

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO
PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA LA EMPRESA DE JOYERÍA JAIMES
QUINTERO EN BUCARAMANGA**

**RUDY MARITZA MONSALVE FONSECA
CARLOS JOSÉ SANTOS ORDÓÑEZ**

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

2020

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO
PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA LA EMPRESA DE JOYERÍA JAIMES
QUINTERO EN BUCARAMANGA**

**RUDY MARITZA MONSALVE FONSECA
CARLOS JOSÉ SANTOS ORDÓÑEZ**

**Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO**

**Director: Elkin Humberto Villalobos Gómez
Ingeniero Mecánico - Especialista en Mantenimiento Industrial**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2020

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	16
1.1 RESEÑA HISTÓRICA	16
1.2 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	16
1.3 POLITICAS CORPORATIVAS	16
1.3.1 Misión.	16
1.3.2 Visión.	16
1.4 PROCESO DE PRODUCCION DE ANILLOS	17
1.4.1 Materias primas.	17
1.4.2 Proceso de diseño.	18
1.4.3 Proceso de fundición.	18
1.4.4 Laminado y Troquelado.	19
1.4.5 Lijado y Brillado.	19
1.4.6 Empaque.	19
1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
2. OBJETIVOS	23
2.1 OBJETIVO GENERAL	23
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	23
3. MARCO TEÓRICO	24
3.1 HISTORIA DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	24
3.2 CRONOLOGIA DEL TPM	25
3.3 LAS PERDIDAS QUE COMBATE EL TPM	27
3.4 PASOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL TPM	29
3.5 LOS 8 PILARES DEL TPM	42
3.5.1 Pilar de mantenimiento autónomo.	43
3.5.1.1 Los 7 pasos del Mantenimiento Autónomo.	45
3.5.2 Pilar de mantenimiento planificado.	47

3.5.2.1 Los 6 pasos del Mantenimiento Planeado.	47
3.5.3 Pilar de mejora enfocada.	50
3.5.4 Educación y entrenamiento.	51
3.5.4.1 Lección de un punto.	52
3.5.5 Control inicial de equipos y productos.	53
3.5.6 Pilar de mantenimiento de la calidad.	54
3.5.7 Pilar seguridad y medio ambiente.	55
3.5.8 Pilar de gestión administrativa.	56
3.6 LAS 5'S EN TPM	56
4. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL TPM	59
4.1 LISTADO DE EQUIPOS	59
4.2 MATRIZ DE CRITICIDAD	60
4.3 SELECCIÓN DE LOS PILARES A TRABAJAR	63
4.3.1 Mejora Enfocada.	63
4.3.1.1 Herramienta propuesta - 5 porqués.	65
4.3.2 Pilar de Mantenimiento Autónomo.	71
4.3.2.1 Paso 1 – Limpieza como inspección.	72
4.3.2.2 Tarjetas de Control.	72
4.3.2.3 Medidas para cero fallos.	74
4.3.3 Pilar de Mantenimiento Planeado.	74
4.3.3.1 Diagnostico del mantenimiento planeado actual.	75
4.3.3.2 Mantenimiento planeado de horno a gas.	80
4.3.4 Pilar de Educación y Entrenamiento.	82
4.3.4.1 Lección de un punto.	83
4.3.5 Pilar de gestión y seguridad del entorno	84
4.3.5.1 Política de Seguridad y Salud en el Trabajo.	84
4.3.5.2 Matriz de identificación de peligros, evaluación y valoración de riesgos.	85
4.3.5.3 Orden y Aseo.	90
4.6 INDICADORES DE GESTIÓN	92
4.6.1 Indicadores Propuestos.	92

4.6.1.1 MTBF.	92
4.1.6.2 MTTR.	93
4.1.6.3 Generación de plan de mantenimiento.	93
4.1.6.4 Cumplimiento del plan de mantenimiento.	93
4.1.6.5 Cierre de eventos de mejora continua.	94
4.1.7 Indicador de Eficiencia Global de la Planta (EGP).	94
4.1.7.1 Disponibilidad.	95
4.1.7.2 Rendimiento.	95
4.1.7.3 Calidad	96
5. CONCLUSIONES	97
BIBLIOGRAFIA	98

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Cronología del TPM en la historia	26
Tabla 2. Los doce pasos del programa TPM	30
Tabla 3. Los siete pasos del mantenimiento autónomo	46
Tabla 4. Los seis pasos del pilar de mantenimiento planeado	48
Tabla 5. Procedimiento para la implementación de mejora enfocada	51
Tabla 6. Listado de Equipos	60
Tabla 7. Criterios y consideraciones para la matriz de criticidad	61
Tabla 8. Matriz de Equipos Críticos	62
Tabla 9. Función de los sentidos para detectar anomalías	72
Tabla 10. Auditoría Gestión del Mantenimiento	75
Tabla 11. Mantenimiento planeado del horno a gas	81
Tabla 12. Cronograma de Capacitación	82
Tabla 13. Determinación del nivel de deficiencia	87
Tabla 14. Determinación del nivel de exposición	87
Tabla 15. Determinación del nivel de probabilidad	88
Tabla 16. Nivel de probabilidad	88
Tabla 17. Determinación nivel de consecuencia	89
Tabla 18. Determinación del nivel de riesgo	89
Tabla 19. Significado nivel de riesgo	90
Tabla 20. Aceptabilidad del riesgo	90

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Flujo del proceso de producción	20
Figura 2. Porcentaje criticidad de equipos	63
Figura 3. Condiciones Generales	67
Figura 4. Recolección de evidencias – Personas	68
Figura 5. Recolección de evidencias – Partes	68
Figura 6. Recolección de evidencias - Papeles	69
Figura 7. Recolección de evidencias - Posición	69
Figura 8. Análisis para el diagrama 5 porqués	70
Figura 9. Diagrama 5 por qué	70
Figura 10. Plan de acción	71
Figura 11. Relacionamiento departamentos de producción y mantenimiento	74

LISTA DE ANEXOS

(Ver anexos Adjuntos en el CD y pueden visualizarlos en la Base de Datos de la Biblioteca UIS)

Anexo A. Herramienta 5 porqués

Anexo B. Tarjetas de Control

Anexo C. Lección de un punto

Anexo D. Matriz de identificación de peligros, evaluación y valoración de riesgo

Anexo E. Lista de chequeo en Orden y Aseo

RESUMEN

TITULO: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA LA EMPRESA DE JOYERÍA JAIMES QUINTERO EN BUCARAMANGA*

AUTOR: RUDY MARITZA MONSALVE FONSECA
CARLOS JOSÉ SANTOS ORDÓÑEZ**

PALABRAS CLAVE: MANTENIMIENTO, INSPECCIÓN, JOYERIA, MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL, CRITICIDAD, PRODUCCIÓN, POPUESTA.

CONTENIDO:

Esta monografía está elaborada con el fin de aplicar los conocimientos adquiridos durante la especialización en gerencia de mantenimiento en la Universidad Industrial de Santander en Bucaramanga, en el ámbito empresarial de la joyería Jaimes Quintero SA. Además, aprender de los procesos que en dicha empresa se desarrollan.

Tiene como objetivo principal realizar una propuesta de un Mantenimiento Productivo Total (TPM) para la empresa, en consecuencia, despierte el interés de la gerencia para implantarlo en su compañía de manera que apoye e incorpore el modelo de gestión presentado.

Se aplica un criterio para evaluar la criticidad de los equipos en la empresa y con ello se soporta la propuesta del plan de mantenimiento básico hacia equipos críticos partiendo de equipos similares a nivel industrial en donde ya han aplicado las actividades mencionadas. Promoviendo así un modelo de mantenimiento preventivo que ayude inicialmente a medir el cumplimiento y desempeño de la propuesta de mantenimiento con unos indicadores que son propuestos.

El alcance de esta monografía es el mostrar los pasos para una buena implementación de una estrategia TPM en los procesos productivos con enfoque en el mantenimiento en la joyería Jaimes Quintero, y así llegar a mostrar la necesidad del compromiso gerencial para promover esta iniciativa, y a futuro ejecutar una estrategia TPM más amplia y formal para la empresa.

* Monografía de grado

** Facultad de ingenierías Físico – Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.
Director: Elkin Humberto Villalobos Gómez

ABSTRACT

TITLE: TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM) STRATEGY DESIGN PROPOSAL FOR JEWELRY JAIMES QUINTERO COMPANY IN BUCARAMANGA*

AUTHOR: RUDY MARITZA MONSALVE FONSECA
CARLOS JOSÉ SANTOS ORDÓÑEZ**

KEYWORDS: MAINTENANCE, INPECTION, JEWELRY, TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE, CRITICISM, PRODUCTION, PROPOSAL.

CONTENTS:

This monograph aims the application of the knowledge acquired in the maintenance management specialisation degree, carried out at the Universidad Industrial de Santander - UIS in Bucaramanga, Colombian. Such work Is performed in the Jaimes Quintero jewellerie. Asan additional purpose is the acknowledgement of the processes that are developed in that company.

The main objective is proposing a Total Productive Maintenance (TPM) strategy for the company, consequently, enhance the company interest to implement it in a way that supports and incorporates the management model presented.

A judgement is applied to evaluate the equipment´s criticity in the company and with it the proposal of the basic maintenance plan which is based on similar equipment at the same industrial level where they have already applied those mentioned activities. Thus, promoting a preventive maintenance model that initially helps to measure the execution and performance of the maintenance proposal with some indicators that are proposed.

The monograph scope is showing the steps for a good implementation of a TPM strategy in production processes with a focus on maintenance in the jewellery Jaimes Quintero, and thus get to show the need for management commitment to promote this initiative, and in the future execute a wider and more formal TPM strategy for the company

* Monograph

** Physical – Mechanical Faculty. Maintenance Management Specialization. Director: Elkin Humberto Villalobos Gómez

INTRODUCCIÓN

El constante cambio de la economía mundial y la globalización de los mercados, exige que para que las empresas sean exitosas deben incorporar en sus procesos los más altos estándares de calidad y maximización de la eficiencia de todo el sistema productivo con miras a mantener competitividad, rentabilidad y sostenibilidad en el mercado.

En la actualidad las empresas industriales han ido reconociendo la importancia que desempeña el mantenimiento en los procesos para aumentar la disponibilidad y confiabilidad, evitando las pérdidas por averías y los costos asociados.

El Mantenimiento Productivo Total es una filosofía japonesa de mejoramiento continuo basado en los principios de orden, aseo y limpieza, involucrando la participación activa de todos en la organización, desde los operadores hasta la alta dirección, contribuyendo significativamente a la eficacia de los equipos y mantener las condiciones básicas de funcionamiento de estos, previniendo las pérdidas en todas las operaciones de la empresa, que incluye cero accidentes, cero fallos y cero defectos en todo el ciclo de vida del sistema productivo.

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 RESEÑA HISTÓRICA

La empresa Joyería Jaimes Quintero fue creada en el año 1985 por una familia santandereana de responsabilidad limitada con una amplia tradición en el sector, desde entonces se ha caracterizado por combinar la técnica moderna con el arte y el conocimiento del artesano, especializándose en la producción de anillos con materiales de oro y plata con incrustaciones de piedras.

Joyería Jaimes Quintero elabora anillos y los comercializa en ciudades como Bucaramanga, Bogotá, Valledupar, Cartagena, Barranquilla, Pereira y Medellín. Tienen una línea amplia de productos, pero en la actualidad se especializa en la elaboración de anillos para mujer, hombre y niño(a).

1.2 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

Joyería Jaimes Quintero, cuenta con una planta de producción ubicada en la Calle 21 No 11B – 09 Barrio Los Rosales del municipio de Floridablanca – Santander.

1.3 POLITICAS CORPORATIVAS

1.3.1 Misión. Fabricar anillos en oro y plata para hombre y mujer, utilizando técnicas apropiadas para la producción eficiente de joyería novedosos y de alta calidad, garantizando a sus clientes la entrega oportuna de sus productos, con precios competitivos que brinden rentabilidad para el crecimiento continuo de la empresa.

1.3.2 Visión. En el año 2020 la Joyería Jaimes Quintero será una empresa competitiva, innovadora y reconocida a nivel nacional por la calidad de los

productos, incorporando nuevas y novedosas técnicas, asegurándose de satisfacer las necesidades de los clientes, el desarrollo humano y el incremento de los beneficios económicos para la empresa.

1.4 PROCESO DE PRODUCCION DE ANILLOS

El proceso de producción que se realiza en la empresa es una adaptación moderna de la antigua técnica a la cera perdida¹, técnica usada por diferentes y antiguas culturas como la egipcia, romana y americana para producción de figuras, objetos artísticos y evidentemente joyería.

Esta técnica es conocida por su alto nivel de detalle, producción en serie y acabado, que permite piezas finas y esbeltas.

1.4.1 Materias primas. Los materiales usados para la creación de anillos en la empresa son:

- Yeso: Material con el que se realiza el molde para fundición.
- Caucho: Material con el que se realiza el molde para producción en masa.
- Materiales fundentes: Dependiendo de lo que se quiera pueden ser aleaciones de oro o plata.
- Piedras: Circones y diamantes, dependiendo de la orden del cliente.
- Cera: En la empresa se utiliza cera parafina para que al derretirse deje todas las cavidades del molde.

¹ Fundición y Moldeo. Taller II

1.4.2 Proceso de diseño. El proceso de diseño inicia con especificar formas y detalles según la creatividad del diseñador, esto se logra a través de un CAD y una impresora 3D que permite la elaboración de nuevos modelos en cera.

1.4.3 Proceso de fundición. El proceso de fundición en todo el proceso de producción se realiza dos veces de manera muy similar. La primera con los diferentes modelos en cera para obtener los modelos patrón en cobre de los diferentes diseños; y la segunda, con los modelos patrón en cera que se genera a partir de la pieza en cobre producción en masa.

El proceso de fundición es el siguiente:

- Se elabora un molde patrón en caucho a partir de la pieza en cobre.
- Con ayuda de un mecanismo se corta la cavidad de la matriz o molde permanente y se divide en dos partes iguales.
- Se cierra el molde y con ayuda de la máquina inyectora, ubica, presiona, genera vacío e inyecta en el molde la cera caliente con el fin de copiar el modelo. Se crea un modelo en cera.
- Se crea un “árbol” de copias del modelo en cera, con vástago de cera que conecta con una base de plástico que tiene forma de disco.
- Introduce el árbol con las copias en cera en un contenedor de acero inoxidable que se rellena con yeso, dejando el orificio pertinente para el llenado del metal y para la salida de la cera y gases.
- Se introduce el recipiente en una máquina de vacío para sacar el aire existente en el yeso.

- Se introduce el recipiente en un horno, hasta que alcance una temperatura de 800°C. La cera se funde y se recoge en unos canales del fondo del horno.
- Se eleva la temperatura del horno aproximadamente a unos 1200°C.
- Se endurece el yeso dejando la cavidad correspondiente a la pieza.
- El molde se extrae del horno y se vierte el metal fundido en su interior.
- Una vez solidificado, se rompe y lava el molde.

