

**UNIVERSIDAD DEL VALLE.
FACULTAD DE INGENIERÍA.
Maestría en Ingeniería - Énfasis en Ingeniería Mecánica. Orientación en
mantenimiento Industrial.**



TESIS DE MAESTRÍA.

**Implementación de la metodología TPM, piloto, en la zona de
envase de un ingenio azucarero.**

*Presentado por:
Ing. Miguel Ángel Rodas Ledesma*

*Director:
Ing. Gonzalo Aguirre*

Cali – Colombia junio 2024.

AGRADECIMIENTOS.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a las personas fundamentales en la realización de este proyecto de grado. A mi querida esposa, agradezco profundamente su amor y apoyo incondicional, su paciencia y su continua inspiración. Su comprensión y ánimo me han fortalecido para superar los desafíos y mantenerme enfocado en mis metas.

A mi madre, le estoy muy agradecido por su sabiduría, confianza y dedicación. Su perseverancia y apoyo han sido cruciales para mí, guiándome en momentos de incertidumbre. A mi padre, le debo mi gratitud por su orientación, siendo un ejemplo de integridad y determinación.

Este logro es tan suyo como mío. Su apoyo ha sido invaluable y siempre llevaré su amor y enseñanzas en mi corazón. Gracias por estar siempre.

1 CONTENIDO.

1	CONTENIDO.....	3
1.2	tablas.....	6
1.3	ILUSTRACIONES.....	6
2	RESUMEN.	8
3	INTRODUCCIÓN.	9
4	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
5	JUSTIFICACIÓN.	11
6	OBJETIVOS.....	12
6.1	Objetivo general.	12
6.2	Objetivos específicos.....	12
7	MARCO TEÓRICO	13
7.1	Marco histórico	13
7.2	Marco teórico.....	15
7.2.1	Mantenimiento Productivo Total, TPM	15
7.2.2	Pilares del TPM	16
7.2.3	5S's.	16
7.2.4	Mantenimiento autónomo	18
7.2.5	Mantenimiento planeado.....	19
7.2.6	Capacitación y entrenamiento.....	19
7.2.7	Control inicial.	20
7.3	EFFECTIVIDAD GOLBAL OEE.....	20
7.4	MÁQUINAS DE PRODUCCIÓN.	21
8	METODOLOGÍA	24
8.1	Formar equipos de mejoramiento piloto	25
8.2	Pilar 1: Mejoramiento enfocado.....	25
8.3	Pilar 2: Mantenimiento autónomo.....	26
8.4	Pilar 3: Mantenimiento Planeado.....	28
8.5	Pilar 4: Capacitación y Entrenamiento.....	29
8.6	Hipótesis	30

8.6.1	Variable Independiente	30
8.6.2	Variable Dependientes.....	31
9	IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS	32
9.1	Compromiso de la Gerencia para la implementación de TPM.....	32
9.2	Identificación de Fallas	32
9.3	Cálculo de productividad	36
9.3.1	Recolección de información para determinar el OEE.....	36
9.4	Análisis de Paradas.....	43
9.4.1	Eficiencia Global según cálculo de eficiencia y análisis de Falla	47
9.5	Propósito de la implementación de la metodología de TPM en la zona de envase.....	48
9.6	Formación de equipos de mejoramiento PILOTO	50
9.6.1	Organización de los equipos de mejoramiento piloto.....	50
9.6.2	Formación para equipos de mejoramiento piloto	50
9.6.3	Mantenimiento Autónomo	51
9.6.4	Organizar la zona de envase	51
9.6.5	Desalojo de la zona de envase	52
9.6.6	Limpiar la zona de envase	52
9.6.7	Estandarizar la zona de envase.....	52
9.6.8	Cumplimiento de la disciplina en la zona de envase.....	57
9.6.9	Mantenimiento planeado.....	57
9.6.10	Control inicial de la tecnología	59
9.6.11	Control inicial de la tecnología: proyecto sistema de transporte neumático para azúcar	60
9.6.12	Control inicial de la tecnología: proyecto solución IOT para supervisión, control, adquisición, almacenamiento y análisis de datos del área de envase.	60
9.7	Diagrama de flujo para la implementación.....	61
9.8	Seguimiento de las actividades de la implementación.....	64
10	IMPACTOS APARTIR DEL TPM: RESULTADOS	66
10.1	IMPACTOS EN PRODUCTIVIDAD	66
10.2	Impacto Ambiental del proyecto	67
10.3	Cronograma de Actividades	69
11	PRESUPUESTO	70

