

Mejoramiento de la Productividad del Taller de Reparación de Motores

Autor: Luis Alejandro Palma
Coautor: Víctor Guadalupe Echeverría
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción
Escuela Superior Politécnica del Litoral
Campus "Gustavo Galindo Velasco" Km 30,5 vía perimetral, Guayaquil, Ecuador.
lgalejan@espol.edu.ec, vguadalu@espol.edu.ec

Resumen

La empresa denominada Talleres R.G.M. está dedicada al servicio de reparación de motores de maquinarias y tenía grandes problemas debido a que sus tiempos de reparación eran elevados, oscilaban entre uno y dos meses. En este estudio se muestra con implantación de tiempos y procesos óptimos de operación el logro de cambios importantes en la productividad de esta Compañía, consiguiendo disminuir sus índices de tiempos de reparación a una semana, a la vez bajar los precios de venta en servicio y mayor participación en el mercado. Todo esto soportado por diagramas de operaciones de una reparación, análisis de problemas que existían en el servicio, luego de las evaluaciones correspondientes se generan las soluciones, que empiezan con el entrenamiento técnico del personal, uso de tiempos óptimos para elaboración de presupuestos fijos, control de la eficiencia del personal e implantación sistema de gestión de calidad basado en la norma ISO9001, la misma que ayudo a mejorar la eficacia de todos los procesos y documentar toda la información, además se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas en el estudio y en auditorias del sistema de Gestión de Calidad

Palabras Claves: *Índices de Productividad, Eficiencia, Eficacia, Diagramas de Operaciones*

Abstract

The company called R.G.M. Workshops is dedicated to the repair of machinery and engines had big problems because their repair times were high, ranging between one and two months. This study shows timing and implementation of optimal operating processes to achieve major changes in the productivity of this company, getting lower their rates of repair times a week, while lower sales prices and higher service market share. All this supported by diagrams repair operations, analysis of problems that existed in the service after the corresponding evaluations generated solutions, starting with the technical training of personnel, use of optimal times for fixed budgeting, control staff efficiency and implementation of quality management system based on ISO9001, the same that helped improve the efficiency of all processes and document all information also presents the conclusions and recommendations obtained in the study and audits the Quality Management system.

Keywords: *Indices of Productivity, Efficiency, Effectiveness, Operations Diagrams*

1. Introducción

En el Taller R.G.M. Se identificó que muchos de los problemas se debían a factores humanos, los mismos que influían negativamente en la productividad de la Compañía, tales como la falta de control en los procesos de reparación, desorganización en los procedimientos, funciones que no estaban claramente

establecidas y otras que mantenían al Taller sumido en un gran problema que se reflejaba en la disminución de la productividad. La empresa contaba con una gran infraestructura tanto en instalaciones, como en equipo especializado para poder desarrollar eficientemente sus funciones y teniendo además todo el apoyo de la mandos superiores, a pesar de estos factores positivos, no

se contaba con documentación actualizada, ni una base de datos para stock de repuestos como en información técnica, razones por las cuales la empresa no encontraba el camino que le permita satisfacer las necesidades principales de los clientes en los servicios que prestaba lo que provocaba quejas y lo más grave que muchos de ellos reparen sus motores con la competencia, debido al tiempo de servicio .

Con todos estos antecedentes se decidió desarrollar un estudio en la empresa y luego de los análisis y evaluación correspondiente se determino que el problema central era los tiempos que intervenían en una reparación, para ello se utilizo herramientas estadísticas, corroborando lo que se había realizado en el análisis inicial de los procesos, lo que permitió mejorar y corregir las desviaciones y además sirvió de base para la implantación del sistema de Gestión de Calidad en la empresa basado en NORMAS ISO 9001: 2000, permitiendo mantener constantemente una mejora continua en todas las áreas de la empresa, provocando un cambio en la mentalidad de los trabajadores y un aumento en la producción.

2. Materiales y Métodos

2.1 Mejoramiento Técnico del Personal.

Una de las falencias en el proceso de reparación de motores es la baja capacitación que tiene el personal técnico en vista de que ellos han llegado a esos cargos, por la constancia y el aprendizaje muchas veces equivocados de sus maestros, lo que cada vez a generado desviaciones de los procesos e ignorancia de estándares, Para ello se planifico serie de cursos en base a la necesidad que le permita conocer la parte teórica, necesaria para reparar de una forma rápida, correcta y que no provoque problemas posteriores, además estos cursos deben ser con aprobación de tal manera que el operador tenga las competencias necesarias. En las figuras 1, 2 ,3 se muestra el cronograma de cursos que el operador debería conocer.

