ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

"Aplicación de un Proceso de Mejora Continua en un Taller Mecánico Utilizando la Técnica de Mantenimiento Productivo Total (TPM)"

Patricio Roberto Galarza Espinoza *
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción Industrial. (FIMCP)
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador
pagalarza@yahoo.com,

Dr. Kleber Barcia Villacreses*
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
kbarcia@espol.edu.ec

Resumen

La presente tesis muestra la aplicación de un proceso de mejora continua, en un taller mecánico, utilizando la técnica de mantenimiento productivo total (tpm), fundamentando su análisis en la óptima relación que debe existir entre los trabajadores y los equipos que emplean.

La implementación surge por la necesidad de mejorar los sistemas productivos de la organización a través de la auto gestión que ella realiza, las razones que conllevas a este estudio es debido a que existen muchas paras de equipos no programadas que tienen un tiempo elevado, de manera que para resolver este problema se decide aplicar el TPM, metodología que se fundamenta en cuatro fases, en la primera fase se determinaron las condiciones actuales de los equipos y de la bodega de herramientas encontrándose varias anomalías en las máquinas y desorden en la bodega de repuestos y herramientas, los problemas que se encontraron en las máquinas son: falta de lubricación, engranajes flojos, bandas de transmisión desgastadas, etc., en la segunda fase se aplicó el mantenimiento autónomo realizado por el departamento de producción, el mismo que simplificó los problemas , además se aplicó la técnica ABC en el área de bodega, en la tercera fase se definen las tareas y se elaborar el plan de mantenimiento, y en la cuarta fase se recomienda hacer uso de las técnicas de predicción a los equipos antes mencionados de modo que las responsabilidades futuras de los operarios puedan concebiblemente consistir solamente en la inspección.

Palabras claves: TPM, técnica ABC, fiabilidad, mantenibilidad.

Abstract

This thesis describes the application of a process of continuous improvement in a machine shop, using the technique of total productive maintenance (tpm), basing its analysis on the optimal relationship that should exist between workers and the equipment they use.

The implementation arises for the necessity of improving the productive systems of the organization through the car administration that she carries out, the reasons that you bear to this study are because many exist you stop of not programmed teams that they have a high time, so that to solve this problem he/she decides to apply the TPM, methodology that is based in four phases, in the first phase the current conditions of the teams were determined and of the cellar of tools being several anomalies in the machines and disorder in the cellar of reserves and tools, the problems that were in the machines are: lack of lubrication, slack engagements, worn away transmission bands, etc., in the second phase the autonomous maintenance was applied carried out by the production department, the same one that simplified the problems, the technical ABC was also applied in the cellar area, in the third phase they are defined the tasks and you to elaborate the maintenance plan, and in the fourth phase it is recommended before to make use from the prediction techniques to the teams mentioned so the future responsibilities of the operatives conceivably can consist only on the inspection.

***Keywords**: Tpm, technical ABC, reliability, maintainability.*

1. Introducción

El Sector Metalmecánico está conformado por una gran diversidad de industrias. Abarca desde la fabricación de elementos menores hasta la elaboración de materiales complejos que demanda una base tecnológica sofisticada.

Las pequeñas y medianas industrias ecuatorianas en general, así como las de América Latina, se encuentran ante un nuevo escenario económico, en el que situaciones tales como la liberación comercial, la revolución tecnológica en los procesos productivos, entre otros, han provocado un clima más competitivo.

La presente tesis tiene como objetivo, aplicar un proceso de mejora continua en un taller mecánico a través de la técnica de mantenimiento productivo total (TPM), para ello se utiliza como objeto de estudio un Taller Mecánico-Eléctrico que pertenece a una institución educativa, el mismo que se utiliza para dos objetivos, el primero es para la parte académica con la que se imparten clases prácticas a los alumnos y la otra actividad es para la construcción y elaboración de piezas para el sector industrial. Esta tesis se enfoca al área de mecánica, ya que ésta representa el 85% de los ingresos del taller con respecto al área eléctrica que es el 15%.

El taller cuenta con máquinas que han sido adquiridas a través de donaciones de organizaciones de los Gobiernos de: Alemania, Bélgica e Italia.

Las mismas que necesitan un mantenimiento con mayor frecuencia de lo normal, debido a su vetustez, porque en muchas ocasiones la producción se ha detenido forzosamente con el fin de dar mantenimientos correctivos a los equipos.

Por esta razón, es creciente la importancia de alguna herramienta de mejoramiento continuo que ayude a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere.

