

DISEÑO DE LA ESTRATEGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL
MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN CERAMICA ITALIA S.A.

EULER LEONARDO SAAVEDRA TORRADO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2009

DISEÑO DE LA ESTRATEGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL
MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN CERÁMICA ITALIA S.A.

EULER LEONARDO SAAVEDRA TORRADO

Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director: JESÚS MARÍA SIERRA BUILES
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2009

AGRADECIMIENTOS

Durante esta especialización expreso mis agradecimientos a:

Cerámica Italia S.A., y sus directivos por el apoyo brindado durante la especialización para alcanzar mi desarrollo profesional y personal.

La Universidad Industrial de Santander y sus docentes, por la transferencia de conocimiento a través de las diferentes asignaturas.

A mis compañeros del posgrado por las experiencias compartidas durante la especialización.

A mi esposa e hijos, quienes diariamente motivan mi crecimiento personal.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	3
1.1 GENERALIDADES	3
1.2 EL PROCESO CERÁMICO	4
1.3 SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN.	16
1.4 SITUACIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO	18
1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
1.3 OBJETIVOS	22
1.3.1 Objetivo general.	22
1.3.2 Objetivos específicos	22
1.3.3 Alcance	23
2. EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL TPM	24
2.1 EVOLUCIÓN DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	24
2.1.1 Del mantenimiento correctivo hasta el Mantenimiento productivo total	25
2.1.2 Inicio del Mantenimiento Productivo Total	26
2.2 DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	28
2.3 OBJETIVOS	29
2.3.1 Maximizar la eficacia del equipo	29
2.3.2 Desarrollar sistemas de mantenimiento para la vida útil del equipo	29
2.3.3 Comprometer a todos los departamentos	29

2.3.4	Contar con la participación de todos los empleados	30
2.3.5	Promover el TPM a través de la gestión de la motivación	30
2.4	EFICACIA DEL EQUIPO	30
2.4.1	Visión general del funcionamiento del TPM	30
2.4.2	Pérdidas por fallas	31
2.4.3	Pérdidas por preparación y ajustes	32
2.4.4	Pérdidas por paros menores	32
2.4.5	Pérdidas por reducción de velocidad	32
2.4.6	Pérdidas de calidad y reprocesos	32
2.4.7	Pérdidas por arranque o puesta en marcha	33
2.4.8	Cálculo de la efectividad del equipo	34
2.5	PRINCIPIOS BÁSICOS DE LAS CINCO “S” EN MANTENIMIENTO	37
2.5.1	Seleccionar (Seiri)	38
2.5.2	Ordenar (Seiton)	38
2.5.3	Limpiar (Seiso)	38
2.5.4	Estandarizar (Seiketsu)	39
2.5.5	Autodisciplina (Shitsuke)	39
2.5.6	Beneficios de las 5 “S”	39
2.6	PILARES FUNDAMENTALES DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO	
	TOTAL	40
2.6.1	Mejora enfocada	40
2.6.2	Mantenimiento autónomo	41
2.6.3	Mantenimiento planeado	43
2.6.4	Mantenimiento de la calidad	45

2.6.5	Prevención del mantenimiento	46
2.6.6.	Mantenimiento en áreas administrativas	46
2.6.7	Seguridad, salud y medio ambiente	46
2.6.8	Educación y formación	47
3.	DISEÑO DE LA ESTRATEGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL TPM EN CERÁMICA ITALIA S.A.	48
3.1.	ESTADO ACTUAL DE LOS EQUIPOS	48
3.2	MEDICIÓN DE PÉRDIDAS EN LOS EQUIPOS	49
3.2.2	Pérdidas por paradas programadas de producción	50
3.2.3	Pérdidas por fallas	52
3.2.4	Pérdidas por preparación y ajustes	53
3.2.5	Pérdidas por fallas en la operación de equipos o fallas de proceso	54
3.2.6	Pérdidas por reducción de velocidad y rendimiento	55
3.2.7	Defectos de calidad y reprocesos en trabajos	58
3.3	CÁLCULO DE LA EFICIENCIA GLOBAL DE EQUIPOS	59
3.3.1	Disponibilidad.	59
3.3.2	Tasa de rendimiento	60
3.3.3	Tasa o índice de calidad.	61
3.3.4	Efectividad global de equipos	61
3.4	RECURSOS HUMANOS	62
3.4.1	Perfil del cargo	64
3.4.2	Descripción del cargo	64
3.4.3	Programa de entrenamiento	64
3.5	PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE LOS PILARES BÁSICOS DEL TPM	65

3.5.1	Introducción y preparación	66
3.5.2	Fase de inicio.	67
3.5.3	Fase de desarrollo	67
3.5.4	Fase de consolidación o estabilización	77
3.6	INDICADORES	78
3.6.1	Indicadores de producción (P)	78
3.6.2	Indicadores de calidad (Q)	79
3.6.3	Indicadores de costo (C)	79
3.6.4	Indicadores de servicio (D)	79
3.6.5	Indicadores de seguridad (S)	80
3.6.6	Indicadores de motivación (M)	80
4.	CONCLUSIONES	81
	BIBLIOGRAFÍA	83
	ANEXOS	85

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Elaboración de productos.	16
Tabla 2. Cargos por sección de la planta.	18
Tabla 3. Metas de mejora de pérdidas crónicas.	33
Tabla 4. Factores de la efectividad global de los equipos.	35
Tabla 5. Metas propuestas en algunas empresas al implementar TPM.	37
Tabla 6. Relación de los sistemas de gestión y los pilares del TPM.	48
Tabla 7. Temas de formación en áreas básicas.	74
Tabla 8. Temas de formación básica en mantenimiento de equipos.	75
Tabla 9. Indicadores de producción.	78
Tabla 10. Indicadores de calidad	79
Tabla 11. Indicadores de costo.	79
Tabla 12. Indicadores de servicio.	79
Tabla 13. Indicadores de seguridad.	80
Tabla 14. Indicadores de motivación.	80

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Proceso cerámico.	4
Figura 2. Patios de materia prima (pasta)	5
Figura 3. Cargador y tolva-báscula	6
Figura 4. Molino de pasta	6
Figura 5. Atomizador.	7
Figura 6. Almacenamiento de materia prima y molino de esmalte.	8
Figura 7. Balsas de almacenamiento	8
Figura 8. Prensa hidráulica.	9
Figura 9. Secadero Horizontal y secadero vertical.	10
Figura 10. Campana de engobe y esmalte.	11
Figura 11. Máquina serigráfica plana y rotativa.	11
Figura 12. Máquina de almacenaje box.	12
Figura 13. Máquina de ingreso al horno.	13
Figura 14. Horno de rodillos.	14
Figura 15. Selección automática y manual.	14
Figura 16. Bodega de producto terminado.	15
Figura 17. Proceso de producción.	17
Figura 18. Proceso de mantenimiento.	20
Figura 19. Paradas programadas por mantenimiento.	50
Figura 20. Paradas programadas por producción.	51
Figura 21. Pérdidas por paradas programadas.	51
Figura 22. Fallas en los equipos.	52
Figura 23. Pérdidas por paradas no programadas.	53
Figura 24. Pérdidas por preparación y ajustes.	54
Figura 25. Pérdidas por fallas de proceso.	55
Figura 26. Pérdidas por paradas menores.	56
Figura 27. Pérdidas por reducción de velocidad.	57

Figura 28. Pérdidas por rendimiento.	57
Figura 29. Porcentaje de calidad primera	58
Figura 30. Pérdidas de calidad.	58
Figura 31. Efectividad global de equipos.	61
Figura 32 . Caracterización proceso de recursos humanos	62
Figura 33. Pilares básicos para la implementación del TPM.	66
Figura 34. Módulo de índices de gestión.	72
Figura 35. Reporte consolidado de fallas por equipo	73
Figura 36. Indicador de costos de mantenimiento.	74

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Plan de implementación TPM	85
Anexo B. Formato de inspección autónoma	87
Anexo C. Formato ruta de lubricación	88
Anexo D. Lección de un punto	89
Anexo E. Formato solicitud de servicio o trabajo	90
Anexo F. Formato análisis y solución de problemas	91

RESUMEN

TÍTULO:

DISEÑO DE LA ESTRATEGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN CERÁMICA ITALIA S.A.*

AUTOR:

EULER LEONARDO SAAVEDRA TORRADO**

PALABRAS CLAVES:

Mantenimiento Productivo Total (Tpm), Proceso Cerámico, Efectividad Global De Equipos, 5 S, Mantenimiento Autónomo, Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Predictivo.

DESCRIPCIÓN:

En el presente trabajo se diseña la estrategia a seguir para implementar los pilares del mantenimiento productivo total en una empresa del sector cerámico. Entender la forma como el mantenimiento productivo se relaciona e interactúa con los procesos en la empresa, ayuda a maximizar las habilidades y recursos que se encuentran al interior de la organización, fundamentales para el crecimiento del negocio. Inicialmente el plan está diseñado para desarrollarse en las líneas de producción y luego aplicarse a toda la compañía incluyendo las áreas administrativas.

Se ha estudiado los pilares fundamentales del mantenimiento productivo total, se han identificado las características del área piloto donde se inicia el plan de implementación. Se elaboró el plan en el área piloto y el programa para capacitar a todo el personal de la compañía. Se establecen los indicadores para la eficiencia global de producción (EGP).

El punto de partida del TPM, es medir la efectividad real de los equipos, es necesario clasificar las pérdidas y mantener los registros que se han creado para efectuar un seguimiento al comportamiento de éstas. El plan de implementación se ha dividido en cuatro fases y diez etapas, en las cuales se han establecido los pilares que conduzcan a reducir las principales pérdidas de efectividad en los equipos, siendo principalmente el pilar de mejora enfocada, mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado, educación y formación. La elaboración del plan de capacitación para todo el personal de la compañía, está orientado a la alta productividad basado en la formación para el mejoramiento de las capacidades transfiriendo conocimientos técnicos y el desarrollo de competencias.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.
Director: Ing. Jesús María Sierra Builes,

SUMMARY

TITLE:

DESIGN STRATEGY FOR THE IMPLEMENTATION OF MAINTENANCE TOTAL PRODUCTION IN CERAMICA ITALIA S.A.*

AUTHOR:

EULER LEONARDO SAAVEDRA TORRADO**

KEYWORDS:

TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM), PROCESS TILES, EFFECTIVENESS OF GLOBAL TEAMS, 5 S, PREVENTIVE MAINTENANCE, PREDICTIVE MAINTENANCE.

DESCRIPTION:

The intention of this project is to establish the strategy to implement the foundations for the total productive maintenance in a ceramic business. It is of paramount importance for the growth of such business to understand the way in which the production plan is blended with the decision making of that business. This way one can maximise the capabilities and resources within the walls of that business. Initially, this plan is going to be implemented to develop the productive lines and then it will be extended to the whole structure of the business, including management. The team has studied the sound foundations of the total productive maintenance set up; the characteristics of the pilot area have been identified. The pilot scheme plan was identified as well as the programme to equip the total workforce. The indicators for the overall equipment effectiveness (OEE) were established.

The starting point of the TPM is to measure the real effectiveness of the equipments, it is necessary to classify the losses and maintaining the documents that have been created to carry out a control and following to the operation of the equipments. The implementation plan has been divided into 4 phases and 10 stages, in which the foundations to reduce the real losses in the equipments; concentrating on autonomous maintenance; planned maintenance and personnel education and training. The plan to train the workforce has been directed to a much higher productivity based on such training, in order to improve the skills, sharing technical knowledge and the development of duties. .

* Monograph

** School of Mechanical Engineering. Manintenance Management Specialization. Director: Ing.Jesús María Sierra Builes,

INTRODUCCIÓN

La agilidad o rapidez con la cual se efectúan los cambios hoy en día en este mundo globalizado, ha llevado a las empresas al desarrollo de estrategias corporativas que las conduzcan al alcance de un alto nivel competitivo en el mercado.

Dentro de estas estrategias se encuentra el mantenimiento productivo total o TPM, como instrumento de soporte y ayuda para crear desarrollos competitivos en las compañías, siendo la base sobre la cual se estructura el presente trabajo, de acuerdo con los lineamientos del Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas JIMP, los cuales han generado grandes cambios y mejoras en las organizaciones, alcanzando niveles altos de productividad y competitividad. Para poder lograr lo anterior, en Cerámica Italia S.A., se hace necesario diseñar una estrategia para la implementación del mantenimiento productivo total, el cual se ha establecido como una de las metas organizacionales de la compañía.

El presente trabajo en su primera parte se describe la compañía Cerámica Italia S.A., definiendo el proceso cerámico y los procesos de producción y mantenimiento.

En su segunda parte se establece el marco teórico para estudiar la estrategia de la implementación del mantenimiento productivo total en la compañía.

En la tercera parte se efectúa una recolección y análisis de la información correspondiente a los equipos instalados en la planta de producción y se presenta el diseño de la estrategia para la implementación del mantenimiento productivo total, adaptando las prácticas que recomienda el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIMP).

Entender la forma como el mantenimiento productivo se relaciona e interactúa con los procesos en la empresa, ayuda a maximizar las habilidades y recursos que se encuentran al interior de la organización, fundamentales para el crecimiento del negocio.

De igual forma la base fundamental que representa el área de mantenimiento dentro de la compañía para la implementación del mantenimiento productivo total, como facilitador en la transferencia de conocimientos y habilidades a los operadores de los equipos en las líneas de producción en la compañía.

1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

1.1 GENERALIDADES

Cerámica Italia, S.A., es una empresa manufacturera de sociedad anónima, fundada en el año 1983, en su totalidad con capital colombiano, dedicada a la elaboración y comercialización de productos cerámicos para pavimento, revestimiento y porcelana sanitaria.

Se encuentra ubicada en la ciudad de San José de Cúcuta, en el departamento de Norte de Santander, con domicilio en la avenida tercera calle 23AN zona industrial.

Dentro de las empresas del sector de fabricación de productos de arcilla y cerámica no refractarias, para uso estructural, se encuentra ubicada como la tercera compañía a nivel nacional, cuenta con 25 años de experiencia en la fabricación de baldosas para piso y pared.

Su evolución ha permitido el crecimiento y participación en el mercado nacional e internacional, contando con dos plantas (revestimiento y porcelana sanitaria). La distribución nacional y local de los productos se realiza directamente desde sus plantas ubicadas en San José de Cúcuta y Cartagena, a través de sus salas de ventas localizadas en las principales ciudades del país y realiza exportaciones a países como Venezuela, Ecuador, México, Costa Rica, Estados Unidos y Panamá.

La empresa actualmente se encuentra certificada en Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001 desde el año 2001 y el Sistema de Gestión en Control y Seguridad BASC (Business Alliance for Secure Commerce), desde el año 2004.

1.2 EL PROCESO CERÁMICO

Conjuntamente a la naturaleza química de las materias primas y su asociación mineralógica, las características finales del producto dependen también de la tecnología usada a través del proceso de elaboración de la cerámica. Las fases asociadas al proceso se representan en la figura 1.

Figura 1. Proceso cerámico.



Patios de materia prima. El proceso inicia en el almacenamiento de las materias primas geológicas en los patios, donde se especifican, el nombre, el estado de inspección y el número de lote con su respectiva aprobación. Ver figura 2.

Las materias primas geológicas usadas en el proceso cerámico:

- Arcillas (Rojas): Dolly, Támesis, Chía, Zulia.
- Arcillas (Blancas): Arcabuco
- Feldespato: Sardinata
- Caliza
- Arenas
- Caolines
- Productos de Reproceso: Rotura cruda y cocida.

Figura 2. Patios de materia prima (pasta)



Cargue de Materia Prima en Tolva-Bascula. De allí, son transportadas por el cargador a los box de stock de consumo y posteriormente a la tolva báscula para su respectivo cargue.

El cargue se realiza en la tolva-báscula como se aprecia en la figura 3, donde se verifica en un display electrónico de la báscula para facilitar el control del pesaje y de allí es transportada a tolva-molinos por bandas transportadoras.

Figura 3. Cargador y tolva-báscula



Molienda de la materia prima. El objetivo de la molienda es la homogenización de las materias primas hasta obtener una granulometría final de los semielaborados constante.

Cargadas las tolvas de los molinos de materia prima, se procede a verificar el estado de los molinos de bolas, su nivel de cuerpos moledores y su contextura física, una vez efectuado el cargue se le adiciona agua y defloculantes. La molienda se obtiene por medio de unos cuerpos moledores de alúmina que al entrar en fricción crean un efecto cascada logran obtener un material homogéneo llamada barbotina. Ver figura 4.

Figura 4. Molino de pasta



Terminado el ciclo de molienda se descarga la barbotina en cisternas, ésta se almacena allí para facilitar su transporte al proceso de atomización.

Proceso de Atomización. Almacenada la barbotina en las cisternas, es enviada a través de un sistema de bombeo hidráulico al atomizador. La barbotina inyectada en la corona descende por la parte interna del atomizador y a través del generador de calor entra en contacto con el aire caliente obteniendo la evaporación de un porcentaje parcial de agua contenida en ésta. El producto obtenido es un material particulado de forma esferoidal denominado pasta.

Figura 5. Atomizador.



La pasta es transportada por bandas y elevadores de cangilones para ser almacenada en silos para su respectiva maduración. Cumplidas las condiciones de añejamiento son transportadas a la tolva de la prensa.

Preparación de Esmaltes y Serigrafías. El proceso de preparación de esmaltes y serigrafías, se describe en las siguientes fases:

Primera fase: En esta se prepara la materia prima dependiendo el producto y la cantidad a preparar. Se pesa la cantidad indicada y luego se transporta a la plataforma de los molinos. Ver figura 6.

Segunda fase: se carga el molino y se da arranque al molino.

Tercera fase: En este proceso el esmalte es llevado al laboratorio para que sea aprobado por el departamento técnico.

Figura 6. Almacenamiento de materia prima y molino de esmalte.



Cuarta fase: El producto luego de ser aprobado se descarga a unos tanques de almacenamiento llamados balsas. Ver figura 7.

Figura 7. Balsas de almacenamiento



Quinta fase: Luego se lleva a cabo la preparación de serigrafía; en cual son los colores que se utilizan para dar el decorado de los diseños sobre las baldosas.

Proceso de Prensado. En esta fase del proceso se efectúa la compactación de la pieza, obteniendo en crudo o verde la máxima densificación del material,

el equipo empleado es una prensa hidráulica, como se ilustra en la figura 8. El proceso de prensado se describe en las siguientes fases:

Primera fase: cargue de pasta en el molde, donde el carro alimentador expulsa la pieza y carga la pasta de la tolva y depositándola en los alvéolos del molde.

Segunda fase: se cierran los moldes y se efectúa un primer prensado con el propósito de expulsar el aire comprimido obtenido en los procesos anteriores.

Figura 8. Prensa hidráulica.



