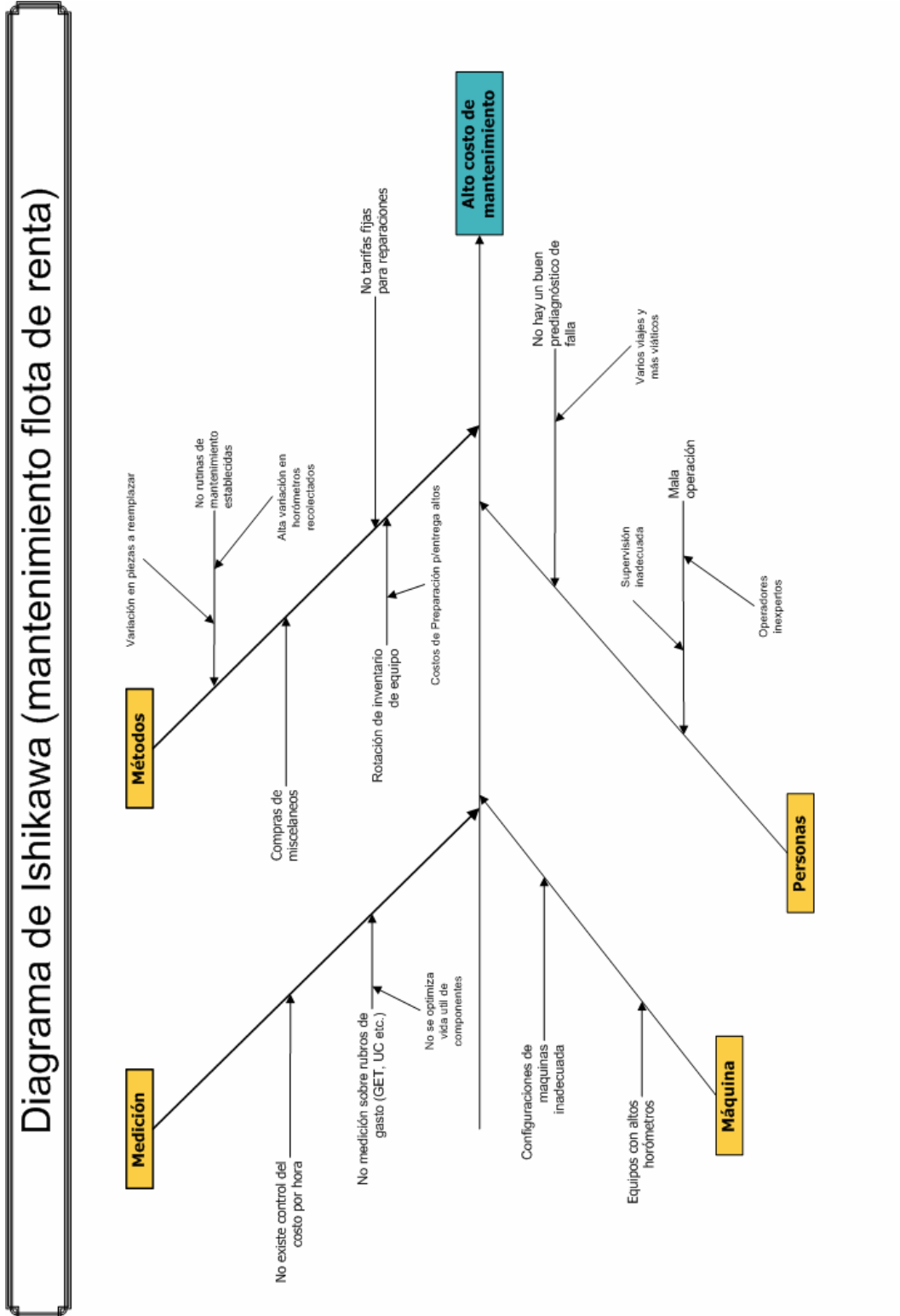


Figura 21 Diagrama de causas



### **2.5.1.1. Análisis de valor agregado**

El análisis de valor añadido consiste en identificar cuáles son las actividades que agregan valor a un proceso; para esto es necesario hacerse dos preguntas:

¿ necesita el cliente este paso ?, y segundo ¿ puede eliminarse este paso ?

Dentro de un proyecto de Seis Sigma, es importante realizar este análisis, ya que mediante éste un equipo de mejora puede identificar oportunidades rápidas y simples para lograr una mejora significativa. En ocasiones, estas mejoras son suficientes para cumplir con los objetivos de mejora del equipo; este análisis es aún de mayor importancia cuando el objetivo de mejora está en función de tiempos, ya que si se eliminan pasos innecesarios, el tiempo del proceso también será reducido.

El concepto de valor agregado está centrado alrededor del cliente, y se dice que una actividad agrega valor para el cliente solo si:

- a. el cliente reconoce el valor,
- b. el producto cambia de una forma prevista por el cliente y
- c. se hace bien la primera vez.



Existe también el concepto de valor operacional agregado, se dice que una actividad agrega valor operacional si no es una actividad de valor agregado para el cliente y:

- a. es necesaria para mantener la posibilidad de que en el lugar de trabajo se realicen actividades de valor agregado para el cliente,
- b. es necesaria por contrato o por otras leyes y normativas,
- c. es necesaria por razones de desarrollo personal, ambiental, de seguridad y de salud, y
- d. se hace bien la primera vez.

Es muy importante resaltar en esta sección que el concepto de cliente es muy amplio, y con él se está haciendo referencia tanto clientes externos como a clientes internos; de esta manera todos los procesos tienen clientes. Pensemos por un momento en un departamento de contabilidad, que tiene la función de registrar todos los costos, ventas, activos, pagos de impuestos etc., propios de una empresa; muchas veces pensamos en un departamento de contabilidad y no lo vemos como centrado alrededor del cliente, por lo tanto no se le da ninguna importancia a la voz del cliente, entonces el departamento de contabilidad puede gastar valiosos recursos en generar toda clase de reportes contables y financieros, pero que serán de poca utilidad a sus clientes internos, como gerentes, supervisores etc., ya que éstos últimos solamente utilizarán parcialmente la información generada.

En el caso de la flota de renta, tenemos que ésta se constituye en cliente del Departamento de servicios de taller, el cual es encargado de realizar muchas de las operaciones de mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria.

El análisis del valor agregado indica que existen muchas actividades de decisión que actualmente son realizadas por el Supervisor de la flota de renta, las cuales pueden ser disminuidas y planificadas de tal forma que no sean necesarias. En el capítulo 3 se trabajará más de cerca en la propuesta de mejora para estos diagramas.

### **2.5.2. Diagrama PEPSC (Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas, Clientes)**

Para entender el propósito del diagrama PEPSC, primero debemos tener claras algunas definiciones; en todo proceso existen lo que llamamos procesos principales y procesos habilitadores.

Los procesos principales se definen como una serie de actividades que cruzan límites funcionales y crean el producto o servicio final que se entrega a los clientes externos, algunos ejemplos son:

- a. comercialización y venta,
- b. recepción de pedidos,
- c. fabricación de productos y

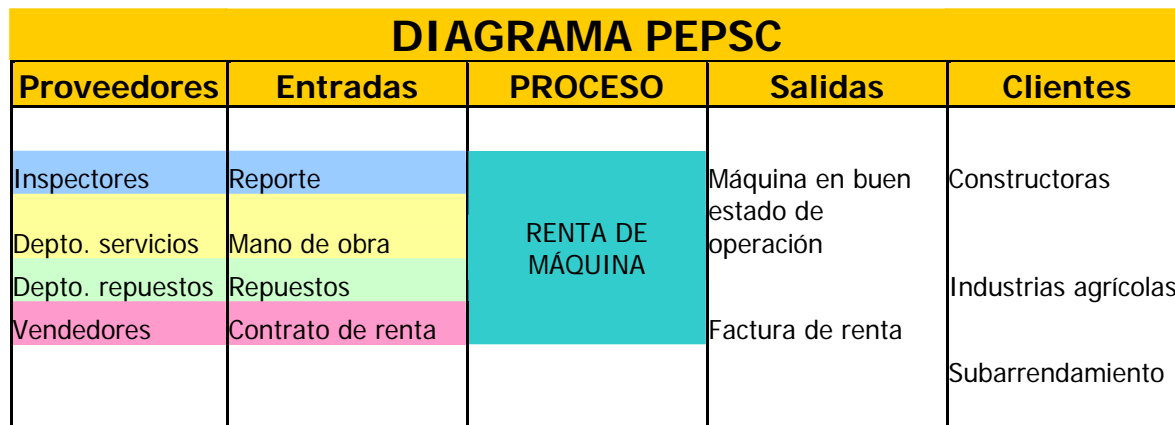
d. entrega de servicios y productos.

Los procesos habilitadores, por su parte, son una serie de tareas y actividades internas del negocio, que contribuyen al rendimiento de los procesos principales; por lo tanto, los clientes de los procesos habilitadores son los procesos comerciales, algunos ejemplos de procesos habilitadores son:

- a. capacitación y desarrollo,
- b. informática,
- c. legal,
- d. administración y
- e. mantenimiento.

El proceso principal de la flota de renta es rentar equipos a los clientes que así lo requieran o necesiten. Para que este proceso se realice, se necesitan varios procesos habilitadores, entre los cuales resalta la función de mantenimiento de las máquinas; en el diagrama PESPC se pretende determinar de una manera gráfica la relación entre los proveedores de un proceso principal y los clientes de éste, para poder determinar las entradas y salidas clave del mismo.

Figura 22 Diagrama PEPSC



**Límite inicial:** movimiento de tierra

**Límite final:** cobro de renta

Todo el proceso empieza (límite inicial) cuando el cliente tiene la necesidad de realizar algún movimiento de tierra y surge entonces la opción de renta; por lo tanto solicita una cotización, la cual es preparada por los vendedores y desde ese momento ellos se ocupan del cliente hasta que se da un contrato de renta. Luego, la máquina es enviada al lugar de trabajo solicitado por el cliente, en donde es visitada regularmente por los inspectores de maquinaria. Éstos generan reportes sobre las horas trabajadas y sobre la condición mecánica, de la máquina para determinar si se debe realizar algún tipo de mantenimiento; como es de suponer, los períodos de renta son diversos, como los clientes a los que se atienden; por lo tanto, muchas veces es necesario realizar mantenimientos preventivos y/o correctivos mientras la máquina se encuentra rentada, por lo que se recurre al Departamento de servicios, el cual realiza dichas operaciones y luego cobra a la flota de renta. Según las condiciones del contrato se factura a los clientes mensualmente las horas trabajadas de la máquina, por lo que decimos que las salidas del proceso de renta son, la máquina de renta y la factura por las horas rentadas.

Los clientes a los que se atienden en la flota de renta se dividen en tres grandes grupos, constructoras, industrias agrícolas y subarrendamiento, empresas que actualmente también se dedican a la renta de maquinaria, pero que por diversas razones no tienen el equipo disponible suficiente para cumplir con algún contrato, por lo que entonces recurren a rentar maquinaria nuestra para poder cumplir sus obligaciones.

## **2.6. Medición de variables que afectan el rendimiento**

La importancia del diagrama PEPSC se refleja aún más en esta sección, ya que ahora debemos proceder a determinar las variables que debemos medir en todo el ciclo del proceso desde las entradas hasta nuestras salidas; por lo tanto, es imperativo conocer de antemano las entradas y salidas de nuestro proceso las cuales fueron discutidas en la sección 2.5.2.

Debemos ahora identificar los diferentes tipos de mediciones y comprender la relación entre éstas y las salidas para el cliente.

### **2.6.1. Determinar variables a medir**

Las variables a medir son diferentes de acuerdo con la etapa del ciclo en la que se quiera ubicar, por lo tanto existen diferentes tipos de medición, resumidas en la Fig. 23.

### **2.6.1.1. Indicadores de entrada del proceso**

Como entradas del proceso tenemos los contratos de renta, la mano de obra del taller, repuestos y los reportes de maquinaria preparados por los inspectores de la flota de renta; como indicadores de cada una de estas entradas se tienen los siguientes:

Mano de obra del taller:

- a. cantidad de horas utilizadas en reparación por orden de trabajo,
- b. tarifa de mano de obra,
- c. viáticos y gastos relativos al transporte del personal técnico y
- d. total de costo de mantenimiento relativo a mano de obra y viáticos.

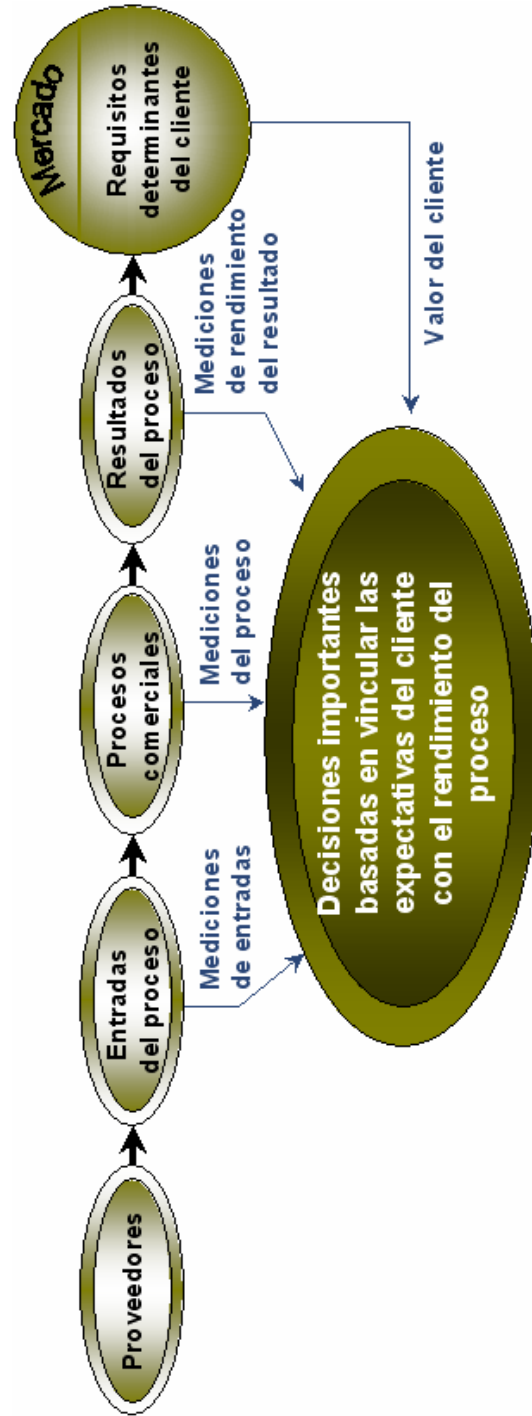
Repuestos:

- a. listado de repuestos completos por máquina,
- b. precio de repuestos y
- c. total de costo de mantenimiento relativo a repuestos.

Contratos de renta:

- a. tarifa de renta por hora pactada,
- b. forma de pago pactada con el cliente,
- c. especificaciones completas del equipo que se renta y
- d. tarifas históricas de renta por equipo.

Figura 23 Diagrama de relación de indicadores del proceso



Reportes de inspectores:

- a. fecha de la inspección,
- b. modelo y serie de la máquina y
- c. horómetro de la máquina.

Es de anotar que no todos los indicadores mencionados serán utilizados para medir el ROA de la flota de renta; más adelante, en la sección 2.6.1.4 , indicaremos en cuáles de ellos basaremos el análisis del costo de mantenimiento, el cual fue determinado como uno de los procesos claves en la sección 2.4.

#### **2.6.1.2. Elementos del proceso e indicadores de relación**

Como ya se mencionó anteriormente, el proceso central es la renta de maquinaria; sin embargo, este proceso depende de un proceso habilitador muy importante, el cual es el mantenimiento de la maquinaria, lo cual a su vez genera uno de los rubros de costo más grandes de la flota de renta, reflejándose finalmente dicho impacto en una utilidad baja y por consiguiente un ROA bajo.



Los indicadores del rubro de mantenimiento son:

- a. costo de mantenimiento por máquina,
- b. costo de mantenimiento por familia de máquinas,
- c. costo por tipo de mantenimiento realizado, entendiendo por tipo de mantenimiento si este fue correctivo, preventivo u otros y
- d. costo por tipo de componentes reparados, entendiendo por componentes si el costo corresponde al motor, transmisión, sistema hidráulico, herramienta de corte, tren de rodaje y otros propios de la maquinaria.

Otro indicador de proceso es el costo de depreciación de los equipos de la flota de renta, que debe ser registrado como un indicador.

### **2.6.1.3. Indicadores de salida del proceso**

Como indicadores de salida del proceso se tiene el total de horas de renta facturado.

Otro indicador de proceso es el referente a la disponibilidad o utilización del equipo que se discutió en la sección 2.1.3, como se definió este indicador, se refiere al número porcentual de tiempo que la máquina está rentada.

#### **2.6.1.4. Seleccionar los indicadores correctos**

Para poder mejorar el ROA, como se indicó en secciones anteriores, es necesario mejorar la utilidad neta percibida por la flota de renta, la utilidad será afectada por los costos y la tarifa de renta a la cual se realiza el contrato; por lo tanto, adoptaremos dos dimensiones para realizar la medición de este proyecto, en la primera se medirán todos los componentes del costo de mantenimiento para los años 2002 y 2003, para lo cual tendremos que hacer una estratificación de los siguientes indicadores de proceso ya mencionados en la sección anterior:

- a. costo de mantenimiento por máquina,
- b. costo de mantenimiento por familia de máquinas,
- c. costo por tipo de mantenimiento realizado, entendiendo por tipo de mantenimiento si este fue correctivo, preventivo u otros, y
- d. costo por tipo de componentes reparados, entendiendo por componentes si el costo corresponde al motor, transmisión, sistema hidráulico, herramienta de corte, tren de rodaje y otros propios de la maquinaria.

Ninguno de dichos indicadores existe en la actualidad, por lo que a partir de los datos históricos de costos debemos calcularlos, para que con base en los resultados medidos, tomar las decisiones pertinentes para disminuir el costo de mantenimiento de la flota de renta.

En la segunda dimensión utilizaremos los siguientes indicadores:

- a. tarifas históricas de renta por equipo y
- b. disponibilidad de equipo.