Existen problemas de fondo en el proceso productivo del taller tales como: tiempos muertos, retrasos en los tiempos de entregas, etc. creando todo esto malestar en los clientes y una disminución en los ingresos económicos [1].

2. Marco teórico

Conceptos de mantenimiento productivo total

En general se puede decir que los buenos hábitos de mantenimiento conducen a identificar los problemas con rapidez y prevenirlos. Se facilita el desplazamiento de piezas y materiales, y se reduce el peligro de lesiones en los trabajadores. Puede ahorrarse tiempo si se organizan las herramientas de modo que las más usadas estén siempre a mano.

Objetivo General

Aplicación de un Proceso de Mejora Continua en un Taller Mecánico Utilizando la Técnica de Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Objetivos Específicos

- Describir la situación actual del proceso de elaboración del producto.
- Identificar los problemas y desperdicios, para llegar a las causas y consecuencias del problema.
- Implementar un plan de mejoras al proceso, que ayude a mejorar la productividad.
- Realizar un análisis de los indicadores de productividad.

El objetivo final del TPM es lograr llevar a la organización al cero defecto, cero desperdicio y en consecuencia a un bajo costo operativo.

Para lograr evaluar el proceso se utiliza uno de los indicadores de la metodología TPM es el OEE, por sus siglas en ingles (Overall Equipment Effectiveness), Eficiencia Total del Equipo.

Con el análisis del OEE, es posible saber si la disponibilidad de los equipos es al 100%, comparado con el valor de disponibilidad real, además considera el rendimiento y la calidad de los productos.

OEE = Disponibilidad * Rendimiento * Calidad

El OEE es la mejor medida disponible para optimizar los procesos de fabricación, los tres factores antes mencionados, se obtienen de analizar la siguiente ecuación[2].

OEE = F * J * L * 100 (Eficiencia Global del Equipo)

Para ponderar el OEE, existen diferentes rangos medidos a través del comportamiento de los procesos.

Tabla 1. Rangos de calificación del OEE

Valor OEE	Calificación
OEE < 65 %	Inaceptable
65% < OEE < 75%	Regular
75% < OEE < 85%	Aceptable
85% < OEE < 95%	Buena
OEE > 95%	Excelente

El taller trabaja un solo turno de 8 horas de lunes a viernes, desde las 7H30 a 13H00, en la tarde de 14H00 a 16H30 pm y sábados de 7H30 am a 12H00.

De acuerdo al historial estadístico, obtenido del año 2009, el producto que más se vendió fue el Eje-piñón con $76.933 con 42/100, seguido de las Ruedas Dentadas, Ejes y Otros productos de diferentes formas de mecanizados que no son repetitivos, ver Figura 1.

Los productos que más se fabrican según su orden son los siguientes:

- Eje-Piñón
- Rueda Dentada
- Ejes
- Otros

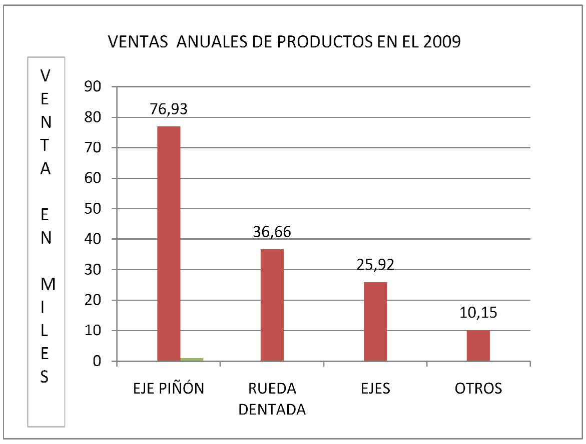


Figura 1. Diagrama de pareto ventas 2009

3. Descripción del Producto

Los Ejes-piñones son construidos en acero SAE 7210, este es un acero utilizado para cementación, debido a que su núcleo es de alta resistencia y se requiere alta dureza y resistencia al desgaste superficial, combinado con buena tenacidad.

Figura 2. Ejes-piñones cementados

En la siguiente Tabla 2 se observan las tendencias del taller y las condiciones actuales en las etapas del proceso, en donde se detalla la productividad y el tiempo total.

Tabla 2. Expectativas del taller

Medidas	Actual	Expectativa	Futuro
Productividad	1.4 Ejes-piñones/día	Incrementar 100%	2.8 Ejes-piñones/día
Tiempo Total	11.376,84 min/Eje-piñón	Disminuir 10%	10.239,16 min/Eje-piñón

Mapa de la Cadena de Valor Actual (VSM)

En taller se tiene una producción de 33 Ejes-Piñones en un mes. Si en el mes se trabajan 24 días, se obtiene un ritmo de producción de 349.01 min/und.