Terminado el proceso de prensado el carro alimentador expulsa la baldosa hasta posicionar la baldosa en los rodillos para ser transportada al proceso de secado.

Proceso de Secado. Una vez alimentado el secadero, ver figura 9, se introducen las baldosas prensadas en una cámara central, con el objeto de eliminar la humedad residual de la pasta, donde se movilizan en las siguientes fases de secado:

Primera fase: se aplica un aire no demasiado caliente y bastante húmedo para aclimatar la baldosa.

Segunda fase: se aplica aire caliente y seco.

Tercera fase: las baldosas son embestidas por una corriente de aire frio para proporcionar las características apropiadas para la decoración.

Figura 9. Secadero Horizontal y secadero vertical.



Sección de Líneas de esmaltado. La sección de las líneas está compuesta de diferentes procesos nombrados a continuación:

Proceso de Extracción de Polvo. El proceso de limpieza de baldosas está compuesto de un sistema de cepillos y un sistema de ventilador.

Proceso de Engobado y Esmaltado. Las baldosas deben cumplir unas condiciones de temperatura y limpieza, establecidas en los procedimientos. Las baldosas en condiciones requeridas son transportas por correas al proceso con la aplicación del engobe y esmalte en forma de cortina o velo. Ver figura 10.

Figura 10. Campana de engobe y esmalte.



Secado de Esmalte. Las baldosas recubiertas de engobe y esmalte permanecen húmedas se movilizan con el objetivo de eliminar un porcentaje de humedad a las baldosas para facilitar el proceso de la decoración.

Limpieza Bordes de Baldosas. El objetivo de este proceso es establecer una estética en las baldosas, eliminando los residuos de esmalte y engobe que se aplica fuera de la cara superior de la baldosa.

Proceso de decoración. La decoración se elabora mediante un proceso serigráfico. El proceso consiste en adherir tinta serigráfica a la cara superior de la baldosa esmaltada. Ver figura 11.

Figura 11. Máquina serigráfica plana y rotativa.



Cargue de Carros Box. Las baldosas decoradas son almacenadas en vehículos de movilización (carros box). El proceso de cargue de los carros esta dividido en tres fases. Ver figura 12.

Figura 12. Máquina de almacenaje box.



Primera fase: está compuesta de un compensador que permite la acumulación de las baldosas en un elevador en casos de sobrecargue en la mesa.

Segunda Fase: está compuesta de una mesa de transportadora que permite desplazar cierta cantidad de baldosas por plano en cada nivel del carro, ubicadas con el brazo extensor.

Tercera Fase: los elevadores de las mesas de rodillos ubican las baldosas decoradas en los planos de cada nivel del carro obteniendo el cargue total del carro.

Alimentacion de Hornos. Las baldosas son extraídas de los carros box por una máquina de descargue ubicándolas en la línea de alimentación del horno, allí se desplazan hasta la entrada del horno. Ver figura 13

Figura 13. Máquina de ingreso al horno.



Proceso de Cocción. El proceso esta dividido en zonas funcionales de acuerdo a estructura de los hornos:

Zona de aspiración de gases: en esta zona un ventilador aspira los humos de la combustión, secando el material, es la primera fase de calentamiento por convección sin llama.

Zona de precalentamiento: una zona de calentamiento gradual con llama.

Zona de cocción. La zona en la que el material alcanza la temperatura máxima.

Zona de final de cocción: En esta zona se utilizan quemadores directos sobre el material finalizando la cocción.

Zona de enfriamiento: El material se enfría con corrientes directas de aire, hasta alcanzar una temperatura no crítica de transformación del cuarzo, en el final se llega a la temperatura crítica.

Zona de enfriamiento final: Es la zona en la que se introducen grandes cantidades de aire de baja preponderancia a fin de enfriar por convección y turbulencia superficial el material cocido.

Es la fase central del proceso cerámico, caracterizada por un conjunto, bastante complejo, de transformaciones físicas y reacciones que son necesarias conocerlas para poder gestionar y controlar este proceso. Ver figura 14.

Figura 14. Horno de rodillos.



Proceso de Selección y Empaque. Se desarrolla la selección de los productos terminados tomando muestras de las baldosas esmaltadas a la salida de los hornos para verificar las características físicas (dimensiones, tonos); también verifican el de conformidad del empaque (cajas de cartón de acuerdo a la clasificación del producto) y las estibas de los productos aprobándolas para ser entregadas al inspector de bodega (sección de despachos). Ver figura 15.

Figura 15. Selección automática y manual.



El departamento de calidad clasifica el producto terminado de la siguiente manera:

Calidad primera. No presenta defectos visibles identificables a un metro de distancia bajo luz día.

Calidad segunda. Presenta pequeños defectos que se aprecian al ser observados a un metro de distancia y bajo luz difusa

Calidad tercera. Presenta defectos visibles a dos metros de distancia bajo luz difusa

Rotura. Es aquella que se utiliza para reproceso, por poseer defectos de gran magnitud y gravedad.

Almacenamiento de Producto Terminado. El producto estibado es ubicado en el área de selección donde se verifica su conformidad y cantidad, es recibido por el operador logístico y transportado a las bodegas de producto terminado. Ver figura 16.

Figura 16. Bodega de producto terminado.



1.3 SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN.

En la actualidad Cerámica Italia S.A., produce en promedio 870.000 metros cuadrados mensuales de productos cerámicos para piso y pared clasificados en la tabla 1, de acuerdo con los formatos existentes:

Tabla 1. Elaboración de productos.

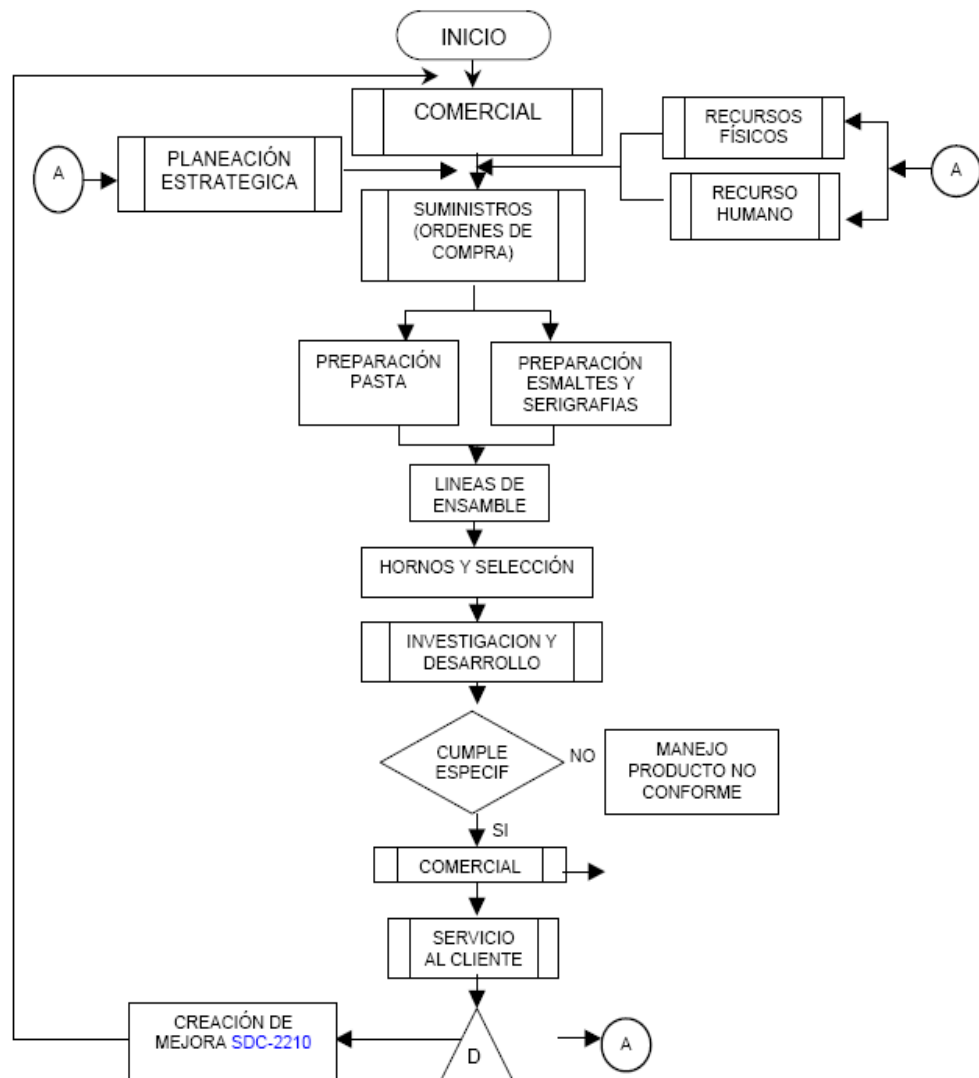
Formato (cm.)	Producción m ² /mes
20X30	35.000
25X35	180.000
28x45	90.000
31.5x31.5	125.000
44x44	420.000
Total	870.000

Fuente: Cerámica Italia S.A.

La caracterización del proceso de producción se muestra en la figura 17, la planta de producción opera las 24 horas del día, en tres turnos de ocho horas cada uno.

El personal de operación lo integran 175 empleados, distribuidos en las cuatro secciones de preparación pasta y esmalte, prensas y secaderos, líneas de esmaltado, hornos y selección.

Figura 17. Proceso de producción.



Los cargos existentes en las diferentes secciones de la planta se relacionan en la tabla 2.

Tabla 2. Cargos por sección de la planta.

Sección	Cargo
Preparación pasta	Operario de molino Operario de atomizador Operario de planta de agua
Preparación esmalte	Operario molino de esmalte Operario molino de serigrafía Operario surtidor
Prensas y secadero	Operario de prensas
Líneas de esmaltado	Operario de esmaltadora Operario de decoradora Operario de máquina de carga
Hornos	Operario de movimentación Operario de entrada horno Operario de horno
Selección y empaque	Operario de selección manual Operario de selección automática

Diariamente se efectúan reuniones de producción, donde se analiza el informe, en el que registran los inventarios, la cantidad de producto en proceso y terminado, los índices de calidad con sus respectivos defectos. De esta reunión diaria salen las acciones a efectuar en cada uno de los procesos para alcanzar las metas y objetivos propuestos, en cuanto a productividad y calidad.

1.4 SITUACIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO.

El objetivo del proceso mantenimiento en la compañía es mantener la continuidad de la operación, disminuyendo los paros imprevistos, asegurando así el correcto funcionamiento de los equipos para obtener productos de calidad.

Se cuenta con un número de personal de 19 técnicos de mantenimiento, como mano de obra directa, un dibujante, un planeador, dos jefes de mantenimiento mecánico, un jefe de mantenimiento eléctrico y electrónico y un director de ingeniería.

El jefe de mantenimiento se encarga de programar, evaluar, revisar, analizar, verificar y controlar cada una de las actividades de mantenimiento que se lleven a cabo en los equipos ubicados en las diferentes secciones de la empresa: preparación pasta y esmaltes, prensas, líneas, hornos, selección y empaque.

El planeador de mantenimiento genera las órdenes de servicio de acuerdo a la planeación del sistema de información, a través del módulo plan de mantenimiento, se asocian equipos y las actividades con una frecuencia establecida, generando el plan. Posteriormente en el módulo órdenes de trabajo se generan las órdenes a ejecutar.

Las órdenes de trabajo se realizan de acuerdo al código de la actividad requerida. Estas labores se relacionan en las guías de actividades para mantenimiento de cada sección de la empresa, en estas guías se describen los pasos o tareas a seguir en cada actividad relacionada en la orden de trabajo.

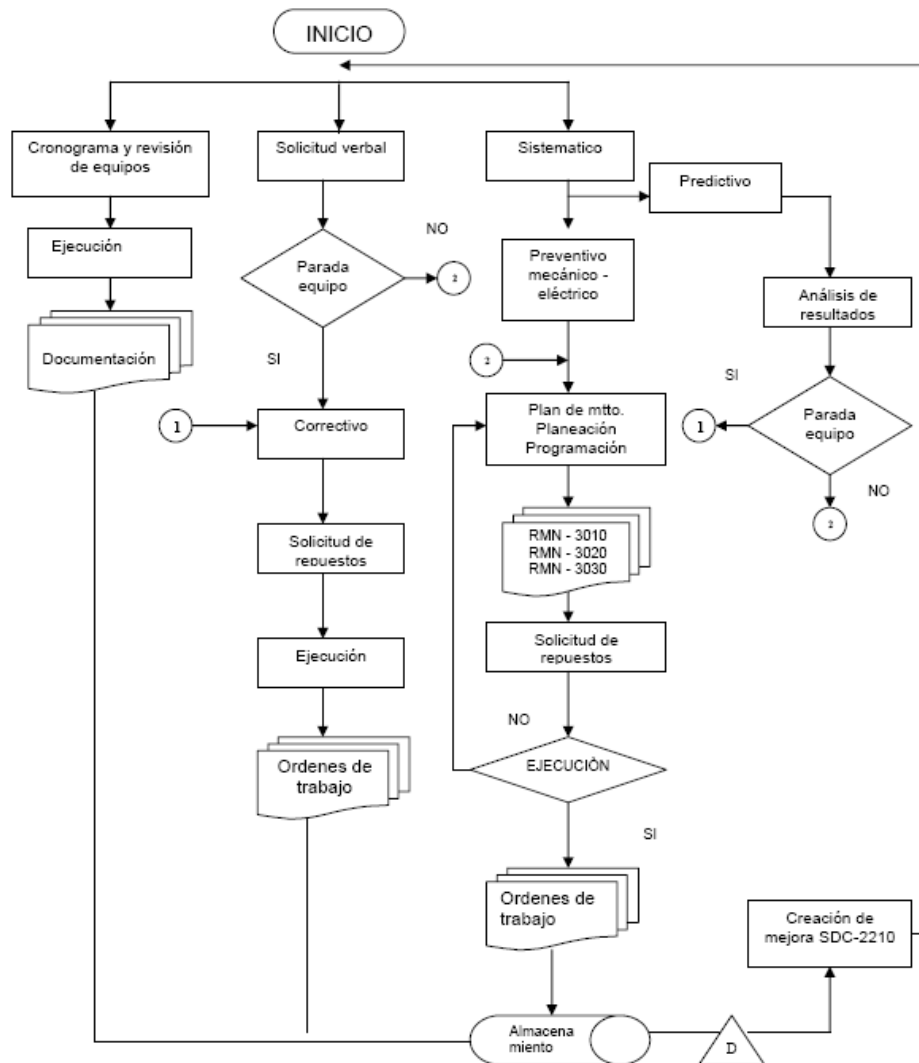
Las órdenes de mantenimiento preventivo y correctivo son ejecutadas por los técnicos de mantenimiento mecánico, eléctrico y electrónico, con el fin de asegurar el correcto funcionamiento de los equipos instalados.

Como labores generales del personal operativo de mantenimiento se tienen:

- Mantener, reparar y revisar los equipos.
- Inspeccionar y lubricar los equipos.
- Desarrollar programas de mantenimiento preventivo.
- Formular pedidos de repuestos, herramientas, equipos y servicios.

- Diligenciar los registros de mantenimiento.
- Trabajar en condiciones seguras cumpliendo con las normas de seguridad.
- Actuar como diagnosticador permanente de los equipos.
- Dar asistencia permanente a los operarios de los equipos.
- Realizar labores de mejoramiento en los equipos.

Figura 18. Proceso de mantenimiento.



Semanalmente se realizan reuniones de evaluación y seguimiento de la información, a la cual asisten los jefes de producción de cada sección, los jefes

de mantenimiento, el jefe de almacén, el asistente de materiales y el asistente de importaciones de maquinaria y repuestos.

En esta reunión se tratan temas y se revisan los compromisos adquiridos en la reunión anterior, se analizan los tiempos perdidos, sus causas y los costos de mantenimiento y producción, el cumplimiento de las órdenes de trabajo sistemáticas, programadas y correctivas, los repuestos nacionales e importados, de igual forma los trabajos especiales a realizar que ameriten una parada mayor a 8 horas o paradas totales y parciales de planta. La caracterización del proceso de mantenimiento se ilustra en la figura 18.

1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día las empresas compiten globalmente y no localmente, el mercado interno y externo cada vez es más exigente, los clientes nunca están satisfechos, lo cual implica tomar nuevas acciones para garantizar la permanencia de la compañía. Los clientes cada vez exigen productos personalizados a bajos precios, de buena calidad y con entregas oportunas. Lo cual conlleva a una necesidad de tener una mayor flexibilidad, productos de alta calidad y una renovación de ideas.

Existen pérdidas que afectan la productividad y capacidad competitiva de la compañía. La mayoría de ellas permanecen ocultas, sumergidas en la operación cotidiana. Estas son algunas de ellas:

Pérdidas por falta de demanda.

Pérdidas por paradas programadas.

Puestas en marcha, cambios de formatos, ensayos, programación.

Pérdidas por fallas en los equipos, esporádicas y crónicas.

Pérdidas de velocidad, pequeñas paradas, empalmes, falta de servicios e insumos (semielaborados), falta de personal.

Productos defectuosos.

Problemas de calidad producidos por los equipos.

Aspectos culturales y de formación del personal en la región.

En un mediano plazo de acuerdo con la tendencia actual, el valor del precio de venta se cruzará con el costo del producto, por lo cual se requiere implementar como reto de la compañía una metodología como el mantenimiento productivo total para incrementar su productividad y competitividad, de esta manera se busca la supervivencia de la compañía mediante la reducción de costos, la diversificación de los productos, el control de la calidad y la creación de un ambiente laboral agradable.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general. Diseñar la estrategia para la implementación del Mantenimiento Productivo Total en la empresa Cerámica Italia S.A.

1.3.2 Objetivos específicos. Estudiar los pilares fundamentales del mantenimiento productivo total, comprometiendo a la alta gerencia con la implementación (concientización y sensibilización) e involucrar a todo el personal de la compañía.

Identificar las características del área piloto donde se pueda iniciar el plan de implementación.

Elaborar el plan de implementación en el área piloto.

Elaborar un plan para capacitar a todo el personal de la compañía.

Diseñar los protocolos e indicadores para la eficiencia global de producción (EGP).

1.3.3 Alcance. El diseño de la estrategia para la implementación del Mantenimiento Productivo Total, se efectuará para el área de producción, específicamente en la línea producción.

2. EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL TPM

La globalización que vive hoy en día el mundo, lleva a las organizaciones no solo a ofrecer un bien o servicio de calidad a sus clientes, sino a ser más competitivos en términos de productividad. Para esto las empresas deben estar dispuestas al cambio permanente, realizando sus procesos de forma diferente a como se vienen efectuando para obtener resultados diferentes.

Es por esto que las empresas japonesas han alcanzado niveles altos de calidad y productividad, llegando a los límites de lograr cero defectos y cero fallas. Los sistemas o equipos son cada vez más complejos por lo que requieren desarrollar programas efectivos en cuanto a la operación y su mantenimiento, durante el ciclo de vida.