12	CONCLUSIONES	73
12.1	Recomendaciones.....	73
13	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	75

1.2 TABLAS

Tabla 1. Procedimientos para la implementación de las 5s. Elaboración propia (basado en Rojas, M 2011, p.48).....	18
Tabla 2. Doce pasos implementación TPM (Basado en S, Nakajima, 1991. P57)	24
Tabla 3. Pasos mantenimiento autónomo. Basado en Masaji Tajari, Fumio Gotoh (como se citó en Valdez, J., 2017, p.33).....	28
Tabla 4. Variables independientes desarrollo P2 MA TPM. Elaboración propia 2023	30
Tabla 5. Variables dependientes implementación TPM. Elaboración propia 2023	31
Tabla 6. Identificación de Fallas (Listado de fallas, fuente empresa, 2023). Elaboración propia 2023.....	35
Tabla 7. OEE Estimado año 2022 zona de envase. Elaboración propia 2023	37
Tabla 8. Tiempos perdidos por maquina zona de envase julio – octubre 2023. Elaboración propia 2023	39
Tabla 9. Calculo OEE por maquina zona de envase julio – octubre 2023. Elaboración propia 2023.....	40
Tabla 10. Calificación OEE. Fuente: Seiichi Nakajima Curso para Directivos/ Facilitadores de TPM, Japón 1992	42
Tabla 11. Análisis de paradas maquinas envase julio – octubre 2023. Elaboración propia 2023.....	44
Tabla 12. Pareto de la cantidad de paradas maquinas envase julio – octubre 2023. Elaboración propia 2023	45
Tabla 13. Pareto de la duración de paradas por máquinas de envase julio – octubre 2023. Elaboración propia 2023	46
Tabla 14. Clasificación de pérdidas. Elaboración propia 2023.....	49
Tabla 15. Seguimiento actividades implementación TPM zona de envase. Elaboración propia 2024	65
Tabla 16. Impactos a partir de los resultados obtenidos. Elaboración propia 2024.	67
Tabla 17. Presupuesto global (en miles de pesos)	70
Tabla 18. Gastos de personal (en miles de pesos).....	71
Tabla 19. Equipos disponibles (en miles de pesos)	71
Tabla 20. Materiales disponibles (en miles de pesos).	71
Tabla 21. Servicios técnicos disponibles (en miles de pesos).	72
Tabla 22. Adecuación infraestructura disponibles (en miles de pesos).....	72

1.3 ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Pareto tiempo perdido promedio mensual año 2022 zona de envase ingenio. (Elaboración propia, 2023)	10
---	----

Ilustración 2. Imagen maquina certo pack. (Catálogo, fuente empresa, 2014).....	23
Ilustración 3. Diagrama de flujo proceso de mejoramiento enfocado. (M, Rojas., 2011, p.47)	26
Ilustración 4. Disponibilidad maquinas Zona de envase julio – octubre 2023. (Elaboración propia, 2023).....	41
Ilustración 5. Rendimiento maquinas Zona de envase julio – octubre 2023. (Elaboración propia, 2023).....	41
Ilustración 6. Calidad maquinas Zona de envase julio – octubre 2023. (Elaboración propia, 2023)	42
Ilustración 7. OEE maquinas Zona de envase julio – octubre 2023. (Elaboración propia, 2023).	43
Ilustración 8. Pareto de cantidad de paradas en las maquinas Zona de envase julio – octubre 2023. (Elaboración propia, 2023).....	45
Ilustración 9. Pareto de duración de paradas en las maquinas zona de Envase julio – octubre 2023. (Elaboración propia, 2023).....	47
Ilustración 10. Productividad media de las maquinas Zona de envase julio – octubre 2023. (Elaboración propia, 2023).....	48
Ilustración 11. Formación de equipos Zona de envase julio – octubre 2023. (Elaboración propia, 2023).	51
Ilustración 12. Formato de Inspección y limpieza equipos Zona de envase. (Elaboración propia, 2023).	53
Ilustración 13. Formato de Inspección y limpieza equipos de pesaje y calidad Zona de envase. (Elaboración propia, 2023).....	54
Ilustración 14. Formato de Inspección y limpieza equipos de transporte Zona de envase. (Elaboración propia, 2023).....	55
Ilustración 15. Lista de chequeo piezas mecánicas equipos Zona de envase. (Elaboración propia, 2023).	56
<i>Ilustración 16. Planificación mantenimiento enfocado equipos Zona de envase año 2024. (Elaboración propia, 2024).....</i>	<i>58</i>
Ilustración 17. Plan de mantenimiento enfocado equipos Zona de envase. (Elaboración propia, 2024).	59
Ilustración 18. Diagrama básico de funcionamientos equipos Zona de envase. (Elaboración propia, 2024).	62
Ilustración 19. Responsabilidades básicas equipos de mantenimiento autónomo y enfocado Zona de envase. (Elaboración propia, 2024).	62
Ilustración 20. Identificación de responsabilidades específicas de los equipos de mantenimiento autónomo y enfocado Zona de envase. (Elaboración propia, 2024).	63
Ilustración 21. Cronograma de actividades para la implementación del plan piloto TPM en la zona de envase. Project. (Elaboración propia, 2024).	69

2 RESUMEN.

Asocaña comparte información acerca del sector agroindustrial de la caña en Colombia,” ubicado en el valle geográfico del río Cauca, que abarca 51 municipios, 6 departamentos (Valle del Cauca, Cauca, Risaralda, Caldas, Quindío y Meta), donde producen azúcar, bioetanol y energía 14 ingenios azucareros” (Asocaña, 2022, p.1), además se menciona que para el año 2020 “se produjeron 24,3 millones de toneladas de caña; 2,3 millones de ton de azúcar” (Asocaña, 2022, p.1). Así mismo según Fedesarrollo 2019 (como citó en Asocaña, 2022) “se exportaron 716 mil toneladas por valor de 327 millones de dólares (33% de la producción). Ubicándonos como el cuarto generador agroindustrial de divisas después de café, flores, banano y aceite de palma. La agroindustria de la caña representa el 0,6% del PIB Total Nacional y el 3,7% del PIB Agrícola nacional. En el Valle del Cauca representa el 31,4% del PIB Agrícola y en el Cauca el 19,7%. Se generan 286 mil empleos directos e indirectos. 65 de cada 100 familias, de los 50 municipios cañicultores, están vinculados económicamente con la agroindustria, de manera directa, indirecta o inducida” (p.1). Aún con estas cifras Colombia se encuentra en un doceavo puesto a nivel mundial por debajo de países como Brasil, India, China, entre otros.