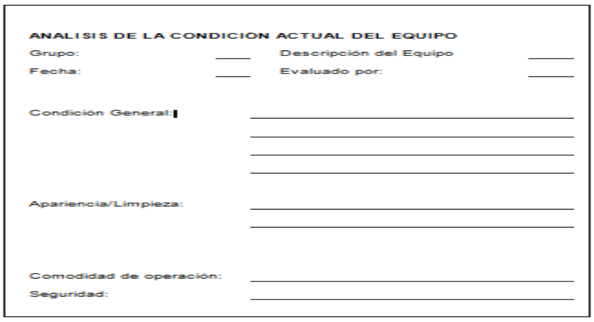
Es de considerar que el taller no se dedica a fabricar solamente los Ejes-Piñones, sino que el trabajo es compartido con otras actividades dando prioridad a la fabricación del Eje-Piñón.

El cálculo del ciclo de producción de la demanda, que es el ritmo que debe producir el taller, se lo obtiene de la siguiente manera:

$$\frac{24\ días}{60\ und.} x \frac{8\ h}{1\ día} x \frac{60\ min}{1\ h} = \mathbf{192}\frac{min}{und}.$$

4. Identificación de las condiciones actuales del equipo

Como primer paso para la implementación, se crea un equipo tpm, el mismo que analizó las condiciones actuales, tanto del área de Bodega de Repuestos y Herramientas como las máquinas en estudio, utilizando el formato de la Figura 3.


ANALISIS DE LA CONDICION ACTUAL DEL EQUIPO

Grupo: ____ Descripción del Equipo ____

Fecha: ____ Evaluado por: ____

Condición General: ____

Apariencia/Limpieza: ____

Comodidad de operación: ____

Seguridad: ____

Figura 3 Formato para el análisis de la condición actual del equipo

Del análisis de las Tablas de Clasificación de TPM, 3,4 y5, se escogen los ítems de baja calificación bajo el siguiente criterio: se suman todos los puntos y se divide para la cantidad de ítem que hay en la tabla, el coeficiente de ésta división en el Torno es 3.23, y todos aquellos ítems que estén por debajo de 3.23 se los consideró de baja calificación, y así con la Fresadora y la Rectificadora[3].

Tabla 3. Hoja de calificación de la rectificadora

Máquina: Rectificadora
Sumatoria del total de Ítems: 110
Promedio: 3.93

ÍTEM #	Razón de Baja Calificación
10	Falta de limpieza
11	Falta de mantenimiento
14	Falta de orden por parte del operario
15	Falta de limpieza
18	Falta de orden por parte del operario
27	Descuido del jefe del taller
28	Descuido del supervisor

Tabla 4. Hoja de calificación de la fresadora

Máquina: Fresadora
Sumatoria del total de Ítems: 94
Promedio: 3.24

ÍTEM #	Razón de Baja Calificación
1	Falta de limpieza
5	Falta de mantenimiento
7	Falta de mantenimiento
8	Falta de limpieza
9	Descuido del operario
10	Falta de mantenimiento
11	Falta de mantenimiento
14	Falta de limpieza y orden en lubricantes
15	Descuido del operario
16	Operario desconoce forma de lubricar
20	Falta de mantenimiento
21	No se realiza limpieza
23	Operario no ordena el herramental
28	Descuido del jefe del taller
29	descuido del supervisor

Tabla 5. Hoja de calificación del torno

Máquina: Torno
Sumatoria del total de Ítems: 100
Promedio: 3.23

ÍTEM #	Razón de Baja Calificación
1	Falta de limpieza
3	Descuido del operador
6	Falta de mantenimiento
8	Falta de mantenimiento
10	Falta de mantenimiento
11	No se planifica limpieza de paneles eléctricos
13	Descuido de los sistemas de seguridad
15	Falta de limpieza y orden en lubricantes
16	Descuido del operador
17	Descuido del operador
19	Operarios desconocen la forma de lubricar
20	Descuido del operador
23	Falta de limpieza
25	Descuido del operador
27	Operario desordenado
30	Jefe del taller descuidado
31	Descuido del supervisor

Luego de realizar el análisis de todos aquellos ítems que resultaron de baja calificación en las tres máquinas se presentan fotografías del antes y después de la mejora, ver Figura 4 y 5.