Muchos de los costos asociados al mantenimiento, se deben a fallas en los equipos, a la operación de un equipo con su función principal y funciones secundarias degradadas, a la falta de capacitación y conocimiento del personal de operación y mantenimiento, a las políticas de gerenciamiento inadecuadas, y a la falta de información, las cuales generan un gran desperdicio de recursos.

Es aquí donde el Mantenimiento productivo total (Total Productive Maintenance), reduce estos costos a través de programas participativos, orientados a aumentar la efectividad de los equipos, desde las fases de planificación y diseño de los mismos.

2.1 EVOLUCIÓN DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento desde los comienzos de la humanidad, hasta finales del siglo XVII, no tuvo gran desarrollo, no representó gran importancia, las máquinas intervenían poco en comparación con la alta participación de la mano de obra.

En 1880, se consideraba que el trabajo humano intervenía en un 90% para elaborar un producto, y el escaso restante 10% era trabajo efectuado por las máquinas¹.

2.1.1 Del mantenimiento correctivo hasta el Mantenimiento productivo total. En 1914, con la primera guerra mundial los equipos operaron a toda su capacidad, ocupadas en la industrial general y militar, haciendo que las máquinas tuvieran cada vez mayor importancia, logrando que la industria dependiera directamente del buen funcionamiento de éstas.

En este momento existía el mantenimiento correctivo, las máquinas solo se reparaban cuando fallaban, se pensaba solo en las acciones correctivas y no en el servicio que ésta prestaba, las cuales eran simples y sobredimensionadas, generando altos consumos de recursos, altos inventarios, con un gran gasto de dinero, por lo cual el mantenimiento fue visto como un gran gasto.

En esta época se ubica la primera generación del mantenimiento, en las décadas de 1940 – 1950.

En la década de los cincuenta, nació el concepto de mantenimiento preventivo, durante la segunda guerra mundial, se incrementó la demanda de bienes, generando un aumento en la mecanización y complejidad de las máquinas, lo cual hacía necesaria una mayor disponibilidad, mayor vida útil y menor costo. Al crearse la dependencia en la industria de las máquinas, se debían evitar las fallas, entonces el mantenimiento consistió en grandes reparaciones a un intervalo fijo, es decir las fallas eran asociadas al desgaste de sus piezas o componentes. En esta época el mantenimiento se consideraba una labor costosa pero necesaria.

¹ DOUNCE VILLANUEVA, Enrique. La productividad en el mantenimiento industrial. México : Continental, 2000. p. 2

En las décadas de los sesenta y setenta, las fallas en las máquinas afectaban la capacidad de producción, los costos y el servicio al cliente, por lo cual máquina era un medio para obtener un producto o servicio. A pesar que se tenían programas de mantenimiento preventivo, las fallas seguían ocurriendo. Por esta razón los fabricantes de la maquinaria hicieron cada vez estudios más profundos sobre la confiabilidad y mantenibilidad, con el fin de que las tareas de mantenimiento se minimizaran y fueran más productivas.

En estos últimos años el mantenimiento ha pasado de ser un costo sin importancia a ser un factor altamente influyente en los costos dentro del proceso productivo. Es aquí donde aparecen nuevas técnicas orientadas al servicio que proporciona la máquina, el mantenimiento predictivo o basado en condiciones, como parte significativa del mantenimiento productivo total y del mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Después de la segunda guerra mundial, las empresas japonesas se vieron en la necesidad de mejorar la calidad de sus productos, para competir en el mercado mundial, con este objetivo se incorporaron técnicas de gestión y fabricación de los Estados Unidos, adaptándolas a su entorno.

En 1970, el japonés Seiichi Nakajima desarrolló el sistema TPM (Mantenimiento Productivo Total), definido por el Instituto Japonés de Ingenieros de Plantas, hoy en día el Instituto Japonés para el Mantenimiento de Plantas, JIMP, con el cual se involucra al personal de producción y al de mantenimiento, en labores de mantenimiento productivo.

2.1.2 Inicio del Mantenimiento Productivo Total. Las compañías japonesas implementaron el mantenimiento productivo total en fases que corresponden al desarrollo en Japón del mantenimiento preventivo entre 1950 y 1980, por ejemplo, constituye un elemento esencial del sistema de producción de Toyota, de igual forma ha sido implementado en muchas filiales, de acuerdo con su creador Taiichi Ohno, el sistema de producción de Toyota está basado

en la eliminación total del desperdicio o despilfarro, que integrado con la producción justo a tiempo, se concentran los esfuerzos para lograr niveles cero de defectos e inventarios.

En la década de los ochenta, en Toyota, su presidente, describía la necesidad de un nuevo sistema que permitiera a la empresa ser rentable y sobrevivir con un nivel de operación de setenta por ciento para épocas de crisis, a través de la flexibilidad y la eficacia de los equipos, para esto se debían cumplir las siguientes políticas:

1. Restringir las inversiones en equipo innecesario.
2. Emplear al máximo el equipo disponible.
3. Aumentar la producción por equipo.
4. Mejorar la calidad a través de un correcto uso del equipo.
5. Reducir la mano de obra mediante las mejoras de la maquinaria.
6. Reducir los costos energéticos y de materiales a través de innovación en el equipo y la mejora de los métodos de operación.

Otros proveedores de Toyota como Nippondenso Co., comenzaron la práctica del mantenimiento productivo en 1961, para lograr alcanzar en 1969 con éxito el Mantenimiento Productivo Total, dos años más tarde fue la primera compañía en recibir el premio Planta Distinguida (premio PM) por su logro con el TPM, desde entonces este premio ha sido entregado todos los años basándose en la implementación del TPM.

Hoy en día el TPM en Toyota es un proceso corporativo que involucra a todo el personal de la compañía y lo emplea como parte de un sistema integral de gestión de los sistemas productivos, junto con el sistema Justo a Tiempo (JIT) y Control Total de la Calidad (TQC) para innovar continuamente sus sistemas productivos. Empresas como Toyota y Toshiba poseen sistemas de TPM muy avanzados, sus centros productivos son considerados como verdaderas

fábricas de conocimiento debido al número de ideas y aportes de sus empleados.

2.2 DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

El Mantenimiento Productivo Total (TPM), es el mantenimiento productivo realizado por todos los empleados, se basa en el principio de que la mejora de los equipos debe implicar a toda la organización, desde los operadores de la cadena hasta la alta dirección².

El Mantenimiento Productivo Total, es un sistema diseñado para mantener los equipos en el punto de máxima efectividad operativa.

El Mantenimiento Productivo Total, es una técnica que promueve un trabajo donde están siempre unidos, según los mismos objetivos el hombre, la máquina y la empresa.

Es la integración de mantenimiento con producción, teniendo como lineamiento central el desarrollo humano, factor principal para una alta productividad a través de su interacción con los equipos.

La palabra total en Mantenimiento productivo Total, tiene tres significados relacionados con tres importantes características del TPM.

Eficacia total. La búsqueda de eficacia económica o rentabilidad.

PM total. Mejora en la facilidad del mantenimiento y el mantenimiento preventivo. Establecer un plan para toda la vida del equipo, buscando un diseño libre de mantenimiento, que se logra alcanzar en las fases de diseño del equipo.

² NAKAJIMA, Seiichi. Programa de desarrollo del TPM. Madrid. Productivity press : 1991. p. 2

Participación total. El mantenimiento autónomo por la actividad de los operadores o pequeños grupos en cada departamento y cada nivel.

El TPM es una estrategia gerencial definida por acciones ordenadas y con metodología específica, que permite eliminar las grandes pérdidas de los sistemas productivos maximizando la eficiencia de éstos, contribuyendo al logro de los objetivos estratégicos de las operaciones como son la alta productividad, disminución de costos, desarrollo de talentos, mejora tecnológica, excelente calidad, alta disciplina en el trabajo y seguridad.

2.3 OBJETIVOS

El TPM es el mantenimiento de los equipos llevado a cabo en el conjunto de la compañía. El término TPM, fue definido en 1971 por el Instituto Japonés para el Mantenimiento de Plantas (JIMP), el cual incluye los siguientes objetivos o metas.

2.3.1 Maximizar la eficacia del equipo. En la forma cuantitativa se alcanza aumentando la disponibilidad del equipo y mejorando la productividad. En forma cualitativa reduciendo el número de defectos, estabilizando y mejorando la calidad.

2.3.2 Desarrollar sistemas de mantenimiento para la vida útil del equipo. Consiste en crear mecanismos para prevenir las diversas pérdidas, obteniendo cero defectos y el mínimo de fallas, disminuyendo el costo del ciclo de vida del sistema de producción.

2.3.3 Comprometer a todos los departamentos. Implicar desde los que planean, diseñan, utilizan o mantienen los equipos, extendiéndose a los departamentos de desarrollo, ventas, logística, administración, incluyendo proveedores y contratistas.

2.3.4 Contar con la participación de todos los empleados. Se requiere la participación desde la alta dirección hasta los operarios de primera línea.

2.3.5 Promover el TPM a través de la gestión de la motivación. Se efectúa por medio de actividades de mejora simultáneas de pequeños grupos, mejorando la calidad del personal operadores, personal de mantenimiento e ingenieros.

2.4 EFICACIA DEL EQUIPO

La meta del TPM es aumentar la eficacia del equipo de manera que cada componente se pueda operar óptimamente y ser mantenido en este nivel, de manera estable de tal manera que se logre cero defectos y cero fallas.

2.4.1 Visión general del funcionamiento del TPM. La implementación del TPM requiere tomar una serie de medidas para crear el ambiente para su desarrollo. Antes de implementarse se debe hacer un diagnóstico de las pérdidas en la empresa.

Son dieciséis tipos de pérdidas que impiden la eficiencia global del sistema productivo. Ocho están relacionadas con las pérdidas de eficiencia del equipo:

1. Fallas en los equipos.
2. Cambios de producción.
3. Ajustes.
4. Puestas en marcha.
5. Pérdidas de velocidad.
6. Productos defectuosos.
7. Paradas menores.
8. Pérdida por paradas programadas.

Cinco pérdidas impiden la eficiencia del trabajo de las personas:

1. Dirección
2. Movimientos
3. Organización de las líneas de producción
4. Pérdidas resultantes al automatizar
5. Medidas y ajustes

Tres pérdidas adicionales impiden el pleno uso de los recursos de producción:

1. Pérdida por desperdicio de materiales e insumos
2. Pérdidas de energía
3. Pérdidas de herramientas

Según el TPM, la eficacia del equipo la limitan seis tipos de pérdidas, por fallas, por preparación y ajustes, por paradas menores, por rendimiento, por calidad y repetición de trabajos y por puesta en marcha.

2.4.2 Pérdidas por fallas. Estas causan dos tipos de pérdidas, de tiempo cuando se reduce la productividad y pérdidas de cantidad, causadas por productos defectuosos. Para maximizar la eficacia del equipo, se deben reducir las fallas a cero.

Estas pérdidas son debidas a paradas por ruptura, fallos repentinos, drásticos o inesperados en el equipo, conocidas como fallas esporádicas. Estas fallas no ocurren con mucha frecuencia pero les corresponden un alto porcentaje de las pérdidas totales. Son una desviación del estándar una vez que desaparecen el equipo vuelve a su condición de operación normal y generalmente una falla esporádica no se relaciona con otra del mismo tipo.

Las pérdidas crónicas, son pequeñas paradas repetidas, las cuales ante muchos intentos de eliminarlas se descuidan y se siguen presentando. Son

fáciles de corregir, pero difíciles de controlar, afectando directamente la producción y el mantenimiento, al sumarlas en un periodo de tiempo inciden considerablemente en la rentabilidad de la empresa. Generalmente este tipo de fallas requiere un cambio de diseño en el equipo.

2.4.3 Pérdidas por preparación y ajustes. Cuando se termina la realización de un producto y se debe cambiar para iniciar uno nuevo, se presentan pérdidas durante la preparación, el cambio y la regulación o ajustes a efectuar para normalizar los procesos o la puesta a punto del producto, resultando como consecuencia productos no conformes o defectuosos y las pérdidas de tiempo.

2.4.4 Pérdidas por paros menores. Estos son generados por atascos o funcionamientos anormales que interrumpen la producción, los cuales son solucionados o despejados rápidamente, estos paros frecuentemente inciden en la eficacia del equipo, al ser pequeños no se cuantifican. Para resolverlos se debe analizar las condiciones operativas y eliminar estos pequeños defectos.

2.4.5 Pérdidas por reducción de velocidad. Los equipos están diseñados para ser operados a una velocidad de diseño, la diferencia de ésta con la velocidad real generan estas pérdidas, debidas a posibles problemas mecánicos y de calidad. Pueden generarse por deficiencia en otros procesos o comportamiento de los insumos o materias primas, las cuales no permiten la operación de los equipos a la velocidad de diseño.

2.4.6 Pérdidas de calidad y reprocesos. Este tipo de pérdidas son generados por defectos de calidad y repetición de los trabajos. Es relacionada con la producción de buena calidad y la producción total, se ve afectado por la producción rechazada, defectuosa que no satisface los estándares de calidad establecidos.

Son causadas por funcionamientos anormales en los equipos, la falta de capacitación del personal de operación y mantenimiento. Generalmente son ocurrencias esporádicas de fácil identificación y corrección, por otro lado son ocurrencias crónicas, que son de difícil identificación. La reducción o eliminación de éstas requiere investigación y acciones innovadoras.

2.4.7 Pérdidas por arranque o puesta en marcha. Se ocasionan en las fases iniciales de la producción, desde el arranque del equipo hasta su estabilización, normalmente suman grandes tiempos y pasan desapercibidas por el personal de operación, mantenimiento y supervisión.

En la tabla 3, se exponen las metas de mejoras para reducir las pérdidas que se han mencionado anteriormente.

Estas pérdidas se pueden dar como resultado después de una parada por mantenimiento, la corrección de una falla, la inestabilidad de la propia operación, la falta del conocimiento de operación

Tabla 3. Metas de mejora de pérdidas crónicas³.

³ NAKAJIMA, Seiichi. Programa de desarrollo del TPM. Madrid : Productivity press : 1991. p. 33

Tipo de pérdida	Meta	Explicación
1. Pérdidas por fallas.	0	Reducidas a cero en todos los equipos.
2. Pérdidas por preparación y ajustes.	Minimizar	Reducir los cambios de útiles a menos de 10 minutos.
3. Pérdidas de velocidad.	0	Llevar la velocidad de operación actual a la prevista en el diseño, hacer mejorar para elevar la velocidad de diseño.
4. Pérdidas por paros menores.	0	Reducir a cero en todos los equipos.
5. Pérdidas de calidad y reprocesos.	0	Ocurrencias aceptables sólo extremadamente ligeras. (Por ejemplo 30 – 100 ppm).
6. Pérdidas por arranque.	Minimizar	

2.4.8 Cálculo de la efectividad del equipo. La efectividad operacional global es medida, a través del producto de la tasa de la disponibilidad operacional por la tasa de desempeño o rendimiento operacional y por el índice o tasa de calidad.

Se obtiene mediante la siguiente fórmula:

EFFECTIVIDAD GLOBAL DEL EQUIPO =
DISPONIBILIDAD X TASA DE RENDIMIENTO X TASA DE CALIDAD

En la tabla 4, están agrupados los factores de la efectividad global de los equipos de acuerdo con las pérdidas.

Tabla 4. Factores de la efectividad global de los equipos⁴.

DISPONIBILIDAD	TASA DE RENDIMIENTO	TASA DE CALIDAD
Pérdidas por fallas. Pérdidas por preparación y ajustes.	Pérdidas por tiempos muertos y paros menores. Pérdidas por reducción de velocidad.	Defectos de calidad y reprocesos en trabajos. Pérdidas de puesta en marcha.

La disponibilidad operativa, es mejorada por la eliminación de fallas, pérdidas en la preparación y ajuste y pérdidas por otras paradas.

El rendimiento, es mejorado por la eliminación de las pérdidas de velocidad, paradas menores y tiempos muertos.

La calidad, mejora con la eliminación de defectos de calidad en el proceso durante la puesta en marcha.

La disponibilidad operacional se define mediante la siguiente relación:

$$DP = \frac{\text{TIEMPO DE CARGA} - \text{TIEMPO DE PARADA}}{\text{TIEMPO DE CARGA}}$$

⁴ NAKAJIMA, Seiichi. Programa de desarrollo del TPM. Madrid : Productivity press, 1991. p. 34

El tiempo de carga o de operación programado es el tiempo en el cual el equipo debe estar en operación, en un periodo de tiempo. En este no se incluyen los tiempos por paradas programadas como descansos, reuniones o paradas para mantenimiento programado.

El tiempo de parada, son los tiempos muertos no programados, algunos asignados a mantenimiento y otros a producción, como fallas, ajustes o cambios de producción, cambios de herramientas y otras paradas.

La tasa de rendimiento o desempeño se calcula mediante la siguiente relación:

RO = TASA DE OPERACIÓN NETA X TASA DE VELOCIDAD OPERATIVA

$$TON = \frac{CAPACIDAD PRODUCIDA \times TIEMPO DE CICLO REAL}{TIEMPO DE CARGA - TIEMPO DE PARADA}$$

$$TVO = \frac{TIEMPO DE CICLO REAL}{TIEMPO DE CICLO IDEAL}$$

La tasa o índice de calidad es obtenido por la relación entre la calidad de los productos aceptables y la calidad total de productos.

$$IC = \frac{CANTIDAD PROCESADA - CANTIDAD DE DEFECTOS}{CANTIDAD PROCESADA}$$

Los niveles de la efectividad global varían dependiendo de cada tipo de industria, características del equipo y sistemas de producción implicados.

El promedio de la efectividad de equipos era de 40 a 60% en las compañía que investigó el JIMP, sin embargo este estándar puede incrementarse al 85 – 95%⁵. En la tabla 5 se exponen algunas metas.

Tabla 5. Metas propuestas en algunas empresas al implementar TPM⁶.

Objetivo	Medida	Meta
Reducir fallos en los equipo	xx/mes	menos de 10 al mes
Relación de fallos en equipos	xxx cada x horas	Menos de 0,1 % cada x horas
Frecuencia de fallos en equipos	0,x %	Menos del 0,2 %
Tiempo de parada	xx horas por mes	Menos de 1/5
Eficiencia general de equipos	EGP	Más de 80 %
Aumento de productividad	xx %	Más de 50 %
Reducción de productos con defectos	0, x %	Menos de 0,1 %
Economías en energía	Valor de referencia	Menos de 70 %
Número de proyectos Kaizen	Número	Más de 2 por persona
Accidentes de trabajo	0 al año	0 al año

2.5 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LAS CINCO “S” EN MANTENIMIENTO

Las cinco palabras japonesas desarrolladas en los primeros años de los ochenta, han sido consideradas como factores claves para lograr la calidad total en el ambiente de trabajo, han sido aplicadas en un gran número de empresas industriales y de servicios, tanto en producción como mantenimiento, como soporte fundamental de cualquier proceso, como lo es en el TPM.