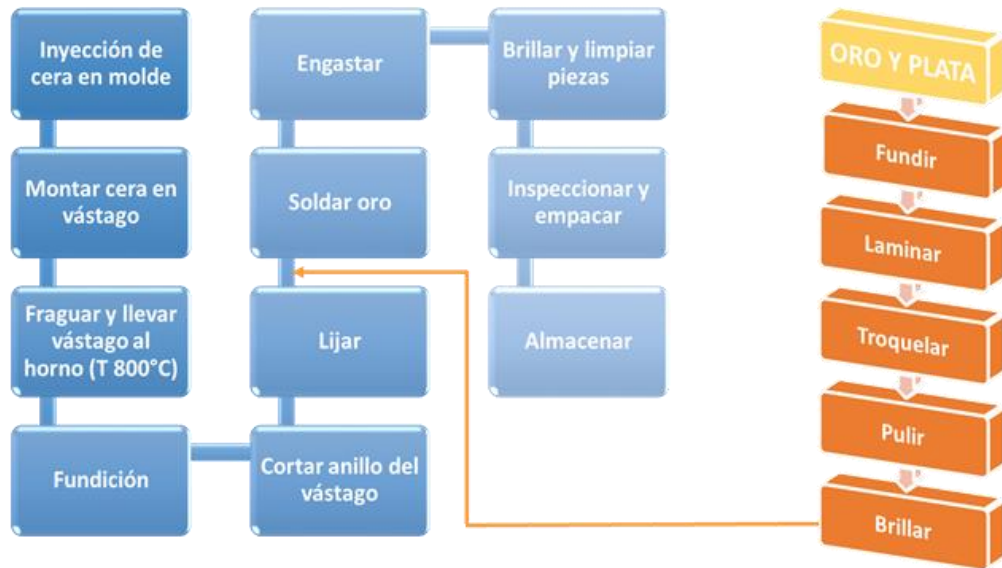
1.4.4 Laminado y Troquelado. Los detalles que a este punto se tienen en cuenta son, por ejemplo, el agregado de láminas de otros metales que se les da formas especiales con rodillos labrados que funcionan con motores eléctricos y después son cortados con troqueles manuales para que finalmente los artesanos expertos se encargan de incluirlos a la pieza junto con el posterior proceso de engastado (inclusión de piedras preciosas o de fantasía).

1.4.5 Lijado y Brillado. A este punto del proceso ya se tiene el bruto de la pieza completa, pero sin los detalles que le dan gran valor. Se realiza el proceso de lijado y brillado con un esmeril de banco, adaptado con extremos con cintas para lijar aros internos del anillo y para brillar piezas internas y externas de la pieza.

1.4.6 Empaque. Se obtienen las piezas terminadas y listas para un proceso de afinar detalles mínimos para que finalmente se realice el empaque de la pieza, la cual será vendida a sus distribuidores mayoristas.

A continuación, se presenta el flujo del proceso productivo a nivel general.

Figura 1. Flujo del proceso de producción



1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sector de la joyería con tradición ancestral y una amplia variedad de piezas únicas con materiales como oro, plata, piedras preciosas y semipreciosas, entre otros materiales, ha venido conquistando el mercado nacional e internacional por ofrecer productos de calidad que se desarrollan con creatividad e innovación.

El proceso de fabricación de joyas ha venido cambiando en los últimos 5 años, esto como respuesta a las nuevas tendencias de consumo y al mercado globalizado, que ha permitido la inclusión de gran variedad de productos provenientes de otros países.

Dentro de la planta de producción de la Joyería Jaimes Quintero, la falta de estrategia y cultura de mantenimiento en las máquinas causa diferentes tipos de pérdidas como demoras en la entrega del producto final o devoluciones, algunas de ellas se pueden prevenir, otras reducir, y en otros casos eliminar.

En ese orden de ideas, el mantenimiento a las máquinas y equipos de la Joyería Jaimes Quintero es realizado por personal externo y de carácter correctivo sin programación alguna, por el contrario, se ejecuta en momentos imprevistos, lo que representa desventajas en la posibilidad de daños secundarios en las máquinas, riesgos de seguridad para las personas, pérdidas de materiales y reprocesos, retrasos en las entregas del producto y mayor costo de mantenimiento. De acuerdo a información brindada por el Representante Legal de la Joyería, para el año 2018 el gasto de mantenimiento por servicio técnico no programado correspondió a \$2.500.000, un 25% más que lo gastado en el año 2017.

Los registros de mantenimiento realizados a las máquinas y equipos son solo soporte contable del costo para la empresa, pero se desconoce las causas que llevaron a solicitar un servicio externo y la trazabilidad en las fallas para conocer las condiciones actuales de cada máquina, y así establecer un mantenimiento preventivo que permita identificar a tiempo posibles daños, disminución de la productividad o posibles defectos.

Así mismo, se encontró que los reprocesos y las devoluciones de producto representaron para el año 2018 una pérdida aproximada a los \$21.000.000 (según gerencia) después de vender el producto. En este punto, los defectos de los productos pueden ser identificados en el proceso de empaque antes de que lleguen al cliente, sin embargo, se genera un reproceso del material en alguna de las operaciones.

Mediante conversaciones con los operarios, fue evidente que ellos desconocen el funcionamiento de las máquinas que operan y en muy pocas ocasiones atienden actividades importantes como limpieza, lubricación, ajuste y cambio de piezas, lo que genera disminución en la productividad, defectos en el proceso, horarios interrumpidos y costos de reparación.

De igual manera, se encontró que los gastos por compra de nuevas herramientas para el año 2018 correspondieron a \$800.000, principalmente por la pérdida o reposición debido al mal estado. Las herramientas no están estandarizadas en cada uno de los procesos y puestos de trabajo, por lo que son de propiedad común, los empleados no se hacen responsable del cuidado, no hay quien las supervise y vele por el buen estado de las mismas.

Otro factor importante para analizar es la falta de orden y aseo en las instalaciones de la planta y en los diferentes puestos de trabajo, ya que no se cuenta con un lugar señalizado y demarcado para la ubicación de los materiales y herramientas. Al no tener lugares de trabajo en óptimas condiciones de limpieza, resulta difícil identificar fuentes de suciedad, elementos necesarios para las tareas y uso efectivo del espacio físico dentro de la empresa para prevenir pérdidas de materia prima y/o de materiales.

Es por esto que se espera que al aplicar varios pilares del TPM se introduzca en la empresa cualidades que incrementen la productividad en la organización por medio de la eliminación de tiempos muertos, optimización de procesos productivos, orden y aseo.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una estrategia de mantenimiento productivo total (TPM) para la empresa de joyería Jaimes Quintero en Bucaramanga.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la criticidad de las máquinas y equipos de la planta de joyería.
- Identificar que pilares del TPM son los más adecuados para el proceso productivo de la joyería.
- Definir las actividades de cada uno de los pasos que soportan la metodología de implementación del TPM.
- Definir indicadores de gestión que permitan lograr los resultados para la implementación de la estrategia TPM.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 HISTORIA DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

Después de la Segunda Guerra Mundial los japoneses se concientizaron de la necesidad de mejorar la calidad de sus productos con el lema “Yo soy responsable de mi propio equipo”, adaptado de técnicas de gestión, fabricación y mantenimiento de los Estados Unidos, logrando excelentes resultados.

Antes de los años 50, el mantenimiento era exclusivamente de averías. En los años 50 el desarrollo del mantenimiento preventivo estableció funciones de prevención de fallas, con tendencia hacia el mantenimiento productivo y de mejora de Mantenibilidad. Ya en los años 60 el auge fue para el mantenimiento proactivo, basado en la prevención y en la predicción de averías, Ingeniería de Confiabilidad, de Mantenibilidad y Económica. Pero ya en los años 70 se desarrolló en Japón el Mantenimiento Productivo Total (**TPM**) basado en el respeto a las personas y la participación total de los empleados, con la ayuda de las ciencias administrativas y del comportamiento, Ingeniería de Software, Terotecología, Logística y Ecología².

Mientras las industrias de proceso avanzaban en el mantenimiento preventivo y productivo, las industrias de manufactura y ensamble invertían en nuevos equipos esforzándose en ser menos intensivas en mano de obra. Los equipos utilizados por estas industrias se han estado automatizando y sofisticando cada vez más, y Japón es ahora un líder mundial en el uso de robots industriales. Esta tendencia hacia la automatización, combinada con la producción “just-in-tiempo”, estimuló el interés en mejorar la gestión del mantenimiento en las industrias de manufactura y ensamble.

² GARCÍA P, Oliverio. Administración y Gerencia de Mantenimiento Industrial. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Duitama. 1992.

Esto dio origen a un enfoque exclusivamente japonés denominado Mantenimiento Productivo Total (TPM), una forma de mantenimiento productivo que involucra a todos los empleados³.

El término TPM fue definido en 1971 por el Japan Institute of Plant Engineers, (hoy Japan Institute for Plant Maintenance), la definición oficial de TPM⁴ fue presentada en su momento como: “El TPM se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia en todo el sistema productivo, estableciendo un sistema que previene las pérdidas en todas las operaciones de la empresa. Esto incluye cero accidentes, cero defectos y cero fallos en todo el ciclo de vida del sistema productivo. Se aplica en todos los sectores, incluyendo producción, desarrollo de productos y departamentos administrativos. Se apoya en la participación de todos los integrantes de la empresa y la obtención de cero pérdidas se logra a través del trabajo de pequeños equipos”.

3.2 CRONOLOGIA DEL TPM

El TPM nace como una necesidad creada por las diferentes áreas de mantenimiento, debe su razón de ser a la evolución que ha sufrido esta área a lo largo de la historia de las organizaciones motivo por el cual es importante mirar su evolución.

³ SUZUKI, Tokutaro. TPM en industrias de proceso. Madrid, Productivity Press. 1995.

⁴ JAPAN INSTITUT OF PLANT MAINTENANCE. Programa de desarrollo del TPM, Implantación del Mantenimiento Productivo Total. Madrid, Productivity Press, 1991.

Tabla 1. Cronología del TPM en la historia⁵

AÑO	MANTENIMIENTO APLICADO	PAISES DE IMPLEMENTACION
Antes de 1994	Solo se practicaba el mantenimiento si la máquina fallaba o se dañaba debido a que tenía una importancia secundaria	Países Industrializados
1914 - 1930	Surge la necesidad de las primeras reparaciones, nace el mantenimiento preventivo, como herramienta que permite manejar y detectar posibles pérdidas antes de que estas se causen.	Estados Unidos
1930 - 1950	Se toma la decisión de unir el mantenimiento preventivo con el mantenimiento productivo para ofrecer productos de más alta calidad y fiabilidad. Se da un mayor enfoque en el mantenimiento hacia la máquina.	Japón
1960 - 1980	Se empieza a implementar el respeto y participación como filosofía del TPM. La gestión del mantenimiento se enfoca hacia la producción y la productividad.	Japón y algunos países occidentales
Años 90 y siglo XXI	Se empieza a aplicar un mantenimiento más participativo. Muchas compañías en el mundo empiezan a adaptar TPM como filosofía de gestión, en búsqueda de la mejora continua y la competitividad.	Globalización adaptada por todo el mundo

Fuente: NAKAJIMA, Chicci. TPM. Implementing Total Productive Maintenance

El TPM en resumen desde su concepto incluye las siguientes 5 metas:

- Maximizar la eficacia global del equipo.

⁵ NAKAJIMA Seiichi. Programa de desarrollo de TPM. Madrid, Productivity Press. 1991.

- Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo para toda la vida del equipo.
- Involucrar a todos los departamentos que planean, diseñan, usan o mantienen los equipos.
- Involucrar activamente a todos los empleados, desde la alta dirección hasta los operadores de la planta.
- Promover el TPM a través de motivación con actividades autónomas de pequeños grupos.

TPM tiene un triple objetivo⁶: cero averías en producción, cero defectos de calidad y cero accidentes, cuando esto se ha logrado, el periodo de operación mejora, los costos se reducen, el inventario puede ser minimizado, y en consecuencia la productividad se incrementa.

3.3 LAS PERDIDAS QUE COMBATE EL TPM

Desde la filosofía del TPM⁷ se considera que una máquina parada para efectuar un cambio, una máquina averiada, una máquina que no trabaja al 100% de su capacidad o que fabrica productos defectuosos está en una situación intolerable que produce pérdidas a la empresa. La máquina debe considerarse improductiva en todos esos casos, y deben tomarse las acciones correspondientes tendentes a evitarlos en el futuro.

⁶ MOJICA, Angelica Tatiana; GIRALDO., Sebastián y SACOTO, Verónica Priscila. Integración de Sistemas de Gestión en Meals de Colombia S.A.S a través de la metodología Kaizen (TPM y las 5S). Universidad Viña del Mar. 2013.

⁷ TAVARES, Lourival Augusto. Administración moderna de mantenimiento. 99 p. [online]. Brasil. 2000. Disponible.

Una de las principales metas del TPM es la eliminación sistemática de las pérdidas, esto afecta las eficiencias del equipo y por lo tanto sus costos, una de las formas de eliminarlas es aprendiendo a identificarlas, básicamente el TPM trabaja sobre las pérdidas que existen sobre los diferentes activos de la compañía y específicamente sobre las pérdidas relacionadas con los equipos clasificándolas en 8 grandes pérdidas que son:

1. Pérdidas por paros programados: Son las pérdidas de tiempos por ensayos o mantenimientos planeados.
2. Pérdidas por ajuste de la producción: Tiempos perdidos por cambios en la demanda de productos que exigen a los suministros o en la demanda requieren ajustes en los planes de producción.
3. Pérdidas de fallos en los equipos: Tiempo perdido cuando el equipo pierde súbitamente sus funciones específicas debido a las fallas en los equipos por avería.
4. Pérdidas de fallos en los procesos: Tiempo perdido debido a factores externos como cambios en los materiales, errores en la operación, entre otros.
5. Pérdidas de producción normales: Son las pérdidas de rendimiento que ocurren durante la producción normal en el arranque, paradas por cambios de formatos.
6. Pérdidas de producción anormales: Son pérdidas de rendimiento que se producen cuando una planta rinde por debajo de su estándar como resultado de disfunciones, paradas menores y otras condiciones anormales que interfieren el funcionamiento.

7. Pérdidas por defectos de calidad: Incluyen el tiempo perdido en la producción de productos rechazables, las pérdidas de los desechos irrecuperables, y las financieras debidas a la baja graduación del producto.

8. Pérdidas por reprocesos: Pérdidas de tiempo por tener que devolver el material al proceso anterior.

3.4 PASOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL TPM

Los pasos específicos para desarrollar el programa de TPM, deben ser desarrollados individualmente por cada compañía, es decir, ajustado a sus requerimientos sin embargo hay cinco metas interdependientes, que representan los mínimos requisitos para desarrollar un programa de TPM:

1. Mejora en la eficacia del equipo
2. Mantenimiento autónomo por los operadores
3. Un programa planeado de mantenimiento y administrado por el departamento de mantenimiento
4. Entrenamiento para mejorar las destrezas y operaciones de mantenimiento
5. Un programa de administración del diseño del equipo, para prevenir problemas que ocurren durante nuevas instalaciones o arranque de máquinas.

Cada una de estas metas a su vez se ve apoyada por una estructura típica de TPM llamada pilar, estos pilares mencionados más adelante serán llamados pilares de confiabilidad y a través de ellos comienza la implementación de TPM.

