

**UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA JOSÉ SIMEÓN CAÑAS**  
**UNIVERSIDAD DON BOSCO**



**“DISEÑO DE PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE TPM EN EMPRESA  
INDUSTRIAL”**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREPARADO PARA LA FACULTAD DE  
POSTGRADOS UCA**

**Y**

**FACULTAD DE INGENIERÍA UDB**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:**

**MAESTRA/O EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**PRESENTADO POR:**

**ANDRÉS ESAÚ DÍAZ ROMÁN**

**ELSA MARGARITA SIBRIÁN SILVA**

**ASESOR:**

**MARIO ERNESTO MARTÍNEZ RIVAS**

**ANTIGUO CUSCATLÁN, EL SALVADOR, C.A.**

**JULIO 2021**

### **Rectores**

Andreu Oliva de la Esperanza, S.J.

Mario Rafael Olmos Argueta, SDB.

### **Secretarias Generales**

Silvia Elinor Azucena de Fernández

Yesenia Xiomara Martínez Oviedo

### **Decana de Postgrados UCA**

Nelly Arely Chévez Reynosa

### **Decano Facultad de Ingeniería**

Mario Guillermo Juárez Pérez

### **Directores de la Maestría en Gerencia de Mantenimiento Industrial**

Laura Beatriz Orellana UCA

José Luis Martínez UDB

### **Director de Tesis**

Mario Ernesto Martínez Rivas

**JULIO 2021**

**ANTIGUO CUSCATLÁN, EL SALVADOR, C.A.**

## Agradecimientos

En primer lugar, queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento a Dios todo poderoso por darnos la guía y perseverancia para culminar nuestros estudios profesionales y por ser parte de este camino personal.

Queremos agradecer al ingeniero Mario Martínez, quien compartió su conocimiento, su tiempo y sus ideas tanto como profesor y colega, guiándonos para culminar de forma exitosa este proyecto.

Gracias a los colegas que fueron compañeros en estos años de estudio, quienes de forma directa e indirecta aportaron al desarrollo del mismo.

Gracias a los amigos, que de forma incesante han brindado el apoyo moral y humano necesario para avanzar a pesar de las circunstancias en el desarrollo de este trabajo y en el profesional.

Por último, y no menos importante, agradecemos a nuestras familias que siempre han sido el soporte vital en todos estos años de desarrollo personal y profesional, y con quienes siempre estaremos en deuda.

A todos muchas gracias, reconocemos que sin ustedes este trabajo nunca se hubiese realizad

## Resumen

La constante búsqueda de mejorar la posición comercial de una empresa a través de la rentabilidad y el incremento de las utilidades, impulsan de forma positiva la aplicación de filosofías de mejora continua acorde a sus circunstancias y necesidades.

Las industrias salvadoreñas, que se encuentran comprometidas con cumplir o exceder los compromisos adquiridos con sus clientes, tanto en producción como en calidad hacen uso de estas herramientas de mejora continua o están en proceso de implementarlas.

Tal es el caso de una empresa salvadoreña, de manufactura de componentes pasivos electrónicos, la cual por los últimos 30 años se ha enfocado en mantener una constante evolución de sus procesos productivos, ajeno a métodos de mejora continua; sin embargo, en los últimos años ha visto la necesidad de implementar dichas herramientas, por lo que ha recurrido al uso de la filosofía de 5S y a la metodología de *lean manufacturing*.

Bajo este contexto, la presente investigación ha sido orientada en la introducción de tres pilares de la filosofía Mantenimiento productivo total, TPM, en la empresa antes mencionada. Al tratarse de un trabajo con limitaciones de tiempo, se propone un plan de implementación para los pilares: mantenimiento planeado, mantenimiento autónomo y formación y adiestramiento, en un área específica denominada línea piloto.

El desarrollo de la investigación se desglosa en capítulos que detallan desde la definición de indicadores claves de desempeño, análisis de criticidad para la selección de equipos hasta la realización de auditorías de autoevaluación, que sirven para la medición de brechas y en consecuencia para el diseño del plan maestro de los tres pilares de TPM en la línea piloto, siendo este plan, el entregable más importante del desarrollo de esta investigación.

En el último capítulo se dedican conclusiones de lo obtenido en la investigación y recomendaciones que faciliten la implementación a futuro de TPM en la empresa en cuestión.

# Índice

Resumen .....	i
Índice de figuras.....	iv
Índice de tablas .....	vii
Siglas .....	viii
1. Antecedentes de empresa industrial.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Objetivos.....	4
1.3 Alcance.....	5
1.4 Limitaciones.....	5
1.5 Generalidades de la empresa .....	6
1.6 Distribución de planta .....	7
2. Metodología.....	9
3. Introducción a la mejora continua.....	11
3.1 5S .....	13
3.2 <i>Lean Manufacturing.</i> .....	16
3.3 <i>Ishikawa</i> o Diagrama de Causa y Efecto.....	17
3.4 Pareto .....	19
4. Introducción al TPM.....	21
4.1 Conceptos generales de TPM .....	22
4.2 Implementación de TPM .....	24
5. Definición de KPI's .....	27
6. Análisis de criticidad .....	33
6.1 Jerarquización de equipos.....	33

6.2	Descripción de línea piloto .....	37
7.	Diseño del plan maestro para línea piloto.....	39
7.1	Descripción de herramienta de autoevaluación .....	40
7.2	Implementación de 5S en línea piloto.....	43
7.3	Pilares a desarrollar en línea piloto.....	44
7.3.1	Pilar: Mantenimiento planeado.....	45
7.3.2	Pilar: Mantenimiento autónomo.....	60
7.3.3	Pilar: Formación y adiestramiento.....	87
	Conclusiones .....	105
	Recomendaciones.....	106
	Referencias.....	107
8.	Anexos.....	A-1
A.	Indicadores clave de desempeño sugeridos en TPM .....	A-1
B.	Auditoría de autoevaluación.....	B-10

## Índice de figuras

Figura 1. Línea de tiempo nueva línea de producción. Fuente: Elaboración propia .....	2
Figura 2. Distribución de línea de producción. Fuente: Elaboración propia .....	8
Figura 3. Esquema de metodología utilizada. Fuente: Elaboración propia .....	10
Figura 4. Representación gráfica de Ciclo de Deming. Fuente: Elaboración propia .....	13
Figura 5. Diagrama de relación de 5S. Fuente: Elaboración propia .....	15
Figura 6. Ejemplo del Diagrama Ishikawa. Fuente: Elaboración propia .....	18
Figura 7. Ejemplo diagrama de Pareto. Fuente: Elaboración propia.....	19
Figura 8. Etapas evolutivas del mantenimiento industrial. Fuente: Elaboración propia .....	21
Figura 9. Pilares del Mantenimiento productivo total. Fuente: Elaboración propia.....	25
Figura 10. Pasos de implementación de TPM. Fuente: Elaboración propia .....	26
Figura 11. Tablero de resultados de KPI de mantenimiento. Elaboración propia.....	32
Figura 12. Ubicación de línea piloto. Fuente: Elaboración propia.....	37
Figura 13. Esquema de funcionamiento máquina N_1. Fuente: Elaboración propia.....	38
Figura 14. Ciclo de auditoría. Fuente: Elaboración propia .....	42
Figura 15. Estrategia para implementación de 5S. Fuente: Elaboración propia .....	43
Figura 16. Entregables de la implementación de 5S. Fuente: Elaboración propia .....	43
Figura 17. Formato de auditoría de implementación de 5S. Fuente: Elaboración propia ...	44
Figura 18. Tipos de actividades de mantenimiento (Suzuki, 2017) .....	46
Figura 19. Tipos de mantenimiento (Suzuki, 2017) .....	48
Figura 20. Pasos para implementar el pilar de mantenimiento planificado. Fuente: Elaboración propia.....	53
Figura 21. Resultados auditoría: Pilar mantenimiento planificado. Fuente: Elaboración propia.....	54
Figura 22. Registro digital de equipos. Fuente: Elaboración propia .....	55
Figura 23. Formato análisis causa raíz. Fuente: Elaboración propia .....	57
Figura 24. Esquema de lista de actividades de mantenimiento preventivo. Fuente: Elaboración propia.....	58
Figura 25. Clasificación y asignación de tareas de mantenimiento (Suzuki) .....	63

Figura 26. Ciclo PHVA y relación con pasos de mantenimiento autónomo. Fuente: Elaboración propia.....	69
Figura 27. Resultados auditoría: Pilar mantenimiento autónomo, pasos 1-3. Fuente: Elaboración propia.....	70
Figura 28. Áreas de transporte del producto, propuesta de secciones para limpieza. Fuente: Elaboración propia.....	74
Figura 29. Ejemplo de formato de limpieza. Fuente: Elaboración propia.....	75
Figura 30. Formato de tarjetas de anomalías. Fuente: Elaboración propia.....	78
Figura 31. Formato de lección de punto único. Fuente: Elaboración propia.....	80
Figura 32. Ejemplo de bloqueo y etiquetado en la empresa industrial. Fuente: Elaboración propia.....	82
Figura 33. Ejemplo de control visual e inspección en línea piloto (Parte frontal del formato). Fuente: Elaboración propia.....	82
Figura 34. Ejemplo de control visual e inspección en línea piloto (Parte posterior del formato). Fuente: Elaboración propia.....	83
Figura 35. Producto alrededor de los equipos. Fuente: Elaboración propia.....	85
Figura 36. Estándar de trabajo de máquina en área piloto. 1) Control de equipo, 2) Depósito de desperdicios, 3) Sistema de seguridad, 4) Identificación de partes móviles.....	87
Figura 37. Habilidades de un operador competente (Suzuki, 2017).....	89
Figura 38. Resultados auditoría: Pilar formación y adiestramiento. Fuente: Elaboración propia.....	90
Figura 39. Plan inicial de certificación actual de técnico de reparación y mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.....	91
Figura 40. Plan inicial de certificación actual de operador. Fuente: Elaboración propia.....	92
Figura 41. Encuesta para operador de máquina N_1. Fuente: Elaboración propia.....	94
Figura 42. Resultados de encuesta en área N_1. Fuente: Elaboración propia.....	94
Figura 43. Plan inicial de certificación propuesto de operador. Fuente: Elaboración propia.....	97
Figura 44. Propuesta de currículo de formación. Fuente: Elaboración propia.....	99



Figura 45. Tipos de lecciones de un punto. Fuente: Elaboración propia .....	100
Figura 46. Cronograma de desarrollo de plan maestro propuesto pilar mantenimiento autónomo. Fuente: Elaboración propia.....	102
Figura 47. Cronograma de desarrollo de plan maestro propuesto pilar mantenimiento planeado y formación y adiestramiento. Fuente: Elaboración propia .....	103

## Índice de tablas

Tabla 1. Distribución de paros por mantenimiento correctivo y preventivo 2020 .....	3
Tabla 2. Mejoras por área al aplicar TPM .....	4
Tabla 3. Inventario de equipos en área de estudio. ....	7
Tabla 4. Estructura de descripción de KPI .....	28
Tabla 5. Indicadores clave de desempeño seleccionados. ....	29
Tabla 6. Ponderación criterios para jerarquización; Efecto en la continuidad operacional.	34
Tabla 7. Resultados análisis de criticidad. ....	36
Tabla 8. Criterios de evaluación.....	41
Tabla 9. Características del equipo en industrias de proceso .....	45
Tabla 10. Comparación de sistemas de mantenimiento .....	49
Tabla 11. Cero averías en cuatro fases .....	51
Tabla 12. Criterios para priorizar fallos.....	56
Tabla 13. Clasificación de anomalías .....	59
Tabla 14. Resumen de actividades del departamento de producción. ....	64
Tabla 15. Actividades y objetivos de los 7 pasos del mantenimiento autónomo. ....	67
Tabla 16. Ejemplo de puntos de chequeos.....	71
Tabla 17. Ejemplo de anomalías a buscar en inspecciones diarias .....	76
Tabla 18. Temario de formación operativa nivel 1, certificación interna .....	95

## Siglas

<b>Sigla</b>	<b>Definición</b>
BM	<i>Breakdown Maintenance</i> (Mantenimiento de averías)
CBM	<i>Condition Based Maintenance</i> (Mantenimiento basado en condiciones)
CM	<i>Corrective Maintenance</i> (Mantenimiento correctivo)
EHS	<i>Environmental, Health &amp; Safety</i> (Salud y seguridad ambiental)
JIPM	<i>Japanese Institute of Plant Maintenance</i> (Instituto Japones de Mantenimiento de plantas)
KPI	<i>Key performance indicator</i> (Indicador clave de desempeño)
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> (Eficacia Global de Equipos Productivos)
PHVA	Planificar, hacer, verificar y actuar
PM	<i>Preventive Maintenance</i> (Mantenimiento preventivo)
SMART	<i>Specific, Mensurable, Achievable, Relevant, Timely</i> (Específico, medible, alcanzable, relevante, temporal)
SMED	<i>Single-Minute Exchange of Die</i> (Cambio de matriz en un minuto)
TBM	<i>Time Based Maintenance</i> (Mantenimiento basado en tiempo)
TPM	<i>Total productive maintenance</i> (Mantenimiento productivo total)
TQM	<i>Total Quality Management</i> ( <i>Gestión de calidad total</i> )

## 1. Antecedentes de empresa industrial

La empresa de estudio ha tenido por más de 40 años presencia a nivel mundial, siendo las últimas tres décadas en las que ha evolucionado y desarrollado un liderazgo tecnológico, lo que le ha permitido ser un referente en la industria de la electrónica a nivel centroamericano y el único representante de este rubro en El Salvador.

La búsqueda constante por la satisfacción o superación de las expectativas de los clientes ha convertido a esta empresa en un socio clave, ya que asegura un servicio y calidad de los más altos estándares internacionales.

Durante los últimos 30 años, dicha empresa se ha mantenido en la evolución de sus procesos, pasando de la manufactura final de componentes pasivos de montaje superficial, cuyo origen era europeo, a la producción total de dichos componentes. Este logro se debe a la apuesta por la tecnificación y la preparación de la mano de obra salvadoreña.

La empresa industrial es de capital extranjero y cuentan con múltiples plantas para la manufactura de productos electrónicos a nivel mundial. La planta radicada en El Salvador cuenta con una fuerza laboral de más de tres mil empleados siendo todos 100% salvadoreños, esta fuerza laboral se ha encontrado en constante crecimiento durante los últimos años.

Para la fabricación de componentes electrónicos pasivos en El Salvador se cuentan con dos divisiones clasificadas según la materia prima utilizada en el proceso de manufactura. La línea de mayor antigüedad se encuentra en proceso de expansión, aumentando su capacidad productiva actual en dos vías: mayor salida de producto ya calificado y añadiendo una nueva línea de producción.

Esta nueva línea forma parte del corporativo y operaba en Japón, sin embargo, la confianza brindada por el trabajo de la planta ya existente en El Salvador permitió el traslado de esta línea al país con el fin de aumentar su rentabilidad sin comprometer el servicio y los requerimientos de los clientes.

En la Figura 1, se presenta la línea de tiempo mostrando las etapas relevantes con la que se ha desarrollado la transferencia de la nueva línea productiva.

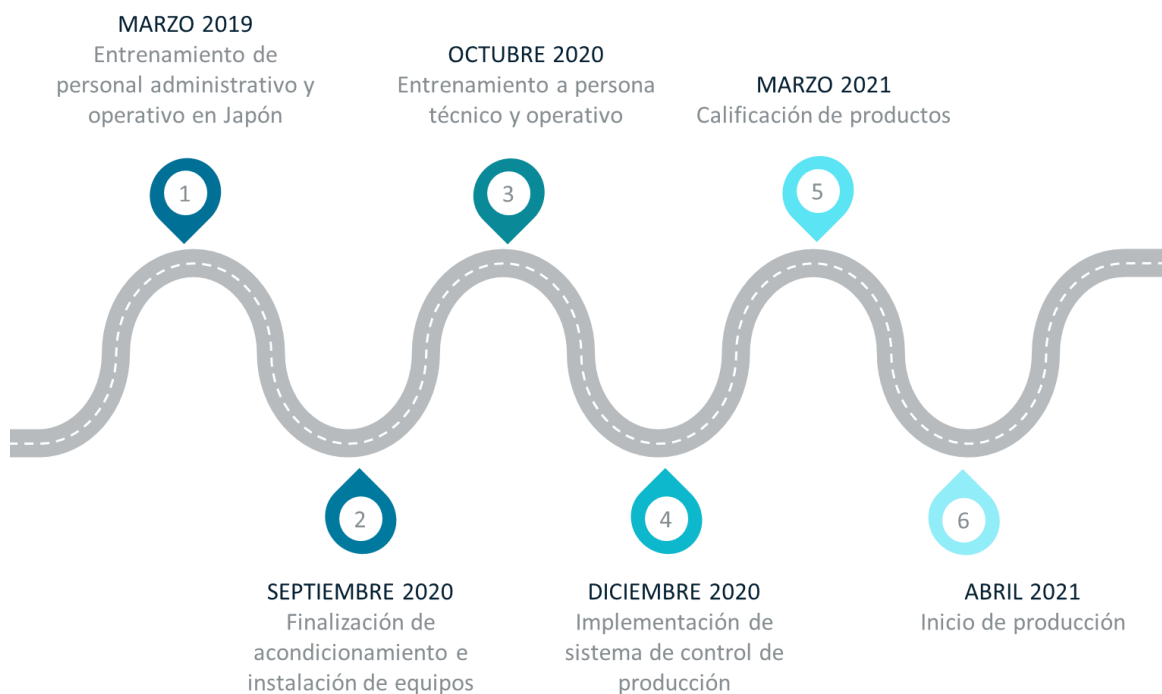


Figura 1. Línea de tiempo nueva línea de producción. Fuente: Elaboración propia

La nueva línea de producción cuenta con una fuerza laboral de treinta y cuatro empleados distribuidos en cuatro departamentos: producción (21), mantenimiento (6), calidad (2) y personal administrativo (5), con esto se pretende alcanzar inicialmente la calificación de las facilidades y del producto en El Salvador, para luego su puesta en marcha para exportación.

A partir de ese punto, la empresa de estudio de manufactura de componentes electrónicos pasivos se denominará la empresa electrónica.

## 1.1 Planteamiento del problema

Actualmente la gestión del mantenimiento en la empresa electrónica se basa en la política de mantenimiento correctivo y planes preventivos que no son ejecutados de manera oportuna, esto potencia los desperdicios, mala calidad en producto y el no cumplimiento de las entregas estipuladas con clientes.

En el año 2020 el promedio de paros de maquinaria no programados fue de 56.8%, para la línea de mayor antigüedad en la empresa electrónica, tal como se muestra en la Tabla 1. La filosofía TPM propone mejorar el estado actual de la gestión del mantenimiento.

Tabla 1. Distribución de paros por mantenimiento correctivo y preventivo 2020

		2020											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tipo de Paro	% Tiempo muerto debido a máquina	3.48%	5.59%	6.65%	5.65%	3.65%	6.66%	3.45%	5.07%	2.76%	4.65%	4.49%	5.59%
	No programado	42.40%	61.09%	75.80%	64.17%	48.50%	73.70%	41.02%	63.20%	39.80%	54.67%	54.80%	63.20%
	Programado	57.60%	38.91%	24.20%	35.83%	51.50%	26.30%	58.98%	36.80%	60.20%	45.33%	45.20%	36.80%

Fuente: Elaboración propia

El desarrollo de la presente investigación a través del diseño de actividades de pilares específicos de la filosofía de TPM, tiene por objetivo promover una nueva herramienta de mejora continua a las ya existentes y practicadas dentro de la misma. Como propuesta para la disminución de paros no programados, desperdicios y mejora en la calidad del producto.

La investigación se desarrolla en una nueva línea de producción de la empresa electrónica, y dentro de esta se ha definido un área piloto bajo el análisis de criticidad en los equipos. La selección de esta línea en la empresa radica en dos aspectos: es una línea nueva y de tamaño reducido, facilitando así el estudio y la implementación a futuro de las herramientas de la filosofía TPM.

De acuerdo a los resultados de empresas premiadas por el *Japanese Institute of Plant Maintenance*, JIPM, se pueden obtener las mejoras mostradas en la Tabla 2.

Tabla 2. Mejoras por área al aplicar TPM

Área	Mejora esperada
Paros y fallos	Reducción del 90%
Productividad	Aumento entre 50-100%
Defectos de calidad	Reducción del 40%
Quejas de cliente	Reducción del 75%
Costos de producción	Reducción del 40%
Accidentes	Reducción del 100%

Fuente: (Romero, 2010)

Bajo este contexto la promoción del diseño y la futura implementación de una filosofía integral como TPM, pretende robustecer las actividades y las capacidades de los departamentos de mantenimiento y producción, obteniendo mejoras en la productividad, seguridad y calidad de la empresa electrónica.

## 1.2 Objetivos

**Objetivo general:** Desarrollar un plan para la implementación de los pilares de TPM: mantenimiento autónomo, mantenimiento planeado y formación y adiestramiento, en un área piloto en la nueva línea de una empresa productora de componentes electrónicos pasivos en El Salvador.

### Objetivos específicos:

- Definir *Key performance indicator*, KPI's, para la medición de la producción, calidad, disponibilidad de los equipos, seguridad y formación de personal.
- Identificar equipos de alto impacto, a través de la matriz de criticidad, que faciliten el desarrollo del pilar de mantenimiento planeado y autónomo.
- Elaborar plan de capacitación al personal operativo para la realización de actividades de mantenimiento autónomo.

- Diseño de plan detallado para la implementación de los pasos uno al tres de mantenimiento autónomo en área piloto.

### 1.3 Alcance

Para el desarrollo de la presente investigación se ha considerado la línea de producción más reciente y previamente descrita, de la empresa electrónica. Dentro de ella, se han analizado cada subproceso y los equipos utilizados en su manufactura.

Es conocido que la implementación de la filosofía de TPM puede tardar muchos años, por lo que el desarrollo de la presente investigación se centrará en la generación de un plan en un área piloto que contenga las actividades de los pilares de mantenimiento autónomo paso del uno al tres, mantenimiento planeado, formación y adiestramiento.

Se considera como entregables de la investigación:

- KPI de producción, calidad y mantenimiento
- Matriz de criticidad considerando todos los equipos de la línea
- Plan de capacitación en mantenimiento autónomo para personal operativo
- Diseño de plan para las actividades de los pasos del uno al tres de mantenimiento autónomo en área piloto.

### 1.4 Limitaciones

Debido a la estricta política de confidencialidad de la empresa, el documento va a omitir nombre de la empresa, detalles de equipos, procesos, costos, personal o cualquier otro tipo de información que violente dichos estatutos y que la empresa considere no necesaria para su publicación.

Adicional, el documento no reflejará ningún análisis de costos para las actividades contempladas en el diseño del plan de los pilares de mantenimiento autónomo, planificado



y formación y adiestramiento, esto debido a la limitante del tiempo para el desarrollo del mismo.

#### 1.5 Generalidades de la empresa

La empresa de estudio es una industria enfocada a la manufactura de componentes electrónicos pasivos, por su fuerza laboral se considera una macroempresa, es de capital privado y cuenta con una larga trayectoria a nivel nacional y con respaldo internacional. A pesar de ser la única en su rubro en El Salvador, cuenta con un amplio catálogo de competencia internacional, por lo que es necesario continuar garantizando la calidad y servicio del producto.

Dentro de la empresa industrial se ha seleccionado un área para realizar el desarrollo de esta investigación, la cual corresponde una línea recientemente transferida de Japón a El Salvador, dicha línea se compone por quince subprocesos y cincuenta y dos equipos distribuidos a lo largo de esta línea, con los cuales se elabora la transformación total de la materia prima hasta su empaquetado final.

En la Tabla 3, se muestra el inventario de equipos que componen cada subproceso, debido a la política de confidencialidad se han renombrado cada uno de ellos y omitido el detalle de su proceso.

Tabla 3. Inventario de equipos en área de estudio.

Área	Equipo	Cantidad	Área	Equipo	Cantidad
<b>A</b>	A_1	1	<b>L</b>	L_1	1
	A_2	1		L_2	2
<b>B</b>	B_1	2		L_3	1
	B_1	1		L_4	3
<b>C</b>	C_1	1		L_5	1
	C_2	2		L_6	1
	C_3	1	<b>M</b>	M_1	1
<b>D</b>	D_1	1		M_2	2
	D_2	3		M_3	2
<b>E</b>	E_1	2		M_4	1
<b>F</b>	F_1	2	<b>N</b>	N_1	4
<b>G</b>	G_1	1		N_2	1
<b>H</b>	H_1	1		N_3	3
<b>I</b>	I_1	2		N_4	3
<b>J</b>	J_1	2	<b>O</b>	O_1	1
<b>K</b>	K_1	1			
	K_2	1			

Fuente: Elaboración propia

La selección del subproceso como área piloto para el desarrollo de los objetivos de la investigación se realizará a través de un análisis de criticidad considerando su impacto en la flexibilidad y continuidad operacional, este tema será abordado en el capítulo seis.

### 1.6 Distribución de planta

La planta de manufactura se distribuye en dos áreas de producción, para esta investigación se utilizará la línea más reciente tal como se ha descrito en el alcance del documento. En la Figura 2 se muestra la distribución de planta de la línea de producción escogida como piloto para el desarrollo de esta investigación.



Figura 2. Distribución de línea de producción. Fuente: Elaboración propia

## 2. Metodología

El desarrollo de la presente investigación exploratoria que tiene por objetivo principal el diseño del plan de las actividades básicas de tres pilares de Total Productive Maintenance, TPM se ha realizado de forma teórica-experimental, haciendo uso de las herramientas de auditoría y análisis de criticidad de equipos.

La Figura 3, muestra de forma gráfica el resumen de como se abordó la temática a través de seis pasos generales que ayudan a alcanzar los objetivos.

La investigación teórica parte de la definición de indicadores claves de desempeño que faciliten el monitoreo de las acciones a implementar a futuro, posterior a esto, se realiza el análisis de criticidad de los equipos y en consecuencia la selección de un área piloto que delimite el alcance de la investigación, luego, tomando como base lo planteado por Suzuki y por las exigencias para la certificación del JIPM, se realiza una auditoría como diagnóstico inicial de la línea piloto. Los resultados obtenidos se utilizan para proponer actividades en el diseño del plan maestro que se enfoquen en reducir las brechas.

Como punto importante la selección de los indicadores ha considerado los planes y objetivos estratégicos de la empresa y lo que la teoría relacionada a TPM sugiere. Cabe mencionar que el presente documento no muestra resultados de los indicadores seleccionados, ya que el objetivo es el diseño del plan maestro, asimismo, la línea de producción seleccionada para la investigación se encuentra en el proceso de calificación de sus productos y no de producción. El proceso de calificación consiste en aprobar, con piezas fabricadas en la empresa electrónica, los estándares de calidad física y eléctrica del producto; el tiempo de aprobación dependerá del tipo de producto a calificar.

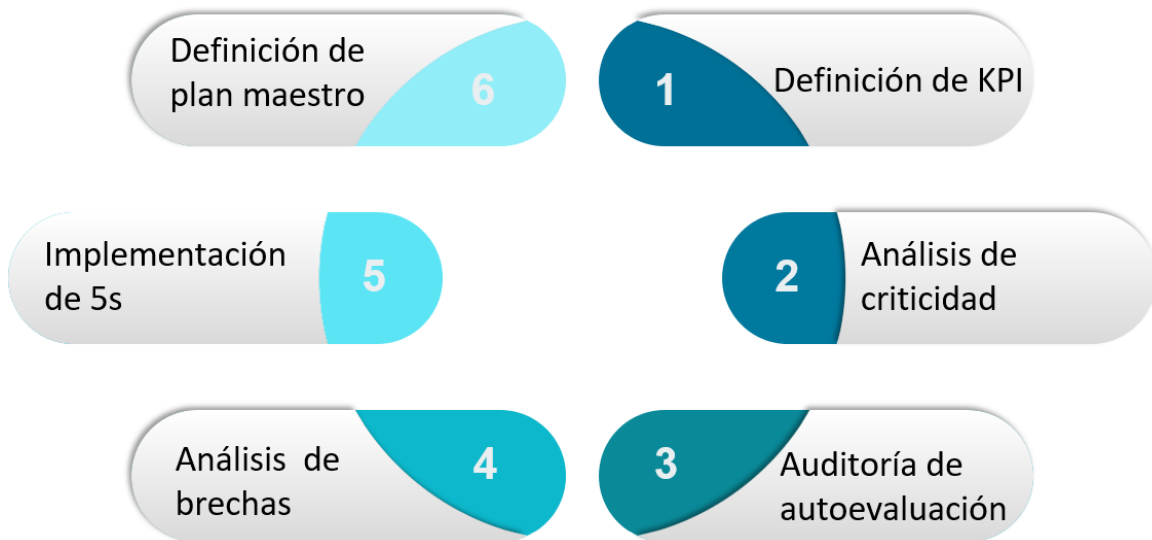


Figura 3. Esquema de metodología utilizada. Fuente: Elaboración propia

1. **Definición de KPI:** Se ha utilizado bibliografía y la experiencia del personal que administra la línea de producción para definir KPI, se dedica el capítulo cinco para mayor explicación de este paso.
2. **Análisis de criticidad:** En el capítulo seis se profundiza sobre el método utilizado para realizar este análisis con el fin de determinar un subproceso y utilizarlo como línea piloto para el desarrollo de los pilares antes mencionados.
3. **Auditoría de autoevaluación:** Se ha utilizado un cuestionario considerando tres aspectos claves en el desarrollo de TPM, para determinar las mayores oportunidades de mejora. Se presenta mayor información en el capítulo siete.
4. **Análisis de brechas:** Se realiza una comparativa entre el estado actual desempeñado y el estado meta planteado, este se presenta en el capítulo siete.
5. **Implementación de 5s:** Se considera como la herramienta base para iniciar con la mejora continua, como se explica en el capítulo tres, la empresa de estudio ya cuenta con esta filosofía, por lo que únicamente se asegura su implementación.
6. **Definición de plan maestro:** Considerando las brechas antes descritas, se han propuesto actividades que ayudes a disminuir el resultado actual con el objetivo planteado. Este plan se encuentra descrito en el capítulo siete.

### 3. Introducción a la mejora continua

Charles Darwin afirma que solamente aquellos que tienen la capacidad de adaptarse a los cambios sobreviven, esta es una realidad latente e inherente en todas las industrias alrededor del mundo como una consecuencia directa de la globalización, es por eso, que las empresas que desean continuar y sobresalir en el mercado adoptan la filosofía de mejora continua como una solución.

La mejora continua es aquella filosofía que pretende, a través de una revisión periódica de procesos, identificar problemas obviados en la cotidianidad, determinar oportunidades de reducción de desperdicios, priorizar de forma efectiva los recursos, incrementar la calidad del proceso y/o producto, con el objetivo principal de mantener o incrementar las utilidades y, en consecuencia, ser competitivos. (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

Se busca analizar el estado actual del proceso, con el objetivo de encontrar deficiencias, actividades innecesarias, desperdicios y de este modo, determinar: objetivos a trazar, mejorar condiciones, controlar el proceso. Para asegurar que se entrega un producto o servicio con alto valor para el cliente.

En la ISO9001 se afirma que: “Un resultado deseado se alcanza más eficientemente cuando las actividades y los recursos relacionados se gestionan como un proceso”, (Escuela Europea de Excelencia, 2019), por lo cual no se puede mantener un enfoque de mejora continua si no se conoce a profundidad el proceso, es por esto que como primer paso para la implementación de mejora continua se debe analizar el proceso actual, determinando variables críticas, conociendo el rendimiento actual respaldado por indicadores. Como segundo punto se debe tener en consideración proveedores, procesos previos o entrega de suministros necesarios para realizar el proceso, asimismo, se necesita conocer a los clientes o procesos posteriores, de tal manera que todas las partes se encuentren alineadas. Como

último paso es determinante conocer aquellas limitaciones físicas o inherentes al proceso. Todo esto se debe realizar con una toma adecuada de datos.

En la década de 1950 Edward Deming desarrolló el ciclo PHVA, que por sus siglas significa: planificar, hacer, verificar y actuar. Esta herramienta de mejora continua busca tener una mejor efectividad en la implementación de actividades de esta índole, ya que el objetivo de seguir el ciclo es mantener un orden. (Beetrack, 2018)

Se puede considerar el ciclo de Deming, como un manual de gestión de mejor continua y proyectos, este ciclo es una estrategia basada en cuatro sencillos pasos. (ASQ, s.f.). El ciclo PHVA es altamente utilizado y se ha plasmado en la ISO 9001, la cual define cada paso como se muestra a continuación y de forma gráfica en Figura 4.

- **Planificar:** Primera etapa del ciclo, en esta se realiza la identificación del problema o de los procesos necesarios y se establecen los objetivos, cuyas características deben ser: específicos, medibles, alcanzables, retadores y con tiempo definido, por sus siglas en inglés: SMART, para resolver la problemática. Asimismo, se identifican riesgos, oportunidades y se asignan las tareas para alcanzar los mismos.
- **Hacer:** Implementación de lo planificado en área piloto o bajo supervisión, se considera el mantenimiento del sistema para que las actividades hechas se mantengan.
- **Verificar:** Seguimiento a las mediciones, indicadores, de tal manera que sea posible la comparación de los datos reales con los planteados en los objetivos, de acuerdo a lo planificado anteriormente. Este paso tiene como fin principal informar los resultados obtenidos, es decir, evaluar la efectividad de las decisiones tomadas.
- **Actuar:** De acuerdo a los resultados obtenidos, se deberán tomar las acciones que tienen mayor impacto positivo para implementarse en toda la empresa. Asimismo, se reevalúan los objetivos para ver su cumplimiento o si es necesario seguir mejorando. Esta es una etapa de aprendizaje donde se debe documentar lo que salió

bien y proponer nuevas acciones de corrección a aquello que no tuvo el impacto esperado.