⁵ NAKAJIMA, Seiichi. Programa de desarrollo del TPM. Madrid : Productivity press, 1991. p. 40

⁶ ALVAREZ LAVERDE, Humberto. Manual elemental del TPM. Barcelona : Advanced Productive Solutions, 2007, p. 8.

Las cinco S, implican una transformación cultural en la organización, con la introducción de los valores que se crean, no solo como principios básicos de mejoramiento de cualquier proceso en las empresas, sino en el mismo personal transmitiendo esta transformación al exterior.

2.5.1 Seleccionar (Seiri). Se puede definir como el arte de liberarse, separando las cosas necesarias de aquellas innecesarias, es decir distinguir entre lo que se necesita y se guarda y lo que no se necesita y se retira, dando un destino para aquellas que son innecesarias. Como por ejemplo, productos rotos, equipos que no funcionan correctamente, cosas que ya no sirven, procesos obsoletos, falta de procesos, limpieza general, grandes manchas, polvo acumulado, basura, cosas fuera de lugar.

Tiene como finalidad facilitar el trabajo, eliminando los obstáculos, prescindiendo de los objetos innecesarios y evitar la pérdida de los necesarios, evitando errores o fallas producidas por elementos inapropiados.

2.5.2 Ordenar (Seiton). Consiste en organizar o guardar los elementos necesarios que deben permanecer a nuestro alrededor, de tal forma que sean fácilmente conseguibles, de acuerdo con la facilidad de uso, teniendo en cuenta la frecuencia, el tipo y el peso del objeto. Al crear un ambiente ordenado es más agradable trabajar en él y por consiguiente más productivo.

Ordenar significa organizar el modo de guardar los objetos necesarios haciendo más fácil para cada uno encontrarlas, usarlas y devolverlas.

Tiene como finalidad prever las pérdidas de tiempo en la búsqueda y traslado de objetos, que producen demoras en los tiempos de operación y mantenimiento.

2.5.3 Limpiar (Seiso). Limpiar el lugar de trabajo para descubrir y atacar la fuente de los problemas, reduciendo los problemas en los equipos y la

contaminación, generando un ambiente de trabajo impecable, haciendo el trabajo más eficiente. El éxito de limpiar depende en una organización de la actitud de todos y cada uno de sus trabajadores.

Tiene como objetivo verificar la condición del equipo, realizar su reparación si es el caso y ajustes cuando sea necesario, de igual forma crear un sitio de trabajo seguro y agradable.

2.5.4 Estandarizar (Seiketsu). Mantener los niveles alcanzados anteriormente, estandarizando las actividades y los procedimientos de operación y mantenimiento. Encontrar formas más fáciles y efectivas de hacer las cosas bien, construyendo guías accesibles a todo el personal, para que todos realicen el trabajo de la misma forma.

Un estándar debe colocarse en un lugar visible, debe ser fácil de leer y entender para todos, y todos deben tener acceso a él.

2.5.5 Autodisciplina (Shitsuke). Cumplir las normas y respetar las reglas, logrando que los trabajadores practiquen y mantengas las nuevas costumbres y valores alcanzados.

2.5.6 Beneficios de las 5 “S”. Los beneficios que se pueden lograr o alcanzar con la implementación son los siguientes:

- Cero despilfarros, menores costos y capacidad elevada.
- Cero daños y mejora de la seguridad.
- Cero fallas y mejor mantenimiento.
- Cero defectos y alta calidad.
- Cero cambios de útiles facilita la diversificación de la producción.
- Cero retrasos y confiabilidad de entregas.
- Cero quejas
- Cero números rojos y crecimiento corporativo.

2.6 PILARES FUNDAMENTALES DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.

Para eliminar las pérdidas generadas en los procesos productivos, es necesario emplear una metodología o seguir unos pasos, los cuales han sido desarrollados como pilares fundamentales o estrategias específicas, definidos por el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas JIMP, los cuales representan un grupo de actividades con el propósito específico de mejora en una organización.

Los efectos progresivos que se logran con estos pilares son⁷:

- Eliminar las pérdidas.
- Prevenir que vuelvan a ocurrir.
- Innovar o transformar radicalmente el sistema productivo.
- Crecimiento de las personas.
- Transformación de la empresa.

La aplicación de estos pilares, depende de varios factores en la organización como el grado de desarrollo tecnológico, el estado actual de los equipos, el nivel de formación del personal, el grado de interés o el involucramiento de la alta gerencia.

2.6.1 Mejora enfocada. Permite aumentar la eficiencia en procesos y equipos. Son actividades orientadas a eliminar las pérdidas existentes en el proceso productivo y maximizar así la Efectividad Global. Se identifican objetivos de mejora, y se aplica la metodología de análisis y solución de problemas.

⁷ ALVAREZ LAVERDE, Humberto. Manual elemental del TPM. Barcelona : Advanced Productive Solutions, 2007, p. 8.

La mejora enfocada son las actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo con el objeto de maximizar la efectividad global de equipos, procesos y plantas.

La empresa cuenta con herramientas de mejora en el proceso de control total de la calidad, solo es adaptarlas al entorno del mantenimiento productivo total.

Generalmente el procedimiento a seguir para efectuar mejoras enfocadas incluye los pasos del ciclo de Deming o PHVA (planear, hacer, verificar, actuar).

En este pilar se deben establecer:

- Las condiciones óptimas operativas de los equipos.
- Mejora de la eficacia, a través de la reducción o eliminación de las seis grandes pérdidas.
- Eliminar las causas de las pérdidas ocultas a través del análisis profundo del problema por personal especializado.
- Evitar los análisis superficiales.

El diagnóstico del problema se elabora usando una de las siguientes herramientas técnicas:

- Principio de Pareto.
- Diagrama causa efecto
- Método AMFE (análisis de los modos y efectos de fallas).
- Árboles de fallas.

2.6.2 Mantenimiento autónomo. Con este pilar se pretende establecer que quien opere el equipo, también lo mantenga. A medida que la tecnología se ha incorporado en los equipos, el personal de mantenimiento asumía toda la responsabilidad por las labores de mantenimiento, mientras que producción

solo le interesaba la salida de los productos. Hoy en día este concepto ha cambiando, las empresas debido a su bajo crecimiento deben estimular la competitividad y reducir los costos para mantenerse en el mercado, teniendo como factor principal para el logro de esto la eficacia del equipo.

Con la participación de los operadores en las labores de mantenimiento, siendo responsables también por el deterioro de los equipos, es más fiable que se alcancen los objetivos trazados por mantenimiento, mientras que el personal de mantenimiento se vuelve más experto, logrando un mantenimiento eficiente.

El personal de operación realiza las labores de mantenimiento menores o básicas para el equipo, desarrollando como beneficios la capacidad técnica y aumentando la responsabilidad.

En los sistemas productivos, el operario es la persona que más tiempo pasa cerca de la máquina, por consiguiente debe conocerla a fondo, a través de este conocimiento el personal domina las características de operación y mantenimiento, teniendo en cuenta la importancia de realizar las labores y participar en el análisis de fallas, evitando generar pérdidas de eficiencia en la operación y el deterioro de las máquinas.

Los operadores deben tener el siguiente conocimiento y dominar las siguientes tecnologías:

- Conocimiento y capacidad de descubrir fallas o problemas, defectos o desperdicios en el sistema productivo.
- Conocimiento y capacidades para comprender el funcionamiento de los equipos, con el fin de encontrar las causas de las posibles fallas.
- Conocimientos y capacidades para comprender la relación entre los equipos y la calidad de los productos, con el fin de prevenir la presencia de defectos.
- Conocimientos y capacidades para realizar labores de mantenimiento menores.

- Capacidad para realizar en grupo labores de mejoramiento.

Existen siete pasos para la implementación del mantenimiento autónomo, los cuales son:

- Limpieza inicial.
- Encontrar y eliminar fuentes de contaminación, mejorar áreas de difícil acceso.
- Estandarizar actividades de mantenimiento autónomo (limpieza y lubricación).
- Capacitación en inspección general.
- Inspección autónoma.
- Organización del área de trabajo (gestión y control).
- Implementación del programa de mantenimiento autónomo.

2.6.3 Mantenimiento planeado. Se busca establecer procedimientos adecuados para las intervenciones preventivas, mejorando la eficacia del sistema de mantenimiento usado por la empresa. Este es uno de los pilares que ayuda significativamente a mejorar la productividad y permite mantener los logros alcanzados en los otros pilares. Se fundamenta en la recolección de información de los equipos durante su operación y los estudios de la ingeniería de mantenimiento.

El mantenimiento preventivo está orientado a eliminar las fallas o problemas en los equipos durante la operación que puedan detener la producción o generar pérdidas de la función.

Se basa en dos actividades, una en la inspección periódica y la segunda en la restauración planificada del deterioro encontrado en las inspecciones. Aquí todo el mantenimiento de rutina diario se considera como parte del mantenimiento preventivo.

Dentro de las actividades del mantenimiento planificado está la fijación de estándares de mantenimiento, la elaboración y ejecución de planes de mantenimiento, registro de mantenimiento y actividades de restablecimiento de las condiciones operacionales normales de los equipos.

En este pilar es importante resaltar las razones por las cuales se deben estandarizar las actividades de mantenimiento:

Todas las actividades de mantenimiento no pueden realizarse eficazmente si cada una de las personas las hace a su manera, pensando que así está bien, es decir cada uno impone su propio criterio.

El aprendizaje de las técnicas de mantenimiento tarda cierto tiempo, por tal razón si no se estandarizan, el personal de mantenimiento tendrá mayor número de solicitudes.

El trabajo de mantenimiento es menos repetitivo comparado con el de producción, lo cual hace que sea menos eficiente. Este depende de las habilidades del personal y se realiza muchas veces en condiciones de alta presión.

A través de este pilar también se busca establecer un control de las piezas de repuesto, cumpliendo con los siguientes propósitos:

Promover una mayor confiabilidad del equipo y alargar la vida útil de los equipos a través de la compra, fabricación y almacenaje de elementos de repuesto.

Asegurar la disposición de las piezas de repuesto en el momento justo, minimizando el tiempo muerto de mantenimiento y las pérdidas de producción generadas por las fallas.

Reducir los inventarios y sus costos de compra y almacenamiento, incluyendo los de mantenimiento, es decir todas las acciones que se deben emprender para conservarlos en buen estado hasta su uso.

El control del presupuesto de mantenimiento puede tener diferentes características de acuerdo con la persona que lo analizará. Por los menos deben tener informes en los tres niveles de visión, gestión y técnico. Los costos de mantenimiento se agrupan en tres categorías: costos de mano de obra, costos de material y costos de contratación.

El control de la lubricación asegura el correcto funcionamiento del equipo evitando las pérdidas y contaminación, mejorando la productividad, reduciendo los costos de operación y mantenimiento. El control está dividido entre los lubricantes usados teniendo en cuenta su aceptación, compra, almacenamiento, disposición de lubricantes usados y el control de las técnicas empleadas, como el tipo, la cantidad, método y programación.

El mantenimiento predictivo y las técnicas de diagnóstico, son altamente empleados para mejorar la confiabilidad de los equipos, en sustitución del mantenimiento periódico y revisión general. Este consiste en aplicar una técnica con la cual se monitorean los parámetros fundamentales de operación a través del procesamiento de señales para diagnosticar la condición actual del equipo y establecer tendencias para determinar la vida útil de la máquina sin fallas.

2.6.4 Mantenimiento de la calidad. Se busca establecer la evaluación de la interferencia y de la condición operativa del equipo. Tiene como propósito contribuir a lograr productos de alta calidad a través de la inspección y control de los parámetros técnicos del equipo que inciden en las variables de calidad del producto.

Las acciones de mantenimiento aseguran la calidad del producto debido a que el equipo está libre de fallas y es confiable. Se emplean técnicas de ingeniería de mantenimiento, análisis de procesos y métodos de calidad para identificar los parámetros a controlar.

El mantenimiento de la calidad se considera como un paso relativamente avanzado del TPM, generalmente se entiende que cuando un equipo produce problemas, fallan y se detienen, pero se pueden presentar fallas que no detienen el funcionamiento del equipo pero producen problemas de calidad en el producto final. Este mantenimiento de calidad está orientado a las condiciones del producto resultante⁸.

2.6.5 Prevención del mantenimiento. Se busca establecer la mejor tecnología en los equipos de producción, para obtener mayor disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad, operación, seguridad y economía. Significa instalar un equipo que sea fácil de mantener y operar.

Las actividades de prevención del mantenimiento se definen como la gestión temprana del equipo desde su diseño hasta la puesta en marcha o primera operación real.

2.6.6. Mantenimiento en áreas administrativas. Consiste en reducir las pérdidas que se generan en el trabajo manual de las oficinas. Básicamente es implementar el programa de las cinco "S". Evitando pérdidas de información y coordinación.

2.6.7 Seguridad, salud y medio ambiente. En este pilar se establecen el tratamiento de políticas de prevención de accidentes y la definición de recomendaciones de seguridad para ser implementadas en las órdenes de trabajo.

⁸ ÁLVAREZ LAVERDE, Humberto. Introducción seminario TPM. En: SEMINARIO MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL. Memorias del seminario introducción al TPM: Bogotá, 2007. p. 46

La evaluación del costo directo e indirecto de los accidentes, el establecimiento de las acciones necesarias para lograr la meta de cero accidentes que dependen de la capacitación del personal, de la protección industrial y el diseño de la máquina y cero contaminación del agua, del aire y el ruido.

2.6.8 Educación y formación. Este pilar está enfocado al desarrollo de todas las habilidades para lograr un alto desempeño del personal en su trabajo, operadores capaces de realizar labores menores de mantenimiento, mantenedores capaces de realizar actividades múltiples, técnicas avanzadas e ingenieros de producción y mantenimiento capaces de evaluar, revisar y proyectar equipos libres de mantenimiento, a través de técnicas empleadas en el mantenimiento autónomo, mejoras enfocadas y herramientas de calidad.

3. DISEÑO DE LA ESTRATEGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL TPM EN CERÁMICA ITALIA S.A.

La implementación del TPM, en Cerámica Italia S.A., tiene como objetivo central aumentar la productividad, maximizando la eficiencia de todos sus sistemas productivos, integrándolo con los sistemas de gestión instaurados en la compañía, como se aprecia en la tabla 6.

Tabla 6. Relación de los sistemas de gestión y los pilares del TPM.

Sistema Pilar	ISO 9001	BASC
Mejora enfocada	X	
Mantenimiento autónomo	X	X
Mantenimiento planificado	X	
Mantenimiento de calidad	X	
Prevención del mantenimiento	X	
Educación y formación	X	X
Seguridad, salud y medio ambiente	X	X
Mantenimiento en áreas administrativas	X	X

3.1. ESTADO ACTUAL DE LOS EQUIPOS

Todos los equipos instalados en la planta, se encuentran incluidos en el plan de mantenimiento establecido, a través del sistema de información de mantenimiento o CMMS (Computerized Maintenance Management Systems),

con el cual se realiza toda la programación de manera sistemática de las órdenes de trabajo.

La tecnología de los equipos instalados actualmente va desde el años 1983 hasta tecnología de punta del año 2007, por lo cual algunos equipos se encuentran en periodo de reposición por obsolescencia, la cual se viene efectuando con mayor agilidad desde el año 1998, debido al crecimiento de participación en el mercado y la tendencia en el diseño de los productos, la cual tiene dos factores importantes relacionados con el tamaño y el valor agregado, lo cual implica el uso de una mayor tecnología, buscando diferenciarlos respecto a los de la competencia, lo cual es necesario para hacer presencia competitiva en el mercado.

3.2 MEDICIÓN DE PÉRDIDAS EN LOS EQUIPOS

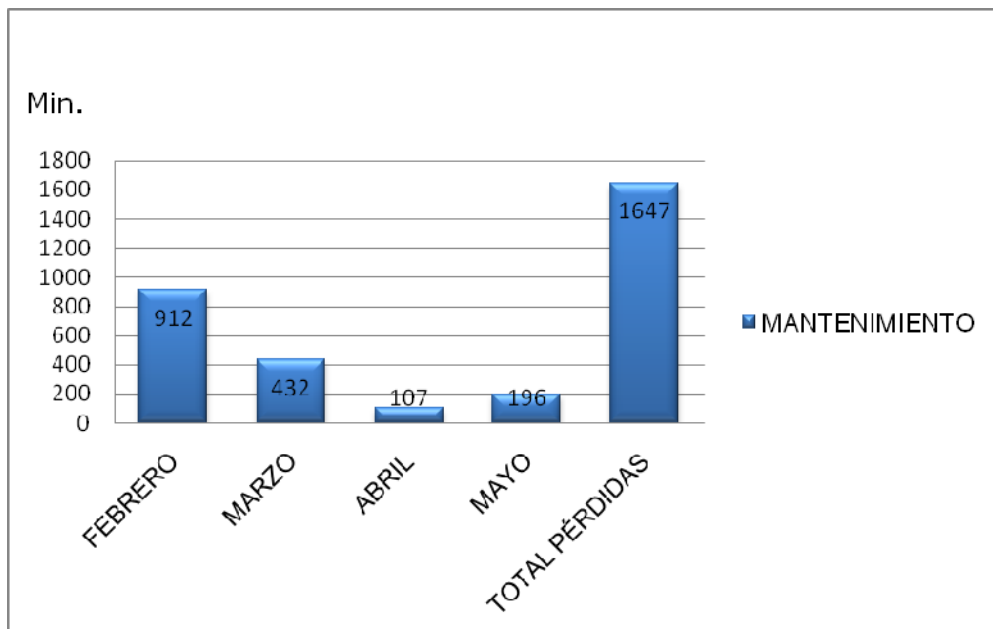
El inicio o arranque del TPM, se logra con la medición de las pérdidas actuales en los equipos de la planta, para de esta manera determinar o establecer las áreas piloto y efectuar seguimiento a las mejoras realizadas y el avance del plan de implementación, valorando los logros alcanzados.

Durante cuatro meses se efectuaron mediciones de pérdidas de tiempo en los equipos ubicados en la línea de producción, una vez tomada esta información se clasificó, registró y graficó de acuerdo con los seis tipos de pérdidas principales que afectan la eficacia global de los equipos, pérdidas por fallas, por preparación y ajustes, por paradas menores, por rendimiento, por calidad y repetición de trabajos y por puesta en marcha. De acuerdo a los resultados, se eligió la línea de producción con la menor efectividad global de equipos, como área piloto para la implementación.