El TPM se implementa normalmente en cuatro fases (preparación, introducción, implantación y consolidación), que pueden descomponerse en 12 pasos:

Tabla 2. Los doce pasos del programa TPM

PASO	PUNTOS CLAVE
<p>PREPARACIÓN</p> <p>1. Anuncio formal de la decisión de introducir TPM.</p>	<p>La alta dirección anuncia su decisión y el programa de introducción del TPM en una reunión interna; publicidad en revista de la empresa, etc.</p>
<p>2. Educación sobre TPM introductoria y campaña de publicidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dirección superior: Grupos de formación para niveles específicos de dirección. • Empleados: Cursos, diapositivas, ejemplos, etc.
<p>3. Crear una organización para promoción interna del TPM.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Comité de dirección y subcomités especializados. • Oficina de promoción del TPM.
<p>4. Establecer los objetivos y políticas básicas del TPM.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer líneas de actuación estratégica y objetivos. • Prever efectos.
<p>5. Diseñar un plan maestro para implantar TPM.</p>	<p>Desde la fase de preparación hasta la postulación para el premio PM.</p>
<p>INTRODUCCIÓN</p> <p>6. Introducción y lanzamiento del proyecto empresarial TPM.</p>	<p>Invitar a clientes, filiales y subcontratistas.</p>
<p>7. Crear una organización corporativa para maximizar la eficiencia de la producción.</p>	<p>Perseguir hasta el final la eficacia global de la producción.</p>
<p>7.1 Realizar actividades centradas en la mejora.</p>	<p>Actividades de equipos de proyectos y de pequeños grupos en puesto de trabajo.</p>
<p>7.2 Establecer y desplegar programa de mantenimiento autónomo.</p>	<p>Proceder paso a paso con auditorias y certificando la superación de cada paso</p>
<p>7.3 Implantar un programa de mantenimiento planificado</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento correctivo • Mantenimiento con parada • Mantenimiento predictivo

PASO	PUNTOS CLAVE
7.4 Formación sobre capacidades para mantenimiento y operación correctos.	Educación de líderes de grupos que después forman a miembros de grupos.
8. Crear un sistema para la gestión temprana de nuevos equipos y productos.	Desarrollar productos y equipos fáciles de usar y mantener.
9. Crear un sistema de mantenimiento de la calidad.	Establecer, mantener y controlar las condiciones para el cero defectos.
10. Crear un sistema administrativo y de apoyo eficaz: TPM en departamentos indirectos.	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar la eficacia de los departamentos de apoyo a producción. • Mejora y agilizar las funciones administrativas y el entorno de las oficinas.
11. Desarrollar un sistema para gestionar la salud, la seguridad y el medio ambiente.	Asegurar un entorno de trabajo libre de accidentes y polución.
<p>CONSOLIDACIÓN</p> <p>12. Consolidar la implantación del TPM y mejorar las metas y objetivos legales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Postular para el premio MP. • Contemplar objetivos más elevados

Fuente: SUZUKI, Tokutaro. TPM en industrias de proceso.

Fase #1: PREPARACIÓN

Paso 1. Adopción y anuncio de la decisión de introducir el TPM

El primer paso en el desarrollo del TPM es hacer un anuncio oficial de la decisión de implantar el TPM. La alta dirección debe informar a sus empleados de su decisión e infundir entusiasmo por el proyecto. Esto puede cumplirse a través de una presentación formal que introduce el concepto, metas, y beneficios esperados del TPM, y también incluye propuestas personales de la alta dirección a los empleados sobre las razones que fundamentan la decisión de implementar el TPM.

Sin embargo, cuando la alta dirección formule este compromiso debe dejar claro su intención de seguir el programa TPM hasta su finalización. Esto informa a todos los empleados y órganos empresariales que la dirección comprende el valor estratégico del TPM y que facilitará el apoyo físico y organizacional necesario para resolver los diversos problemas que inevitablemente surgirán durante la implantación. La etapa de preparación para el TPM comienza con este anuncio.

Paso 2. Educación Introductoria sobre el TPM y campaña de difusión

Antes de poner en práctica un programa de TPM debe haber plena comprensión. Para garantizar que todos entiendan las características del TPM, y las razones estratégicas que han llevado a la dirección a aceptarlo, se planifican seminarios externos y planes de formación internos adecuados para cada nivel.

El objetivo de la educación es, no solamente explicar el TPM, sino también elevar la moral y romper la resistencia al cambio -en este caso, el cambio al TPM.

Paso 3. Creación de un comité y de una organización para la promoción interna del TPM (Pilares TPM)

El TPM se promueve a través de una estructura de pequeños grupos que se solapan en toda la organización. En este sistema los líderes de pequeños grupos de cada nivel de la organización son miembros de pequeños grupos del siguiente nivel más elevado. También la alta dirección constituye en sí misma un pequeño grupo. Este sistema es extremadamente eficaz para desplegar las políticas y objetivos de la alta dirección por toda la organización.

Se debe establecer una oficina de promoción del TPM que se responsabilice de desarrollar y promover las estrategias más eficaces de promoción del TPM. Para ser eficaz, la oficina debe funcionar con personal permanente, de plena

dedicación, ayudado por varios comités y subcomités. Sus funciones incluyen tareas tales como preparar el plan maestro TPM y coordinar su promoción, crear pautas para mantener las diversas actividades TPM en el camino previsto, dirigir campañas sobre temas específicos, diseminar información, y organizar la publicidad. La oficina de promoción juega un papel especialmente importante en la gestión de la implantación del mantenimiento autónomo y en centrar las actividades de mejora.

Paso 4. Establecer los lineamientos básicos (objetivos y políticas) para el desarrollo del TPM

La política TPM básica debe ser parte integral de la política global de la empresa y debe indicar los objetivos y directrices de las actividades a realizar (véase figura 2). Los objetivos TPM deben relacionarse con la planificación estratégica de la empresa, es decir, con los objetivos de negocio a mediano y largo plazo y deben decidirse solamente después de consultas prolongadas con todos los interesados, incluida la alta dirección. El programa TPM debe durar lo suficiente para obtener los objetivos fijados.

Hay que expresar objetivos numéricos y en el máximo grado posible. Al establecer objetivos, empezar por establecer base de referencias claras, deben ser desafiantes, pero alcanzables. Estas deben facilitar una medición instantánea de la situación existente y expresarse parcialmente de modo cuantitativo y cualitativo.

Paso 5. Diseñar un Plan Maestro para la implantación del TPM

Para formular un plan maestro de implantación, primero hay que decir las actividades a poner en práctica para lograr los objetivos TPM. Cada empresa ha de reflexionar y decidir sobre los modos más eficientes de cubrir los desfases entre la situación de partida y los objetivos, y entre éstos y las bases de referencia.

Las ocho actividades del TPM se reflejan tradicionalmente en sus pilares que son:

- Mejoramiento enfocado
- Mantenimiento autónomo
- Mantenimiento planificado
- Educación y entrenamiento
- Gestión temprana de los equipos
- Mantenimiento de calidad
- Actividades de departamentos administrativos y de apoyo
- Gestión de la seguridad y el medio ambiente

Estas actividades (pilares del TPM) necesitan presupuestos y orientaciones claras. Así mismo, deben supervisarse apropiadamente. Debe prepararse un programa con hitos claramente visibles para cada actividad, integrados todos ellos en el plan maestro.

Fase #2: INTRODUCCIÓN

Paso 6. “Kick-Off” – Lanzamiento del TPM

Una vez que se ha aprobado el plan maestro, puede tener lugar “el saque inicial” o kick-off del TPM. Este comienzo debe perfilarse para cultivar una atmósfera que eleve la motivación e inspire dedicación. En la reunión, la alta dirección confirma

su compromiso de implantar el TPM e informa los planes desarrollados y el trabajo realizado durante la fase de preparación.

Fase #3: IMPLANTACIÓN

Paso 7. Desarrollo de los pilares propuestos por el TPM

Paso 7.1 Realizar actividades de Mejora Enfocada

Las mejoras enfocadas son un tipo de actividad realizada por equipos de proyectos interfuncionales compuestos por personas tales como ingenieros de producción, personal de mantenimiento y, operarios. Estas actividades están pensadas para minimizar las pérdidas que se buscan erradicar, que se han medido y evaluado cuidadosamente.

Paso 7.2 Establecer un programa de Mantenimiento Autónomo

El mantenimiento autónomo, es una de las actividades más características del TPM. Después que se introdujo en las empresas el mantenimiento productivo, se separaron formalmente las funciones de operación y las de mantenimiento. Como los operarios perdieron responsabilidad respecto al equipo, gradualmente perdieron sensibilidad respecto a su mantenimiento.

El mantenimiento autónomo practicado en el TPM invierte esta tendencia. Los operarios se involucran en las rutinas y en actividades de mejora que evitan el deterioro forzado, controlan la contaminación y ayudan a mejorar las condiciones del equipo. Como las plantas de proceso emplean un pequeño número de operarios en relación al número y tamaño de los equipos, las estrategias para lograr los objetivos del mantenimiento autónomo deben adaptarse de alguna forma respecto al procedimiento tradicional seguido en las industrias de manufactura y

ensamble. Cuando se planifica el mantenimiento autónomo para entornos individuales de proceso se debe:

- Considerar como pueden realizarse más eficazmente las acciones de mantenimiento autónomo en los diferentes tipos de equipos.
- Investigar la importancia relativa de los diferentes elementos del equipo y determinar los enfoques de mantenimiento apropiados.
- Priorizar las tareas de mantenimiento.
- Asignar apropiadamente responsabilidades entre el personal de producción y el de mantenimiento especializado.

Las actividades de mantenimiento autónomo se articulan e implantan en una sucesión de pasos y son eficaces solamente si se controlan estrictamente la progresión de un paso al siguiente. Para gestionar esto se designan grupos oficiales de auditoría y se establecen estándares de aprobación o fallo para cada paso. El coordinador del programa TPM debe dar la aprobación final para la graduación de cada grupo y autorizar el movimiento al paso siguiente.

Es esencial auditar paso a paso las actividades de los equipos para tenerles adecuadamente centrados en los objetivos de cada paso de forma que se logre una plena implantación del mantenimiento autónomo.

Paso 7.3 Establecer un programa de Mantenimiento Planificado

El mantenimiento planeado o programado abarca tres formas de mantenimiento: el de averías, el preventivo y el predictivo.

Como en otras actividades TPM, la creación de un sistema de mantenimiento planificado debe hacerse sistemáticamente, superando un paso cada vez.

La finalidad de realizar el mantenimiento preventivo y predictivo es eliminar las averías, pero incluso cuando se realizan prácticas de mantenimiento sistemáticas, siguen ocurriendo fallos inesperados. Tales fallos revelan elementos inapropiados en el “timing” y contenido de los planes de mantenimiento y ponen a la luz que hay medidas ineficaces de prevención de fallos. En el TPM, las actividades de mantenimiento planificado resaltan la importancia de controlar los tiempos medios entre fallos (MTBF) y de usar ese análisis para especificar los intervalos de las tareas (calendarios de mantenimiento semanal, mensual, anual).

Paso 7.4 Educación y Entrenamiento

La fuerza laboral de una empresa es un activo de gran valor, y todas las empresas deben formar sistemáticamente a sus empleados. Los trabajadores de las industrias de proceso son cada vez más escasos, forman parte de una élite y cada vez tienen una formación más polivalente, de modo que su adiestramiento debe ser una parte vital del sistema de recursos humanos. Hay que visualizar el tipo de personas que se desea formar y los programas apropiados. En otras palabras, hay que identificar los conocimientos específicos, capacidades y habilidades de gestión que se desea tener y entonces programar la formación para lograr tal visión.

La formación debe también ajustarse para servir necesidades individuales. Hay que evaluar a cada persona para medir su grado de asimilación de los conocimientos y capacidades requeridos e identificar sus debilidades y con todo ellos programar más eficientemente la formación. Los trabajadores y supervisores deben examinar anualmente los resultados de esta evaluación y en función de

esto fijar los objetivos del año siguiente al igual que los planes para la siguiente fase.

Deben establecerse programas consistentes para lograr los objetivos previstos y, al decidir la clase de personal que se desea tener en un determinado plazo, se diseñan entonces planes globales para la formación en el trabajo y fuera del trabajo (cursos y seminarios)

Paso 8. Desarrollar un sistema para la gestión temprana de nuevos equipos y productos

La gestión temprana incluye la gestión anticipada sobre las decisiones de los equipos y los productos. La finalidad de estas actividades es lograr rápida y económicamente productos que sean fáciles de fabricar y equipos de fácil utilización.

La gestión temprana del equipo concierne a los usuarios de los equipos, a las empresas de ingeniería, y a los fabricantes de equipos. Habitualmente, se cubren las siguientes etapas:

- Planificación de la investigación de equipos
- Diseño de procesos
- Proyectos de equipos, fabricación e instalación
- Someter a prueba la instalación
- Gestión del arranque

Todas las actividades, desde el proyecto inicial de un equipo hasta su instalación y prueba, pueden verse como un solo proyecto. El proyecto arranca con el diseño del proceso, el proyecto básico de la planta, y los planos y especificaciones detallados que incluyen el aprovisionamiento, la fabricación, la construcción y la prueba de funcionamiento. En su planificación, el equipo de proyecto determina los niveles técnicos de equipo y planta (funciones y rendimientos) junto con los niveles de disponibilidad (fiabilidad y mantenibilidad) y entonces prepara presupuestos y programas para alcanzar los objetivos.

Al proyectar una planta, se perfilan varios diseños: diseño funcional, de fiabilidad y mantenibilidad, de seguridad y de economía. En particular, el establecimiento de especificaciones de prevención del mantenimiento (MP) y su puesta en práctica, ayuda a asegurar que los equipos y planta son fiables y se mantendrán fácilmente.

Después de completar estas actividades, se instalan los equipos y se realizan operaciones de prueba y se inicia la fase de gestión del arranque. Esta es una actividad perfilada para lograr, tan rápidamente como sea posible, las condiciones de producción estable de productos con calidad y cero defectos. En el TPM esto se conoce como “arranque vertical”.

Paso 9. Establecer un sistema para el Mantenimiento de la Calidad

El mantenimiento de la calidad (QM) es un método para fabricar bien a la primera y evitar los defectos a través de los procesos y equipos. En el mantenimiento de la calidad, la variabilidad de las características de calidad de un producto se controla atendiendo a las condiciones del equipo que la afectan.

Las características de la calidad están influenciadas por cuatro entradas principalmente: Materiales, Máquinas, Métodos y Mano de obra (enfoque de las cuatro emes). El primer paso en el mantenimiento de la calidad es clarificar las

relaciones entre estos cuatro factores y las características de calidad de un producto analizando los defectos de la calidad.

Por tanto, hay que centrarse primero en el proceso, y después en el equipo. En otras palabras, hay que clarificar primero las relaciones entre calidad del producto y las condiciones de proceso y determinar así las condiciones precisas de proceso que se requieren para producir un producto perfecto.

Paso 10. Desarrollar un sistema administrativo de apoyo eficaz

Los departamentos administrativos y de apoyo juegan un papel importante en el soporte de la producción. La calidad y oportunidad de plazo de la información que suministran estos departamentos tienen un gran efecto en las decisiones productivas.

Las actividades de TPM realizadas por estos departamentos no deben solamente apoyar a la planta, sino que también deben estar orientadas a reforzar sus propias funciones mejorando su organización y cultura. Sin embargo, en comparación con producción, no es fácil para los departamentos administrativos medir los efectos de sus actividades. Un programa TPM en este entorno debe intentar crear una “fábrica de información” y aplicar el análisis de procesos para regularizar el flujo de información.

Hay que pensar que los departamentos administrativos y de apoyo son plantas de proceso cuyas tareas principales son recoger, procesar y distribuir información. Este concepto hace más fácil promover y medir el mantenimiento autónomo, la mejora, y otras actividades TPM en un entorno de oficinas.

La mejora de las tareas administrativas se orienta a su eficiencia y velocidad, y a reducir el número de personas necesarias. Para lograr esto, se automatizan las

tareas de oficina y se instalan sistemas de proceso de datos tales como redes electrónicas locales, etc. Al mismo tiempo hay que incrementar la eficiencia administrativa en el apoyo a las decisiones y acciones de planificación de directores y ejecutivos.