En el caso de la disponibilidad de equipo, ya existe un historial de este indicador, por lo que únicamente validaremos los datos que se encuentran y los utilizaremos para los análisis estadísticos que correspondan.

En el caso de las tarifas históricas de renta, debemos ir al archivo de facturaciones previas de contratos de renta para obtener los datos que utilizaremos en nuestro indicador.

#### **2.6.1.5. Desarrollar definiciones operacionales de medición**

Las definiciones operativas de medición tienen como objetivo delimitar exactamente la forma en que se realiza la medición, para que una persona que realice una medición similar en el futuro siga los mismos parámetros si quiere comparar los datos que obtenga con los datos que obtendremos en nuestra medición.

En nuestro caso se refiere específicamente a los límites para la medición que son los siguientes:

- a) se extrajeron los valores de todas las órdenes de trabajo facturadas desde el 1 de enero del 2002 hasta el 31 de diciembre del 2003;

- b) se incluyeron todas las órdenes facturadas durante el periodo del punto a) al cliente del sistema DBS, 999R010, que corresponde a la flota de renta;
- c) los valores de venta solamente incluyen el rubro de renta de maquinaria, no incluyen la venta de maquinaria usada de la flota de renta;
- d) para la medición de los valores distribución por motor, transmisión, etc., se utilizan los códigos de distribución asignados a cada tipo de repuesto;
- e) cuando en una orden se encuentren mezclados dos o más tipos de mantenimiento, se le asignará el valor total de la orden al tipo de mantenimiento que represente el valor porcentual más alto de la misma, debiendo cuidar siempre que este tipo de mezclas no exceda más allá del 10% del total de órdenes, y
- f) se utilizó el archivo de tarifas históricas y disponibilidad del Departamento de contabilidad, y se incluyen los datos desde el año 1998 hasta 2003.

### **2.6.1.6. Desarrollar un plan de medición**

El plan de medición constituye el desarrollo de una metodología de medición para los datos que pretendemos obtener, para luego pasar al análisis y a la propuesta de mejora; el enfoque como mencionamos en la sección 2.6.1.4 tiene dos dimensiones, de las cuales la que corresponde a los costos de mantenimiento es la que conlleva una mayor estrategia de medición; en nuestro caso, debido a que mucha de la información ya fue generada por actividades pasadas, no es necesario realizar ninguna medición activa como encuestas o experimentos, pero se debe organizar cómo se obtendrán los datos históricos para que sean propicios para el análisis estadístico de capítulos posteriores.

Como ya se ha mencionado en el caso de los costos de mantenimiento, se utilizarán los datos históricos de las ordenes de mantenimiento facturadas en los años 2002 y 2003; para poder realizar una estratificación, se debe agregar a cada orden un código que identificará el tipo de mantenimiento que se realizó, para poder obtener el indicador de costo por tipo de mantenimiento realizado<sup>1</sup>; este código puede ser uno de los siguientes: MP (mantenimiento preventivo), MC (mantenimiento correctivo), PE (preparación para entrega) e IN (preparación de plantas eléctricas).

---

<sup>1</sup> Indicador de costo por tipo de mantenimiento realizado identificado en la sección 2.6.1.4

También se agregará un código que identifique a qué familia de maquinaria pertenece cada orden de trabajo, según la clasificación que se especificó en el punto 1.6 del presente trabajo; para poder obtener el indicador de costo de mantenimiento por familia<sup>2</sup>, por ejemplo; una orden de mantenimiento preventivo para un tractor de cadenas D6R, adicionalmente a los identificadores normales como modelo y serie, también tendrá otros dos:

MP y TRK , con lo cual se sabe que se trata de una orden de mantenimiento preventivo y que la máquina pertenece a la familia de tractores de cadenas.

En ambos casos, los indicadores deben ser agregados manualmente a la información archivada en las bases de datos del sistema informático, ya que ninguno de ellos se agregó en el momento de realizar dichas órdenes de mantenimiento en años anteriores.

### **2.6.2. Recolectar datos**

La recopilación de datos para la identificación de gastos por tipo de mantenimiento y modelo se encuentran en el Apéndice 1 del presente trabajo.

---

<sup>2</sup> Indicador de costo de mantenimiento por familia de máquina identificado en la sección 2.6.1.4

La recopilación de datos para todos los demás indicadores también se encuentra en el Apéndice 1.





### **3. PROPUESTA DE MEJORA**

#### **3.1. Análisis de datos**

Se refiere a la etapa de Analizar de metodología DMAMC; en esta etapa se utilizan los datos recopilados en la etapa de Medir, mostrados en el Apéndice 1 y se someten diversos análisis estadísticos (capacidad del proceso, análisis de varianzas, correlaciones etc.) para encontrar la correlación entre las variables medidas (causas) y los efectos que éstas ocasionan en el resultado de la operación (ROA). Partiendo de los hallazgos de este análisis, se procederá en conjunto con el equipo de mejora del proceso a una generación de ideas, mediante las cuales se pretenda dar solución a los problemas detectados.

Mediante matrices de priorización, se evaluarán las alternativas de solución y se elegirán las más adecuadas según los criterios establecidos por los involucrados en el proceso, para la solución de los problemas detectados, esto lleva a la elaboración final de la propuesta de mejora.

### **3.1.1. Estratificación de la medición**

Se refiere a realizar una subdivisión del proceso para analizar cuáles son los factores que tienen un mayor aporte al costo total del mantenimiento; en esta sección solamente presentaremos las gráficas de análisis de Pareto con los comentarios pertinentes y conclusiones que podemos obtener de dichas gráficas; todos los datos de los que provienen dichas gráficas se encuentran en el Apéndice 1 del presente trabajo y son parte del trabajo realizado en la Etapa Medir.

#### **3.1.1.1. Análisis de Pareto para causas**

El análisis de Pareto es una forma de estratificar datos, a fin de mostrar qué factores principales componen el tema que se está analizando. Se denomina frecuentemente "búsqueda de la significancia".

El análisis de Pareto tiene su base en la regla 80/20; esto significa que aproximadamente el 80% de los problemas es consecuencia de aproximadamente el 20% de las causas.

Una de las primeras estratificaciones que se realizaron es la del tipo de mantenimiento, mostradas en las Figuras 24 y 25 para los años 2002 y 2003; esto pretende identificar qué rubros son a los que corresponde la mayor proporción de gastos.

Figura 24 Pareto de gastos de mantenimiento año 2002

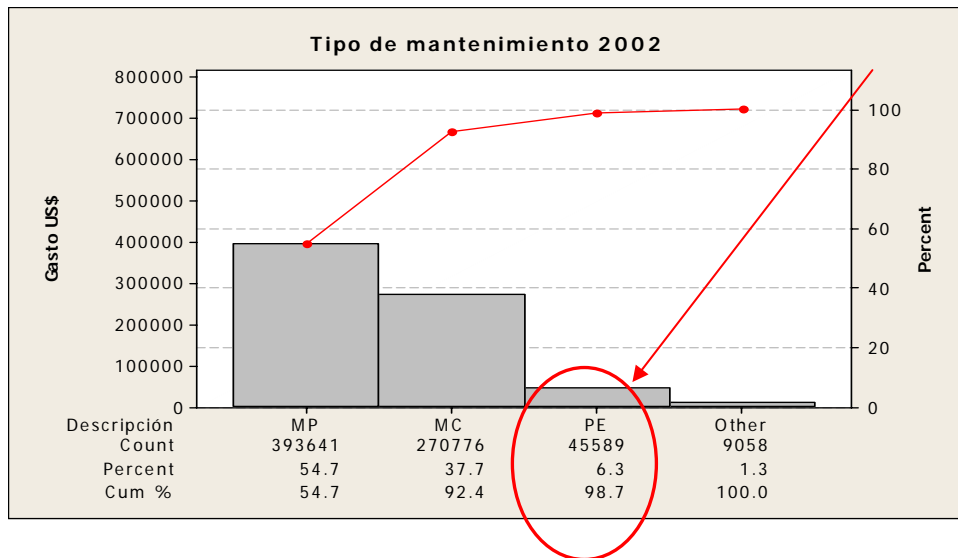
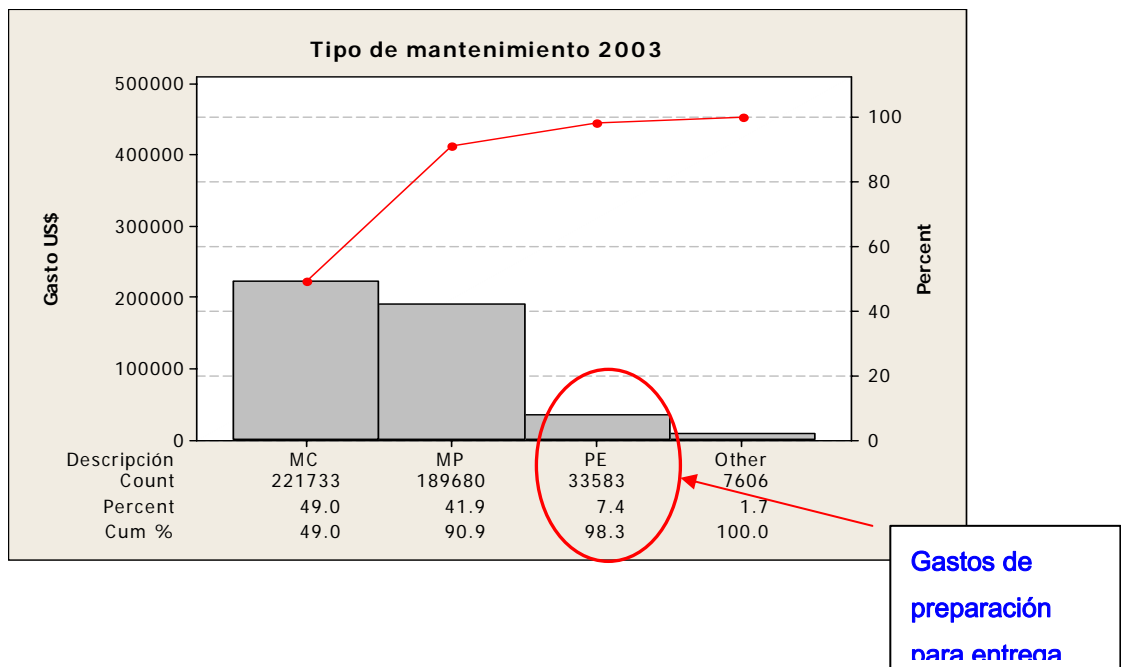


Figura 25 Pareto de gastos de mantenimiento año 2003



Gastos de preparación para entrega

Se han señalado los gastos de preparación para entrega (PE), porque se considera que fueron demasiado altos (6.3% y 7.4% del total por año), considerando que durante dichos años no hubo una renovación del equipo de maquinaria grande que justifique el monto.

Lo relativo a los gastos de PE será analizado más a fondo en puntos subsiguientes del presente trabajo.

Adicionalmente, no se ve que la regla 80/20 de Pareto se cumpla para esta subdivisión; los gastos están homogéneamente distribuidos entre MP y MC. Esto es de esperar en maquinaria nueva como la que se maneja en flota de renta, ya que debido a su poco uso casi no se deben efectuar reparaciones mayores clasificadas en mantenimiento correctivo (MC).

Seguidamente, se realizó una estratificación mediante el análisis de Pareto para conocer qué tipos de repuestos son los más utilizados, lo cual corresponde a uno de los indicadores del costo de mantenimiento definidos en la sección 2.6.1.2.

Se utilizaron los códigos de repuestos integrados en el sistema informático para poder obtener las tablas correspondientes del Apéndice 1, a partir de las cuales se efectuaron las siguientes gráficas de Pareto.

Figura 26 Pareto para gastos de mantenimiento por tipo de repuesto, año 2002

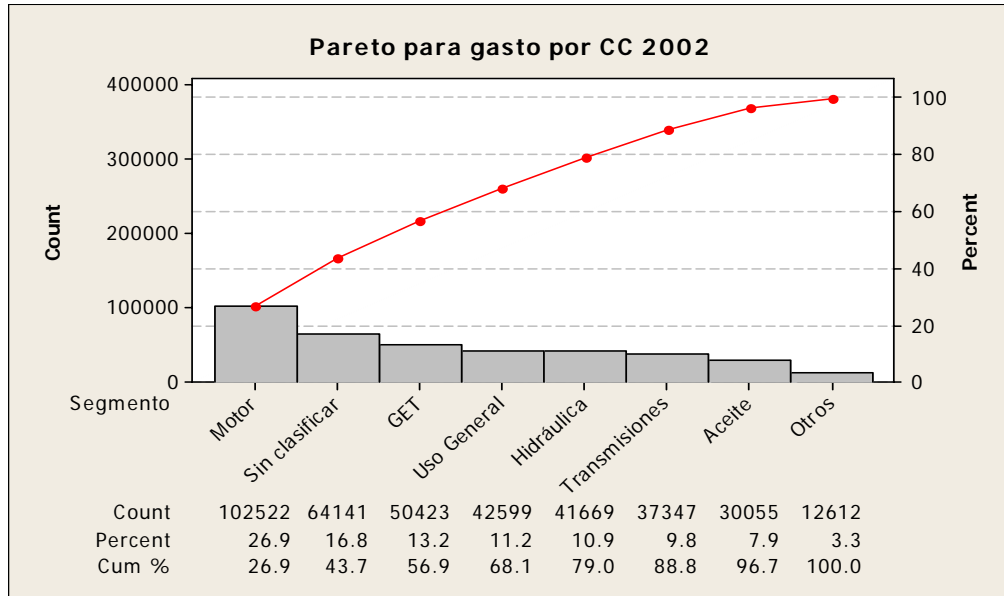
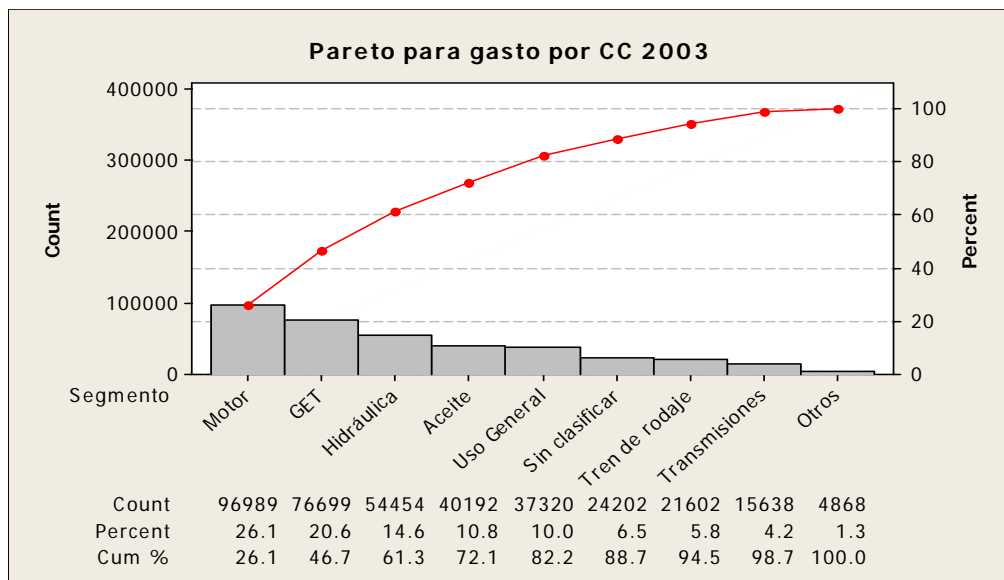


Figura 27 Pareto para gastos de mantenimiento por tipo de repuesto, año 2003



Al observar la distribución de Pareto, vemos que los gastos más fuertes se refieren al motor y a GET (Herramienta de corte); veremos en las siguientes gráficas la clasificación interna del rubro de motores, por ser éste el que representa mayores oportunidades.

Figura 28 Pareto para gastos de mantenimiento por tipo de repuesto de motor, año 2002

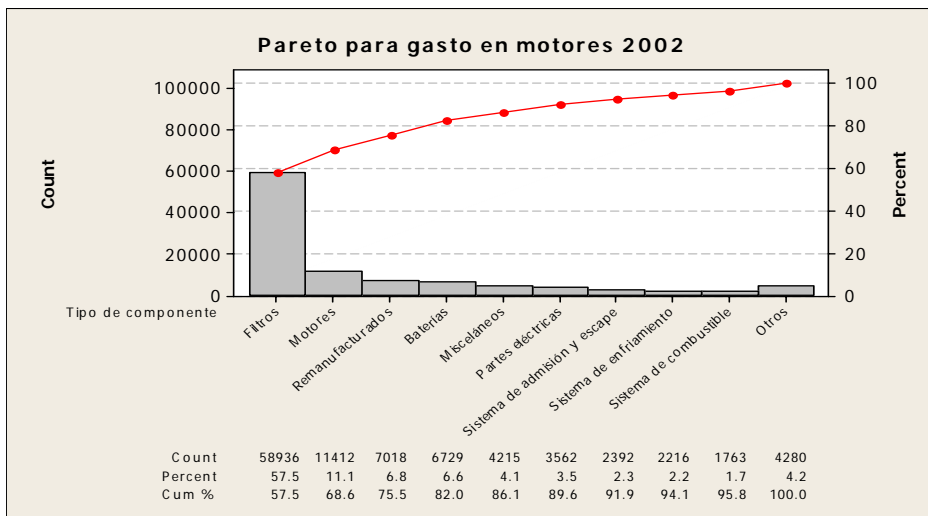
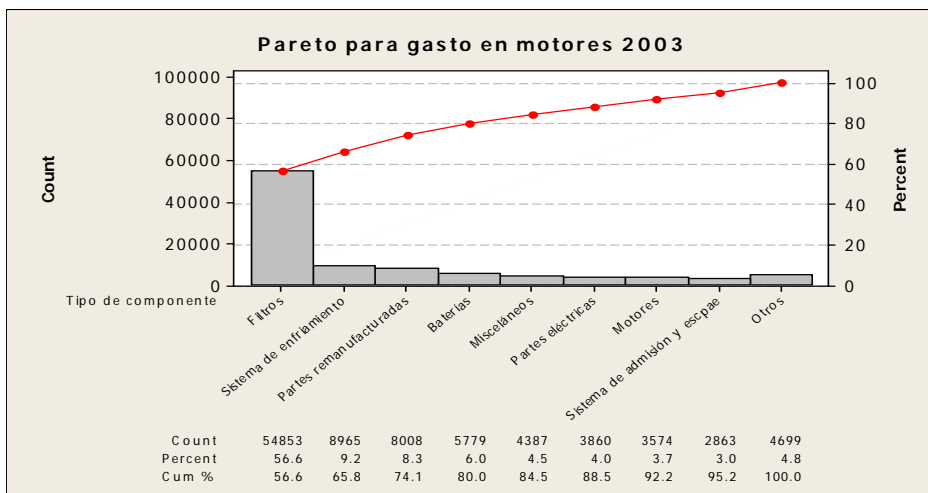


Figura 29 Pareto para gastos de mantenimiento por tipo de repuesto de motor, año 2003.