Cronograma de Capacitación 2010	S e p t e m b r e												Recursos	Observaciones	Operador Mecanico	Duración (h)	Costo (\$)
	E	F	M	A	J	J	J	J	J	J	J	J					
Cursos																	
Procesos de Mecanizado	x												SECAP		CC y FM	40	230
Análisis de Falta Básico	x												IVAN BOHMAN		KR y JR	40	230
Inglés Básico		x											CEN		CC y FM	40	400
Reparación de Motores			x										Centro de Capacitación Monte Piedra		KR y JR	40	400
Instrumentación				x									SECAP		CC y FM	80	175
Metrología					x								SECAP		KR y JR	40	190
											x		SECAP		CC y FM	40	210
													SECAP		KR y JR	40	210

Figura 1. Cronograma de Capacitación para ayudante de mecánica.

Cronograma de Capacitación 2010	S e p t e m b r e												Recursos	Observaciones	Operador Ayudante de Mecanica	Duración (h)	Costo (\$)
	E	F	M	A	J	J	J	J	J	J	J	J					
Cursos																	
Mecanica Basica I	x												Centro de Capacitación		WC y JC	32	320
Mecanica Basica II					x								Monte Piedra		AC y EE	32	320
Sistema operativo de repuestos, Bodega y Microfichas							x						Camara de Industrias		WC y JC	32	120
Electricidad Basica										x			SECAP		AC y EE	32	315
Cliente primero											x		Camara de Industrias		WC y JC	32	150
	x														AC y EE	32	150

Figura 2. Cronograma de Capacitación para Operador Mecánico

Cronograma de Capacitación 2010 - 2011	S e p t e m b r e												Recursos	Observaciones	Operador Mecanico	Duración (h)	Costo (\$)
	E	F	M	A	J	J	J	J	J	J	J	J					
Cursos																	
Reparador de Componentes de un motor	x												Centro de Capacitación Monte Piedra		CC y FM	40	420
Reparador de Componentes de sistema de inyección													Laboratorio de Inyección Flávio Moreira		KR y JR	40	420
Reparador de componentes Sistema hidraulico													Centro de Capacitación Monte Piedra		CC y FM	40	380
															KR y JR	40	380
															CC y FM	40	275
															KR y JR	40	275

Figura 3. Cronograma de Capacitación Final

Todo este proceso de capacitación debe ir, acompañado de un proceso de aprendizaje practico, que se realiza bajo el control y la vigilancia de los supervisores, de tal manera que complemente su preparación, y tener mano de obra calificada de acuerdo a competencias técnicas y de experiencia.

En la figura 4 se observa el diagrama de flujo de las operaciones realizadas en un proceso común de reparación de motores de combustión interna.