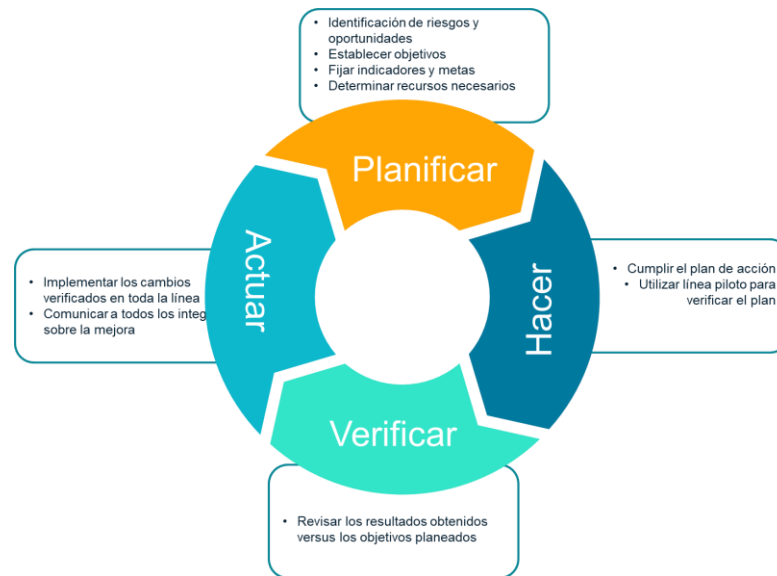


Figura 4. Representación gráfica de Ciclo de Deming. Fuente: Elaboración propia

Esta herramienta de gestión es muy utilizada y de mucha ayuda en situaciones como:

- Inicio de un proyecto de mejora
- Desarrollo o mejora de un proceso o servicio
- Recopilación de información para determinar causas raíces
- Implementación de un cambio
- Prácticas de mejora continua

Existen otras herramientas de implementación de mejora continua, las que son mayormente utilizadas dentro del entorno industrial son: diagrama de Pareto, diagrama de causa y efecto, identificación de desperdicios, 5S, Six Sigma, TPM, entre otras.

### 3.1 5S

De acuerdo a José Berengueres, se conoce como 5S al conjunto de herramientas que ayudan a mejorar, de forma constante, un proceso en un ambiente laboral donde se brinda a los empleados un escenario en el que se neutralizan inhibiciones sociales.



Esta herramienta tiene su origen en Japón en los años 60's cuando la industria automotriz presentó un rápido crecimiento, es esta realidad la que impulsa a muchas compañías a adaptar sus procesos a una demanda de alto crecimiento. (Berengueres, 2012)

Las 5S continúan siendo una herramienta de alta popularidad en la actualidad, debido a su facilidad de implementación y los excelentes resultados que se pueden obtener.

La implementación de las 5S suele ser la primera herramienta de mejora continua a introducir en una empresa, ya que requiere de poca inversión y conocimiento, y de la cual se puede obtener un alto beneficio.

El objetivo de la implementación de 5S es mejorar la línea base sobre la cual está sentada la empresa y lo realiza a través de la mejora continua de las prácticas laborales, mejora de eficiencia del personal, en procesos como:

- Aseguramiento de calidad
- Costos de producción
- Tiempos de entrega
- Seguridad ocupacional
- Ética de empleados

Cada una de las "S" se muestra en la Figura 5 y se definen a continuación:

**Seiri:** Seleccionar o clasificación, este es el primer paso de las 5S y busca separar y eliminar aquellos elementos que no son necesario en el lugar de trabajo o área en la que se espera implementar la herramienta, esto se realiza en función de la frecuencia de uso y cantidad, posterior, se debe identificar los elementos importantes para los procesos de trabajo.

**Seiton:** Organizar, definir un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar, es acá donde se asignan los espacios de los elementos que fueron seleccionados como útiles de acuerdo a su uso y frecuencia del mismo.

**Seiso:** Limpieza, se debe evitar ensuciar, no busca aumentar la frecuencia de limpiezas, es una de las reglas indispensable de la metodología, en este paso se debe de especificar y distribuir las responsabilidades relacionadas a la limpieza, así como los focos de suciedad.

**Seiketsu:** Estandarizar, hacer todo de la misma forma siempre, este paso pretende que las tres fases previas se conviertan en un hábito en la cultura de la empresa y para esto, es necesario crear procedimientos y evaluaciones que rijan y midan el cumplimiento de las mismas.

**Shitsuke:** Autodisciplina, mantener un hábito, siendo esta la última fase de la metodología, se busca establecer la actitud y los hábitos adecuados en el trabajo por parte de todos los integrantes de la organización a través del respeto a los procedimientos y estándares previamente establecidos, además es crítico que las autoridades de la empresa participen activamente en la metodología con el fin de incentivar la mejora.



Figura 5. Diagrama de relación de 5S. Fuente: Elaboración propia

José Berengueres afirma que para la implementación existen tres reglas empíricas que ayudan a asegurar el éxito de las 5S, las cuales se puede resumir:

- Todos los empleados involucrados deben tener el mismo grado de compromiso y el mismo nivel de poder, durante la ejecución de una actividad relacionada a las 5S.
- Las decisiones deberán ser tomadas bajo el consentimiento de todos y respetadas.
- Las actividades emitas por el comité de mejora continua deben ser desarrolladas y auditadas.

Por todo lo descrito en este capítulo se considera para el desarrollo de la investigación, que las 5S son la base de implementación de una filosofía como TPM. Por lo cual esta es la primera herramienta a implementar en la línea piloto.

La empresa de estudio tiene cerca de 2 años y medio de implementar la metodología de las 5S en todos los niveles de la organización, por lo que supone una ventaja como preámbulo a la implementación de las bases de TPM.

### *3.2 Lean Manufacturing.*

Es una filosofía orientada a optimizar los procesos de producción a través de la reducción de desperdicios o de todas aquellas actividades que no agregan valor al proceso ni al cliente. *Lean* define los desperdicios en los procesos como aquellos recursos que “no son realmente necesarios” y los categoriza en ocho tipos: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procedimientos, inventario, movimientos, defectos y desaprovechamiento del talento humano. (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

La filosofía hace uso de diferentes herramientas de mejora continua en su búsqueda de la reducción de los desperdicios, el uso de estas dependerá de las características del proceso de cada empresa y éstas pueden ser implementadas de forma aislada y/o gradual.

Dentro de las herramientas utilizadas en la metodología *lean* se pueden destacar:

- *Kanban*: Su traducción es “tarjetas visuales” y se define como un sistema de señales de producción altamente efectivo y eficiente. Esta metodología brinda la información necesaria para controlar la manufactura de un producto en la cantidad y en el tiempo necesario, el sistema hace uso en su forma más básica de tarjetas y un tablero para asignar tareas o actividades pendientes, en proceso o ya finalizadas con el objetivo de mejorar el flujo del proceso. (IECS Group, 2016)
- *Gemba*: Su traducción es “el verdadero lugar”, es un concepto que llama a las empresas a tomar contacto con los problemas en el piso o área de producción, siendo su objetivo entenderlo y resolverlo, *gemba* es una herramienta que se desarrolla para ver la realidad en el proceso de producción. (IECS Group, 2016)
- SMED: Es el acrónimo de la lengua inglesa “*Single Minute Exchange of Die*”, que significa “cambio de matriz en un minuto”, es una metodología que busca reducir el tiempo de cambio que requieren los equipos en la línea de producción debido a los requerimientos de los clientes o paros, esto se logra con la gestión adecuada de las herramientas, repuestos y personal en el tiempo correcto, brindando fiabilidad en los procesos de cambio. (IECS Group, 2016)
- *Poka-yoke*: Esta es una herramienta que pretende asegurar la calidad del producto durante su proceso de manufactura a través de mecanismos libres de fallas o errores humanos. La palabra proviene de los términos japoneses *Poka* “Errores imprevistos”, *Yokeru* “Acción de evitar” y su significado literal puede considerarse como “evitar errores inadvertidos”. La reducción de defectos mediante el uso del *poka-yoke* es parte fundamental de la metodología *lean*, ya que, para esta es indispensable que ninguna operación traslade productos defectuosos a la operación siguiente. (IECS Group, 2016)

### 3.3 *Ishikawa* o Diagrama de Causa y Efecto

Esta herramienta consiste en una representación gráfica que segmenta las posibles causas que explican un determinado problema o efecto, suele complementarse con el diagrama

de Pareto para priorizar las acciones en aquellas causas que aportan el mayor porcentaje de los problemas. (Gómez, 2017)

El diagrama de *Ishikawa* es intuitivo, se identifica el problema o “efecto” y posterior se enumera un conjunto de “causas”, adicionalmente cada causa puede estudiarse con mayor detalle generando una “subcausa”, esto último ayuda a mejorar las acciones correctivas dado que permite tomar acciones con precisión sobre el fenómeno de estudio. (Gómez, 2017)

El diagrama de *Ishikawa*, diagrama de Causa y Efecto o diagrama de Espina de Pescado estudia las causas de los problemas clasificando seis categorías: hombre, máquina, medio ambiente o entorno, material, método y medida, cada causa asignada en una categoría puede ser desarrollada con la técnica de los cinco porque y lluvia de ideas, el propósito es abarcar todas las posibilidades del problema de estudio.

El diagrama de *Ishikawa* presenta la Figura 6

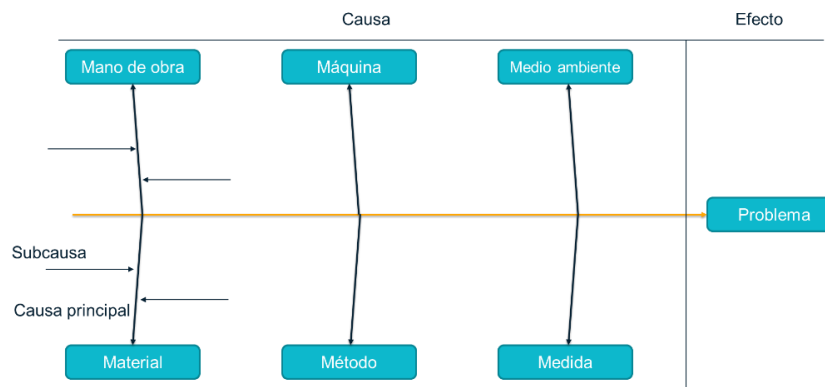


Figura 6. Ejemplo del Diagrama Ishikawa. Fuente: Elaboración propia

### 3.4 Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta gráfica que permite asignar el orden de las prioridades en el estudio de algún problema en particular, su objetivo es hacer evidente los problemas reales y facilitar de esta forma la toma de acciones.

Gráficamente el diagrama organiza los valores de estudio en barras separadas y organizadas de mayor a menor, de izquierda a derecha, tal como se muestra en Figura 7

El principio de Pareto se fundamenta en la regla 80/20, es decir, en la mayoría de las situaciones, el 80% de las consecuencias, problemas o fallos de estudio son debido al 20% de las acciones o el 80% de los defectos de un producto son consecuencia del 20% de las causas. Por lo antes mencionado, se puede decir, aunque muchos factores contribuyen a una consecuencia, son pocas las causas de dicho resultado, y a pesar de que la relación no siempre es exacta y aplicable a todas las áreas de estudio, normalmente sí se cumple el principio de Pareto.

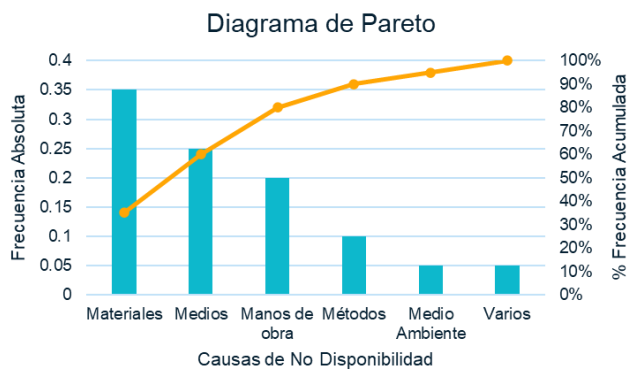


Figura 7. Ejemplo diagrama de Pareto. Fuente: Elaboración propia



#### 4. Introducción al TPM

Desde la creación de las primeras máquinas industriales ha surgido la necesidad de mantenerlas cumpliendo el objetivo para el que fueron adquiridas, es por esto, que el mantenimiento industrial se vuelve un factor clave para la producción de bienes y servicios. En la medida que la industrialización es cada vez más competitiva es necesario mejorar y especializar las técnicas de mantenimiento industrial utilizadas, para asegurar la producción sin generar daños en los equipos por sobre utilización. (ATS, Inc , 2019)

Se conoce como mantenimiento industrial al conjunto de actividades realizadas por personal técnico, con el fin que las máquinas y equipos mantengan o mejoren su funcionalidad para lograr objetivos comerciales (ATS, Inc , 2019).

Estas actividades pueden abarcar tareas de reparación correctiva o preventiva, resolución de problemas, reemplazo de equipos por nueva tecnología, entre otras actividades, basado en la estrategia de la gestión de mantenimiento de cada empresa. Dichas estrategias, se han mantenido en constante evolución y se puede resumir en las etapas que se describen en la Figura 8

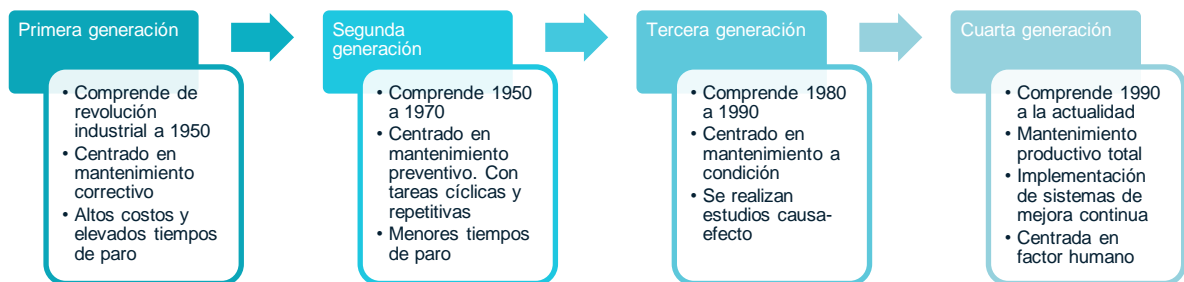


Figura 8. Etapas evolutivas del mantenimiento industrial. Fuente: Elaboración propia

Se considera a la filosofía del TPM como parte de la cuarta generación, es decir, es una filosofía innovadora la cual nace como un producto evolutivo de las generaciones anteriores. Con esta generación se pretende integrar los sistemas productivos y de apoyo y centralizar los esfuerzos en el crecimiento tecnificado del personal.



#### 4.1 Conceptos generales de TPM

El TPM es una evolución de la Manufactura de Calidad Total, deriva de los conceptos de control de calidad en los productos durante su proceso de manufactura realizada a través de métodos de análisis estadísticos, dichos conceptos fueron influenciados en la industria japonesa por Dr. Edwards Deming durante la década de los 50's.

Al combinarse los procesos estadísticos y sus resultados en la calidad con la ética de trabajo propia del pueblo japonés, se creó toda una cultura de calidad, de ahí surgió TQM "*Total Quality Management*".

En los años recientes se le ha denominado comúnmente "*Total Quality Manufacturing*" o Manufactura de Calidad Total. Cuando la problemática del mantenimiento fue analizada como una parte del programa de TQM, algunos de sus conceptos generales no parecían encajar en el proceso. Para entonces, ya algunos procedimientos de Mantenimiento Preventivo (PM) se estaban aplicando en un gran número de plantas.

Usando las técnicas de PM, se desarrollaron horarios especiales para mantener el equipo en operación, sin embargo, esta forma de mantenimiento resultó costosa y a menudo se daba a los equipos un mantenimiento excesivo en el intento de mejorar la producción. Se obedecía más al calendario de PM que a las necesidades reales del equipo y no existía o era mínimo el involucramiento de los operadores de producción. Con frecuencia el entrenamiento de quienes brindaban el PM se limitaba a la información contenida en los manuales.

La necesidad de ir más allá que sólo programar el mantenimiento de conformidad a las instrucciones o recomendaciones del fabricante, como método de mantenibilidad de la productividad y la calidad del producto, se puso pronto de manifiesto, especialmente entre aquellas empresas que estaban comprometiéndose en los programas de Calidad Total. Para

resolver este problema y estar en línea con los conceptos de TQM, se hicieron ciertas modificaciones a esta disciplina. Estas modificaciones elevaron el mantenimiento al estatus actual en que es considerado como una parte integral del programa de Calidad Total.

El origen del término "Mantenimiento Productivo Total", TPM, se ha discutido en diversos escenarios. Mientras algunos afirman que fue iniciado en Norteamérica hace más de 40 años, otros lo asocian al plan que se usaba en la planta Nippodenso, una manufacturera de partes eléctricas automotrices de Japón a fines de los 1960's. Seiichi Nakajima un alto funcionario del Instituto Japonés de Mantenimiento de la Planta, recibe el crédito de haber definido los conceptos de TPM y su implementación en diferentes plantas en Japón.

Si bien, no es una filosofía nueva, en la actualidad tiene mucha vigencia y se considera innovadora para muchas industrias tanto de proceso como de manufactura y ensamble.

El TPM tiene como una de sus características principales el involucramiento del personal que opera las máquinas en la realización de actividades de mantenimiento de rutina, llamado mantenimiento autónomo.

Esta filosofía busca obtener efectividad de un equipo a través de maximizar la disponibilidad, desempeño y calidad. Es decir, la filosofía busca mantener cero accidentes, defectos y fallos. Tokutaro Suzuki afirma que con la implementación de TPM en una empresa industrial se obtiene una mejora de forma drástica, estimulando la creación de lugares de trabajo agradables, productivos y seguros. Asimismo, con la implementación de TPM se apunta a obtener el cumplimiento de los siguientes objetivos:

- Mantener una cultura laboral que maximice la efectividad del sistema productivo
- Involucrar en actividades de mejora continua a todo el personal, incluyendo producción, desarrollo, administrativos y ventas
- Organizar el enfoque de mantenimiento para obtener cero defectos, fallas y accidentes

Es necesario medir la efectividad de la implementación de cualquier sistema de mejora en una planta industrial, para el caso de TPM se suele utilizar el OEE, es decir Eficacia Global de Equipos Productivos, por sus siglas en ingles. Este indicador clave es comúnmente utilizado dentro de la cultura de mejora continua.

El OEE indica el porcentaje de la eficacia de una máquina, proceso o línea, haciendo posible identificar aquellos puntos de mejora y proponer planes de acción que mejoren el rendimiento global. Este indicador considera tres puntos claves: disponibilidad, rendimiento y calidad, abarcando todos los aspectos importantes de producción.

La medición del desempeño es necesaria en cualquier proceso, esta información indica el estado del proceso y facilita la toma de decisiones enfocadas a la mejora del desempeño actual y en la justificación de las acciones previas realizadas. En un capítulo posterior se describen los indicadores claves que se han considerado para el desarrollo de esta investigación.

#### 4.2 Implementación de TPM

Tokutaro Suzuki, plantea que para tener una implementación exitosa de TPM, es necesario realizar acciones enfocadas en ocho pilares. Las actividades pueden variar acorde al rubro de la empresa y las necesidades internas. Cada pilar aborda un objetivo diferente, los cuales se muestran en Figura 9 y se pueden describir como:

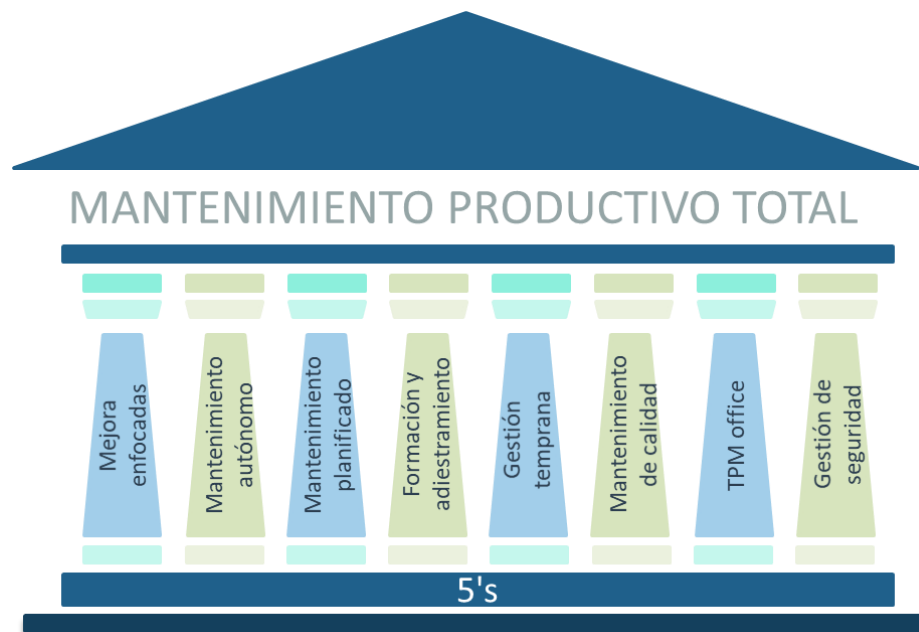


Figura 9. Pilares del Mantenimiento productivo total. Fuente: Elaboración propia

**Mejoras enfocadas:** Realizar trabajo multidisciplinario enfocado a minimizar pérdidas, previamente identificadas.

**Mantenimiento autónomo:** Involucrar al operador en actividades de mantenimiento rutinarias y de mejora.

**Mantenimiento planificado:** Crear sistema de mantenimiento planificado, basado en actividades preventivas, correctivas y predictivas, para controlar los tiempos medios entre fallos.

**Formación y adiestramiento:** Identificar conocimiento y habilidades deseadas para cada puesto de trabajo, para realizar plan de capacitación y aumentar el desempeño individual de cada colaborador.

**Gestión temprana:** Obtener mayor facilidad para utilizar equipos y fabricar productos. Este pilar aborda: investigación de equipos, diseño de procesos, proyectos de equipos, pruebas de la operación, gestión de arranque.

**Mantenimiento de calidad:** Fabricar producto bien a la primera, minimizar defectos de calidad a través de mejorar procesos y equipos.

**TPM Office:** Crear base de información para aplicar el análisis de datos y regular el flujo de información. Generalmente es más complicado aplicar en departamentos de apoyo y administrativos.

**Gestión de seguridad y del entorno:** Enfocar la operación en un sistema de prevención de accidentes.

Asimismo, el plan de implementación se distribuye en cuatro etapas, preparación, introducción, implementación y consolidación; estas cuentan con un total de 12 pasos, tal como se muestra en Figura 10

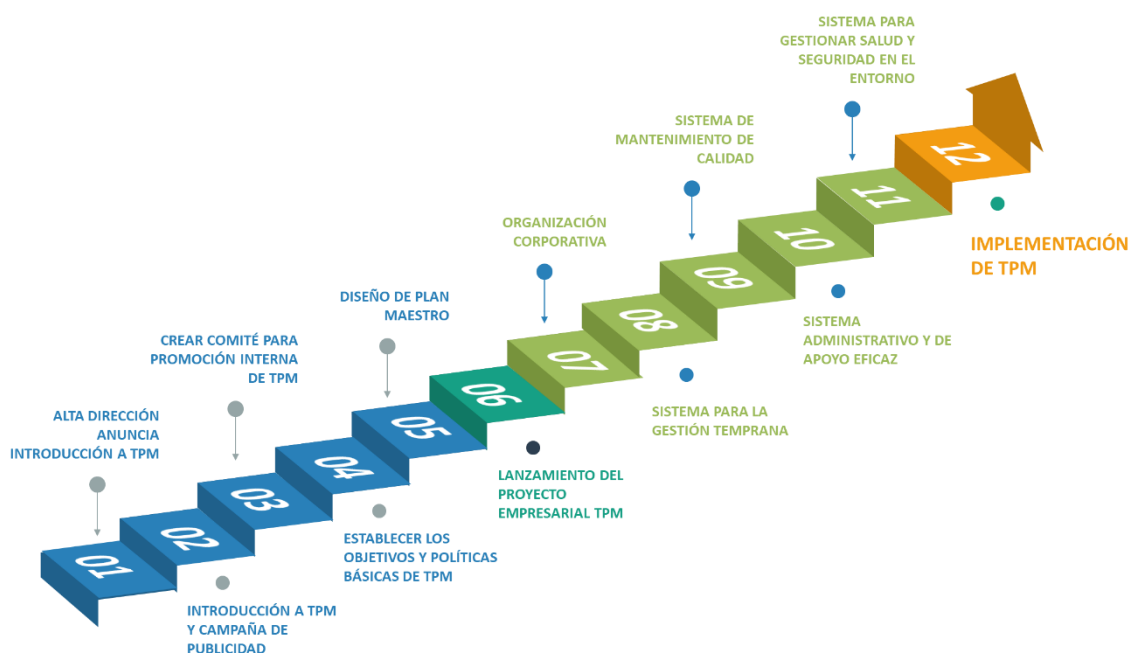


Figura 10. Pasos de implementación de TPM. Fuente: Elaboración propia

## 5. Definición de KPI's

El diccionario de Oxford define KPI como: la medida cuantificable utilizada para evaluar el éxito de una organización, en el cumplimiento de los objetivos de desempeño. Partiendo de esta definición, es posible afirmar que un indicador es capaz de mostrar la eficacia con la que una organización cumple con sus objetivos estratégicos. Los KPI se pueden utilizar en diferentes niveles dentro de una organización, es decir, los de alto nivel están orientados a medir el desempeño global del negocio, mientras que un bajo nivel evaluará un proceso o un departamento. (ISO Tools, 2018)

Un indicador clave se caracteriza por:

- **Ser relevante:** Influyente en el modelo de negocio, que sus fluctuaciones positivas o negativas puedan ser corregidas de forma oportuna
- **Ser conciso:** Simplificar la cantidad de KPI abarcando la información más necesaria para la gestión
- **Ser detallista:** Conocer con profundidad el funcionamiento de la empresa a medir
- **Ser sencillo:** Su comprensión debe ser accesible a todos los usuarios que participan en el logro de los objetivos
- **Tener un responsable:** Cada KPI debe estar relacionada a alguien
- **Con propósito:** Se debe conocer la razón por la que se monitorea esa variable

Dentro de esta investigación se plantea que es necesario medir la eficacia de los pilares TPM sobre los resultados actuales, estos indicadores deben estar alineados con los objetivos generales de la empresa.

De acuerdo a Tokutaro Suzuki, los indicadores claves deben:

- Mostrar de forma clara los resultados de las actividades
- Evaluar equitativamente los esfuerzos del TPM
- Revelar las prioridades de mejora

Los indicadores clave de TPM tienen una cercana relación con la estrategia de la empresa, por lo que todos los datos deben ser fidedignos, con una fácil recopilación y de acceso inmediato. Asimismo, deben abarcar diferentes áreas, estas son: mantenimiento, gestión, eficacia de la planta, calidad, ahorro de energía, salud, seguridad ocupacional, entrenamiento. Para cada una de ellas Suzuki, propone una serie de indicadores la cual se muestra en el anexo A. Considerando lo anterior y las necesidades de la empresa, se han seleccionado los siguientes indicadores para cada categoría mostrado en la Tabla 5.

Asimismo, la ISO 22400 entrega una descripción de forma general los conceptos y métodos para describir un KPI, con el objetivo de gestionar un proceso de manufactura. Por lo tanto, para los indicadores escogidos se presenta la estructura de descripción según la ISO 22400, la cual se muestra en la Tabla 4.

*Tabla 4. Estructura de descripción de KPI*

Contenido	Descripción
Nombre	Nombre de KPI
ID	Identificación única del KPI en lenguaje de piso
Descripción	Breve descripción de KPI
Fórmula	Fórmula matemática del KPI
Unidad de medida	Unidad o dimensión el que se expresa el KPI
Rango	Límites superior e inferior del KPI
Tendencia	Informa la dirección de la mejora

Fuente: ISO 22400

Para este apartado se han omitido los controles estadísticos de proceso que ya se cuentan en la línea y se propone adicionar los indicadores de la Tabla 5.

Para los indicadores de entorno seguridad y salud se respetará los criterios de evaluación para medir los riesgos de severidad, ocurrencia y detección, plasmados en la matriz de riesgos actual de la empresa electrónica.

Tabla 5. Indicadores clave de desempeño seleccionados.

Clasificación	Nombre de Indicador	ID	Descripción	Fórmula	Unidad de medida	Rango	Tendencia	Responsable	Frecuencia de medición
Gestión	Productividad del personal	PDP	Salida de producción por cada hora de trabajo	$\frac{\text{Volumen de producción}}{\text{Horas de trabajo}}$	$\frac{\text{Piezas}}{\text{Hora}}$	Min: 1,920 Max: 2,347	Mayor es mejor	Jefe de producción	Semanal
Eficacia de la planta	Eficacia global de la planta	OEE	Indicador general de la eficacia global de la planta	$\text{Disponibilidad} \times \text{tasa de rendimiento} \times \text{tasa de calidad}$	%	Min: 80% Max: 90%	Mayor es mejor	Jefe de producción	Diario
	Número de pequeños fallos de equipos	FE	Paradas que implican menos de 30 min para ser corregidas	Valores actuales para cada clase de equipos	Fallo	Max: 0	Menor es mejor	Supervisor de mantenimiento	Diario
Calidad	Tasa de defectos de proceso	TDP	Tasa de generación de producto no conforme	$\frac{\text{Reproceso} + \text{Fuera de especificación} + \text{Desecho}}{\text{Volumen de producción}}$	%	Max: 1%	Menor es mejor	Ingeniero QC	Diario
	Número de reclamaciones de garantías	NRG	Cantidad de quejas de cliente	$\frac{\# \text{ Piezas con reclamo}}{\text{Volumen de producción}}$	%	Max: 0.1%	Menor es mejor	Ingeniero QC	Diario
Ahorro de energía	Consumo de electricidad	KWH	Consumo de energía eléctrica para proceso	Consumo de electricidad mensual	$\frac{MWh}{mes}$	Max: 1,400	Menor es mejor	Jefe de producción	Mensual
	Consumo de agua DI	CDI	Consumo de agua para proceso	Consumo de agua mensual	$\frac{L}{mes}$	Max: 850	Menor es mejor	Jefe de producción	Mensual
Mantenimiento	Frecuencia de fallos	FDL	Paradas que implican más de 30 min	$\frac{\text{Número total de paradas debidas a fallos}}{\text{Tiempo de carga}} \times 100$	%	Max: 0.1%	Menor es mejor	Supervisor de mantenimiento	Diario



Clasificación	Nombre de Indicador	ID	Descripción	Fórmula	Unidad de medida	Rango	Tendencia	Responsable	Frecuencia de medición
Mantenimiento	Tasa de mantenimiento de emergencia	TME	PM: Mantenimiento preventivo EM: Mantenimiento de emergencia	$\frac{\text{Número de trabajos EM}}{\text{Números total de trabajos PM y EM}} \times 100$	%	Max: 0.1%	Menor es mejor	Supervisor de mantenimiento	Diario
	Tiempo medio entre fallos	MTBF	Tiempo transcurrido entre fallos	$\frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Número de paradas}}$	$\frac{\text{Hora}}{\text{Parada}}$	Max: 24	Menor es mejor	Supervisor de mantenimiento	Diario
	Tiempo medio de reparación	MTTR	Tiempo promedio en realizar una reparación	$\frac{\text{Tiempo total de Paradas}}{\text{Número de reparaciones}}$	$\frac{\text{Hora}}{\text{Reparación}}$	Max: 0.5	Menor es mejor	Supervisor de mantenimiento	Diario
	Tasa de logros del PM	TLPM	Indica el nivel de planificación del mantenimiento	$\frac{\text{Tareas PM terminadas}}{\text{Tareas PM planificadas}} \times 100$	%	MIN: 90%	Mayor es mejor	Supervisor de mantenimiento	Semanal
	Costo de reparación de fallos inesperados	CFI	Costo de reparaciones no programadas	Costo total de reparación de fallos inesperados por mes	$\frac{\$}{\text{mes}}$	Max: \$1,500	Menor es mejor	Supervisor de mantenimiento	Mensual
	Reducción de stocks de repuestos	RSR	Costo de repuestos en bodega	Valor de los stocks de repuestos por mes	$\frac{\$}{\text{mes}}$	Max: \$100,000	Menor es mejor	Supervisor de mantenimiento	Mensual
Entorno/ seguridad/ salud	Frecuencia de accidentes	FAC	Número de accidentes pro horas laboradas	$\frac{\text{Número de accidentes}}{\text{Horas de trabajo totales}} \times 100$	$\frac{\text{Accidentes}}{\text{Hora}}$	Max: 0	Menor es mejor	Jefe de producción	Semanal
	Número de accidentes de planta	NAP	Cantidad de accidentes reportados	Número actual	Accidentes	Max: 0	Menor es mejor	Jefe de producción	Semanal

Clasificación	Nombre de Indicador	ID	Descripción	Fórmula	Unidad de medida	Rango	Tendencia	Responsable	Frecuencia de medición
Entorno/ seguridad/ salud	Números incidentes	NIP	Cantidad de incidentes reportados	Número actual	Incidentes	Max: 0	Menor es mejor	Jefe de producción	Semanal
Indicadores de formación	Número de hojas de lecciones de punto único	LPP	Utilización de formato para transmitir lección	Número actual	$\frac{\text{Lección}}{\text{Mes}}$	Min: 1	Mayor es mejor	Jefe de producción	Semanal
	Número de personas educadas en PM	NPM	Personas asistentes a cursos internos y externos	Número actual	$\frac{\text{Persona}}{\text{Mes}}$	Min: 1.5	Mayor es mejor	Supervisor de mantenimiento	Mensual

Fuente: Elaboración propia

No se presentan resultados de KPI, debido a que la planta no se encontraba en operación durante el desarrollo de la presente investigación

Los resultados obtenidos no deben ser omitidos, por lo tanto se propone que para cada categoría se realice un tablero similar al mostrado en la Figura 11. Con el objetivo de analizar y mostrar los resultados obtenidos según la frecuencia antes presentada.