De las figuras 28 y 29 observamos que más del 50% del total del gasto realizado en motores, corresponde a filtros; el hecho de que sea el rubro más alto no es anormal, pero por el contrario parece anormal el hecho de que la diferencia entre este y el segundo rubro sea tan grande, por lo que creemos que se debe implantar un mejor sistema de control en lo correspondiente al gasto de filtros para que éste sea reducido; más adelante se definen estrategias que lleven a la reducción de este costo, ya que además, los filtros representan un artículo que fácilmente puede ser revendido a terceras personas porque es un componente con alta demanda en el mercado.

#### Preparación para entrega.

Debido al alto costo que representaron las preparaciones para entrega (PE) durante los años anteriores y como indicamos anteriormente, decidimos revisar más a fondo los pasos que realizaban los técnicos de taller en dicho proceso, lográndose determinar lo siguiente:

- a) durante la preparación para entrega (PE) se reemplazan todos los filtros y aceites de la maquina;
- b) las guías de preparación para entrega del fabricante no indican que es necesario reemplazar los filtros y aceites de una máquina nueva;
- c) el fabricante indica que las máquinas vienen con aceite normal listas para entrar en operación, y el fabricante garantiza la limpieza del aceite al momento de salir de fábrica;
- d) existe la posibilidad de que el aceite se contamine en el traslado de la maquinaria desde su país de origen<sup>1</sup> a Guatemala, y

---

<sup>1</sup> Países de origen: Estados Unidos de America, Brazil, Japón, Bélgica.

- e) no existe una guía técnica para el mecánico sobre los pasos que debe realizar durante una preparación para entrega.

Todos los puntos que requieran una solución o mejora del listado anterior, serán analizados más adelante en la propuesta de mejoras.

### **3.1.2. Matriz de causas y efectos**

Hasta ahora, se han identificado dos causas del alto costo de mantenimiento: a) proceso de preparación para entrega, y b) costo excesivo en los filtros.

Adicionalmente, se mencionó que el costo de ventas de renta influye en el costo total, y está principalmente representado por el costo de depreciación de la maquinaria. También se mencionó en la sección 2.1.2.1 que las tarifas de renta han sido reducidas en los últimos años debido a presiones del mercado. Esta reducción tiene un impacto muy fuerte en la utilidad neta debido a su alta correlación con ésta última, y por consiguiente en el ROA.

La matriz de causas y efectos tiene como objetivo determinar cómo cada una de las posibles causas afecta el ROA, el costo de mantenimiento y el costo de ventas, para poder priorizar nuestros esfuerzos en aquellas variables clave con un mayor peso en los efectos.



En el tipo de matriz presentado, las entradas se clasifican basándose en la intensidad de su relación con variables de salida y se les da la puntuación de correlación siguiente:

- 0 = sin correlación
- 1 = correlación débil
- 2 = correlación moderada
- 3 = correlación fuerte

Luego, se multiplican las puntuaciones de correlación por las puntuaciones de prioridad, y se suma a través de cada entrada. Finalmente, se revisa el total para concentrarnos en aquellas causas con un mayor efecto.

Figura 30 Matriz de causas y efectos

		Alto costo de mantenimiento	Alto costo de ventas	ROA	Efectos
		7	8	10	Prioridad
- Causas posibles -	- Entrada del proceso -	- Correlación de entrada a salida -			- Total -
Costo de preparación para entrega	Costo de mantenimiento	3	2	1	47
Costo de depreciación asignado	Costo de venta	0	3	2	44
Tarifas de renta	Ventas	0	0	3	30
Costo de filtros	Costo de mantenimiento	2	1	1	32

Según el análisis realizado y representado en la matriz de causas y efectos, vemos que la causa de mayor prioridad, en la cual debemos enfocar para mejorar, es el costo de preparación para entrega, seguido por el costo de depreciación asignado.

Si bien el costo de depreciación es un factor que influye grandemente sobre el ROA, al hacer un análisis contable vemos que la depreciación no es realmente un gasto, sino una provisión para recuperación del capital invertido; adicionalmente, provee ventajas fiscales por lo que se decidió no trabajar sobre este tema, y sí sobre los otros tres de la matriz de causas y efectos.

### **3.1.3. Pruebas de hipótesis e intervalos de confianza**

La estimación por intervalo indica la precisión de la estimación de la muestra, y establece un intervalo, dentro del cual es muy probable que se encuentre el parámetro poblacional (media o desviación estándar). El coeficiente de confianza se usa para indicar la probabilidad de que una estimación por intervalo contenga el parámetro poblacional. El nivel de confianza es el coeficiente de confianza expresado como un porcentaje.

¿Por qué necesitamos intervalos de confianza?

- a. Los estadísticos, tales como la media y la desviación estándar, son solo estimaciones de la media de la población ( $\mu$ ) y la desviación estándar ( $\sigma$ ), y se basan en una cantidad limitada de datos.

- b. Como existe variabilidad en las estimaciones de la población de muestra a muestra, podemos cuantificar nuestra incertidumbre usando intervalos de confianza basados estadísticamente.
- c. El intervalo de confianza tendrá en cuenta el error aleatorio al estimar un número de la población o proceso.
- d. Típicamente se calculan intervalos de confianza del 95%.

Algunas veces se requiere comparar dos poblaciones para determinar si se pueden considerar iguales o diferentes. Las pruebas de dos muestras se usan para evaluar afirmaciones sobre la igualdad de las medias o proporciones de dos poblaciones. En ocasiones, el objetivo del analista es evaluar una aseveración sobre una diferencia específica entre las medias o las proporciones de dos poblaciones. Por ejemplo, puede asegurarse que las medias de dos poblaciones son iguales, o puede asegurarse que la media de una población es mayor que (o menor que) la media de otra población; para realizar lo anterior es necesario hacer una prueba de hipótesis.

En el caso que nos ocupa en el presente trabajo, no es necesario realizar ninguna de las dos operaciones anteriores, ya que no utilizamos muestras de la población de costos, sino la población entera de órdenes para los dos últimos años; por lo tanto, no hay necesidad de hacer una estimación del intervalo de confianza. Sin embargo, si por cualquier razón no fuera posible utilizar la población completa, debemos usar intervalos de confianza.

### **3.1.4. Correlación entre causas y efectos**

El costo de preparación para entrega representó en los años 2002 y 2003 entre el 6.3% y el 7.4% del total de los costos de mantenimiento; reduciendo los costos de preparación para entrega a cero nos daría una mejora estimada del ROA de entre el 1% y el 1.62%, pero acercaría el costo de mantenimiento al *benchmark* de 12%.

## **3.2. Creación de mejoras**

### **3.2.1.1. Generar ideas de mejora**

Corresponde a la fase de mejorar de la metodología DMAMC de Seis Sigma; se pueden utilizar diversas técnicas para:

- a. generar ideas de mejora para el proceso;
- b. organizar las ideas para que puedan ser entendidas por otras partes involucradas, y
- c. establecer un orden de prioridad de las ideas generadas, de modo que se pueda obtener la máxima influencia de las mismas.

Existen varias técnicas para la generación y priorización de ideas; se utilizarán dos de las más frecuentes: la lluvia de ideas para la generación de ideas y la matriz de Pugh para la priorización de las mismas.

### **3.2.1.2. Lluvia de ideas**

Durante el ejercicio de lluvia de ideas realizado con el equipo, surgieron varias alternativas para mejorar o eliminar cada uno de los problemas detectados; a continuación se presentan dichas ideas según al problema al que pertenecen:

PROBLEMA 1: altos costos de preparación para entrega

PROBLEMA 2: Excesivos filtros de motor

Es de resaltar que aquí se presentan todas las ideas generadas por el equipo, que posteriormente serán analizadas para su factibilidad.

#### Ideas de mejora para el Problema 1

Antes de presentar las ideas debemos tener presente que en el proceso actual el Supervisor de la flota de renta solicita la apertura de orden de preparación en el taller y coordina el envío de la máquina al taller, luego de lo cual, el taller es responsable por inspeccionar la máquina y cambiar los repuestos que considere conveniente; entre éstos se incluyen los filtros y aceites; finalmente, el taller factura la orden la cual es cargada en el rubro de mantenimiento del estado de resultados del Depto. de flota de renta.

Debido a lo anterior, algunas de las ideas están enfocadas a reducir la discrecionalidad del taller en la decisión sobre el cambio de piezas, y otorgar más control sobre esa decisión al Supervisor de la flota de renta.

## Ideas

1. Creación de tarifas fijas del taller para preparación de entrega.
2. Cambiar filtros y aceites solo con autorización del Supervisor de la flota de renta.
3. Evaluar la condición de los aceites antes de cambiarlos.
4. Que los técnicos de flota de renta preparen las máquinas para evitar sobrecargos en tiempo y repuestos por parte del taller.
5. No preparar para entrega las máquinas.

De las ideas anteriores, consideramos que la idea 5 no es una opción pues es necesario que el personal técnico realice ciertas operaciones de inspección y preparación de la máquina, antes de que ésta pueda empezar a trabajar normalmente.

La idea 3, evaluar la condición del aceite, debe ser considerada en conjunto con otra idea, ya que la evaluación por sí sola no es suficiente, pues alguien debe tomar alguna decisión con base en dicho análisis de condición de aceites.

Debido a lo anterior, solamente las ideas no eliminadas serán consideradas en la matriz de evaluación de alternativas.

#### Ideas de mejora para el Problema 2

Antes de presentar las ideas, consideremos el proceso actual para el cargo de filtros; actualmente todos los filtros son cargados a una sola orden de trabajo, por lo que a final de mes el Supervisor de la flota de renta obtiene un reporte de cuántos filtros utilizó, pero no sabe específicamente para qué máquina fue que se requirió determinado filtro.

Actualmente el técnico de renta prepara el listado de repuestos que necesitará para realizar un determinado mantenimiento; luego el Supervisor autoriza el pedido, el cual es cargado a la orden acumulativa mensual de la cual se habló en el párrafo anterior.

El problema básico se reduce a lo siguiente: el Supervisor no tiene forma fácil de rastrear para qué máquinas se solicitaron los filtros, ya que al final de mes el reporte de la orden de trabajo solo le indica que se solicitó X cantidad de filtros, pero no para qué máquinas fueron.

## Ideas

1. Crear un reporte de filtros por máquina utilizados semanalmente.
2. Dejar la responsabilidad de los filtros (mantenimiento) a los clientes.
3. Utilizar filtros de otras marcas para reducir costos.
4. Crear listados de repuestos que incluya los filtros por maquina, para que sean estos listados los que autorice el supervisor.
5. Crear ordenes mensuales separadas acumulativas por máquina.

De las ideas generadas por el equipo, dejamos fuera las ideas 2 y 3, ya que en el caso de la opción 2 no podemos dejar la responsabilidad del mantenimiento a nuestros clientes, ya que la tarifa de renta incluye dicho costo; además, no tendríamos forma de garantizar la calidad de los filtros, aceites y mano de obra utilizadas para realizar el mantenimiento, lo cual podría ocasionar desperfectos mecánicos en las máquinas.

En el caso de la opción 3, es lo mismo; el utilizar filtros no originales podría causar desperfectos a las máquinas, adicionalmente, mandaría un mensaje equivocado a nuestros clientes, ya que durante años hemos insistido en la importancia de usar filtros originales, y esto es precisamente porque se saben las diferencias de calidad que existen.



### **3.2.2. Evaluar y seleccionar soluciones**

Sería bueno que nuestras ideas para solucionar un problema estuvieran libres de limitaciones; lamentablemente esto es sumamente raro en el mundo real, por lo tanto, antes de decidir cuáles ideas son las más adecuadas para tratar de solucionar un problema, se debe primero someterlas a un escrutinio intenso.

#### **3.2.2.1. Matriz de Pugh para la selección de soluciones**

Las matrices de validación de ideas sirven para determinar cuál puede ser la mejor opción para resolver el problema; en éstas comparamos las diferentes ideas contra una serie de parámetros importantes para el proceso y la Gerencia; con esto tratamos de eliminar un poco de subjetividad al momento de elegir nuestra mejor opción.

En este proyecto se utilizó la matriz de Pugh, la cual compara las ideas generadas como posibles soluciones contra una serie de parámetros, a los cuales damos un peso específico según la importancia para el proceso, y también comparamos contra el proceso actual. En la matriz asignamos un símbolo (+), si la idea es mejor que el sistema actual en el parámetro que estamos evaluando; un símbolo (-) si la idea NO es mejor que el sistema actual en el parámetro que estamos evaluando, y finalmente dejamos una (i) si la idea no ofrece una mejora con respecto al sistema actual, pero tampoco se considera peor; al final, la idea cuya suma ponderada de símbolos (+) sea mayor es la que se considera mejor para el proceso; en algunos casos, una idea podría tener una sumatoria mayor de (+), pero también una suma muy grande de (-), por lo que el equipo podría optar por elegir otra opción que aunque no represente tantos beneficios (+), por otro lado no represente tantos riesgos (-).

Figura 31 Matriz de Pugh problema 1

			IDEAS			
Parámetros de evaluación	Ponderación de importancia para cada parámetro	Actual	Creación de tarifas fijas para la preparación de entrega	Que el supervisor autorice el cambio de aceite y filtros	Análisis y que el supervisor autorice el cambio de aceite	Que los técnicos de flota de renta preparen las máquinas
Costo de implementación	3	Referencia	(-)	I	(+)	i
Facilidad de implementación	1		(-)	(+)	(+)	(+)
Tiempo de implementación	5		(-)	I	(+)	(+)
Posibilidad de ahorro	5		i	(+)	(+)	i
Calidad de trabajo	5		i	I	i	(-)
Discrecionalidad en la utilización de repuestos	5		(-)	(+)	(+)	i
Control de la orden por parte del Supervisor	3		i	(+)	(+)	(+)
Sum(+)			0	4	6	3
Sum(-)			4	0	0	1
Sum(i)			3	3	1	3
Sum P(+)			0	14	22	9
Sum P(-)			12	0	0	-5
<b>Total</b>			<b>12</b>	<b>14</b>	<b>22</b>	<b>4</b>

De esta matriz de validación de ideas, observamos que, según los parámetros asignados por el equipo la opción 3 (análisis de aceite y que el Supervisor de flota de renta autorice el cambio de aceite) es la más apropiada para resolver el problema.

Figura 32 Matriz de Pugh problema 2

		IDEAS				
Parámetros de evaluación	Ponderación de importancia para cada parámetro	Actual	Reporte de filtros utilizados semanalmente	Listados de repuestos por máquina	Ordenes mensuales acumulativas por máquina	Combinación de listados y ordenes acumulativas
Costo de implementación	3	Referencia	i	i	i	i
Facilidad de implementación	1		i	(-)	i	(-)
Tiempo de implementación	2		i	(-)	i	(-)
Posibilidad de ahorro	5		(+)	(+)	(+)	(++)
Impacto en la calidad de trabajo	5		i	i	i	i
Discrecionalidad en la utilización de repuestos	5		i	(+)	i	(+)
Control del gasto en filtros por el Supervisor	5		i	(+)	(+)	(+)
Sum(+)			1	3	2	4
Sum(-)			0	2	0	2
Sum(i)			6	2	5	2
Sum P(+)			5	15	10	20
Sum P(-)		0	-3	0	-3	
<b>Total</b>			<b>5</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>17</b>

Según el análisis realizado por el equipo y resumido en esta matriz de decisión de alternativas, la opción combinada 4 es la que resolverá de mejor manera el presente problema de gasto excesivo de filtros.

### **3.3. Propuesta final de mejora**

De las matrices de Pugh de la sección 3.2.2.1, se obtuvieron dos posibles soluciones para los problemas más críticos identificados:

1. Análisis de aceite y que el Supervisor de flota de renta autorice el cambio de aceite.

Esta propuesta tiene el objetivo de reducir los costos de preparación para entrega, y garantizar que solamente sean cambiadas las piezas necesarias. Por dicha razón, a todas las máquinas nuevas se debe realizar un muestreo de aceite de todos los compartimientos y analizarlo en el laboratorio para determinar la cantidad de impurezas en el mismo; el resultado de dicho análisis será entregado al Supervisor de la flota de renta, quien determinará si se debe cambiar el aceite y los filtros de la máquina, con base en el siguiente criterio.

Contaminación de aceite:

El conteo de partículas en el aceite es un procedimiento que cuantifica las partículas extrañas en el aceite y puede detectar tamaños que van desde 1 hasta 200 micrones. Por lo tanto, puede detectar señales adicionales de desgaste y suciedad en el aceite que no son detectadas en el análisis espectrográfico.

El conteo de partículas es reportado según el número y tamaño de partículas detectadas en un volumen determinado de aceite, utilizando para ello un estándar desarrollado por ISO<sup>1</sup>; dichos estándares son los denominados códigos ISO para contaminación de fluidos.

Los códigos ISO son una manera simple de cuantificar la cantidad de partículas por tamaño presentes en un fluido determinado, en nuestro caso el aceite.