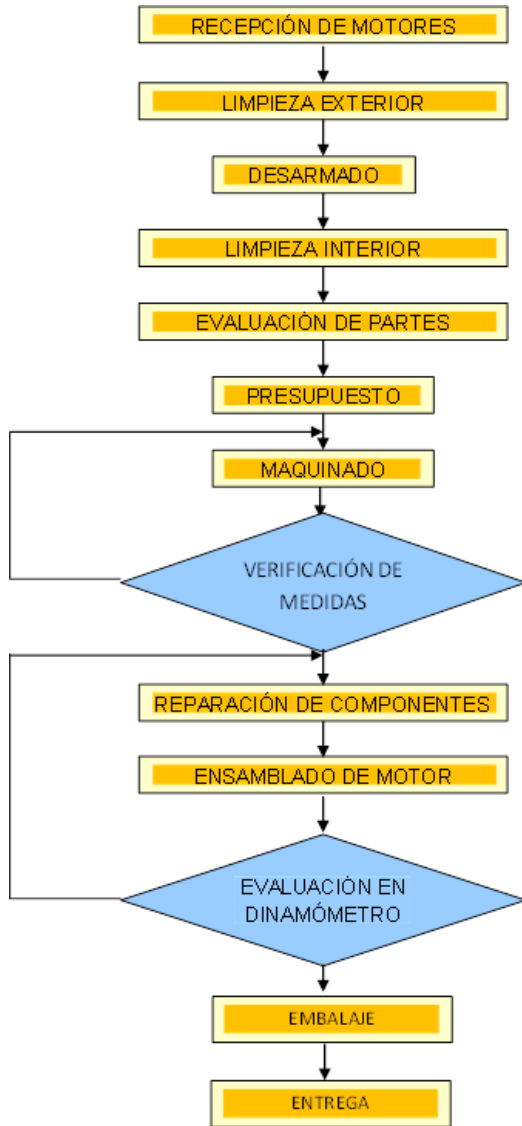


Figura 4. Diagrama de flujo de reparaciones de motores

Como se puede observar en la Figura 4, existen trece operaciones importantes donde se deberían registrar mediante hojas de control, los datos más relevantes y observaciones que fueron apareciendo, lo cual no existía [1].

A continuación se describe en resumen, las operaciones del proceso al inicio de la implementación, mediante un diagrama de procesos en la Figura 5.

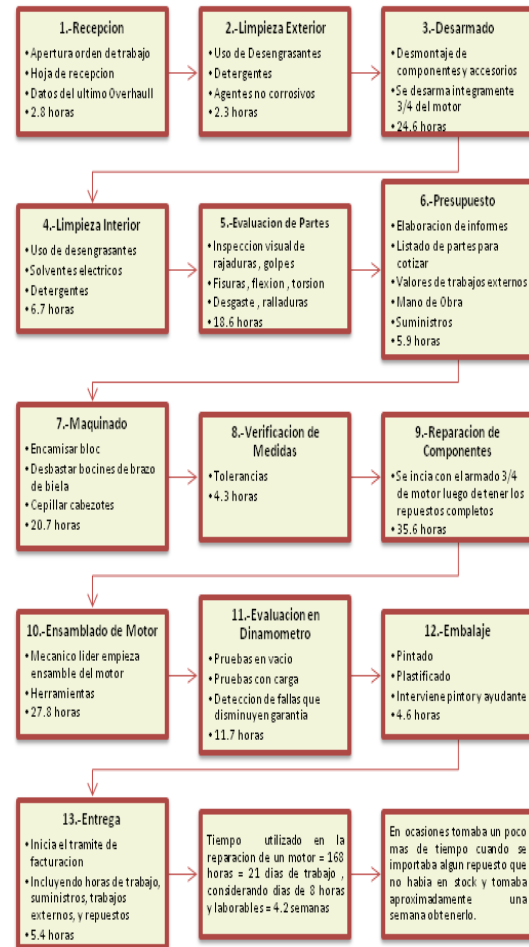


Figura 5. Diagrama de Procesos antes de la implementación del programa de mejora.

Como se puede observar en el diagrama de procesos, Figura 5, cada proceso está indicado con sus respectivos tiempos promedios tomados antes de la implantación de mejoras.

Una de las actividades claves del proceso es la prueba de torque del motor, con un dinamómetro, esta prueba sirve para detectar alguna falla en la reparación, lo que disminuye considerablemente las probabilidades de fallo y alarga la garantía, en esta prueba se coloca el motor en bases y acopla todas las mangueras circulación de agua y combustible, además los sensores necesarios para medir temperaturas y presiones; luego el motor es encendido y probado en vacío y poco a poco se incrementa la carga, de tal manera que se pueda determinar la potencia del mismo, estos datos se registran y se observan desviaciones en la reparación, se corrige cualquier falla, una vez que se comprueba de que todo este correcto, se desmonta y se traslada el motor al área de embalaje, para luego a ser entregado al cliente.