Por esta razón este sector debe ser competitivo a nivel nacional y global, el ingenio a evaluar produce el 14% del azúcar generado en el país, por lo que, la implementación del Mantenimiento Total Productivo (TPM) en la zona de envase es crucial, debido a que asegura la eficiencia y calidad. Este enfoque de gestión integral busca maximizar la disponibilidad de los equipos mediante el mantenimiento rutinario, preventivo y correctivo, involucrando a todo el personal en su implementación. En la zona de envase, donde la maquinaria está en constante uso, el TPM previene paradas inesperadas, reduciendo tiempos muertos y aumentando la productividad. Además, mejora la calidad del producto, evitando errores que pueden afectar. La aplicación del TPM también fomenta un ambiente de trabajo seguro y organizado, minimizando riesgos de accidentes y mejorando la moral del equipo. Así, esta metodología no solo optimiza los procesos operativos, sino que también contribuye a la sostenibilidad y competitividad del ingenio azucarero en el mercado, garantizando un producto final de alta calidad y eficiencia operativa continua.

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento Productivo Total TPM, Eficiencia, Global, Producción, Indicadores de gestión, ERP. IOT.

3 INTRODUCCIÓN.

En la actualidad la producción de azúcar cuenta con una competencia importante a nivel local y mundial, debido a esta condición ser eficientes y producir a un costo bajo es requerimiento para ser rentable y competitivo para esta organización. Por lo tanto, se plantea que la ejecución del TPM podría aportar a mejorar las condiciones de productividad, mantener la calidad, reducir los costos, elevar seguridad y salud de los colaboradores.

El Ingenio produce el 14% del azúcar total del país, aproximadamente 320.000 toneladas de azúcar al año, producción que se empaca en diez maquinas envasadoras, equipos que por su impacto económico son de alta criticidad y requieren de metodologías de mantenimiento que garanticen una alta disponibilidad.

Este proyecto busca implementar un plan piloto del mantenimiento productivo total TPM dentro de la zona de envase del Ingenio, aplicando los 4 pilares básicos de esta metodología, los cuales implican la implementación de las 5's como primera medida y así contribuir en los indicadores de mantenimiento, la eliminación de desperdicios, la optimización en el uso de los recursos y disminución de las averías y accidentalidad, sobre los cuales se actúan directamente acorde al modelo de implementación de TPM.

Así también, se pretende, con el modelo del OEE, obtener un análisis de los resultados de productividad mostrando el impacto que representa como indicadores de gestión y mantenimiento, validando si su implementación aumenta la disponibilidad de los equipos.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, el presente proyecto se divide en una serie de capítulos que pueden aportar a la contextualización: el primero de ellos es el marco teórico donde se logra percibir en detalle la información pertinente que se requiere saber sobre el Mantenimiento Productivo Total (TPM), los pilares que lo componen para su aplicación, la relación existente entre ellos y los equipos que se ven relacionados dentro de su proceso.

Finalmente, se propone la metodología a desarrollar, la cual se basa en las herramientas específicas para la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), en las cuales se tiene en cuenta los aportes de diferentes autores que pueden proporcionar una visión sobre el paso a paso de su aplicación y los resultados óptimos que se pretenden encontrar en la aplicación, todo a partir de la formación de equipos de mejoramiento, el mantenimiento enfocado y mejoramiento autónomo, como bases de dicha implementación, logrando integrar los operadores como pieza clave de la manutención de los activos.

4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El ingenio dentro sus indicadores de eficiencia analiza la disponibilidad de sus equipos en cada área, dentro de las cuales se encuentra la zona de envase, a continuación, se muestra el diagrama de Pareto con las pérdidas del área de envase en los meses de julio a octubre del 2023.

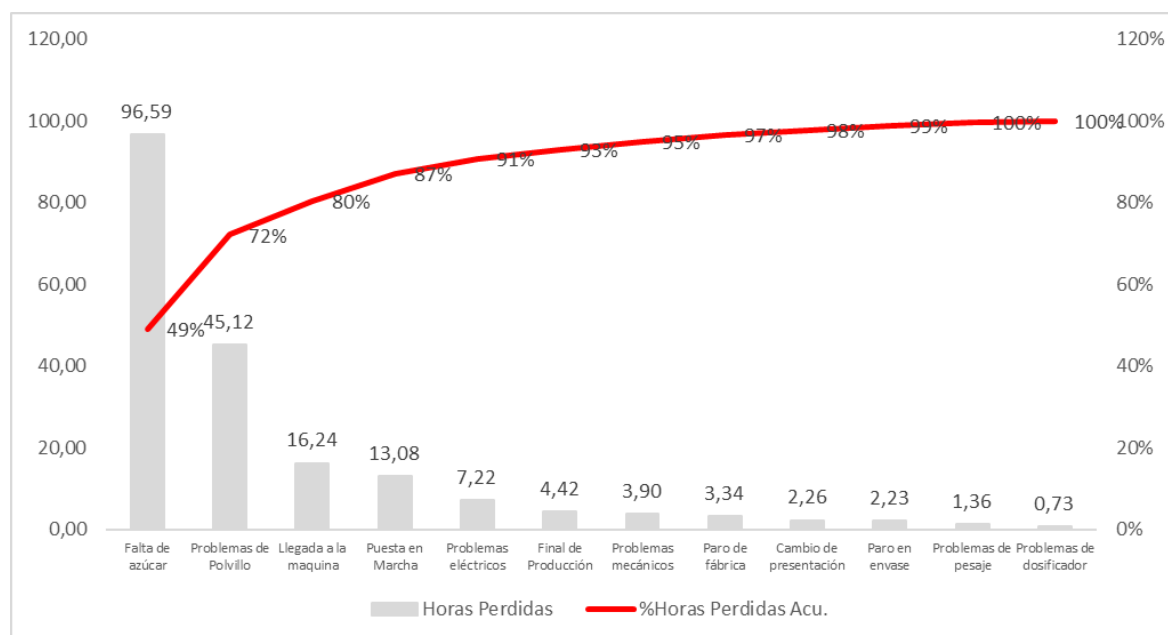


Ilustración 1. Pareto tiempo perdido promedio mensual año 2022 zona de envase ingenio. (Elaboración propia, 2023)