Paso 11. Gestión de la seguridad y del medio ambiente

La seguridad y prevención de efectos adversos sobre el entorno son temas importantes en las industrias de proceso. Los estudios de operatividad combinados con la formación para prevenir accidentes y el análisis de fallos son medios eficaces para tratar estos asuntos. La seguridad se promueve sistemáticamente como parte de las actividades TPM.

Ciertos temas son particularmente importantes en el entorno de los procesos. Por ejemplo, lo es incorporar mecanismos a prueba de errores, esto es, diseñar equipos que funcionarán con seguridad incluso aunque el personal no tome las precauciones apropiadas. Es también importante garantizar la seguridad durante el mantenimiento con parada general. Siempre que sea posible, hay que verificar la capacidad de los trabajadores subcontratados, y hacerlo por anticipado.

Fase #4: CONSOLIDACIÓN - CONTINUIDAD

Paso 12. Consolidar la implantación del TPM y mejorar las metas y objetivos

Hay varias claves para mantener los niveles TPM una vez logrados. Por ejemplo, crear fuertes grupos TPM en cada nivel y dotar a una organización de promoción que ayude a integrar el trabajo diario. En esta labor es útil el enfoque de mejora continua mediante el ciclo CAP-Do revisando continuamente los objetivos, y aceptando nuevos desafíos, como el Premio especial PM. Ninguna de estas acciones será eficaz sin el apoyo de mediciones continuas, cuidadosas y

concretas. Hay que utilizar indicadores de gestión que muestren a cada uno (en cada nivel) los progresos concretos que se hacen, fomentando la motivación e implicación de todos.

3.5 LOS 8 PILARES DEL TPM

Una implementación exitosa de TPM requiere el apoyo de 8 pilares fundamentales como soporte a la estructura, estos pilares son:

1. Mantenimiento Autónomo
2. Mantenimiento Planificado
3. Mejora Enfocada
4. Educación y Entrenamiento
5. Control inicial de Equipos y Productos
6. Mantenimiento de la Calidad
7. Seguridad y Medio Ambiente
8. Gestión Administrativa

Debido a que los pilares dan estructura y fuerza estos son los cimientos básicos para la consolidación del TPM, su puesta en marcha requiere trabajo de varias áreas y deben implementarse casi simultáneamente.

La clave es establecer las relaciones entre los pilares y atarlos con las actividades existentes en el desarrollo de organización que están funcionando. No se debe desmontar lo que se tiene establecido y construido en la organización de la empresa, pues éstos hacen parte del esfuerzo y éxito de la compañía.

3.5.1 Pilar de mantenimiento autónomo. Idealmente, quién opera el equipo debería darle mantenimiento y originalmente en Japón, esas dos funciones fueron combinadas. Hoy, muchos gerentes comprenden que un factor decisivo en la competitividad, es un equipo más eficiente, en el fondo, el mantenimiento autónomo es prevención del deterioro. El mantenimiento desempeñado por los operadores del equipo o mantenimiento autónomo, pueden contribuir significativamente a la eficacia del equipo.

El pilar de mantenimiento autónomo es uno de los principales pilares del TPM, ya que marca la pauta del avance; para el desarrollo de este pilar es indispensable el apoyo del departamento de mantenimiento por lo que es importante definir las funciones de cada uno en la implementación del pilar, estos son:

Actividades de departamento de producción

El departamento de producción debe centrarse en la prevención del deterioro. Debe construir su programa de mantenimiento autónomo alrededor de las siguientes tres clases de actividades:

Prevenir el deterioro: Operar el equipo correctamente, mantener las condiciones básicas del equipo, realizar los ajustes adecuados, anotar datos referentes a las averías y malos funcionamientos, colaborar con mantenimiento en el estudio de mejoras.

Medir el deterioro: Realizar inspecciones diarias y hacer ciertas inspecciones periódicas.

Restaurar el equipo: Hacer reparaciones menores, realizar reportes de averías y mal funcionamientos, asistir en reparar las averías periódicas.

Todas estas actividades son importantes, pero es esencial establecer las condiciones básicas del equipo (limpieza, lubricación y ajuste) para evitar el deterioro acelerado.

Actividades de departamento de mantenimiento

La guía y apoyo apropiados del departamento de mantenimiento son indispensables para establecer el mantenimiento autónomo y hacerlo una parte eficaz del programa de mantenimiento. Las tareas más importantes son:

- Facilitar instrucciones en técnicas de inspección y ayudar a los operarios a preparar estándares de inspección (puntos a chequear, intervalos de chequeo, etc.).
- Facilitar formación en técnicas de lubricación, estandarizar tipos de lubricantes, y ayudar a los operarios a formular estándares de lubricación.
- Tratar rápidamente el deterioro, las pequeñas deficiencias, y las deficiencias en las condiciones básicas del equipo.
- Dar asistencia técnica en las actividades de mejora tales como eliminar las fuentes de contaminación, hacer más accesibles las áreas difíciles para la limpieza, lubricación e inspección y mejorar la eficiencia del equipo.

- Organizar las actividades de rutina (reuniones de mañana, rondas para recibir órdenes de tareas de mantenimiento).

3.5.1.1 Los 7 pasos del Mantenimiento Autónomo. El mantenimiento autónomo se implanta en siete pasos, empezando por la limpieza inicial y procediendo regularmente hasta la plena autogestión. Con ello se pretenden establecer unas condiciones de proceso optimas aplicando repetidas interacciones del ciclo de dirección para la mejora continua (CAPD) mostrado en la Tabla 3.

Los pasos 1 al 3 dan prioridad a suprimir los elementos que causan el deterioro acelerado, prevenir y revertir el deterioro, y establecer y mantener las condiciones básicas en el equipo. Paralelamente, los objetivos de estos pasos son conseguir que los operarios se interesen y responsabilicen por sus equipos y ayudarles a liberarse de su auto-imagen como meros pulsadores de conmutadores o ajustadores de sensores.

En los pasos 4 a 5, los líderes de grupos enseñan procedimientos de inspección a sus miembros, y la inspección general se amplía desde las unidades de equipos individuales a procesos enteros. Los objetivos de estos pasos son reducir las averías y formar a operarios que comprendan y dominen a fondo sus equipos y procesos.

Los pasos 6 y 7 están pensados para reforzar y elevar el nivel del mantenimiento autónomo y actividades de mejora, estandarizando sistemas y métodos, y ampliando la esfera de acción desde los equipos a otras áreas tales como los almacenes, distribución, etc. El objetivo último de estos pasos es una organización robusta y la cultura en la que cada lugar de trabajo es capaz de auto gestionarse.

Tabla 3. Los siete pasos del mantenimiento autónomo

PASOS	ACTIVIDADES
1. Limpieza inicial	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eliminar el polvo y la suciedad del equipo. ▪ Descubrir las irregularidades tales como los ligeros defectos, fuentes de contaminación, lugares inaccesibles, y fuentes de defectos de calidad. ▪ Eliminar los elementos innecesarios y raramente usados, y simplificar el equipo.
2. Eliminar fuentes de contaminación y áreas inaccesibles	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reducir el tiempo dedicado a dejar en orden el equipo, eliminando las fuentes de polvo, suciedad, evitando la dispersión, y mejorando las partes que sean de limpieza, chequeo, lubricación, apretado o manipulación difíciles.
3. Establecer estándares de limpieza y lubricación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Formular estándares de trabajo que ayuden a mantener la limpieza, lubricación y apretado de pernos a niveles adecuados con mínimos tiempo y esfuerzo. ▪ Mejorar la eficiencia del trabajo de inspección introduciendo controles visuales.
4. Inspección general de equipos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Facilitar formación sobre técnicas de inspección con base en manuales. ▪ Poner en condición óptima a elementos individuales del equipo mediante la inspección general. ▪ Modificar el equipo para facilitar el chequeo. Hacer un uso extenso de los controles visuales.
5. Inspección general de los procesos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Facilitar instrucción sobre los rendimientos de procesos, operaciones y ajustes, adiestrar sobre el manejo de anomalías con el fin de mejorar la fiabilidad operacional y tener operarios competentes. ▪ Impedir las duplicidades u omisiones en la inspección, incorporando a la inspección periódica de cada equipo estándares provisionales de inspección, limpieza y reposición del proceso entero o del área.

6. Mantenimiento autónomo sistemático	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Instaurar el mantenimiento de calidad y de seguridad estableciendo claros procedimientos y estándares. ▪ Mejorar los procedimientos de preparación y reducir el trabajo en proceso. ▪ Establecer un sistema de auto-gestión para mejorar el flujo en el lugar de trabajo, las piezas de repuesto, herramientas, trabajo en curso, productos finales, datos, etc.
7. Gestión autónoma	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desarrollar actividades de mejora y estandarizarlas de acuerdo con los objetivos y políticas, y reducir costes eliminando el desperdicio en los lugares de trabajo. ▪ Mejorar continuamente los equipos llevando registros precisos del mantenimiento (MTBF) y analizando los datos sistemáticamente.

Fuente: SUZUKI, Tokutaro. TPM en industrias de proceso.

3.5.2 Pilar de mantenimiento planificado. El propósito de este pilar es alcanzar gradualmente cero fallas en los equipos de procesos a través del perfecto conocimiento de los mismos, la reversión del deterioro, la creación de un sistema de información, el mantenimiento preventivo y las metodologías de análisis de fallos.

3.5.2.1 Los 6 pasos del Mantenimiento Planeado. Un tema importante para el departamento de mantenimiento es como planificar y poner sistemáticamente en práctica en el tiempo las diversas actividades del mantenimiento planificado.

Las ventajas del enfoque pasan a paso consisten en que los resultados se acumulan conforme se despliegan las actividades y se refuerzan y contrastan entre sí como parte integral del programa. Para utilizar plenamente estas ventajas, el equipo de planificación debe especificar claramente lo que tiene que hacerse en cada paso. La tabla 4 muestra las actividades realizadas en cada paso.

Tabla 4. Los seis pasos del pilar de mantenimiento planeado

PASOS	ACTIVIDADES
1. Evaluar el equipo y comprender las condiciones actuales	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Preparar o actualizar los registros de los equipos. ✓ Evaluar los equipos: establecer criterios de evaluación, priorizar los equipos y seleccionar equipos y componentes para PM. ✓ Definir los niveles de averías. ✓ Comprender la situación respecto a las fallas: medir el número, frecuencia y severidad de fallos y pequeñas paradas: MTBF, costes de mantenimiento, tasas de mantenimiento de averías. ✓ Establecer objetivos e indicadores de mantenimiento.
2. Restaurar el deterioro y corregir debilidades	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Apoyo al mantenimiento autónomo: Establecer condiciones básicas, revertir el deterioro y abolir los entornos que causan deterioro acelerado. ✓ Poner en práctica actividades de mejora orientada para corregir debilidades y ampliar los periodos de vida. ✓ Corregir los puntos débiles: Tomar medidas para impedir la ocurrencia de fallos idénticos o similares. ✓ Introducir mejoras para reducir los fallos de proceso.
3. Crear un sistema de gestión de información	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Crear un sistema de gestión de datos de fallos. ✓ Crear un sistema de gestión del mantenimiento de equipos (control de historiales de máquinas, planificación del mantenimiento, planificación de inspecciones).

PASOS	ACTIVIDADES
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Crear un sistema de gestiona de presupuestos de equipos. ✓ Crear sistemas para controlar piezas de repuesto, planos, datos técnicos y unidades de reserva. ✓ Revisión de normas de inspección de mantenimiento.
4. Crear un sistema de mantenimiento periódico o preventivo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Preparación del mantenimiento periódico (control de unidades de reserva, piezas de repuesto, instrumentos de medida, lubricantes, planos. datos técnicos). ✓ Preparar el diagrama de flujo del sistema de mantenimiento periódico. ✓ Seleccionar equipos y componentes a mantener y formular un plan de mantenimiento. ✓ Preparar o actualizar estándares de mantenimiento periódico (materiales, trabajos, inspección, aceptación). ✓ Mejorar la eficiencia del mantenimiento con parada general y reforzar el control del trabajo subcontratado.
5. Crear un sistema de mantenimiento predictivo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Introducir técnicas de diagnóstico de equipos (formar a diagnosticadores, comprar equipo de diagnóstico). ✓ Preparar diagrama de flujo del sistema de mantenimiento predictivo. ✓ Seleccionar equipo y componentes para mantenimiento predictivo, y ampliar gradualmente el sistema. ✓ Desarrollar equipos y tecnologías de diagnóstico.
6. Evaluar el sistema de mantenimiento planificado	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Evaluar el sistema de mantenimiento planificado.

PASOS	ACTIVIDADES
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Evaluar la mejora de la fiabilidad: número de fallos y pequeñas paradas, MTBF, frecuencia de fallos. ✓ Evaluar la mejora de la mantenibilidad: tasa de mantenimiento periódico, tasa de mantenimiento predictivo, MTTR. ✓ Evaluar los ahorros de costes: reducción en los gastos de mantenimiento, mejora en la distribución de los fondos para mantenimiento.

Fuente: SUZUKI, Tokutaro. TPM en industrias de proceso.

3.5.3 Pilar de mejora enfocada. Este pilar se centra en la eliminación permanente de pérdidas para lograr la máxima eficiencia global de los equipos y procesos de la compañía, lo cual se desarrolla a través del trabajo de equipos interdisciplinarios que lideran el mejoramiento continuo y la eliminación de pérdidas.

La práctica indica que es más fácil y eficaz realizar las actividades de mejora paso a paso, documentando el progreso visualmente conforme se procede. Este enfoque tiene las siguientes ventajas:

- Cada uno puede ver lo que sucede y toma un activo interés en el programa de mejora orientada.
- Los planes para equipos y personas individuales se desarrollan por separado, pero integrados con objetivos generales para maximizar resultados.
- El comité de mejoras puede supervisar más fácilmente el progreso y controlar el programa.

- La organización de presentaciones y auditorías al terminar cada paso hace más fácil consolidar lo logrado y suscitar entusiasmo.

La tabla 5 muestra el procedimiento paso a paso completo, desde el paso 0 (seleccionar temas de mejora) hasta el 7 (consolidación de ganancias).

Tabla 5. Procedimiento para la implementación de mejora enfocada

PASOS	ACTIVIDADES
Paso 0. Selección de tema de mejora	<ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar y registrar tema 2. Formar equipo de proyecto 3. Planificar actividades
Paso 1. Comprender la situación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar procesos cuello de botella 2. Medir fallos, defectos y otras pérdidas 3. Usar líneas de fondo para establecer objetivos
Paso 2. Descubrir y eliminar anomalías	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sacar a la luz infatigablemente todas las anomalías 2. Restaurar el deterioro y corregir las pequeñas deficiencias 3. Establecer las condiciones básicas del equipo

Fuente: SUZUKI, Tokutaro. TPM en industrias de proceso.

3.5.4 Educación y entrenamiento. En el TPM, los dos conceptos básicos de la formación son el entrenamiento en el mismo trabajo (OJT) y el auto-desarrollo. Fundamentalmente, la mejora de las destrezas de los individuos no solo incide eficazmente en la eficiencia de la empresa, sino que también aumenta la vitalidad de las personas y su orgullo por el trabajo. Por supuesto, la formación fuera del ámbito del trabajo y las actividades de apoyo son también importantes para asegurar una buena educación.

Para asegurar la eficacia de la formación, hay que desarrollarla sistemáticamente en los siguientes seis pasos:

1. Evaluar el programa de formación vigente y establecer estrategias y política prioritarias.
2. Elaborar un programa (Plan maestro de formación) para mejorar las capacidades de operación y mantenimiento.
3. Poner en práctica la formación recibida sobre operaciones y mantenimiento.
4. Proyectar y desarrollar un sistema de información permanente de capacidades a largo plazo.
5. Crear un entorno que estimule el auto-desarrollo.
6. Evaluar las actividades y planificar el futuro.