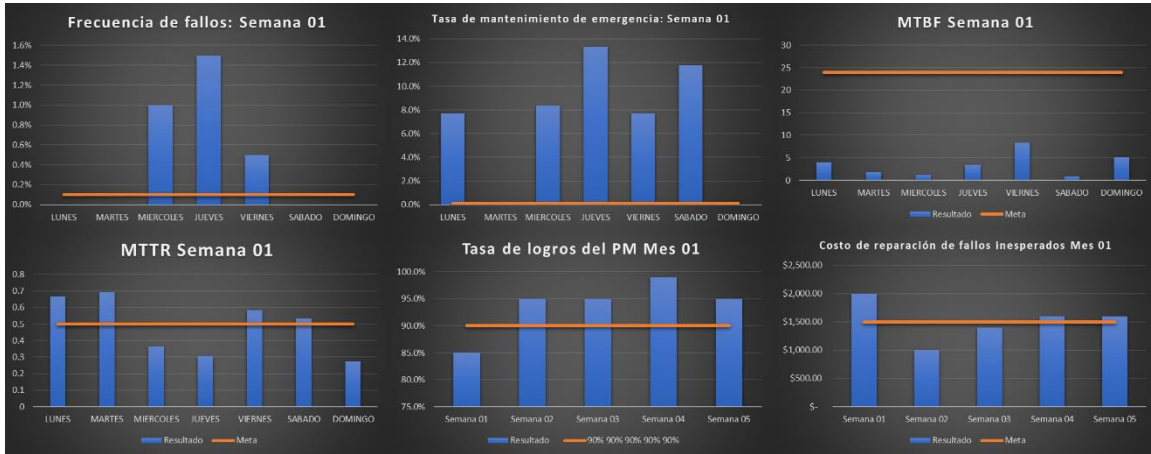


Figura 11. Tablero de resultados de KPI de mantenimiento. Elaboración propia

Este tipo de tableros se debe revisar en las reuniones de resultados, pero también se debe comentar los resultados al personal que colabora con los datos, por lo tanto, es necesario postear los logros más significativos en las pizarras de comunicaciones de la planta electrónica.

## 6. Análisis de criticidad

Es conocido que para dirigir y administrar cualquier negocio es necesario orientar, de forma óptima, los recursos con los que se cuenta. Los recursos pueden ser de carácter: humano, tecnológico, económicos, tiempo, entre otros.

Por lo tanto, la gestión de mantenimiento se vuelve de suma importancia para optimizar y distribuir los recursos entre todos los equipos, sistemas e instalaciones de la empresa que participan en el proceso de producción.

Se vuelve necesario utilizar herramientas que faciliten la identificación de equipos prioritarios, por lo que se recomienda aplicar el análisis de criticidad. Se conoce como análisis de criticidad a la metodología con la que es posible jerarquizar, considerando el impacto global para la toma de decisiones con mayor facilidad, disminuyendo la incertidumbre en la toma de decisiones, haciendo efectiva la asociación de recursos en el área de mantenimiento. (Parra, Aplicación de la técnica de proceso de análisis jerárquico en los sistemas de plantas de refinación de la industrial petrolera venezolana, 2004)

Carlos Parra afirma que para hacer un análisis de criticidad inicialmente se debe:

- Definir el alcance y propósito del análisis
- Establecer criterios de importancia
- Seleccionar un método de evaluación para la jerarquización

### 6.1 Jerarquización de equipos

Una línea de producción se compone con una serie de equipos, herramientas tecnológicas, personal operativo y técnico, lo cual hace cuestionarse ¿Cuál es la manera óptima de distribuir los recursos?, es aquí donde se vuelve útil el uso de herramientas de análisis.

Para el caso de desarrollo de esta investigación se utilizan técnicas de análisis de criticidad, las cuales define Carlos Parra y Adolfo Crespo como: herramientas que permiten identificar y jerarquizar, por su importancia, los activos de una instalación.

Para el desarrollo de esta investigación se determina una línea piloto, es decir un área reducida en tamaño, donde se realiza el diseño del plan maestro de implementación de TPM. Es por esto, que se utiliza técnicas de análisis de criticidad, de tal manera de escoger con criterio el área piloto, dentro de la línea de producción antes mencionada.

En la literatura se pueden encontrar diferentes estrategias para dividir los activos de un proceso de producción, para su eficiente gestión. Cada una detalla diferentes criterios, metodología, enfoques que dependerán de cada organización cual conviene más utilizar. Suzuki menciona que para seleccionar un equipo prioritario se pueden evaluar seis elementos, los cuales son: seguridad, calidad y rendimiento, estatus operativo, costos de oportunidad, frecuencia de fallos y mantenibilidad. También hace mención que cada empresa puede ajustar los criterios según las características de su proceso.

Para esta investigación y debido a las circunstancias de calificación de productos en la línea, en paralelo al desarrollo del presente documento, se ha considerado únicamente un aspecto para determinar la criticidad de los equipos:

**Efecto en la continuidad operacional:** Se busca determinar aquellos procesos que podrían disminuir o anular el flujo continuo de la producción, debido a la naturaleza de su proceso o capacidad de las máquinas. Para este criterio se dio una ponderación de criticidad la cual se muestra en la Tabla 6, con el objetivo de definir la jerarquización de equipos para la línea de producción escogida.

*Tabla 6. Ponderación criterios para jerarquización; Efecto en la continuidad operacional.*

Criterio	Comentario	Ponderación
Máxima criticidad	Capacidad igual o menor al 30% del total a producir	4
Elevada criticidad	Capacidad entre 30% y 60% del total a producir	3
Moderada criticidad	Capacidad entre 60% y 90% del total a producir	2
Leve criticidad	Capacidad mayor al 90% del total a producir	1

Fuente: Elaboración propia

Para realizar este ejercicio se consideró la capacidad individual de cada máquina, revisando cuanto disminuye el proceso al no contar con esta máquina, acorde al criterio mostrado en la Tabla 6. En la Tabla 7 se muestra una columna llamada criticidad y se ha utilizado un indicativo de color para mostrar los de mayor criticidad (rojo y amarillo) y aquellos de menor criticidad (blanco y verde).

Se puede observar que el equipo N\_1 es el de máxima criticidad, de acuerdo a su efecto en la continuidad operacional, es decir, el cuello de botella del proceso. Esta máquina debe de ser la prioridad en la asignación de recursos: económicos, técnicos, tiempo, para asegurar que la producción sea la esperada por la organización. Como segundo plano se encuentran seis equipos resaltados en amarillo, los cuales también necesitan una asignación efectiva de recursos.

Para el desarrollo de esta investigación solamente se considera el equipo N\_1 perteneciente al proceso N, el cual, por el ser de mayor criticidad se tomará como línea piloto para el desarrollo del plan de implementación de los tres pilares de TPM previamente descritos.

Tabla 7. Resultados análisis de criticidad.

Área	Capacidad por máquina mensual	Equipo	Cantidad	Criticidad
A	3,053,376	A_1	1	1
	3,053,376	A_2	1	1
B	693,949	B_1	2	2
	1,387,898	B_1	1	1
C	2,544,480	C_1	1	1
	1,272,240	C_2	2	1
	2,544,480	C_3	1	1
D	954,180	D_1	1	1
	425,776	D_2	3	3
E	726,994	E_1	2	2
F	449,026	F_1	2	3
G	898,052	G_1	1	1
H	2,544,480	H_1	1	1
I	587,188	I_1	2	2
J	763,344	J_1	2	2
K	3,053,376	K_1	1	1
	3,053,376	K_2	1	1
L	1,017,792	L_1	1	1
	508,896	L_2	2	3
	1,017,792	L_3	1	1
	339,264	L_4	3	3
	1,017,792	L_5	1	1
	1,017,792	L_6	1	1
M	1,796,104	M_1	1	1
	898,052	M_2	2	1
	898,052	M_3	2	1
	1,796,104	M_4	1	1
N	238,545	N_1	4	4
	954,180	N_2	1	1
	318,060	N_3	3	3
	318,060	N_4	3	3
O		O_1	1	1

Fuente: Elaboración propia

## 6.2 Descripción de línea piloto

El subproceso N se ubica dentro de la planta en el área demarcada en la Figura 12,



Figura 12. Ubicación de línea piloto. Fuente: Elaboración propia

La máquina N\_1 es un proceso semiautomático con el cual termina el proceso productivo de la línea, en la Figura 13 se ha simplificado la forma de trabajar de dicha máquina. Como punto de partida una operadora coloca material en la entrada de la máquina, la cual la transporta, de forma automática, hacia una inspección de calidad eléctrica donde se separa las unidades malas de las buenas. Las unidades buenas son transportadas a una sección de testeo eléctrico y de inspección física con uso de cámaras, haciendo una nueva segregación de unidad buenas y malas. En la salida de la máquina se entrega las unidades buenas y la operadora las acomoda para su siguiente paso.



Actualmente la responsabilidad de la operadora se limita al trabajo de la máquina y notificar cualquier parámetro que complique la producción normal de la operación.

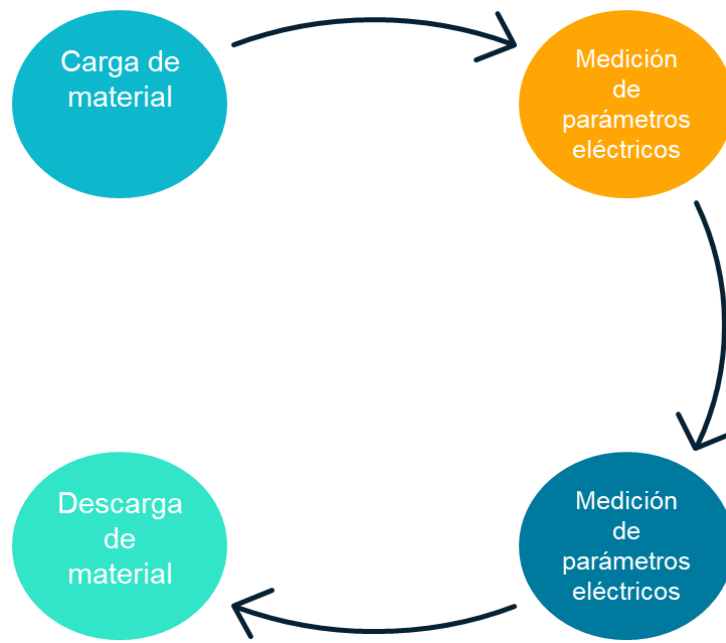


Figura 13. Esquema de funcionamiento máquina N\_1. Fuente: Elaboración propia

## 7. Diseño del plan maestro para línea piloto

En este capítulo se aborda la elaboración del plan maestro para la implementación parcial de los pilares mantenimiento planeado, mantenimiento autónomo, formación y adiestramiento. Para el desarrollo, se explica la teoría que respalda cada pilar y su enfoque práctico.

De acuerdo a (Operational Excellence Consulting, 2014) realizar una autoevaluación de la aplicación de TPM permite comprender el estado o la madurez de la gestión del mantenimiento dentro de una organización, ver el progreso de la implementación y asegura mantener aquellas actividades ya desarrolladas.

Al realizar una autoevaluación de gestión se pueden obtener algunos resultados como:

- Comparación del estado actual de la gestión y los estándares solicitados por JIPM, para obtener una certificación internacional
- Evaluar todas las áreas que tienen incidencia en la implementación de TPM
- Conocer el estado actual de las áreas evaluadas en comparación de los objetivos planteados
- Identificar áreas o procesos que necesitan una estrategia de mejora continua enfocadas a ellas
- La autoevaluación inicial establece una posición de referencia para medir el progreso

Respaldado en la teoría, para cada pilar se ha realizado una auditoría o autoevaluación, que abarca diferentes puntos del enfoque práctico en la implementación de cada uno. Es importante aclarar que la empresa, al no contar con ningún pilar de la filosofía de TPM implementado ni en desarrollo, muestra valores bajos en las auditorías, por lo que la autoevaluación será utilizada como punto de partida, para comparar los resultados

posteriores a la implementación de TPM y para conocer áreas que requieren mayor enfoque del personal en búsqueda de una implementación exitosa.

#### 7.1 Descripción de herramienta de autoevaluación

La auditoría o autoevaluación está basada en la propuesta de Suzuki y es utilizada en la industria por empresas como UNILEVER. Esta auditoría se desglosa en 10 áreas y cada una de estas se comprende entre 2 y 4 preguntas. Las áreas a evaluar son acordes a cada pilar, y se mencionan a continuación:

- Mantenimiento planificado
  - Estrategia: 3 preguntas
  - OSHE: 3 preguntas
  - Mantenimiento preventivo: 3 preguntas
  - Mantenimiento correctivo: 3 preguntas
  - Repuestos y gestión presupuestaria
  - Mejora enfocada: 3 preguntas
  - Apoyo para el mantenimiento autónomo: 3 preguntas
  - Habilidades y capacidades: 3 preguntas
  - Prevención de mantenimiento – diseño: 3 preguntas
  - Beneficios: 3 preguntas
- Mantenimiento autónomo
  - Estrategia de mantenimiento autónomo: 3 preguntas
  - Seguridad: 3 preguntas
  - 5S: 3 preguntas
  - Meta, planes y auditorías: 2 preguntas
  - Tableros de actividades: 3 preguntas
  - Limpieza inicial – paso 1: 3 preguntas
  - Eliminación – paso 2: 3 preguntas
  - Lubricación y estándares – paso 3: 3 preguntas

- Habilidades y capacitación: 4 preguntas
- Liderazgo: 3 preguntas
- Formación y adiestramiento
  - Política y estrategia: 3 preguntas
  - Habilidades y capacidades: 3 preguntas
  - Evaluación e implementación: 3 preguntas
  - Metodologías de entrenamiento: 3 preguntas
  - Lecciones de un punto: 3 preguntas
  - Calificaciones: 3 preguntas
  - Mantenimiento autónomo y mejora enfocada: 3 preguntas
  - Establecimiento de las buenas prácticas comprobadas y transferencia de las bases de conocimiento: 3 preguntas
  - KPI: 3 preguntas
  - Beneficios: 3 preguntas

Cada una de estas preguntas se puede ponderar con una nota de 0-5 tal como se muestra en Tabla 8. Por lo tanto, cada categoría puede tener una ponderación total de 0 a 20 puntos, siendo esta última ponderación global la considerada para graficar los resultados obtenidos.

*Tabla 8. Criterios de evaluación.*

Puntuación	0	1-2	3-4	5
Clasificación	Sin actividad	Bajo	Medio	Alto

Fuente: Elaboración propia

Para la aplicación del cuestionario de autoevaluación, fue necesario regirse a los pasos que se muestran a continuación, de tal forma que se asegure la recolección de datos de una forma confiable y sin omitir aspectos importantes.

1. Comprensión del proceso a auditar por parte de los auditores
2. Lectura de cada uno de los ítems que componen la auditoría

3. Revisión de auditoría con personal de producción de la línea
4. Anotación y análisis de resultados

Con la implementación total de TPM, se espera tener un valor de cinco en cada una de las preguntas. Para el caso de esta investigación, se utiliza la autoevaluación, mostrada en el anexo B, como punto de partida. Algunas de las preguntas tendrán ponderación de cero debido a la nulidad de TPM en la empresa electrónica, considerando una reducción de la brecha en 50%, se plantea una meta inicial de 2.5 en cada pregunta.

Se recomienda a la organización mantener un clima de autoevaluación constante, con el objetivo de mantener el ciclo de mejora continua, tal como se muestra en la Figura 14.



Figura 14. Ciclo de auditoría. Fuente: Elaboración propia

En el Anexo B se presentan todas las preguntas de la auditoría para cada uno de los pilares.

## 7.2 Implementación de 5S en línea piloto

Para la implementación de las 5S en el área piloto se ha utilizado la estrategia general y actual de la empresa. En la Figura 15, se ilustra la manera con la que se ha hecho el proceso de implementación de las 5S. Asimismo, en la Figura 16 se muestra que se espera de la implementación de cada una de las partes que componen esta metodología.

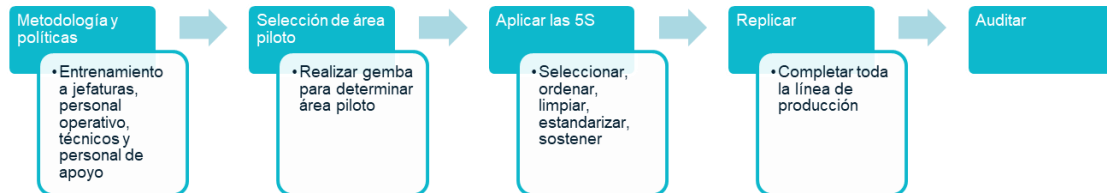


Figura 15. Estrategia para implementación de 5S. Fuente: Elaboración propia

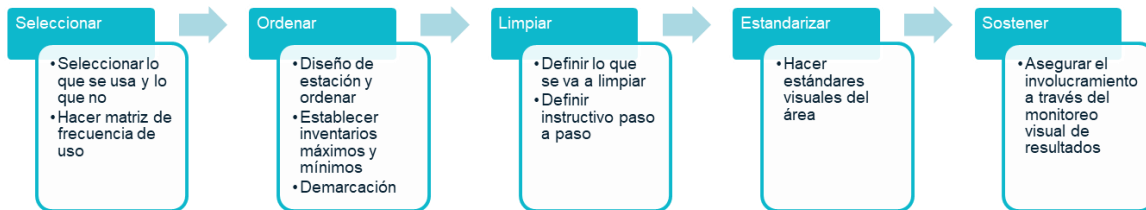


Figura 16. Entregables de la implementación de 5S. Fuente: Elaboración propia

Es necesario realizar una inspección o verificación continua del cumplimiento de todo lo que se ha implementado, los resultados de la auditoria son la base para toma de decisiones a futuro, comprueban que los acciones y resultados obtenidos han sido sostenidos, es decir, tener una visión actualizada de la línea piloto durante y después de la implementación de la filosofía. Es por esto, que en la empresa de estudio se utiliza una auditoría de verificación de sostenimiento y del avance de implementación de 5S, el cual es un formato estándar, este se muestra en la Figura 17.

Esta tarea se realiza de forma sistemática con un equipo auditor conformado por supervisores de producción, auditores de procesos y auditores de Salud y seguridad

ambiental, por sus siglas en ingles EHS, pero se realiza de forma cruzada en toda la planta industrial.

AREA:													
LIDER DE GRUPO:										Fecha:			
AUDITOR:													
OBJETIVO		Auditar las áreas y verificar que las 5s es realizada correctamente. Identificar puntos que deben ser mejorados											
Indicaciones		1. Revisar la auditoria con el lider del area y firmar de revisado. 2. Se hara la calificacion por cada una de las acciones (Seleccionar, Ordenar, Limpiar y Estandarizar). 2. La calificacion se obtiene dividiendo la suma total de puntos obtenidos en cada Accion entre el total de puntos posibles y el resultado se multiplica por 100											
5s		OBSERVACION	HALLAZGOS						RESULTADO	HALLAZGOS			
			>4	4	3	2	1	0					
SELECCIONAR	1	Hay objetos que no corresponden al area de trabajo	0	1	2	3	4	5	SUMA DE PUNTOS/ 15 RESULTADO MULTIPLICADO POR 100				
	2	Se han definido niveles de inventario de materiales necesarios para realizar el trabajo	0	1	2	3	4	5					
	3	Los niveles de inventario estan dentro de los limites establecidos	0	1	2	3	4	5	RESULTADO				
ORGANIZAR	4	Estan identificadas las herramientas necesarias para realizar el trabajo ( ver foto o listado)	0	1	2	3	4	5	SUMA DE PUNTOS/ 20 RESULTADO MULTIPLICADO POR 100				
	5	¿Encuentro los elementos de mi lugar de trabajo en máximo 30 segundos? Ejemplo: Solicite una herramienta/ objeto de la foto y espere a que lo encuentre en el tiempo estimado.	0	1	2	3	4	5					
	6	Cada cosa esta colocada en el lugar establecido	0	1	2	3	4	5	RESULTADO				
	7	No se observa ninguna condicion insegura en el orden del area	0	1	2	3	4	5					
LIMPIEZA	8	Existe un rol definido para mantener limpia el area y puesto de trabajo	0	1	2	3	4	5	SUMA DE PUNTOS/ 20 RESULTADO MULTIPLICADO POR 100				
	9	Se poseen las herramientas necesarias para realizar el rol de limpieza	0	1	2	3	4	5					
	10	Los pisos y las paredes se encuentran limpios	0	1	2	3	4	5	RESULTADO				
	11	La estacion de trabajo ( escritorio, maquina, gavetas, computadora, estante) se encuentra limpias ( sin adhesivos, polvo, grasa, etc)	0	1	2	3	4	5					
ESTANDAR	12	Existe estandar visual de 5s del área	0	1	2	3	4	5	SUMA DE PUNTOS/ 20 RESULTADO MULTIPLICADO POR 100				
	13	Existen señalizaciones de seguridad (Uso de EPP, Extintores, equipos, etc)	0	1	2	3	4	5					
	14	Se encuentra etiquetados y demarcados la estacion de trabajo y los objetos dentro de la misma	0	1	2	3	4	5	RESULTADO				
	15	Se respeta y se mantiene el estandar visual	0	1	2	3	4	5					

Figura 17. Formato de auditoría de implementación de 5S. Fuente: Elaboración propia

### 7.3 Pilares a desarrollar en línea piloto

Como preámbulo al desarrollo de los pilares de mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado y formación y adiestramiento, será necesario la creación de la figura de líder TPM quien será el encargado del seguimiento con cada una de las partes involucradas a las actividades de TPM, es de carácter imprescindible el respaldo total de la alta gerencia a esta nueva figura.

Considerando la estructura actual del equipo de mejora continua que presenta la empresa, se propone que el líder de TPM sea seleccionado y respaldado por este departamento.

### 7.3.1 Pilar: Mantenimiento planeado

Suzuki define el mantenimiento planeado como una actividad metódicamente estructurada para mantener el equipo y proceso y lograr eficiencias en costos. Este pilar tiene como objetivo obtener de forma gradual tener cero averías dentro de una planta industrial.

Asimismo, plantea que para la gestión de equipos se ve influencia por los siguientes factores:

- **Características inherentes del equipo:** En la Tabla 9, se muestra las características principales de un equipo en una planta industrial. Es importante mencionar que cada proceso necesitará de un equipo especial según sea el desarrollo del proceso.

Tabla 3

*Tabla 9. Características del equipo en industrias de proceso*

Equipo	Características	Debilidades
Equipo estático	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tamaño grande</li> <li>• Uso de materiales nuevos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño con condiciones de operación diferentes</li> <li>• Problemas visibles hasta una avería</li> </ul>
Maquinaria rotativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor y más rápida</li> <li>• No equipo de reserva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta tasa de fallos tempranos</li> <li>• Largos períodos de MTTR</li> </ul>
Equipo de medición y control	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Digitalización creciente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada vez más “cajas negras”</li> </ul>

Fuente: (Suzuki, 2017)

- **Naturaleza del proceso:** Los problemas de proceso no son altamente notorios, ya que estos se encuentran arraigados o están presentes desde hace mucho tiempo, debido a que son causados por agentes externos tales como: clima, temperatura, materias primas. Estos fallos a su vez, se pueden clasificar en:
  - Fallos que causan paradas
  - Defectos de calidad



- Aumento de consumos
- Reducción de capacidad
- Problemas asociados a seguridad del área

Para evitar estos problemas se debe buscar llevar al equipo a su estado ideal o eliminar aquellas causas externas que inciden en los fallos.

- **Capacidad y funciones del personal de mantenimiento:** Es conocido que la relación entre personal técnico de mantenimiento y equipos es muy reducida, de igual manera, no siempre se cuenta con el entrenamiento necesario para ejercer dicha actividad. Muchos de los trabajos de reparaciones deben ser realizados por personal externo especializado (contratistas)

Este pilar plantea que el personal de mantenimiento deberá estar enfocado en dos tipos de actividades, la cuales deben ser revisadas de forma sistemática y son las que se muestran en la Figura 18.



Figura 18. Tipos de actividades de mantenimiento (Suzuki, 2017)

Se considera que un plan de mantenimiento planeado eficiente debe combinar todos los tipos de mantenimiento mostrados en la Figura 19, los cuales se pueden definir como:

- **Mantenimiento basado en tiempo (TBM):** se realizan actividades de forma periódica evitando daños graves o paros en el proceso
- **Mantenimiento basado en condiciones (CBM):** mediante el uso de equipos de diagnóstico se busca tener las condiciones reales en las que opera el equipo, para poder predecir cómo va a actuar y programar actividades de mantenimiento en función de las condiciones reales.
- **Mantenimiento de averías (BM):** se realizan las actividades de mantenimiento del equipo hasta que se obtiene un fallo, se considera para elementos que no afecten de forma significativa la operación.
- **Mantenimiento preventivo (PM):** se considera una combinación de TBM y CBM, con el fin de mantener los equipos en funcionamiento óptimo.
- **Mantenimiento correctivo (CM):** se consideran rediseños en las debilidades encontradas en el mantenimiento preventivo.

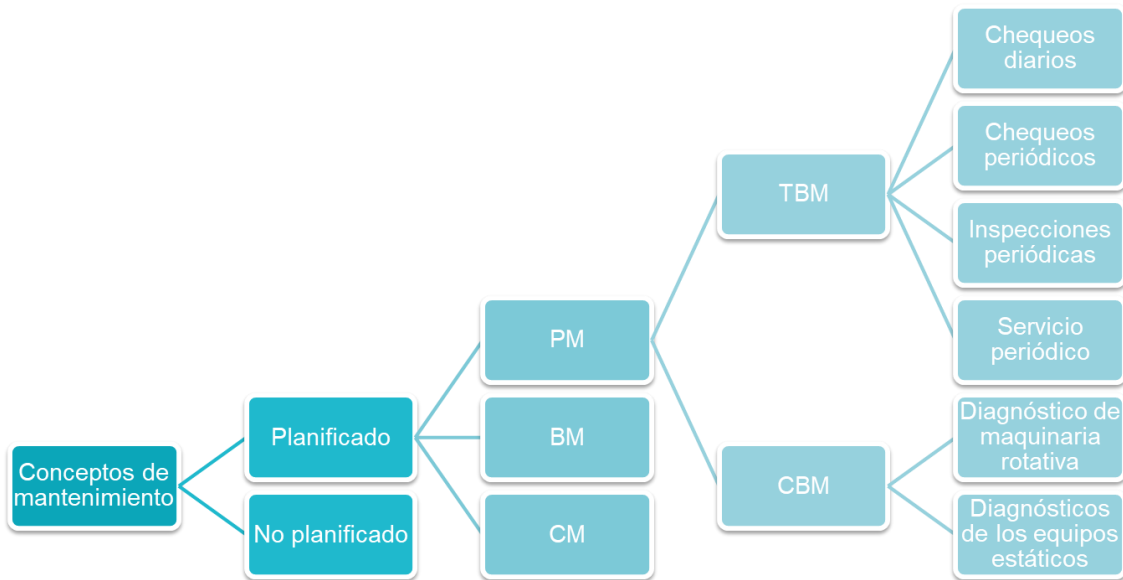


Figura 19. Tipos de mantenimiento (Suzuki, 2017)

Se considera que la vida útil de un equipo inicia con la planificación del equipo, su fabricación, instalación y posterior operación, como fin de la vida útil se considera hasta que se observa un alto decremento en el rendimiento económico del equipo o hasta que se puedan encontrar repuestos para el equipo. Por lo tanto, el mantenimiento planificado se vuelve de suma importancia, ya que este puede ser la razón del éxito o fracaso de una línea de producción.

Es necesario que en cada etapa del mantenimiento se recolecte información y sea utilizada para alargar y mejorar el rendimiento del equipo, es por esto que el plan de mantenimiento planificado debe ser acorde a las características del equipo y proceso. (Morales Zamora, 2012). Así como es necesaria el trabajo en conjunto de los departamentos de producción y mantenimiento, siendo esto, un punto clave para lograr de forma exitosa el desarrollo del mantenimiento planificado.

Este perfil describe diferentes sistemas de mantenimiento usuales en las plantas industriales, estos sistemas dependerán de cada empresa considerando el tamaño, rubro, organización y administración del personal, entre otras. Estos sistemas son:

- **Sistema centralizado:** Suele ser utilizado cuando hay poco personal de mantenimiento, todos los técnicos se encuentran en un área asignada de donde se trasladan a prestar un servicio de mantenimiento.
- **Sistema descentralizado:** los técnicos son asignados a diferentes lugares de trabajo, suele ser utilizados en plantas de mayor tamaño. Algunos técnicos más especializados se mantienen bajo sistema centralizado.
- **Sistema mixto:** Se combinan ambos sistemas, parte del personal mecánico se encuentra centralizado y descentralizado, pero siempre se considera que algunos técnicos especializados se encuentren en un área de trabajo específica.

En la Tabla 10 se comparan algunas de las ventajas y desventajas de cada sistema propuesto en el pilar de mantenimiento planificado.

*Tabla 10. Comparación de sistemas de mantenimiento*

Sistema	Ventajas	Desventajas
Centralizado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los conocimientos y tecnología se difunden fácilmente</li> <li>• Los problemas se investigan fácilmente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colaboración difícil con departamento de operaciones</li> <li>• Recolección incompleta de datos de operaciones</li> </ul>
Descentralizado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buenas comunicaciones con departamento de operaciones</li> <li>• Respuestas de mantenimiento rápidas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificultades para compartir tecnología y habilidades</li> <li>• Se requiere más personal</li> <li>• Difícil rotación de trabajos</li> </ul>
Mixto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buenas comunicaciones con departamento de operaciones</li> <li>• Se posibilitan la difusión de habilidades/ tecnología y la investigación de problemas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión algo difícil</li> <li>• Se necesita ingenio para rotar los trabajos</li> </ul>

Fuente: (Suzuki, 2017)

Como se ha expuesto en capítulos anteriores, el TPM tiene como principal objetivo eliminar cualquier tipo de pérdidas, bajo una filosofía de cero defectos, fallos o accidentes. Este pilar se enfoca en lograr dicho objetivo.

Para lograr de cero averías se debe enfocar el mantenimiento planificado combinando diferentes actividades de mantenimiento especializado. Suzuki afirma que para lograr las cero averías se deben utilizar seis medidas:

1. Eliminar el deterioro acelerado estableciendo condiciones básicas en el equipo
2. Eliminar el deterioro acelerado cumpliendo las condiciones de uso
3. Restaurar el equipo hasta su condición óptima restaurando el deterioro
4. Restaurar los procesos hasta su condición óptima aboliendo los entornos causan el deterioro acelerado
5. Alargar la vida útil del equipo corrigiendo las debilidades de diseño
6. Eliminar los fallos inesperados mejorando las capacidades de operación y mantenimiento

Estas medidas abarcan una amplia actividad laboral, que podría ser contraproducente desarrollarlas todo al mismo tiempo, por lo cual Suzuki propone poner en práctica estas seis medidas en cuatro fases tal como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Cero averías en cuatro fases

Fase 1: Estabilizar los intervalos entre fallos	Fase 2: Alargar la vida del equipo	Fase 3: Restaurar periódicamente el deterioro	Fase 4: Predecir la vida del equipo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer las condiciones básicas limpiando, lubricando y apretando pernos.</li> <li>• Aflorar las anomalías y restaurar el deterioro.</li> <li>• Clarificar las condiciones de operación y cumplir las condiciones de uso.</li> <li>• Abolir los entornos que causan el deterioro acelerado.</li> <li>• Establecer estándares de chequeo y lubricación diarios.</li> <li>• Introducir extensamente controles visuales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar el equipo para priorizar tareas de mantenimiento</li> <li>• Ordenar los fallos de su acuerdo con su seriedad</li> <li>• Evitar la repetición de las averías principales</li> <li>• Corregir las debilidades de diseño del equipo</li> <li>• Eliminar los fallos inesperados evitando errores de operación y reparación</li> <li>• Mejorar capacidades de ajuste y montaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear un sistema de mantenimiento periódico</li> <li>• Reconocer los indicios de anomalía y detectarlos pronto</li> <li>• Tratar correctamente las anomalías</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montar un sistema de mantenimiento predictivo</li> <li>• Consolidar las actividades de mejora</li> </ul>

Fuente: (Suzuki, 2017)

Suzuki afirma que para montar de forma exitosa un sistema de mantenimiento planificado, es necesario realizar una preparación para una posterior ejecución del trabajo. Por lo cual, recomienda realizar las actividades en el siguiente orden que se describe a continuación y se presenta de forma gráfica en Figura 20

- **Paso 1:** Evaluar el equipo y comprender las condiciones iniciales, es necesario priorizar los equipos dentro de la planta industrial, decidiendo cuales serán considerados en el mantenimiento planificado. Esto se debe realizar según la información recolectada y asumiendo criterios de priorización.