Protector de cable flojo y roto

Panel distribuidor flojo

Engranajes flojos

Figura 4. Fotografías antes de la mejora

Protectores reparados

Piso limpio y sin aceite

Ajuste de engranajes

Figura 5. Fotografías después de la mejora

Con el equipo TPM se elaboró un plan de mantenimiento autónomo para las máquinas torno y fresadora, de esta manera los operarios se encargan del mantenimiento de rutina colaborando con el departamento de mantenimiento para que pueda planificar la prevención de fallas, mejorar los equipos y se dedique a cosas más especializadas de mantenimiento.

En la Tabla 6, se realiza un cuadro comparativo del OEE antes y después de la mejora, notándose un incremento en las dos máquinas. Según la tabla de calificaciones del OEE, el Torno tiene una calificación de 41%, que según la tabla de calificaciones es Inaceptable y la Fresadora 72%, siendo su ponderación de acuerdo al tabla regular.

Tabla 6. Comparación del OEE antes y después

	OEE	
MÁQUINAS	**ANTES**	**DESPUÉS**
Torno	28%	41%
Fresadora	49%	72%

Mapa de la Cadena de Valor Final (VSM)

Para realizar el cálculo de mejora del VSM Final, se utilizó el indicador OEE antes y después de la mejora, para las máquinas Torno y Fresadora. Calculando la diferencia de estos indicadores se tiene [4]:

$$Torno = 41\% - 28\% = \mathbf{13}\%$$

$$Fresadora = 72\% - 49\% = \mathbf{23}\%$$

Luego se tomaron los tiempos efectivos en el VSM actual de ambas máquinas y se les aplicó dicha diferencia.

$$Torno = 91.37\ x\ 0.13 = 11.88\ min$$

$$Tiempo\ de\ operc.final\ Torno = 91.37 - 11.88 = \mathbf{79.49}\ min$$

$$Fresadora = 147.95\ x\ 0.23 = 34.03\ min$$

$$Tiempo\ de\ operc.final\ Fresa = 147.95 - 34.03 = \mathbf{113.92}\ min$$

Como el cuello de botella es la Fresadora, se alcanzan a fabricar 37 unidades al mes.

$$\text{Nuevo ciclo de prod.} = 113.92 + 201.01 = \mathbf{314.93}\ \frac{min}{und}$$

$$\frac{314.93\ min}{und.} x \frac{1\ h}{60\ min} x \frac{1\ día}{8\ h} x \frac{1\ mes}{24\ días}$$

$$= 0.0273 \frac{mes}{und}.$$

El inverso es:

$$\frac{1}{0.0273} = 36.6 \ \approx \mathbf{37}\ \frac{und}{mes}$$

Con este ritmo de producción final se fabrican 60 unidades y se logra satisfacer la demanda de 60 unidades al mes.

$$Ritmo\ de\ Prod.\ Final = 80.41 + 113.92 = \mathbf{194.33} \frac{min}{und}$$

$$\frac{194.33\ min}{und.} x \frac{1\ h}{60\ min} x \frac{1\ día}{8\ h} x \frac{1\ mes}{24\ días}$$

$$= 0.0168 \frac{mes}{und}.$$

El inverso es:

$$\frac{1}{0.0168} = 59.5 \ \approx \mathbf{60}\ \frac{und}{mes}$$

5. Resultados esperados

Medir la mejora lograda con el TPM evaluado como un proceso global, es difícil. En tal caso, al proceso global se lo dividió en dos subprocesos o máquinas, y se midió y evaluó el rendimiento de cada una.

Para ponderar el rendimiento de la aplicación del TPM se selecciona el indicador de eficacia global el más bajo de cada subproceso o máquina. Antes de la implantación de la metodología el OEE global fue de 28% y después de la implantación 41%, realizando la diferencia entre estos dos porcentajes se tiene un incremento del 13% en la eficacia global del Taller, ver Tabla 7.

SUBPROCESOS	OEE			
	MÁQUINAS	ANTES	DESPUÉS	INCREMENTO
Subproceso 1	Torno	28%	41%	**13%**

Tabla 7. Comparación del OEE antes y después

Índice de Prevención de Fallas (IPF)

Este indicador demuestra como al disminuir los paros no planeados disminuye el índice de prevención de fallas [5].

Para determinar la variación de este indicador se compara el antes y después de la mejora en una relación de paros no planificados a paros planificados en las dos máquinas y como resultado se tiene que el IPF para el Torno de 4 disminuyó a 0.42 puntos y para la Fresadora de 10.17 a 0.51 puntos.