3.5.4.1 Lección de un punto. Las LUPS⁸ o lecciones de un punto también conocidas como OPLS (one point lesson) tienen como finalidad documentar de manera clara la información que se va a transferir en un formato sencillo que recoge información específica para transferir en un tiempo no mayor a 5 minutos, durante todo el proceso de implementación de mantenimiento autónomo se incentiva la generación de LUPS en los departamentos de mantenimiento y producción de manera que se multiplique el conocimiento hacia otras áreas de la compañía.

8 GIRALDO Cardona, Sebastián. Mantenimiento en las industrias: Cómo liderar la transferencia del conocimiento a través de TPM.

Las LUPS incentivan el aprendizaje de quienes las elaboran y amplia el conocimiento de quienes las reciben, deben explicar claramente una idea apoyados más en los gráficos que en el texto procurando que se elaboren manualmente y permitiendo el uso de fotografías sólo en casos puntuales.

Existen tres tipos de LUPS:

- **LUPS de conocimiento básico:** en éstas se describe un punto de conocimiento sobre un equipo, proceso o producto, los temas pueden ser variados y ojalá estén enfocados al paso de mantenimiento autónomo que se esté desarrollando o a un indicador que se quiera mejorar.
- **LUPS de caso de problema:** Tienen el objetivo de documentar la manera en que se ha resuelto un problema del equipo facilitando la transferencia de este caso de éxito hacia otras líneas o áreas de proceso.
- **LUPS de caso de mejoramiento:** Estas son similares a las anteriores, pero se elaboran para documentar una mejora en el equipo producto de haber eliminado una fuente de contaminación y lugar de difícil acceso o un rediseño para mejorar su eficiencia o disminuir alguna pérdida.

3.5.5 Control inicial de equipos y productos. El principal objetivo del pilar de control inicial de equipos y productos es el de lograr un **arranque vertical** (rápido, libre de problemas desde la primera vez) mientras se **reducen los costos** de desarrollar nuevos productos y equipos⁹.

La implementación del pilar de control inicial bajo el modelo TPM le da entonces a las industrias la posibilidad de alcanzar un “arranque vertical” de los proyectos, un

⁹ GIRALDO Cardona, Sebastián. Control inicial de TPM, un pilar fundamental para integrar proyectos y operaciones en las industrias.

aprendizaje permanente y la comunicación entre áreas mientras se emplean herramientas de análisis y la información MP (Maintenance Prevention) como parte de la metodología propuesta para evitar nuevos errores y dificultades futuras.

El pilar de control inicial dentro de la metodología TPM esta propuesto desde 2 enfoques, la de los equipos y la de los productos.

El control inicial de equipos busca igualmente como objetivo desarrollar equipos confiables fáciles de operar y mantener y además poder fabricar productos libres de pérdidas y defectos.

El control inicial de productos busca desarrollar productos que satisfagan a los clientes, que sean fáciles de fabricar y mover en condiciones seguras y eficientemente a lo largo de toda la cadena de abastecimiento.

3.5.6 Pilar de mantenimiento de la calidad. El mantenimiento de calidad consiste en realizar sistemáticamente y paso a paso actividades que garanticen en los equipos las condiciones para que no se produzcan defectos de calidad; es decir mantener el equipo en unas condiciones perfectas para producir productos perfectos.

Para producir productos perfectos, es necesario establecer las condiciones de proceso apropiadas (temperatura, presión, tasa de flujo, cantidad de catalizador, entre otras) en función de las propiedades particulares, composiciones, y volúmenes de materias primas, reactivos, y otras sustancias. Para lograr esto, las unidades del equipo y sus módulos componentes deben instalarse y mantenerse de modo que funcionen óptimamente y no se generen defectos de calidad.

Los defectos de calidad se evitan chequeando y midiendo periódicamente las condiciones del equipo y verificando que los valores medidos están dentro del rango especificado.

3.5.7 Pilar seguridad y medio ambiente. El sistema de gestión integral de la seguridad y el medio ambiente permite lograr cero accidentes y contribuir a prevenir riesgos que podrían afectar la integridad de las personas y generar efectos negativos al medio ambiente.

La implementación plena del TPM mejora la seguridad de diversas formas:

- ✓ El equipo defectuoso es una fuente común de riesgos, de modo que las campañas para el cero averías y defectos mejoran también la seguridad.
- ✓ A través de una profunda aplicación de los principios 5S (como parte del mantenimiento autónomo) se eliminan fugas y derrames y los lugares de trabajo se vuelven más limpios, pulidos, y bien organizados.
- ✓ El mantenimiento autónomo y las mejoras dirigidas eliminan las áreas inseguras.
- ✓ Los operarios entrenados en TPM se preocupan de sus equipos, están más capacitados para detectar anomalías inmediatamente y resolverlas rápidamente.
- ✓ Los equipos y procesos no se operan por personal no cualificado.
- ✓ Los operarios asumen la responsabilidad de su propia salud y seguridad.

- ✓ El personal cumple con rigor los estándares y reglamentos desarrollados en un programa TPM.

La práctica del TPM crea seguridad en el trabajo. También contribuye considerablemente a crear un entorno sano y acogedor.

3.5.8 Pilar de gestión administrativa. Este pilar tiene como propósito reducir las pérdidas que se pueden producir en los procesos administrativos.

La responsabilidad primordial de cada uno de los departamentos administrativos y de apoyo es procesar información, aconsejar y ayudar a las actividades del departamento de producción y otros departamentos, y ayudar a la reducción de costos.

Su segunda tarea es permitir a la empresa responder rápidamente ante los cambios que tengan lugar en el entorno social y económico y superar a la competencia. Esto significa mejorar su propia productividad y reducir sus costos, y ayudar a la empresa en el desarrollo estratégico que intuye la alta dirección.

Su tercera tarea, basada en lo precedente, es ganar la confianza de los clientes y crear una sobresaliente imagen corporativa.

3.6 LAS 5'S EN TPM

La metodología 5'S tiene su origen, como muchas de las técnicas y herramientas de la Gestión de la Calidad, en la industria japonesa. La minuciosidad y el sentido del orden del trabajador japonés es en gran medida el resultado de unas actitudes, prácticas y sistemas que desde la dirección de las fábricas se han ido implantando gradualmente.

El objetivo principal es el de mejorar y mantener las características de organización, orden y limpieza en el entorno de trabajo.

Su nombre (5S) responde a las iniciales en japonés de las cinco palabras clave de esta metodología que se corresponde con las cinco fases de la misma:

- **Seiri** (Clasificar)
- **Seiton** (Orden)
- **Seiso** (Limpieza)
- **Seiketsu** (Estandarizar)
- **Shitsuke** (Disciplina y Hábito)

La metodología está basada en la lógica y el sentido común, no requiere de mayor sofisticación y su aplicación se realiza en las cinco fases siguientes.

Organización: Consiste en identificar y clasificar los equipos, materiales y medios de trabajo de acuerdo con lo que es necesario y lo que no lo es. Posteriormente se debe retirar lo que no se necesita.

Orden: Consiste en establecer el modo en que deben ubicarse e identificarse los equipos, materiales y medios de trabajo necesarios, de manera que sea fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos.

Limpieza: Se trata de identificar y eliminar las fuentes de suciedad asegurando que todos los elementos de trabajo se encuentran en perfecto estado de uso.

Estandarización: Consiste en distinguir una situación normal de otra anormal en el funcionamiento de los elementos y medios de la organización mediante normas sencillas y visibles para todos.

Disciplina y Hábito: Es trabajar de acuerdo con las normas establecidas permanentemente.

4. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL TPM

Para iniciar la implementación de la metodología del TPM en las actividades de mantenimiento en una empresa, es necesario que la gerencia exprese el compromiso y la participación de todos los niveles jerárquicos en el programa, que permitirá alcanzar buenos resultados en la gestión del mantenimiento.

La implementación exitosa del TPM requiere del apoyo de unos pilares fundamentales como soporte a la estructura, consolidación y puesta en marcha. Para el presente trabajo se seleccionaron los pilares de mejora enfocada, mantenimiento autónomo, mantenimiento planeado, educación y entrenamiento, gestión y seguridad del entorno basado en la metodología 5S, los cuales permitirán involucrar a todo el personal en la inspección y condición de los equipos, cero desperdicios y buenas prácticas para el desarrollo del TPM.

De igual forma se realiza el inventario de los equipos de forma ordenada y concisa asignando un número respectivo que permita dar la suficiente información de los equipos como cantidad, ubicación y clase con los que cuenta la empresa. Así mismo se realiza el análisis de criticidad para determinar los equipos más productivos en la empresa y cuales impactan negativamente en el desempeño del negocio, en caso de presentarse una falla y aplicar la gestión del mantenimiento a cada equipo.

4.1 LISTADO DE EQUIPOS

En la tabla 6 se muestran los equipos que se utilizan en la empresa Jaimes Quintero para la elaboración de sus procesos de manufactura, lo acompañamos de un código interno propuesto, debido a que actualmente no se cuenta con una identificación numérica para cada uno.

Tabla 6. Listado de Equipos

Cantidad	N° Equipo	Descripción
1	700001	Inyectora neumática riace wax
1	700002	Compresor de inyectora
2	700003	Batidora industrial yeso
2	700005	Vaccum (yeso - fundición)
1	700006	Horno a gas
4	700007	Laminadora
4	700008	Juegos aspiradora
1	700009	Hidrolavadora
1	700010	Brilladora
4	700011	Pulidora/Lijadora
1	700012	Máquina de ultra-sonido
2	700013	Centrifugadoras
2	700014	Balanza

4.2 MATRIZ DE CRITICIDAD

La matriz de criticidad tiene como objeto visualizar a que equipos se les debe otorgar más foco en el proceso como actores de alto impacto, esta se realizó a partir de los criterios explicados a continuación.

Los criterios se describen a partir de preguntas que al responderse otorgan una valoración según corresponda, además se propuso un peso o ponderación para cada uno de ellos. De acuerdo a esto, esta es la valoración nos otorga una idea de donde enfocar esfuerzos siendo “C” la valoración más crítica, “B” un intermedio y “A” la menos crítica.

Esta valoración tiene en cuenta aspectos de seguridad y medio ambiente, calidad, plan de contingencia, confiabilidad, mantenibilidad, entre otros.

Tabla 7. Criterios y consideraciones para la matriz de criticidad

Criterios y consideraciones de Matriz de criticidad						
#	Criterio	Descripción	Peso	Impacto		
1	Impacto sobre medio ambiente y Seguridad	¿La falla puede generar algún impacto en la seguridad y/o medio ambiente?	-	Si = 100%		No = 0%
2	Impacto en la producción	¿En que % la falla del equipo impacta en la producción total?	25%	>15% = 100%	5-15% = 66,6%	0-5% = 33% 0% = 0%
3	Plan de contingencia	¿posee algún equipo de reserva sustituto?	20%	Si = 0%		No = 100%
4	MTBF	Tiempo medio entre fallas (Aproximado medio para un año)	15%	<1 mes = 100%	1 mes - 2 meses = 50%	>3 meses = 0%
5	MTTR	Tiempo medio entre reparaciones (Aproximado medio para un año)	15%	<1h = 0%	1h - 3h = 33%	3h - 10h = 66% >10h = 100%
6	Costo de reparación	¿Costo del activo en relación al costo del activo?	10%	<5% = 0%	5% - 10% = 50%	>10% = 100%
7	Condición de operación	¿Cuál es el régimen de trabajo del equipo?	10%	Continuo = 100%	Lotes = 50%	Ocasional = 0%
8	Impacto en la calidad	¿La falla del equipo genera impacto en la calidad del producto?	5%	Si = 100%		No = 0%

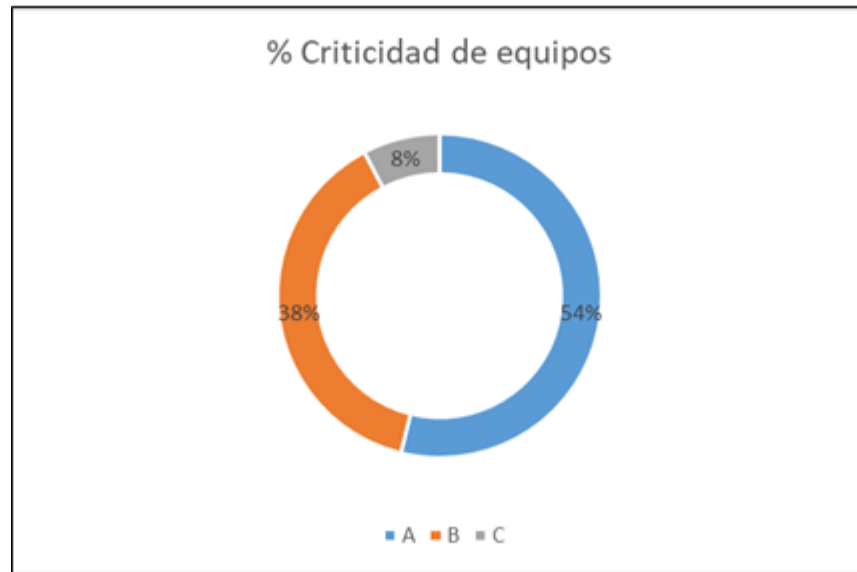
A continuación, y mediante una visita a la empresa, se tomó el listado de los equipos. Su valoración de criticidad mediante el escenario descrito por el gerente de la empresa y la ponderación descrita anteriormente.

Tabla 8. Matriz de Equipos Críticos

700013	700012	700011	700010	700009	700008	700007	700006	700005	700004	700003	700002	700001	Equipo
Balanza (2)	centrifugadoras (2)	Maquina de ultrasonido	Pulidora/Lijadora (4)	Brilladora	Hidrolavadora	Juegos aspiradora (4)	Laminadora (4)	Horno a gas	Vacuum (2)	Batidora industrial yeso (2)	Compresor	inyectora neumática rince wax	Descripción
0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	impacto sobre medio ambiente y Seguridad
0-5%	>15%	0	>15%	>15%	0	0-5%	0	>15%	>15%	0%	>15%	>15%	Impacto en la producción
Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	No	Si	Si	Plan de contingencia
>3 meses	>3 meses	>3 meses	>3 meses	>3 meses	>3 meses	>3 meses	>3 meses	>3 meses	>3 meses	>3 meses	>3 meses	>3 meses	MTBF
1-3 h	1-3 h	1-3 h	1-3 h	1-3 h	1-3 h	1-3 h	>10h	>10h	1-3 h	<1h	3- 10 h	>10h	MTTR
>10%	5% - 10%	>10%	5% - 10%	<5%	<5%	<5%	<5%	>10%	<5%	<5%	<5%	<5%	Costo de reparación
Lotes	Lotes	Lotes	Lotes	Lotes	Lotes	Lotes	Ocasional	Lotes	Lotes	Lotes	Continuo	Continuo	Condicion de operación
No	Si	Si	Si	Si	No	No	No	Si	Si	No	Si	Si	Impacto en la calidad
28%	45%	45%	45%	40%	10%	18%	15%	100%	40%	25%	50%	55%	Ponderado
A	B	B	B	A	A	A	A	C	A	A	B	B	Criticidad

Se apreció el hecho que la empresa cuenta con algunos equipos con redundancia, esto es que cuenta con respaldo dado el caso que se llegue a dañar a excepción de los equipos más críticos, por lo que es prioritario realizar gestiones y esfuerzos suficientes para mantener un alto estándar de confiabilidad en su proceso.