- **Paso 2:** Restaurar el deterioro y corregir debilidades, se deben corregir aquellas debilidades que surgen del deterioro acelerado al que el equipo estuvo expuesto. Con el fin de alargar la vida útil del equipo y prevenir la repetición de fallos.
- **Paso 3:** Crear un sistema de gestión de la información, debido a la cantidad de información que se debe analizar, se complica gestionar el mantenimiento de forma manual, convirtiéndose en una necesidad la utilización de un sistema de proceso de datos. Antes determinar el sistema, se deben considerar características como: que datos se procesarán, forma de entrada de datos, datos de fallos, entre otros.
- **Paso 4:** Crear un sistema de mantenimiento periódico, o mantenimiento basado en tiempo, se deben considerar que para realizar estas actividades es necesario contar con: repuestos, equipos de inspección, lubricante, información técnica, de lo contrario el mantenimiento periódico no se realiza de forma adecuada.
- **Paso 5:** Crear un sistema de mantenimiento predictivo, con el mantenimiento periódico se reducen de forma considerable los paros inesperados, pero no se eliminan y el costo del mantenimiento podría incrementar. El mantenimiento predictivo propone medir característica del deterioro como vibración, temperatura presión, defectos producidos, entre otras, para hacer cambios de piezas por deterioro y no por tiempo.
- **Paso 6:** Evaluar el sistema de mantenimiento planificado, todo el plan de mantenimiento se debe cumplir y asegurando la funcionabilidad y fiabilidad esperada en los equipos. Por lo tanto, al cumplir con dicho plan se debe ver una mejora según lo esperado, esto es lo que se debe evaluar, la eficiencia, mayor oportunidad de tiempos de producción y menores costes de manteamiento.

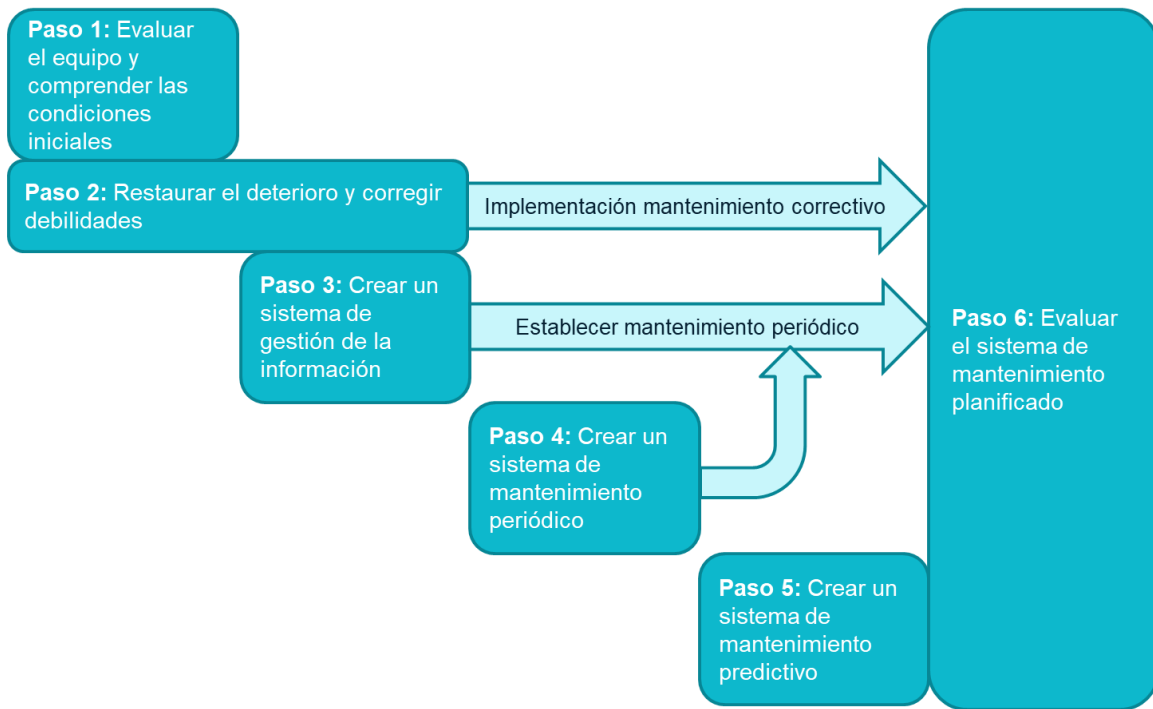


Figura 20. Pasos para implementar el pilar de mantenimiento planificado. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 21 se muestran los resultados obtenidos al realizar la autoevaluación en el área piloto, sobre este pilar. Como se observa, la única categoría que cumple con la meta mínima es el mantenimiento preventivo, el resto de categorías necesitan actividades para mejorar el resultado, estas actividades se proponen a continuación.





Figura 21. Resultados auditoría: Pilar mantenimiento planificado. Fuente: Elaboración propia

Propuesta de plan de implementación:

Se recomienda a la empresa industrial para lograr la implementación de este pilar, basar las actividades en los 6 pasos descritos anteriormente. Para cada uno de ellos se proponen las siguientes actividades:

**Plan de desarrollo Paso 1:**

- Preparar registro de los equipos: estos deben proporcionar datos para realizar una evaluación del equipo, tales como: diseño, historial de operación y mantenimiento. Se recomienda llevar estos registros de forma digital, utilizando un formato similar al mostrado en la Figura 22.

ID _____		
Descripción _____		
Tipo de equipo _____		
Modelo _____		
Proceso _____		
Registro de cambios de diseño		
Fecha	Descripción de cambio	Condiciones de operación
Registro de mantenimiento		
Fecha	Tipo de mantenimiento	Comentarios

Figura 22. Registro digital de equipos. Fuente: Elaboración propia

- Priorizar equipos: Este punto ha sido explicado con anterioridad en el capítulo seis: análisis de criticidad.
- Ordenar fallos: tal como se ha explicado con anterioridad es necesario saber administrar los recursos, por lo cual, se vuelve una necesidad priorizar las fallas y clasificarlas según su impacto en la productividad.

En la Tabla 12, se propone una serie de categorías y criterios para llevar a cabo esta tarea. Se debe escoger un criterio dentro de cada categoría y multiplicar dicho valor para obtener la prioridad, entre más alto sea el valor mayor es su prioridad de atención.

Tabla 12. Criterios para priorizar fallos.

Categoría	Criterio	Valor
Mantenimiento	Tiempo de reparación menor a 5 horas	1
	Tiempo de reparación entre 5 y 12 horas	2
	Tiempo de reparación entre 12 y 24 horas	3
	Tiempo de reparación mayor a 1 día	4
	Tiempo de reparación mayor a 5 días	5
EHS	No genera ninguna situación de riesgo	1
	Potencial situación de riesgo	2
	Genera daños menores (físicos/ambientales)	3
	Genera lesiones físicas o impacto en sensible en medio ambiente	4
	Evento catastrófico	5
Calidad	No genera ningún impacto en la calidad del producto	1
	Pérdida del material entre 0-25% del lote	2
	Pérdida del material entre 25-50% del lote	3
	Pérdida del material entre 50-75% del lote	4
	Pérdida del material entre 75-100% del lote	5
Productividad	No genera paro de producción	1
	Paro de producción entre 0-25% del turno	2
	Paro de producción entre 25-50% del turno	3
	Paro de producción entre 50-75% del turno	4
	Paro de producción entre 75-100% del turno	5

Fuente: Elaboración propia

- Uso de indicadores de mantenimiento: en esta investigación se presentan en el capítulo cinco. Se recomienda iniciar con la toma de datos y verificación de los KPI de mantenimiento mostrados en la Tabla 5.

#### Plan de desarrollo Paso 2:

- Apoyar el mantenimiento autónomo en actividades de restablecer condiciones básicas, estas actividades se detallan con mayor enfoque en el pilar de mantenimiento autónomo.
- Realizar análisis de fallas y anomalías: a partir de la inspección se podrá encontrar anomalías y fallos del equipo, los cuales es importante analizar para proponer acciones que eviten el deterioro acelerado y poner un alto en el deterioro

encontrado. En la Figura 23, se muestra el formato propuesto bajo la metodología de los 5 porque, así mismo, a cada causa raíz encontrada se deberá proponer una o más acciones con el fin de corregir y evitar esta se repita.

ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ								
FECHA DEL ACCIDENTE:								
FECHA DE ANÁLISIS:								
ANÁLISIS DE LOS 5 PORQUES?								
PROBLEMA	¿PORQUE?	¿PORQUE?	¿PORQUE?	¿PORQUE?	¿PORQUE?	Acciones	RESPONSABLES	FECHA FIN
Que categoría ha contribuido en el accidente?			Identificación del problema:					
<input type="checkbox"/> Condiciones Básicas. Deterioro Forzado								
<input type="checkbox"/> Deterioro Natural. Fin de Vida Útil								
<input type="checkbox"/> Fuera de condiciones de Operación. Falla para el deterioro								
<input type="checkbox"/> Partes de Puntos Débiles. Inherente al diseño del equipo			Se requiere de la elaboración de una LPP?					
<input type="checkbox"/> Conocimiento. Errores de operación o técnicas			Se requiere elaboración de análisis de riesgos y procedimientos?					
<input type="checkbox"/> Condiciones de Salud								
OBSERVACIONES:								

Figura 23. Formato análisis causa raíz. Fuente: Elaboración propia

Una vez determinadas las acciones a completar, se recomienda generar un reporte con toda la información relacionada al fallo y el plan propuesto como contramedida para evitar se repita o minimizar su frecuencia.

- Corregir debilidades de diseño: es necesario revisar los diseños actuales de los equipos y determinar posibilidades de mejora. Estas pueden estar enfocadas en: renovación de por equipos modernos, cambios de tipo de tecnología, agregar partes redundantes, entre otras.

### Plan de desarrollo Paso 3:

- Crear un sistema de gestión de fallos: gestionar la gran cantidad de datos recolectados se vuelve complicado o imposible, por lo cual se recomienda procesar los datos en un sistema informático y definir toda la información a recolectar. Esta información puede ser:
  - Fechas y horarios

- Clasificación de fallos
- Identificación de equipo
- Acciones realizadas
- Tiempo y cantidad de personas necesitadas

Todos estos datos deben estar disponibles para generar informes o para hacer consultas, con el fin de determinar frecuencias de fallos, priorizar y prevenir deterioro, tiempos de paro, con toda esta información es posible proponer mejoras para alcanzar o superar los objetivos planteados.

#### Plan de desarrollo Paso 4:

- Programar actividades de mantenimiento periódico: tal como se muestra en la Figura 21, el mantenimiento periódico o preventivo es la mayor fortaleza de la empresa de estudio, por lo que se ha tomado como base la lista de chequeo de actividades actual, la cual se muestra en la Figura 24.

No	NOMBRE DEL EQUIPO A INSPECCIONAR	(No. máquina)	Especificación de cumplimiento	Categoría de inspección	Inspección	Dañado	Cambio	Reparación	Apriete	Ajuste	Limpieza		
					I	O	X	R	T	A	L		
1	<b>Contenido de Inspección</b>	<b>PERIODO DE REVISION DE EQUIPO</b>											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
A	1) Asegúrese de que no haya fugas de aire.												
A	2) verifique el estado d elos rieles de transporte												
A	1) Verifique que los pistones de sistema se encuentren en buen estado												
B	2) Verifique el estado de los pines sujetadores de tiras en el cargador												
B	3) Revise los chucks del carrusel												
A	4) verifique el funcionamiento de el sistema de vision												
A	5) Limpiar y revisar los espejos de las camaras												
A	7) Revisar sistema de cargador de rack												
C	8) Revise las bases de mediciones de LI												
A	9) Verifique el funcionamiento de sensores												
A	10) Verifique el estado y funcionamiento de las cortinas de seguridad												
	PERIODO DE LA VERIFICACION (MENSUAL :A SEMESTRAL :B ANUAL :C)												
	Tecnico encargado de la inspeccion												
	Verificación de jefe de area												
Partes repuestas o revisadas	<b>Observaciones de partes de maquinas</b>										<b>• Si hay alguna anomalía detenga el equipo y siga lo siguiente:</b> 1. Deje registrado la inspeccion y la anomalía en el formato. 2. Llame al supervisor de produccion / supervisor de R&M y comunicar la anomalía. 3. Si no es necesario detener la maquina deje registro de la parada programada. Nota: Registre la parada planificada (total / parcial) cuando no esté en uso el equipo debido a razones de proceso.		

Figura 24. Esquema de lista de actividades de mantenimiento preventivo. Fuente: Elaboración propia

- Encontrar todas las anomalías: de acuerdo a lo planteado por Suzuki, una anomalía es una deficiencia, desorden, ligera irregularidad, defecto, falla o fisura: es decir, cualquier condición que pueda llevar al desarrollo de un problema.

En esta etapa se pretende que con el involucramiento del operador de la máquina durante la práctica de la limpieza realice una inspección y determina anomalías. Es necesario ayudar al operador con:

- Realizar manual con posibles anomalías
- Lecciones de punto único

En la Tabla 13 se muestra la clasificación de anomalías sugerida por Suzuki, esta tabla se recomienda utilizar para el entrenamiento de operadores en la identificación de anomalías. Ya que se convierte en una guía práctica para la identificación y posterior solución de anomalías, este punto se desarrolla con mayor profundidad en el pilar de mantenimiento autónomo.

*Tabla 13. Clasificación de anomalías*

<b>Tipo de anomalía</b>	<b>Ejemplo</b>	
Pequeñas deficiencias	Contaminación	Holguras
	Daños	Fenómenos anormales
Incumplimiento de las condiciones básicas	Lubricación	Apretado
	Indicadores de nivel de aceite	
Puntos inaccesibles	Limpieza	Apretado de pernos
	Inspección	Operación
Focos de contaminación	Producto	Gases
	Primeras materias	Líquidos
	Lubricantes	
Fuentes de defectos de calidad	Materias extrañas	Tamaño de grano
	Golpes	Concentración
	Humedad	Viscosidad
Elementos innecesarios y no urgentes	Maquinaria	Instrumentos de medida
	Tuberías	Equipo eléctrico
Lugares inseguros	Suelos	Maquinaria rotativa
	Luces	Dispositivos de levantamiento

Fuente: (Suzuki, 2017)

Una de las principales debilidades mostradas por la auditoría es el nulo involucramiento del departamento de producción en actividades de mantenimiento autónomo, este punto de aborda en los otros pilares mostrados en este documento, por lo que no se profundizará en este pilar.

#### **Plan de desarrollo Paso 5:**

- Crear sistema de mantenimiento predictivo: Es conocido que esta forma de ejercer actividades de mantenimiento puede resultar en un costo elevado, por lo que como primer paso se deberá determinar a qué equipos es necesario crearles un plan de mantenimiento predictivo. Tal como se ha explicado con anterioridad en el análisis de criticidad.

#### **Plan de desarrollo Paso 6:**

- Evaluar el cumplimiento del plan de mantenimiento planificado: el TPM no trata de poner en un plan las actividades, si no en realizarlas, por lo cual se recomienda a la empresa industrial auditar el plan mostrado en la Figura 24, esta actividad debe estar definida en el rol de auditor de planta para asegurar el sostenimiento de lo previamente planteado.
- Evaluar resultado de los KPI planteados: en este paso es necesario recordar que los indicadores deben mostrar de forma clara los resultados de las actividades, evaluar los esfuerzos del TPM de forma equitativa, mostrar las prioridades para hacer mejora continua. En el capítulo cinco se han mencionado algunos indicadores de importancia, así como en el Anexo A se presentan aquellos planteados por la teoría.

#### 7.3.2 Pilar: Mantenimiento autónomo

Se define mantenimiento autónomo, de acuerdo a Suzuki, como cualquier actividad realizada por el departamento de producción relacionada al mantenimiento de los equipos. Este se plantea como uno de los pilares más importantes dentro del desarrollo de la filosofía TPM.

El mantenimiento autónomo nace como un programa que busca reducir costos de operación a través de la eliminación de pérdidas y desperdicios, maximizando la eficacia de los equipos existentes; antes de la década de los 50's, muchas empresas asignaban actividades de mantenimiento al personal operativo, sin embargo, conforme avanzaba la

tecnología, el personal requería de mayor conocimiento y tecnificación lo que obligo a que dichas actividades retornaran al equipo de mantenimiento.

En la actualidad, el incremento en la fiabilidad de los equipos es parte esencial de la reducción de costos en las operaciones, y esto abre paso al mantenimiento autónomo. Permitiendo que el personal que opera los equipos a diario tenga rutinas de inspección, limpieza y lubricación de puntos clave, ayudando a la mantenibilidad y brindando tiempo al personal de mantenimiento para enfocarse en actividades más complejas.

El mantenimiento autónomo genera las condiciones para que la relación de los departamentos de producción y mantenimiento sean más estrechas, ya que ambos deben de definir el alcance y las responsabilidades en lo concerniente al mantenimiento de los equipos.

Suzuki plantea cuatro objetivos principales a cumplir dentro de un programa de mantenimiento autónomo, los cuales son:

- Evitar el deterioro del equipo, haciendo una operación correcta e inspecciones de rutina diaria.
- Regresar el equipo a su estado ideal a través de su restauración y una gestión autónoma.
- Determinar las condiciones básicas necesarias para mantener la fiabilidad del equipo.
- Utilizar el equipo como instrumento de aprendizaje, para conocer nuevos modos de pensar y trabajar

Con la implementación de este pilar, se pretender obtener una mejor alianza entre los departamentos de producción y mantenimiento, buscando que el primero asuma la responsabilidad de operar adecuadamente los equipos y el segundo evite cualquier deterioro del mismo. El departamento de mantenimiento debe olvidar la práctica que se



encuentra exclusivamente para realizar reparaciones y concentrarse en medir y restaurar el deterioro, es por esto que ambos departamentos deben integrar esfuerzos y definir de forma consensuada las actividades y los responsables para crear un plan de trabajo.

Todas las actividades asignadas al plan, para lograr las condiciones óptimas en el equipo y de esta manera maximizar su eficiencia global, hacen referencia a dos situaciones: mantener o mejorar el equipo. Las actividades de mantenimiento tienen por objetivo que el equipo se encuentre en el estado deseado, mientras que las de mejora, pretenden alargar la vida útil del equipo, reducen el tiempo de las tareas de mantenimiento y vuelven al mantenimiento innecesario. Ejemplo de esto, el mantenimiento correctivo se centra en la fiabilidad y en la mejora de la mantenibilidad del equipo existente, y las actividades de prevención del mantenimiento promueven el diseño de nuevo equipo que sea de operación y mantenimiento más fáciles y menos costosos.

Estas actividades de mantenimiento y mejora deben de realizarse de forma paralela en tres áreas: prevención, medición y restauración del deterioro. No es posible alcanzar cero fallas, si se deja de lado cualquiera de estas áreas, por lo tanto, el primer paso para crear un sistema de mantenimiento autónomo es definir las responsabilidades de los departamentos de producción y mantenimiento integral, libre de omisiones y redundancias en las actividades, esto se muestra en la Figura 25

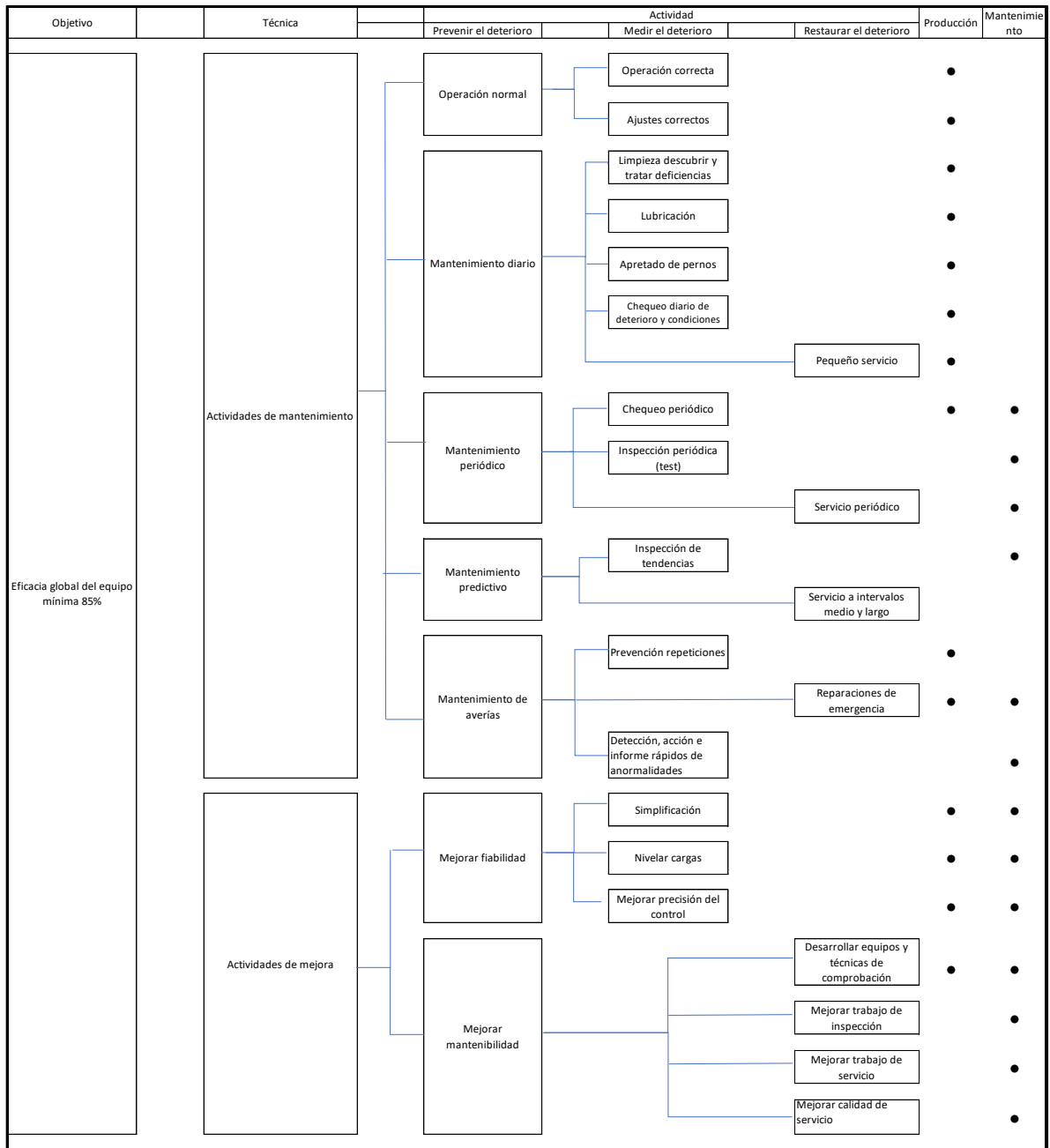


Figura 25. Clasificación y asignación de tareas de mantenimiento (Suzuki)

A continuación, se muestra la distribución de tareas, por departamento, sugeridas por Suzuki. El departamento de producción debe de enfocarse en la prevención del deterioro de los equipos, por lo que debe de construir el programa de mantenimiento autónomo alrededor de las siguientes actividades mostradas en Tabla 14

Tabla 14. Resumen de actividades del departamento de producción.

Objetivo	Descripción	Propuesta de actividad en área piloto
<b>Evitar deterioro</b>	Operación correcta: Evitar errores humanos	Capacitación en funcionamiento general de la máquina. De acuerdo a manual de operación del equipo (Manual interno) cada 12 meses. Ver Tabla 18
	Ajustes correctos: evitar errores de proceso (defectos de calidad)	
	Orden básico: Establecer las condiciones básicas del equipo (limpieza, lubricación, apriete de pernos)	Desarrollo de pasos 1, 2 y 3 del pilar de mantenimiento autónomo haciendo uso del ciclo de Deming. Ver Figura 26
	Detección de anomalías: Impedir fallos y accidentes	
Registros de mantenimiento: Establecer diseños que eviten el mantenimiento, retroalimentar información para evitar repeticiones	Robustecer las actividades de mantenimiento, los logs utilizados y fomentar una cultura de registro de toda la información recolectada en cada intervención del equipo	
<b>Medir deterioro</b>	Inspección diaria: Revisión y chequeo durante el funcionamiento del equipo (con los 5 sentidos) Inspección periódica: parte de la inspección general durante la parada de la planta para mantenimiento	Robustecer la hoja de registro de verificación de equipo de los operadores (Log interno) a partir de los primeros ciclos PHVA del paso de limpieza inicial. Ver Figura 33 y 33
<b>Predecir y restaurar el deterioro</b>	Pequeños servicios: acciones de emergencias cuando surgen las condiciones anormales y reemplazo de piezas simples	Generar kits de piezas que requieran cambios constantes, esto debe de nacer de la información recopilada de la hoja de registro de verificación de los operadores

Fuente: Elaboración propia

Algunas de las actividades mencionadas en la tabla 14 se profundizarán durante el desarrollo de la investigación de acuerdo al alcance del mismo y las circunstancias de operación de los equipos, sin embargo, hay que hacer énfasis, en que todas las actividades son importantes, pero es fundamental establecer las condiciones básicas del equipo (limpiar, lubricar y apretar pernos) para evitar el deterioro acelerado, esto en conjunto a los chequeos rutinarios con los cinco sentidos, serán las responsabilidades más básicas del departamento de producción.

El departamento de mantenimiento debe tener por prioridad elevar la mantenibilidad, operabilidad y seguridad de los equipos, esto se logrará a través de actividades perfiladas para identificar y alcanzar las condiciones óptimas en los equipos (mantenimiento planificado, predictivo y correctivo).

El departamento de mantenimiento juega un rol indispensable en el desarrollo y la continuidad del mantenimiento autónomo, este debe lograr que las actividades del mantenimiento autónomo sean parte eficaz del mantenimiento global y para eso debe brindar el soporte siguiente:

- Proporcionar instrucciones en técnicas de inspección para los operadores (puntos y frecuencia de inspección).
- Facilitar formación en técnicas de lubricación, estandarizar tipos de lubricantes y ayudar a los operadores a generar los estándares de lubricación (puntos, tipo y frecuencia de lubricación).
- Solventar el deterioro del equipo asegurando sus condiciones básicas (Solución a pequeñas deficiencias y mantenimiento en áreas identificadas por los operadores).
- Dar soporte a las actividades de mejora, hacer accesible las áreas difíciles para las actividades de limpieza, lubricación e inspección.
- Planificar actividades de rutina
- Investigar y desarrollar nuevas tecnologías de mantenimiento.
- Establecer sistema de registro de los mantenimientos, mediciones y resultados.
- Desarrollar e implementar técnicas de análisis de fallos para evitar repetición en las averías críticas.
- Control de repuestos, herramientas y datos técnicos de los mismos.

### **Pasos para la implementación del mantenimiento autónomo.**

El mantenimiento autónomo se implementa en siete pasos, comenzando con la limpieza inicial y avanzando hasta la plena autogestión, con este se pretende establecer las

condiciones de proceso óptimas aplicando el ciclo de Deming en dirección de la mejora continua.

Los pasos del 1 al 3 tienen por finalidad suprimir todos aquellos elementos que causan el deterioro acelerado, previniendo y revirtiendo el deterioro, es decir, busca mantener las condiciones básicas en el equipo. De forma adicional, los objetivos de estos pasos buscan que el personal operativo tome un sentido de responsabilidad por los equipos que operan. En los pasos del 4 al 5, los líderes de grupos enseñan procedimientos de inspección a sus miembros, y estas actividades se amplían, de áreas específicas en los equipos a procesos enteros, acá el objetivo principal es reducir las averías y formar a los operarios para que comprendan y dominen a fondo sus equipos.

Los pasos 6 y 7 están diseñados para reforzar y elevar el nivel del mantenimiento autónomo y actividades de mejora, se estandarizan sistemas y métodos, se amplía el rango de acción desde los equipos a otras áreas o departamentos, el objetivo último de esta etapa del mantenimiento autónomo es generar una organización robusta y con una cultura de autogestión en cada área de trabajo.

A continuación, en la Tabla 15 se muestra un resumen de las actividades y objetivos de cada uno de los pasos de implementación del mantenimiento autónomo, y como parte del alcance de la presente investigación se profundizará en los pasos del 1 al 3 y un plan como parte de la propuesta de implementación en el área piloto de la empresa de estudio.

Tabla 15. Actividades y objetivos de los 7 pasos del mantenimiento autónomo.

#	Pasos	Actividades	Objetivos
1	Limpieza inicial	<p>Eliminar el polvo y la suciedad del equipo</p> <p>Descubrir las irregularidades tales como los ligeros defectos, fuentes de contaminación, lugares inaccesibles y fuentes de defectos de calidad.</p> <p>Eliminar los elementos innecesarios y con poco uso, simplificar el equipo.</p>	<p>Evitar el deterioro acelerado eliminando el entorno nocivo de polvo y suciedad.</p> <p>Elevar la calidad de trabajo de inspección y reparación, reducir los tiempos de inspección eliminando el polvo y la suciedad.</p> <p>Establecer las condiciones básicas del equipo.</p> <p>Descubrir y reparar los defectos ocultos</p>
2	Eliminación de fuentes de contaminación y lugares inaccesibles	<p>Reducir el tiempo dedicado a dejar en orden el equipo, eliminando las fuentes de polvo y suciedad, evitando la dispersión, y mejorando las partes que sean de limpieza, chequeo, lubricación, apretado o manipulación difícil</p>	<p>Incrementar la fiabilidad del equipo evitando la adhesión de polvo y suciedad.</p> <p>Incrementar la mantenibilidad mejorando la limpieza, inspección y lubricación.</p> <p>Crear equipos que no requieran trabajo manual.</p>
3	Establecer estándares de limpieza, lubricación y apretado de pernos	<p>Generar estándares de trabajo que ayuden a mantener la limpieza, lubricación y apretado de pernos a niveles adecuados con mínimos tiempos y esfuerzo.</p> <p>Mejorar la eficiencia del trabajo de inspección introduciendo controles visuales</p>	<p>Sostener las tres condiciones básicas para evitar el deterioro.</p> <p>Realizar inspecciones precisas por medio de controles visuales y especificaciones.</p>
4	Realizar la inspección general del equipo	<p>Facilitar formación sobre técnicas de inspección con base en manuales.</p> <p>Poner en condición óptima a elementos individuales del equipo mediante la inspección general.</p> <p>Modificar el equipo para facilitar el chequeo. Hacer uso extenso de los controles visuales.</p>	<p>Mejorar la fiabilidad realizando inspecciones generales y revertir el deterioro en cada parte del equipo.</p> <p>Realizar inspecciones fiables a través del adiestramiento de los operadores, brindar controles visuales.</p>

#	Pasos	Actividades	Objetivos
5	Realizar inspecciones generales de los procesos	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	Mejorar la fiabilidad y seguridad global de los procesos mediante la operación correcta. Afinar la precisión de la inspección de los procesos extendiendo y mejorando los controles visuales. Modificar el equipo para facilitar su funcionamiento.
6	Mantenimiento autónomo sistemático	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 autogestión para mejorar el flujo en el lugar de trabajo, las piezas de repuesto, herramientas, trabajo en curso, productos finales, datos, etc.	Establecer un sistema de mantenimiento de calidad. Estandarizar el mantenimiento y control del equipo de transporte, piezas de repuesto, herramientas, trabajo en proceso, productos finales, datos, rutas de paso, equipos limpieza y otros, introducir controles visuales para todo en los lugares de trabajo.
7	Práctica plena de la autogestión	Desarrollar actividades de mejora y estandarizarlas de acuerdo con los objetivos y políticas, reducir costes eliminando el desperdicio en los lugares de trabajo. Mejorar continuamente los equipos llevando registros precisos del mantenimiento y analizando los datos sistemáticamente.	Analizar sistemáticamente los datos para elevar la fiabilidad, seguridad, mantenibilidad, calidad y operabilidad de los procesos. Priorizar las mejoras del equipo, ampliar su período de vida y los intervalos de chequeo.

Fuente: *Elaboración propia*

La Figura 26 muestra la actividad a realizar del ciclo de mejora continua o ciclo de Deming en cada paso del mantenimiento autónomo.