3.2.1 Pérdidas por paradas programadas de mantenimiento. Estas pérdidas están relacionadas con el tiempo muerto planificado perdido cuando se paran los equipos para efectuar las actividades de mantenimiento sistemático o

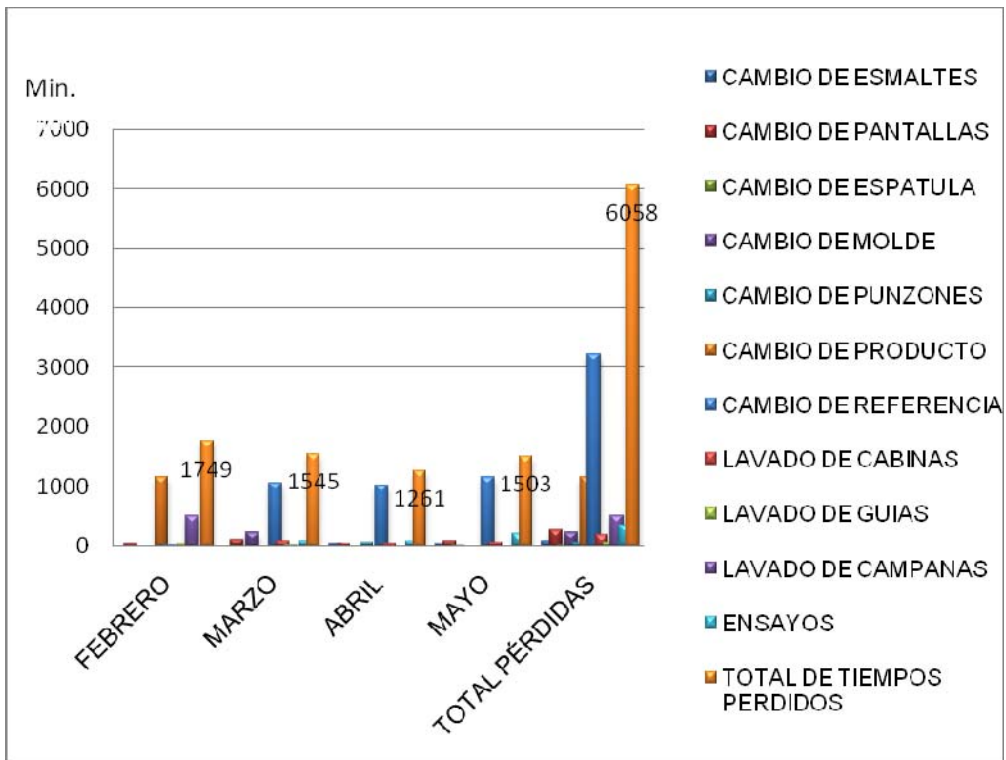
programado, incluye inspecciones, lubricación, órdenes sistemáticas y programadas. El total del tiempo empleado en las paradas programas es de 1647 minutos. Ver figura 19.

Figura 19. Paradas programadas por mantenimiento.



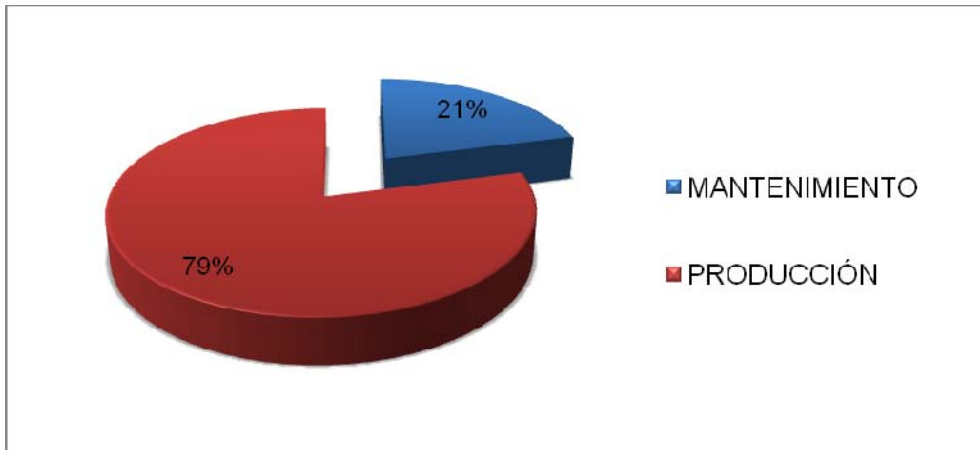
3.2.2 Pérdidas por paradas programadas de producción. Estas pérdidas están relacionadas con los tiempos perdidos por detenciones en los equipos ocasionados por los cambios establecidos en el programa de producción. Se consideran que afectan la disponibilidad cuando superan los treinta minutos, en caso contrario afectan el rendimiento del equipo, es decir se consideran pérdidas menores. Las pérdidas totales generadas por las diferentes paradas suman un tiempo de 6058 minutos, siendo la principal pérdidas los cambios de referencia. Ver figura 20.

Figura 20. Paradas programadas por producción.



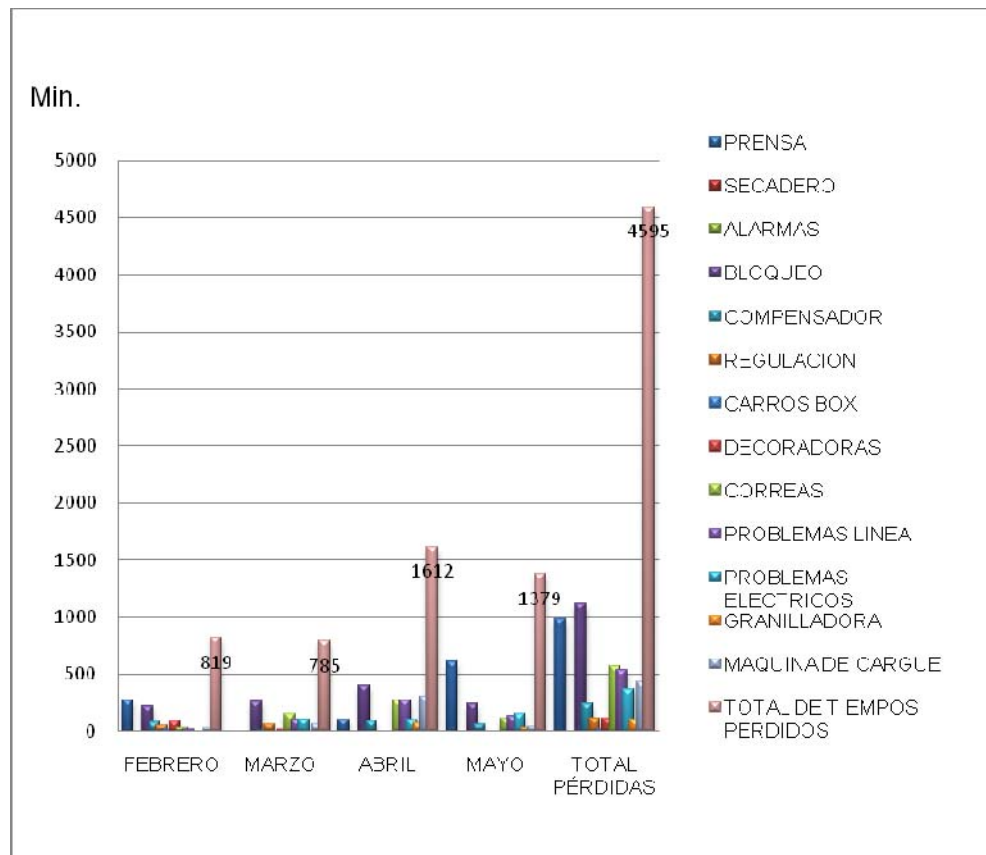
En la figura 21, se evidencia que el mayor porcentaje de pérdidas por paradas programadas son generadas en un 79% por producción.

Figura 21. Pérdidas por paradas programadas.



3.2.3 Pérdidas por fallas. Dentro de estas pérdidas se establecieron los tiempos perdidos generados cuando los equipos pierden su función principal, es decir se detienen completamente. Véase figura 22.

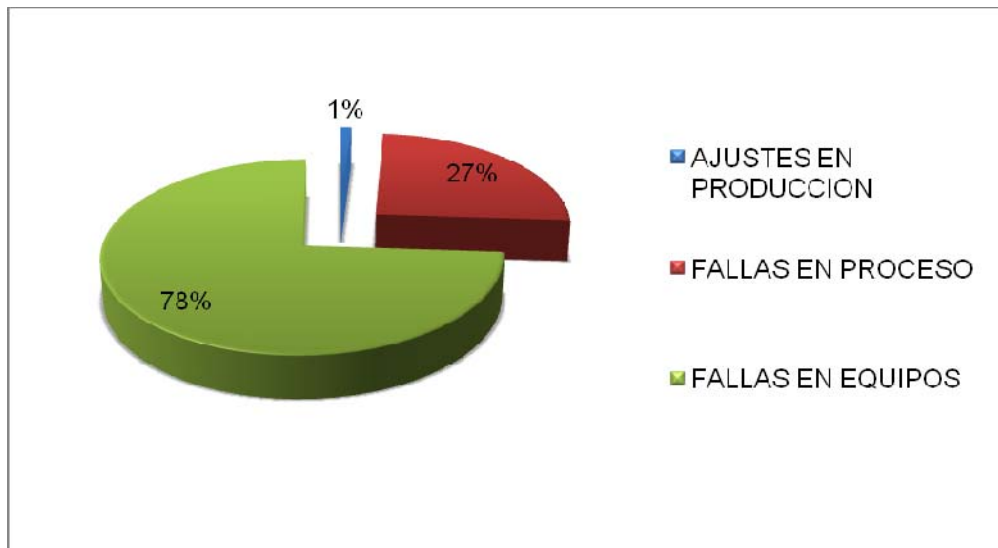
Figura 22. Fallas en los equipos.



La mayor representación de estos tiempos está reflejada por fallas en la prensa y línea de transporte.

Como se evidencia en la figura 23, el mayor porcentaje de pérdidas por paradas no programadas lo representan las fallas en los equipos con un 78%.

Figura 23. Pérdidas por paradas no programadas.



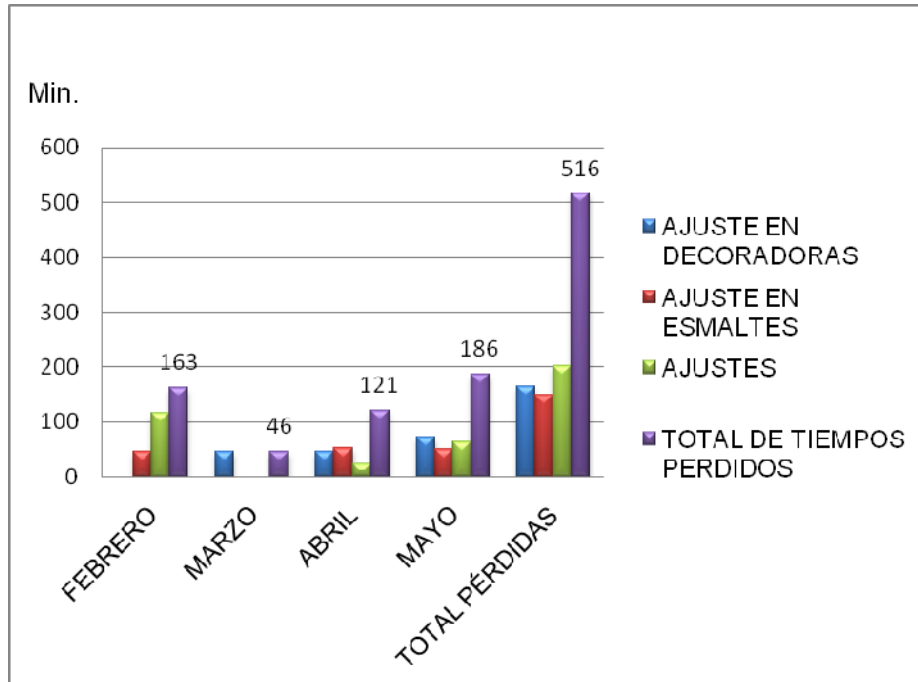
3.2.4 Pérdidas por preparación y ajustes. Representan las pérdidas de tiempo productivo generadas por cambios o ajustes en el programa de producción. Véase figura 24.

Estos tiempos corresponden a los ajustes en decoradoras los cuales son efectuados luego de cambiar de referencia, de producto, de pantallas, de espátula o cualquier otro ajuste que se requiera en el proceso de decoración para que el producto salga conforme.

Los ajustes en esmaltes, son principalmente ajuste a las condiciones o normas establecidas de viscosidad, densidad y residuo.

Los ajustes corresponden a tiempos empleados para llevar a punto los procesos que conforman la línea de producción.

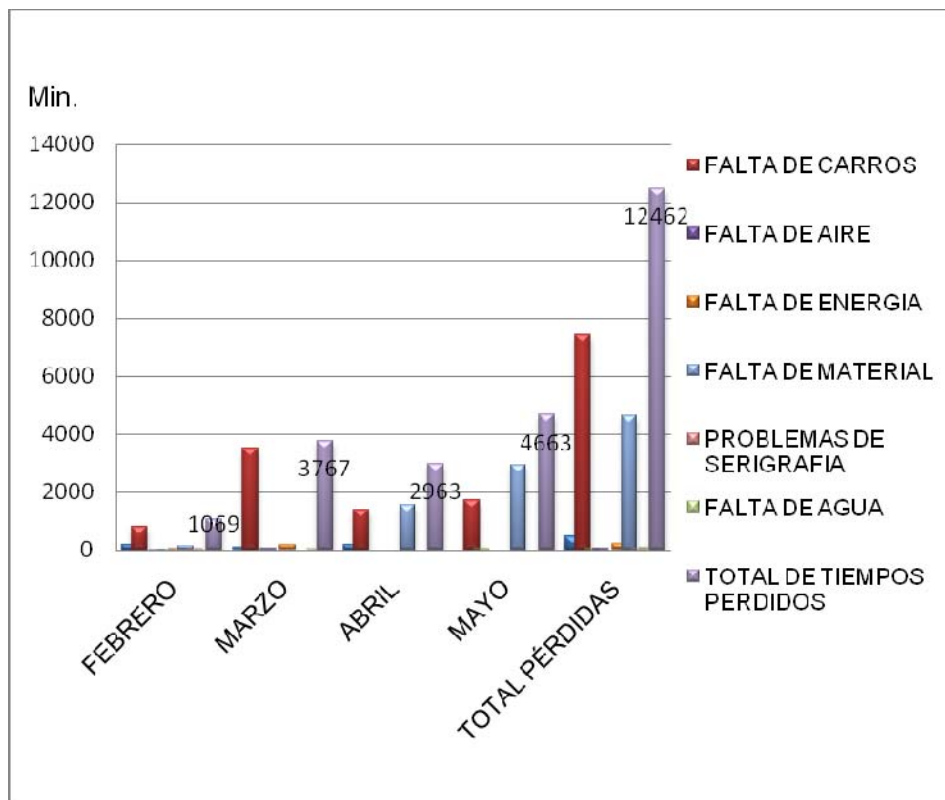
Figura 24. Pérdidas por preparación y ajustes.



El tiempo total de pérdidas es de 516 minutos, generados principalmente por los ajustes generales, seguido de los ajustes en decoradora y por último ajustes en esmalte.

3.2.5 Pérdidas por fallas en la operación de equipos o fallas de proceso. Relacionadas con las paradas de los equipos como consecuencia de factores externos y no generados por fallas propias en los equipos. Estos tiempos se representan en las figura 25.

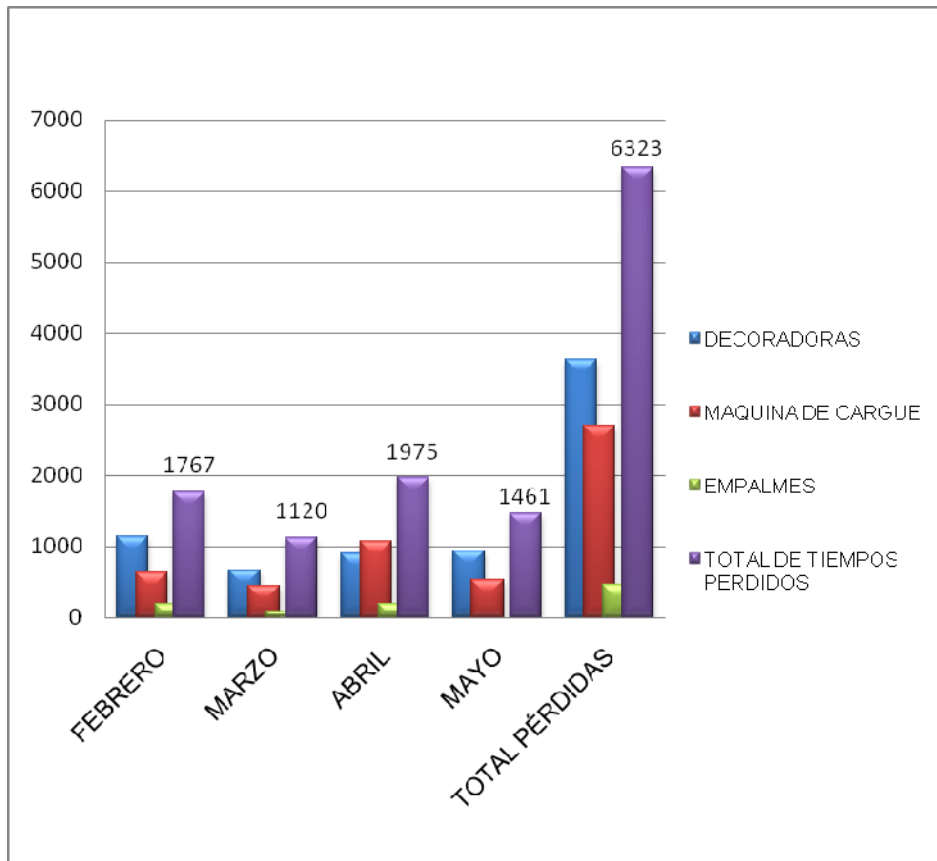
Figura 25. Pérdidas por fallas de proceso.



Las pérdidas por tiempos muertos representan, las pérdidas ocasionadas por fallas en los procesos externos a las líneas de producción, los cuales suman en total 12462 minutos, principalmente generados por falta de carros box, falta de material y falta de energía.

3.2.6 Pérdidas por reducción de velocidad y rendimiento. Dentro de estas pérdidas se relacionan las paradas menores que generan una pérdida de tiempo menor a 30 minutos. Véanse figura 26 y 27.

Figura 26. Pérdidas por paradas menores.