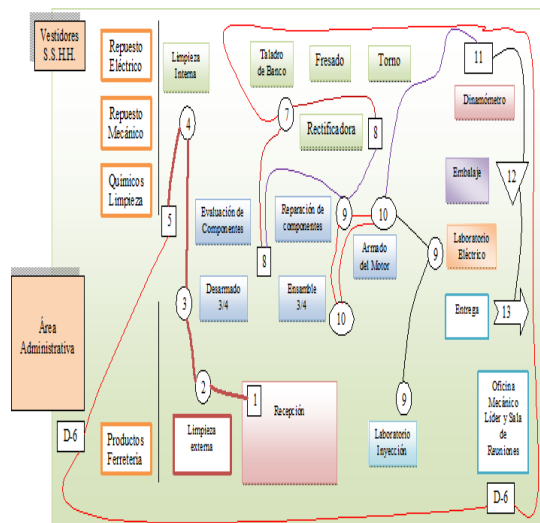


Figura 6. Diagrama de Recorrido

Para tener una idea más clara del proceso se procedió a realizar un diagrama de recorrido el mismo que se encuentra descrito en la figura 6 en este diagrama, se observa claramente que la problemática del proceso está en los puntos 5 y 6, del proceso, en vista que había una duplicidad de funciones y el técnico líder entregaba una lista de repuesto, y la administración quería reducir costos, y ese era el inicio del problema, el mismo que se centraba en la ineficacia del en la elaboración del presupuesto, debido a este inconveniente los también había desperdicios de la mano de obra en vista de que, los mecánicos tenían que esperar la respuesta del cliente la misma que se realizaba después de que conozca el presupuesto de la reparación.

2.2 Servicios Proyectos con Presupuestos Fijos.

Para llegar a obtener un presupuesto fijo de reparación, fue necesario primero determinar los tiempos óptimos de reparación y de procesos; para lo cual se emplearon los métodos de cronometraje y métodos estadísticos. A continuación se indica los pasos seguidos en la obtención de los tiempos:

- Cada operación se determina mediante estadística la cantidad de muestras que debían tomarse para considerar un promedio óptimo, tomando en cuenta un margen de error del 10%.
- Se procede a tomar la cantidad de lecturas necesarias.

- Se obtiene los tiempos promedios de cada operación.

Se realiza el análisis de acuerdo a la tabla 1 y 2 y se procede a determinar los tiempos óptimos de reparación de cada operación que constituye el proceso de reparación en el taller, en este proceso también se considera los tiempos administrativos.

Tabla 1. Actividades realizadas exclusivamente por los mecánicos.

PROCESOS	TIEMPO (h)					
	tf4	tf6	ts4	ts6	t2	t3
Reparación de 3/4	52	52	50	50	40	56,4
Reparación de B/agua	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Reparación de B/aceite	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Reparación de B/inyección	8	8	9	9	10,5	9
Reparación de B/transfencia	2	2	2	2	2	2
Reparación de turbo	3	3	3,5	3,5	3	3,5
Reparación de cabezote	10,25	10,25	10,5	10,5	10,5	7,5
Reparación de M/arranque	4	4	4	4	4	4
Reparación de alternador	4	4	4	4	4	4
Reparación de polea del vent.	3	3	3	3	3	3
Prueba en Dinámometro	8	8	8	8	8	8
Prueba de inyectores	2	3	1,32	1,98	2,64	1,5
Prueba de B/inyección	4	4	4	4	4	4
Evaluación de pistones	1	1,5	1	1,5	2	1,5
Evaluación de bielas	2	3	2	3	4	3
TOTAL	108,25	110,75	107,32	109,48	102,64	112,4

Tabla 2. Tiempos Administrativos

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

Una vez obtenidos los tiempos óptimos de reparación, se continua a determinar un listado principal de repuestos que se utiliza en cada reparación, como se observa en la Tabla 3, donde se asignó a cada uno un factor de uso el mismo que se determinó según la frecuencia de uso en las reparaciones, ejemplo, para un motor de seis cilindros que va a ser reparado antes de falla a unas 10,000 h de uso, se estiman cambiar en el $\frac{3}{4}$ los siguientes repuestos [2]:

Tabla 3. Listado de Repuestos antes de falla 10.000 horas

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

Como se observa en la Tabla 3 se encuentra la mayoría de repuestos para la reparación del motor. Como se observa se coloca los precios de tal manera de que la persona que realiza el presupuesto conozca y disminuya el tiempo en la elaboración del mismo.

Por lo tanto el presupuesto fijo para una reparación de $\frac{3}{4}$ de motor quedaría de la siguiente forma [4].

Tabla 4. Presupuesto Fijo

Mano de Obra:	\$ 790
Repuestos:	\$1.450
Misceláneos:	\$ 50

Como se muestra en la Tabla 4, el total de una reparación de $\frac{3}{4}$ de motor tendría un costo de \$2,290 USD.