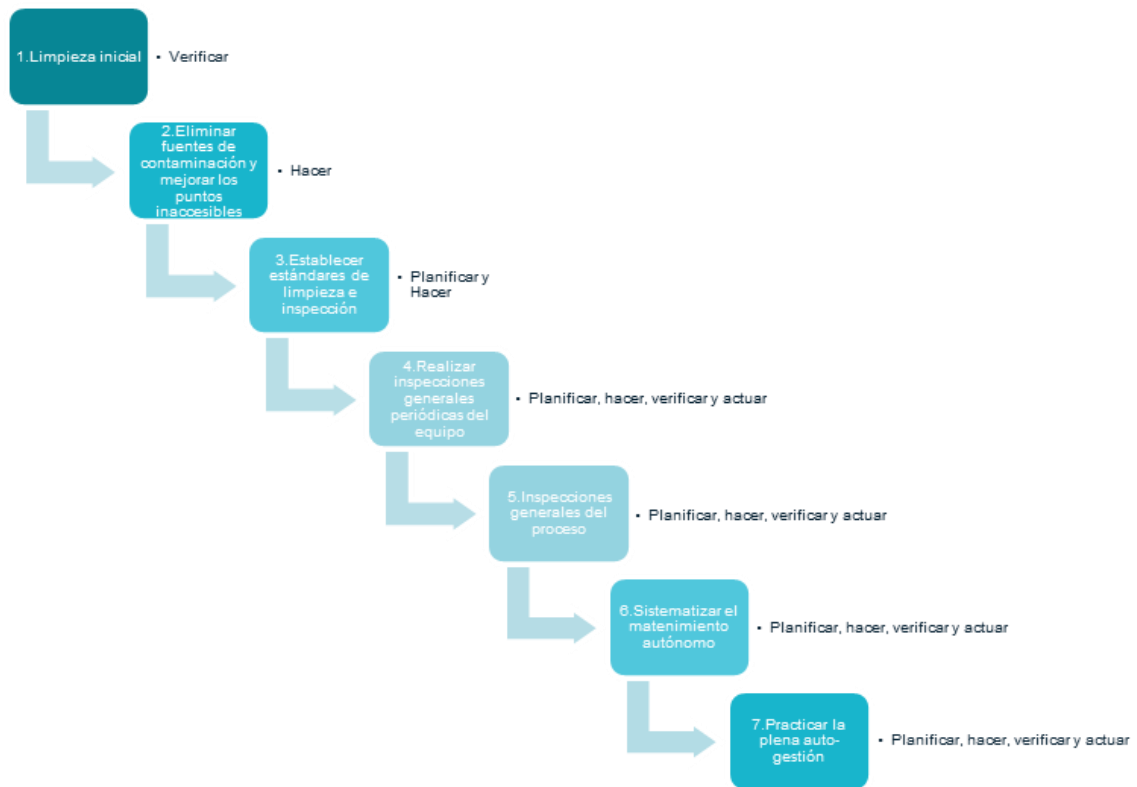


Figura 26. Ciclo PHVA y relación con pasos de mantenimiento autónomo. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 27, se muestran los resultados obtenidos al realizar la autoevaluación del pilar de mantenimiento autónomo en el área piloto. Se observa, tal y como se había explicado previamente, que pocas categorías cumplen con la meta mínima asignada de estudio y son los temas de seguridad y filosofía de 5'S, ambas fuertemente arraigadas a la cultura de la empresa, por lo que el plan a desarrollar respetando el alcance de la investigación contempla cubrir los primeros tres pasos del mantenimiento autónomo: limpieza inicial, eliminación, lubricación y estándares.



## Auditoria Pilar Mantenimiento Autonomo Pasos 1-3

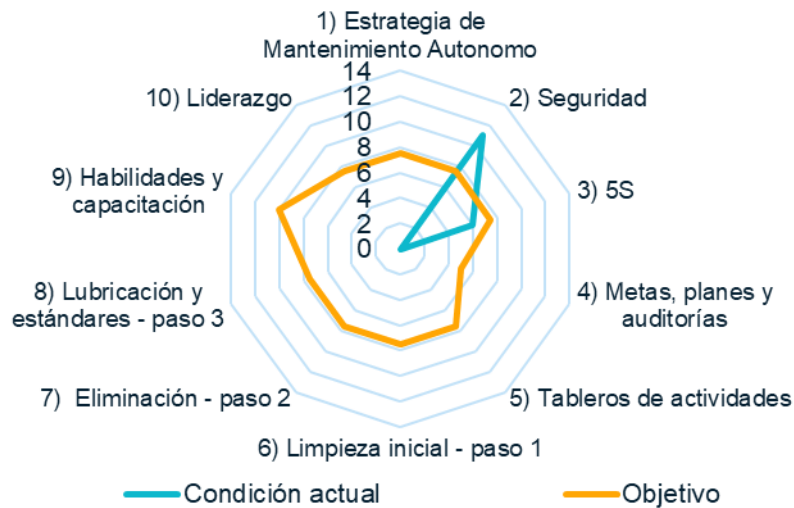


Figura 27. Resultados auditoría: Pilar mantenimiento autónomo, pasos 1-3. Fuente: Elaboración propia

### Propuesta de plan de implementación

#### Paso 1: Limpieza inicial

La limpieza es una forma de inspección y, en consecuencia, su propósito no es solo limpiar, sino descubrir defectos o anomalías que suelen ser imperceptibles en las condiciones en las que se operan los equipos.

Los puntos clave en la operación de limpieza son:

- Limpiar el equipo con una frecuencia determinada, siendo esto parte del trabajo diario
- Limpiar profundamente, remover todas las capas de suciedad que han sido adheridas y acumuladas durante años.
- Revisar todos los puntos de seguridad y tapaderas que han sido ignoradas para remover la suciedad.
- Limpiar suciedad de los elementos auxiliares y accesorios de igual forma que los elementos principales de los equipos.

- Determinar los focos de contaminación para erradicar, no basta con limpiar las piezas una vez estas hayan adquirido.

**Puntos clave para la inspección**

Los hábitos presentes previo a cualquier metodología de mejora continua enfocada en el mantenimiento no facilitan la relación de la tarea de limpieza como método de inspección, esta habilidad de reconocer deficiencias en los equipos solo puede desarrollarse a través de la experiencia adquirida en el lugar de trabajo con el entrenamiento adecuado.

Es importante definir desde un inicio que toda actividad de limpieza e inspección ritualizada no es aceptable, esto convierte estas actividades en algo inútil y que solo consume recursos de la empresa, una verdadera inspección realizada por el operador debe mantenerlo alerta para identificar cualquier situación fuera de lo común mientras opera o patrulla el equipo y reportarlas oportunamente si él no puede corregirlas.

A continuación, se presentan en la Tabla 16, ejemplos de puntos de chequeos que suelen ser útiles en la preparación de estándares y hojas de lecciones de punto único, esta herramienta se explica con mayor detalle posteriormente.

*Tabla 16. Ejemplo de puntos de chequeos*

Área de inspección		Condición a inspeccionar	SI	NO
Puntos de chequeo para pernos y tuercas	Ligeros defectos	¿Hay tuercas o pernos flojos?		
		¿Falta alguna tuerca o perno?		
	Longitud de pernos	¿Sobresalen todos los pernos de las tuercas en 2 o 3 pasos de tornillo?		
	Arandelas	¿Se usan arandelas planas?		
		¿Se usan arandelas roscadas en angulares y canales?		
		¿Se usan arandelas de resorte en piezas sujetas a vibración?		
		¿Se usan arandelas idénticas en piezas idénticas?		

Área de inspección		Condición a inspeccionar	SI	NO
Puntos de chequeo para pernos y tuercas	Montaje de pernos y tuercas	¿Se insertan los pernos desde abajo y son visibles las tuercas desde el exterior?		
		¿Están los mecanismos tales como los sensores de límite asegurados al menos por dos pernos?		
Puntos de chequeo para lubricación	Almacenaje de lubricantes	¿Están los almacenes de lubricantes siempre limpios, ordenados y bien organizados aplicando los principios de 5s?		
		¿Están siempre tapados los contenedores de lubricante?		
		¿Están claramente identificados todos los tipos de lubricante y se controla de forma correcta el stock?		
	Entradas de lubricantes	¿Se mantienen siempre limpias las boquillas de grasa, los conductos de lubricantes de reductores de velocidad y otras entradas de lubricante?		
		¿Están a prueba de polvo los conductos de los lubricantes?		
		¿Están los conductos de lubricante correctamente etiquetados con los tipos y cantidades de lubricantes?		
	Indicadores de nivel de aceite	¿Se mantienen siempre limpios los medidores de nivel de aceite, y es fácil de verificar?		
		¿Está claramente marcado el nivel de aceite?		
		¿Está el equipo libre de fugas de aceite, y sin obstrucciones los tubos de aceite y válvulas de respiración?		
	condiciones de lubricación	¿Están siempre limpias y bien lubricadas las piezas rotatorias, deslizantes, y transmisiones?		
¿Están los alrededores libres de contaminación por exceso de lubricante?				
Puntos de chequeo para sistemas de transmisión	Correas en V y poleas	¿Hay correas desgastadas, fisuradas, con abultamientos, o contaminadas por aceite o grasa?		
		¿Hay correas torcidas o que falten?		
		¿Hay correas flojas o estiradas excesivamente?		
		¿Hay correas múltiples bajo tensión uniforme y todas del mismo tipo?		
		¿Sobresalen las superficies superiores de las correas por encima de las coronas de las poleas?		
		¿Están las poleas correctamente alineadas?		
	Ejes, cojinetes y acoples	¿Hay algún sobrecalentamiento, vibración, o ruido anormal debido a una holgura excesiva o lubricación deficiente?		

Área de inspección		Condición a inspeccionar	SI	NO
Puntos de chequeo para sistemas de transmisión	Ejes, cojinetes y acoples	¿Hay algún acoplamiento mal alineado u oscilante?		
		¿Están desgastadas las juntas de algún acoplamiento?, ¿Falta algún perno?		
	Engranajes	¿Están los engranajes apropiadamente lubricados con la cantidad correcta de lubricante?, ¿Están limpios los alrededores?		
		¿Hay algún diente desgastado, roto o dañado?		
		¿Hay algún ruido o vibración anormal?		
	Puntos de chequeo de sistema eléctrico	Paneles de control	¿Se mantienen los interiores de los tableros de distribución, tableros de conmutadores y paneles de control limpios, pulidos y bien organizados aplicando los principios de 5S?	
¿Se han dejado en el interior algunos objetos extraños o materiales inflamables?				
¿Están en buenas condiciones los cables del interior de los paneles de control?, ¿Hay cables enroscados o estirados?				
¿Funcionan correctamente todos los amperímetros y voltímetros y están claramente identificados?				
¿Está roto algún instrumento o lámpara de aviso?, ¿Funciona mal alguna lámpara?				
¿Están en buenas condiciones las puertas de los paneles de control? ¿Abren y cierran correctamente?				
¿Hay posiciones u orificios no usados?, ¿Son los paneles de control a prueba de agua y polvo?				
Equipo eléctrico		¿Están todos los motores libres de sobrecalentamiento, vibraciones, y ruidos y olores inusuales?		
		¿Están limpios todos los ventiladores y aletas de enfriamiento de motores?		
		¿Hay algún perno de unión flojo?, ¿Están libres de fisuras o daños los pedestales?		
Sensores		¿Están limpios y libres de holguras excesivas todos los sensores de límite?		
		¿Están limpios los interiores de los sensores de límite?, ¿Está estirado algún cable?		
		¿Están todas las cubiertas en buenas condiciones?		
		¿Están correctamente instalados los sensores de límite?		

Área de inspección		Condición a inspeccionar	SI	NO
Puntos de chequeo de sistema eléctrico	Sensores	¿Hay algún sensor mal posicionado?, ¿Están claramente indicadas las posiciones correctas?		
		¿Están libres de desgastes o rozaduras todos los cables conductores, y el aislamiento intacto en los puntos de entrada?		
	Tubería y cableado	¿Hay tubos, hilos, o cables de energía flojos o no asegurados?		
		¿Hay alguna toma de tierra dañada o desconectada?		
		¿Hay tubos corroídos o dañados?, ¿Hay cables que tengan dañado el aislamiento?		
		¿Hay cables enrollados sobre el suelo o colgados de forma insegura?		

Fuente: (Suzuki, 2017)

A continuación, se presentan secciones del área piloto como ejemplo para el desarrollo de la limpieza:

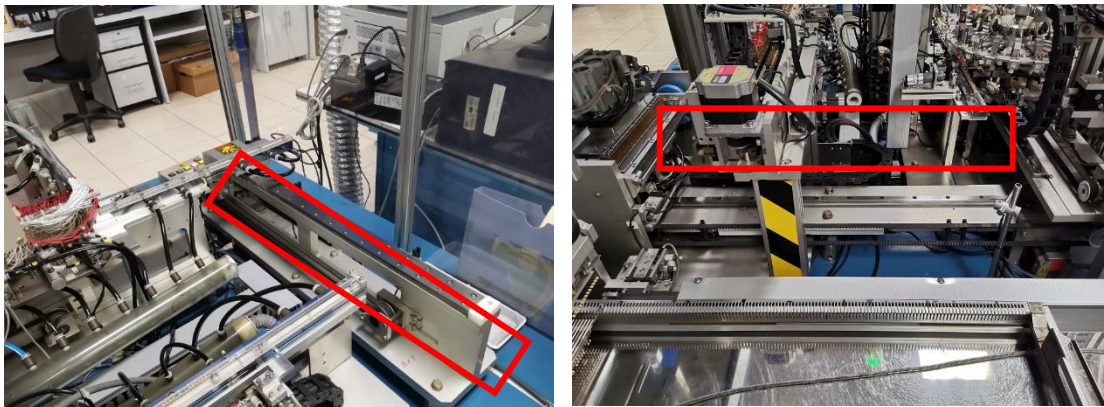


Figura 28. Áreas de transporte del producto, propuesta de secciones para limpieza. Fuente: Elaboración propia

La Figura 28, muestra dos áreas con rieles de transporte en el equipo piloto, la selección para el ejemplo radica en la accesibilidad y la importancia de estas áreas en la máquina, la frecuencia de limpieza y lubricación pueden ser analizados de acuerdo a un histórico de paros una vez el equipo comience a operar de forma continua.

Se propone en el diseño del plan maestro Figura 46, como primer paso del mantenimiento autónomo, la definición de las responsabilidades de los departamentos de producción y mantenimiento, esto se deberá hacer en mutuo acuerdo, y será el insumo inicial para los perfiles de adiestramiento del personal; posterior, se realizará la limpieza inicial y la limpieza profunda en el equipo, estas últimas dos actividades servirán para retroalimentar el alcance del plan de limpieza y su frecuencia. Se recomienda que el plan de limpieza contenga área o sección de la máquina a limpiar, método a utilizar, herramienta, tiempo dedicado a la actividad y el responsable, ver Figura 33 y Figura 34, toda esta información se obtendrá de la limpieza profunda y debe ser validada con el equipo de producción y mantenimiento.

El método requiere del uso de los sentidos, puede ser manual, visual o auditivo, las herramientas para ejecutar la actividad variaran de acuerdo a la sección a limpiar o inspeccionar. Como ejemplo se puede mencionar la Figura 28, el método de limpieza para los rieles es manual, la herramienta, una manta, su frecuencia puede asignada una vez por turno o como se estime necesario y se requerirá de un responsable para dicha actividad. Tal y como se observa en la Figura 29.

#	Actividad	Método	Herramienta	Tiempo (Min.)	Frecuencia	Turno	Firma de responsable							
							L	M	M	J	v	S	D	
1	Limpieza y lubricación de rieles de transporte	Manos	Manta	5	1-B	1								

Figura 29. Ejemplo de formato de limpieza. Fuente: Elaboración propia

El objetivo del paso 1 del programa de mantenimiento autónomo pretenden elevar la fiabilidad del equipo mediante la actividad de limpieza, que a su vez conlleva, como previamente se ha mencionado, la eliminación de polvo, la detección de anomalías y como nuevo punto, la corrección de pequeñas deficiencias, buscando así establecer las condiciones básicas del equipo.

- Eliminación de polvo: definir las líneas de responsabilidad por parte de las jefaturas en el tema de la limpieza y los operadores, se busca mediante la limpieza inicial

generar un interés muchas veces inexistente del operador hacía el equipo y que estos comprendan de forma gradual los focos que generan la contaminación para su control.

- **Detección de anomalías:** es un subproducto de la limpieza inicial, es acá donde el operador al recorrer nuevas áreas de los equipos tiene la posibilidad de descubrir deficiencias, desorden o irregularidades, sin embargo, para alcanzar este grado de detección, es necesario que los operadores sean instruidos correctamente y para ello se pueden auxiliar de las herramientas: lecciones de punto único y señalización de anomalías, alguno ejemplos se muestran en la Tabla 17

Tabla 17. Ejemplo de anomalías a buscar en inspecciones diarias

Anormalidades	Ejemplos
<b>1-Pequeñas deficiencias:</b> Contaminación Daños Holguras Flojedad Fenómenos anormales	Polvo, suciedad, partículas, aceite, grasa, óxido, pintura. Fisura, aplastamiento, deformaciones curvadas, picaduras. Sacudidas, ladeos, exceso de recorrido, excentricidad, desgaste, distorsión, corrosión. Cintas, cadenas. Ruido inusual, sobrecalentamiento, vibración, olores extraños, descoloración, presión o corriente incorrecta Bloqueos, agarrotamiento, acumulación de partículas, disfunción, escamas.
<b>2-Incumplimiento de las condiciones básicas:</b> Lubricación Suministro de lubricante Indicador de nivel de aceite Apriete	Insuficiente, suciedad, fugas de lubricante. Suciedad, daños, tubos de lubricación defectuosos. Suciedad, daños, fugas, no indicación de nivel correcto. Tuercas y pernos, holguras, omisiones, pasados de rosca, demasiado largos, corroídos, arandela inapropiada.
<b>3-Puntos inaccesibles:</b> Limpieza Inspección Lubricación Apretado de pernos Operación Ajuste	Construcción de la máquina, cubiertas, disposición, apoyos, espacio. Cubiertas, construcción, disposición y orientación de instrumentos. Posición de la entrada del lubricante, construcción, altura, apoyos, salida de lubricante, espacio. Disposición de máquina, posición de válvulas, conmutadores y palancas. Posición de indicadores de presión, termómetros, indicadores de flujo, indicadores de humedad, indicadores de vacío.

Anormalidades	Ejemplos
<b>4-Focos de contaminación:</b> Producto Materia prima Lubricantes Gases Líquidos Desechos Otros	Fugas, derrames, chorros, dispersión, exceso de flujo. Fugas, derrames, chorros, dispersión, exceso de flujo. Fugas, derrames, infiltraciones, fluidos hidráulicos, fuel oil. Fugas de aire comprimido, gases, vapor, humos de exhaustación. Fugas, vertidos y chorros de agua fría, agua caliente, productos no acabados, agua de refrigeración, desperdicio de agua. Chispas, recortes, materiales de embalaje y producto no conforme. Contaminantes traídos por personas, carretillas elevadoras, infiltraciones por grietas en edificios.
<b>5- Fuentes de defectos de calidad:</b> Materias extrañas Golpes Humedad Tamaño de grano Concentración Viscosidad	Inclusión, infiltración y arrastre de óxido, partículas, desechos de cable, insectos. Caídas, sacudidas, colisiones, vibraciones. Demasiada, poca, infiltración, eliminación de defectivo. Separadores centrífugos, separadores de aire comprimido. Calentamiento inadecuado, calentamiento, composición, mezcla, evaporación, agitación. Calentamiento inadecuado, calentamiento, composición, mezcla, evaporación, agitación.
<b>6-Elementos innecesarios y no urgentes:</b> Maquinaria Tuberías Instrumentos de medida Equipo eléctrico Plantillas y herramientas Piezas de repuesto Reparaciones provisionales	Bombas, agitadores, compresores, columnas, tanques. Tubos, mangueras, conductos, válvulas, amortiguadores. Temperaturas, indicadores de presión, indicadores de vacío, amperímetros. Cableado, tubería, conectores de alimentación, conmutadores, tomas de corriente. Herramientas generales, herramientas de corte, plantillas, moldes, troqueles, bastidores. Equipo de reserva, repuestos, stocks permanentes, materiales auxiliares. Cinta, fibras, cable, chapa
<b>7-Lugares inseguros:</b> Suelos Pasos Maquinaria rotativa Dispositivo de levantamiento Otros	Con desnivel, rampas, elementos que sobresalen, fisuras, escamas, desgastes. Demasiado inclinados, irregulares, con corrosión, falta pasamanos. Oscuras, mala posición, sucias o pantallas rotas, no a prueba de explosiones. Desplazadas, cubiertas rotas o caídas, sin mecanismos de seguridad o parada de emergencia. Cables, ganchos, frenos y otras partes de grúas y elevadores. Sustancias especiales, disolventes, gases tóxicos, materiales de aislamiento, señales de peligro.

Fuente: (Suzuki, 2017)



Señalización de anomalías, se puede utilizar el formato mostrado en la Figura 30, el color de cada tarjeta indica el responsable a intervenir en la anomalía.

The figure shows three identical forms with different colored headers. The blue header is labeled 'TARJETA DE ANORMALIDADES OPERADORES'. The red header is labeled 'TARJETA DE ANORMALIDADES MANTENIMIENTO'. The yellow header is labeled 'TARJETA DE ANORMALIDADES SEGURIDAD'. Each form contains the following text and fields:

Fecha \_\_\_\_\_  
Máquina \_\_\_\_\_  
Operador \_\_\_\_\_  
Problema encontrado \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Figura 30. Formato de tarjetas de anomalías. Fuente: Elaboración propia

- **Corrección de pequeñas deficiencias:**

Esta etapa sirve para elevar la fiabilidad de los equipos llevándolos a sus condiciones básicas, es acá donde se deben corregir las deficiencias pequeñas como, juego excesivo, deformaciones y desgastes una vez sean detectados, y es importante distinguir las responsabilidades de los departamentos de producción y mantenimiento acá, ya que habrá correcciones que deberán ser solventadas por especialistas.

Otro punto de importancia es la lubricación, ya que esta juega un rol esencial en la preservación de la fiabilidad de los equipos, es una forma de asegurar un funcionamiento eficiente mediante la prevención del desgaste. Para garantizar una correcta lubricación desde el paso 1 del mantenimiento autónomo y durante el descubrimiento de las anomalías, se recomiendan las siguientes acciones:

0

- Enseñar la necesidad de una correcta lubricación
- Lubricar de forma inmediata si la condición no es la adecuada.
- Sustituir todo el lubricante si este presenta alguna contaminación

- Limpiar y reparar todos los indicadores de nivel y entradas de los lubricantes si estos están sucios o dañados.
- Verificar si los sistemas de lubricación automática operan de forma correcta.
- Limpiar y lubricar todas las piezas móviles mecánicas que requieren de lubricación.

El apriete es otro punto importante dentro de las correcciones de pequeñas deficiencias, todas las máquinas tienen tuercas, pernos y tornillos y estas funcionaran de forma adecuada si están debidamente apretados, un solo perno flojo puede generar una reacción en cadena alimentando con su vibración a otros pernos que a su vez y en conjunto pueden generar ligeras fisuras que se terminan convirtiendo en profundas grietas, por lo que es importante establecer las condiciones básicas del equipo y eliminar las fuentes de problemas.

Dentro de la corrección de pequeñas deficiencias relacionadas a la condición de las tuercas, pernos y tornillos se recomienda:

- Apretar y asegurar los pernos y tuercas flojas.
- Sustituir los pernos y tuercas que falten.
- Sustituir los pernos y tuercas pasados de rosca o demasiado largos.
- Sustituir los pernos y tuercas dañadas o con desgaste severo.
- Sustituir las arandelas y tuercas de orificios inapropiadas.
- Utilizar mecanismos de bloqueo en tuercas importantes que se aflojan con frecuencia.

Como herramienta de comunicación y de aprendizaje para las actividades de detección de pequeñas deficiencias (Lubricación y apriete) se recomienda el uso de la lección de punto único que se muestra en la Figura 31, este es un método práctico para transmitir información específica a un grupo reducido de personas en corto periodo de tiempo.

HOJA DE LECCIÓN DE PUNTO ÚNICO											
Elemento:				Área:							
Fecha de preparación:				Número de documento:							
Tema:				Aprobación:							
Conocimiento básico	<input type="checkbox"/>			Mejora	<input type="checkbox"/>			Caso problema	<input type="checkbox"/>		
Observaciones:											
Fecha:											
Facilitador:											
Participantes											

Figura 31. Formato de lección de punto único. Fuente: Elaboración propia

Para realizar de forma segura cualquier trabajo en la máquina es necesario aplicar bloqueo de energías peligrosas. Se conoce como energías peligrosas a cualquier forma de energía: eléctrica, neumática, mecánica, química, nuclear, térmica o cualquier otro tipo, presente en

un equipo que puede convertirse en un riesgo para la seguridad física de los trabajadores, equipo o instalación (Asepeyo, 2020)

La empresa electrónica en la que se desarrolla esta investigación cuenta con una política clara llamada “Política de control de energía peligrosa”, la cual es conocida por todo el personal, pero generalmente las actividades son ejecutadas por el equipo de mantenimiento.

De acuerdo a su texto escrito la política conocida como bloqueo y etiquetado tiene como propósito: prevenir daños causados por la activación inesperada o la liberación de energías peligrosas durante las actividades del servicio y mantenimiento relacionadas. Esta política establece los requisitos mínimos de funcionamiento para el control de tales energías peligrosas. Con la implementación de TPM, se pretende certificar al operador de máquina para que se convierta en un empleado autorizado a realizar actividades de bloqueo y etiquetado de máquina, este y otros temas a certificar internamente se muestran en la Tabla 18.

En la Figura 32, se presentan imágenes de cómo se utiliza el bloqueo y etiquetado dentro de la empresa industrial.



Figura 32. Ejemplo de bloqueo y etiquetado en la empresa industrial. Fuente: Elaboración propia

A continuación, se propone un ejemplo de control de limpieza e inspección en la línea piloto, mostrado en la Figura 33 y Figura 34.

Fecha:	Nombre del equipo:	N° de máquina:		Semana:										
Categoría	# Actividad	Método	Herramienta	Tiempo (Min.)	Frecuencia	Estándar	Turno	L	M	M	J	v	S	D
Limpieza y lubricación	1 Limpieza y lubricación de rieles de transporte	Visual - Manual	Manta	5	1-B	Sin residuos	1							
	2 Limpieza de chucks de carrusel	Visual - Manual	Manta	15	1-B	Sin residuos	1							
	3 Limpieza de espejos de cámara	Visual - Manual	Manta	5	1-B	Sin residuos	1							
	4 Limpieza general de área de trabajo (Aspirado de unides sueltas)	Visual - Manual	Aspiradora	5	2-B	Sin residuos	2							
Auditoria	1 Revisión de cortinas de seguridad	Visual	N/A	2	A	luz indicadora en control	1							
							2							
							3 ó 4							
	2 Revisión de fuga de aire	Auditiva	N/A	3	A	Sin fuga	1							
							2							
	3 Vericar sonido de activación de bomba de vacío	Auditiva	N/A	2	A	Sin fuga	1							
							2							
4 Revisión de fuga de aceite	Visual	N/A	2	A	Sin fuga	1								
						2								
3 ó 4														
5 Revisión de bases de contacto para mediciones de LI	Manos	N/A	10	1-B	*	1								
6 Revisión de pistones de sistema	Visual	N/A	5	1-B	*									
7 Revisión de temperatura de sellado	Manos	N/A	10	A	40°C	1								
						2								
						3 ó 4								

Figura 33. Ejemplo de control visual e inspección en línea piloto (Parte frontal del formato). Fuente: Elaboración propia.

Categoría	#	Actividad	Método	Herramienta	Tiempo (Min.)	Frecuencia	Turno	Firma de responsable						
								L	M	M	J	v	S	D
Limpieza y lubricación	1	Limpieza y lubricación de rieles de transporte	Visual - Manual	Manta	5	1-B	1							
	2	Limpieza de chucks de carrusel	Visual - Manual	Manta	15	1-B	1							
	3	Limpieza de espejos de cámara	Visual - Manual	Manta	5	1-B	1							
	4	Limpieza general de área de trabajo (Aspirado de unides sueltas)	Visual - Manual	Aspiradora	5	2-B	2							
Auditoria	1	Revisión de cortinas de seguridad	Visual	N/A	2	A	1							
							2							
							3 ó 4							
	2	Revisión de fuga de aire	Auditiva	N/A	3	A	1							
							2							
							3 ó 4							
	3	Vericar sonido de activación de bomba de vacío	Auditiva	N/A	2	A	1							
							2							
							3 ó 4							
	4	Revisión de fuga de aceite	Visual	N/A	2	A	1							
							2							
							3 ó 4							
	5	Revisión de bases de contacto para mediciones de LI	Manos	N/A	10	1-B	1							
	6	Revisión de pistones de sistema	Visual	N/A	5	1-B								
7	Revisión de temperatura de sellado	Manos	N/A	10	A	1								
						2								
						3 ó 4								
Abreviaturas														
A: Todos los turnos, al inicio de turno														
B: Solo 1 turno, indicar que turno previo a la "B"														
*: Revisar especificación														
OK: Operando correctamente														
R: Reparación necesaria														

Figura 34. Ejemplo de control visual e inspección en línea piloto (Parte posterior del formato). Fuente: Elaboración propia.

Tal y como se mencionó previamente, el control debe estar conformado por los hallazgos de la limpieza profunda (actividad del plan maestro, Figura 46) y todas aquellas actividades que puedan ser asignadas al operador posterior a un entrenamiento correspondiente, esto no implica que el control de limpieza o inspección pueda ser modificado conforme la filosofía de TPM madura en la empresa.

Adicional, los controles tienen que ser claros, mostrar el método propuesto para la actividad previamente consensuado entre producción y mantenimiento, las herramientas a utilizar, el tiempo calculado para su realización, la frecuencia y el responsable.

Para dar soporte al control es importante crear estándares visuales accesibles que orienten al personal operativo en su rutina diaria.

**Paso 2: Eliminar las fuentes de contaminación y puntos inaccesibles.**

El objetivo de este paso es reducir el tiempo de limpieza, chequeo y lubricación a través de la prevención de fugas, derrames y mejorando la inaccesibilidad de las áreas de los equipos.

Es acá donde los operadores buscan mejoras eficaces posterior a la implementación del paso 1.

### **Identificar y eliminar fuentes de contaminación**

Las áreas de producción en la industria poseen diferentes fuentes de contaminación dependiendo del rubro y estas fuentes tienen un efecto en el deterioro de los equipos si no son tratadas de forma adecuada, ejemplo de esto pueden ser: lubricantes, fluidos hidráulicos, polvos, vapor u otros materiales.

Para contrarrestar el efecto de deterioro debido a las fuentes de contaminación se pueden tomar las siguientes acciones:

- Analizar la naturaleza de la contaminación (cómo y dónde se origina)
- Recolección de datos cuantitativos sobre el volumen de fugas, derrames y otras fuentes de contaminación.
- Localizar la contaminación para luego reducirla mediante la implementación de mejoras sucesivas y mejoras orientadas de acuerdo a su magnitud.
- Considerar el uso de nuevas técnicas y materiales para sellados, juntas, medios de protección.

Debido al poco uso de los equipos del área piloto durante la calificación del producto, ha sido difícil la selección de una fuente de contaminación, sin embargo, se ha visto que uno de los primeros problemas en los equipos, es la caída de producto alrededor de las mismas, Figura 35, esto ha generado problemas de transporte y de lecturas incorrectas en las mediciones de parámetros eléctricos, por lo que se propone como punto importante de inspección el sistema de vacío y todas las mangueras de conexión, adicional, se recomienda sellar todos aquellos espacios por donde las cinchas con cables salen del interior de la máquina, esto como una contramedida para evitar que el producto caiga en el interior de las máquinas.

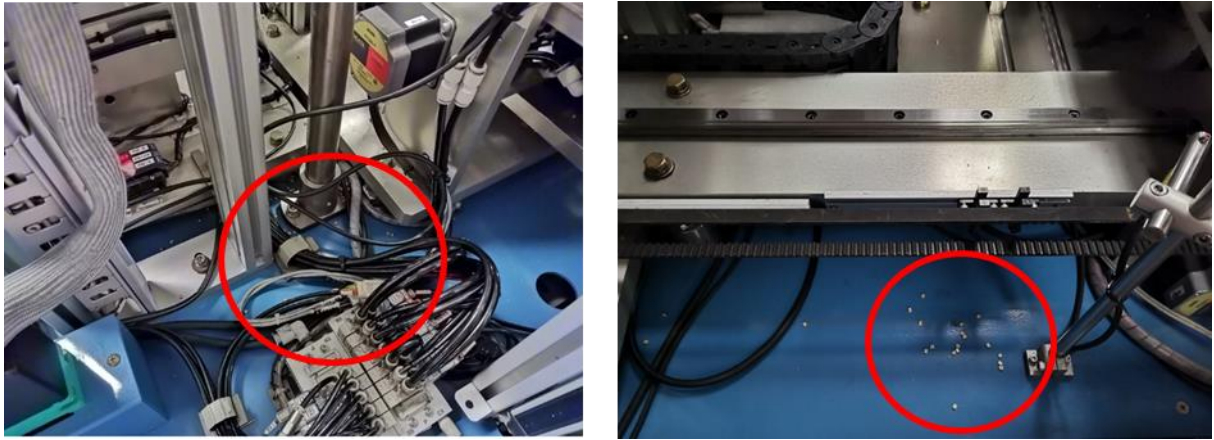


Figura 35. Producto alrededor de los equipos. Fuente: Elaboración propia

La identificación de fuentes de contaminación es parte de la tarea del operador, y esta se llevará a cabo en el día a día y conforme madure la actividad de inspección en la máquina; la eliminación o disminución de las fuentes de contaminación no será tarea del operador, sino del departamento de mantenimiento, el operador deberá reportar sus hallazgos, tal y como se describe en la Figura 46.