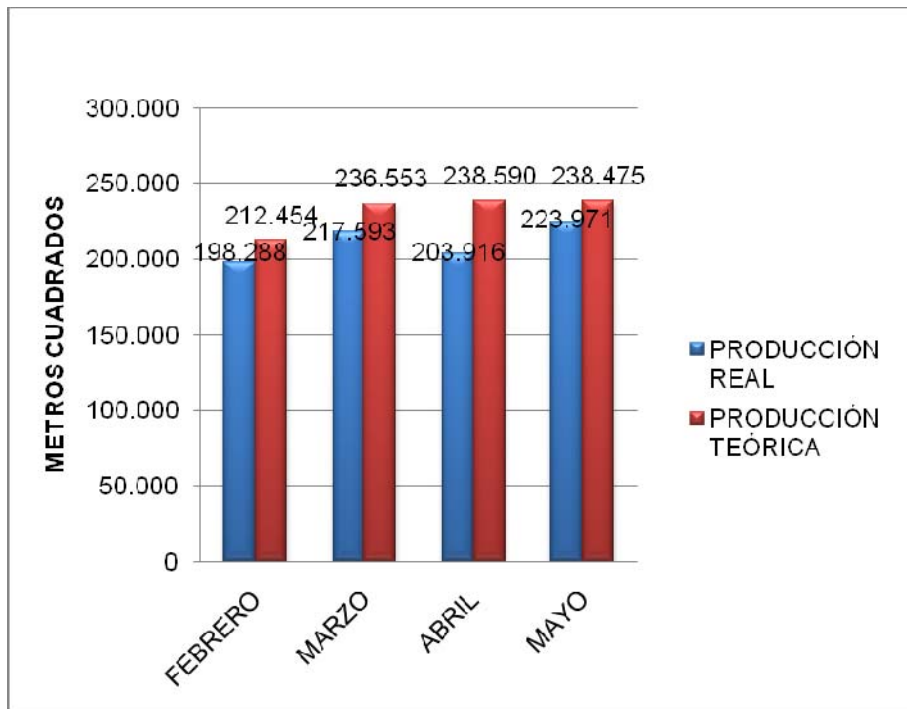


El tiempo total causado por estas pérdidas asciende a 6323 minutos, distribuidos en decoradoras, máquina de cargue y empalmes. Corresponden a pequeñas pérdidas de tiempo repetitivas.

En las decoradoras, las paradas son generadas para la limpieza de la pantalla, cambio de correas y atascos. En la máquina de carga son pequeños bloqueos y alarmas. Los empalmes son rotura que se genera por atascos a lo largo de la línea de producción.

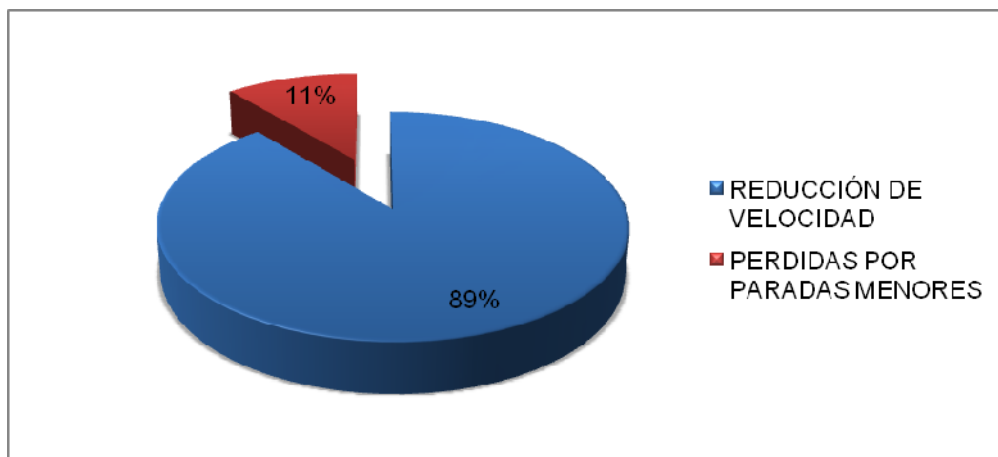
Las pérdidas por reducción de velocidad representan la cantidad de productos que se fabricaron realmente respecto al número de piezas que calculadas de acuerdo con los ciclos de las máquinas actualmente.

Figura 27. Pérdidas por reducción de velocidad.



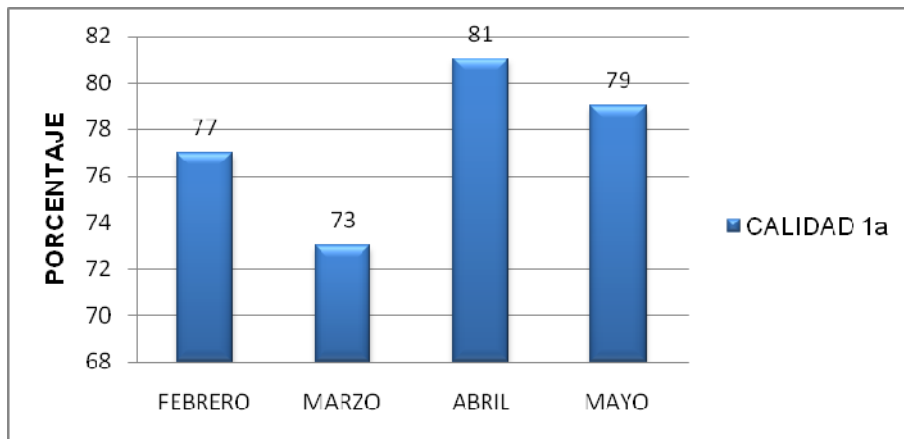
En la figura 28, se aprecia que el mayor porcentaje de pérdidas por rendimiento está centrado en la reducción de velocidad.

Figura 28. Pérdidas por rendimiento.



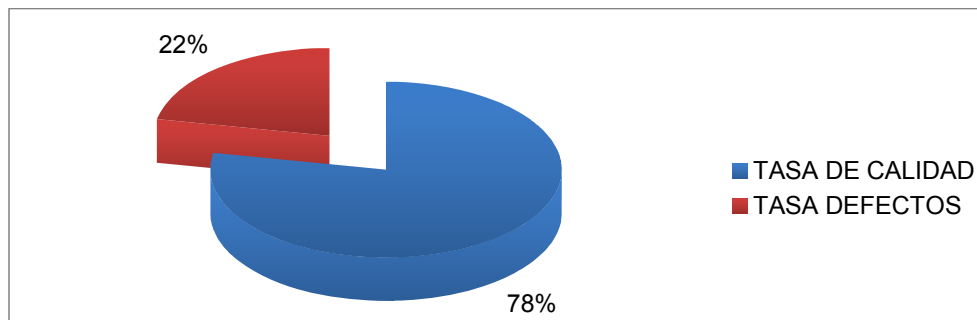
3.2.7 Defectos de calidad y reprocesos en trabajos. Representan el porcentaje de calidad primera de los productos elaborados en la línea de producción luego de pasar por el proceso de cocción, el cual se representan en la figura 29, es obtenido por los productos aceptables en calidad primera.

Figura 29. Porcentaje de calidad primera



La calidad de los productos aceptables se obtiene por el número total de piezas menos el número de productos con calidad segunda, tercera y rotura. En la figura 30, se observa que la tasa de calidad es del 78% y la tasa de defectos del 22%.

Figura 30. Pérdidas de calidad.



3.3 CÁLCULO DE LA EFICIENCIA GLOBAL DE EQUIPOS

El cálculo de la eficiencia global de equipos se efectúa como se indica en la sección 2.4.7.

3.3.1 Disponibilidad.

$$DP = \frac{\text{TIEMPO DE CARGA} - \text{TIEMPO DE PARADA}}{\text{TIEMPO DE CARGA}}$$

TIEMPO DE CARGA: Tiempo total disponible – Tiempo de paradas programadas

Tiempo total disponible = 24 horas X 60 minutos X 121 días = 174240 minutos

Tiempo de paradas programadas = Tiempos producción + Tiempos mantenimiento

Tiempos producción = 6058 minutos

Tiempos mantenimiento = 1647 minutos

Tiempo de paradas programadas = 6058 + 1647 = 7705 minutos

TIEMPO DE CARGA = 174240 – 7705 = 166535 minutos

TIEMPO DE PARADA = Tiempo por fallas + Tiempos por ajustes y preparación + fallas en el proceso

Tiempo por fallas = 4595 minutos

Tiempos por ajustes y preparación = 516 minutos

Tiempos por fallas de proceso = 12462

TIEMPO DE PARADA = 4595 + 516 + 12462

TIEMPO DE PARADA = 17573 MINUTOS

$$DP = \frac{166535 - 17573}{166535}$$

DISPONIBILIDAD = 0,89 X 100%

DISPONIBILIDAD = 89 %

3.3.2 Tasa de rendimiento

TIEMPO NETO DE OPERACIÓN = TIEMPO EFECTIVO DE OPERACIÓN –
TIEMPO PÉRDIDAS RENDIMIENTO VELOCIDAD

TIEMPO EFECTIVO DE OPERACIÓN = 166535 – 17573

TIEMPO EFECTIVO DE OPERACIÓN = 148962 minutos

TIEMPO PÉRDIDAS RENDIMIENTO VELOCIDAD = 6323 minutos

TIEMPO NETO DE OPERACIÓN = 148962

RENDIMIENTO = TIEMPO NETO OPERACIÓN / TIEMPO EFECTIVO DE
OPERACIÓN

RENDIMIENTO = 148962 / 166535

RENDIMIENTO = 0,89 X 100% = 89 %

3.3.3 Tasa o índice de calidad.

$$IC = \frac{\text{CANTIDAD PROCESADA} - \text{CANTIDAD DE DEFECTOS}}{\text{CANTIDAD PROCESADA}}$$

Índice de calidad = $0,78 \times 100\%$

Índice de calidad = 78%

3.3.4 Efectividad global de equipos

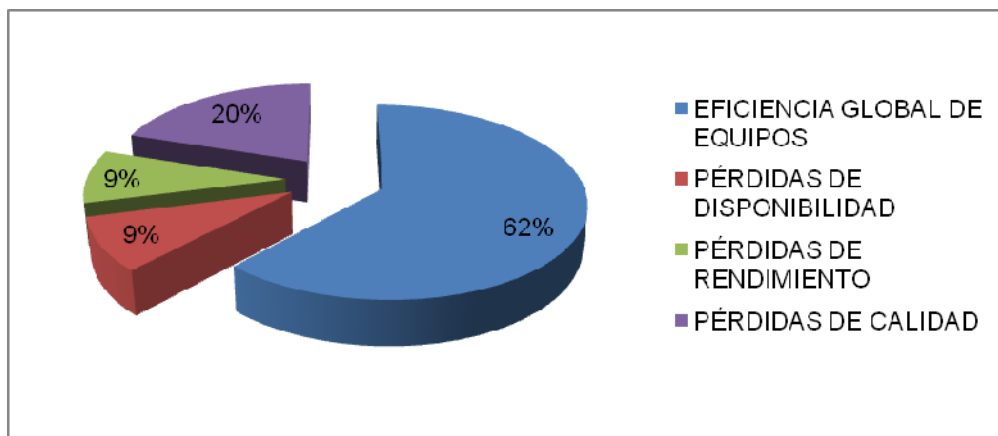
EGE = DISPONIBILIDAD X TASA DE RENDIMIENTO X TASA DE CALIDAD

EGE = $0,89 \times 0,89 \times 0,78 \times 100 \%$

EGE = 62 %

En la figura 31, se aprecia la composición de las pérdidas que disminuyen la efectividad global de los equipos, siendo las principales las pérdidas de calidad, seguida por las pérdidas de disponibilidad y rendimiento.

Figura 31. Efectividad global de equipos.

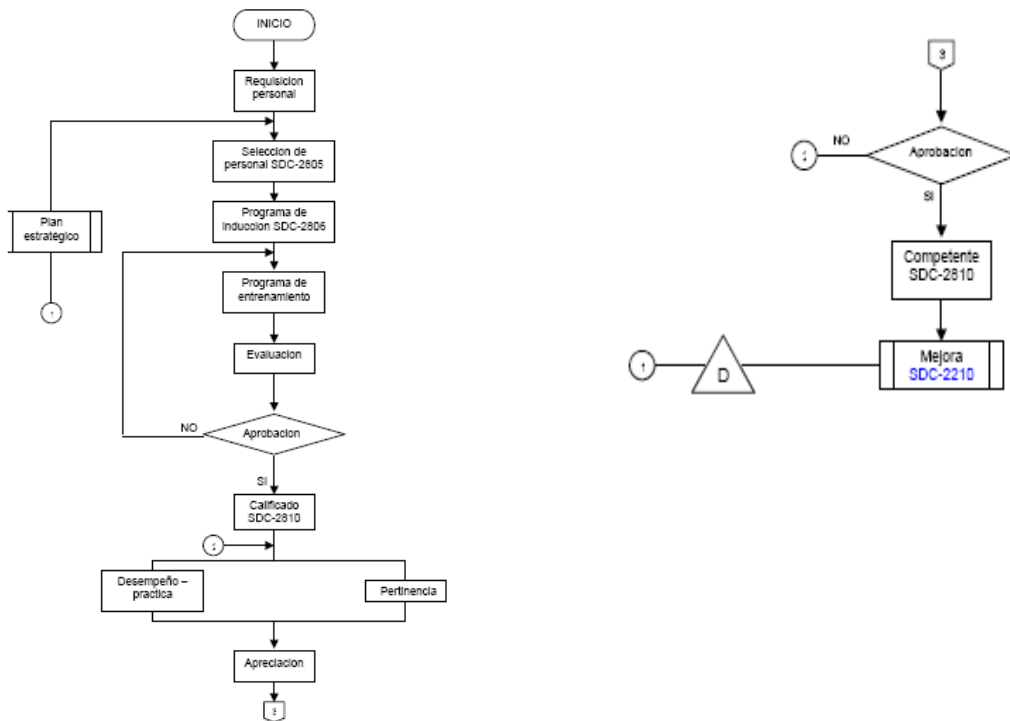


3.4 RECURSOS HUMANOS

La vinculación del área de recursos humanos al desarrollo de los proceso TPM es un factor importante para el logro de las metas. Las políticas de recursos humanos deben favorecer el crecimiento cultural de la empresa hacia el TPM. Por ejemplo, la valoración de competencias, desempeño, retribución, programas de reconocimiento, sugerencias o ideas, desarrollo social interno de la empresa, son programas que facilitan crear el espacio para que pueda progresar el TPM, en la figura 32 se ilustra el proceso de recursos humanos en la compañía.

Hoy en día la empresa se ha preocupado por el proceso de crear, transferir y utilizar el conocimiento, comprendiendo que la única ventaja competitiva en el futuro es la habilidad para aprender más rápido que la competencia.

Figura 32 . Caracterización proceso de recursos humanos



En cualquier cambio organizacional que se lleve a cabo, los recursos humanos forman una base fundamental para el logro de los objetivos planteados en la estrategia a seguir, estos cambios inician en la mente de las personas, cambiando la manera de pensar, si no se comienza por esta parte, cualquier iniciativa tendrá como resultados acciones improductivas.

La empresa cuenta con experiencia en estos cambios de cultura organizacional, por ejemplo, el proceso de certificación del sistema de gestión de la calidad, él implicó una manera diferente de hacer el trabajo, estableciendo normas, procedimientos e instructivos que aseguran la calidad del producto y la mejora continua en los procesos.

Como objetivos está incrementar a través del TPM, las habilidades del personal de operación y mantenimiento para mejorar la eficiencia del proceso productivo, para esto es necesario establecer el perfil del cargo, la descripción del cargo, desarrollar programas de capacitación y evaluar su eficacia, para mejorar las competencias del personal.

Inicialmente la empresa ha establecido políticas y medidas, para evaluar el estado actual de la educación y el entrenamiento de cada persona de operación y mantenimiento, definiendo su calificación, desempeño y competencia.

Para la evaluación actual del personal se tienen en cuenta las habilidades en los siguientes niveles:

Nivel 1. No está entrenado (tiene que aprender)

Nivel 2. Está calificado pero no tiene el desempeño (falta formación práctica)

Nivel 3. Tiene el desempeño pero no sabe transmitir el conocimiento (no puede enseñar a otros).

Nivel 4. Es competente y sabe transmitir el conocimiento (puede enseñar a otros).

3.4.1 Perfil del cargo. Representa la formación, los conocimientos, aptitudes y habilidades que debe tener el trabajador para desempeñar el cargo para el cual está definido el perfil. De acuerdo con las exigencias de competitividad en el mercado y los avances tecnológicos de los equipos se requiere elevar el nivel del perfil de cada uno de los cargos operativos en la planta. Para lograr los anteriores se han establecido los siguientes puntos en un nuevo perfil orientado al mantenimiento productivo total.

Requisitos académicos

Formación complementaria

Experiencia laboral

Habilidades

3.4.2 Descripción del cargo. Implica los siguientes aspectos a relacionar en cada uno de los puestos de trabajo, los cuales se han ampliado y modificado al contexto del mantenimiento productivo total.

Objeto del cargo

Alcance

Funciones claves

Funciones generales

Relaciones de trabajo internas y externas

Competencia

Recursos requeridos

Seguridad industrial

3.4.3 Programa de entrenamiento. Nakajima (1989) considera que la efectividad global, se mejora aumentando el conocimiento que el personal tiene de los equipos, tanto para operarlos, como para mantenerlos.

La capacidad para utilizar al máximo un equipo, se consigue estudiando con detalle la tecnología de fabricación, aprendiendo cuales son las condiciones

óptimas para los equipos, las condiciones esenciales para reforzar las características de calidad y aumentar su disponibilidad y mejorar la operatividad.

El entrenamiento se fundamenta en el conocimiento básico obtenido a través de la educación. El entrenamiento y la práctica, transforman ese conocimiento en destreza⁹.

Esto conduce a reorientar el programa de entrenamiento del personal no solo al proceso de operación, también al conocimiento de la función de los equipos y su mantenimiento, empleando como sistema de transmisión de conocimiento, la lección de un punto (LUP).

3.5 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE LOS PILARES BÁSICOS DEL TPM

Teniendo como base los pilares básicos del TPM ilustrados en la figura 33, se ha diseñado un plan maestro compuesto por once etapas establecidas dentro de cuatro fases, estas incluyen: la introducción y preparación, inicio de introducción, ejecución o desarrollo y consolidación o estabilización.

⁹ NAKAJIMA, Seiichi. Programa de desarrollo del TPM. Madrid : Productivity press : 1991. p. 88

Figura 33. Pilares básicos para la implementación del TPM.



3.5.1 Introducción y preparación. Esta fase está compuesta por cuatro etapas de la siguiente forma:

Etapa I. Declaración de la introducción del TPM. En esta etapa la alta dirección realiza la declaración de iniciar el proceso de implementación del TPM.

Etapa II. Período de educación y formación en TPM. En esta etapa se efectúa el entrenamiento o formación preliminar del personal administrativo, de operación y mantenimiento orientado al conocimiento del TPM.