El diagrama muestra las horas/ mes perdidas en disponibilidad, que son causadas por averías y paradas de los equipos: falta de azúcar, obstrucción por polvillo, llegada a la máquina, puesta en marcha, problemas eléctricos, final de producción, paro de fábrica, cambio presentación, baja calidad en azúcar, problemas básculas, problema dosificador y problemas mecánicos. Todos estos ítems mencionados suman un total de 196,6 horas/ mes promedio en el área. En moneda, se habla de \$2.122.200.000 COP al mes, suponiendo que se trabaja a 8 quintales de azúcar por minuto y con un costo/quintal promedio de \$180,000 COP, es decir la productividad del área actual en una evaluación generalizada es de 66%.

Para la recolección de información se apoyó en proyectos que se estaban ejecutando paralelamente como lo fue “la solución IOT”, esto debido a que existían dificultades en obtener datos confiables y oportunos.

Con el plan piloto de la implementación del mantenimiento productivo total en la zona de envase del ingenio se busca analizar y evidenciar la efectividad del TPM en las industrias y la mejora de la disponibilidad de los equipos.

5 JUSTIFICACIÓN.

La industria del azúcar es un eslabón importante e impacta el PIB del Valle del Cauca, el Cauca y el territorio nacional, así como también es un producto de alta competencia debido a la alta producción de otros países, aun así, industrias como esta cuenta con valores altos de eficiencia debido a que siempre se encuentra en la búsqueda constante de mejora continua, y el aplicar metodologías como TPM son estrategias para ser cada vez más competitivos a nivel nacional y global.

Así también, la mejorar en la cultura organizacional y el compromiso de los colaboradores es importante debido a que potencia las personas, equipos y departamentos, buscando:

- Generar un ambiente laboral optimo, limpio y seguro dentro de la zona de implementación.
- Orientar la investigación de las causas de las horas perdidas y evaluar como atacarlas para elevar directamente la productividad, OEE en las diferentes máquinas de envase.
- Involucrar y capacitar al personal de operación y de mantenimiento asociado a la zona de envase, estableciendo equipos de mejoramiento continuo.

6 OBJETIVOS.

6.1 OBJETIVO GENERAL.

Implementar un plan piloto del Mantenimiento Productivo Total TPM, en la zona de envase del Ingenio.

6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Recolectar información, del uso, disponibilidad, rendimiento y calidad de los diez equipos que hacen parte de la zona de envase del ingenio.
- Identificar las pérdidas y por lo tanto los posibles casos de mejora en la zona de envase del ingenio.
- Capacitar el personal operativo y de mantenimiento, supervisores, ingenieros y programadores de mantenimiento según las responsabilidades establecidas en los pilares del TPM.
- Analizar la planeación de mantenimiento preventiva y autónoma de cada equipo y en el ERP de la organización, y modificar dicha planeación con base a los pilares de TPM y los posibles casos de mejora.
- Ejecutar la planeación de mantenimiento preventiva y autónoma en la zona de envase del ingenio.
- Analizar los resultados obtenidos del aumento de la productividad OEE y EGP aplicando TPM.

7 MARCO TEÓRICO

7.1 MARCO HISTÓRICO.

Con el fin de comprender la información suministrada en el presente documento, se pretende dar cuenta de los aspectos históricos más relevantes sobre el Total Productive Management, el cual, según como menciona el Seminario TPM, Management y el Centro Nacional de Productividad, este era conocido inicialmente como “Mantenimiento productivo total, nace en Japón en la década del 60, gracias a la iniciativa y gestión de una empresa fabricante y proveedora del mercado automovilístico, introduciendo el concepto del mantenimiento productivo total en su planta en el año de 1961, el objetivo de esta implementación era el de involucrar a todas las partes de la organización en la mejora de la efectividad de los equipos, a través de procesos automatizados que necesitaban personal altamente capacitado y capaz de anticiparse a hechos que se podían evitar a través del mantenimiento preventivo”. (2006, p.11)

Por otra parte, se menciona que en el año 1969 “adoptó un programa corporativo llamado *TOTAL MEMBER PARTICIPATION*, abreviado como TPM, en 1971, la empresa recibió un premio en reconocimiento al TPM, apoyado por el entonces JIPE (JAPAN INSTITUTE OF PLANT ENGINEERS, ahora conocido como JIPM (JAPAN INSTITUTE OF PLANT MAINTENANCE). Esta membrecía buscaba mostrar la relación que debía existir en todos los miembros de la compañía desde la alta gerencia hasta los operarios que manejaban las maquinas en el día a día y que debían estar altamente motivados para ejercer los principios del mantenimiento autónomo”. (Seminario TPM, Management y Centro Nacional de Productividad, 2006, p.32)

Los libros y artículos de Nakajima, así como otros autores japoneses y americanos según como menciona Texas A&M University-Commerce (como se citó en Rojas, M. 2011), “comenzaron a aparecer a fines de 1980. En 1990 se llevó a cabo la primera conferencia en la materia en los EEUU. Hoy día, varias empresas de consultoría están ofreciendo servicios para asesorar y coordinar los esfuerzos de empresas que desean iniciar sus plantas en el promisorio sistema de TPM. (TPM Mantenimiento Productivo Total)”. (p.28)