Adicionalmente se implementó el control de los formatos de trabajo en cada área del taller, donde se anota la información de cada motor reparado, lo cual sirve de respaldo para la empresa y para el cliente. De esta forma la empresa certifica la calidad de su trabajo y el cliente se siente más seguro al poseer toda la información de su motor.

Luego de conocer el proceso de reparación y habiendo implementado los procedimientos de mejora, el método de reparación de un motor en el Taller R.G.M. queda de la siguiente manera, como se muestra en la Figura 7.

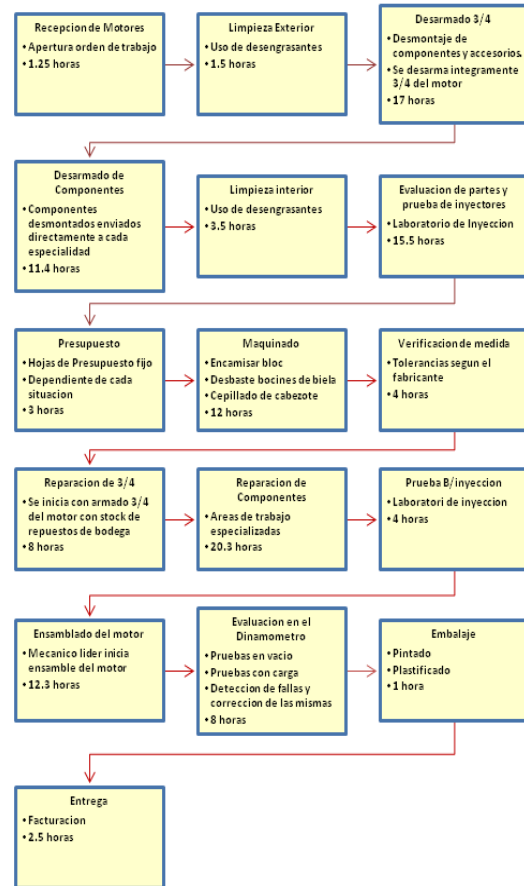


Figura 7. Diagrama de Procesos Actual

Como se observa en la Figura 7, los tiempos de cada operación disminuyeron de forma significativa agilizando el proceso de reparación de un motor y aumentando la satisfacción del cliente, eliminando el cuello de botella que se producía en la elaboración del presupuesto para la reparación de un motor, de esta forma se comprueba que el área administrativa con el área del taller, trabajan como un verdadero equipo.

A continuación se muestra el diagrama analítico del proceso con los respectivos tiempos de cada operación, Figura 8



Figura 8. Diagrama Analítico del Proceso

Como se observa en la Figura 8, el aumento de operaciones no repercute en nada con respecto al proceso debido a que esto se hizo para establecer un orden correcto de reparación y mejorar el proceso. Obteniendo un total de 125 horas, es decir una disminución de 46 horas con respecto al sistema antes de la implementación.

3. Resultados

3.1 Productividad Actual vs. Anterior.

La productividad General del Taller R.G.M. era de 6,44 USD / h, antes de implementar la mejora en el proceso de reparación y los presupuestos fijos. Una vez implementado la mejora el Taller comenzó a incrementar una de las variables que afecta la productividad, sus ventas como se puede observar en la Figura 9, a nivel General, pasó de \$101,434 USD a \$216,218 USD, del año 2009 al 2011, un incremento del 113% en ventas de Mano de obra y en los restantes años igualmente ha existido un incremento considerable en la producción [3].

REPORTE DE PRODUCCIÓN DE TALLERES R.G.M. (USD)
(2009-2011)

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

* Valores ponderados a Diciembre del 2011

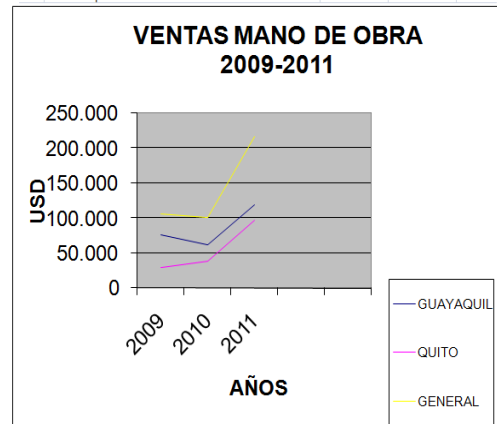


Figura 9. Reporte de Producción del Taller

Como se puede observar en la Figura 9, la venta de mano de obra a mediados del año 2010, empieza a incrementarse, conforme se implementa el programa de mejoramiento.