### **Mejorar la accesibilidad de las áreas de los equipos.**

Las actividades realizadas en el paso 1 pueden requerir de un sobre esfuerzo, de tiempo innecesario e incluso condiciones que presenten un nivel de peligro adicional para el personal, la suma de estas circunstancias hace que las actividades del paso 1 se diluyan en el tiempo sin el seguimiento adecuado, es por eso que se busca en esta etapa del mantenimiento autónomo: Reducir los tiempos de limpieza, los tiempos de chequeos e identificar áreas de acceso difíciles para la lubricación, todo esto es posible haciendo uso de herramientas gráficas y para esto es necesario evaluar cada una de las actividades de limpieza, de chequeo y de lubricación con el objetivo de simplificar y estandarizar. Nuevamente puede hacerse uso de las herramientas lección de un punto.



- Reducir tiempos de limpieza: Definir actividades y herramientas a utilizar para la eliminación de los focos de contaminación, esto se puede hacer a través de un estándar visual y un *check list* de puntos a limpiar.
- Reducir tiempos de chequeos: Definir las actividades, las herramientas adecuadas y los puntos de inspección generados con la experiencia obtenida en el punto 1, una vez más se puede hacer uso de estándares visuales y un *check list* para el personal operativo.
- Áreas de acceso difíciles para la lubricación: Esta actividad debe de hacer uso de gráficos de lubricación que permitan al operador revisar niveles y/o reponer filtros, identificar correctamente las entradas de aceite, estandarizar los tipos de lubricantes y tomar acciones para evitar la contaminación en las entradas del lubricante.

### **Paso 3: Establecer estándares de limpieza e inspección.**

El objetivo de este paso es sostener en el tiempo los pasos 1 y 2, garantizando así las condiciones básicas del equipo, para lograr esto, los operadores deben de estandarizar procedimientos de limpieza e inspección y como punto importante, asumir la responsabilidad de mantener su propio equipo.

- Establecer estándar de inspección y lubricación: es necesario involucrar al personal que opera los equipos en realizar inspecciones periódicas guiadas. Con el personal de mantenimiento se propone el uso del formato mostrado en la Figura 36

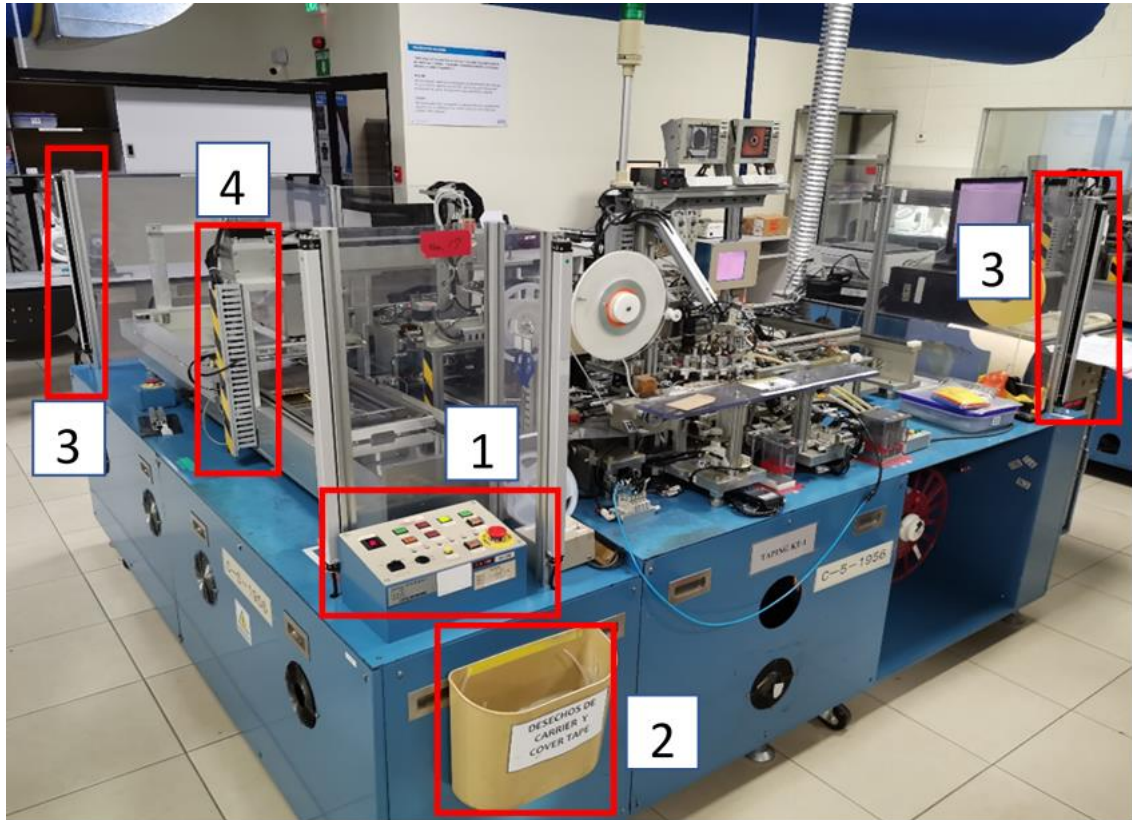


Figura 36. Estándar de trabajo de máquina en área piloto. 1) Control de equipo, 2) Depósito de desperdicios, 3) Sistema de seguridad, 4) Identificación de partes móviles

Los estándares para el equipo parten de la utilización de las 5'S, identificando y seleccionando las áreas de trabajo y el acceso que el operador tendrá para realizar sus actividades de limpieza, lubricación y apriete.

Para la generación de estándares y su respectiva comunicación se podrá hacer uso de herramientas como las lecciones de un punto o colocar en áreas visibles en la máquina el método y/o herramienta a utilizar para actividades específicas.

### 7.3.3 Pilar: Formación y adiestramiento

El recurso de mayor importancia dentro de una empresa es el humano, el crecimiento de la empresa dependerá de que cada uno ejerza su potencial pleno. Es por esto, que el TPM con el pilar de formación y entrenamiento busca fortalecer el recurso humano, facilitando así la adaptación del personal a los cambios corporativos, a los avances tecnológicos y a la innovación de las directivas.

Asimismo, tiene como objetivo secundario romper el paradigma de producción y mantenimiento como dos departamentos aislados, esto a través de formar personas competentes que conozcan y comprendan su equipo de forma precisa. Con este pilar se plantea trabajar con operadores capaces de cuidar el equipo y técnicos que obtengan tecnología y conocimientos superiores sobre el funcionamiento del equipo.

TPM afirma que el desarrollo de las destrezas del personal incide directamente en la empresa y propone que, para cumplir con dicho objetivo, el pilar de formación y adiestramiento debe basarse en dos conceptos básicos los cuales son:

- Entrenamiento en el mismo trabajo
- Autodesarrollo

Para lograr el cumplimiento y los buenos resultados los directores y mandos medios deben de invertir recursos para generar las competencias del personal. La estrategia formativa del TPM requiere además desarrollar personas competentes en equipos, por lo que, los directores y mandos medios deberán enfocar su energía en conseguir este reto. Es en este punto que surge el cuestionamiento ¿Qué se espera de un operario competente en equipos?, para contestar esto Suzuki afirma que los operarios deben adquirir las cuatro habilidades mostradas en la Figura 37 y deben estar tan familiarizados con sus equipos que éstos lleguen a ser como una prolongación de sus brazos y cerebros.

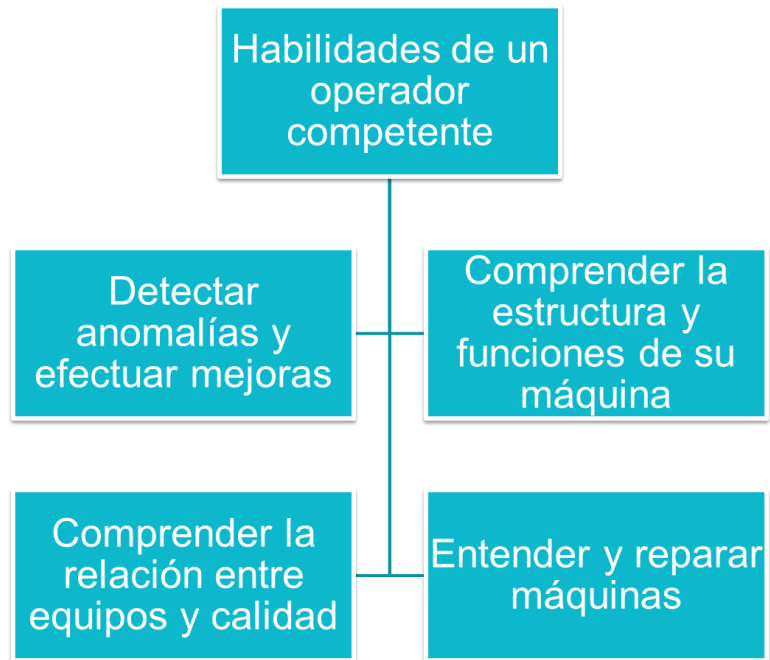


Figura 37. Habilidades de un operador competente (Suzuki, 2017)

El primer paso de cualquier programa de formación es identificar el nivel de conocimiento, tecnología, capacidad y competencia inicial del personal de acuerdo a su posición y a las actividades que tenga que realizar, posterior a esto, se define el nivel requerido para determinar las brechas a trabajar.

Para dar inicio con el desarrollo de este pilar, se realizó una autoevaluación del pilar de adiestramiento y formación, en la Figura 38, se muestran los resultados obtenidos en el área piloto. Como se observa, ninguna de las categorías cumple con la meta mínima de estudio por lo cual, es necesario plantear un plan de acciones enfocadas en la mejora de estos resultados. Estas acciones tan basadas en lo plantado por Suzuki.

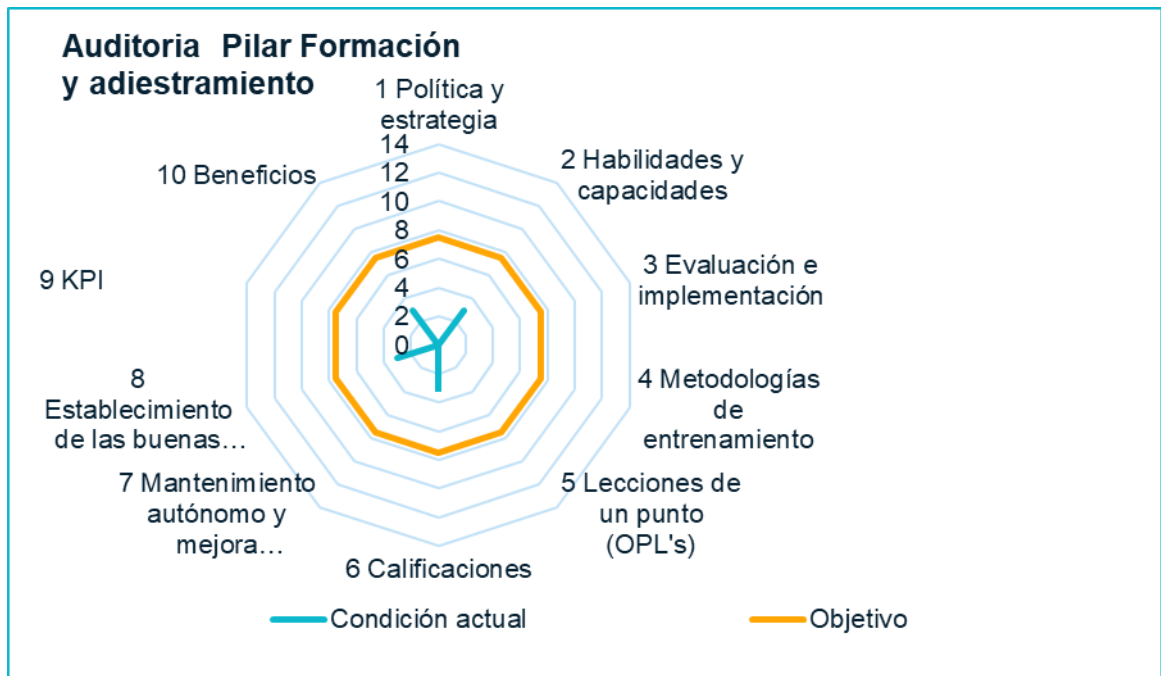


Figura 38. Resultados auditoría: Pilar formación y adiestramiento. Fuente: Elaboración propia

#### Propuesta de plan de implementación

Suzuki plantea que al desarrollar de forma sistemática seis pasos para impulsar las capacidades, es posible lograr la formación necesaria para el personal operativo y técnico. Por lo cual el plan a proponer, se basa en este esquema.

Es necesario definir que es capacidad, Suzuki la define como a las habilidades, cualidades o aptitudes que permiten el desarrollo de un trabajo; la Real Academia de la lengua española, en cambio lo define como la cualidad de ser apto, con talento o cualidades para algo. Por lo cual, se muestran los pasos para impulsar las capacidades de operación y mantenimiento:

#### **Paso 1: Evaluación de programa de formación actual**

Con este paso se pretende analizar el programa actual y establecer políticas y estrategias prioritarias. La empresa cuenta con dos tipos de planes para la formación, el plan inicial de certificación aplicado a personal nuevo y plan de recertificación, el cual se realiza de forma anual y consiste en examinar al personal en el área ya certificada.

Para ambos planes es necesario una revisión real y profunda de su impacto en el desarrollo de las actividades del personal, esto con el objetivo de identificar los problemas y vacíos que presenta el sistema, posterior a esto, es necesario establecer políticas y estrategias perfiladas a solventar dichos problemas de acuerdo a las circunstancias particulares de la empresa. Las políticas, metas y estrategias desarrolladas servirán como guía de los siguientes pasos.

A continuación, en la Figura 39 y 40, se muestra el plan actual inicial de certificación para el personal técnico y personal operativo, en el cual se refleja que es un plan básico, que no abarca todas las áreas de importancia y claramente el personal operativo no se relaciona con actividades de inspección, lubricación o reparación de averías. Por lo tanto, es necesario mejora dicho plan de entrenamiento.

NOMBRE: \_\_\_\_\_ No BADGE: \_\_\_\_\_ DEPTO. \_\_\_\_\_ ÁREA: \_\_\_\_\_ FUNCIÓN: \_\_\_\_\_

	TIPO DE ENTRENAMIENTO	PERIODO ENTRENAMIENTO (SEMANAS)										FIRMA ENTRENADOR	FIRMA ENTRENADO
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	Descripción del puesto												
2	Recorrido y descripción del proceso												
3	Lectura de especificaciones												
4	Operación máquina y explicación de los parametros												
	VARIABLES CRÍTICAS 1												
	VARIABLES CRÍTICAS 2												
	VARIABLES CRÍTICAS 3												
	Seteo de máquina												
5	Carga y descarga												
6	Troubleshooting de proceso y alarmas												
	Alarmas básicas												
	Alarmas críticas												
	Fallos eléctricos												
	Aumento/Disminución de presiones												
7	Familiarización con papeleo												
	Hoja de proceso												
	Controles de producción												
	Control de mantenimiento												
	Log de alarmas												
	Libro de comunicacion												
8	Crear criterios de inspeccion												
	Unidades contaminadas												
	Unidades dañadas												
	Revisión de producto en carga/descarga												

FECHA \_\_\_\_\_ ENTRENADOR \_\_\_\_\_

FECHA \_\_\_\_\_ RESPONSABLE DEL AREA \_\_\_\_\_

Figura 39. Plan inicial de certificación actual de técnico de reparación y mantenimiento. Fuente: Elaboración propia

NOMBRE: \_\_\_\_\_ No BADGE: \_\_\_\_\_ DEPTO. \_\_\_\_\_ FUNCIÓN: \_\_\_\_\_

	TIPO DE ENTRENAMIENTO	PERIODO ENTRENAMIENTO (SEMANAS)							FIRMA ENTRENADOR	FIRMA ENTRENADO
		1	2	3	4	5	6	7		
1	Recorrido y descripción del proceso									
2	Lectura de especificaciones ING. PROCESO.CEP.SALUD Y SEGURIDAD									
3	Conocimiento de la máquina									
4	Inspección del producto									
5	Identificación de materia prima									
6	Conocimiento de documentación y llenado de papelería									
7	Práctica supervisada									

FECHA: \_\_\_\_\_ ENTRENADOR: \_\_\_\_\_ FIRMA \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_ RESPONSABLE DEL ÁREA: \_\_\_\_\_ FIRMA \_\_\_\_\_

Figura 40. Plan inicial de certificación actual de operador. Fuente: Elaboración propia

## **Paso 2: Elaboración de plan maestro de formación**

Es necesario elaborar un programa de formación para mejorar las capacidades de mantenimiento y operación. El avance tecnológico es un aspecto crítico en el diseño de los programas de formación, es necesario que las empresas capaciten al personal en nuevas tecnologías y en más especialidades, estos programas deben de iniciar desde lo elemental, lo básico, intermedio y lo avanzado. Cada empresa debe de diseñar su propio sistema de acuerdo a los equipos utilizados y debe hacer los cambios que sean necesarios en función de su realidad. Es necesario estar consciente que esto no se logrará de la noche a la mañana, se requiere de tiempo y recursos brindados por la empresa.

Con el fin de conocer las brechas y opiniones entre el personal operativo actual y lo esperado con la aplicación de TPM, se ha realizado una encuesta con el personal de cada turno que opera en la máquina N\_1. La encuesta consiste en 30 preguntas para conocer el nivel de involucramiento del operador en actividades de mantenimiento, conocimiento de aspectos de seguridad industrial, interés y motivación del área, de tal manera de alimentar el plan maestro de formación acorde a la realidad de la empresa, en la Figura 41 se muestra el esquema de la encuesta.

Este instrumento se utilizó con las 16 operadoras del área seleccionada, obteniendo los resultados mostrados en la Figura 42, para ninguna de las áreas se obtuvo el resultado esperado, por lo tanto, el plan maestro de formación debe orientarse a reducir esta brecha.



Evaluación inicial de conocimientos técnicos

NOMBRE: \_\_\_\_\_

No BADGE: \_\_\_\_\_

ÁREA: \_\_\_\_\_

FUNCIÓN: \_\_\_\_\_

Responda cada una de las preguntas con los siguientes criterios:

**1: Nulo, 2: Menos de lo esperado, 3: Lo esperado, 4: Mejor de lo esperado**

Pregunta	1	2	3	4
1 ¿Conoce los tipos de fallos más comunes en la máquina?				
2 ¿Reconoce la información en la viñeta de mantenimiento?				
3 ¿Podría identificar una falla y su posible solución?				
4 ¿Alguna vez ha reparado la máquina sin asistencia técnica?				
5 ¿Realiza una inspección antes de iniciar su producción?				
6 ¿Existe un registro de fallos?				
7 ¿Considera usted que las capacitaciones han sido adecuadas para su trabajo?				
8 ¿Conoce el equipo de seguridad necesario para intervenir la máquina?				
9 ¿Asocia un defecto de calidad con su posible causa?				
10 ¿Conoce las guardas de su máquina y su importancia?				
11 ¿Se considera una persona motivada en su trabajo?				
12 ¿Reconoce los indicadores de productividad?				
13 ¿Conoce su rol en la empresa?				
14 ¿Considera que usted podría incluir actividades de reparación en su trabajo?				
15 ¿Reconoce puntos de lubricación de su máquina?				
16 ¿Conoce la filosofía de TPM?				
17 ¿Reconoce lugares de limpieza de su máquina?				
18 ¿Ha utilizado lecciones de punto único?				
19 ¿Reconoce cuando debe parar su máquina por un fallo?				
20 ¿Realiza una inspección antes de solicitar asistencia técnica?				
21 ¿Tiene alguna experiencia técnica en su vida laboral?				
22 ¿Reconoce que es el bloqueo y etiquetado?				
23 ¿Considera favorable su involucramiento en actividades técnicas?				
24 ¿Ha recibido capacitación en "primeros auxilios" para su máquina?				
25 ¿Conoce todos los paros de seguridad de la máquina?				
26 ¿Reconoce cuando es necesario para su máquina por un problema de calidad?				
27 ¿Reconoce cuando es necesario para su máquina por un problema mecánico?				
28 ¿Conoce todos los tipos de energía usados en su máquina?				
29 ¿Se encuentra interesado en aprender más sobre su máquina?				
30 ¿Considera usted que las condiciones de seguridad son adecuadas?				

Figura 41. Encuesta para operador de máquina N\_1. Fuente: Elaboración propia

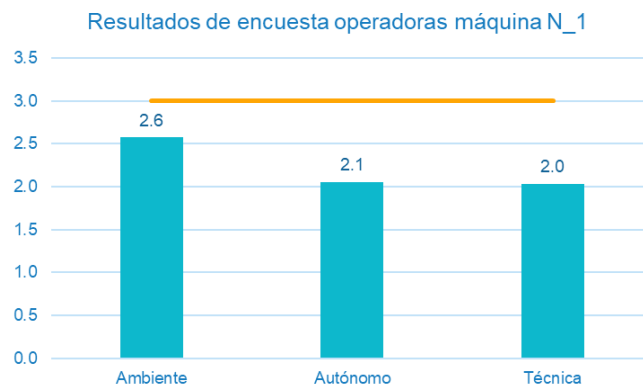


Figura 42. Resultados de encuesta en área N\_1. Fuente: Elaboración propia

Se recomienda realizar el plan de formación constante, dividido en diferentes niveles de aprendizaje, de tal manera de ir creciendo en conocimiento y responsabilidades adquiridas.

En el presente documento se muestra el temario propuesto para el nivel 1 enfocado en el personal operativo, se recomienda realizar un análisis de brechas y proponer plan para mejorar el plan de capacitación del personal técnico.

En la Tabla 18, se propone el plan de formación nivel 1: orientado a personal con menos de 3 años de experiencia en la operación de la máquina. Este temario se plantea utilizar en sustitución del plan inicial de certificación y se muestra el cronograma en Figura 43 Asimismo, se recomienda incorporarlo en el plan de recertificación cumpliendo con la frecuencia mostrada en la Tabla 18.

*Tabla 18. Temario de formación operativa nivel 1, certificación interna*

Tema a impartir	Responsable	Frecuencia	Duración
Conceptos básicos de TPM	Líder TPM	Única	10 horas
Técnicas utilizadas en TPM: Lección punto único, tarjetas de anomalías, bloqueo y etiquetado...	Líder TPM	Semestral	10 horas
5s en área de trabajo	Ingeniería	Bimensual	1 hora
Trabajando con seguridad: prevención de riesgos	Supervisor EHS	Semestral	2 horas
Funcionamiento general de máquina	Supervisor de mantenimiento	Anual	10 horas
Inspección, limpieza y lubricación	Supervisor de mantenimiento	Anual	10 horas
Conocimiento del producto: calidad y productividad	Ingeniero QC	Semestral	2 horas
Mantenimiento autónomo y rol operativo	Líder TPM	Única	1 hora
Trabajando con seguridad: Política bloqueo y etiquetado	Supervisor EHS	Semestral	2 horas

Tema a impartir	Responsable	Frecuencia	Duración
Aplicación de bloqueo y etiquetado en área de trabajo	Supervisor de mantenimiento	Semestral	10 horas
Identificación y solución de pequeñas averías	Supervisor de mantenimiento	Semestral	20 horas

Fuente: Elaboración propia

	TIPO DE ENTRENAMIENTO	PERIODO ENTRENAMIENTO (SEMANAS)														FIRMA ENTRENADOR	FIRMA ENTRENADO	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
1	Recorrido y descripción del proceso	■																
2	Lectura de especificaciones ING. PROCESO.CEP.SALUD Y SEGURIDAD		■															
3	Conceptos básicos de TPM			■														
4	Técnicas utilizadas en TPM: Lección punto único, tarjetas de anomalías, bloqueo y etiquetado...				■													
5	5s en área de trabajo					■												
6	Trabajando con seguridad: prevención de riesgos						■											
7	Funcionamiento general de máquina							■										
8	Inspección, limpieza y lubricación								■									
9	Conocimiento del producto: calidad y productividad									■								
10	Mantenimiento autónomo y rol operativo										■							
11	Trabajando con seguridad: Política bloqueo y etiquetado											■						
12	Aplicación de bloqueo y etiquetado												■					
13	Identificación y solución de pequeñas averías													■				
14	Identificación de materia prima														■			
15	Conocimiento de documentación y llenado de papelería															■		
16	Práctica supervisada																■	
FECHA: _____ ENTRENADOR: _____																FIRMA	_____	
FECHA: _____ RESPONSABLE DEL ÁREA: _____																FIRMA	_____	

Figura 43. Plan inicial de certificación propuesto de operador. Fuente: Elaboración propia

Para la investigación se propone únicamente el primer nivel de enseñanza por limitaciones de tiempo, el nivel 2 debe considerar capacitaciones internas o externas enfocadas en las principales razones de averías, de tal modo que el operador sea experto en la resolución de problemas relacionados a: cambio de fajas, controlador de temperatura, sensores, entre otros temas relacionados.

A continuación, se muestra de forma teórica la implementación de los pasos 3 a 6, estos no fueron desarrollados en el área piloto por limitaciones de tiempo.

### **Paso 3: Práctica de la formación sobre operaciones y mantenimiento**

Acá se describe como mejorar las capacidades de operación y mantenimiento hasta el nivel requerido en un programa TPM eficaz, se definen 4 actividades:

- *Currículo de formación:* Se debe de desarrollar un currículo en función de los equipos de la empresa, los niveles de capacidad, las áreas específicas a enseñar y el tiempo a invertir. En la Figura 44, se muestra el currículo de formación propuesto de forma básica, es necesario aclarar que será necesario hacer más programas con diferentes aproximaciones y niveles de exigencia, esto deberá estar acorde al personal a impartirlo como a recibirlo.



Figura 44. Propuesta de currículo de formación. Fuente: Elaboración propia

- **Planes y materiales para lecciones:** Se recomienda como modelo de aprendizaje el autodesarrollo, dedicando un 70% de práctica y un 30% a lo teórico. Para cada tema hay que generar un plan de lecciones específicas en función de las circunstancias y las necesidades de la empresa, al mismo tiempo se debe de brindar todo el material y equipo para poder cumplir con las prácticas de formación.
- **Clases:** Las actividades de formación práctica se recomienda que sean lo más personalizadas posible, un instructor, un alumno, mientras que las actividades teóricas pueden ser en una proporción de 6/10 alumnos por instructor.
- **Entrenamiento:** Las actividades de formación teóricas deben de estar basadas en situaciones reales de la empresa, esto permitirá al alumno ser más eficaz en la práctica, acá hay que recordar la importancia del enfoque de autodesarrollo indicado anteriormente. En esta etapa se puede hacer uso de las lecciones de un punto que faciliten la información básica a los alumnos, al mismo tiempo esta herramienta se puede utilizar para que los alumnos discutan entre si lo aprendido. En la Figura 45, se muestran los diferentes enfoques de las acciones de punto único.

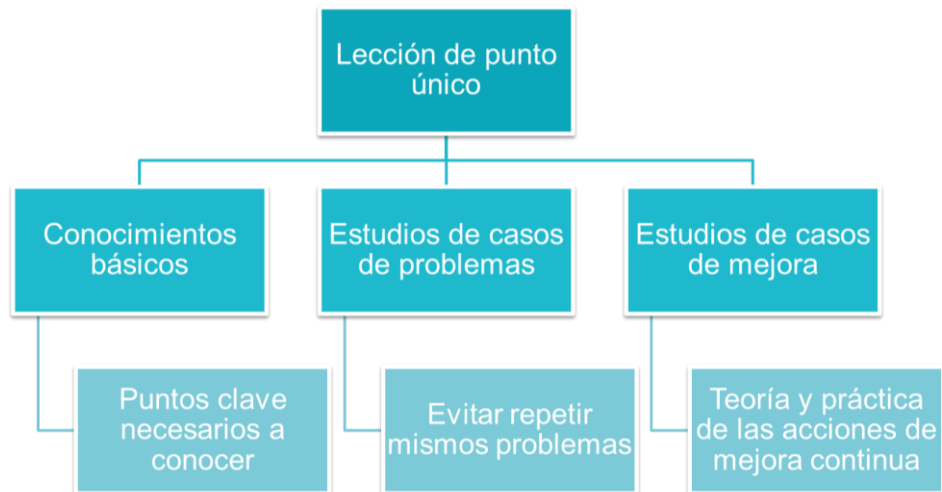


Figura 45. Tipos de lecciones de un punto. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 31, se muestra el formato de lecciones de punto único propuesto a utilizar en el desarrollo de los entrenamientos. Es necesario aclarar que un buen plan de formación no se debe apresurar, una buena comprensión práctica necesita tiempo.

**Paso 4: Proyectar y desarrollar un programa de formación permanente de capacidades**

Es necesario establecer un plan de formación a largo plazo para el personal de mantenimiento y producción, este plan debe ajustarse a las necesidades de las personas y a las áreas en las que estas se desarrollan, esto tiene por objetivo facilitar la adaptación ante los cambios tecnológicos en el personal; una vez más, el enfoque del programa debe de ser en el propio trabajo y el autodesarrollo.

De la disciplina de este punto dependerá el desarrollo de un sistema de mantenimiento robusto, ya que es acá donde los supervisores evalúan las capacidades nuevas del personal con un nivel de frecuencia previamente establecido y diseñan planes para equilibrar su formación, siempre fomentando el entrenamiento en el mismo trabajo y el autodesarrollo.

### **Paso 5: Promover un ambiente de autodesarrollo**

Es necesario brindar al personal operativo espacio para reforzar las debilidades y capacidades en el trabajo diario, en este sentido, las empresas deben promover el autodesarrollo a través cursos y/o ayuda financiera para la formación. Suzuki propone un esquema de desarrollo para la estimulación del autodesarrollo abarcando tres elementos de formación, para el desarrollo de este pilar en la empresa industrial se sugiere hacer uso únicamente de dos elementos que se muestran:

- Cursos por correspondencia: orientado para todos los empleados, el financiamiento corre por parte de la empresa y el empleado de forma conjunta.
- Formación con videos: orientados a pequeños grupos para mostrar una operación o proceso en específico, estos podrían ser elaboradores por la empresa para no incurrir en mayor costo.