Por otro lado, cabe mencionar que en la “Pontifica Universidad Javeriana, Ecuador, en la Facultad de Ingeniería Industrial, se encuentra la Tesis titulada: El mantenimiento Productivo Total TPM y la importancia del Recurso Humano para su exitosa implementación, el año 2009, nos dice que: “El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una cultura organizacional que se puede aplicar en cualquier tipo de industria ya sea manufacturera o de servicios; en donde el principal objetivo es eliminar los desperdicios que se presenten dentro de la organización, contando

siempre con la participación de todo el personal, desde la alta dirección hasta los operadores de equipos.” (Valdez, J., 2017, p.28)

Así como también, se tiene en cuenta la información brindada por López, J. (como se citó en Valdez, J.2017) el cual menciona que “en la Universidad Tecnológica de Querétaro, México, en la Facultad de Ingeniería de Mantenimiento Industrial, se encuentra la Tesis titulada: Implementación de Mantenimiento Autónomo en Áreas Críticas, realizada por Jaime Luis López Gonzáles, el año 2012, nos informa que: “El mantenimiento autónomo es fundamental de la empresa realizando las labores recomendadas por el fabricante de la máquina y considerando la experiencia de los operadores y técnicos de mantenimiento ayudando al aprovechamiento máximo de cada parte de la máquina y optimizando su vida útil. El mantenimiento autónomo beneficia en la organización del mantenimiento mejorándola.” (p.27)

Así también, existen en las industrias algunos casos de impacto como: MAZDA, SUBARU, YAMAHA, TOYOTA, Ford, Eastman Kodak, NEC, TOSHIBA, Canon, Konica Minolta, Dana Corp., Allen Bradley, Harley Davidson, SONY, Panasonic, NISSAN; son solamente unas pocas de las empresas que han implementado TPM con éxito. Todas ellas reportan una mayor productividad gracias a esta disciplina. Kodak, por ejemplo, reporta que, con 5 millones de dólares de inversión, logró aumentar sus utilidades en \$16 millones de beneficio directamente derivado de implementar TPM. Una fábrica de aparatos domésticos informa de la reducción en cambio de dados en sus troqueladoras de varias horas a sólo 20 minutos. Esto equivale a tener disponibles el equivalente a dos o tres máquinas más, con valor de un millón de dólares cada una, pero sin haber tenido que comprarlas o alquilarlas. En algunas de sus divisiones, Texas Instruments reporta hasta un 80% de incrementos de su productividad. Prácticamente todas las empresas mencionadas aseguran haber reducido sus tiempos perdidos por fallas en el equipo en 50% o más, también reducción en inventarios de refacciones y mejoramiento en la puntualidad de sus entregas. La necesidad de subcontratar manufactura también se vio drásticamente reducida en la mayoría de ellas. Para el caso colombiano organizaciones como: “BICO INTERNACIONAL, UNILEVER, Corona, SOFASA, Grupo Nacional de Chocolates S.A.; estas igualmente poseen un sin número de logros. En el caso de Corona en el área de seguridad indicó No. Accidentes: reducción de 14 (2003) a 0 (2007); Calidad 11% de incremento en productos de primera; distribución aumento del 40% de entregas; BICO presentó una Eficiencia Global de Producción (EGP) con incremento del 38%; reducción en el número de averías de 94 promedio año a 3; Maquinas 0 averías: aumento 31.5%; solo para mencionar algunos de los más destacados beneficios del TPM”. (Rojas, M. 2011. P.30)

7.2 MARCO TEÓRICO.

7.2.1 Mantenimiento Productivo Total, TPM.

El TPM es un sistema de gestión de mejora que busca optimizar la efectividad global de los equipos, aumentando la disponibilidad de los equipos y mejorando su rendimiento y calidad, en un entorno seguro.

Según Tavares, (2000) “El Mantenimiento Productivo Total “TPM”, en inglés “Total Productive Maintenance”, es una estrategia o sistema industrial japonés desarrollado principalmente en la década de los 60’s surge por la necesidad de mejorar los productos y servicios en las empresas, promoviendo la interacción del operario, la máquina y la compañía”. (p.33)

Por otra parte, según como nos explica Laverde (2008), “El TPM se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, estableciendo un sistema que previene todas las pérdidas en todas las operaciones de las empresas. Esto incluye cero accidentes, cero defectos y cero fallos en todo el ciclo de vida del sistema productivo. Se aplica en todos los sectores incluyendo producción, desarrollo y departamentos administrativos. Se apoya en la participación de todos los integrantes de la empresa, desde la alta dirección hasta los niveles operativos. La obtención de cero pérdidas se logra a través del trabajo de pequeños equipos”. (p.2)

Por otro lado, las características propias del TPM según Laverde (2008) sirven como complemento a la definición dada por JIPM (Japan Institute of plant maintenance):

- Apunta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficacia de los sistemas de producción (mejora de la eficiencia global de la operación).
- Crea un sistema para prevenir la presencia de todo tipo de pérdidas en la línea productiva y se centra en el producto final. Esto incluye los sistemas para lograr las metas de "cero accidentes, cero defectos, y cero averías" en todo el ciclo de vida del sistema de producción.
- Se aplica en todos los sectores, incluyendo producción, desarrollo, y departamentos administrativos.
- Se fundamenta en la participación de todos los integrantes de la empresa, los cuales actúan en forma alineada.
- Permite eliminar las pérdidas a través de las actividades de mejora que se realizan en pequeños equipos de trabajadores. (p.10)

Entonces se cambia la idea del empleado del “yo opero, tú arreglas” a “yo soy responsable de mi propio equipo”, dándole más compromiso al empleado y una

relación directa operario-máquina que permite bajar índices de tiempos de mantenimiento y defectos en el producto final.