La variable que afecta la productividad para el caso que se estudia, las horas trabajadas también se incrementaron como se observa en la Figura 10, donde se aprecia que entre el 2009 y el 2010 hubo un incremento del 16%; lo que asegura un incremento en el índice de productividad en vista de que se usaron menos horas de trabajo para obtener mayor producción.

REPORTE DE HORAS TRABAJADAS DE TALLERES R.G.M. (h)
(2009 - 2011)

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

* Valores ponderados a Diciembre del 2011

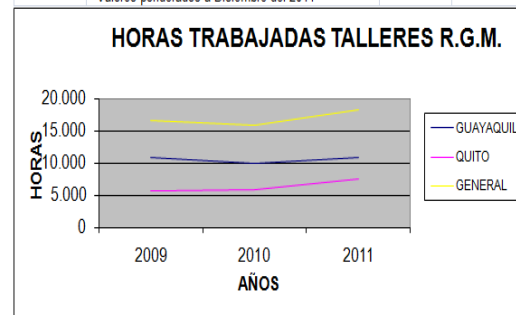


Figura 10. Reporte Anual de Horas Trabajadas

Con los datos obtenidos por la producción y horas trabajadas, podemos obtener la

productividad de los años posteriores a la implementación de los cambios, las mismas que se muestran en la Figura 11.

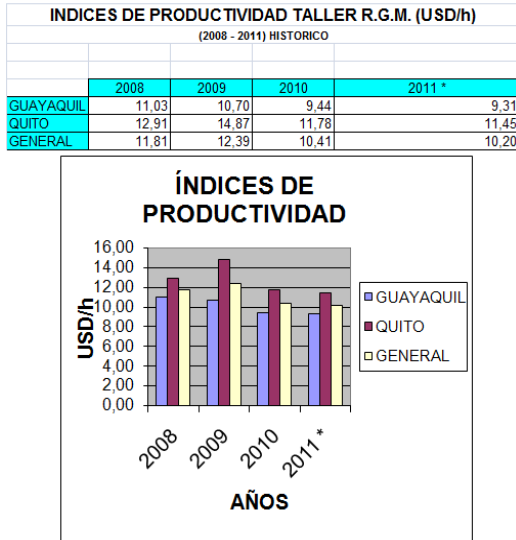


Figura 11. Índices de Productividad

Como se puede observar en la Figura 11, existe un incremento de la productividad, tanto en el Taller de la ciudad de Guayaquil, como en el de la ciudad Quito. A nivel General hubo un incremento de 83% en el índice de productividad en el primer año, en el segundo año de 92%, en el tercer año de 62% y en el último año tenemos un incremento ponderado de 58% y entre los dos talleres el de la ciudad de Quito fue el que más altos índices ha conseguido, llegando a tener hasta 14,87 USD / h. [5].

3.2 Costo Beneficio.

El proceso involucra, ya sea explícita o implícitamente, un peso total de los gastos previstos en contra del total de los beneficios previstos de una o más acciones con el fin de seleccionar la mejor opción o la más rentable.

Para el cálculo de la relación costo beneficio se tiene los siguientes parámetros, Figura 12.

Figura 12. Descripción Costos

Costos	
Inversion	(USD)
Capacitacion	7650
Implementacion del Proceso	5400
Adquisicion de Equipo nuevo	10600
Montacarga electrico R20	13730
Total	37.380

Como se observa en la Figura 12, se tiene los valores de la inversión realizada con la implementación del programa de mejora, lo cual

sumando todos estos valores nos da un resultado de \$37.380.

Para mostrar los beneficios obtenidos se tiene la Figura 13.

Beneficios	
Descripcion	(USD)
Incremento de la venta de mano de Obra	77868,62
Reduccion de horas ociosas	27568,98
Reduccion de horas de maquina parada	6665,4
Total	112103

Figura 13. Descripción de Beneficios

Como se muestra en la Figura 13, se encuentra los valores de incremento de la venta de mano de obra el cual se lo obtiene en una diferencia entre la producción del año 2011 y un promedio de la producción de los años 2009 y 2010.