Torno

$$\text{IPF (Antes)} = \frac{1441.86}{360} = 4$$

$$\text{IPF (Después)} = \frac{153.30}{360} = 0.42$$

Fresadora

$$\text{IPF (Antes)} = \frac{1709.4}{168} = 10.17$$

$$\text{IPF (DESPUÉS)} = \frac{86.1}{168} = 0.51$$

5. Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

El enfoque tradicional de las empresas es "Yo opero y tú reparas", con la implementación de la metodología TPM en el Taller Mecánico, este tipo de pensamiento cambió por el de "Yo soy responsable de mi equipo", ya que este sistema de mantenimiento ayudo a reducir las averías en los equipos, aumentando la disponibilidad y disminuyendo las paradas por reparaciones menores. Todo esto tiene como resultado que los productos sean entregados con calidad, en el día y hora señalada según la programación de producción. Además los lugares de trabajo son limpios y agradables creando un clima de positivismo en los operarios.

El producto que se fabrica en el Taller Mecánico es el Eje-Piñón, el mismo que se elabora en 9 etapas, para el análisis de esta línea no se tomó en cuenta la etapa 8, cementado por ser tercerizada, en base a esto se desarrolló la metodología del Mapeo de la Cadena de Valor (VSM), donde se determinó que la etapa 3, Fresado es el cuello de botella.

Se determina que la mayor cantidad de problemas fueron encontrados en los equipos de mecanizado Torno, Fresadora y en el área de la Bodega de repuestos y herramientas, en esta bodega se aplicó la técnica ABC, para clasificar los repuestos según su criticidad y para las máquinas se implantó un programa de mantenimiento autónomo.

Se especificaron las actividades tanto para el departamento de producción como para el departamento de mantenimiento, quedando establecido que los del departamento de producción harán actividades básicas como limpieza, lubricación y ajustes menores como apriete de pernos y tuercas. Todas estas actividades son parte del mantenimiento autónomo pilar fundamental de la metodología TPM, en cambio el departamento de mantenimiento realizará actividades donde se necesita tener un conocimiento más especializados sobre los equipos.

Para controlar los procesos se implantaron indicadores como el OEE y el Índice de Prevención de Fallas. El cálculo del OEE antes de la implementación de la mejora fue 28%, y después de la mejora 41%, incrementándose un 13% la productividad del Taller.

El Índice de Prevención de Fallas, para los equipos de mecanizado, Torno disminuyó de 4 a 0.42 puntos y para la Fresadora de 10.17 a 0.51 puntos, observándose como los paros no planificados disminuyen drásticamente a causa de las mejoras implantadas.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda que se siga con el equipo TPM, para que se de seguimiento a las actividades, porque un sistema de este nivel requiere de una característica muy importante que es la paciencia y el compromiso de todo el Recurso Humano que labora en el Taller.

La alta dirección se debe comprometer a entregar los recursos necesarios para sostener todas las actividades TPM, considerando que este esfuerzo es una inversión y no un gasto, esto le permitirá al Taller mejorar los índices de producción y ser más competitivos.

Dividir el Taller en dos secciones, la una para servicios y la otra para actividades académicas, en vista de que los estudiantes pueden dañar los equipos y disminuir la confianza de los clientes en el momento de realizar sus trabajos.

Para seguir mejorando se debe implantar otras metodologías descritas en la Tabla 10, las mismas que ayudarán a reducir aún más los desperdicios.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Womack J. P., Jones D. T. y Roos D. "The Machine that Changed the World. (La Máquina que Cambió el Mundo), www.revecap.com/ revista/números/03/pdf/fernandez.pdf, Noviembre 10, 2009.

[2] Suzuki T, *TPM en Industrias de Proceso*, Márquez de Cuba 1era Edición, Madrid, España 1995.

[3] Barcia, K., "*Manual para Mejorar Sistemas de Producción y Servicio*", ESPOL, Ecuador, octubre 2007.

[4] Rojas, J. "Manual de Mapeo de Cadena de Valor",www.gestiopolis.com, http://www.gestiopolis.com/recursos5/docs/ger/mapeoca.htm, Noviembre 18, 2009.

[5] NAKAJIMA, S. *Introducción al TPM*. *Japan Institute for Plant Maintenance*, 1era Edición, Año 1991.

Esta metodología requiere de una característica muy importante que es la paciencia y el compromiso de todo el Recurso Humano que labora en el Taller.