Figura 2. Porcentaje criticidad de equipos



4.3 SELECCIÓN DE LOS PILARES A TRABAJAR

4.3.1 Mejora Enfocada. El objetivo en este pilar es el de maximizar la eficiencia de la producción identificando y eliminando pérdidas de la empresa a través de la eliminación radical de las pérdidas. De igual manera, mejorar el conocimiento de los procesos mediante el análisis y solución de problemas, involucrando a todos en las acciones de mejora.

Como primera medida se realiza un diagnóstico de las pérdidas para identificar aquellas que son evidentes y otras ocultas en el proceso. Posteriormente se estima las pérdidas cuantificándolas para luego priorizarlas (mediante un árbol de pérdidas) y finalmente eliminarlas.

En entrevista con el gerente se determinan algunas pérdidas que resultan evidentes en su contabilidad y en concepto para la empresa. De igual manera, y haciendo un acompañamiento en este análisis se logran encontrar más, que se organizan mediante las 8 grandes pérdidas y se muestra a continuación:

- **Talento no utilizado:** Lo operarios y demás trabajadores, pese a la experiencia, no se ha gestionado su conocimiento y creatividad para volver más hábiles a los aprendices y futuros entrantes a la empresa ni para mejorar la misma. Esta pérdida es difícilmente calculable siempre que donde más afecta es en la curva de aprendizaje que tienen los trabajadores primerizos y la eficiencia que produce el orgullo de sentirse parte de la organización aportando de esta manera.

- **Inventario:** Tras de contar con materias primas en inventario, son pocas, debido a que el proceso que es muy artesanal.
 - Se cuenta con exceso de equipos en Stand-by. Tenemos el caso de las laminadoras, en cuyo caso hay 3, una de ellas desconectada, y nunca se llegan a utilizar al mismo tiempo.

 - Materia prima (oro y plata) que queda impregnada en la ropa de los trabajadores.

 - Perdidas por precisión en la medición de la balanza, que crea desbalance de productos en materiales tan sensibles en su costo como el oro.

- **Movimientos innecesarios:** Esta pérdida se profundiza en la metodología de 5S, tiene implicaciones tanto ergonómicas, como de productividad, por lo que no se abordara en su priorización y calculo.

- **Esperas:** El arranque del horno toma aproximadamente 2 horas para llegar a la temperatura adecuada para el proceso que interviene, tiempo necesario para calentar el refractario; pero a su vez es un tiempo que no se aprovecha el horno porque se alimenta el horno.

- **Transporte:** Esta se hace evidente al ver la distribución de la empresa, donde la ubicación de los diferentes equipos y herramientas se encuentran en otras habitaciones, por lo que el personal va de arriba abajo piso en los niveles del edificio.
- **Defectos:** Con el proceso actual de moldeado alcanzan a tener una pérdida no mayor al 0,1% de defectos en el producto terminado, logrando una alta calidad. El agua que es utilizada para el proceso de lavado y limpieza de las piezas fundidas, se desecha como agua residual; agua que se podría recuperar por medio de un proceso de filtrado, que visualizando el recibo de cobro son aproximadamente 31 m³ por mes que se recuperarían.
- **Sobre-producción:** Se evidencian picos y valles en marzo y junio. Con una sobreproducción aproximada a 18000 unidades, que equivalen a 220 millones de pesos.
- **Sobre-procesamiento:** Se visualiza reprocesos en el proceso de fundición aproximadamente del 20% de material que no finalizan su proceso directamente como producto terminado, reprocesos que es inherente a la técnica de fundición que se tiene en la empresa, pérdidas identificadas por merma y por diseños del molde.

Teniendo en cuenta que la empresa al ser una PYME es muy dinámica y tiende a un mejoramiento continuo, a través del tiempo se podrán encontrar oportunidades de mejora que necesitarán establecer investigaciones, planes de acción y planes de verificación mediante herramientas de mejora continua.

4.3.1.1 Herramienta propuesta - 5 porqués. A continuación, se detalla la herramienta propuesta, Anexo A. Herramienta 5 porqués, para llevar a cabo la

metodología de mejora continua 5 porqués, con el objetivo de ser utilizada en las diferentes investigaciones de las pérdidas.

- Condiciones Generales

En la sección de condiciones generales se explica la situación que rodeó la falla en el equipo. En esta hoja se enuncia una descripción corta que llevará el nombre de la investigación como se muestra en la figura 3.

Posteriormente se describe detalladamente la situación y antecedentes relevantes en el equipo. Después las especificaciones del equipo, donde se describe el sistema y detalles relevantes técnicos del equipo. Finalmente, se enuncian las condiciones operativas con las que falló o con aquellas condiciones operativas que haya sido expuesto el equipo que podría haber causado la falla.

Figura 3. Condiciones Generales

0
CONDICIONES GENERALES

Descripcion corta

Descripcion de la situación y antecedentes

Especificaciones del equipo o proceso:

Condiciones operativas:

- Recolección de Evidencias

En esta sección se enuncian las evidencias suficientes que soportan el porqué de la falla y se ordena según las 4P (Personas, partes, papel y posición).

Personas: En la figura 4 se registra el nombre de las personas que van a ser entrevistadas durante el desarrollo de la investigación y se anexan los respectivos testimonios.

Figura 4. Recolección de evidencias – Personas

PERSONAS (declaración formal de testigos, tanto presencial como no presencial)		
Nombre	Cargo / Empresa	Elemento organizacional

Partes: En la figura 5 se registra detalladamente los elementos físicos que tienen relación con la investigación.

Figura 5. Recolección de evidencias – Partes

PARTES (Revisión detallada de aquellos elementos físicos (piezas, equipos, herramientas, objetos, etc.)		
Elementos físicos (piezas, equipos, herramientas, objetos)	Elementos o generación de fallos (análisis de fallos, ensayos de laboratorio)	Formato y ubicación de la evidencia

Papeles: En la figura 6 se registra toda la documentación relacionada con la investigación cuya finalidad es dar aclaración o soportar temas con la investigación, normas, procedimientos, entre otros.

Figura 6. Recolección de evidencias - Papeles

PAPEL (Documentación en cualquier medio que brinde adyacencia o soporte.)		
Documento	Descripción	Formato y ubicación de la evidencia

Posición: En la figura 7 se registra la forma en que estaban ubicadas las personas, equipos, materiales, instalaciones, herramientas, partes, variables de proceso, entre otras, relacionadas con el evento, adjuntando diagramas, planos o bosquejos a mano alzada.

Figura 7. Recolección de evidencias - Posición

POSICIÓN (Ubicación de personas, equipos, materiales, instalaciones, herramientas, partes, variables de proceso.)		
Posición	Descripción	Formato y ubicación de la evidencia

- 5 porqués

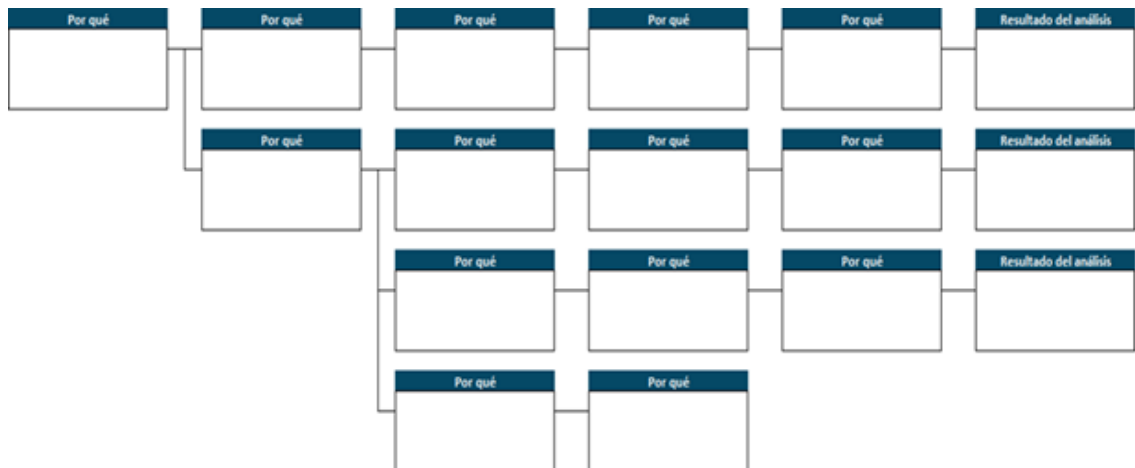
La tabla que se presenta en la figura 8 permite la realización del análisis de los 5 por qué. Para realizar el análisis, se arrastran los recuadros ubicados en la parte inferior de la hoja como se muestra en la presente figura.

Figura 8. Análisis para el diagrama 5 porqués

Por qué's disponibles					
Por qué	Por qué	Por qué	Por qué	Por qué	Resultado del análisis
PROBLEMA	Por qué	Por qué	Por qué	Por qué	Resultado del análisis
PROBLEMA	Por qué	Por qué	Por qué	Por qué	Resultado del análisis
PROBLEMA	Por qué	Por qué	Por qué	Por qué	Resultado del análisis
Por qué 1	Por qué	Por qué	Por qué	Por qué	Resultado del análisis
Por qué 2	Por qué	Por qué	Por qué	Por qué	Resultado del análisis

Una vez organizados los recuadros en el diagrama se van diligenciando de acuerdo con los resultados de la metodología. Un ejemplo de diagrama elaborado se muestra en la figura 9.

Figura 9. Diagrama 5 por qué



- Plan de acción

En la figura 10 se muestra la tabla en la cual se deben registrar las acciones de eliminación de causa raíz que se concluyeron mediante la aplicación de la metodología 5 por qué.

Figura 10. Plan de acción

Causa	Acción de eliminación de causa	Responsable	Entregable	Fecha cumplim.	Avance (%)	Estado

4.3.2 Pilar de Mantenimiento Autónomo. De manera general el mantenimiento autónomo introduce al operador en el cuidado, lubricación, limpieza y ajuste del equipo y su entorno, por lo que este pilar depende, en gran medida, de un apoyo y cultura organizativa por parte de todos los integrantes de la empresa.

Este pilar se aplica en diferentes pasos a seguir en el que se desarrolla ciertas habilidades. El paso 1, 2 y 3 desarrolla habilidades para descubrir anomalías y mejorar el equipo y su entorno; el paso 4 desarrolla el conocimiento de las funciones y estructura del equipo; el paso 5 y 6 desarrolla el conocimiento con precisión del equipo y relaciona su estado con la calidad del producto; y el paso 7 es un nivel en el que el operario gestiona autónomamente todos los aspectos de su línea de producción.

Se propone el primer paso del mantenimiento autónomo por su importancia e indicación para el alcance del proyecto.

4.3.2.1 Paso 1 – Limpieza como inspección. Es este paso se pretende promover las actividades de limpieza como primera barrera de prevención de fallas. La limpieza se realiza con el objetivo adicional de inspeccionar síntomas anormales, y detectadas a través de los sentidos humanos.

Tabla 9. Función de los sentidos para detectar anomalías

Sentido	Función
Visión	Observar
Tacto	Diagnosticar
Audición	Distinguir ruidos
Olfato	Detectar olores anormales
Gusto	Comunicar anomalías

Las anomalías que se buscan en la limpieza son elementos flojos, roturas, desgastes, roturas, puntos calientes, contaminación, fugas, elementos que pueden obstruir, desalineación, cableados en mal estado. A su vez estas anomalías las buscaremos en las partes conocidas de más fallo como rodamientos, paletas, boquillas, poleas, bandas, cadenas, resortes, tornillos, tuercas, ejes, entre otros.

Después de ser identificada la anomalía, el siguiente paso es atenderla con una actividad de manera planeada y segura. De tal forma que no intervenga los procesos productivos que se tengan constituidos. Por esta razón es importante asignar las mencionadas tareas al personal operativo o técnico utilizando una estrategia ampliamente utilizada, como lo son las tarjetas de control.

4.3.2.2 Tarjetas de Control. Las tarjetas de control son un medio de reporte de anomalías, como se muestra en el Anexo B de carácter y sentido preventivo.

Se proponen dos tipos de tarjetas: La tarjeta azul, que serán utilizadas para reportar anomalías que puedan ser resueltas por personal operativo y que

extienda el alcance de sus aptitudes y la tarjeta amarilla, cuyo objetivo es reportar anomalías que requieran personal de mantenimiento para devolver las condiciones operativas normales de los equipos.

Para su diligenciamiento se definen los siguientes criterios:

Prioridad:

A: 1 día

B: 1 Semana

C: 1 Mes

Tipo de Anormalidad

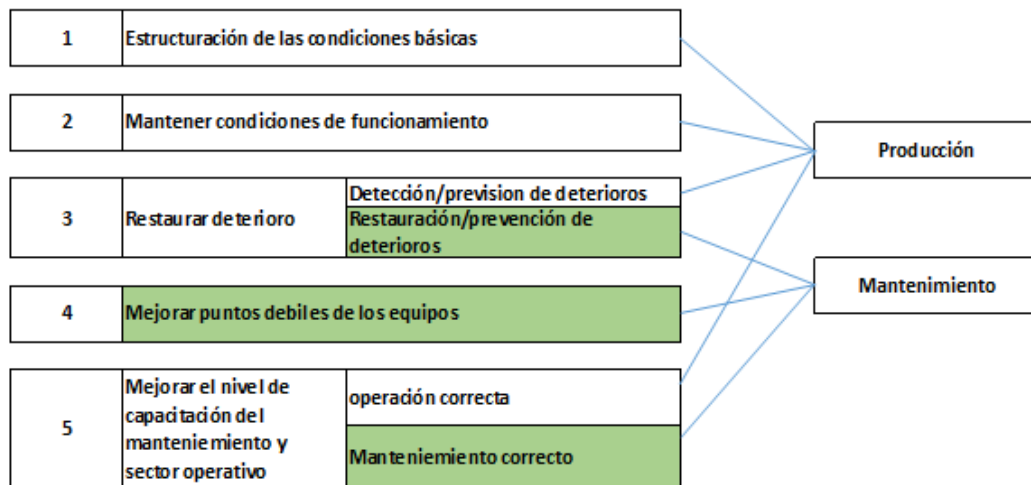
1. Fallos menores: Rotura, desgaste, óxido, calentamiento anormal, ruido, adhesión.
2. Condiciones básicas: Falta de limpieza, lubricación o ajuste.
3. Dificil acceso: Lugar en el que es difícil limpiar, inspeccionar, lubricar, destapar.
4. Fuente de contaminación: Lugar donde se produce la contaminación.
5. Origen de mala de calidad: Anormalidades que pueden causar defectos del producto.
6. Otro: Elementos como componentes de equipo o herramientas que sobren; condiciones inseguras evidenciadas.

Descripción del Problema

Se describen los síntomas evidenciados y el problema representa para el equipo o proceso sin escribir la solución.

4.3.2.3 Medidas para cero fallos. Esta estrategia se desarrolla interrelacionando los departamentos de producción y mantenimiento y hace que el cero fallos sea posible, siempre que se logre el compromiso de ambos con las actividades que se muestra a continuación en la figura 11.

Figura 11. Relacionamiento departamentos de producción y mantenimiento



4.3.3 Pilar de Mantenimiento Planeado. El objetivo de este pilar de TPM es maximizar la producción mediante la estrategia de garantizar la capacidad del equipo eliminando las averías no programadas, siempre que además sea eficiente y costo efectivo para la empresa.