Para Seiichi Nakajima (2021), la palabra TOTAL del “Mantenimiento Productivo Total”, tiene tres significados relacionados con características del TPM:

- Efectividad Total: Busca la eficiencia y eficacia de los activos.
- Mantenimiento Total: Es la prevención del mantenimiento, mejorar la facilidad del mantenimiento y mantenimiento preventivo.
- Participación Total: La participación de todos los empleados en pequeños grupos

7.2.2 Pilares del TPM

El TPM según como menciona Rojas, M. (2011), se sustenta en la gente y sus ocho pilares:

- Pilar 1 Mejoras enfocadas: Consta en llegar a los problemas desde la raíz y con previa planificación para saber cuál es la meta y en cuanto tiempo se logra.
- Pilar 2 Mantenimiento autónomo: Está enfocado al operario ya que es el que más interactúa con el equipo, propone alargar la vida útil de la máquina o línea de producción.
- Pilar 3 Mantenimiento planeado: Su principal eje de acción es el de entender la situación que se está presentando en el proceso o en la máquina teniendo en cuenta un equilibrio costo-beneficio.
- Pilar 4 Capacitación y entrenamiento: Correcta instrucción de los empleados relacionada con los procesos en los que trabaja cada uno.
- Pilar 4 Control inicial: Consta básicamente en implementar lo aprendido en las máquinas y procesos nuevos.
- Pilar 6 Mantenimiento de la calidad: enfatizado básicamente a las normas de calidad que se rigen.
- Pilar 7 TPM en oficinas: Es llevar toda la política de mejoramiento y manejo administrativo a las oficinas (papelerías, órdenes, etc.).
- Pilar 8 Seguridad y medio ambiente: Trata las políticas medioambientales y de seguridad regidas por el gobierno. (p.31)

7.2.3 5S's.

Las 5S's son una herramienta importante para la implementación de TPM, y se debe tener en cuenta las siguientes actividades y procedimientos:

Paso	Nombre	Actividades a realizar	Procedimientos
1	Desalojar	Se debe clasificar, separar y distinguir entre lo que es y no es necesario, eliminando las cosas Innecesarias en el área de trabajo. Esta es una actividad que se debe realizar en el lugar de origen	* Realizar una limpieza general. * Investigar el origen del problema. * Determinar los peores sitios. * Hacer una lista detallada de las razones. * Marcar y separar los elementos a desalojar. * Determine medios para mejorar sitio de trabajo y que los elementos no se acumulen. * Determinar plan de acción.
2	Organizar	Designar un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar, buscando como ubicar los elementos de trabajo de tal manera que sea funcional.	* Determinar un sitio para identificar, ¿Qué cosas son necesarias? * Determinar ¿Cuánto de cada cosa debe ser almacenado en cada sitio dado? * Hacer que sea fácil dónde encontrar los elementos por cualquier persona, usar y retornar a cada sitio ya definido.
3	Limpiar	Buscar la eficiencia evitando limpiar tanto y logrando ensuciar menos	* Eliminar mugre, polvo, aceite, virutas y materiales extraños para mantener limpio el sitio de trabajo * Mantener barrido, aseado, y limpio todo el tiempo * Integrar la limpieza en las actividades rutinarias de mantenimiento realizados por los operarios
4	Estandarizar	Mantener el ambiente de trabajo organizado, ordenado y limpio	* Decidir quién es responsable de qué actividades respecto a las condiciones de los tres pasos iniciales del proceso de 5S's, denominar un asesor 5S's * Revisar retrocesos integrando el mantenimiento de los tres pasos iniciales del proceso de 5S's * Definir cuáles son los puntos cruciales de control.

5	Entrenamiento y disciplina	Adherir de manera estricta a las reglas, siendo fundamental la constancia para lograr el éxito en los resultados.	* Crear la rutina para que los procedimientos correctos sean un hábito * Ordenar el sitio de trabajo y lograr que las tareas se realicen de acuerdo con los procedimientos establecidos. * Los gerentes están profundamente comprometidos en implementar y mantener las 5S's.
---	----------------------------	---	---

Tabla 1. Procedimientos para la implementación de las 5s. (basado en Rojas, M 2011, p.48).

7.2.4 Mantenimiento autónomo.

El Mantenimiento Autónomo es una parte fundamental en el Mantenimiento Productivo Total, busca desarrollar actividades de cuidados básicos y mantenimiento rutinario de las máquinas, y la estandarización de las operaciones para disminuir las averías y así el deterioro de los equipos y de cada uno de sus componentes.

El mantenimiento autónomo es ejecutado por operación siendo ellos los responsables de los equipos, esto con la finalidad de contribuir al aumento de la disponibilidad del área. Jiménez. N. (2011), manifiesta que “disponibilidad, es la capacidad de un activo o componente para estar en un estado para realizar una función requerida bajo condiciones dadas en un instante dado de tiempo o durante un determinado intervalo de tiempo, asumiendo que los recursos externos necesarios se han proporcionado. Es decir, cuando hablamos de confiabilidad el componente trabaja continuamente durante un periodo de tiempo dado, en otras palabras, la función del componente no se interrumpe por fallas de mantenimiento, el componente se pone en operación y se mantiene arriba.

El mantenimiento autónomo es una característica única del Mantenimiento Productivo Total (TPM), que consiste en que sus operadores realicen actividades como limpieza, inspección, lubricación y ajustes, adicionalmente el operador debe hacerse responsable de su propio equipo (Nakajima,1993).

Entre algunos significados del Mantenimiento Autónomo están:

- Desde la perspectiva del equipamiento es establecer un área ordenada de trabajo donde algún departamento que labore en condiciones normales pueda detectar los defectos (Gotoh, 1992).