Tabla X Códigos ISO de conteo de partículas

<b>ISO 4406 Niveles de contaminación por código. Partículas por ml.</b>					
<b>Código ISO</b>	<b>Mínimo (incluido)</b>	<b>Máximo (excluido)</b>	<b>Código ISO</b>	<b>Mínimo (incluido)</b>	<b>Máximo (excluido)</b>
1	0.01	0.02	15	160	320
2	0.02	0.04	16	320	640
3	0.04	0.08	17	640	1300
4	0.08	0.16	18	1300	2500
5	0.16	0.32	19	2500	5000
6	0.32	0.64	20	5000	10000
7	0.64	1.3	21	10000	20000
8	1.3	2.5	22	20000	40000
9	2.5	5	23	40000	80000
10	5	10	24	80000	160000
11	10	20	25	160000	320000
12	20	40	26	320000	640000
13	40	80	27	640000	1300000
14	80	160	28	1300000	2500000

---

<sup>1</sup> ISO, *International Standards Organization*, es una organización internacional ubicada en Ginebra, Suiza, dedicada a la creación de estándares técnicos uniformes que faciliten el intercambio internacional de productos y servicios.

La norma ISO 4406 establece un código de dos factores (X/Y) para expresar la limpieza del fluido. El primer factor (X) representa el número de partículas más grandes que 5 micrones, y el segundo factor (Y) representa el número de partículas más grandes de 15 micrones.

Los valores de 5 y 15 micrones fueron seleccionados porque significan el tamaño que puede causar el mayor desgaste a los compartimientos lubricados y puede indicar la presencia de rápido desgaste y falla potencial.

El fabricante de los equipos disponibles para renta tiene objetivos de limpieza recomendados para cada uno de los compartimientos lubricados :

Sistemas hidráulicos .....	ISO 18/15 o menor
Transmisiones .....	ISO 21/17 o menor
Aceites nuevos (tonel) .....	ISO 16/13 o menor

Con base en dichos objetivos especificados por el fabricante, es que el Supervisor de la flota de renta debe comparar los resultados del conteo de partículas realizado por el laboratorio y determinar si se debe o no reemplazar el aceite.

## 2. Listados de repuestos y órdenes acumulativas

El segundo problema que se identificó causando un gran impacto sobre el costo de mantenimiento fue el de filtros; para este problema la solución sugerida por el equipo Seis Sigma fue la preparación de listados por modelo de maquinaria, que incluye todos los filtros necesarios para realizar el mantenimiento; afortunadamente, después de investigar con el fabricante del equipo, éste nos facilitó listados de repuestos para ser utilizados para las máquinas, una muestra de dicho listado se muestra en el Apéndice 2 del presente trabajo. Estos listados funcionarán en conjunción con un reporte que se genera automáticamente una vez al mes en el sistema de cómputo, y a la decisión de separar las órdenes de mantenimiento por máquina.

Para el problema de los filtros no fue necesario un plan piloto y por decisión de la Gerencia se procedió de inmediato a utilizar los nuevos listados de repuestos y a separar las órdenes de mantenimiento por máquina; asimismo, se preparó en conjunto con el Depto. de sistemas un informe que mensualmente funciona desde el sistema DBS y que le llega al Gerente de ventas y al supervisor de la flota de renta para verificar cuántos filtros se han usado por máquina; adicionalmente el reporte indica quiénes fueron los técnicos que solicitaron los filtros y las fechas de solicitud de los mismos.



## **4. IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS**

### **4.1. Prueba piloto de soluciones**

Debido a que se necesita validar de alguna manera que las soluciones propuestas por el equipo pueden contribuir a mejorar la situación financiera de la flota de renta, fue necesario preparar un plan piloto para medir los beneficios de las soluciones.

#### **Problema 1. PREPARACIÓN PARA ENTREGA**

En el caso del Problema 1, al cual se determinó que la solución más adecuada sería: "Análisis de aceite y que el Supervisor de la flota de renta autorice el reemplazo"; esta solución consiste en que una vez que la máquina arribe a los talleres de GENTRAC, el Supervisor de la flota de renta solicitará la apertura de la orden de preparación para entrega al taller; la primera y única operación que realizarán los técnicos de taller será extraer muestras de aceite de todos los compartimientos lubricados de la máquina, dichas muestras serán entregadas debidamente etiquetadas al Laboratorio de Análisis de Aceites (SOS) de GENTRAC; el Laboratorio realizará el análisis de aceites (conteo de partículas únicamente), y antes de 4 horas entregará los resultados al Supervisor de flota de renta, quien a su vez revisará dichos resultados y observará la necesidad o no de cambiar los aceites; seguidamente el Supervisor de flota de renta

notificará vía correo electrónico al Supervisor de taller sobre su decisión, y entonces se terminará de preparar la máquina.

El plan piloto consistió en realizar el procedimiento antes mencionado en dos maquinas de diferente modelo, para luego comparar el costo obtenido en esas órdenes, contra el costo de preparaciones para entrega realizadas para máquinas de los mismos modelos durante los meses anteriores.

#### 4.1.1. Análisis de prueba piloto

Tabla XI Resumen de costos obtenidos en prueba piloto

O.T.	Modelo	Serie	Total	
<b>Preparación para entrega con cambio de aceite y filtros</b>				
<b>MT32663</b>	<b>320CL</b>	<b>PAB00152</b>	<b>US\$ 1,326.91</b>	
<b>MT32432</b>	<b>D6R</b>	<b>FDT00092</b>	<b>US\$ 1,570.01</b>	
<b>Preparación para entrega sin cambio de aceites y filtros</b>				
<b>MT34918</b>	<b>320CL</b>	<b>SBN00259</b>	<b>US\$ 194.85</b>	<b>85 %</b>
<b>MT34907</b>	<b>D6R</b>	<b>FDT00104</b>	<b>US\$ 312.18</b>	<b>80 %</b>
<b>Promedio de ahorro anual (flota) para el 2004 = US\$ 35,439</b>				
<b>Maquinaria nueva PE 2004 = US\$ 97,710</b>				
<b>Total de ahorro posible estimado para 2004 = US\$ 104,951</b>				

Como se puede ver en la tabla XI, el costo del proceso de "Preparación para entrega" sin cambiar aceites y filtros, se reduce entre un 80% y un 85% del costo anterior, en el cual se reemplazaban todos los filtros y aceites; en nuestras pruebas el nuevo costo para un tractor de cadenas (TRK) fue de US\$ 312.18 contra US\$ 1,570.01, el cual era el costo anterior.

En nuestra prueba piloto y por requisición de la Gerencia, también dimos seguimiento a las máquinas que se prepararon bajo este nuevo esquema durante 500 horas de operación (aproximadamente 2 meses) para verificar que no se presentarán fallas relacionadas o derivadas de este cambio. Se debe hacer notar que no se presentó ninguna falla relativa con este cambio hasta la fecha de redacción del presente documento; se han preparado para entrega más de 10 máquinas nuevas bajo el nuevo esquema.

Los ahorros totales están considerados con base en los presupuestos designados para este rubro por el Depto. de flota de renta y el de ventas de maquinaria nueva, a los cuales se estimó una reducción del 75%, ya que el monto de ahorro puede variar por modelo, por lo que se consideró un margen de confianza (intervalo de confianza) con un 10%, menor al 85% obtenido para la excavadora.

#### **4.1.1.1. Conclusiones de prueba piloto**

- a. El nuevo procedimiento definido para el proceso de preparación para entrega, no presentó ningún riesgo para la operación de la maquinaria nueva durante el período de observación.
  
- b. El nuevo procedimiento definido para el proceso de preparación para entrega de la flota de renta, es fácilmente aplicable en el departamento de ventas de maquinaria nueva, en el cual los ahorros en costo son aún mucho mayores debido al volumen de maquinaria nueva que se prepara anualmente para entrega a los clientes.
  
- c. A pesar de las posibles variaciones en costo que se puedan observar más adelante, el margen de confianza para los ahorros en costo debido al cambio del proceso de preparación para entrega es bastante bueno, lo cual indica que la empresa puede esperar un retorno sobre la inversión mayor en los años venideros si se mantienen los cambios.

#### **4.2. Análisis de riesgo del negocio por cambios sugeridos**

El mayor riesgo por los cambios sugeridos surge como un *Riesgo de fallas y calidad del producto*, debido a que al no cambiar el aceite de las máquinas pueda prestarse a fallas mecánicas; la mejor estrategia que se utiliza para mitigar el riesgo es el análisis de conteo de partículas, ya que mediante este análisis se puede determinar si se debe o no cambiar el aceite.

Por otra parte el riesgo de interrupción del negocio mencionado en la sección 2.4 se ve disminuido debido a la mejora del ROA al reducir el costo excesivo provocado por el proceso de preparación para entrega.

#### **4.3. Presentar recomendaciones**

Como toda solución a cualquier problema, ésta debe ser presentada a las personas encargadas de autorizarla; dentro de cualquier proceso de mejora de Seis Sigma, existirán muchas oportunidades en las cuales el encargado de un proyecto debe presentar ante el equipo directivo de la empresa los hallazgos y las soluciones detectadas por el equipo; mediante el seguimiento de algunos pasos que se presentan en esta sección, se pretende dar una guía al lector sobre cómo lograr los objetivos más comunes para una presentación; dichos objetivos son:

- a. Cómo usar un método sistemático al desarrollar una presentación.
- b. Cómo comunicar un mensaje profesionalmente a varios tipos de audiencias.
- c. Aprender qué criterios de presentación son necesarios para vender una solución.

Los pasos que se recomienda seguir para realizar una presentación eficaz son:

1. Hacer su investigación y preparación:
  - Entender a la audiencia.
  - Incluir a los interesados en el proyecto.
  - Anticipar las preguntas que pueden realizar los participantes.
2. Apertura de la presentación:
  - Fijar las expectativas.
  - Establecer un sentido de urgencia (explicando las razones por qué es necesario realizar cambios).
3. Comunicar la idea principal:
  - Presentar cómo es actualmente y cómo será.
  - Usar hechos y datos.
  - Mostrar cómo se usaron las etapas de la metodología DMAMC.
4. Conclusión:
  - Hacer recomendaciones.
  - Presentar los recursos necesarios para el cambio.
  - Pedir la aprobación.
5. Seguimiento:
  - Preguntas posteriores a la presentación.
  - Publicar las actas de la reunión.
  - Dar las gracias a los participantes.

#### **4.4. Procedimientos y estándares**

Los procedimientos y estándares son los detalles en los que se basan las actividades documentadas en el diagrama de proceso comercial.

Básicamente se realizó un cambio de procedimiento en lo que respecta al proceso de preparación para entrega de maquinaria nueva; el procedimiento es detallado en el diagrama de flujo de la sección 5.1.2, y los estándares para dicho proceso corresponden a la norma ISO 4406 para la limpieza de aceites en compartimientos lubricados.

#### **4.5. Plan de comunicación**

El cambio no es algo que agrade a la mayoría de las personas; es más, las personas consideran que los cambios son negativos debido a una experiencia negativa que hayan encontrado en iniciativas de cambios anteriores; la comunicación es muy importante para reducir la resistencia al cambio, por lo tanto, fue necesario definir la forma de comunicación a las personas afectadas por el cambio propuesto dentro del proceso de preparación para entrega de máquinas nuevas.

Se realizó una matriz del plan de comunicación, la cual sintetiza los aspectos más importantes de éste.

Tabla XII Plan de comunicación para el nuevo procedimiento

Plan de comunicación		Proyecto: preparación para entrega de maquinaria nueva			
Objetivo	Mensaje central	Audiencia	¿Cuándo?	Tipo de comunicación	Responsable
Obtener la aprobación del equipo gerencial para implementar las mejoras necesarias a los procesos de flota de renta.	Cómo los cambios propuestos pueden mejorar la rentabilidad del negocio.	Gerentes	Una vez concluida la fase de 3 de la metodología DMAMC (Mejorar)	Presentación en Power Point	Líder de proyecto ( <i>Black Belt</i> )
Lograr el involucramiento de los interesados en el proyecto.	Cuáles son los cambios que se realizarán y cuál es el papel de cada uno dentro de este nuevo proceso.	Supervisor de Flota de Renta, Analista de laboratorio, Supervisores de taller, Jefe de taller	Como máximo dos semanas después de obtener la aprobación de los cambios por el equipo gerencial	Presentación en Power Point	Líder de proyecto ( <i>Black Belt</i> )
Validar los beneficios financieros del proyecto.	Comparar el índice financiero ROA y los costos de preparación de entrega.	Gerente Financiero y Director General	1 mes después de implementados los cambios	Presentación en Power Point e informe financiero	Supervisor de la flota de renta



## **5. MEJORA CONTINUA DEL PROCESO**

### **5.1. Plan de control**

El plan de control pretende diseñar un sistema de control del nuevo proceso, para mantener las ganancias debidas a la mejora; además, permite validar de una forma mensurable la efectividad de la solución propuesta.

El plan de control tiene su fundamento en varios aspectos que se discuten en las secciones siguientes, como límites de control y las especificaciones estipuladas para el proceso, indicadores de entrada y salida y la tabla de responsabilidades; estos tres factores conjugados constituyen los puntos clave para el control de un proceso. El seguimiento y revisión de dichos puntos de control permite el manejo de un proceso.

### **5.1.1. Límites de control y especificaciones**

#### **5.1.1.1. Indicadores de entrada y salida**

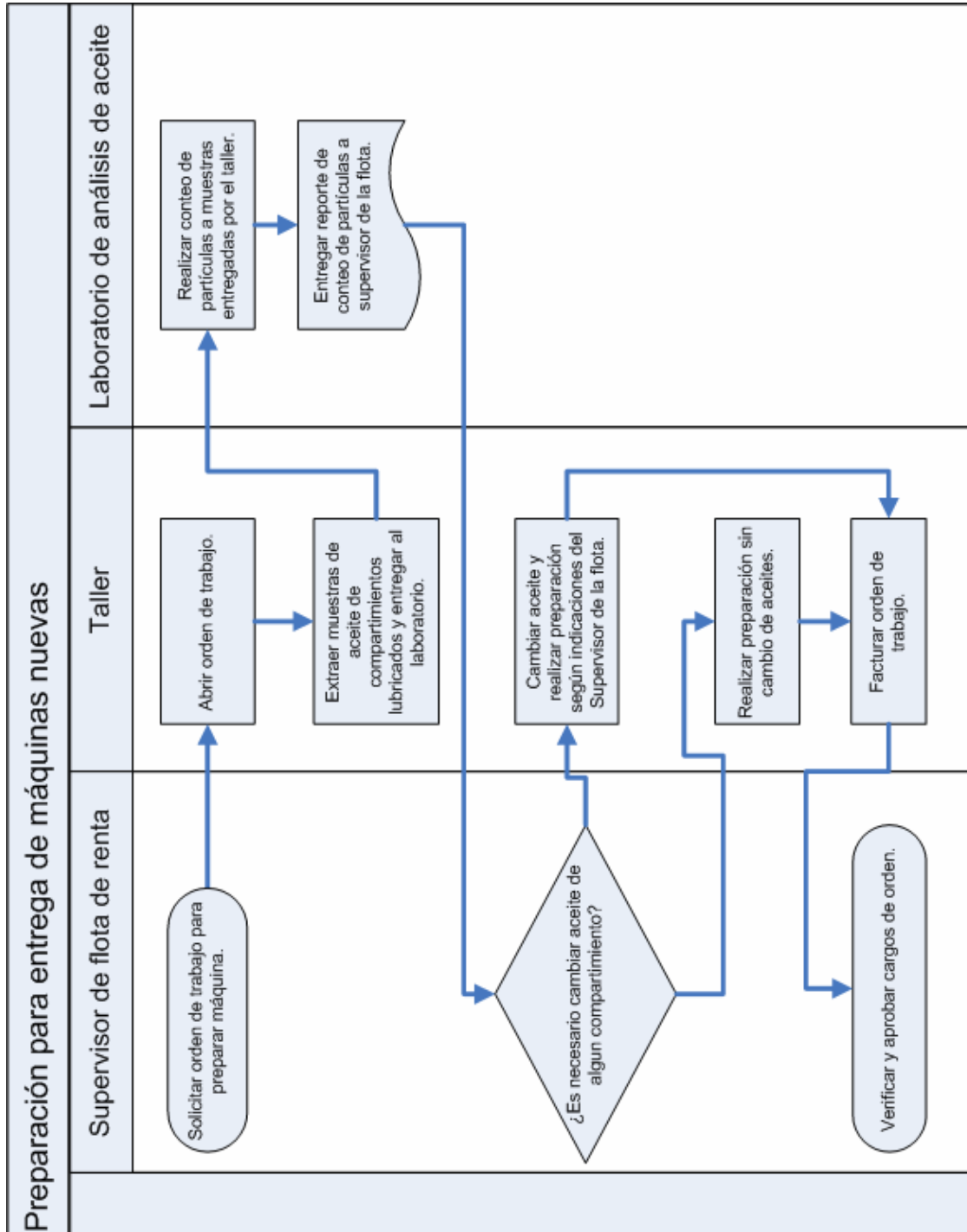
En la Fig. 33 se encuentran detallados cada uno de los límites de control, especificaciones, indicadores de entrada y de salida del nuevo proceso de preparación para entrega, para dar seguimiento y cumplimiento a los cambios propuestos debemos seguir lo indicado en dicha hoja de control.

Figura 33 Hoja de control del proceso

Sistema de control del proceso 6 Sigma		Requisito crítico del cliente	Indicador de salida	
<p>Descripción del proceso: Preparación para entrega de maquinaria nueva</p> <p>Cliente del proceso Flota de Renta</p>	<p align="center"><b>Chequeos</b></p>			
<p align="center"><b>Diagrama de flujo del proceso</b></p> <p align="center"><b>Preparación para entrega de máquinas nuevas</b></p>	<p>Estándares de desempeño</p> <p>Límites, especificaciones.</p> <p>Códigos ISO 4406 para limpieza</p>	<p>Puntos a chequear</p> <p>¿Qué chequear?</p> <p>ISO 18/15 Sist. hidráulico ISO 21/17 Transmisiones</p> <p>Cargos de orden de trabajo Costo total de ordenes de preparación para entrega</p>	<p>Frecuencia</p> <p>¿Cuándo realizar el chequeo?</p> <p>Cada orden de trabajo Cada 6 meses</p>	<p>Responsable</p> <p>¿Quién realiza el chequeo?</p> <p>Supervisor de flota Supervisor de flota</p>
<p align="center">Descripción de la revisión</p>				

### 5.1.2. Mapa de nuevo proceso.

Figura 34 Mapa de nuevo proceso



### 5.1.3. Tabla de responsabilidades

La tabla de responsabilidades permite aclarar sistemáticamente las relaciones entre asignaciones de proyectos, miembros del equipo del proyecto y contribuciones individuales, además, responden a preguntas tales como:

- ¿ Quién hace qué ?
- ¿ Quién es responsable de qué resultados ?
- ¿ Quién es responsable de informar a quién y de qué ?