El pilar del mantenimiento planeado se compone de 6 pasos para su aplicación. Con el alcance del proyecto se realizará el primer paso, que es el diagnóstico de la

situación actual de la empresa, lo cual es realizar una auditoría de la gestión del mantenimiento actual que se tiene.

4.3.3.1 Diagnóstico del mantenimiento planeado actual. Este diagnóstico inicial pretende dejar un elemento precedente para un plan de acción y así fortalecer la gestión de mantenimiento.

En la tabla 10 se muestra el diagnóstico que se le práctico a la empresa en forma de auditoría, esto de acuerdo a lo evidenciado en planta y en entrevista con el gerente de la empresa.

Tabla 10. Auditoría Gestión del Mantenimiento

PASO	Nombre de las actividades	Resumen de las actividades		1-5	Evidencias
1	Evaluación del equipo y diagnóstico de situación actual.	(1)	Elaboración u organización de registros de los equipos (hojas de vida).	1	En la empresa no se cuenta con las hojas de vida de los equipos en la planta; se cuenta con algunos manuales, no se gestiona ningún indicador, ni control hacia el mantenimiento de los equipos.
		(2)	Realización de diagnóstico de los equipos: Definición de niveles de criticidad, definición de gravedad de averías.		
		(3)	Diagnóstico se situación actual: Índice de averías, pequeñas paradas, disponibilidad de equipos, definición de averías, MTBF, MTTR, costos de mantenimiento.		

PASO	Nombre de las actividades	Resumen de las actividades		1-5	Evidencias
		(4)	Establecimiento de metas de mantenimiento (indicadores, métodos de medición de los resultados y seguimiento existentes, tableros de gestión).		
2	Restauración del deterioro y mejora de puntos ineficientes	(1)	Restauración del deterioro, cumplimiento de las condiciones básicas, eliminación de los ambientes de deterioro forzado (apoyo al mantenimiento autónomo a través de tarjetas).	2	En este trabajo se propuso el uso de las tarjetas, y se espera el uso de las mismas. Se tiene una filosofía de mejoramiento de puntos débiles, más no cuentan con un proceso o metodología definido para este fin.
		(2)	Mejoramiento de puntos débiles, mejoramientos individuales para la extensión de la vida útil.		
		(3)	Medidas contra reincidencia de averías (análisis de fallos) graves y prevención de problemas similares.		
		(4)	Entrenamiento a operadores por parte de los técnicos de mantenimiento para realizar acciones básicas en la los equipos.		
3	Evaluación del control de información y	(1)	Estructuración de un sistema de control de datos sobre averías.	1	No se tiene un software o control del datos acerca de datos de

PASO	Nombre de las actividades	Resumen de las actividades		1-5	Evidencias
	de datos	(2)	Estructuración de un sistema de control de mantenimiento de los equipos (control de históricos, planificación de actividades y rutinas de mantenimiento, programación de órdenes de mantenimiento).		averías, esa información se controla utilizando la memoria.
		(3)	Estructuración de un sistema de control de los presupuestos para los equipos.		
		(4)	Control de piezas de repuestos e inventarios.		
		(5)	Control de dibujos, planos y documentos.		
4	Estructuración del mantenimiento preventivo (TBM)	(1)	Actividades de preparación del mantenimiento preventivo (control de equipos de reserva, piezas de repuesto, instrumentos de medición, lubricantes, planos y documentos técnicos)	1	Se realiza un control de las frecuencias en las actividades de mantenimiento de los equipos, esto es que saben qué y cuándo realizar un mantenimiento preventivo a la mayoría de los equipos de manera empírica; Sin embargo, dicha información no se ha plasmado en un procedimiento.
		(2)	Elaboración del diagrama de flujo del sistema de actividades del mantenimiento preventivo.		
		(3)	Selección de equipos y partes que serán objetos del mantenimiento y		

PASO	Nombre de las actividades	Resumen de las actividades		1-5	Evidencias
			definición del plan de mantenimiento.		
		(4)	Elaboración y organización de normas y procedimientos (estándares de materiales, estándares de trabajos, estándares de ensayos y pruebas, normas de inspección, etc).		
		(5)	Aumento de la eficiencia de los mantenimientos programados y fortalecimiento del control de obras de terceros.		
5	Estructuración del mantenimiento predictivo (CBM)	(1)	Introducción de tecnologías para diagnósticos de equipos.	1	Aunque no se tiene definido este tipo de mantenimiento es probable que actualmente sea más costoso implementarlo que no tenerlo. Por lo cual es prioritario realizar una evaluación de esta estrategia.
		(2)	Elaboración del diagrama de flujo de las actividades del mantenimiento predictivo.		
		(3)	Selección y ampliación de los equipos y partes que son objetos del mantenimiento predictivo.		
		(4)	Desarrollo de equipos y entrenamiento en tecnologías para diagnóstico.		

PASO	Nombre de las actividades	Resumen de las actividades		1-5	Evidencias
		(5)	Desarrollo de habilidades en los técnicas para el uso de equipo predictivo.		
6	Evaluación general del mantenimiento	(1)	Evaluación del sistema de mantenimiento preventivo y predictivo (impacto).	1	No se tiene una evaluación de desempeño del mantenimiento en general y de su resultado costo-efectivo.
		(2)	Evaluación del aumento de confiabilidad; casos de averías y pequeñas paradas, MTBF, índice de frecuencia, etc.		
		(3)	Evaluación del aumento de mantenibilidad: índice de mantenimiento periódico, índice de mantenimiento predictivo, MTTR, etc.		
		(4)	Evaluación sobre la reducción en los costos: Reducción en los costos de mantenimiento, impacto del mantenimiento sobre el costo de producción.		
		(5)	Mejoras al sistema general del mantenimiento y auditorías a la gestión del mantenimiento.		

De acuerdo a lo anterior, la gestión del mantenimiento tiene una gran oportunidad de mejora debido a la falta de estructurada y método. Siempre que los equipos son llevados a condición de falla o sus planes de mantenimiento han sido ajustados, a través del tiempo, a prueba y error.

4.3.3.2 Mantenimiento planeado de horno a gas. El mantenimiento planeado se implementa de manera rigurosa, estas actividades son propuestos a partir del fabricante del equipo, equipos similares o según la experiencia, condiciones que se encuentren en el entorno del equipo y estrategia y condiciones del negocio. Por esta razón se propone el mantenimiento planeado para el equipo más crítico, según la tabla 8. Matriz de Equipos Críticos que se realizó anteriormente.

De acuerdo a esto, a continuación, se propone¹⁰ en la tabla 11 el mantenimiento planeado del horno a gas.

¹⁰ ZAMORA, Marroquín Juan Carlos. Programa de mantenimiento preventivo y de mejora en el manejo de materiales y desperdicios de Industrias G, S.A. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2010. Pág. 56 – 57. Recuperado en línea: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0548_MI.pdf

Tabla 11. Mantenimiento planeado del horno a gas

Plan de mantenimiento para el horno a gas
Actividades diarias
Drenar totalmente el metal líquido sobrante después de terminadas las operaciones del día y no dejar que este se solidifique dentro del horno.
Remover todos los desechos y sedimentaciones depositadas en la olla del horno.
Actividades semanales
Verificar manualmente que el control de temperatura no se quede atorado.
Limpieza externa de los hornos.
Ajustar la altura del porta termocupla.
Limpiar la llave piloto.
Actividades mensuales
Verificar la ausencia de fugas de gas en el sistema.
Hacer una limpieza completa del refractario de residuos (restos de cera, aleaciones y metales).
Revisar posibles puntos de fuga de material en la olla.
Actividades semestrales
Calibrar el control de temperatura.
Remover la llave piloto y limpiar cualquier obstrucción entre esta y sus uniones con la tubería.
Verificar el estado de conexiones del control de temperatura.
Apretar contactos y borneras.
Revisar el cableado eléctrico y corregir los puntos de mal contacto.
Actividades anuales
Cambiar el porta termocupla.
Realizar prueba de circuito abierto en el nuevo porta termocupla.
Verificar el estado de la línea del gas.

4.3.4 Pilar de Educación y Entrenamiento. El objetivo de la educación es, no solamente explicar el TPM, sino también elevar la motivación y romper la resistencia al cambio – en este caso, el cambio al TPM¹¹. Para que el TPM y el Mantenimiento Autónomo se logren en la gestión de los equipos, es necesario que la alta dirección y operadores, posean el conocimiento en estos temas, que permita aplicarlos en su trabajo. Por esto es necesario realizar un plan de formación con las diferentes actividades de capacitación, que brinde temas específicos en limpieza y orden, condiciones básicas de los equipos, funcionamiento de los equipos, entre otros, que permita elevar la productividad de la empresa disminuyendo las paradas no programadas.

En la tabla 12 se presentan las actividades de capacitación propuestas para el pilar de educación y entrenamiento en la empresa.

Tabla 12. Cronograma de Capacitación

ACTIVIDADES /SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Introducción al Mantenimiento	■	■	■												
Mantenimiento Correctivo	■														
Mantenimiento Preventivo		■													
Mantenimiento Autónomo			■												
Protocolos, rutinas y actividades de mantenimiento				■	■	■									
Lubricación y ajuste							■								
Ruidos extraños, vibraciones								■							
Manejo de equipos y herramientas									■	■					
Tips para conservar los equipos											■	■			
Mejoras Enfocadas													■		
Lección de un punto													■		
Identificación de peligros y valoración de riesgos														■	
Orden y Aseo														■	■

¹¹ Seiichi, Nakajima. Introducción al TPM, Mantenimiento Productivo Total, pagina 60.

4.3.4.1 Lección de un punto. La lección de un punto tiene como objetivo ser una herramienta para gestionar el conocimiento en la compañía, promover y facilitar la curva de aprendizaje de los nuevos profesionales e incluso las nuevas estrategias para hacer mejor el trabajo, de esta manera aprovechar el potencial del personal para entrenarse los unos a los otros y su capacidad de generar cambio positivo en su entorno laboral.

En el Anexo C se propone un formato básico para iniciar a plasmar la lección de un punto. A continuación, se explica cómo se llenan los espacios de las lecciones de un punto:

- Definir el problema: Se redacta de manera específica la experiencia observada y la razón (o importancia) por la que se hace la lección, sin enunciar los síntomas o las respuestas al problema.

- Descripción del fenómeno: El fenómeno debe especificar con absoluta claridad el problema, siendo ilustrativo, y puede ser descrito mediante cada elemento del 5W + 1H.
 - ¿What? Que parte o en qué parte detectó el problema.

 - ¿Who? Si existe alguna diferencia entre los operadores, por la experiencia. Si depende de este factor.

 - ¿Where? En qué lugar de ocurre el problema o si existe alguna diferencia entre los componentes de máquinas similares.

 - ¿When? Durante qué proceso de la máquina ocurre el problema. Ej: A cierta hora, al iniciar o finalizar turno, al encender o apagar el equipo, entre otros.

- ¿Which? Existen tendencias, frecuencias, o continuidades características en el tiempo que se hayan identificado
- ¿How? ¿Cuál fue el mecanismo de falla? o ¿cómo fallo el elemento?

Una vez el fenómeno está identificado y plasmado, de ser posible, el problema se debe ver como algo temporal y que debe ser solucionado. Por esto, es preciso aplicar del pilar de mejora enfocada la herramienta propuesta “5 por qué”, siempre que esta lidia fácilmente con los hechos observados del problema y no en opiniones para hallar la causa raíz y actuar sobre ella.

4.3.5 Pilar de gestión y seguridad del entorno. Este pilar busca crear y mantener entornos de trabajo seguro y favorables que garanticen la eficiencia de los procesos, a través de la metodología 5S para eliminar fuentes de contaminación y todas las causas posibles que aumenten la probabilidad de ocurrencia de los accidentes de trabajo.

Para ello se define una política de seguridad y salud en el trabajo que demuestre el compromiso por la alta dirección en la gestión de los riesgos y mejora continua; así mismo se aplica la metodología para la identificación de peligros, evaluación y valoración de riesgos y fases para el desarrollo de 5S.

4.3.5.1 Política de Seguridad y Salud en el Trabajo. JOYERIA JAIMES QUINTERO es una empresa dedicada a la elaboración de joyas bisutería y artículos conexos, comprometida con la protección y promoción de la salud de los trabajadores, procurando su integridad física mediante el control de los riesgos, el mejoramiento continuo de los procesos y la protección del medio ambiente.

La alta dirección asume la responsabilidad de promover un ambiente de trabajo sano y seguro, cumpliendo los requisitos legales aplicables, vinculando a las

partes interesadas en el Sistema de Gestión de la Seguridad y la Salud en el trabajo y destinando los recursos humanos, físicos y financieros necesarios para la gestión de la salud y la seguridad.

Los programas desarrollados estarán orientados al fomento de una cultura preventiva y del auto cuidado, a la intervención de las condiciones de trabajo que puedan causar accidentes o enfermedades laborales, al control del ausentismo y a la preparación para emergencias.

Todos los empleados y contratistas tendrán la responsabilidad de cumplir con las normas y procedimientos de seguridad, con el fin de realizar un trabajo seguro y productivo, igualmente serán responsables de notificar oportunamente todas aquellas condiciones que puedan generar consecuencias y contingencias para los empleados y la empresa.

4.3.5.2 Matriz de identificación de peligros, evaluación y valoración de riesgos. La identificación de peligros, evaluación y valoración de riesgos permite conocer y entender los riesgos de la empresa, además de orientar la definición de los objetivos de control y acciones propias para la gestión y tratamiento de los riesgos, propuestas de mejora continua orientadas al control de las pérdidas, al mejoramiento de la calidad de vida de los trabajadores y la productividad de la empresa.

Para realizar la identificación de peligros, evaluación y valoración de riesgos se utilizó la metodología de la Guía Técnica Colombiana GTC 45, que permite valorar el riesgo, incluyendo los controles existentes que están implementados, la probabilidad y las consecuencias si éstos fallan, así como la efectividad de los controles implementados.

La evaluación de los riesgos corresponde al proceso de determinar la probabilidad de que ocurran eventos específicos y la magnitud de sus consecuencias, mediante el uso sistemático de la información disponible.

Para evaluar el nivel de riesgo (NR), se debería determinar lo siguiente:

$$\mathbf{NR = NP \times NC}$$

En donde:

NP = Nivel de Probabilidad

NC = Nivel de Consecuencia

A su vez, para determinar el NP se requiere:

$$\mathbf{NP = ND \times NE}$$

En donde:

ND = Nivel de Deficiencia

NE = Nivel de Exposición

En la tabla 13 se muestran los valores para determinar el ND.

Tabla 13. Determinación del nivel de deficiencia

Nivel de deficiencia	Valor de ND	Significado
Muy Alto (MA)	10	Se ha(n) detectado peligro(s) que determina (n) como posible la generación de incidentes o consecuencias muy significativas, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo es nula o no existe, o ambos.
Alto (A)	6	Se ha(n) detectado algun(os) peligro(s) que pueden dar lugar a consecuencias significativa (s), o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es baja, o ambos.
Medio (M)	2	Se han detectado peligros que pueden dar lugar a consecuencias poco significativas o de menor importancia, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es moderada, o ambos.
Bajo (B)	No se asigna valor	No se ha detectado consecuencia alguna, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es alta o ambos. El riesgo está controlado. Estos peligros se clasifican directamente en el nivel de riesgo y de intervención cuatro (IV)

Fuente: Guía Técnica Colombiana GTC 45

Para determinar el NE se aplican los criterios de la tabla 14.