- El Mantenimiento Autónomo es lograr que el operador sea capaz de hacerse cargo de su propio equipo de trabajo, llevando a cabo las actividades de limpieza, inspección, lubricación y ajuste, de manera habitual (Radhi, 1997).

7.2.5 Mantenimiento planeado.

El mantenimiento planificado, preventivo o programado es uno de los pilares más importantes en la búsqueda de beneficios en una organización industrial. Su objetivo es el de eliminar los problemas del equipo a través de acciones de mejora, preventivas y predictivas, y su propósito final es el de avanzar gradualmente hacia la búsqueda de la meta “cero averías” en la planta industrial. Para una correcta gestión de las actividades de mantenimiento, es necesario contar con bases de datos de incidencias y de problemas potenciales más comunes, información interna (experiencia de los operarios y responsables de mantenimiento) y externa (respaldo y experiencia de los proveedores de los equipos), capacidad de programación de recursos, gestión de tecnologías de mantenimiento y un poder de motivación y coordinación del equipo humano encargado de estas actividades (Estupiñan, 2017).

Por esta razón el mantenimiento planeado es crucial en la metodología de mantenimiento productivo total (TPM) ya que garantiza la continuidad operativa y maximiza la eficiencia de los equipos mediante intervenciones planificadas. Este enfoque permite detectar y solucionar problemas potenciales antes de que se conviertan en fallos graves, prolongando la vida útil de los equipos y reduciendo los costos de reparación.

Además, el mantenimiento programado mejora la seguridad en el lugar de trabajo al reducir el riesgo de accidentes derivados de fallos mecánicos. También fomenta una cultura de mejora continua, involucrando a los operarios en el cuidado de los equipos y en la detección temprana de anomalías. En conjunto, estas prácticas aumentan la productividad, la calidad del producto y la satisfacción del cliente, contribuyendo a la competitividad y sostenibilidad de la organización.

7.2.6 Capacitación y entrenamiento.

El pilar de capacitación y entrenamiento es fundamental en la metodología TPM, debido a que potencia el desarrollo de competencias y conocimientos necesarios para una operación y mantenimiento eficientes de los equipos. Estas actividades garantizan que los operarios y el personal de mantenimiento dominen las mejores prácticas, técnicas avanzadas y procedimientos específicos que optimizan la eficiencia y la fiabilidad de la maquinaria.

Es importante resaltar que una adecuada capacitación permite a los trabajadores detectar y solucionar problemas potenciales antes de que se conviertan en fallos

graves. Además, promueve una cultura donde los empleados se sienten capacitados para participar activamente en el mantenimiento y la mejora de los procesos.

La capacitación y entrenamiento insta a la compañía, partiendo de la socialización a seguir capacitando a los trabajadores en los diversos métodos y técnicas de mantenimiento industrial, así como en las principales labores y tareas que se desarrollen en cuanto al mantenimiento que se ejecuta en la compañía (Estupiñan, 2017).

7.2.7 Control inicial.

El pilar de control inicial en la metodología de TPM está destinado a prevenir los problemas que se pueden presentar en equipos, maquinaria, productos o proyectos, desde las fases de diseño y desarrollo. En TPM se emplea para identificar y prevenir problemas potenciales que una empresa puede encontrar cuando se va a comprar, instalar y poner en marcha una máquina o proceso.

Los objetivos de este pilar son:

- Aumentar la eficiencia del desarrollo de nuevos productos y de inversiones de equipo.
- Reducir los tiempos de aplicación de nuevos cambios tecnológicos. (Estupiñan, 2017).

7.3 EFECTIVIDAD GOLBAL OEE.

El análisis OEE es una métrica clave en la gestión de operaciones industriales que evalúa la eficiencia y productividad de un equipo de producción, permite medir el impacto total que tiene tres factores en el desempeño del equipo estos factores a analizar son calidad, productividad, y disponibilidad, los cuales multiplican su porcentaje de desempeño según corresponda, este análisis busca identificar pérdidas que afecten globalmente la productividad de la maquinaria, permitiendo evaluar el funcionamiento de los equipos y poder encontrar soluciones enfocadas a la búsqueda de cero perdidas, cero demoras, cero averías, cero defectos, cero accidentes y cero inventarios, que son fundamentales para la implementación del mantenimiento productivo total. (Estupiñan, 2017).

Es importante conocer que el OEE es un estándar internacional reconocido en todo el mundo. Su implementación supone grandes ventajas en el proceso productivo ya que repercute directamente en el rendimiento que se va a obtener. De ahí que es de vital importancia su monitorización y seguimiento. (Rodriguez, 2019)

Cualquier método por el cual se pretenda determinar el desempeño de un equipo requiere medir su efectividad, que es resultado del producto de tres factores: disponibilidad, eficiencia de desempeño, y porcentaje de productos de calidad. Las condiciones ideales a las que se pretende llegar pueden ser:

- Mejor disponibilidad del equipo 90%
- Eficiencia del desempeño 90%
- Porcentaje de productos de calidad 99%

Por tanto, la eficiencia excelente a lograr según Seiichi Nakajima Curso para Directivos/ Facilitadores de TPM, sería:

$$OEE = 0.90 \times 0.90 \times 0.99 = 0.80$$

Es decir, igual o superior a un 80%.

Evaluando estos índices se obtiene el desempeño o eficiencia total del equipo, por medio de la evaluación de las actividades, tiempos y resultados en sus productos que presenta cada una de las máquinas. Si el equipo no cumple con la eficiencia a lograr, se tendrá que analizar profundamente los diferentes índices, para detectar las posibles causas o pérdidas que reducen el buen funcionamiento del equipo (Estupiñan, 2017).