La tabla de responsabilidades de este proyecto es la siguiente:

Tabla XIII Tabla de responsabilidades

	Tarea / Decisión	Supervisor de flota de renta	Departamento de sistemas	Taller	Contabilidad	Gerencia
1	Generar reporte mensual de consumo de filtros.	I	R			
2	Generar reporte mensual de preparaciones para entrega.	I			R	I
3	Entregar a los inspectores hojas de mantenimiento.	R				
4	Revisar órdenes de preparación para entrega.	R		I		
5	Informar a la gerencia sobre costos de filtros y preparación para entrega.	R				I
6	Revisar el índice ROA cada 6 meses.	I				R

R = Es la persona responsable de ejecutar la tarea

I = La persona debe estar informada acerca de la ejecución o del reporte que genere la tarea si este fuera el caso.

#### **5.1.4. Análisis de problemas potenciales**

Existen pocos riesgos ante los cambios sugeridos; el mayor riesgo para el nuevo procedimiento de preparación para entrega, lo constituyen posibles problemas mecánicos que se pudieran dar en las máquinas y que pudieran ser atribuibles a la condición de los aceites. Sin embargo, el riesgo es bastante pequeño ya que la condición del aceite es verificada por el laboratorio de análisis de aceite; es de resaltar que durante la fase de la prueba piloto y hasta el día de la redacción del presente documento, no se ha presentado ningún tipo de problemas relacionados con la condición del aceite.

##### **5.1.4.1. Acciones sugeridas ante problemas potenciales**

A pesar de que hasta la fecha no se ha presentado ningún problema mecánico en las máquinas preparadas bajo el nuevo procedimiento, se recomiendan algunas medidas que se deben tomar si en el futuro se sospechara de un problema, teniendo su causa raíz en el proceso de preparación para entrega.

- a. Mantener un archivo ordenado con la información de reportes de laboratorio de análisis de aceite, para todas las máquinas preparadas bajo el nuevo procedimiento.
- b. El supervisor de flota de renta debe corroborar en cada orden de trabajo que el trabajo haya sido realizado según las instrucciones por él proporcionadas. Para lograr esto debe leer el reporte de trabajo que cada mecánico coloca en el archivo de la orden de trabajo.
- c. En el caso de la sospecha de una falla relacionada a la condición del aceite, el Supervisor de la flota de renta debe solicitar una nueva muestra de aceite y verificar que se realicen todos los análisis en el laboratorio que determinen la condición del aceite en dicho momento, y entonces comparar este resultado con el archivo de análisis de preparación para entrega.





## CONCLUSIONES

1. Mediante la utilización de las primeras dos etapas de la metodología DMAMC, Definir y Medir, se lograron establecer los rubros de costo más grandes de la flota de renta, lo cual permitió desarrollar soluciones apropiadas para mejorar el retorno sobre activos.
2. Considerando que los ahorros estimados para el año 2004 en la flota de renta debido al cambio en el proceso de preparación para entrega pueden llegar a ser de US\$ 35,439, impactaría el ROA en un 1.2%, por lo que el ROA esperado para el año 2004 sería del 8.85%, una mejora del 16% con respecto al año 2003.
3. Adicionalmente, el proceso mejorado de la preparación para entrega también será utilizado en el Depto. de ventas para la preparación de máquinas nuevas para clientes externos, lo cual, según las estimaciones, representará un ahorro de US\$ 97,710, lo cual significará una mejora de las utilidades en un 2% para el año 2004.

4. El mejor control que se lleva del gasto en filtros ha producido ahorros del orden de US\$ 1,200 mensuales, por lo que se espera una mejora anual de US\$ 14,400, lo cual impactará el ROA en un 0.5%.
5. El nuevo ROA esperado, sumando los ahorros obtenidos al mejorar ambos procesos (preparación para entrega y filtros) para la flota de renta para el año 2004, debería ser de 9.35%, una mejora de 25% con respecto al año 2003.
6. El nuevo proceso de control establecido para los costos de la flota de renta, permitirán en el futuro a la Gerencia obtener información de mejor calidad y de forma más rápida, a la vez que reduce la incertidumbre y el riesgo asociado con la toma de decisiones gerenciales.
7. La metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma es un enfoque adaptado de la original metodología de Deming para la mejora de procesos, PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar); la diferencia principal radica en que la primera parte de la metodología DMAMC, ya que ésta divide el proceso de Planear de PHVA en tres puntos más específicos (Definir, Medir, Analizar), lo cual permite tener una mejor perspectiva del proceso y de las variables importantes del mismo, partiendo del siempre importante enfoque en el cliente.

8. El potencial de la filosofía Seis Sigma para la mejora de procesos es muy grande, debido a que, durante los últimos años, diferentes sistemas de gestión de calidad se han enfocado en el piso de producción de las diferentes empresas; se cree que las mayores oportunidades de mejora se encuentran en el área de servicios, por lo tanto es ésta la que representa un mayor potencial para obtener mejoras exponenciales en el rendimiento, pues, después de todo poco, servirá tener el mejor producto si los sistemas de recolección de cuentas, entrega, reclutamiento, etc., son malos o en el mejor de los casos mediocres.



## RECOMENDACIONES

1. Es necesario que la Gerencia vigile constantemente el indicador de ROA y el reporte de filtros para ejercer presión sobre los involucrados, a fin de que los cambios persistan en el tiempo.
2. Debido a que la disminución de tarifas de renta realizada en años pasados fue de beneficio para incrementar las ventas pero produjo una disminución en el ROA, se recomienda realizar un estudio de mercado para obtener información sobre las tarifas de renta ofrecidas por los competidores en el mercado guatemalteco, para establecer las ventajas competitivas de la empresa.
3. El nivel de inventario de la flota de renta debe ser manejado cuidadosamente, ya que un incremento en éste sin el respectivo aumento en ventas, impacta negativamente en el ROA; para manejar adecuadamente el nivel de inventario es necesario conocer a fondo el mercado de construcción y su ciclo comercial; solo entonces se podrá desarrollar un modelo estadístico que permita la predicción del crecimiento o contracción de dicho mercado, con cierto nivel de confianza.

4. La metodología DMAMC de Seis Sigma puede ser utilizada para la mejora de muchos procesos comerciales principales y habilitadores, por lo que se recomienda continuar con la generación de ideas de nuevos proyectos para que sean desarrollados dentro de la empresa.
  
5. Utilizar los principios de la metodología DMAMC para mejorar el proceso de toma de decisiones en todos los niveles de la empresa, con el objeto de que las decisiones sean guiadas por hechos y datos.
  
6. Mantener el enfoque en el cliente es una de las ventajas principales de la metodología de Seis Sigma, ya que la calidad es determinada por el mercado, mediante la "Voz del Cliente"; es este enfoque lo que permite utilizar la metodología Seis Sigma en nuevas alternativas de proyectos especialmente en lo referente a introducción de nuevos productos, o incremento en ventas y participación de mercado; por lo que se recomienda buscar oportunidades en dichas áreas.
  
7. A todos los estudiantes y profesionales de Ingeniería Industrial se recomienda ahondar más en su conocimiento sobre la metodología Seis Sigma, ya que representa un enfoque novedoso y muy poderoso para mejorar procesos mediante la participación de todos los involucrados.

## BIBLIOGRAFÍA

1. George Group. ***Six Sigma Virtual Coach***. George Group, 2001.
2. Hanke E. John & Reitsch G. Arthur. **Estadística para Negocios**. Segunda Edición. Editorial McGraw-Hill, 1997
3. <http://www.isixsigma.com/library/content/c020815a.asp> . ***The History of Six Sigma***.
4. <http://www.isixsigma.com/library/content/c020717a.asp> . ***How Six Sigma is different from TQM ?***
5. Jae K. Shim , Joel G. Siegel. ***Financial Management*** . Editorial Barron's, 2000.
6. MINITAB Statistical Software. ***User's Guide 1: Data, Graphics, and Macros***. 2000
7. MINITAB Statistical Software. ***User's Guide 2: Data Analysis and Quality Tools***. 2000.
8. Peter S. Pande , Robert P. Neuman & Roland R. Cavanagh. ***The Six Sigma Way***. Editorial McGraw- Hill, 2000.





# APÉNDICES

## APÉNDICE I

Tabla XIV Costo de mantenimiento por tipo para el año 2002

ORDEN	TIPO DE MANTENIMIENTO	COSTO US\$	FAMILIA
MT25919	MC	2149.32	VIB
MT26242	MP	9.72	VIB
MT25814	MP	144.36	ENG
MT25815	MP	184.03	MHEX
MT25775	MP	39.85	ENG
MT25963	MC	172.36	ENG
MT25967	MC	263.35	TRK
MT25746	MP	401.7	BHL
MT25700	MP	125.7	VIB
MT25660	MP	173.75	TRK
MT25536	MP	39.65	WHL
MT25535	MP	99.93	HEX
MT25494	MP	17.61	VIB
MT25468	MP	201.2	ENG
MT25458	MC	81.71	ENG
MT25878	MC	167.89	TRK
MT25982	MP	112.19	ENG
MT25904	MC	21.26	ENG
MT25874	MC	120.37	MHEX
MT25987	MC	163.02	VIB
MT25727	MC	11.61	LTK
MT25981	MP	127.16	ENG
MT25785	MC	13.73	ENG
MT25796	IN	107.37	ENG
MT26027	IN	25.03	ENG
MT26252	MC	46.83	ENG
MT26249	MC	63.28	ENG
MT26151	MP	264.5	WHL
MT26139	MP	338.17	BHL
MT26251	MC	213.68	ENG
MT26302	MP	715.33	VIB
MT26146	MP	419.29	BHL
MT26145	MP	442.07	VIB
MT26144	MP	553.61	VIB
MT26140	MP	638.77	MOT
MT26147	MP	689.72	MOT
MT26127	MP	560	VIB

Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

MT26158	MC	116.38	VIB
MT26138	MC	77.83	VIB
MT26130	MC	435.78	MOT
MT26185	MP	430.58	WHL
MT26183	MP	476.56	VIB
MT25858	PE	1829.46	TRK
MT26316	PE	1376.19	ENG
MT26195	MP	880.14	VIB
MT26198	MP	1468.91	MOT
MT25706	IN	740.07	ENG
MT26190	MP	1751.26	VIB
MT26194	MC	985.31	VIB
MT25716	MC	2311.56	HEX
MT26199	MP	1480.76	WHL
MT26191	MP	1001.2	SKS
MT26197	MP	1252.09	MOT
MT26301	MC	209.65	HEX
MT25810	MC	200.18	VIB
MT25853	MC	217.01	ENG
MT26181	MP	1053.58	MOT
MT26203	MP	744.18	WHL
MT26200	MP	1399.56	BHL
MT26184	MP	1659.37	TRK
MT26134	MP	714.55	BHL
MT25873	IN	21.05	ENG
MT26182	MP	1087.1	MOT
MT26149	MP	977.25	TRK
MT26180	MP	688.74	MOT
MT26141	MP	815.69	WHL
MT26142	MP	1187.48	MOT
MT25337	MC	2829.55	WHL
MT25778	MC	66.26	BHL
MT25924	MC	364.35	VIB
MT26202	IN	89.44	ENG
MT26205	MP	816.24	WHL
MT26206	MP	1369.8	BHL
MT25985	MC	19.67	VIB
MT26072	MC	466.58	TRK
MT26013	IN	414.91	ENG
MT26107	MP	495.24	BHL
MT26115	MC	172.07	MOT
MT26118	MC	46.25	ENG
MT26258	MP	374	HEX

Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

MT26168	MC	35.04	HEX
MT26278	MC	217.26	HEX
MT26298	MC	266.56	MHEX
MT26307	MC	51.05	TRK
MT25864	MC	922.99	HEX
MT25973	MC	118.1	TRK
MT26266	MC	699.77	TRK
MT26409	MC	71.82	HEX
MT26491	MC	31.57	VIB
MT26627	IN	14.62	ENG
MT26637	MC	135.22	TRK
MT26458	MC	613.95	TRK
MT26395	MC	170.04	SKS
MT26487	MC	283.69	TRK
MT26671	PE	983.75	ENG
MT26365	MC	243.21	TRK
MT26032	MC	1549.61	TRK
MT26359	MC	414.25	HEX
MT26363	MP	463.59	HEX
MT26368	MP	332.66	HEX
MT26367	MP	530.12	HEX
MT26364	MP	234.2	HEX
MT26411	MP	1226.06	MOT
MT26416	MC	320.56	WHL
MT26433	MP	396.41	MOT
MT26423	MC	214.69	TRK
MT26422	MP	397.16	MOT
MT26421	MP	499.31	VIB
MT26418	MP	350.65	BHL
MT26459	MC	715.79	WHL
MT26618	PE	11.03	ENG
MT26531	MP	369.17	ENG
MT26132	MP	670.73	WHL
MT25434	MC	792.19	ENG
MT26617	PE	435.98	ENG
MT26723	PE	2438.72	TRK
MT26417	MC	245.09	HEX
MT26318	MC	1816.44	TRK
MT26651	MC	50.45	ENG
MT26727	MC	296.84	BHL
MT26694	MC	18	LTK
MT26722	PE	2835.22	TRK
MT26720	PE	2143.11	TRK

Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

MB24194	MC	1870.46	TRK
MA24194	MC	1203.8	TRK
MT26390	MC	531.36	TRK
MT26541	PE	781.67	ENG
MT25865	MC	783.7	MOT
MT26288	MP	6105.23	MOT
MT26521	MC	880.88	HEX
MT24842	MC	3823.92	TRK
MT26358	MP	561.21	HEX
MT26362	MC	196.21	HEX
MT26415	MC	1304.95	VIB
MT26371	MP	692.54	HEX
MT26370	MP	458.6	TRK
MT26265	MP	1155.42	WHL
MT26744	PE	864.78	HEX
MT26681	PE	939.46	TRK
MT26774	PE	792.59	HEX
MT26432	MP	351.28	MOT
MT26476	PE	943.9	HEX
MT26022	MC	731.75	WHL
MT26575	MP	177.91	VIB
MT26579	MP	643.06	SKS
MT26643	IN	479.23	ENG
MT26884	PE	596.16	PNC
MT26885	PE	476.46	VIB
MT26886	PE	509.75	VIB
MT26793	PE	67.52	ENG
MT26857	PE	752.18	MOT
MT26859	PE	792.05	VIB
MT26862	PE	852.94	WHL
MT26883	PE	595.38	PNC
MT26918	MC	31.6	LTK
MT26950	MC	301.75	VIB
MT27022	MC	67.42	ENG
MT27021	MC	66	ENG
MT26919	MC	170.34	ENG
MT27006	MP	324.72	ENG
MT26108	MP	511.05	HEX
MT26893	MC	269.38	HEX
MT25960	MC	140.07	HEX
MT26878	IN	44.35	ENG
MT26778	MC	3443.55	VIB
MT26983	PE	2178.14	TRK

Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

MT26502	MC	61.03	ENG
MT26518	MC	47.9	HEX
MT26887	MC	193.2	ENG
MT26938	MC	216.75	TRK
MT26561	MC	544.62	HEX
MT26970	PE	1177.89	HEX
MT26860	PE	909.9	VIB
MT25905	MC	2623.68	WHL
MT26825	MP	165.17	HEX
MT26823	MP	152.78	TRK
MT26820	MP	168.82	HEX
MT26819	MP	186.35	TRK
MT26814	MP	201.9	HEX
MT26815	MP	208.91	HEX
MT26969	MC	1034.53	WHL
MT26921	MC	68.92	HEX
MT27020	PE	1803.49	TRK
MT27055	MC	251.77	TRK
MT27106	MC	120.95	BHL
MT26832	MP	131.72	HEX
MT26833	MP	101.74	HEX
MT26831	MP	167.43	HEX
MT26789	MP	236.51	HEX
MT26809	MP	251.85	HEX
MT26810	MP	32.25	HEX
MT26830	MC	166.42	HEX
MT26750	MC	1441.58	HEX
MT26808	MC	239	HEX
MT26812	MC	380.2	TRK
MT26583	MC	2643.94	WHL
MT27154	MP	882.71	SKS
MT27153	MP	681.28	MOT
MT27152	MP	2085.59	MOT
MT27151	MP	889.56	BHL
MT27148	MP	1482.04	BHL
MT26811	MP	187.96	HEX
MT27082	PE	1666.22	TRK
MT27084	PE	1457.46	TRK
MT27081	PE	1417.37	TRK
MT27057	MC	281.34	ENG
MT27144	MC	21.52	LTK
MT26813	MC	211.54	TRK
MT27155	MP	76.98	WHL

Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

MT27150	MP	890.97	VIB
MT27149	MP	806.31	WHL
MT26590	MP	996.28	BHL
MT26594	MP	855.51	WHL
MT26588	MP	1377.57	BHL
MT26580	MP	753.93	VIB
MT26584	MP	1565.04	MOT
MT26574	MP	1706.89	MOT
MT26582	MP	995.29	MOT
MT26856	PE	600	VIB
MT24038	MC	3038.79	ENG
MT26840	PE	331.57	ENG
MT27428	MC	648.09	MOT
MT27010	MC	2618.97	MOT
MT27145	MC	50.38	ENG
MT26791	MP	249.73	HEX
MT26824	MP	289.45	HEX
MT26650	MC	2038.72	ENG
MT27008	MC	1312.72	BHL
MT26987	MC	139.11	VIB
MT27056	MP	58.78	LTK
MT27465	MC	43.11	ENG
MT27452	MC	11.84	ENG
MT27325	MC	288.4	ENG
MT27424	MC	315.24	ENG
MT27426	IN	81.36	ENG
MT27427	IN	110.29	ENG
MT23561	MC	5129.04	ENG
MT27457	MC	148.71	ENG
MT27558	IN	10.28	ENG
MT27346	MP	232.73	TRK
MT27146	PE	595.52	PNC
MT26990	MC	235.95	HEX
MT27287	IN	239.17	ENG
MT27286	IN	129.05	ENG
MT27331	MC	52.93	ENG
MT27338	MC	212.33	VIB
MT27453	IN	228.29	ENG
MT27030	MC	707.79	TRK
MT24260	MC	409.4	LTK
MT27737	MC	85.31	ENG
MT26709	MC	759.18	ENG
MT27347	MC	274.66	TRK

Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

MT27348	MC	214.71	TRK
MT27352	MC	154.47	TRK
MT27349	MC	155.65	TRK
MT27350	MP	176.02	WHL
MT27351	MC	167.46	HEX
MT27353	MC	152.4	HEX
MT27354	MC	123.97	HEX
MT27355	MC	160.96	HEX
MT27360	MC	196.99	HEX
MT27357	MC	155.06	BHL
MT27362	MC	120.21	TRK
MT27361	MC	111.64	TRK
MT27310	MC	109.27	VIB
MT27358	MC	184.59	BHL
MT27704	MC	110.92	HEX
MT27706	MC	60.95	TRK
MT27537	MC	571.5	VIB
MT27283	MC	282.49	ENG
MT26996	MC	333.04	MHEX
MT27557	MP	1922	WHL
MT27547	MP	606.35	MOT
MT27545	MP	997.1	TRK
MT27543	MP	876.16	BHL
MT27534	MP	1018.66	BHL
MT27533	MP	751.25	VIB
MT27532	MP	1401.44	MOT
MT27556	MP	1153.07	MOT
MT27555	MP	783	MOT
MT27549	MP	827.47	BHL
MT27550	MP	1792.51	VIB
MT27535	MP	960.09	SKS
MT27548	MP	1134.15	WHL
MT27531	MP	927.42	MOT
MT27528	MP	398.32	MOT
MT27525	MP	1688.89	BHL
MT27524	MP	1524.56	MOT
MT27523	MP	1306.57	MOT
MT27521	MP	799.81	BHL
MT27520	MP	618.39	VIB
MT27519	MP	398.32	WHL
MT27536	MP	1589.79	WHL
MT27517	MP	404.06	TRK
MT27515	MP	1235.73	WHL



Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

MT26595	MP	451.13	VIB
MT26589	MP	717.95	MOT
MT26586	MP	793.25	MOT
MT26587	MP	1048.55	SKS
MT26585	MP	615.72	BHL
MT26577	MP	891.21	TRK
MT26576	MP	655.26	WHL
MT26779	MP	2076.75	VIB
MT27197	MC	920.1	TRK
MT27284	IN	643.29	ENG
MT27526	MP	153.77	HEX
MT27527	MP	298.15	VIB
MT27529	MP	688.47	HEX
MT27554	MC	442.12	SKS
MT26853	MC	4057.98	VIB
MT28023	MP	458.33	WHL
MT28027	MP	357.09	VIB
MT28024	MP	451.88	BHL
MT28029	MC	79.18	SKS
MT27899	MC	258.56	HEX
MT28036	MC	358.42	HEX
MT28028	MC	79.18	MOT
MT28026	MP	853.79	MOT
MT28021	MP	756.89	MOT
MT28025	MP	554.68	MOT
MT27880	MC	183.95	WHL
MT27902	MP	337.38	WHL
MT27877	MP	66.42	BHL
MT27873	MP	47.64	BHL
MT27875	MC	56.9	TRK
MT27896	MP	262.41	TRK
MT28041	MC	567.79	BHL
MT27901	MC	398.45	BHL
MT28010	MP	460.72	WHL
MT28019	MP	598.53	TRK
MT28020	MP	585.86	MOT
MT27883	MP	73.51	TRK
MT28039	MP	618.61	TRK
MT28037	MP	488.9	TRK
MT27882	MP	63.98	TRK
MT27888	MC	763.85	TRK
MT27881	MP	132.13	TRK
MT27887	MC	634.77	TRK

Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

MT27898	MP	279.3	TRK
MT27884	MP	56	TRK
MT28035	MP	613.34	TRK
MT28034	MC	426.79	TRK
MT28018	MP	342.88	WHL
MT27879	MP	71.51	HEX
MT27221	MP	49.63	HEX
MT27871	MP	116.48	HEX
MT27812	MP	97.99	HEX
MT27813	MP	75.81	HEX
MT27872	MP	145.14	HEX
MT27889	MP	309.29	HEX
MT27891	MP	408.75	HEX
MT27897	MP	291.96	HEX
MT28032	MP	362.62	HEX
MT27878	MP	43.12	TRK
MT27874	MP	37.91	TRK
MT27225	MP	186.94	TRK
MT27226	MP	143.35	TRK
MT27892	MP	449.05	TRK
MT27900	MP	372.78	TRK
MT28033	MP	482.65	TRK
MT28031	MP	495.92	TRK
MT28030	MP	495.87	TRK
MT23707	MC	386.11	TRK
MT27245	MP	58.26	LTK
MT27584	MC	364.67	BHL
MT27654	MC	141.98	WHL
MT27904	MC	253.07	ENG
MT27817	IN	153.29	ENG
MT27816	IN	52.32	ENG
MT27583	MC	1367.79	WHL
MT27836	MC	45.1	ENG
MT27906	IN	6.69	ENG
MT27921	MC	135.34	VIB
MT27953	MC	357.98	WHL
MT27966	MP	338.27	SKS
MT27786	MC	44.65	SKS
MT27194	MP	207.11	ENG
MT27220	MP	46.39	HEX
MT27218	MP	79.06	HEX
MT27217	MP	120.26	TRK
MT27196	MC	107.86	BHL

Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

MT27199	MP	117	WHL
MT27201	MP	190.4	HEX
MT27204	MP	179.63	TRK
MT27205	MP	197.93	HEX
MT27207	MP	114.43	HEX
MT27766	MC	52.31	BHL
MT27208	MP	84.88	HEX
MT27736	MC	2624.28	WHL
MT27181	MP	2789.64	WHL
MT27922	MC	1013.07	TRK
MT27222	MP	111.86	HEX
MT26925	MC	300.79	MHEX
MT27804	MC	288.87	BHL
MT26922	MC	1547.54	MHEX
MT27223	MC	140.62	BHL
MT27216	MC	520.28	WHL
MT27215	MP	46.39	HEX
MT27214	MP	184.42	TRK
MT27224	MP	155.66	TRK
MT26807	MC	550.91	TRK
MT28347	IN	114.18	ENG
MT28348	IN	44.94	ENG
MT28346	IN	126.15	ENG
MT27772	MP	1256.29	MOT
MT26581	MP	1776.04	TRK
MT28017	MP	805.59	VIB
MT27895	MP	415.32	BHL
MT26653	MC	7056.34	BHL
MT27553	MP	1100.57	VIB
MT26591	MP	158.17	VIB
MT26920	MC	946.87	SKS
MT27279	MC	1035.84	TRK
MT26289	MC	2090.07	TRK
MT28043	MC	421.34	BHL
MT27179	MP	1381.8	MOT
MT28170	MC	47.38	BHL
MT28251	MC	281.5	ENG
MT28011	MP	1495.68	MOT
MT28360	MC	157.76	TRK
MT27967	MC	564.03	MHEX
MT27987	MC	5.53	TRK
MT28049	MC	118.53	SKS
MT28292	MC	261.05	WHL

Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

MT27985	MC	264.79	ENG
MT27808	MC	340.67	ENG
MT26751	MC	2135.7	TRK
MT28206	MC	649.6	MHEX
MT28221	MP	1389.69	TRK
MT28212	MP	1206.31	VIB
MT28222	MP	1202.47	VIB
MT28184	MP	538.01	MOT
MT28185	MP	708.58	WHL
MT28213	MP	320.53	SKS
MT28215	MP	332.08	SKS
MT28216	MP	1263.73	MOT
MT28217	MP	2203.4	HEX
MT28145	MP	2094	BHL
MT28148	MP	351.52	HEX
MT28149	MP	417.8	TRK
MT28150	MC	857.2	SKS
MT28151	MP	354.4	VIB
MT28152	MP	340.63	HEX
MT28158	MP	488.37	VIB
MT28186	MP	555.92	TRK
MT28181	MP	1759.8	MOT
MT28187	MC	216.22	WHL
MT28191	MP	459.23	MOT
MT28192	MC	1917.56	SKS
MT28193	MP	482.63	WHL
MT28194	MP	740.91	MOT
MT28196	MP	328.56	MOT
MT28197	MP	269.81	VIB
MT28199	MP	327.26	BHL
MT28211	MC	200.42	VIB
MT28218	MP	1730.27	BHL
MT28219	MP	1144.55	WHL
MT28220	MP	781.58	VIB
MT28189	MP	504.83	WHL
MT28438	MC	46.26	MHEX
MT27754	MP	46.75	ENG
MT27765	MP	458.53	ENG
MT27188	MP	1016.14	MOT
MT28154	MP	895.83	BHL
MT28157	MP	220.72	VIB
MT28190	MP	2009.42	VIB
MT27876	MP	278.3	HEX

Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

MT27163	MC	617.06	TRK
MT27185	MP	349.99	WHL
MT27157	MP	3136.68	MOT
MT28155	MP	898.01	BHL
MT27187	MC	704.4	VIB
MT27184	MC	1858.84	TRK
MT27602	MC	232.83	WHL
MT27719	MP	73.96	LTK
MT28545	MP	542.18	WHL
MT28556	MP	205.14	ENG
MT28555	MP	448.28	MOT
MT28554	MP	941.88	WHL
MT28553	MP	812.5	MOT
MT28552	MP	434.98	MOT
MT28551	MP	261.05	VIB
MT28550	MP	1963.71	MOT
MT28549	MP	787.74	VIB
MT28548	MP	459.96	TRK
MT28547	MP	841.07	BHL
MT28607	MC	20.02	MHEX
MT28050	MC	13.35	MHEX
MT28628	IN	13.35	ENG
MT28579	MC	330.89	TRK
MT28578	MP	214.72	TRK
MT28577	MP	276.07	HEX
MT28576	MP	194	TRK
MT28575	MC	217.64	TRK
MT28574	MP	214.45	HEX
MT28573	MP	189.78	TRK
MT28572	MC	149.5	HEX
MT28571	MP	343.63	TRK
MT28569	MP	161.59	TRK
MT28568	MP	137.91	PNC
MT28567	MP	155.83	PNC
MT28566	MP	252.73	VIB
MT28565	MP	313.87	VIB
MT28564	MP	213	VIB
MT28562	MP	168.95	PNC
MT28561	MP	158.13	HEX
MT28560	MP	187.22	VIB
MT28559	MP	188.12	VIB
MT28558	MP	163.54	VIB
MT28557	MP	278.65	TRK

Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

MT28244	MC	122.37	TRK
MT28563	MP	538.74	PNC
MT28713	MP	57.42	VIB
MT27829	MP	191.12	LTK
MT27544	MP	509.44	VIB
MT27182	MP	1578.89	TRK
MT27183	MP	547.23	SKS
MT27156	MP	1539.68	MOT
MT27158	MP	1624.29	WHL
MT27159	MP	1277.15	MOT
MT27160	MP	1468.74	BHL
MT27161	MP	1371.07	TRK
MT27162	MP	1035.75	VIB
MT27189	MP	1229.76	BHL
MT27546	MP	477.06	VIB
MT27180	MP	621.97	VIB
MT27018	MC	852.81	TRK
MT26560	MP	734.64	ENG
MT27569	IN	188.38	ENG
MT26471	MC	182.4	ENG
MT27621	MC	85.19	ENG
MT27278	MC	179.63	LTK
MT27767	MP	900.55	TRK
MT28065	MC	116.52	ENG
MT27606	IN	157.5	ENG
MT28699	MP	1488.29	MOT
MT28705	MP	455.29	BHL
MT28706	MP	143.09	SKS
MT28707	MP	112.89	ENG
MT28708	MP	117.1	WHL
MT28709	MP	137.95	VIB
MT28710	MP	123.17	MOT
MT28711	MP	106.93	TRK
MT28712	MP	22.01	MOT
MT28703	MP	878.97	SKS
MT28702	MP	1120.31	WHL
MT28765	MC	804.51	TRK
MT28406	MC	104.83	VIB
MT27122	MC	355.95	TRK
MT27120	MC	476.23	TRK
MT28114	IN	76.44	ENG
MT27121	MC	400.3	TRK
MT28789	MP	721.26	MOT

Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

MT28790	MP	205.1	ENG
MT28791	MP	314.54	VIB
MT28792	MP	934.89	WHL
MT28801	MP	338.01	MOT
MT28802	MP	1757.09	BHL
MT28803	MC	1642.98	VIB
MT28804	MP	392.71	VIB
MT28805	MP	1718.08	SKS
MT28806	MP	1068.58	ENG
MT28214	MP	2724.5	BHL
MT28546	MP	1774.48	WHL
MT28879	IN	63.61	ENG
MT28704	MP	421.46	VIB
MT28698	MP	1578.99	BHL
MT28700	MP	1177.71	WHL
MT28800	MP	1621.28	WHL
MT28701	MP	1014.62	BHL
MT28794	MC	1363.61	MOT
MT28405	MC	217.84	TRK
MT28544	MC	48.67	ENG
MT28583	MC	1078.25	TRK
MT28603	MC	1295.49	TRK
MT28404	MC	828.6	HEX
MT28250	MC	2918.87	TRK
MT28619	IN	1057.85	ENG
MT28620	IN	601.74	ENG
MT28478	MC	363.88	TRK
MT28265	PE	1270.33	TRK
MT27495	MC	9401.05	HEX
MT27947	MC	71.05	BHL
MT28990	MC	19	TRK
MT29208	IN	54.87	ENG
MT29228	MC	124.51	HEX
MT29044	MC	93.89	HEX
MT29128	MC	48.66	ENG
MT29155	IN	13.5	ENG
MT29008	MC	102.26	VIB
MT28908	PE	35.26	ENG
MT28835	MC	449.83	VIB
MT28596	IN	120.01	ENG
MT28661	MC	69.15	HEX
MT28454	MC	566.71	VIB
MT28048	MC	2113.35	HEX

Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

MT28520	MC	1014.5	ENG
MT28777	MC	977.49	TRK
MT29007	IN	695.21	ENG
MT27730	IN	57.95	ENG
MT27058	IN	48.79	ENG
MT28477	MC	4490.78	BHL
MT29094	MC	471.87	TRK
MT27365	MC	17362.4	TRK
MT29097	MC	714.69	WHL
MT29165	MC	1656.03	HEX
MT28417	MC	274.43	BHL
MT28462	MC	577.72	TRK
MT28418	MC	402.43	MOT
MT28412	MC	601.04	TRK
MT29259	MP	283.1	WHL
MT29258	MP	314.23	MOT
MT29256	MP	1209.26	VIB
MT29255	MP	144.72	ENG
MT29254	MP	188.43	VIB
MT29253	MP	889.6	BHL
MT29252	MP	340.04	BHL
MT29251	MP	1022.34	SKS
MT29250	MC	527.92	SKS
MT29248	MP	1556.43	TRK
MT29247	MP	202.39	VIB
MT29246	MP	230.59	WHL
MT29245	MP	198.72	WHL
MT29244	MP	187.72	BHL
MT29243	MP	178.98	MOT
MT29242	MP	155.59	MOT
MT29241	MC	144.01	VIB
MT29240	MC	39.06	ENG
MT29265	MC	163.07	ENG
MT29249	MC	837.51	TRK
MT29264	MC	142.69	ENG
MT28601	MC	503.86	LTK
MT26124	MC	4658.84	ENG
MT29029	PE	1067.82	ENG
MT29288	IN	13.48	ENG
MT28078	MC	788.66	VIB
MT25646	MC	137.75	ENG
MT26216	MC	670.82	MOT
MT27192	MC	255.64	HEX



Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

MT27227	MC	86.68	BHL
MT28044	MC	573.53	BHL
MT27202	MP	216.25	BHL
MT27198	MP	279.02	BHL
MT27649	MC	299.01	VIB
MT26952	MC	90.1	VIB
MT26728	MC	147.65	TRK
MT26463	MC	26.45	LTK
MT28748	MC	84.48	TRK
MT27992	MC	298.93	LTK
MT27147	PE	350.82	WHL
MT27893	PE	95.37	ENG
MT28079	MC	45.63	VIB
MT26342	MC	320.57	MHEX
MT26927	MC	805.18	HEX
MT29638	MP	527.55	BHL
MT29636	MP	800.6	BHL
MT29635	MP	437.83	BHL
MT29634	MP	840.21	MOT
MT29648	MP	155.07	WHL
MT29647	MC	643.96	WHL
MT29645	MP	668.23	WHL
MT29646	MP	242.06	VIB
MT29644	MP	461.6	MOT
MT28648	MC	1468.56	VIB
MT29640	MP	1029.75	TRK
MT29641	MP	46.11	BHL
MT29642	MP	589.11	WHL
MT29643	MP	381.25	MOT
MT28757	MP	6.65	LTK
MT28973	MC	1366.01	MHEX
MT29414	PE	549.9	BHL
MT25195	MC	4354.57	LTK
MT29717	MC	522.18	TRK
MT29688	MC	368.66	MOT
MT29689	MP	417.01	WHL
MT29273	MC	19.85	ENG
MT29710	MC	771.94	BHL
MT29711	MC	1485.18	VIB
MT29712	MC	1361.44	MOT
MT29720	MC	692.08	VIB
MT29719	MP	773.18	VIB
MT29687	MP	163.26	BHL

Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

MT28986	MC	1246.87	ENG
MT25319	MC	695	BHL
MT25122	MC	270.92	TRK
MT25099	MC	1518.69	HEX
MT25378	MC	407.88	ENG
MT25857	MC	530.9	SKS
MT28491	MC	893.67	TRK
MT27200	MP	267.43	HEX
MT27206	MP	116.08	HEX
MT29692	MP	1088.16	TRK
MT29693	MP	217.27	HEX
MT29694	MP	58.33	MOT
MT29695	MP	51.79	MOT
MT29696	MP	51.79	MOT
MT29697	MP	63.55	MOT
MT29698	MP	58.16	BHL
MT29699	MP	158.62	VIB
MT29701	MP	210.72	WHL
MT29700	MC	347.56	VIB
MT29702	MP	250.76	BHL
MT29703	MP	124.64	WHL
MT29750	PE	401.53	ENG
MT29379	MC	698.47	WHL
MT29378	MC	662	BHL
MT29358	MC	111.75	TRK
MT29395	MC	198.74	ENG
MT29274	MC	853.21	ENG
MT29384	MP	249.84	SKS
MT29383	MP	412.91	MOT
MT29382	MP	412.91	WHL
MT29380	MP	412.93	MOT
MT29714	MP	596.7	BHL
MT29715	MP	622.33	WHL
MT29716	MP	494.27	VIB
MT29375	MP	385.28	BHL
MT29713	MP	1262.05	SKS
MT29377	MP	442.34	VIB
MT29376	MP	302.86	MOT
MT29718	MP	543.04	MOT
MT29381	MP	412.91	WHL
MT29686	MP	601.4	BHL
MT28898	MP	100.25	LTK
MT29206	MC	2894.88	TRK

Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

MT29354	MC	625.74	HEX
MT29531	IN	68.86	ENG
MT29690	MP	1402.17	WHL
MT29708	IN	500.29	ENG
MT29661	MC	169.8	WHL
MT27429	MC	42.72	MOT
MT28094	MC	115.34	ENG
MT29861	MC	25.78	BHL
MT29263	MC	1121.3	TRK
MT29691	MC	1645.83	TRK
MT28286	MC	3362.75	ENG
MT30007	MP	348.61	VIB
MT27890	MP	768.48	TRK
MT26572	PE	555.81	VIB
MT27080	PE	1469.27	TRK
MT28936	MC	665.37	BHL
MT29234	MC	2029.43	SKS
MT29333	MC	100.57	LTK
MT29014	MC	503.88	SKS
MT25436	MC	233.78	LTK
MT27705	MC	83.37	HEX
MT30019	MP	1682.64	WHL
MT30001	MP	938.4	TRK
MT30002	MP	946.4	TRK
MT30003	MC	1040.75	BHL
MT30004	MP	622.56	WHL
MT30005	MP	739.65	BHL
MT30006	MP	539.39	MOT
MT30008	MP	257.71	VIB
MT30009	MP	329.74	MOT
MT30010	MP	560.32	MOT
MT30012	MP	650.38	MOT
MT30013	MP	404.2	BHL
MT30014	MP	394.35	VIB
MT30015	MP	517.53	WHL
MT30016	MP	400.85	MOT
MT30017	MP	601.99	WHL
MT30018	MP	569.12	TRK
MT28160	MP	1913.1	WHL
MT29502	MC	965.91	MHEX
MT29520	MC	65.05	TRK
MT29567	MC	202.32	BHL
MT29743	MC	514.73	TRK

Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

MT29820	MC	65.14	ENG
MT29879	MC	327.53	TRK
MT29470	MC	4364.38	BHL
MT29562	MC	2177.44	HEX
MT30075	MP	148.39	ENG
MT30076	MP	234.72	SKS
MT30077	MP	307.16	VIB
MT30078	MP	660.14	MOT
MT30079	MP	297.46	WHL
MT30080	MP	444	WHL
MT30081	MP	552.54	BHL
MT30082	MP	276.55	BHL
MT30083	MP	212.72	VIB
MT30084	MC	1560.68	MOT
MT30085	MP	586.42	MOT
MT29045	MC	62.7	TRK
MT30086	MP	1003.33	BHL
MT29058	MC	9248.79	VIB
MT29552	MP	173.3	LTK
MT29918	MC	22.8	ENG
MT29931	MC	776.44	BHL
MT29955	MC	1478.13	HEX
MT30203	MC	296.28	ENG
MT29091	MP	229.87	LTK
MT30129	MC	108.92	ENG
MT29917	MC	1247.49	VIB
MT29798	MC	424.01	ENG
MT30314	MC	23.32	TRK
MT29319	MC	1103.45	WHL
MT25199	MC	490.07	VIB
MT29459	MC	5345.24	VIB
MT28897	MC	923.57	TRK
MT30021	MC	1995.4	MOT
MT30022	MC	1055.12	MOT
MT29685	PE	618.45	BHL
MT29541	PE	984.85	HEX
MT30316	PE	348.33	SKS
MT30318	PE	376	SKS
MT29837	PE	880.04	HEX
MT30049	MC	19.44	HEX
MT30249	IN	89.08	ENG
MT30298	IN	148.83	ENG
MT30351	MC	541.89	MHEX

Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

MT30471	IN	170.64	ENG
MT30472	IN	174.1	ENG
MT29501	IN	267.04	ENG
MT29952	MC	482.78	ENG
MT30097	MC	279.62	TRK
MT30338	MC	289.01	TRK
MT30402	IN	27.35	ENG
MT30470	PE	851.6	HEX
MT30473	MP	91.51	ENG
MT30504	PE	1159.56	VIB
MT30524	IN	13.68	ENG
MT30330	IN	101.28	ENG
MT30337	MC	680.31	TRK
MT30436	IN	20.49	ENG
MT30443	MC	101.44	ENG
MT30466	IN	318.62	ENG
MT29452	MC	1154.85	TRK
MT29533	MC	74.48	BHL
MT29706	IN	56.49	ENG
MT29749	IN	43.55	ENG
MT30045	MC	848.32	MOT
MT30315	PE	446.17	SKS
MT30562	MP	373.32	VIB
MT30566	MC	328.17	ENG
MT30317	PE	331.53	SKS
MT30556	MP	637.91	HEX
MT27734	MP	2529.41	WHL
MT29364	MC	2700.24	MOT
MT29557	MC	355.96	MOT
MT29990	MC	26.84	LTK
MT29902	MC	788.08	TRK
MT29826	MC	1594.18	TRK
MT25621	MC	452.6	LTK
MT25622	MC	83.76	LTK
MT30480	MC	1827.66	HEX
MT30696	MC	782.83	ENG
MT30507	MC	75.27	MHEX
MT29151	MC	2221.91	BHL
MT29915	MC	3282.85	BHL
MT30717	MC	156.9	TRK
MT30681	PE	640.12	ENG
MT30201	MC	155.68	HEX
	MP	139690.83	OTH

Tabla XV Costo de mantenimiento por tipo para el año 2003

<b>ORDEN</b>	<b>TIPO MANTENIMIENTO</b>	<b>COSTO US\$</b>	<b>FAMILIA</b>
MT29509	MC	12858.61	TRK
MT30329	MC	264.68	VIB
MT30671	PE	436.03	LTK
MT30774	MC	79.64	ENG
MT30786	PE	53.76	ENG
MT30825	IN	50.74	ENG
MT30889	MC	270.71	VIB
MT30793	MC	96.68	HEX
MT30754	MC	280.37	MOT
MT30606	MC	956.89	TRK
MT30027	MP	107.53	VIB
MT30044	MP	26.38	LTK
MT30092	MP	877.03	MOT
MT30183	MP	538.06	TRK
MT30190	MC	913.12	MHEX
MT30204	MP	407.05	HEX
MT30424	MP	129.25	HEX
MT30484	MP	26.38	LTK
MT30485	MP	26.38	LTK
MT30513	MP	101.44	VIB
MT30517	MP	78.93	MHEX
MT30573	MP	189.06	TRK
MT30868	MC	44.78	BHL
MT30482	MC	337.14	TRK
MT30563	MC	1164	MHEX
MT30628	IN	94.32	ENG
MT29844	MC	5040.19	SKS
MT30235	MP	154.04	BHL
MT30236	MP	469.17	MOT
MT30238	MP	918.53	WHL
MT30239	MP	827.2	TRK
MT30293	MP	39.56	HEX
MT30497	MP	496.32	BHL
MT30499	MP	476.93	BHL
MT30538	IN	383.87	ENG
MT30581	MC	138.31	ENG
MT30611	MC	531.96	ENG
MT30682	IN	487.78	ENG

Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

MT30684	IN	156.7	ENG
MT30685	IN	280.59	ENG
MT30827	MP	1045.72	HEX
MT31014	MC	207.18	VIB
MT29493	MC	2266.41	LTK
MT29637	MC	2103.39	TRK
MT30990	PE	2220.8	TRK
MT30976	MC	118.2	VIB
MT30481	MC	332.57	HEX
MT30686	IN	1273.11	ENG
MT30396	MC	727.66	BHL
MT31217	MC	693.76	WHL
MT31219	MC	1117.86	BHL
MT30716	MC	287.3	HEX
MT30535	MC	23.6	HEX
MT31122	IN	20.1	ENG
MT31323	MC	2774.01	HEX
MT30159	IN	135.19	ENG
MT30195	MC	190.38	WHL
MT30828	MP	125.48	LTK
MT30888	MC	4922.73	TRK
MT30867	MP	1689.4	HEX
MT29577	MC	46.81	HEX
MT29968	MC	1148.22	HEX
MT31134	MC	103.3	TRK
MT31159	MC	274.8	MHEX
MT31289	PE	317.36	LTK
MT29579	MC	208.6	ENG
MT28975	MC	597.49	HEX
MT30570	MC	1293.41	VIB
MT30732	MC	2318.2	MOT
MT30781	MC	133.86	HEX
MT30818	MP	2882.63	VIB
MT31378	IN	15.02	ENG
MT30272	PE	550.81	LTK
MT30896	MP	1026.3	VIB
MT31265	MC	446.63	HEX
MT30833	PE	2854.55	VIB
MT31333	MP	73.84	LTK
MT30518	PE	1213.89	LTK
MT30816	MC	1603.01	ENG
MT31541	MC	11.57	ENG
MT31552	MP	67.33	MOT

Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

MT31175	MC	338.72	TRK
MT31279	MC	2756.45	MHEX
MT31536	MC	76.62	ENG
MT31338	MC	94.71	LTK
MT31408	MC	365.22	ENG
MT31537	IN	349.09	ENG
MT31018	MC	192.14	HEX
MT30783	MC	1447.91	TRK
MT31379	MC	360.01	HEX
MT31661	MP	72.91	LTK
MT31600	PE	1287.77	WHL
MT31654	MC	34.65	HEX
MT30822	MC	10363.67	TRK
MT31515	MC	90.15	TRK
MT31171	MC	1181.11	BHL
MT31509	MP	283.15	HEX
MT31513	MC	831.45	TRK
MT31566	MP	796.78	BHL
MT31602	MC	158.93	LTK
MT31660	MC	103.77	LTK
MT31673	MC	13.55	LTK
MT31729	IN	108.86	ENG
MT31236	MC	10233.16	TRK
MT31177	MC	443.8	VIB
MT31670	MC	64.38	ENG
MT31733	PE	1702.27	TRK
MT31824	IN	46.81	ENG
MT31514	MC	834.66	TRK
MT31735	PE	334.13	LTK
MT31833	PE	805.64	HEX
MT31949	PE	526.6	WHL
MT31970	MC	75.49	TRK
MT31987	PE	1104.79	MOT
MT31988	PE	685.94	BHL
MT31764	MC	305.27	ENG
MT31872	MC	25.61	ENG
MT31498	MC	1284.64	TRK
MT31716	MC	35.61	WHL
MT32029	MC	583.87	HEX
MT31814	MC	9.46	MOT
MT31809	MP	638.63	WHL
MT31728	MP	597.15	VIB
MT31685	MC	499.39	MHEX



Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

MT31795	MC	235.59	TRK
MT31964	MC	156.85	VIB
MT31877	MC	148.38	HEX
MT31843	MC	415.26	TRK
MT31828	MP	345.03	TRK
MT31684	MP	255.93	TRK
MT31953	MP	81.73	BHL
MT32110	MC	169.93	LTK
MT31662	MC	315.12	HEX
MT31160	MC	5028.56	MOT
MT31737	IN	313.23	ENG
MT32290	MP	25.6	LTK
MT32289	MP	44.2	LTK
MT32288	MP	25.6	LTK
MT32287	MP	25.6	LTK
MT32286	MP	269.27	LTK
MT32268	MP	112.25	VIB
MT32152	MP	1560.55	HEX
MT32149	MP	1861.62	WHL
MT32150	MC	1618.87	MOT
MT32151	MC	1961.61	MOT
MT32142	MP	25.6	LTK
MT31936	PE	365.3	HEX
MT32342	MC	124.11	VIB
MT32285	PE	382.58	BHL
MT32082	PE	651.41	BHL
MT31813	MC	817.87	BHL
MT32229	IN	70.92	ENG
MT32242	MC	235.15	MHEX
MT32243	MC	74.42	ENG
MT32244	IN	126.52	ENG
MT31770	MC	970.01	WHL
MT31812	MP	820.94	BHL
MT32102	MC	965.29	WHL
MT32295	MC	209.29	BHL
MT32350	PE	699.84	HEX
MT32355	PE	1310.06	HEX
MT32372	PE	1631.01	TRK
MT32386	PE	1232.35	TRK
MT32430	PE	1621.32	TRK
MT32432	PE	1570.51	TRK
MT31971	MP	188.63	HEX
MT31946	PE	471.77	MOT

Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

MT31947	PE	471.77	BHL
MT32180	PE	515.18	BHL
MT31374	PE	455.55	BHL
MT31510	MC	681.26	VIB
MT32326	MC	1935.44	TRK
MT32973	PE	483.36	WHL
MT32791	MC	399.26	BHL
MT33058	IN	32.68	ENG
MT32873	MC	7.84	MHEX
MT32848	MP	212.83	LTK
MT32846	MP	161.25	LTK
MT32894	MC	186.87	WHL
MT32893	MC	118.36	TRK
MT32847	MC	136.27	LTK
MT32895	IN	26.5	ENG
MT32887	IN	341.82	ENG
MT32853	IN	26.5	ENG
MT32533	MP	102.82	BHL
MT32531	MP	819.22	TRK
MT32530	MP	860.31	HEX
MT32332	MP	1171.56	MOT
MT32148	MP	4237.53	WHL
MT32544	MC	855.37	HEX
MT33050	MP	186.1	BHL
MT32843	MC	451.71	WHL
MT32720	MP	1159.09	TRK
MT32698	MP	118.51	BHL
MT32697	MP	160.3	MOT
MT32696	MP	236.57	HEX
MT32695	MP	164.46	TRK
MT32694	MP	418.03	BHL
MT32659	MP	517.91	TRK
MT32655	MC	157.37	WHL
MT32639	MP	79.89	TRK
MT32578	MP	225.71	BHL
MT32346	MP	468.41	WHL
MT32909	MP	6.81	TRK
MT33199	MP	65.91	WHL
MT33181	IN	39.16	ENG
MT32985	IN	15.85	ENG
MT33135	IN	13.25	ENG
MT33046	MC	72.92	BHL
MT33014	MC	67.07	WHL

Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

MT29498	MC	169.11	ENG
MT32660	MC	100.96	ENG
MT32715	MC	134.68	VIB
MT33013	IN	51.55	ENG
MT33012	IN	131.64	ENG
MT32804	IN	283.05	ENG
MT32892	MC	288.45	VIB
MT32733	MC	174.69	LTK
MT32068	MC	331.88	TRK
MT32676	MC	2730.83	ENG
MT32717	MC	134.1	VIB
MT32536	MC	368.89	ENG
MT32171	MC	749.49	VIB
MT32191	MC	2710.3	VIB
MT33270	MC	30.45	TRK
MT33228	PE	1404.67	MOT
MT33180	MP	400.61	BHL
MT33119	IN	366.15	ENG
MT32971	MC	425.56	BHL
MT33029	PE	234.13	LTK
MT33198	MC	211.03	VIB
MT33263	MC	488.24	ENG
MT32852	MC	251.89	ENG
MT33331	MP	167.13	ENG
MT32724	MC	764.2	BHL
MT33192	MP	89.39	LTK
MT33193	MP	187.09	LTK
MT32901	MC	6656.04	HEX
MT32366	MC	166.99	HEX
MT31811	MC	366.77	SKS
MT33178	IN	25.19	ENG
MT33177	IN	72.85	ENG
MT31164	MC	1008.12	BHL
MT31870	MC	5120.64	SKS
MT32579	MC	4091.56	HEX
MT33126	MC	567.72	LTK
MT29842	MC	3060.1	LTK
MT32996	MC	67.93	LTK
MT31682	MC	1451.33	LTK
MT30935	PE	1118.44	LTK
MT31916	MC	3886.42	MHEX
MT31683	MC	3461.89	LTK
MT32802	MP	1297.87	ENG

Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

MT32524	MC	383.06	LTK
MT32418	MC	6032.82	HEX
MT32197	MC	1292.7	HEX
MT33023	MC	809.93	MHEX
MT33284	MC	211.82	LTK
MT33294	MC	240.85	VIB
MT33353	IN	32.5	ENG
MT33285	MC	604.58	TRK
MT32859	MP	456.23	MOT
MT32860	MP	381.14	MOT
MT32915	MP	46.96	HEX
MT33265	MP	87.92	SKS
MT33447	MC	194.13	TRK
MT33450	MC	219.21	ENG
MT32424	MC	5724.51	MOT
MT32587	MC	7134.36	HEX
MT33446	MP	341.06	LTK
MT33187	MP	482.06	BHL
MT33387	PE	1266.93	MOT
MT33059	MC	223	LTK
MT33392	IN	18.08	ENG
MT33529	MC	241.05	BHL
MT32419	MC	9626.87	TRK
MT33373	PE	480.57	ENG
MT33532	PE	434.1	ENG
MT33467	MP	290.73	HEX
MT33274	MC	9.04	ENG
MT33515	MC	62.52	SKS
MT33538	IN	5.03	ENG
MT33320	MC	294.72	BHL
MT32914	MC	2136.72	ENG
MT33499	MC	101.14	HEX
MT33448	MC	708.99	TRK
MT33370	MC	175.48	ENG
MT33293	MC	672.6	TRK
MT33695	MC	754.75	TRK
MT33580	MC	153.1	ENG
MT33468	MC	786.12	MOT
MT33382	MC	1429.48	HEX
MT33530	MC	210.65	TRK
MT33767	MC	122.52	ENG
MT33568	MC	811.04	TRK
MT33781	IN	20.13	ENG

Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

MT33188	MC	2639.98	TRK
MT33395	MC	404.26	TRK
MT33539	MC	160.83	TRK
MT33985	IN	191.2	ENG
MT33664	MC	28.95	TRK
MT33021	MC	1131.24	BHL
MT33741	MP	93.74	ENG
MT33635	MC	144.13	LTK
MT33743	MC	150.12	HEX
MT33796	MC	1090.96	HEX
MT33858	MC	298.12	ENG
MT33714	MC	206.56	ENG
MT33680	MC	175.02	BHL
MT33742	MC	135.94	HEX
MT33886	IN	190.25	ENG
MT33833	IN	55.2	ENG
MT33960	IN	19.84	ENG
MT34048	MC	136.14	HEX
MT33999	MC	136.54	ENG
MT33997	MC	128.38	WHL
MT33540	MC	2066.93	MHEX
MT33789	MC	149.3	LTK
MT33823	MP	136.82	LTK
MT33824	MP	250.51	LTK
MT33825	MP	80.28	LTK
MT33854	MC	170.26	BHL
MT33894	MC	964.9	TRK
MT32958	MC	802.25	LTK
MT34064	MC	342.69	TRK
MT34099	MC	378.97	BHL
MT34100	MC	222.39	BHL
MT34179	MC	75.06	BHL
MT33684	MC	1241.37	MOT
Acumulativas	MP	146406	OTH
MT33524	MC	301.97	TRK
MT34157	MP	48.74	ENG
MT34171	MC	168.31	VIB
MT34269	PE	459.09	HEX
MT33567	MC	168.41	HEX
MT33731	MC	250.47	BHL
MT34027	MC	160.72	VIB
MT34083	MC	78.72	VIB
MT34084	MC	195.35	HEX

Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

MT34105	MC	65.76	TRK
MT34139	MP	51.75	LTK
MT34140	MP	95.94	LTK
MT34279	MC	193.44	TRK
MT34280	MC	247.24	ENG
MT34161	MP	327.84	BHL
MT34362	MP	12.55	VIB
MT34287	MC	366.76	MOT
MT34131	MC	194.94	LTK
MT33699	MP	188.22	ENG
MT33815	MP	1619.58	WHL
MT33850	MP	138.18	MOT
MT33853	MP	96.37	ENG
MT33321	MC	974.59	WHL
MT34371	PE	503.77	BHL
MT34404	MC	256.76	WHL
MT34479	PE	287.87	MHEX
MT34480	PE	248.48	MHEX
MT33780	MC	366.26	TRK
MT33220	MC	2955.53	ENG
MT33569	MC	915.69	WHL
MT33834	MC	786.29	TRK
MT34044	MC	302.22	ENG
MT34491	MC	4.97	ENG
MT33895	MC	14.92	ENG
MT33992	MC	10.55	ENG
MT34065	IN	10.55	ENG
MT32503	MC	410.39	HEX
MT34211	MC	197.53	ENG
MT34497	MC	122.81	BHL
MT34500	PE	215.7	ENG
MT33972	MC	26.38	ENG
MT34047	MC	401.91	VIB
MT34332	IN	87.12	ENG
MT34306	IN	85.38	ENG
MT34653	MP	76.95	ENG
MT34617	MP	144.84	ENG
MT34281	MC	280.62	BHL
MT34560	IN	80.63	ENG
MT34514	IN	142.71	ENG
MT34515	IN	341.88	ENG
MA32052	MC	2077.27	HEX
MT30483	MC	2964.81	ENG

Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

MT34102	MC	1139.95	TRK
MT34286	MC	2582.93	BHL
MT34093	MP	2102.69	HEX
MT34615	MP	30.61	ENG
MT34614	IN	58.48	ENG
MT34551	IN	5.01	ENG
MT34550	IN	15.02	ENG
MT34657	MP	218.36	SKS
MT34698	MP	52.38	BHL
MT34728	MC	62.04	HEX
MT34757	MC	133.95	ENG
MT34618	MC	1007.27	HEX
MT34601	MC	59.67	ENG
MT34436	MP	594.34	ENG
MT34394	MP	132.33	LTK
MT34158	MC	365.53	HEX
MT33809	MC	2943.87	HEX
MT33842	MC	2432.11	BHL
MT32519	PE	973.32	LTK
MT34755	MC	720.97	MOT
MT34738	IN	290.57	ENG
MT34830	MP	348.12	WHL
MT33905	MC	108.54	TRK
MT34333	MC	1090.21	BHL
MT34052	MC	459.65	MOT
MT34737	IN	353.43	ENG
MT34649	MC	196.64	MHEX
MT34620	IN	264.37	ENG

Tabla XVI Tabla de referencia para calcular el nivel sigma

Porcentaje libre de defectos	Defectos por millón de oportunidades DPMO	Nivel Sigma
<b>6.68</b>	<b>933200</b>	<b>0</b>
8.455	915450	0.125
10.56	894400	0.25
13.03	869700	0.375
15.87	841300	0.5
19.08	809200	0.625
22.66	773400	0.75
26.595	734050	0.875
<b>30.85</b>	<b>691500</b>	<b>1</b>
35.435	645650	1.125
40.13	598700	1.25
45.025	549750	1.375
50	500000	1.5
54.975	450250	1.625
59.87	401300	1.75
64.565	354350	1.875
<b>69.15</b>	<b>308500</b>	<b>2</b>
73.405	265950	2.125
77.34	226600	2.25
80.92	190800	2.375
84.13	158700	2.5
86.97	130300	2.625
89.44	105600	2.75
91.545	84550	2.875
<b>93.32</b>	<b>66800</b>	<b>3</b>
94.79	52100	3.125
95.99	40100	3.25
96.96	30400	3.375
97.73	22700	3.5
98.32	16800	3.625
98.78	12200	3.75
99.12	8800	3.875
<b>99.38</b>	<b>6200</b>	<b>4</b>
99.565	4350	4.125
99.7	3000	4.25
99.795	2050	4.375
99.87	1300	4.5
99.91	900	4.625



Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

---

Porcentaje libre de defectos	Defectos por millón de oportunidades DPMO	Nivel Sigma
99.94	600	4.75
99.96	400	4.875
<b>99.977</b>	<b>230</b>	<b>5</b>
99.982	180	5.125
99.987	130	5.25
99.992	80	5.375
99.997	30	5.5
99.99767	23.35	5.625
99.99833	16.7	5.75
99.999	10.05	5.875
<b>99.99966</b>	<b>3.4</b>	<b>6</b>



**Modelo** 320C      **Prefijo Serie** CLM      **Rango Series** 00001-99999      **Intervalo** PM 4 (2000)  
**No. de Equipo:** \_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_\_\_\_ **Orden de Trabajo:** \_\_\_\_\_  
**No. de Serie:** \_\_\_\_\_ **Ubicación:** \_\_\_\_\_ **Cliente:** \_\_\_\_\_  
**Horometro:** \_\_\_\_\_ **Empleado:** \_\_\_\_\_ **No. Contrato** \_\_\_\_\_  
**Manual de mantenimiento** SEBU7503      **Manual de partes** SEBP3257

**Nota:** Antes de realizar cualquier procedimiento de mantenimiento, refierase al Manual de operación y mantenimiento para esta máquina. Realice la inspección alrededor de la maquina, conforme al Manual de operación y mantenimiento. Consulte al comunicador técnico para la ultima información disponible.

Instrucción		OK	Comentarios
1	REEMPLACE EL FILTRO DE AIRE PRIMARIO		
2	REEMPLACE EL FILTRO DE AIRE SECUNDARIO		
3	INSPECCIONE LAS VÁLVULAS DE ADMISIÓN Y ESCAPE DEL		
4	CEBE EL SISTEMA DE COMBUSTIBLE		
5	REEMPLACE EL ELEMENTO DE COMBUSTIBLE    Instale el filtro seco y entonces ceba el sistema de combustible		
6	REEMPLACE LA TRAMPA DE AGUA    Instale la trampa y entonces ceba el sistema de combustible		
7	INSPECCIONE EL TAPÓN DE COMBUSTIBLE		
8	LIMPIE EL FILTRO DE MALLA DE LLENADO DE COMBUSTIBLE		
9	LIMPIE EL RESPIRADERO DEL MOTOR		
10	REEMPLACE EL FILTRO Y EL ACEITE DE MOTOR		
11	TOME UNA MUESTRA DE ACEITE DE MOTOR PARA ANÁLISIS		
12	INSPECCIONE LAS MANGUERAS DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		
13	INSPECCIONE LA(S) FAJA(S) DEL MOTOR		

**Modelo** 320C      **Prefijo Serie** CLM      **Rango Series** 00001-99999      **Intervalo** PM 4 (2000)  
**No. de Equipo:** \_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_\_\_\_ **Orden de Trabajo:** \_\_\_\_\_  
**No. de Serie:** \_\_\_\_\_ **Ubicación:** \_\_\_\_\_ **Cliente:** \_\_\_\_\_  
**Horometro:** \_\_\_\_\_ **Empleado:** \_\_\_\_\_ **No. Contrato** \_\_\_\_\_  
**Manual de mantenimiento** SEBU7503      **Manual de partes** SEBP3257

**Nota:** Antes de realizar cualquier procedimiento de mantenimiento, refierase al Manual de operación y mantenimiento para esta máquina. Realice la inspección alrededor de la maquina, conforme al Manual de operación y mantenimiento. Consulte al comunicador técnico para la ultima información disponible.

	Instrucción	OK	Comentarios
14	TOME UNA MUESTRA DE REFRIGERANTE PARA ANÁLISIS		
15	LIMPIE LA BATERIA		
16	LIMPIE EL CONDENSADOR DEL AIRE ACONDICIONADO		
17	TOME UNA MUESTRA DE ACEITE DE MANDOS FINALES		
18	DRENE Y RELLENE DE ACEITE LOS MANDOS FINALES		
19	CHEQUE EL NIVEL DE ACEITE DE LOS MANDOS FINALES		
20	TOME UNA MUESTRA DE ACEITE DEL SISTEMA HIDRÁULICO		
21	REEMPLACE EL FILTRO DEL SISTEMA PILOTO (HIDRÁULICO)		
22	REEMPLACE EL FILTRO HIDRÁULICO DE RETORNO		
23	REEMPLACE EL FILTRO HIDRÁULICO DEL SUMIDERO		
24	TOME UNA MUESTRA DE ACEITE DEL SISTEMA DE GIRO		
25	DRENE Y RELLENE DE ACEITE EL SISTEMA DE GIRO		
26	LUBRIQUE EL COJINETE DEL IMPULSOR DE GIRO		

**Modelo** 320C    **Prefijo Serie** CLM    **Rango Series** 00001-99999    **Intervalo** PM 4 (2000)  
**No. de Equipo:** \_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_\_\_\_ **Orden de Trabajo:** \_\_\_\_\_  
**No. de Serie:** \_\_\_\_\_ **Ubicación:** \_\_\_\_\_ **Cliente:** \_\_\_\_\_  
**Horometro:** \_\_\_\_\_ **Empleado:** \_\_\_\_\_ **No. Contrato** \_\_\_\_\_  
**Manual de mantenimiento** SEBU7503    **Manual de partes** SEBP3257

**Nota:** Antes de realizar cualquier procedimiento de mantenimiento, refierase al Manual de operación y mantenimiento para esta máquina. Realice la inspección alrededor de la maquina, conforme al Manual de operación y mantenimiento. Consulte al comunicador técnico para la ultima información disponible.

	Instrucción	OK	Comentarios
27	LUBRIQUE EL ENGRANAJE DEL SISTEMA DE GIRO		
28	REVISAR EL NIVEL DE ACEITE DEL SISTEMA DE GIRO		
29	LUBRICAR PUNTOS DE ENGRASE DEL BRAZO		
30	LUBRICAR PUNTOS DE ENGRASE DE LA PLUMA		
31	REVISAR Y APRETAR COMPARTIMIENTO DE BATERÍA		
32	REEMPLACE EL SECADOR DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO		
33	REEMPLACE EL FILTRO DE RECIRCULACIÓN DE A/C EN CABINA		
34	REEMPLACE EL FILTRO DE AIRE FRESCO DE LA CABINA		

**Modelo** 320C    **Prefijo Serie** CLM    **Rango Series** 00001-99999    **Intervalo** PM 4 (2000)  
**No. de Equipo:** \_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_\_\_\_ **Orden de Trabajo:** \_\_\_\_\_  
**No. de Serie:** \_\_\_\_\_ **Ubicación:** \_\_\_\_\_ **Cliente:** \_\_\_\_\_  
**Horometro:** \_\_\_\_\_ **Empleado:** \_\_\_\_\_ **No. Contrato** \_\_\_\_\_  
**Manual de mantenimiento** SEBU7503    **Manual de partes** SEBP3257

**Nota:** Antes de realizar cualquier procedimiento de mantenimiento, refierase al Manual de operación y mantenimiento para esta máquina. Realice la inspección alrededor de la maquina, conforme al Manual de operación y mantenimiento. Consulte al comunicador técnico para la ultima información disponible.

No. de Filtro			Descripción
1	093-7521	<i>FILTER-RETURN</i>	<i>Hvdraulic case drain oil filter</i>
1	094-9672	<i>SEAL-O-RING</i>	Engine crankcase breather seal / gasket.
1	117-4089	<i>ELEMENT-FILTER</i>	<i>Fuel / water separator element</i>
1	121-4480	<i>KIT-WATER BASE</i>	<i>Fuel / water separator seal kit.</i>
1	123-2003	<i>SEAL-O-RING</i>	<i>Hvdraulic return oil filter cover seal</i>
1	126-2081	<i>FILTER ELEMENT AS-OIL</i>	<i>Hvdraulic return oil filter</i>
1	128-8614	<i>KIT-BOWL SEAL</i>	<i>Fuel / water separator seal kit.</i>
1	131-8821	<i>FILTER AS-SECONDARY</i>	<i>Enaine air filter - secondary</i>
1	131-8822	<i>FILTER AS-PRIMARY</i>	<i>Enaine air filter - primary</i>
1	148-4704	<i>GASKET</i>	<i>Swina gear lower lubrication port gasket / seal.</i>
1	176-1902	<i>RECEIVER DRYER AS</i>	<i>Cab air conditioning in-line dryer</i>
2	178-6553	<i>GASKET</i>	<i>Enaine valve mechanism seal / gasket</i>
1	185-8154	<i>FILTER-RECIRCULATION</i>	<i>Cab air filter - recirculation filter</i>

**Modelo** 320C    **Prefijo Serie** CLM    **Rango Series** 00001-99999    **Intervalo** PM 4 (2000)  
**No. de Equipo:** \_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_\_\_\_ **Orden de Trabajo:** \_\_\_\_\_  
**No. de Serie:** \_\_\_\_\_ **Ubicación:** \_\_\_\_\_ **Cliente:** \_\_\_\_\_  
**Horometro:** \_\_\_\_\_ **Empleado:** \_\_\_\_\_ **No. Contrato** \_\_\_\_\_  
**Manual de mantenimiento** SEBU7503    **Manual de partes** SEBP3257

**Nota:** Antes de realizar cualquier procedimiento de mantenimiento, refierase al Manual de operación y mantenimiento para esta máquina. Realice la inspección alrededor de la maquina, conforme al Manual de operación y mantenimiento. Consulte al comunicador técnico para la ultima información disponible.

No. de Filtro			Descripción
1	1R-0739	FILTER AS-ENGINE OIL	Enaine oil filter
1	1R-0751	FILTER AS-FUEL	Fuel filter - primarv
1	201-9299	KIT-SERVICE	Hvdraulic return oil filter service kit.
1	4I-1278	FILTER	Cab air filter - fresh air
1	5I-8670	FILTER AS-OIL	Hvdraulic pilot oil filter
1	5P-0960	CARTRIDGE-GREASE	Swina drive bearing lubrication
1	5P-0960	CARTRIDGE-GREASE	Boom linkaae lubrication.
1	5P-0960	CARTRIDGE-GREASE	Stick linkaae lubrication.
1	7Y-1647	GASKET	Swina gear upper lubrication port aasket.
1	9X-2205	KIT-CAP FILTER	Fuel tank filler cap filter kit
1	9X-8600	SEAL-O-RING	Fuel tank filler cap seal
8	DEO	DIESEL ENGINE OIL	Enaine oil
4	GREASE	MULTIPURPOSE GREASE	Capacity = 5.7 aallons

**Modelo** 320C      **Prefijo Serie** CLM      **Rango Series** 00001-99999      **Intervalo** PM 4 (2000)  
**No. de Equipo:** \_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_\_\_\_ **Orden de Trabajo:** \_\_\_\_\_  
**No. de Serie:** \_\_\_\_\_ **Ubicación:** \_\_\_\_\_ **Cliente:** \_\_\_\_\_  
**Horometro:** \_\_\_\_\_ **Empleado:** \_\_\_\_\_ **No. Contrato** \_\_\_\_\_  
**Manual de mantenimiento** SEBU7503      **Manual de partes** SEBP3257

**Nota:** Antes de realizar cualquier procedimiento de mantenimiento, refierase al Manual de operación y mantenimiento para esta máquina. Realice la inspección alrededor de la maquina, conforme al Manual de operación y mantenimiento. Consulte al comunicador técnico para la ultima información disponible.

No. de Filtro			Descripción
1	SOS	SCHEDULED OIL SAMPLE	Enaine oil sample
2	SOS	SCHEDULED OIL SAMPLE	Final drive oil samples
1	SOS	SCHEDULED OIL SAMPLE	Hydraulic oil sample
1	SOS	SCHEDULED OIL SAMPLE	Swina drive oil sample
1	SOS COOL-2	LEVEL 2 COOLANT CHECK	
5	TDTO	TRANS/DRIVE TRAIN OIL	Final drive oil - 2.6 aallons each
2	TDTO	TRANS/DRIVE TRAIN OIL	Swina drive oil