Tabla 14. Determinación del nivel de exposición

Nivel de Exposición	Valor de NE	Significado
Continua (EC)	4	La situación de exposición se presenta sin interrupciones o varias veces con tiempo prolongado durante la jornada laboral.
Frecuente (EF)	3	La situación de exposición se presenta varias veces durante la jornada laboral por tiempos cortos.
Ocasional (EO)	2	La situación de exposición se presenta alguna vez durante la jornada laboral y por un periodo de tiempo corto.
Esporádica (EE)	1	La situación de exposición se presenta de manera eventual.

Fuente: Guía Técnica Colombiana GTC 45

Para determinar el NP se combinan los resultados de las tablas 13 y 14, para determinar el nivel de probabilidad, según la tabla 15.

Tabla 15. Determinación del nivel de probabilidad

NIVEL DE PROBABILIDAD		NIVEL DE EXPOSICION (NE)			
		4	3	2	1
NIVEL DE DEFICIENCIA (ND)	10	MA - 40	MA - 30	A - 20	A - 10
	6	MA - 24	A - 18	A - 12	M - 6
	2	M - 8	M - 6	B - 4	B - 2

Fuente: Guía Técnica Colombiana GTC 45

El resultado de la tabla 15, se interpreta de acuerdo con el significado que aparece en la tabla 16.

Tabla 16. Nivel de probabilidad

Nivel de Probabilidad	Valor de NP	Significado
Muy Alto (MA)	Entre 40 y 24	Situación deficiente con exposición continua, o muy deficiente con exposición frecuente. Normalmente la materialización del riesgo ocurre con frecuencia.
Alto (A)	Entre 20 y 10	Situación deficiente con exposición frecuente u ocasional, o bien situación muy deficiente con exposición ocasional o esporádica. La materialización del riesgo es posible que suceda varias veces en la vida laboral.
Medio (M)	Entre 8 y 6	Situación deficiente con exposición esporádica, o bien situación mejorable con exposición continuada o frecuente. Es posible que suceda el daño alguna vez.
Bajo	Entre 4 y 2	Situación mejorable con exposición ocasional o esporádica, o situación sin anomalía destacable con cualquier nivel de exposición. No es esperable que se materialice el riesgo, aunque puede ser concebible.

Fuente: Guía Técnica Colombiana GTC 45

A continuación, se determina el nivel de consecuencia según los parámetros de la tabla 17.

Tabla 17. Determinación nivel de consecuencia

Nivel de Consecuencia	Valor de NC	Significado
Mortal o Catastrófica (M)	100	Muerte (s)
Muy Grave (MG)	60	Lesiones o enfermedades graves irreparables (incapacidad permanente parcial o invalidez)
Grave (G)	25	Lesiones o enfermedades con incapacidad laboral temporal (ILT)
Leve (L)	10	Lesiones o enfermedades que no requieren incapacidad

Fuente: Guía Técnica Colombiana GTC 45

Los resultados de las tablas 16 y 17 se combinan en la tabla 18 para obtener el nivel de riesgo, el cual se interpreta de acuerdo con los criterios de la tabla 19.

Tabla 18. Determinación del nivel de riesgo

Nivel de riesgo NR = NP x NC		Nivel de probabilidad (NP)			
		40-24	20-10	8-6	4-2
Nivel de consecuencias (NC)	100	I 4 000-2 400	I 2 000-1 200	I 800-600	II 400-200
	60	I 2 400-1 440	I 1 200-600	II 480-360	II 200 III 120
	25	I 1 000-600	II 500-250	II 200-150	III 100-50
	10	II 400-240	II 200 III 100	III 80-60	III 40 IV 20

Fuente: Guía Técnica Colombiana GTC 45

Tabla 19. Significado nivel de riesgo

Nivel del Riesgo	Valor NR	Significado
I	4000 - 600	Situación Crítica, suspender actividades hasta que el riesgo esté bajo control. Intervención urgente
II	500 - 150	Corregir y adoptar medidas de control de inmediato. Sin embargo suspenda actividades si el nivel de riesgo está por encima o igual a 360
III	120 - 40	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad.
IV	20	Mantener las medidas de control existentes, pero se debería considerar soluciones o mejoras y se debe hacer comprobaciones periódicas para asegurar que el riesgo aún es aceptable.

Fuente: Guía Técnica Colombiana GTC 45

Una vez determinado el nivel de riesgo, se decide cuáles riesgos son aceptables y cuáles no, según la tabla 20.

Tabla 20. Aceptabilidad del riesgo

Nivel del Riesgo	Significado
I	No Aceptable
II	No Aceptable o Aceptable con control específico
III	Aceptable
IV	Aceptable

Fuente: Guía Técnica Colombiana GTC 45

En el Anexo D se muestra la matriz de identificación de peligros, evaluación y valoración de riesgos de la Joyería Jaimes Quintero.

4.3.5.3 Orden y Aseo. La metodología de orden y aseo permite mantener entornos de trabajo sanos, saludables y agradables para que los trabajadores

puedan realizar sus labores con mayor eficiencia e implementación del pilar de mantenimiento autónomo.

- SEIRI – Clasificar: Permite retirar de los puestos y área de trabajo todos los elementos que no son necesarios para las actividades de producción. Para esto se debe listar los elementos innecesarios en cada puesto de trabajo definiendo ubicación, cantidad encontrada, posible causa y acción sugerida para su posterior eliminación.

- SEITON – Ordenar: Permite disponer de forma ordenada los elementos necesarios de manera que se tenga fácil acceso y seguro al lugar de ubicación de los mismos en el área de trabajo.

- SEISO – Limpiar: Se realiza campañas de limpieza para eliminar los elementos innecesarios, limpiar equipos, armarios, herramientas, estantes, retirar el polvo, aceite, grasa sobrante de los puntos de lubricación, entre otros.

- SEIKETSU – Estandarizar: Permite la formalización de lo que se ha logrado en los pasos anteriores, es decir, establecer procedimientos, normas o estándares de clasificación para eliminar o mitigar los focos que provocan cualquier tipo de suciedad e implementar rutinas de limpieza.

- SHITSUKE – Disciplina y Hábito: Orientar a mantener todo lo logrado para la mejora continua.

Para lograr los pasos de las 5S se diseñó una lista de chequeo que se ilustra en el Anexo E, con un abordaje secuencial que permita mantener las condiciones de orden y aseo, productos de buena calidad, entrega oportuna a clientes, mejora en las condiciones de trabajo y la satisfacción de las personas que laboran en la empresa.

4.6 INDICADORES DE GESTIÓN

Los siguientes indicadores de gestión son propuestos con el objetivo de a futuro implementarse en la compañía, son una herramienta útil para afianzar los logros y mejorar las metas. De manera que se gestiona el recurso humano, maquinaria y logística para enfocar esfuerzos y estabilizando una cultura organizativa de excelencia.

Esto se hace examinando las entradas de los procesos de producción, identificando y eliminando las pérdidas y así mejorar las salidas de la empresa (Productividad, Calidad, Costos, Entregas, Seguridad y Motivación)¹².

Un punto clave para afianzar los logros TPM, es creando grupos interdisciplinarios que ayude a integrar el trabajo diario, con miras en la mejora continua mediante las herramientas propuestas y eliminando las 8 grandes pérdidas mencionadas en este mismo pilar.

4.6.1 Indicadores Propuestos. En este apartado, colocaremos indicadores de gestión que al nivel básico se podrían aplicar en la empresa.

4.6.1.1 MTBF. El objetivo es evaluar el desempeño del mantenimiento efectuado, tiene una frecuencia de medición mensual y su unidad de medida está dada en horas.

Tiene la siguiente fórmula de cálculo:

$$\frac{\textit{Tiempo total de operación (h)}}{\textit{\# Tareas correctivas del periodo}}$$

¹² SUZUKI, Tokutarō. TPM en industrias de proceso. Madrid, Productivity Press. 1995, Página 21.

En caso de no presentarse ninguna tarea correctiva, se emplea el valor 1 en el denominador para mantener las horas correspondientes de trabajo total libre de fallas.

4.1.6.2 MTTR. El objetivo es evaluar la capacidad de restablecer la condición del activo en el menor tiempo posible, tiene una frecuencia de cálculo mensual y es acumulado. Es posible que sea mejor calculado por familia de equipos, por ejemplo (batidoras, máquinas de vacío, entre otros).

Tiene la siguiente fórmula de cálculo:

$$\frac{\sum \text{Tiempo total de reparaciones (h)}}{\# \text{Tareas correctivas del periodo}}$$

4.1.6.3 Generación de plan de mantenimiento. El objetivo es garantizar que todos los equipos de la compañía estén ajustadas a algún plan de mantenimiento. Así se trabajen a falla, dejarlo especificado. La meta es 100% de equipos con un plan de mantenimiento establecido.

Tiene la siguiente fórmula de cálculo:

$$\frac{\text{Equipos con plan de mantenimiento}}{\text{Total de Equipos}}$$

4.1.6.4 Cumplimiento del plan de mantenimiento. El objetivo es Garantizar el desempeño en cumplimiento de las actividades programadas, con frecuencia de medición mensual; y con meta establecida del 95%.

Tiene la siguiente fórmula de cálculo:

$$\frac{\text{Actividades Mtto ejecutadas a satisfacción en el periodo}}{\text{\#Total de actividades de Mtto realizadas en el mismo periodo}}$$

4.1.6.5 Cierre de eventos de mejora continua. El objetivo es hacer seguimiento de las oportunidades de mejora según los resultados del análisis de las pérdidas para la empresa, con una medida porcentual y seguimiento trimestral.

Tiene la siguiente fórmula de cálculo:

$$\frac{\text{Oportunidades de mejora cerradas}}{\text{Total de oportunidades de mejora}}$$

4.1.7 Indicador de Eficiencia Global de la Planta (EGP). La EGP se eleva eliminando todos aquellos factores que perjudica la eficacia de la planta. Esto se traduce en llevar a su estado más eficiente, las máquinas, materiales, mano de obra y métodos.

Este indicador de castiga fuertemente las ineficiencias y a grupos interdisciplinarios, debido a que tiene en cuenta la disponibilidad, el rendimiento y la calidad, de manera que impacta sobre lo que por lo general serían departamentos independientes, con sus indicadores independientes.

Este cálculo se hace a partir de tres factores fundamentales, que se multiplican entre si y que dependen de las posibles pérdidas asociadas entre ellos. Este importante indicador se gestiona mensualmente y

Tiene la siguiente fórmula de cálculo:

$$D * R * C$$

Donde:

D = Disponibilidad

R = Rendimiento

C = Calidad

4.1.7.1 Disponibilidad. Este indicador mide la disponibilidad promedio de los equipos conformados por los equipos con criticidad B y C (según la matriz de criticidad propuesta), permitiendo identificar cuando se ha reducido la posibilidad de utilizar el 100% de la capacidad instalada de los equipos.

Tiene la siguiente fórmula de cálculo:

$$\left(\frac{\text{Periodo de análisis} - (\text{Tiempo de paradas programadas} + \text{Tiempo de fallos del equipo o proceso})}{\text{Periodo de Análisis}} \right) * 100$$

Siempre que:

Tiempo de paradas programadas

$$\sum \text{Tiempo de paradas programadas} + \sum \text{Tiempo perdido por ajuste de la producción}$$

Tiempo de fallos del equipo o proceso

$$\sum \text{Tiempo de pérdidas fallos del equipo} + \sum \text{Tiempo de pérdidas fallos de proceso}$$

4.1.7.2 Rendimiento. El rendimiento hace alusión a la tasa de producción, como como porcentaje, respecto a la producción estándar o prevista.

Dicha tasa de producción estándar es equivalente a la capacidad de diseño de la empresa y puede expresarse en producción por hora (Unds/hora) o día (Unds/día).

Tiene la siguiente fórmula de cálculo:

$$\left(\frac{\text{Tasa de producción real media } \left(\frac{\text{Unds}}{h} \right)}{\text{Tasa de producción estándar } \left(\frac{\text{Unds}}{h} \right)} \right) * 100$$

Siempre que:

La tasa de producción real media

$$\frac{\text{Tasa de producción real (Unds)}}{\text{Tiempo de reparación (h)}}$$

4.1.7.3 Calidad. Expresa la cantidad de producto que es aceptado y sin reprocesos en alguno de las etapas de producción cuando ya está en el siguiente proceso. Esta tasa de calidad es similar a la usada en las plantas de ensamble/manufactura. Es una medida expresada en porcentaje.

Tiene la siguiente fórmula de cálculo:

$$\frac{\text{Cantidad de producción (Unds)} - (\text{Pérdidas defectos de calidad} + \text{Pérdidas reprocesos})(\text{Unds})}{\text{Cantidad de producción (Unds)}}$$

Al multiplicar estos factores se obtiene el indicador global de la condición de la planta teniendo en cuenta del tiempo disponible, rendimiento y calidad.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo se plasmó la propuesta deseada a nivel de la estrategia, enfocada al mantenimiento productivo total para la empresa de Joyería Jaimes Quintero en Bucaramanga. Esta misma logró atraer la atención de la Gerencia y se encuentra a esperas de la propuesta completa y futura aplicación de la misma, aprovechando los cambios que están próximos darse en la misma.

Se determinaron los criterios suficientes y se ponderaron para evaluar la criticidad de los equipos, especialmente por su impacto en el proceso y así enfocar esfuerzos hacia este grupo de equipos en la generación de planes de mantenimiento, capacitación de las personas y futura generación de plan de contingencia.

Con el apoyo del profesorado de la especialización se logró fundamentar la elección de los 5 pilares basados en las necesidades de la empresa y poder desarrollar la propuesta de la estrategia TPM, mientras que los faltantes se aplicarán en la ejecución de la misma.

Se realizó una descripción de los pasos de la estrategia TPM en el cual se implementaron algunos de ellos iniciales para soportar su lanzamiento y donde se resalta en cada uno de los pilares la necesidad del apoyo gerencial hacia esta iniciativa.

Se sugirieron indicadores de gestión adaptados a la estrategia TPM y a la ejecución del mantenimiento, que se espera puedan representar un seguimiento y a futuro metas organizativas ofreciendo resultados para la implementación de la estrategia TPM.

BIBLIOGRAFIA

CARDONA, Sebastián. Control inicial de TPM, un pilar fundamental para integrar proyectos y operaciones en las industrias.

GIRALDO Cardona, Sebastián. Mantenimiento en las industrias: Cómo liderar la transferencia del conocimiento a través de TPM.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. Primera actualización. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2011. GTC 45.

JAPAN INSTITUT OF PLANT MAINTENANCE. Programa de desarrollo del TPM, Implantación del Mantenimiento Productivo Total. Madrid: Productivity Press, 1991.

MOJICA, Angelica Tatiana; GIRALDO., Sebastián y SACOTO, Verónica Priscila. Integración de Sistemas de Gestión en Meals de Colombia S.A.S a través de la metodología Kaizen (TPM y las 5S). Universidad Viña del Mar. 2013.

NAKAJIMA, Seiichi. Programa de desarrollo TPM, edición en español. Madrid: Tecnologías de gerencia y producción S.A., 1991.

PRODUCTIVITY PRESS. Programa del desarrollo del TPM. Implantación del mantenimiento productivo total. Tecnologías de gerencia y producción, 1991.

SUZUKI, Tokutarō. TPM en industrias de proceso. Madrid: TGP-HOSHIN, S.L., 1995.

TAVARES, Lourival Augusto. Administración moderna de mantenimiento. [online]. Brasil. 2000. Disponible.

ZAMORA, Marroquín Juan Carlos. Programa de mantenimiento preventivo y de mejora en el manejo de materiales y desperdicios de Industrias G, S.A. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2010. Recuperado en línea: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0548_Ml.pdf