### **Paso 6: Evaluar las actividades y planificar el futuro**

Es necesario evaluar periódicamente las actividades de formación, esto con el objetivo de medir el nivel de progreso que presenta el personal versus lo objetivos establecidos. Esta revisión periódica y con disciplina facilitará el crecimiento de las capacidades del personal de forma sostenida y en consecuencia la de la empresa



Plan maestro propuesto

Pilar	# Paso	Actividad	Objetivo	Responsable	Duración (Semanas)																							
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Mantenimiento autónomo	Lanzamiento del programa de TPM en área piloto	Comunicación en toda la planta del arranque del programa de TPM	Comunicar por parte de la alta gerencia a todo el personal de la planta del inicio del programa de TPM	Gerencia general	■																							
	0-5s	Autoevaluación de implementación de 5s	Comprender el estado de la implementación de la herramienta	Auditor de calidad	■																							
		Capacitación paso 0: 5s	Asegurar que el equipo operativo conozca la herramienta a implementar	Líder implementación TPM		■																						
		Auditoría de implementación de 5s	Comprobar que los resultados obtenidos en la línea piloto han sido sostenidos	Auditor de calidad			■								■						■					■		
	1-Limpieza inicial	Definición de responsabilidades de limpieza	Establecer alcance del operador en las tareas de limpieza del equipo	Líder implementación TPM		■																						
		Capacitación paso 1: Limpieza inicial	Asegurar el conocimiento del funcionamiento básico del equipo, riesgos asociados y equipo de seguridad	Líder implementación TPM			■																					
		Realización de gran limpieza	Revisar equipos y descubrir irregularidades	Líder implementación TPM				■	■	■																		
		Capacitación en uso de tarjetas de anomalías	Identificar anomalías a ser corregidas	Líder implementación TPM							■																	
		Capacitación en uso de lecciones de punto único	Transmitir información específica a un grupo reducido de personas en corto periodo de tiempo	Líder implementación TPM								■																
		Capacitación en política de control de energía peligrosa	Prevenir daños causados por la activación inesperada o la liberación de energías peligrosas durante las actividades	Supervisor EHS									■	■														
		Auditoría de limpieza	Generar check list de limpieza	Jefatura de producción/Operador											■							■					■	
		2-Fuentes de contaminación	Identificación de fuentes de contaminación y puntos inaccesibles	Identificar a través de la rutina de limpieza las fuentes de contaminación y puntos de difícil acceso	Operador										■	■												
	Revisión y/o modificación de fuentes de contaminación y puntos inaccesibles		Verificar la posibilidad de erradicar las fuentes de contaminación y los puntos inaccesibles	Supervisor de mantenimiento											■	■	■											
	3-Establecer estándares de limpieza e inspección	Capacitación paso 3: Establecer estándares de limpieza e inspección	Involucrar al personal operativo en realizar inspecciones periódicas guiadas	Líder implementación TPM											■													
		Generar estándar de anomalías del equipo	Establecer un estándar de anomalías que pueda detectar el operador en su actividad de limpieza	Supervisor de mantenimiento												■	■	■										
		Generar estándar de áreas y partes que requieren lubricación	Establecer un estándar de áreas de lubricación que puedan ser intervenidas por el operador	Supervisor de mantenimiento													■	■	■									
		Generar estándar de áreas y partes que requieren apriete	Establecer un estándar de áreas y partes del equipo que requieren apriete por el operador	Supervisor de mantenimiento													■	■	■									
		Entrenamiento de anomalías, lubricación y apriete del equipo	Entrenar al personal operativo en la detección de anomalías y en la correcta lubricación del equipo	Jefe de producción														■	■	■								
		Auditoría de pasos 3	Comprobar que los resultados obtenidos en la línea piloto han sido sostenidos	Auditor de calidad																			■				■	

Figura 46. Cronograma de desarrollo de plan maestro propuesto pilar mantenimiento autónomo. Fuente: Elaboración propia

Pilar	# Paso	Actividad	Objetivo	Responsable	Duración (Semanas)																							
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Mantenimiento planeado	N/A	Preparar registro de equipos	Proporcionar datos para realizar una evaluación del equipo	Supervisor de mantenimiento	■																							
		Elaboración de listado de anomalías	Registrar anomalías para su posterior priorización y asignación de recursos	Supervisor de mantenimiento		■	■	■																				
		Determinar indicadores de mantenimiento	Plantear indicadores que aseguren el cumplimiento de los objetivos propuestos	Supervisor de mantenimiento					■	■																		
		Capacitación de análisis de causa raíz	Asegurar que el personal operativo y técnico pueda hacer uso de la herramienta a implementar	Lider implementación TPM									■	■														
		Corregir debilidades de diseño	Revisar los diseños actuales de los equipos y determinar posibilidades de mejora	Supervisor de mantenimiento							■	■	■	■	■													
		Programar actividades de mantenimiento periódico	Definir actividades y frecuencia por equipo	Supervisor de mantenimiento															■	■	■							
		Diseño de sistema de trabajo de tarjetas	Definir el diseño, el registro y la aplicación de tarjetas de trabajo para mantenimiento correctivos	Supervisor de mantenimiento																■	■							
		Crear sistema de gestión de fallos	Analizar los datos recopilados sobre fallos y anomalías para evitar ocurran nuevamente	Supervisor de mantenimiento																	■	■	■	■				
		Crear manual de anomalías	Crear una guía práctica para detectar y resolver anomalías	Supervisor de mantenimiento																				■	■	■		
		Auditar cumplimiento del plan de mantenimiento planeado	Asegurar el cumplimiento de las actividades planeadas	Auditor de calidad																				■	■	■		
		Sistema de control del presupuesto de repuestos	Definir sistema para el control del presupuesto	Supervisor de mantenimiento																				■	■	■		
		Revisar resultados de KPI	Evaluar los esfuerzos del TPM de forma equitativa	Supervisor de mantenimiento																					■	■		
		Formación y adiestramiento	N/A	Revisión de programa de formación	Revisión profunda del programa de formación, determinar brechas versus el estado futuro	Jefatura de producción/Jefatura de Mantenimiento	■	■	■	■																		
Política de formación	Establecer las políticas de formación del personal operativo y de mantenimiento			Gerencia general/Gerencia RRHH/Gerencia Producción/Gerencia Mantenimiento					■	■	■																	
Determinar necesidades	Evaluar competencias del personal operativo y de mantenimiento de acuerdo a las necesidades de la empresa			Jefatura de producción/Jefatura de Mantenimiento							■	■	■															
Plan de formación de personal operativo y de mantenimiento	Elaborar nuevo plan de formación corto y largo plazo del personal de acuerdo a las necesidades de competencia de la empresa			Jefatura de producción/Jefatura de Mantenimiento									■	■	■	■												
Entrenamiento	Primer entrenamiento de plan de formación de corto plazo al personal operativo y de mantenimiento			Jefatura y equipo de mantenimiento													■	■	■	■	■							
Evaluación de actividades de formación	Validar si los planes de formación generan los conocimientos necesarios en el personal			Gerencia RRHH																			■	■				

Figura 47. Cronograma de desarrollo de plan maestro propuesto pilar mantenimiento planeado y formación y adiestramiento. Fuente: Elaboración propia

La Figura 46 expone las actividades para el desarrollo para implementar los pasos 1, 2 y 3 del pilar de mantenimiento autónomo aplicadas al área piloto, se propone un periodo de 21 semanas considerando la inducción del personal operativo, preparar registros ya actividades programadas, la creación de los estándares y la modificación de áreas o partes de equipo que serán parte de la rutina de limpieza e inspección del operador, así como la propuesta de actividades de rediseño para el equipo.

La Figura 47 presenta el plan de implementación del pilar de mantenimiento planeado y de formación y adiestramiento en el área piloto, este se desarrollará en 24 semanas, abarcando diferentes puntos de entrenamientos y capacitaciones, asimismo, recolecciones de datos importantes para el desarrollo del plan de mantenimiento y revisión de cumplimiento de indicadores. Hay que hacer énfasis que este será el primer entrenamiento al personal operativo relacionado a mantenimiento, y que es necesario como parte de la autogestión de TPM la consolidación de planes de formación a largo plazo tanto para el personal operativo como al personal de mantenimiento, que generen y midan si las competencias requeridas por la empresa son congruentes con las políticas establecidas.

## Conclusiones

La empresa electrónica cuenta con pocos indicadores de desempeño, que no son capaces de mostrar la información necesaria para describir la eficacia y productividad de la misma.

El análisis de criticidad no contiene información clave de calidad y seguridad, debido al contexto actual de la línea piloto.

Los resultados de la autoevaluación muestran que las habilidades técnicas del equipo operativo son nulas. Se presenta una clara debilidad en los planes formativos actuales, ya que únicamente abarcan temas de operación de equipos.

Para los pilares evaluados se observa que las mayores brechas se encuentran en los pilares de mantenimiento autónomo y formación y adiestramiento, ya que de 90 puntos posibles se obtuvo 17 y 12 respectivamente.

TPM no es una filosofía del departamento de mantenimiento, más bien es una metodología integral, que no busca solo mejorar la relación de los departamentos de mantenimiento y producción, sino que pretende un cambio cultural en toda la organización, a través del desarrollo del personal, siendo este uno de los más grandes beneficios intangibles.

TPM es una filosofía que tiene beneficios no sólo cuantitativos, también presenta cualitativos importantes como son: el cambio cultural, crecimiento profesional del equipo y mejor ambiente laboral.

## Recomendaciones

Es necesario ampliar los indicadores claves de desempeño utilizados actualmente en la empresa electrónica, de tal manera que faciliten la comprensión de los procesos y el cumplimiento de las metas propuestas. Los datos a recopilar deben venir de una fuente fidedigna y de fácil acceso.

Crear la figura de un líder TPM que trabaje en el desarrollo de esta metodología, con el objetivo de no crear cargas adicionales a las jefaturas de producción y mantenimiento.

Es necesario fortalecer los planes de formación y no limitarse a un plan inicial y una recertificación. Se recomienda mantener un clima de aprendizaje continuo para el personal operativo y técnico.

Se recomienda hacer uso de la herramienta de análisis de criticidad, para facilitar la selección de las siguientes áreas o máquinas donde se pretenda realizar el despliegue de TPM. Al capturar más datos es posible agregar más criterios y realizar un análisis de mayor confiabilidad.

Es importante brindar los recursos como: entrenamientos, publicidad, tiempo, entre otros, que favorezcan el cambio cultural de las jefaturas y en consecuencia el involucramiento del personal operativo en la ejecución de las actividades de mantenimiento autónomo.

Se recomienda involucrar personal operativo, técnico, supervisores de producción, mantenimiento y EHS en la delimitación de las responsabilidades de mantenimiento y producción.

Fortalecer el uso de 5s previo a la implementación de TPM, con auditorías semanales y revisiones diarias de puesto de trabajo, para generar las condiciones adecuadas del inicio de la filosofía.

## Referencias

- Asepeyo. (8 de Febrero de 2020). *Blog Asepeyo*. Obtenido de <https://www.asepeyo.es/blog/seguridad-laboral/controlar-energias-peligrosas/>
- ASQ. (s.f.). ASQ. Obtenido de <https://asq.org/quality-resources/pdca-cycle>
- ATS, Inc. (2019). *advancedtech*. Obtenido de <https://www.advancedtech.com/blog/evolution-of-industrial-maintenance/>
- Beetrack. (Septiembre de 2018). *Beetrack*. Obtenido de <https://www.beetrack.com/es/blog/ciclo-de-deming-etapas-ejemplos>
- Berengueres, J. (2012). *The TOYOTA production system*. Dubai.
- Equipo ALTRAN. (10 de Noviembre de 2016). *Equipo ALTRAN*. Obtenido de <https://equipo.altran.es/el-ciclo-de-deming-la-gestion-y-mejora-de-procesos/>
- Escuela Europea de Excelencia. (28 de Mayo de 2019). *Nuevas Normas ISO*. Obtenido de <https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2019/05/ciclo-phva-en-iso-9001/>
- García, M., Quispe, C., & Ráez, L. (Agosto de 2003). *UNMSM*. Obtenido de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata/article/view/5992/5187>
- Gómez, J. (5 de Diciembre de 2017). *CEREM*. Obtenido de <https://www.cerem.sv/blog/la-espina-de-pescado-de-ishikawa-y-su-relacion-con-el-enfoque-de-marco-logico#:~:text=El%20diagrama%20%E2%80%9Cespina%20de%20pescado,calidad%20percibida%20por%20el%20cliente.>
- Hernández Matías, J. C., & Vizán Idoipe, A. (2013). *Lean Manufacturing conceptos, técnica e implementación*. Madrid: Fundación EOI.
- IECS Group. (2016). *Programa de certificación internacional Lean Six Sigma*. Ciudad de México.
- ISO Tools. (18 de Febrero de 2018). *Isotools*. Obtenido de <https://www.isotools.org/soluciones/procesos/kpis-indicadores>
- Klipfolio. (Enero de 2019). Obtenido de <https://www.klipfolio.com/resources/articles/what-is-a-key-performance-indicator>

- Morales Zamora, J. F. (Marzo de 2012). *Mantenimiento planificado*. Obtenido de [http://www.mantenimientoplanificado.com/tpm\\_archivos/Pilar%20Mantenimiento%20Progresivo%20o%20Planificado%20de%20Juan%20francisco.pdf](http://www.mantenimientoplanificado.com/tpm_archivos/Pilar%20Mantenimiento%20Progresivo%20o%20Planificado%20de%20Juan%20francisco.pdf)
- Operational Excellence Consulting. (20 de Agosto de 2014). *Slideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/oeconsulting/tpm-selfassessment-by-operational-excellence-consulting>
- Pacheco, J. (6 de Junio de 2018). *Heflo*. Obtenido de <https://www.heflo.com/es/blog/optimizacion-procesos/la-mejora-los-procesos/>
- Parra, C. (2004). *Aplicación de la técnica de proceso de análisis jerárquico en los sistemas de plantas de refinación de la industrial petrolera venezolana*. Sevilla.
- Parra, C. (2019). *Ingeniería de Confiabilidad Operacional aplicada al Mantenimiento*. El Salvador: Ingeman.
- Romero, M. P. (Diciembre de 2010). *Bibing*. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4902/fichero/Proyecto.pdf>
- Sanchez Pérez, D. A., & Lozada Arias, J. A. (2013). *ESTRUCTURACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)*. Bogotá.
- Sharma, A. K. (2015). Manufacturing performance and evolution of TPM. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 855-890.
- Suzuki, T. (2017). *TPM en industrias de proceso*. Japan Institute of Plant Maintenance.
- Touron, J. (6 de Marzo de 2016). *Sistemas OEE*. Obtenido de <https://www.sistemasoe.com/definicion-oe/>

8. Anexos

A. Indicadores clave de desempeño sugeridos en TPM

Clasificación	Indicador	Fórmula	Objetivo	Intervalo	Observaciones
Gestión	Beneficio de operaciones	Cuenta de pérdidas y ganancias		Anual	Indica el rendimiento global de la planta
	Proporción entre beneficio de operaciones y capital bruto	$\frac{\text{Beneficio de operaciones}}{\text{Capital bruto}} \times 100$		Anual	Indica el rendimiento global de la planta
	Valor añadido	$\frac{\text{Valor añadido}}{\text{Número de empleados}} \times 100$	1.3 - 1.5x	Anual	Valor añadido por empleado
	Productividad del personal	$\frac{\text{Volumen o cantidad de producción}}{\text{Número de trabajadores}}$	1.4 - 2x	Anual	Output por persona
	Reducción de costes	Reducción de costes absoluta o en porcentaje	De acuerdo con meta anual	Semestral	Porcentaje de reducción de costes o umbral de rentabilidad
	Reducción de personal	Reducción absoluta o porcentual del número de trabajadores	De acuerdo con meta anual	Semestral	En comparación con antes de introducir el TPM
	Reducción en valor stocks producto	Reducción absoluta o en porcentaje del valor stocks de producto	De acuerdo con meta anual	Semestral	En comparación con antes de introducir el TPM
	Reducción en valor trabajo en proceso	Reducción absoluta o en porcentaje del valor del trabajo en proceso	De acuerdo con meta anual	Semestral	En comparación con antes de introducir el TPM
	Eficiencia de inversiones en equipo	$\frac{\text{Producción por período}}{\text{Valor de activos fijos al final del período}} \times 100$	De acuerdo con meta anual	Semestral	Indica la productividad de las



					inversiones de equipos
	Proporción planta/personal	$\frac{\text{Activos fijos de la planta}}{\text{Número de empleados}}$	De acuerdo con meta anual	Semestral	Industrias de proceso: 80,000 a 480,00 \$/persona
Eficacia de la planta	Eficacia global de la planta/ subproceso/ equipos importantes	$\text{Disponibilidad} \times \text{tasa de rendimiento} \times \text{tasa de calidad}$	80-90%	Mensual	Indicador de la eficacia global del proceso
	Disponibilidad	$\frac{CT - (\text{pérdidas SD} + \text{pérdidas de paradas})}{CT} \times 100$	90% o más	Mensual	Pérdidas de paradas (SD): tiempo perdido durante las paradas para mantenimiento, Ajustes de producción, etc. Pérdidas de grandes paradas: tiempo perdido debido a fallos de equipos y proceso
	Tasa de rendimiento	$\frac{\text{Tasa media actual de producción}}{\text{Tasa de producción estándar}} \times 100$	95% o más	Mensual	Indica el rendimiento de la planta
	Tasa de producción estándar	$\frac{\text{Volumen estándar de producción}}{\text{Tiempo}} \times 100$	-	Anual	Capacidad estándar (nominal) de la planta
	Tasa media de producción actual	$\frac{\text{Volumen de producción actual}}{\text{Tiempo de operación}} \times 100$	Valor actual	Mensual	Producción real por unidad de tiempo
	Tasa de calidad	$\frac{\text{Volumen de producción} - (\text{defectos} + \text{reproceso})}{\text{Volumen de producción}}$	99% o más	Mensual	Tasa para el conjunto del proceso obtenida restando del

					volumen producido el output fuera de especificaciones y el producto reciclado
	Número de fallos de equipos	Valores actuales para cada clase de equipos	Grado A=0 Grado B=1/10 Grado C=1/15	Mensual	Número (para cada clase de equipos) de averías inesperadas que han conducido a paradas de producción
	Número de fallos de proceso	Números de fugas, incidentes de contaminación y fenómenos similares	Minimizar	Mensual	Incluye cualquier fenómeno que haya conducido a anomalías de proceso o calidad
Calidad	Tasa de defectos de proceso	$\frac{RC + OS + desecho}{Volumen\ de\ producción}$	1/10 o menos	Mensual	Tasa de generación de productos reciclados (RC), producto fuera de especificación (OS) y desechos
	Coste de defectos de proceso	Coste total de pérdidas generadas por cada tipo de producto	Minimizar	Mensual	Costes de reciclaje, pérdidas de degradación de productos, y valor de costo de desechos
	Número de defectos pasados sin detectar	Número de defectos pasados al proceso siguiente	0	Mensual	Errores de muestreo, errores de inspección intermedia, etc.

	Número de reclamaciones de garantías	Número de reclamaciones de clientes	0	Mensual	Número: 1/10 o menos Tasa: 30-100 ppm
	Valor de reclamaciones de garantías	Valor de las reclamaciones para cada tipo de producto	Minimizar	Mensual	Valor total actual de reclamaciones de garantía
	Rendimiento global	$\frac{\text{Total producto expendido}}{\text{Total primeras materias usadas}}$	Maximizar	Mensual	Rendimiento global de cada tipo de producto
Ahorro de energía	Consumo de electricidad	Tendencia de consumo de electricidad (kWh)	De acuerdo con meta anual	Mensual	Incluida energía comprada y generada internamente
	Consumo de vapor	Tendencia de consumo de vapor	De acuerdo con meta anual	Mensual	
	Consumo de fuel	Consumo de <i>fuel oil</i> , gas natural, etc.	De acuerdo con meta anual	Mensual	
	Consumo de agua	Tendencia de consumo de agua	De acuerdo con meta anual	Mensual	Incluida agua fresca, reciclada y tratada
	Consumo de lubricantes y fluidos	Consumo de lubricantes y fluidos hidráulicos	De acuerdo con meta anual	Mensual	
	Consumo de materiales auxiliares	Consumo de disolventes, pintura, etc.	De acuerdo con meta anual	Mensual	
Mantenimiento	Frecuencia de fallos	$\frac{\text{Número total de paradas debidas a fallos}}{\text{Tiempo de carga}} \times 100$	0.10% o menos	Mensual	Referido a las paradas de 10 minutos o más de duración
	Tasa de gravedad de fallos	$\frac{\text{Tiempo total de paradas denidas a fallos}}{\text{Tiempo de carga}} \times 100$	0.15% o menos	Mensual	Mantener el tiempo total do paradas dentro de 1 h/mes
	Tasa de mantenimiento de emergencia	$\frac{\text{Número de trabajos EM}}{\text{Números total de trabajos PMy EM}} \times 100$	0.5% o menos	Mensual	PM = mantenimiento preventivo

					EM = mantenimiento de emergencia
Costes de paradas debidas a fallos	Tiempo de paradas x coste por unidad de tiempo	Minimizar	Mensual	Incluido la producción perdida. costes de energía, y costes de horas perdidas de personal	
Número de pequeñas paradas y tiempos muertos	Tendencia en el número de pequeñas paradas y tiempos muertos	0	Total mensual (media diaria)	Referido al número de pequeñas paradas y tiempos muertos de menos de 10 minutos	
MTBF	$\frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Número de paradas}}$	2-10 veces	Mensual	Intervalo medio entre fallos	
MTTR	$\frac{\text{Tiempo total de Mantenimiento}}{\text{Número de reparaciones}}$	1/2 a 1/5	Mensual	Tiempo medio de reparaciones	
Reducción en el número de paradas para mantenimiento (SMD)	$\frac{\text{SMD previo}}{\text{SMD actual}}$	De acuerdo con metas anuales	Anual	La meta es ampliar el número de días de producción continua	
Arranque vertical después de las paradas de mantenimiento	Tendencia en el número de problemas de arranque después de las paradas de mantenimiento	Minimizar	Anual	Evitar los fallos tempranos después de las paradas para mantenimiento	
Tasa de logros del PM	$\frac{\text{Tareas PM terminadas}}{\text{Tareas PM planificadas}} \times 100$	90% o más	Mensual	Indica el nivel de la planificación del mantenimiento	
Tendencia CM	Tendencia en logros de mantenimiento correctivo (CM)	Como mínimo 10 por persona y año	Anual	El nivel del mantenimiento correctivo indica la capacidad técnica	

					del departamento de mantenimiento
Tasa de reducción de personal de mantenimiento	Tendencia en la reducción del número de personas de mantenimiento	De acuerdo con metas anuales	Anual		
Tasa de costes de mantenimiento	$\frac{\text{Coste total del mantenimiento}}{\text{Costes totales de producción}} \times 100$	De acuerdo con metas anuales	Semestral	Indica la proporción de los costes de mantenimiento sobre el coste total	
Costes de mantenimiento unitarios	$\frac{\text{Costes de mantenimiento}}{\text{Volumen de producción}} \times 100$	De acuerdo con metas anuales	Semestral	Costes de mantenimiento por unidad de producto	
Tasa de reducción de costes de mantenimiento	Tendencia en la reducción de costes de mantenimiento	De acuerdo con metas anuales	Semestral	Comparación con situación anterior a introducción TPM	
Costes de reparación de fallos inesperados	Tendencia en los costes de reparación de fallos inesperados	De acuerdo con metas anuales	Semestral	Comparación con situación anterior a introducción TPM	
Honorarios de mantenimiento	Tendencia en honorarios de mantenimiento pagados a terceros	De acuerdo con metas anuales	Semestral	Comparación con situación anterior a introducción TPM	
Reducción de stocks de repuestos	Tendencia en el valor de los stocks de repuestos	De acuerdo con metas anuales	Semestral	Comparación con situación anterior a introducción TPM	
Tasa de costes globales de mantenimiento	$\frac{\text{Costes totales de mantenimiento} + \text{pérdidas de paradas}}{\text{Costes totales de producción}} \times 100$	De acuerdo con metas anuales	Semestral	Comparación con situación anterior a introducción TPM	
Tasa de mantenimiento contratado (1)	Contratado debido a falta de tecnología y capacidades	De acuerdo con metas anuales	Anual	Comparación con situación anterior a introducción TPM	

	Tasa de mantenimiento contratado (2)	Magnitud necesaria para absorber falta de capacidad (falta de personal)	De acuerdo con metas anuales	Anual	Comparación con situación anterior a introducción TPM
	Tasa de renovación	Proporción de unidades de equipos obsoletos modernizadas	De acuerdo con metas anuales	Anual	Modernizar el equipo obsoleto física o tecnológicamente
	Desarrollo interno	Tendencia en el número de unidades de equipo desarrolladas internamente	De acuerdo con metas anuales	Anual	Incluir elementos remodelados
	Tasa de corrección de fallos	Tasa de análisis de fallos x Tasa de implantación de contramedidas x Tasa de prevención de repeticiones	De acuerdo con metas anuales	Mensual	Para sacar a la luz debilidades en las medidas contra fallos y prevenir retrocesos
Entorno/ seguridad/ salud	Frecuencia de accidentes	$\frac{\text{Número de dañados/accidentes}}{\text{Horas de trabajo totales}} \times 100$	0	Anual	Número de accidentes por millón de horas de trabajo personal
	Tasa de gravedad de accidentes	$\frac{\text{Días perdidos por accidentes}}{\text{Horas de trabajo totales}} \times 100$	0	Anual	Número de días de trabajo perdidos por accidentes, por horas laboradas totales
	Número de accidentes con pérdida de días de trabajo	Número actual	0	Anual	Mantener por debajo de la media de la industria
	Número de accidentes sin pérdida de días de trabajo	Número actual	0	Anual	
	Número de accidentes de planta	Número actual	0	Anual	Fuego, explosiones, etc.

	Número de días continuamente libres de accidentes	Número actual	0	Número total de días	Incluir accidentes que requieran o no requieran pérdidas de días de trabajo
	Número de incidentes	Número actual	De acuerdo con metas anuales	Mensual	Incluir accidentes que requieran o no requieran pérdidas de días de trabajo
	Número de puntos peligrosos detectados por las patrullas de seguridad	Número actual	De acuerdo con metas anuales	Mensual	Mediante las patrullas de seguridad de la planta
	Número de mejoras hechas en trabajos peligroso	Número actual	De acuerdo con metas anuales	Mensual	Número de medidas sobre seguridad
	Nivel de ruidos del lugar de trabajo	Medir en puntos fijos usando "mapas de ruido"	Dentro de requerimientos legales	Medición periódica en puntos fijos	Medir también niveles de luz, concentraciones de polvo, niveles de gas tóxico y otros factores que afecten el entorno
	Número de quejas externas	Número actual	0	Anual	Ruido, polvo, olores, etc.
	Número de descargas al exterior	Número actual	0	Anual	Aceite desprendido, etc.
Indicadores de formación y moral	Número de reuniones o tiempo invertido en actividades de pequeños grupos	Número actuales	De acuerdo con metas anuales	Mensual	Calcular el total de pequeños grupos que se solapan en cada nivel de la organización

	Número de temas registrados de mejoras orientadas	Número registrado para cada tipo de pérdida	De acuerdo con metas anuales	Mensual	Empezar atacando los tipos de pérdidas que rendirán los mayores beneficios tangibles
	Costes ahorrados debido a mejoras orientadas	Costes totales ahorrados con mejoras orientadas	De acuerdo con metas anuales	Mensual	Costes totales ahorrados debido a mejoras orientadas de equipos de proyecto, organización permanente y pequeños grupos
	Número de sugerencias externas	Número actual	De acuerdo con metas anuales	Mensual	Como mínimo 100/personas/año o 8/personas/mes
	Número de presentaciones externas	Número actual	De acuerdo con metas anuales	Anual	En asociaciones, simposios, conferencias de presentación, etc.
	Número de hojas de lecciones de punto único	Número actual	De acuerdo con metas anuales	Mensual	Como mínimo 1/persona/mes
	Número de personas educadas en PM	Número actual	De acuerdo con metas anuales	Anual	Incluido cursos, internos y externos
	Número de cualificaciones oficiales adquiridas	Número actual	De acuerdo con metas anuales		Incluidos técnicos de mantenimiento mecánico



## B. Auditoría de autoevaluación

### Pilar: Formación y adiestramiento

Categoría	Preguntas	Criterios de evaluación				Resultado
		Sin actividad =0	Bajo = 1-2	Medio = 3-4	Alto = 5	
1. Política y estrategia	1.1 ¿La organización ha definido y ha comunicado su política y estrategia global de Formación y adiestramiento?	No se ha definido ninguna política y estrategia global	Una política de Formación y adiestramiento y una estrategia global existe, pero no se ha comunicado profundamente.	La organización ha definido y comunicado su política de Formación y adiestramiento y estrategia global que son bien entendidas por la gerencia de línea.	La organización ha definido y comunicado bien su política y estrategia global de Formación y adiestramiento que son bien entendidas por los equipos de empleados.	0
	1.2 Hay vínculos claros entre la política y estrategia de Formación y adiestramiento y el árbol de pérdidas de TPM	No	Las actividades de entrenamiento específicas se han implementado solamente para resolver las principales prioridades empresariales. Hay poca o ninguna consideración del árbol de pérdidas de TPM.	La política y la estrategia de Formación y adiestramiento se ha formulado para tratar los requisitos básicos de organización, programa, herramientas y técnicas de TPM de un sitio.	La política y estrategia de Formación y adiestramiento está completamente vinculada a los requisitos del programa y del árbol de pérdidas de TPM. La política y estrategia de Formación y adiestramiento se mantienen bajo revisión.	0
	1.3 Implementación prevista de la política y estrategia de Formación y adiestramiento	Sin actividad	La política y estrategia de Formación y adiestramiento se implementa según la necesidad.	Ahora existe un plan de ejecución de la política y estrategia de Formación y adiestramiento, pero su implementación se pospone y/o retrasa a veces	Ahora existe un plan de ejecución de la política y estrategia de Formación y adiestramiento, su implementación está actualizado, su eficacia se verifica periódicamente y el programa se modifica cuando es necesario.	0

2. Habilidades y capacidades	2.1 ¿Las funciones individuales están bien definidas?	No hay funciones definidas.	Existe un proceso para garantizar que todas las funciones estén claramente definidas	Existe un proceso para garantizar que todas las funciones estén claramente definidas y que la definición de la función sea documentada para cada individuo y grupo de empleados.	Existe un proceso para garantiza que todas las funciones estén claramente definidas y que la definición de la función sea documentada para cada individuo y grupo de empleados. Los empleados conocen su función y concuerdan con su propio perfil.	1
	2.2 Habilidades y capacidades	No se ha definido ninguna habilidad o capacidad para las funciones individuales	Las habilidades y capacidades han sido definidas para más de 25% de las funciones de los empleados	Las habilidades y capacidades han sido definidas para más de 75% de las funciones de los empleados	Las habilidades y capacidades han sido definidas para todas las funciones de los empleados, ha sido preparada y se exhibe una matriz de habilidades mostrando la implementación del entrenamiento y el equilibrio de las habilidades dentro de cada área.	1
	2.3 Revisar	Ninguno	La correspondencia entre los perfiles definidos de la función y las habilidades y capacidades necesarias para cada función se revisa solamente cuando se identifica/presenta una brecha (gap)	La correspondencia entre los perfiles de las funciones definidas y las habilidades y capacidades necesarias para cada función se revisa como ejercicio regular importante	La correspondencia entre los perfiles de las funciones definidas y las habilidades y capacidades necesarias para cada función se revisa continuamente (por lo menos semestralmente) usando el árbol de pérdidas y a las necesidades empresariales de TPM futuras.	1

3. Evaluación e implementación	3.1 Entrevista/ evaluación	No existe un sistema de evaluación/ desarrollo de los empleados (del piso de fábrica).	Las discusiones con los empleados con respecto a sus necesidades futuras de entrenamiento y desarrollo se llevan a cabo según la necesidad.	Todos los años, el líder de línea entrevista a <u>cada</u> empleado y los resultados se utilizan para identificar sus necesidades futuras de desarrollo.	Todos los años, el líder de línea entrevista <u>cada</u> empleado y los resultados se usan para identificar las necesidades futuras de desarrollo. Las acciones acordadas se revisan con los empleados	0
	3.2 Despliegue de los planes de desarrollo	Ninguno	Todos los cursos de formación/talleres son organizados por la gerencia de línea. Los registros de entrenamiento se llevan a cabo centralmente, pero son incompletos. Los empleados a veces faltan a los cursos porque no logran ser liberados de su trabajo normal.	Todos los cursos de formación/talleres son organizados por la gerencia de línea. El plan de trabajo se organiza para asegurarse de que los empleados puedan ser liberados siempre para asistir a los cursos. Los registros de entrenamiento se llevan a cabo centralmente y son actualizados.	Los empleados tienen un alto grado de autonomía y son personalmente responsables de asegurarse de que sus necesidades acordadas de entrenamiento sean cubiertas a tiempo/completamente reservando su atención en los cursos/talleres internos y externos pertinentes y después revisando la eficacia de su entrenamiento con su líder de línea.	0
	3.3 Beneficios	Ningún beneficio tangible	El plan de entrenamiento de la organización se está implementado claramente.	El plan de entrenamiento de la organización se está implementado claramente. Existen algunas muestras de que los perfiles más altos están ayudando en la implementación más amplia de las herramientas y técnicas de TPM	Hay evidencia clara de que los niveles mejorados de los empleados están resultando en beneficios empresariales reales en términos de eliminación de pérdidas/actividades sin valor agregado en relación con el árbol de pérdidas.	0

4. Metodologías de entrenamiento	4.1 Instalaciones y materiales de entrenamiento	Ninguna	Las instalaciones y los materiales de entrenamiento se han desarrollado para impartir cursos/talleres de formación para cumplir el 50% de los requisitos de necesidades de entrenamiento.	Las instalaciones y los materiales de entrenamiento se han desarrollado para impartir cursos/talleres de formación para cumplir el 75% de los requisitos de necesidades de entrenamiento.	Las instalaciones y los materiales de entrenamiento se han desarrollado para impartir cursos/talleres de formación para cumplir el 100% de los requisitos de necesidades de entrenamiento.	0
	4.2 Entrega del material de entrenamiento	Ningún entrenador interno disponible	Los entrenadores/módulos de formación computarizados internos pueden impartir 25% del entrenamiento necesario.	Los entrenadores/ módulos de formación computarizados internos pueden impartir 50% del entrenamiento necesario.	Los entrenadores/módulos de formación computarizados internos pueden impartir 75% del entrenamiento necesario formación.	0
	4.3 Evaluación y calificación de los programas de formación	Ninguna evaluación o calificación	Se realiza una evaluación de la comprensión de los empleados como parte integrante de más de 50% de todos los cursos para cerciorarse de que los empleados pueden aplicar lo que han aprendido.	Se realiza una evaluación de la comprensión de los empleados como parte integrante de más de 75% de todos los cursos/talleres de formación para cerciorarse de que los empleados pueden aplicar lo que han aprendido.	Se realiza una evaluación de la comprensión de los empleados como parte integrante de todos los cursos/talleres de formación para cerciorarse de que los empleados pueden aplicar lo que han aprendido.	0
5. Lecciones de un punto (OPL's)	5.1 Uso de OPL	Muy poco uso de OPL	Existen OPL pero son preparadas solamente por los facilitadores de TPM	OPL están siendo preparadas rutinariamente por los empleados (planta de producción). Las prioridades del desarrollo de OPL se basan en una evaluación formal de los 4M.	Existen OPL para todas las principales tareas y se utilizan ampliamente para propósitos de entrenamiento y cubren los problemas críticos de OSHE, calidad y seguridad del consumidor, etc.	0