Para la reducción de horas ociosas, se calcula multiplicando la diferencia de horas de reparación de un motor que es de 46 horas por la diferencia de motores reparados anualmente comparado entre el año 2009 y el 2011, por el valor de la venta de mano de obra actualizada.

Para la reducción de horas de equipo parado, se ha tomado en cuenta el proceso de rectificado, en el cual consideramos el tiempo de maquinado que se utiliza por el numero de motores que se reparan anualmente y esta cifra multiplicada por el valor de la hora de mano de obra.

Sumando todos estos ítems tenemos un resultado de \$ 112.103, con los valores obtenidos en cada tabla se procede a calcular el índice de costo beneficio de la siguiente manera:

$$\text{Costo Beneficio} = \text{Costos} / \text{Beneficios}$$

$$\text{Costo Beneficio} = 0.34$$

La relación costo beneficio resultante es de 0.33, lo cual nos indica que en 0.33 de año se recupero la inversión por los beneficios obtenidos. Cabe recalcar que en estos 4 meses aproximadamente se recupero la inversión luego de finalizar con el proceso de cambio.

4. Conclusiones

- Se obtuvo el objetivo principal de aumentar el índice de productividad del Taller R.G.M. una vez que se hizo la implantación de los resultados del estudio de los tiempos y procesos de reparación; el índice de productividad a nivel General pasó de 6,44 USD/h a 11,81 USD/h, un incremento del 83%.
- Se obtuvo una disminución en los precios de mano de obra a nivel general, de un 28% aproximadamente, debido a que se obtuvo los tiempos correctos de cada proceso.
- 3. Aumentó considerablemente las ventas en el Taller a partir de las implantaciones realizadas con respecto a los presupuesto fijos, la misma que aumentó a nivel General de \$101,434 USD registrados al final del año 2010 a \$216,218 USD registrados al final del año 2011, un incremento de 113% en ventas.
- Mejoró la eficiencia del Taller, de 40% la misma terminó al final del período del 2011 en 100%., una vez que se establecieron los procesos y se capacitó al personal.
- Se alcanzó en el año 2009 un 84% de satisfacción al cliente, muy por encima del valor propuesto en los objetivos de calidad que fue de 75%, gracias a la implementación de los formatos de trabajo.

5. Recomendaciones

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

y actividades que vayan apareciendo y sean necesarias, para que existan todas las alternativas que los clientes puedan solicitar.

- Mantener un continuo entrenamiento a todo el personal como también un buen control en las evaluaciones para mantener las garantías del Taller dentro de lo recomendado por Fábrica, la cual debe ser menor a un 2.3% con relación a la venta de mano de obra y misceláneos.
- Actualizar los formatos de trabajo, y de ser posible capacitar a los operadores para manejar dicha información de forma digital.
- Incrementar el nivel de conocimiento de los operadores y actualizar las tecnologías que se manejan actualmente en el sistema de motores de combustión interna.

6. Agradecimientos

Un especial agradecimiento al Taller R.G.M. (Taller “Rectificadora Ingeniero Gabriel Mosquera”), de donde se obtuvo toda la información necesaria para realizar este Informe Profesional de Trabajo y la oportunidad de realizar las visitas periódicas a las zonas de muestreo. A los operadores por la colaboración brindada al compartir información sobre los problemas de falta de control y procedimientos a seguir en la reparación de los motores y en especial al Ing. Víctor Guadalupe E. por su valioso aporte.

7. Referencias

- [1] MARKS LIONEL, Manual del Ingeniero Mecánico, Mc GRAW-HILL, 2da. edición en español, 1993.
- [2] ESTRATEGIAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD Miguel Núñez Botini.
- [3] La gestión de la productividad; PROKOPENKO Joseph; LIMUSA 133, 134, 142, 143, 145, 155, 156.
- [4] Ingeniería y administración de la productividad; SUMANTH David; Mc Graw Hill 26-28, 155-164, 254-258.
- [5] Medición Y Mejoramiento De La Productividad; ING. IGNACIO VALDIVIA MÉNDEZ