Etapa III. Establecimiento de principios y metas. En esta etapa se efectúan análisis de los objetivos que se pretenden alcanzar y los efectos que se generan al lograrlos.

Etapa IV. Preparación del plan maestro para la implementación. El plan cubre la preparación, evaluación de metas intermedias y finalización de cada de pilar a implementar, ver anexo A.

3.5.2 Fase de inicio.

Etapa V. Lanzamiento del TPM. En esta etapa se realiza la reunión por la alta dirección, donde participan todos los empleados de Cerámica Italia y sus aliados estratégicos. En esta etapa se hace el lanzamiento o declaración oficial del inicio de la implementación del TPM.

3.5.3 Fase de desarrollo.

Etapa VI. Establecer un sistema de alto desempeño para la producción. En esta etapa se comienza con la implementación de los siguientes pilares:

1. Mejora enfocada. Aumentar la eficiencia en los procesos y equipos. De acuerdo con la eficiencia global de equipos en el 62%, siendo el principal componente que la reduce, el índice o tasa de calidad. Se deben implementar planes de mejora enfocados a eliminar los obstáculos que impiden alcanzar la eficiencia, de acuerdo con las metas y objetivos establecidos. La medición de las pérdidas se debe efectuar de acuerdo con la clasificación establecida en el numeral 3.2, de igual forma se deben implementar los indicadores de disponibilidad y rendimiento, el indicador de la tasa de calidad ya está establecido en la compañía.

El objetivo y meta de este pilar es incrementar la Eficiencia Global de Producción (EGP) a un 70% en el primer año, a un 75% en el segundo año y a un 85% en el tercer año. De igual forma reducir el desperdicio en el proceso, buscando como objetivo final el 0%.

La empresa cuenta con una herramienta corporativa dentro de su Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) para el análisis y la solución de problemas, que permite crear, registrar y documentar las acciones de mejoras, vincular los participantes, incluye la descripción del problema, el análisis de causas, el cronograma de trabajo propuesto, los resultados y validación de los mismos.

Se requiere desarrollar las actividades de la mejora enfocada con la participación de las diferentes áreas relacionadas con el proceso productivo, adoptando una metodología específica similar a la establecida en el sistema de gestión de la calidad, pero aplicando técnicas y procedimientos de mantenimiento.

Las herramientas nuevas a incorporar en el proceso de mejora existente en la compañía son:

Método de Análisis Causa Raíz de Fallas (RCFA).

Método Chequear, Analizar, Planear y Hacer (CAPDO).

2. Mantenimiento autónomo. En este pilar se busca transferir el conocimiento del personal de mantenimiento hacia el personal de operación para definir y mantener las condiciones básicas de los equipos, evitando su deterioro, implementando los estándares de limpieza, de inspección y lubricación. Para el establecimiento del mantenimiento autónomo, se requieren las siguientes condiciones importantes:

Limpeza inicial. Se busca a través de la limpieza que los operadores toquen cada pieza, ganando conocimiento y respeto por los equipos.

Encontrar y eliminar fuentes de contaminación, mejorar áreas de difícil acceso.

Estandarizar actividades de mantenimiento autónomo (limpieza y lubricación).

Las tres primeras condiciones se promueven con el establecimiento de condiciones básicas del equipo esenciales para un mantenimiento autónomo eficaz. Para alcanzar estas condiciones se deben mejorar los procedimientos de cada puesto de trabajo establecidos actualmente. Los estándares de limpieza y lubricación se han de establecer en los formatos o registros que se creen para los operadores, incluyendo estándares en el almacenamiento y en la identificación de los lubricantes.

Capacitación en inspección general. Esta capacitación se tiene en cuenta en el pilar de educación y formación.

Inspección autónoma. Se desarrollan los registros de listado de las revisiones y rutas de lubricación a efectuar por los operarios en los equipos asignados en el cargo. En las revisiones se indica el equipo, el punto a inspeccionar, la frecuencia, el estado del equipo y la programación se efectúa mensualmente. La ruta de lubricación establece el equipo, el punto a lubricar, el tipo de lubricante (grasa o aceite), el nombre o referencia del lubricante, el intervalo, el relleno o cambio, la frecuencia y la programación mensual. En estas revisiones periódicas y rutas de lubricación se registran el nombre del operador y el jefe inmediato. Ver anexo B y C.

Organización del área de trabajo (gestión y control). Se hace necesario la implementación de las cinco "S" como filosofía de trabajo y cuadros de gestión visual en los lugares de trabajo. Los tableros de gestión son muy útiles para estimular la conversación de innovación y creatividad, facilitándole a los trabajadores su uso, interpretación y estimulación para el análisis de los datos registrados, sobre los cuales se toman acciones de mejora, de esta manera se busca socializar el conocimiento en la empresa.

Implementación del programa de mantenimiento autónomo. Se considera esta implementación con el logro de las metas propuestas y actividades de mejora continua. El mantenimiento autónomo busca la participación de los jefes de producción en su ejecución y no se trata de un trabajo de crear nuevas órdenes de trabajo para mantenimiento. Gran número de estas órdenes deben

ser implantadas por los técnicos de mantenimiento y ser resueltas por los operarios y jefes de producción.

Es posible que en otras compañías sea imposible trabajar en cinco minutos determinados temas, debido a los comportamientos humanos, cultura y disciplina. Sin embargo, en la compañía se puede recurrir a los cambios de turno como momentos especiales para realizar acciones de conversación y compartir experiencias. La figura del cambio de turno se puede mejorar, ya que si se prepara cierta información en un tablero de gestión visual, se podrá aprovechar mejor el tiempo cuando se encuentran los integrantes de dos turnos consecutivos.

Es necesario rescatar y crear una nueva forma de trabajo en esos momentos valiosos que son los cambios de turno. Se debe evitar que los trabajadores con pocas palabras le indiquen a su compañero la evolución del proceso durante su turno y se marchen rápidamente. Si se prepara una breve reunión con instrumentos o documentos concretos se podrán obtener beneficios en esta clase de intercambios.

Es necesario destinar estos minutos TPM para repasar o estudiar las lecciones de un punto (LUP), controlar el proceso de autoaprendizaje y responder las preguntas que se han formulado a través de otro instrumento TPM como es la lista de preguntas y respuestas. Estas reuniones son controladas con informes de reuniones de capacitación y el área de recursos humanos debe desarrollar un índice para medir la formación realizada por este medio.

La lección de un punto es una herramienta importante de transferencia del conocimiento, con ella se puede transferir conocimientos básicos, mejoras y procedimientos. Se debe elaborar de una forma fácil y sencilla de entender, de tal forma que la persona que recibe la lección lo pueda transferir a otras personas. Ver anexo D.

Se recomienda que la compañía adapte esta idea a las condiciones de trabajo y cultura de la empresa. El objetivo debe ser el de crear un mecanismo de conversación permanente, donde el diálogo sea un instrumento de trabajo, pero para evitar caer en la trampa de conversaciones improductivas y que no se transformen en resultados concretos, es necesario recurrir nuevamente a los sistemas de gestión visual donde se puedan escribir en "caliente o tiempo real" los compromisos y retos que cada trabajador asume.

3. Mantenimiento planeado o programado. En este pilar, la compañía tiene como objetivo y meta mantener una estructura funcional de mantenimiento, para lograr "cero fallas" en los equipos de producción, asegurando la disponibilidad y confiabilidad a un costo mínimo. Para alcanzar esta meta es necesario medir y detener el deterioro de los equipos, restaurarlo y corregirlo.

Hoy en día se cuenta con el plan de mantenimiento preventivo y predictivo para los equipos instalados en la planta, pero se hace necesario reforzar con la estandarización de las actividades del personal de mantenimiento, para lo cual se requiere una revisión de las actuales labores y la implementación de aquellas que no se encuentran, de manera que todas las personas los realicen de una misma manera, de igual forma al tener estos estándares el personal de operación, incluyendo los nuevos, pueden adquirir en menor tiempo la destreza necesaria y ejecutar trabajos que solamente los técnicos de mantenimiento puedan realizar. De esta manera también personal de mantenimiento recibe un menor número de solicitudes de servicio, lo cual permite alcanzar las metas de mantenimiento planteadas, las cuales se deben evaluar mensualmente.

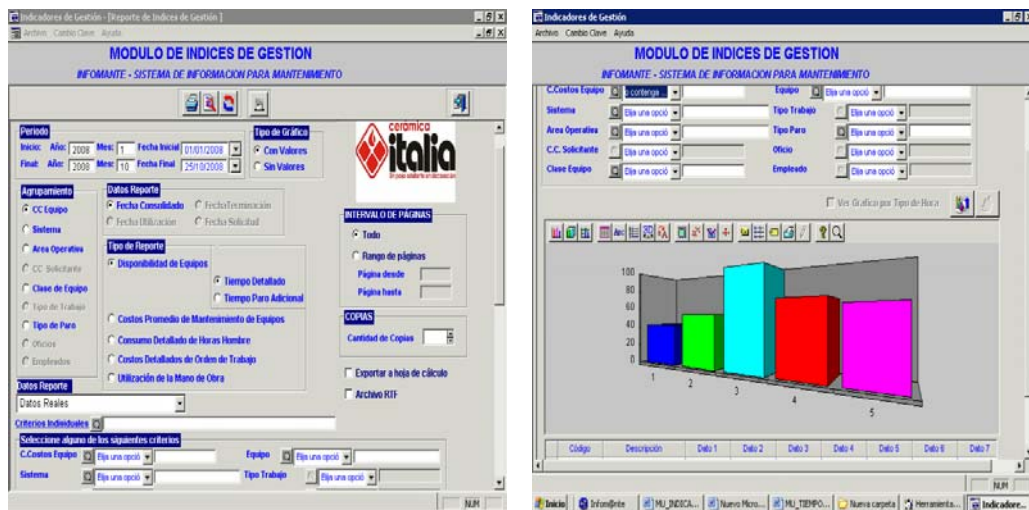
En este pilar es importante implementar la lección de un punto, con el fin de estandarizar las labores propias de mantenimiento. Se deben establecer los estándares del equipo para los componentes comunes como rodamientos, elementos de transmisión de potencia, herramientas, neumática e hidráulica.

Dentro del mantenimiento predictivo está el análisis de vibraciones que se efectúa con una frecuencia de cada tres meses, la termografía se realiza anualmente y el análisis de aceite mensualmente en los equipos hidráulicos.

El mantenimiento planificado está orientado a preparar una buena información y bases de datos para el diseño y desarrollo de estrategias de mantenimiento. Para esto se deben tener bases de información sobre el estado de los equipos, sus fallas y sus causas, para esto se requiere el uso de formatos que permitan el registro de todos los factores que inciden en el deterioro acumulado de los equipos y se establezcan indicadores como el tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio en reparaciones (MTTR), los cuales pueden ser llevados en el sistema de información para mantenimiento en el módulo de índices de gestión como de ilustra en la figura 34. Los formatos a utilizar son:

Solicitud de servicios. Este formato se diligencia para la solicitud de un servicio de mantenimiento, requerido por los operarios, jefes de producción o técnicos de mantenimiento, la cual se evalúa y según el trabajo a realizar se aprueba y se asignan los recursos, luego de esta aprobación, se convierte en una orden de trabajo programada. Ver anexo E.

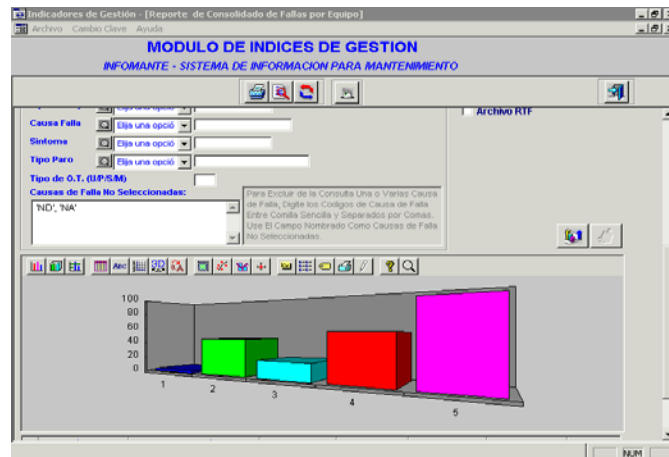
Figura 34. Módulo de índices de gestión.



Formato registro y análisis de fallas (ver anexo F). En este formato se registran los eventos considerados como fallas, bajo la norma ISO 14224, que de acuerdo a lo establecido en la medición de pérdidas corresponde a paros mayores de treinta minutos en los equipos.

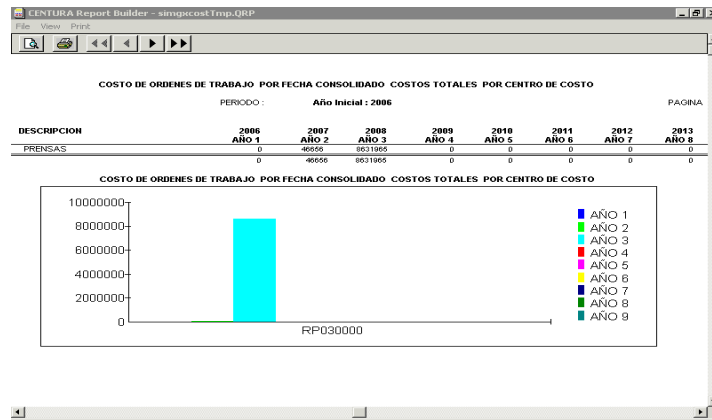
Se registra la falla con una descripción, las causas y que se hará en el futuro para que no se vuelva a presentar, la acción correctiva, si hay requerimiento de análisis de causas, luego es registrada en el sistema de información, como se observa en la figura 35.

Figura 35. Reporte consolidado de fallas por equipo



Es importante establecer como indicador el Índice de Costos de Mantenimiento ICM, con el fin de medir los ahorros en mantenimiento, para el primer año en el 10%, para el segundo en el 7% y para el tercero en el 4%, este indicador se puede llevar en el sistema de información, ver figura 36.

Figura 36. Indicador de costos de mantenimiento.



4. Educación y formación. La compañía ha emprendido un programa de formación desde el año 2006, contando con la participación de una corporación educativa, el cual está orientado a capacitar al personal de operación y mantenimiento en áreas básicas en el desempeño de sus funciones en los procesos, reforzando el grado de escolaridad, las cuales están relacionadas en la tabla 7.

Tabla 7. Temas de formación en áreas básicas.

Área	Módulo 1	Modulo 2	Módulo 3
Matemáticas	Conteo. Operaciones con número reales	Medición. Transformación de unidades	Estadística. Conceptos básicos y construcción de gráficas.
Química	Unidades generales. Unidades de medidas y conversión	El átomo partes y características. Tabla periódica y nomenclatura.	Transformaciones y aplicaciones de la materia.

Física	Mecánica clásica. Máquinas simples, fuerzas y fluidos.	Electricidad. Corriente eléctrica, energía, corrientes eléctricas y magnetismo.	Termodinámica. Termómetros y escalas de temperatura, calor y energía, dilatación térmica, primera ley de la termodinámica, máquinas térmicas.
Comprensión de lectura	Elementos semánticos. Sinónimos y antónimos, expresiones semánticas.	Sentido sobre el tema. Idea central del texto, identificación de conectores, idea del autor y relación del texto con otros.	

La capacitación básica en mantenimiento de los equipos, está orientada a eliminar las pérdidas producto de la falta de las habilidades y competencias del personal, comprende principalmente la formación para la inspección general necesaria de acuerdo con los requerimientos de la planta, la formación está dirigida al personal de operación y mantenimiento, de acuerdo con los temas establecidos en la tabla 8.

Tabla 8. Temas de formación básica en mantenimiento de equipos.

Tema	Objeto	Descripción
Principios de mantenimiento	Conferencia Tiempo: 2 horas por persona.	Definiciones de mantenimiento, su evolución y las bases conceptuales del mantenimiento productivo total.
Herramientas	Conferencia y práctica Tiempo: 3 horas por persona.	Uso y manejo de herramientas manuales: llaves de trabajo manual, ratchets y accesorios, accesorios normales, accesorios de impacto, alicates no aislados, alicates aislados, alicates de presión, torquímetros, botadores, cinceles, martillos, barras, extractores, espejos de inspección, extensión magnético, extractores, calibradores, raspador de

		empaques, alicate para abrazaderas, cierra anillos y llave para filtros.
Rodamientos	Conferencia y práctica Tiempo: 8 horas por persona.	Nociones básicas de rodamientos (funciones principales, tipos de rodamientos y componentes, selección de rodamientos, información general, aplicación de rodamientos), lubricación de rodamientos (Aceite y grasa, intervalos y cantidad de lubricantes, selección de lubricantes), montaje y desmontaje (selección del método de montaje y desmontaje, herramientas, práctica), vida útil (ajustes de rodamientos, vida nominal y factores de vida útil)
Lubricación	Conferencia y práctica Tiempo: 8 horas por persona.	Principios de lubricación (rozamiento, rugosidades, desgaste y teoría de la lubricación), selección de lubricantes (motores, sistemas de engranajes, sistemas hidráulicos, rodamientos y cojinetes), almacenamiento y manejo de lubricantes (control de la contaminación), métodos de lubricación (rutas de lubricación)
Fundamentos de diagnóstico	Conferencia y práctica Tiempo: 3 horas por persona.	Principios de vibración, termografía y análisis de aceite.
Transmisión de potencia	Conferencia y práctica Tiempo: 3 horas por persona	Principales tipos de transmisión (acoples flexibles, piñón cadena, polea correa), componentes, ventajas y desventajas, montaje, mantenimiento (inspección y controles) y almacenamiento.

Es necesario hacerla extensiva al personal administrativo conformado por los jefes de producción, de mantenimiento, departamento de logística (compras y almacén), a través de convenio con los diferentes proveedores especializados en cada uno de los temas a tratar de acuerdo a lo establecidos en la tabla 8.

De cada uno de los módulos expuesto se realizará en forma impresa un manual o las memorias de manera que sirvan para consulta del personal y en la capacitación de los nuevos trabajadores.

Etapa VII. Desarrollar un sistema de administración para la inclusión de nuevos equipos. Se requiere establecer un comité conformado por un grupo

interdisciplinario que incluye, la gerencia de operaciones, la dirección de ingeniería, los jefes de mantenimiento, los jefes de producción y la dirección de investigación y desarrollo, en el cual se evalúe la introducción de mejores tecnologías adecuadas a los procesos de la compañía.

Se efectúa un análisis histórico del equipo para determinar las mejoras, que tengan como objetivo la eliminación de problemas o fallas futuras y por consiguiente una reducción en el costo de ciclo de vida, que incluye los costos que se generarán durante los procesos de diseño, desarrollo, producción, operación, mantenimiento y apoyo. En resumen son los costos de adquisición más los costos de operación y mantenimiento.