	5.2 Metas específicas para el desarrollo de OPL	Sin metas	Hay metas que abarcan todo el sitio para el desarrollo de las OPL	Hay objetivos de desarrollo de OPL para cada equipo de empleados	Cada empleado tiene un objetivo personal de desarrollo de OPL.	0
	5.3 Calidad/alcance de las OPL	Ningún estándar desarrollado	Las OPL se desarrollan según la necesidad y no hay formato estandarizado.	Un estándar sitio-ancho y un de proceso se han desarrollado para la creación de las OPL pero esto todavía no se ha desplegado completamente.	Se ha desarrollado un estándar que abarca todo el sitio y un proceso para la creación, exhibición y almacenaje de las OPL. Hay un procedimiento claro para asegurarse de que cada uno de los equipos tenga la oportunidad contribuir en el contenido. El acuerdo sobre la versión final queda registrado.	0
6. Calificaciones	6.1 Calificaciones internas de la compañía para los individuos	No se emite ningún certificado	A veces se entregan certificados, pero esto ocurre según el caso	Se entregan certificados a los empleados relativo a todo el entrenamiento, pero solo para registrar su participación.	Se entregan certificados a los empleados relativo a todo el entrenamiento para registrar su participación y el nivel de habilidad/capacidad que alcanzaron.	0
	6.2 Calificaciones reconocidas fuera de la empresa para los individuos	No hay ningún sistema formal	Se permite a los empleados asistir a cursos reconocidos fuera de la empresa, pero no hay un plan global.	Para ciertas funciones se han definido niveles específicos de entrenamiento con reconocimiento fuera de la empresa.	Se da a cada uno la oportunidad de alcanzar un nivel de formación reconocido fuera de la empresa apropiado a su propio campo de la especialización y su función	3
	6.3 Premios de organizaciones externas para el entrenamiento	Ninguno	La organización establece qué premios son apropiados y agregan valor pero todavía no ha definido un plan de ejecución.	La organización establece qué premios son apropiados y agregan valor, ha definido un plan de ejecución y ha comenzado el trabajo para lograr sus metas.	La organización ha identificado y alcanzado algunos/todos esos premios organizacionales apropiadas a sus necesidades y que	0

					resuelven las expectativas de sus <i>stakeholders</i> internos y externos tales como. JIPM, ISO, liP (“empresa con capacidad permanente de aprendizaje”). etc	
7. Mantenimiento autónomo y mejora enfocada ( <i>Kaizen</i> )	7.1 Incremento de la cualificación - AM	Muy pocas de las más frecuentes de preparación y ajuste de la máquina puede ser realizada por los operadores de línea	Algunas de las actividades más frecuentes de preparación y ajuste de máquinas puede ser realizada por los operadores de línea sin la ayuda de un ingeniero. Nivel 4 de AM alcanzado	Las actividades más frecuentes de preparación y ajuste de máquinas pueden ser realizado por los operadores de línea sin la ayuda de un ingeniero. Nivel 5 de AM alcanzado	La mayoría de las actividades del preparación, ajuste y cambio ( <i>changeover</i> ) de la máquina puede ser realizada por los operadores de línea sin la ayuda de un ingeniero. Nivel 6 de AM alcanzado	0
	7.2 Desarrollo de una cultura analítica	El entrenamiento de los empleados sobre las herramientas y técnicas avanzadas todavía no ha comenzado.	Mientras el entrenamiento de empleados en el uso de las herramientas y técnicas avanzadas ha facilitado el análisis de la causa original de algunas importantes pérdidas, otros todavía permanecen.	Como resultado del entrenamiento de empleados en el uso de las herramientas y técnicas avanzadas pueden ser observados ejemplos de “producción sin ningún contacto” y “pérdidas cero”.	Como resultado del entrenamiento de empleados en el uso de las herramientas y técnicas avanzadas ha sido establecida una cultura de “producción sin ningún contacto” y “pérdidas cero” con muchos ejemplos	0
	7.3 Desarrollar una cultura de la mejora continua proactiva	No ha sido establecido ningún programa de formación formal de FI y los FI de se realizan de manera reactiva para solucionar los problemas inmediatos.	El entrenamiento de FI permite que el sitio desarrolle un programa eficaz y más proactivo de FI para tratar las pérdidas del árbol de pérdidas clave.	El éxito de la actividad de FI pasado se reconoce extensamente como habiendo creado tiempo para más planteamiento proactivo para la resolución de los principales problemas del árbol de pérdidas.	El éxito de la actividad de FI pasado se reconoce extensamente como habiendo creado tiempo para más planteamiento proactivo para la resolución de los principales problemas del árbol de pérdidas y un mejor enfoque en la las	0

					actividades clave de EPM/EEM/ innovación.	
8. Establecimiento de las buenas prácticas comprobadas y transferencia de las bases de conocimiento	8.1 Establecimiento de una red	Ninguna participación en las redes internas y externas	Hay evidencias de que la organización está compartiendo de manera rutinaria las buenas prácticas dentro de su propia categoría	Hay evidencias de que la organización está compartiendo de manera rutinaria las buenas prácticas con la comunidad de práctica de TPM.	Hay evidencias de que la organización está compartiendo de manera rutinaria las buenas prácticas con la comunidad de práctica de TPM y con las comunidades externas de TPM p. ej. Volvo, NEC	0
	8.2 Distribución de las buenas prácticas	Ningún proceso establecido	Las buenas prácticas locales establecidas se documentan y mantenidas en el archivo.	Las buenas prácticas locales establecidas se documentan y se mantienen en archivo y el acceso ha sido establecido para las fuentes externas de buenas prácticas de TPM. p. ej. base de datos del expediente de la mejora de LIRD local, LiveLink, sitios de intranet. etc.	Existe un sistema establecido para el almacenaje, recuperación y comunicación amplia de las buenas prácticas localmente establecidas tanto internamente cuanto para la comunidad más amplia de TPM.	2
9. KPI	9.1 Número de días de entrenamiento	Ninguna meta	>3 días por empleados por año	>6 días por empleado por año	>10 días por empleado por año	0
	9.2 Matriz de habilidades	Ninguna matriz de habilidades	<50% Rojo	<25% Rojo	<5% Rojo	0
10. Beneficios	10.1 Estado de ánimo individual	La encuesta de satisfacción del personal pasada registró una puntuación inferior a la puntuación media	La encuesta de satisfacción del personal pasada registró una puntuación superior a la puntuación media - 9 más bajas en la cadena de suministro	La encuesta de satisfacción del personal pasada registró una buena puntuación - 7 más altas en la cadena de suministro	La encuesta de satisfacción del personal pasada registró una puntuación alta - 5 más altas en la cadena de suministro	0

	10.2 Flexibilidad de la fuerza laboral	Fuerza laboral inflexible y no está bien preparada para ocuparse de hacer las reorganizaciones internas de corto plazo.	Organización flexible capaz de ocuparse de la reorganización interna de corto plazo, p. ej. flexibilidad para desplazar el personal clave entre 2-3 diferentes localizaciones sin pérdidas.	Organización flexible capaz de ocuparse fácilmente de las reorganizaciones internas de corto plazo o de las innovaciones, p. ej. flexibilidad para desplazar a la mayoría del personal entre 2-3 trabajos diferentes sin pérdidas o evidencia de puestas en marcha verticales exitosos recientes.	Organización altamente flexible capaz de tratar fácilmente tanto de las reorganizaciones internas de corto plazo como de las innovaciones, p. ej. flexibilidad para desplazar a la mayoría del personal entre 2-3 trabajos distintos sin pérdidas y evidencia de puestas en marcha verticales exitosos recientes.	2
	10.3 Vínculos con PQDCSMI	El pilar de entrenamiento y desarrollo no está siendo conducido por las demandas del árbol de pérdidas	El pilar de entrenamiento y desarrollo está siendo conducido por las demandas del árbol de pérdidas y los resultados empresariales, pero hasta ahora no hay ninguna correlación clara	Hay una cierta correlación entre el nivel de habilidades y capacidades alcanzadas y la eliminación/reducción de algunas pérdidas clave.	Hay una buena correlación entre (ejemplos) los niveles de habilidades y competencias alcanzadas y la mejora de los resultados empresariales finales.	1



Pilar: Mantenimiento autónomo

Categoría	Preguntas	Criterios de evaluación				Resultado
		Sin actividad =0	Bajo = 1-2	Medio = 3-4	Alto = 5	
1) Estrategia de Mantenimiento Autónomo	1.1 Plan maestro de TPM	Ninguno	Ha sido definido dentro del plan maestro de TPM, un plan independiente básico para el pilar de Mantenimiento Autónomo	Se ha definido dentro del plan maestro de TPM, un plan más detallado para el pilar de Mantenimiento Autónomo con algunos vínculos con otros pilares, tales como 5S.	Se ha definido dentro del plan maestro de TPM, un plan detallado del pilar de Mantenimiento Autónomo con vínculos entre este y 5S, mantenimiento eficaz y los pilares de capacitación y desarrollo.	0
	1.2 Implantación del programa de Mantenimiento Autónomo	Ninguno	Pasos de Mantenimiento Autónomo 1-3 emprendidos menor a 50%	Pasos de Mantenimiento Autónomo 1-3 implementados en más de (3) 50%, 75% (4) del sitio	Pasos de Mantenimiento Autónomo 1-3 implementados completamente	0
	1.3 Beneficios - impacto sobre el árbol de pérdidas	Ninguno	En la línea piloto ahora hay algunos ejemplos claros que ilustran el potencial de los pasos de Mantenimiento Autónomo 1-3	Ahora hay ejemplos claros de varias áreas que ilustran el potencial de los pasos de Mantenimiento Autónomo 1-3	Hay evidencia clara de que el programa de pasos 1-3 de Mantenimiento Autónomo han resultado en una reducción significativa de las interrupciones.	0
42) Seguridad	2.1 Los equipos y el lugar de trabajo están en una condición de seguridad	No se ha definido ninguna norma de seguridad. El equipo y el lugar de trabajo están	Se han definido las normas, reglas, señales, etc. de seguridad, pero el equipo y el lugar	Las normas, reglas, señales, etc. de seguridad, han sido definidas y el equipo y el lugar de trabajo	Todos los estándares/riesgos del equipo y del lugar de trabajo están bien definidos/identificados y controlados mediante una	5

		en condiciones inseguras.	de trabajo todavía está en condiciones inseguras.	están en condiciones seguras.	buena gestión visual y de fácil acceso de las OPL.	
	2.2 Conocimiento de la seguridad, participación en el proceso de la evaluación de riesgos y la definición de las normas de seguridad claras.	Poco conocimiento de las normas de seguridad y evidencia de métodos de trabajo inseguros.	Existen buenos conocimientos de los peligros y de los estándares de seguridad, pero sigue habiendo evidencia de prácticas de Mantenimiento Autónomo no seguras.	Hay un buen conocimiento de los peligros y normas de seguridad y la mayoría de las actividades parecen ser realizadas de una manera segura.	Hay un buen conocimiento de los peligros y estándares de seguridad. La mayoría de las actividades parecen ser emprendidas de una manera segura. El personal de la línea participa directamente en la identificación de los peligros	4
	2.3 Protección y aislamiento del equipo	No hay normas de protección que abarquen todo el sitio y ningún procedimiento documentado	Hay normas de protección en todo el sitio, pero algunas protecciones fijadas o dispositivos de seguridad se ven en las malas condiciones o faltan.	Todos los equipos están bien protegidos. Todos los protectores fijados e interconectados están identificados de manera clara. Se dispone de instrucciones claras con respecto al aislamiento seguro de la red de energía de cada elemento del equipo.	Todo el equipo está bien protegido, Los protectores fijos están identificados claramente y los dispositivos de seguridad se examinan y se prueban rutinariamente. Todos los elementos del equipo pueden ser aislados y ser desconectados de las redes con facilidad - eléctrica, hidráulica y neumática.	2

3) 5S	3.1 Programa 5S	No hay ningún programa 5S ni ha sido planeado	La actividad 5S ha comenzado, pero no hay ningún plan o estándares bien definidos de su introducción	Ha sido establecido un programa 5S dentro del área y hay evidencias claras de que la metodología 5S está bien entendida. Hay un plan de implementación de 5S bien definido.	Ha sido totalmente establecido un programa 5S. Los conceptos 5S están bien entendidos. Está claramente definido el estándar 5S, hay un programa de auditoría 5S y hay evidencias de que está siendo implementado con eficacia.	3
	3.2 Plan de Mejor de 5S	No hay ningún plan de mejora	El plan de mejora está mal definido y no está claramente vinculado a los resultados de las auditorías 5S.	El plan de mejoramiento está bien definido y está claramente vinculado a los resultados de auditoría 5S.	El plan de mejoramiento está bien definido y está claramente vinculado a los resultados de auditoría 5S. Hay evidencias claras de que las acciones de mejora se están implementando	0
	3.3 Gestión visual 5S	No hay ninguna gestión visual	Los estándares para la gestión visual se han definido p. ej. marcación del piso, niveles mínimo y máximo, etc., y la implementación ha comenzado en el área piloto.	Los estándares de la gestión visual han sido definidos y se ha logrado su implementación en la mayoría de las áreas.	Los estándares de la gestión visual han sido definidos y su implementación se ha logrado en todas las áreas p. ej. Kanban y <i>poka yoke</i> simple se aplica automáticamente a todos los equipos nuevos	3

4) Metas, planes y auditorías	4.1 Metas, planes y objetivos de Mantenimiento autónomo	Ninguno.	Las metas de MA, los planes de implementación y las metas existen, pero no están claramente vinculados a las necesidades de la empresa	Las metas de MA, los planes de implementación y los objetivos han sido bien definidos, están claramente vinculados a las necesidades empresariales	Al revisar la implementación de los planes de Mantenimiento Autónomo hay evidencias claras de que necesidades empresariales han sido satisfechas.	0
	4.2 Auditoría del proceso de Mantenimiento Autónomo	No hay ningún proceso de auditoría de Mantenimiento Autónomo	Hay un proceso de auditoría de Mantenimiento Autónomo definido, pero no es aplicado	Hay un proceso de auditoría de Mantenimiento Autónomo definido, con vínculos claros con el plan maestro de TPM. Los resultados de la auditoría se están revisando regularmente	Además, el plan de implementación global de Mantenimiento Autónomo está por el líder del equipo senior del sitio.	0
05) Tableros de actividades	5.1 Diseño del tablero de actividades de Mantenimiento Autónomo	No hay ningún tablero de actividades	Los tableros de actividades existen en algunas áreas, pero no hay estándares comunes claros del <i>layout</i> .	Hay tableros de actividades en todas las áreas y están en conformidad con el estándar de <i>layout</i> común acordado.	Hay tableros de actividades en todas las áreas, están en conformidad con el estándar de <i>layout</i> común acordado y son interactivos, llamativos y facilitan la comunicación de los mensajes clave.	0
	5.2 Herramientas y técnicas de manipulación de datos	Sin actividad	Los operadores pueden recoger los datos, pero el análisis es realizado por	Los operadores pueden preparar y mantener las tablas y gráficos simples.	Los operadores pueden preparar y mantener los tablas y gráficos y realizar un análisis estadístico de los datos brutos.	0

			especialistas de TPM			
	5.3 Contenido del tablero de actividades de Mantenimiento Autónomo	Sin tablero de actividades	Se están utilizando tableros de actividades para guiar al equipo sobre el estado actual de algunas actividades de MA	Se están utilizando tableros de actividades para guiar y para retroalimentar al equipo sobre el estado actual de las actividades claves de MA	Se están utilizando tableros de actividades para guiar y retroalimentar al equipo y a la gerencia el estado actual de las actividades claves de MA. Se están utilizando y se están actualizando por lo menos semanalmente.	0
6) Limpieza inicial - paso 1	6.1 Limpieza inicial - proceso	No hay ningún proceso bien definido	El proceso está definido p. ej. sistema de gestión de etiquetas, y está siendo pilotando	El proceso está bien definido y siendo implementado en su totalidad.	El proceso está bien definido, implementado completamente y hay evidencias de que la definición de proceso original ha mejorado basado en la experiencia y el conocimiento ganados sobre el equipo.	0
	6.2 Limpieza inicial - herramientas, materiales y EPI	Hay una disposición inadecuada de herramientas, productos de limpieza y EPI.	Algunas herramientas, materiales y EPI básicos están disponibles desde un recurso fundamental para las actividades de limpieza.	Las herramientas, los productos de limpieza y los EPI correctos están fácilmente disponibles ahora en algunos puestos de trabajo para la gestión segura de las actividades de la limpieza inicial.	Las herramientas, los productos de limpieza y los EPI correctos están fácilmente disponibles en cada puesto de trabajo para la gestión segura de las actividades de la limpieza inicial. Los repuestos pueden ser obtenidos fácilmente. Se supervisa el	0

					consumo consumición material	
	6.3 Limpieza inicial - resultados	Ningún resultado	Hay evidencia clara de que las anomalías se han identificado y se están eliminando mediante la resolución de las etiquetas.	Las causas principales de las anomalías identificadas se están tratando y están siendo mejor controladas mediante la definición de los estándares mejorados	La gran mayoría de las anomalías está siendo eliminada tratando las causas principales identificadas y por medio de la introducción de contramedidas eficaces para evitar la repetición	0
7) Eliminación - paso 2	7.1 Identificación de las fuentes restantes de contaminación y de sectores de difícil acceso	Actividades de la limpieza inicial todavía no terminadas.	Fuentes de contaminación identificadas y ha sido preparada una lista de sectores de difícil acceso.	Las fuentes de contaminación han sido identificadas y se ha preparado una lista de sectores de difícil acceso. Los ingenieros y los operadores han identificado una lista de proyectos potenciales	Los estándares/riesgos de todos los equipos y del lugar de trabajo están bien definidos/identificados y controlados mediante la buena gestión visual y el fácil acceso a las OPL.	0
	7.2 Implementación de los proyectos de mejora enfocada	Ninguna definida.	Hay herramientas aplicadas de manera informal, simple para resolver algunos de los temas	Están siendo aplicadas técnicas de FI más formales para resolver asuntos más difíciles	Están siendo aplicadas técnicas sofisticadas de FI tales como el análisis lógico <i>why because</i> , para abordar los asuntos más difíciles por medio del pilar de FI.	0

			sencillos identificados.			
	7.3 Beneficios	Ninguno	Hay una reducción general de derramamientos y escapes	Los tiempos de limpieza e inspección y los niveles globales de residuos generados están comenzando a bajar.	Se ha logrado una reducción significativa del tiempo de limpieza, del tiempo de inspección y de generación total de residuos - impacto claro sobre la OEE.	0
8) Lubricación y estándares - paso 3	8.1 Proceso de lubricación	No existe ningún proceso	Todos los puntos de lubricación se han identificado, trazado y el lubricante correcto para cada uno ha sido seleccionado.	El material de capacitación de los operadores ha sido desarrollado e implementado. P. ej. mediante las OPL.	Se ha emprendido la reingeniería del equipo para reducir/simplificar el proceso de lubricación, p. ej. los puntos de lubricación externos de los protectores fijos.	0
	8.2 Desarrollo de los estándares de lubricación	Ninguno	Los estándares de lubricación han sido desarrollados para todos los puntos identificados de lubricación	Los operadores han sido entrenados en los nuevos estándares de lubricación y se han comenzado a utilizar.	Los operadores han sido plenamente capacitados en los nuevos estándares de lubricación, se ha definido un plan de lubricación claro y están siendo plenamente utilizados - más del 95%.	0
	8.3 Desarrollo de los estándares de Mantenimiento Autónomo provisionales para limpieza e inspección	Ninguno	La limpieza y los puntos de las normas de inspección han sido desarrolladas para todos los elementos de los equipos y estos se marcan	Los operadores han sido entrenados en el uso correcto de los puntos de limpieza y en las normas de inspección y han sido proporcionadas las herramientas y el equipo necesarios. Las	Además, toda la limpieza y las actividades de inspección ahora se están realizando en conformidad completa con los planes bien definidos de limpieza y de inspección. El proceso global se mantiene sometido a revisiones regulares.	1

			claramente en cada elemento del equipo.	herramientas y el equipo están fácilmente disponibles		
9) Habilidades y capacitación	9.1 Conocimientos	Ninguno	Operadores entrenados en el reconocimiento de los componentes básicos del equipo	Los operadores han sido entrenados en el reconocimiento de los mecanismos básicos del equipo	Los operadores han sido entrenados en la relación entre los componentes/mecanismos del equipo individuales y la función global del equipo	0
	9.2 OPL	Ninguno	Los operadores, al ser solicitado, pueden preparar las OPL básicas para ilustrar cómo emprender con seguridad las tareas simples.	Los operadores han preparado las OPL para la mayoría de las tareas críticas para ayudar a distribuir más ampliamente las buenas prácticas y para usarlas durante la iniciación de los nuevos empleados.	Los operadores han preparado las OPL para las tareas críticas y hay evidencias recientes de que las OPL han sido producidas después de incidentes y/o pérdidas serias.	0
	9.3 Aumento de la cualificación	Ninguno	Algunas tareas visuales básicas de inspección del equipo han sido transferidas de los ingenieros a los operadores	Todas las tareas visuales básicas regulares de la inspección del equipo han sido transferidas de los ingenieros a los operadores y a las respectivas OPL desarrolladas para todos	Hay una matriz de habilidades para todos los operadores que identifican las prioridades del entrenamiento y un plan de entrenamiento detallado para mejorar la cualificación para cada uno.	0



	9.4 Desarrollo de SOP e identificación de los ajustes del equipo básico y de los parámetros de proceso	Se preparan SOP para los operadores y luego se entrenan respecto a su implementación	Los operadores pueden preparar su propia SOP para las tareas simples.	Los operadores pueden preparar sus propios SOP, pero todavía necesitan la ayuda para la definición de los parámetros básicos de proceso	Los operadores pueden preparar sus propios SOP e identificar claramente dentro de ellos los parámetros básicos del proceso y los ajustes del equipo requeridos para mantener el funcionamiento continuo	0
10) Liderazgo	10.1 Capacitación del líder	Ninguna	Los líderes tienen solamente un conocimiento básico de las actividades de AM	Los líderes tienen un conocimiento básico de las actividades, herramientas y técnicas de AM, pero no participan directamente en las actividades de AM	Los líderes entienden plenamente los objetivos de AM y el proceso global, y tienen un conocimiento completo de las herramientas y técnicas de AM y ayudan a esparcir las actividades de AM dentro de sus equipos.	0
	10.2 Participación del líder	Ninguna	Los líderes a veces juntan el proceso de la auditoría de AM, y revisan de vez en cuando los resultados y el progreso.	Los líderes son una parte completa y activa del proceso de auditoría de AM rutinario realizando las auditorías, revisando los resultados/progreso	Además, los líderes entienden plenamente los objetivos del proceso de AM y los vínculos entre ellos y las metas de desempeño del sitio y los objetivos globales	0
	10.3 Confianza del equipo	Hay una poca evidencia que el programa 1-3 de mantenimiento autónomo ha resultado en un entorno de trabajo más	Algunos operadores de línea ahora concuerdan que el programa de mantenimiento autónomo 1-3 ha comenzado a	La mayoría de los operadores de línea ahora concuerdan que el programa de mantenimiento autónomo 1-3 ha comenzado a resultar en un entorno de	Es de opinión general entre todos los operadores de la línea que el programa de mantenimiento autónomo 1-3 ha resultado en un entorno de trabajo más seguro, limpio y productivo. Los operadores se sienten más capacitados	0

		seguro, limpio y más productivo.	resultar en un entorno de trabajo más seguro, limpio y productivo.	trabajo más seguros, limpio y productivo.		
--	--	----------------------------------	--	---	--	--

Pilar: Mantenimiento planificado

		Criterios de evaluación				
Categoría	Preguntas	Sin activ. =0	Bajo = 1-2	Medio = 3-4	Alto = 5	Resultado
1. Estrategia	1.1 ¿Hay una estrategia de mantenimiento eficaz para el equipo que define los criterios para el mantenimiento preventivo?	No hay ninguna estrategia	Existe una estrategia de mantenimiento documentada cubriendo el 40+% del equipo	Existe una estrategia de mantenimiento documentada que cubre el 75+% del equipo	Existe una estrategia de mantenimiento documentada que cubre el 100% del equipo	1
	1.2 ¿Hay un sistema de gestión del mantenimiento (MP/MC) como parte del plan maestro global del pilar de TPM?	No hay ningún sistema formal ni un plan maestro del pilar de TPM.	Hay un sistema, pero no completamente seguido, es decir solamente generando el servicio de mantenimiento preventivo (PM)	Existe un sistema establecido y se está utilizando para administrar las actividades de la PM. Los informes se generan semanalmente.	Existe un sistema establecido y se está utilizando para administrar las actividades de PM y CM diarios. Los informes se generan diaria/semanalmente. El sistema es examinado	0
	1.3 ¿Las ventanas del mantenimiento se integran al plan global de producción del sitio?	No hay ninguna ventana de mantenimiento prevista. Servicio de mantenimiento realizado según la necesidad	Se planean algunas ventanas del mantenimiento solamente, pero 25+% son canceladas.	Más del 75% de los turnos de mantenimiento previsto se realizan y existe un plan documentado	Más del 95% de los turnos de mantenimiento previsto se realizan y existe un plan documentado para cada turno de mantenimiento	0

2. OSHE	2.1 ¿Hay un sistema para administrar la inspección de OH&S?	No	Existe un sistema, las inspecciones se realizan dentro del plazo y se guardan los expedientes	Existe un sistema, las inspecciones se realizan dentro del plazo y se guardan los expedientes	Existe un sistema, 100% de las inspecciones se realiza dentro del plazo y se guardan los expedientes. El sistema se audita y los resultados de estas auditorías son examinados	1
	2.2 ¿Hay un sistema para administrar las inspecciones del equipo de control ambiental crítico?	No	Existe sistema, las inspecciones se realizan a tiempo y se guardan los expedientes	Existe un sistema, las inspecciones se realizan a tiempo y se guardan los expedientes.	Existe un sistema, 100% de las inspecciones es realizado a tiempo y se guardan los expedientes. El sistema se audita (por lo menos una vez al año) y los resultados de estas auditorías son examinados	1
	2.3 ¿Existe un sistema para administrar los requisitos de entrenamiento de seguridad?	No	Existe un sistema y un plan de entrenamiento formal. Todos los técnicos están incluidos.	La situación de cada técnico es actualizada.	El progreso de la implementación de los programas de entrenamiento previstos está en la meta	1

3. Mantenimiento preventivo	3.1 ¿Los programas de mantenimiento rutinarios se han escrito para el equipo y se publican según el plan de mantenimiento?	No	Existe un programa para más del de 50% del equipo	Existe un programa para más del de 75% del equipo	Existe un programa para 100% del equipo y se actualiza regularmente para reflejar la experiencia del funcionamiento/avería. El MTBF es un KPI.	4
	3.2 Porcentaje de programas de mantenimiento rutinarios concluidos y cumplidos correctamente.	Menos del 10%	10 - 50%	50 - 90%	Más de 90%	0
	3.3 ¿Se utiliza el monitoreo de las condiciones para determinar el estatus del equipo?	No	Utilizado en más de 50% del equipo aplicable	Utilizado en más del 75% del equipo aplicable	Utilizado en 100% del equipo aplicable	5
4. Mantenimiento correctivo (CM)	4.1 ¿Se analizan las averías?	No	Las averías se analizan según la necesidad	Existe un proceso formal que proporciona la evidencia de un método documentado y estructurado.	Más de 75% de todas las averías se analizan formalmente usando un método documentado y estructurado	0

	4.2 ¿Hay una petición de trabajo (sistema de tarjeta de trabajo) en funcionamiento?	No existe ningún sistema formal	Existe un sistema de petición de trabajo y es utilizada diariamente por la producción y el personal de mantenimiento.	No hay ninguna petición de trabajo pendiente con más de 90 días	No hay ninguna petición de trabajo pendiente con más de 50 días	0
	4.3 El trabajo pendiente de CM es registrado, exhibido y examinado regularmente	No	El trabajo pendiente de CM se exhibe para cada área. Hay algún informe con más de 2 semanas.	El trabajo pendiente de CM se exhibe para cada área. Se revisan con regularidad.	Trabajo pendiente de CM es exhibido por el área. Todos los informes tienen menos de 1 semana. Se revisan formalmente con regularidad p. ej. semanalmente.	1
5. Repuestos y gestión presupuestaria	5.1 ¿Los repuestos están fácilmente disponibles en el tiempo correcto?	No	Los recambios se administran usando un sistema de control de stock formal.	No hay ningún tiempo muerto debido a la indisponibilidad de recambios	Los recambios se preparan en forma del kit para el 75% para todos los trabajos previstos	1
	5.2 ¿Hay un sistema de control del presupuesto?	No	Los individuos designados son responsables de los presupuestos del centro de costos. Informe mensual	Revisión formal de real contra presupuesto con los individuos designados	Real contra presupuesto no es sobrepasado más de 5%.	1
	5.3 ¿Hay un programa para reducir/racionalizar los repuestos?	No	Existe un programa formal	Programa formal. Progreso examinado con regularidad	Reducción de 10% (en valor) año tras año	0

6. Mejora enfocada	6.1 ¿Las actividades de la mejora se ligan al árbol de pérdidas?	No	Más del 50% de las actividades de mejora son iniciadas por referencia al árbol de pérdidas	Más los de 80% de las actividades de la mejora son iniciados por la referencia al árbol de pérdidas	Todas las actividades de la mejora son iniciadas por la referencia al árbol de pérdidas	0
	6.2 ¿Las actividades de mejora se realizan usando un método estructurado y documentado?	No	Los técnicos participan en las actividades de mejora y hay evidencia que muestra el uso de las técnicas estructuradas	Existe prueba documentada disponible que muestra el uso del análisis lógico Varios proyectos en curso o terminados	Existe prueba documentada disponible que muestre el uso del análisis del PM. Varios proyectos en curso o terminados	0
	6.3 Simplificación de los ajustes críticos del equipo	Ajustes críticos del equipo no identificados/registrados	Ajustes críticos del equipo identificados/registrados y medidas tomado para reducir su número	Los principios de prevención de errores) se han aplicado a los ajustes críticos del equipo	Solamente es necesario un toque en los ajustes críticos del equipo	0
7. Apoyo para el mantenimiento autónomo	7.1 ¿El departamento de mantenimiento está apoyando las actividades de MA?	Etiquetas con más de 1 mes aún a ser resueltas	Etiquetas con más de 2 semanas aún por ser resueltas	Etiquetas con más de 1 semana aún por ser resueltas.	No hay ninguna etiqueta con más de 1 semana que debe ser resueltas y MTBF aumentando. Las mejoras clave están alimentando el proceso de información de MP.	0

	7.2 ¿Los técnicos entrenan a los operadores en las habilidades relacionadas al equipo?	No hay ningún plan de entrenamiento	Sistema documentado formal con participación de más de 25% de los operadores	Sistema documentado formal con la participación de más del 50% de operadores	Sistema documentado formal con participación del 100% de operadores	0
	7.3 ¿Existe un sistema para transferir las tareas de mantenimiento previsto de los técnicos a los operadores?	No existe ningún sistema formal	Tareas identificadas y existe sistema formal	Más de 50% de las tareas identificadas transferidas	Más del 80% de las tareas identificadas transferidas	0
8.Habilidades y capacidades	8.1 Hay un plan de entrenamiento para desarrollar las capacidades de los técnicos	No	Existe un plan de entrenamiento formal basado en el árbol de pérdidas de TPM. Enumera todos los ingenieros con sus requisitos individuales	Menos de 3 meses entre la actividad de entrenamiento prevista y la realización real del entrenamiento	El plan de implementación está actualizado y los registros de entrenamiento están completos.	0
	8.2 Las habilidades caminan lado a lado con las nuevas tecnologías /equipos	No	10 - 50% de los ingenieros se han entrenado formalmente sobre el nuevo equipo o tecnología	50 - 90% de los ingenieros han sido entrenados formalmente sobre el nuevo equipo o tecnología	Más del 90% de los ingenieros han recibido entrenamiento formalmente sobre el nuevo equipo o tecnología	0



	8.3 ¿Hay un proceso de evaluación regular para revisar las habilidades y para resaltar las áreas la mejora?	No	Existe un proceso de evaluación cubriendo a todos los ingenieros y proporciona <i>feedback</i> constructivo. Cada uno de los individuos es evaluado por lo menos cada 2 años.	Existe un proceso de evaluación que cubre a todos los ingenieros y proporciona <i>feedback</i> constructivo.	Existe un proceso de evaluación que cubre a todos los ingenieros y proporciona <i>feedback</i> constructivo. Cada uno de los individuos es evaluado por lo menos cada 12 meses	5
9.Prevencción de mantenimiento - diseño	9.1 ¿Los expedientes de mejora se guardan como información de MP?	No	Los expedientes se guardan según la necesidad, pero no hay ningún sistema formal	El sistema formal en el lugar y utilizó regularmente - haga un promedio una vez por el mes	El sistema formal en el lugar y utilizó regularmente - haga un promedio dos veces por el mes	0
	9.2 ¿Se están utilizando los <i>checklist</i> de equipo de diseño de PM?	No existen <i>checklist</i>	Los <i>checklist</i> se han desarrollado y consideran los aspectos de 4M ( <i>fishbone</i> ).	Los <i>checklist</i> se utilizan durante los ensayos de aceptación del equipo para asegurar la conformidad con la especificación	Los <i>checklist</i> se utilizan durante los ensayos de aceptación del equipo para asegurar la conformidad con la especificación para todo nuevo equipo	2
	9.3 Hay un sistema de <i>feedback</i> formal para el diseño de PM de los operadores al equipo de proyecto.	No	Sí, existe un proceso formal pero no está implementado completamente.	Sí, hay un proceso formal y se despliega completamente.	Sí, hay un proceso formal y se despliega completamente y hay un plan de acción para tratar las áreas para mejora.	0

10. Beneficios	10.1 El desempeño del equipo es medido p. ej. confiabilidad (MTBF, MTTR)	No	Sí pero aún no puede ser vista ninguna mejora significativa.	Sí, y algunos beneficios tempranos están comenzando a ser identificados	Sí y beneficios significativos se han alcanzado. Estas mejoras han afectado significativamente el tiempo de máquina disponible	1
	10.2 ¿Los indicadores de rendimiento se exhiben claramente?	No	Sí, exhibido por el área. Valores límites exhibidos. Información con más de 2 semanas o	Exhibido sí por el área. Valores límites exhibidos. Información con 1 - 2 semanas	Sí, exhibido por área. Valores límites exhibidos. Información con menos de 1 semana	1
	10.3 ¿Hay una disminución de los costos de mantenimiento?	No	Sí menos del 5%	Sí, menos del 10%	Sí más del 15%	1