Etapa VIII. Establecer un sistema para mejorar la eficiencia en departamentos administrativos. Consiste en reducir las pérdidas que se generan en el trabajo manual de las oficinas. Básicamente es implementar el programa de las cinco “S”. Evitando pérdidas de información y coordinación.

Etapa IX. Establecer un sistema de gestión de higiene, seguridad y medio ambiente. Garantizar un ambiente de trabajo seguro para los empleados, manejando estándares de cero accidentes y contaminación, a través de la capacitación y entrenamiento, la estructura y responsabilidades, el panorama de riesgos, el procedimiento de preparación y respuesta ante emergencias y el programa de salud ocupacional.

3.5.4 Fase de consolidación o estabilización.

Etapa X. Implementación total del TPM. Se logra a través del alcance de las metas trazadas y el establecimiento de nuevas metas.

3.6 INDICADORES

Los indicadores a establecer son aquellos que permitan medir el desarrollo y alcance de las metas establecidas, de acuerdo con cada uno de los pilares implementados, una vez alcanzados se hace necesario plantear nuevos objetivos. Los indicadores están relacionados con la producción, calidad, costo, tiempo de entregas y servicio, de seguridad y moral.

3.6.1 Indicadores de producción (P). Los indicadores y las metas propuestas se establecen en la tabla 9, se evalúan las mejoras en la fiabilidad enfocadas a elevar la eficiencia global de equipos y la calidad del producto.

Tabla 9. Indicadores de producción.

Indicador	Fórmula	Meta
1. Productividad.	xx%	Más del 15%
2. Eficiencia global de equipos.	Disponibilidad x tasa desempeño x tasa calidad	Más del 70%
3. Disponibilidad.	$\frac{\text{Tiempo de carga} - \text{tiempo de parada}}{\text{tiempo de carga}}$	Más del 90%
4. Tasa de rendimiento.	$\frac{\text{Tiempo neto operación}}{\text{tiempo efectivo de operación}}$	Más del 90%
5. Tasa de calidad.	$\frac{\text{Cantidad procesada} - \text{cantidad de defectos}}{\text{cantidad procesada}}$	Más del 85%
6. Número de fallas por mes.	xx/mes	Menos de 10 al mes
7. Tasa de duración de fallas.	$\frac{\text{tiempo de paro}}{\text{tiempo de operación}}$	2%
8. Tasa de fallas.	$\frac{\text{Número de fallas}}{\text{tiempo de operación}}$	Menor al 0,5%
9. MTBF (tiempo medio entre fallas).	$\frac{\text{Tiempo de operación}}{\text{Número de fallas}}$	30 horas
10. MTTR (tiempo medio de reparación).	$\frac{\text{Tiempo de reparación}}{\text{Número de reparaciones}}$	30 minutos

3.6.2 Indicadores de calidad (Q). Se expresan en la tabla 10.

Tabla 10. Indicadores de calidad

Indicador	Fórmula	Meta
1. Calidad primera	$\frac{\text{Cantidad procesada} - \text{cantidad de defectos}}{\text{cantidad procesada}}$	85%
2. Rotura	$\frac{\text{Cantidad de defectos}}{\text{cantidad procesada}}$	3,5%
3. Reclamos	$\frac{\text{cantidad de reclamos}}{\text{cantidad procesada}}$	0,015%

3.6.3 Indicadores de costo (C). Se establecen en la tabla 11.

Tabla 11. Indicadores de costo.

Indicador	Fórmula	Meta
1. Costo de producción \$/m ²	$\frac{\text{Costo total}}{\text{cantidad procesada}}$	Reducción del 10%
2. Gastos de mantenimiento	$\frac{\text{Costos mantenimiento}}{\text{Costos de producción}}$	Menor al 10 %

3.6.4 Indicadores de servicio (D). Estos se establecen en la tabla 12.

Tabla 12. Indicadores de servicio.

Indicador	Fórmula	Meta
1. Días de retraso en la entrega.		Cero
2. Días de inventario		Reducción del 50%

3.6.5 Indicadores de seguridad (S). Se establecen en la tabla 13.

Tabla 13. Indicadores de seguridad.

Indicador	Fórmula	Meta
1. Tasa de frecuencia de accidentes.	$\frac{\text{No. DE ACCIDENTES.}}{\text{HORAS TRABAJADAS}}$	Cero
2. Tasa de duración del accidente.	$\frac{\text{Nº DIAS DE INCAPACIDAD}}{\text{HORAS TRABAJADAS}}$	Cero

3.6.6 Indicadores de motivación (M). Se establecen la tabla 14.

Tabla 14. Indicadores de motivación.

Indicador	Fórmula	Meta
1. Tiempo de actividades de grupo		Menor a 20 minutos
2. Número de actividades de grupo		4 por mes
3. Número de propuestas de mejora		Mayor a 10
4. Número de operaciones erróneas		Cero
5. Número de personas en capacitación		Mayor a 20
6. Horas de capacitación		3 horas por persona

4. CONCLUSIONES

El estudio de los pilares fundamentales del mantenimiento productivo total (TPM), permite conocer un sistema compuesto por acciones ordenadas con una metodología que adaptada y relacionada con los sistemas de gestión de la compañía permite eliminar o reducir las pérdidas del proceso productivo y contribuye al logro de los objetivos y metas organizacionales afines con la alta productividad, la calidad, el desarrollo de las habilidades del personal, la reducción de costos, la seguridad y el ambiente de trabajo.

El mantenimiento productivo total más que una técnica es un proceso de cambio de la cultura organizacional de la compañía y de mejora continua para obtener la mayor efectividad de los equipos a través de la participación de todos los empleados de la empresa, desde la alta gerencia hasta la operación.

El primer paso o punto de partida del TPM, es medir la efectividad real de los equipos, es necesario clasificar las pérdidas y mantener los registros que se han creado para efectuar un seguimiento al comportamiento de éstas. La efectividad global de los equipos calculada en la línea de producción es del 62%, la cual indica que las pérdidas de efectividad son del 38%, compuestas en un 20% por pérdidas de calidad, en un 9% por pérdidas de rendimiento y un 9% por pérdidas de disponibilidad, por lo cual se requiere enfocar las mejoras a la disminución de productos defectuosos principalmente, con el objeto de aumentar el nivel de calidad, el cual se encuentra en un 78%.

El plan de implementación se ha dividido en cuatro fases y once etapas, en las cuales se han establecido los pilares que conduzcan a eliminar o reducir las principales pérdidas de efectividad en los equipos, siendo principalmente el pilar de mejora enfocada, mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado

y educación y formación, teniendo como bases fundamentales o esenciales los principios de las cinco “S”, los valores y las competencias laborales.

La elaboración del plan de capacitación para todo el personal de la compañía, está orientado a la alta productividad basado en la formación para el mejoramiento de las capacidades transfiriendo conocimientos técnicos y al desarrollo de competencias, partiendo de la evaluación del perfil actual con los requerimientos de nuevas competencias, entre ellas están identificar las pérdidas, anormalidades en el puesto de trabajo, estudio de problemas en los equipos, acciones de mejora, elaboración de estándares y la disciplina.

La medición de la eficiencia global de los equipos, las metas establecidas en los indicadores de productividad, calidad, costo, tiempo de entrega, seguridad y moral, son determinadas a través de las políticas de la compañía de acuerdo con las circunstancias internas y del mercado, por lo cual están orientadas a lograr o alcanzar la visión de la empresa. A cada grupo de indicadores es necesario asignarle responsables de cada una de las áreas o procesos que intervienen en la organización.

BIBLIOGRAFÍA

ALVAREZ LAVERDE, Humberto. Estrategia de las "5S". En: Ceroaverías, 2003. Disponible en Internet:
<<http://www.ceroaverias.com/5s/images5s/esencia5s.gif>>.

ALVAREZ LAVERDE, Humberto. Las "5 S" son la base de las iniciativas de mejora continua. En: Ceroaverías, 2007. Disponible en Internet:
<<http://www.ceroaverias.com/5s/images5s/tapados.gif>>.

ALVAREZ LAVERDE, Humberto. Punto de partida del TPM medir la productividad real de los equipos. En: Ceroaverías, 2007. Disponible en Internet:
<<http://www.ceroaverias.com/centroTPM/articulospublicados/PDF/perdidas%20para%20web.pdf>>.

ÁLVAREZ LAVERDE, Humberto. TPM principios básicos. En: Ceroaverías, 2005. Disponible en Internet:
<<http://www.ceroaverias.com/centroTPM/turnpage/principiostpm.htm>>.

DOUNCE VILLANUEVA, Enrique. La productividad en el mantenimiento industrial. México : Continental, 2000. 330 p.

MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicio. Medellín : AMG, 2006. 307 p.

NAKAJIMA, Seiichi. Introduccion al TPM. México : Pergamon Press, 1993. 629 p.

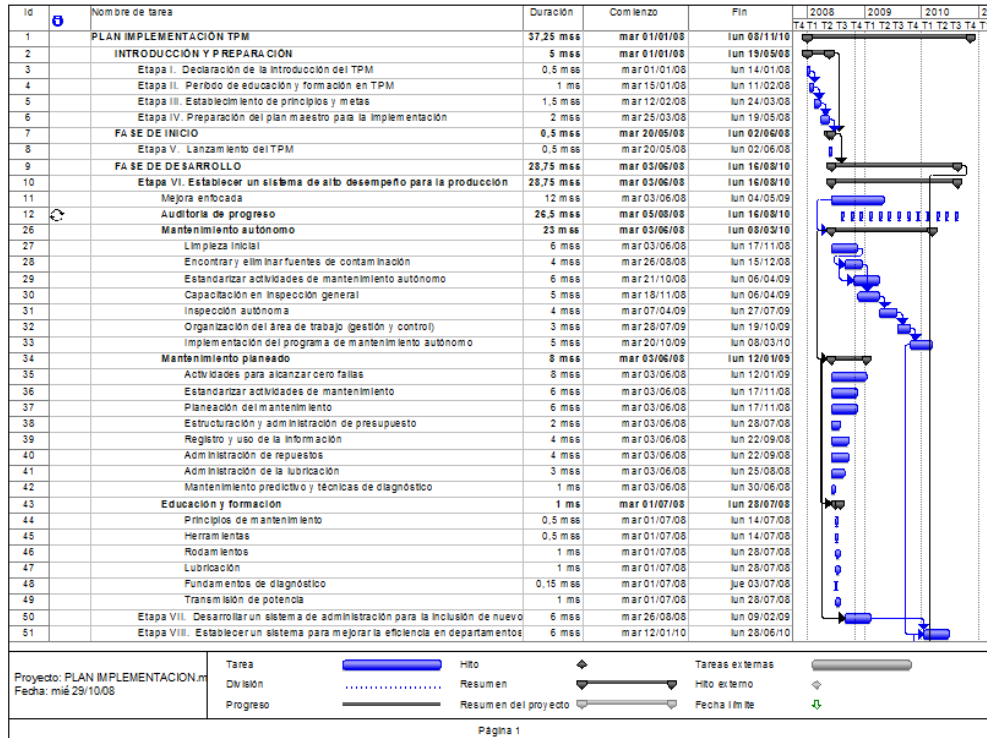
NAKAJIMA, Seiichi. Programa del desarrollo del TPM. Madrid : Productivity Press, 1991. 423 p.

SUZUKI, Tokurato. TPM para industrias de proceso. Madrid : Productivity Press, 1996. 385 p.










TAVARES, Lourival Augusto. Administración moderna del manenimiento. En: Mantenimiento mundial, 2001. Disponible en Internet:
<<http://www.mantenimientomundial.com/sites/Libro/images/libro1.gif>>.

ANEXOS

Anexo A. Plan de implementación TPM.




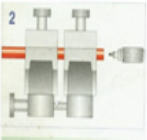
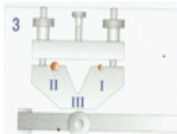






Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	2008			2009			2010			2			
					T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4		T1	T2	T3
52	Etapa IX. Establecer un sistema de gestión de higiene, seguridad y medio am	6 mss	mar 12/01/10	jun 28/06/10													
53	FASE DE CONSOLIDACIÓN	6 mss	mar 25/05/10	jun 08/11/10													
54	Etapa X. Implementación total del TPM.	6 mss	mar 25/05/10	jun 08/11/10													


Proyecto: PLAN IMPLEMENTACION.m Fecha: mié 29/10/08	Tarea  Hitos  División  Resúmenes  Progreso  Resúmenes del proyecto 	Tareas externas  Hitos externos  Fecha límite 
--	--	---

Página 2


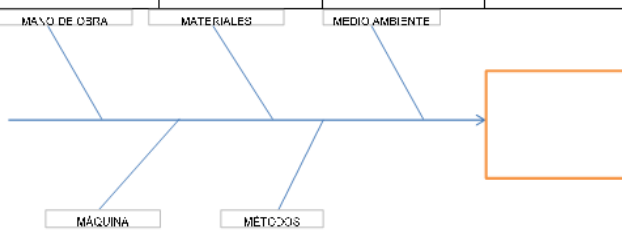
Anexo D. Lección de un punto.

		TPM LECCIÓN DE UN PUNTO									
TEMA: SOLDADURA DE CORREAS EN POLIURETANO										NÚMERO	
PREPARADO POR: E. SAAVEDRA					MÁQUINA			FECHA		09/09/2008	
CLASIFICACIÓN		CONOCIMIENTO BÁSICO		<input checked="" type="checkbox"/> MEJORA		<input type="checkbox"/> PROCEDIMIENTO		<input type="checkbox"/> JEFE		LÍDER	
<p>Alistar la herramienta para soldar la correa.</p> <p>1. Soldador 2. Pinzas 3. Bisturí 4. Alfiler 5. Broca</p>				<p>1. Precalentar el soldador por lo menos cinco minutos antes del uso. Colar la punta con el desarrollo deseado. Limpiar la superficie de la correa y la lámina del soldador (no usar objetos metálicos) para eliminar la grasa y suciedad.</p>							
<p>2. Sólo para correas reforzadas. Fija la correa en la pinza, escoge la broca del talador de acuerdo con el diámetro de coronón de refuerzo y taladrear en ambas extremidades de la correa, para remover el rebordo como 11 milímetros.</p>				<p>3. Fijar la correa en la cavidad adaptada a la dimensión de perfil para correas redondas de 7 a 4 mm. I para correas redondas de 4 a 8 mm. II para correas mayores de 8 mm y para todas las correas trapezoidales.</p>							
<p>4. Poner la lámina del soldador entre las extremidades de la correa y apretar la pinza con una leve presión, hasta que las extremidades de la correa comienzan a unirse formando una corona de aproximadamente 1 mm.</p>				<p>5. Abrir la pinza rápidamente y sacar el soldador. Evitar arrastrar el material fundido.</p>							
<p>6. Apretar la pinza rápidamente con suavidad y apretar el tornillo. Según la dimensión de la correa dejar enfriar alrededor de cinco minutos.</p>				<p>7. Sacar la correa de la pinza y limpiar las rebabas de la soldadura con el alfiler.</p>							
FECHA											
INSTRUCTOR											
COLABORADOR											

Anexo E. Formato solicitud de servicio o trabajo.

		SOLICITUDES DE TRABAJO	
EQUIPO _____			
FECHA DE SOLICITUD	_____	HORA DE SOLICITUD	_____
FECHA REQUERIDA	_____	HORA REQUERIDA	_____
DESCRIPCION CORTA _____			
MOTIVO DE LA SOLICITUD _____			
ACTIVIDAD A REALIZAR			
REPUESTOS			
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	
SOLICITANTE _____			
PRIORIDAD	EMERGENTE <input type="checkbox"/>	URGENTE <input type="checkbox"/>	PROGRAMADO <input type="checkbox"/>
TIPO DE TRABAJO	MECANICO <input type="checkbox"/>	ELECTRICO <input type="checkbox"/>	ASISTENCIA A PRODUCCION <input type="checkbox"/>
INSTRUMENTACION	<input type="checkbox"/>		
REQUERIMIENTO PARO DE PRODUCCION	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	
TIEMPO DE PARO	<input type="checkbox"/>		
FIRMA DE QUIEN REPORTA _____			
FIRMA DE QUIEN APRUEBA _____			
OBSERVACIONES DE QUIEN REPORTA			
OBSERVACION DE QUIEN APRUEBA			
APROBADA	S <input type="checkbox"/>		
	N <input type="checkbox"/>		
FECHA DE ACTUALIZACION 20 - 08-08			

Anexo F. Formato análisis y solución de problemas.

 ANÁLISIS Y SOLUCIÓN DE PROBLEMAS											
REGISTRO DE MANTENIMIENTO				FECHA	REGISTRO No.						
				JEFE DE ÁREA	SUPERVISOR	OPERADOR					
SECCIÓN											
EQUIPO											
FECHA Y HORA DE OCURRENCIA		DÍA/MES/AÑO HH : MM		FECHA Y HORA DE REPARACIÓN		DÍA/MES/AÑO HH : MM					
CÓDIGO DE PRODUCCIÓN		01 PARADA DE PRODUCCIÓN		02 PRODUCCIÓN NO INTERRUPTIDA		TIEMPO DE PARADA DE PRODUCCIÓN					
CONDICIONES EN QUE SE PRESENTÓ LA FALLA	EL PROBLEMA:	QUE	CUÁNDO	DÓNDE	QUIÉN						
		CUÁL	CÓMO	CUÁNTO							
ANÁLISIS CAUSA EFECTO	<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-bottom: 10px;"> MAYO DE OBRA MATERIALES MEDIO AMBIENTE </div> 										
ANALIZAR CAUSAS RAICES	CAUSA	1. POR QUÉ	CAUSA	2. POR QUÉ	CAUSA	3. POR QUÉ	CAUSA	4. POR QUÉ	CAUSA	5. POR QUÉ	
	1	CAUSA		CAUSA		CAUSA		CAUSA		CAUSA	
		ACCIÓN		ACCIÓN		ACCIÓN		ACCIÓN		ACCIÓN	
	2	CAUSA		CAUSA		CAUSA		CAUSA		CAUSA	
		ACCIÓN		ACCIÓN		ACCIÓN		ACCIÓN		ACCIÓN	
	3	CAUSA		CAUSA		CAUSA		CAUSA		CAUSA	
		ACCIÓN		ACCIÓN		ACCIÓN		ACCIÓN		ACCIÓN	
	4	CAUSA		CAUSA		CAUSA		CAUSA		CAUSA	
ACCIÓN			ACCIÓN		ACCIÓN		ACCIÓN		ACCIÓN		
PLANEAR PLAN DE ACCIONES Y ACTIVIDADES	No. CAUSA	DESCRIPCIÓN (QUÉ)	ACTIVIDADES (CÓMO)	RESPONSABLE (QUIÉN)	FECHA (CUÁNDO)	ESTADO (CUÁNTO)					