7.4 MÁQUINAS DE PRODUCCIÓN.

La zona de envase se compone de diez máquinas o equipos de producción:

- Teppack 1.
- Teppack 2.
- Fabrima 1.
- Fabrima 2.
- Doy pack.
- Tubipack 1.
- Tubipack 2.
- Empacadora 50 kg 1.
- Empacadora 50 Kg 2.
- Certopac.

Estas máquinas actualmente tienen una producción diaria media de 18.000 quintales de azúcar; la maquina Certopac produce el 46% de la producción total es

decir 8.200 quintales diarios por lo cual, es la de mayor importancia en esta área de Envase, debido al volumen de producción.

La máquina Certopac según el manual de instrucciones, nos indica que “las máquinas (de apertura de sacos y) ensacadoras completamente automáticas CERTOPAC permiten ensacar grandes cantidades de material a granel como fertilizante y piensos, granulados plásticos, materiales de construcción, sales, etc. en sacos de 25 a 50 kg eliminando casi completamente la entrada de polvo.

La máquina se puede utilizar con todo tipo de sacos prefabricados adecuados para el llenado automático, p. ej. sacos acolchados o con fuelles laterales, independientemente del material (PE, tejido o papel) y del revestimiento.

La ensacadora se compone de los siguientes módulos:

- Cargador de sacos vacíos con unidad de elevación integrada
- Brazo de extracción con ventosas y sistema de transporte de sacos giratorio
- Accionamiento por cadena y tensores de cadena
- Unidad de posicionamiento de sacos
- Centrador de sacos
- Unidad de aspiración para la apertura del saco
- Unidades de sujeción de sacos
- Unidad de transferencia de sacos y colocación
- Boca de llenado con canales de aspiración integrados
- Mordazas de sujeción principales
- Mordazas de sujeción de los fuelles laterales
- Estirador de sacos con mordazas de sujeción de arrastre de sacos integradas
- Transportador acelerador con bastidor de altura regulable
- Soporte de llenado de sacos
- Sistema de transporte de sacos, transportador de cierre de sacos
- Unidad de cierre de sacos, cosedora o selladora



Ilustración 2. Imagen maquina certo pack. (Catálogo, fuente empresa, 2014)

8 METODOLOGÍA.

Para lograr los resultados que se pretende alcanzar, se establece un modelo TPM dentro de la zona de envase del Ingenio, cuya implementación busca la eliminación de las pérdidas, optimización en el uso de los recursos y disminución de las averías y accidentalidad conforme a lo sugerido por (Nakajima,1991).

Se establece el proceso de implementación de TPM, de doce pasos para lograr los resultados:

Fase	Paso
Preparación	La alta dirección anuncia la introducción del TPM
	Programas de educación y campañas para introducir TPM
	Crear Organizaciones para promover TPM
	Establecer políticas básicas TPM y metas
	Formular Plan maestro para desarrollo TPM
	Organizar un acto de iniciación TPM
Implementación TPM	Mejorar la efectividad de cada pieza del equipo
	Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo
	Desarrollar un programa de mantenimiento para el departamento de mantenimiento
	Dirigir entrenamiento para mejorar operación y capacidades de mantenimiento
	Desarrollar programa gestión equipos fases iniciales
Estabilización	Implantación perfecta del TPM y elevación niveles TPM

Tabla 2. Doce pasos implementación TPM (Basado en S, Nakajima, 1991. P57)

Se hace necesario que, desde el segundo paso, de la educación introductoria, se inicie la implementación de los 4 primeros pilares o los Pilares Básicos en la organización, con equipos piloto gerenciales, con quienes se desarrollan las actividades en un proceso de aprendizaje organizacional. Es con ellos con quienes se hacen las presentaciones de las primeras experiencias, durante el Acto de Iniciación de TPM, o Kick Off.

8.1 FORMAR EQUIPOS DE MEJORAMIENTO PILOTO.

Los equipos de mejoramiento continuo asumen la responsabilidad y el compromiso para mejorar el proceso, reconociendo las oportunidades y tomando las acciones necesarias para las implementaciones óptimas para la organización; para ello se debe tener grupos integrales, con experiencia y conocimiento de las áreas, gran capacidad análisis y observación. Para lograr un buen funcionamiento en el grupo, la organización debe proporcionar ambientes de trabajo apropiados, motivación dentro del grupo y brindando la confianza y apoyo de todos los departamentos de soporte necesarios.

Estos equipos de trabajo deben seguir la estructura jerárquica definida, donde prime el rol y la funcionalidad de cada miembro de trabajo. También deben tener una Misión que determine las actividades que materializaran la visión, ambos enlazados con el plan estratégico de la organización, y con los objetivos claros y alcanzables, desplegados desde la alta dirección. De otro lado es necesario que los equipos cuenten con un nombre, logo y eslogan con el fin de generar identidad e impacto entre ellos y la organización, afianzando el compromiso de los colaboradores internos y externos al equipo de mejoramiento continuo.

8.2 PILAR 1: MEJORAMIENTO ENFOCADO.

Dentro de la metodología del TPM, es de gran importancia el pilar del mejoramiento enfocado el cual busca el que, desde los indicadores de gestión, se identifiquen y apoyen los proyectos para la eliminación de las pérdidas del sistema, buscando aumentar la efectividad global de los máquinas, procesos y plantas. Estos proyectos serán desarrollados con los Equipos de Mejoramiento Piloto.

Es de gran importancia contar rutas de acción para el desarrollo de los proyectos de mejoramiento, definidas como se evidencian en la ilustración 3.

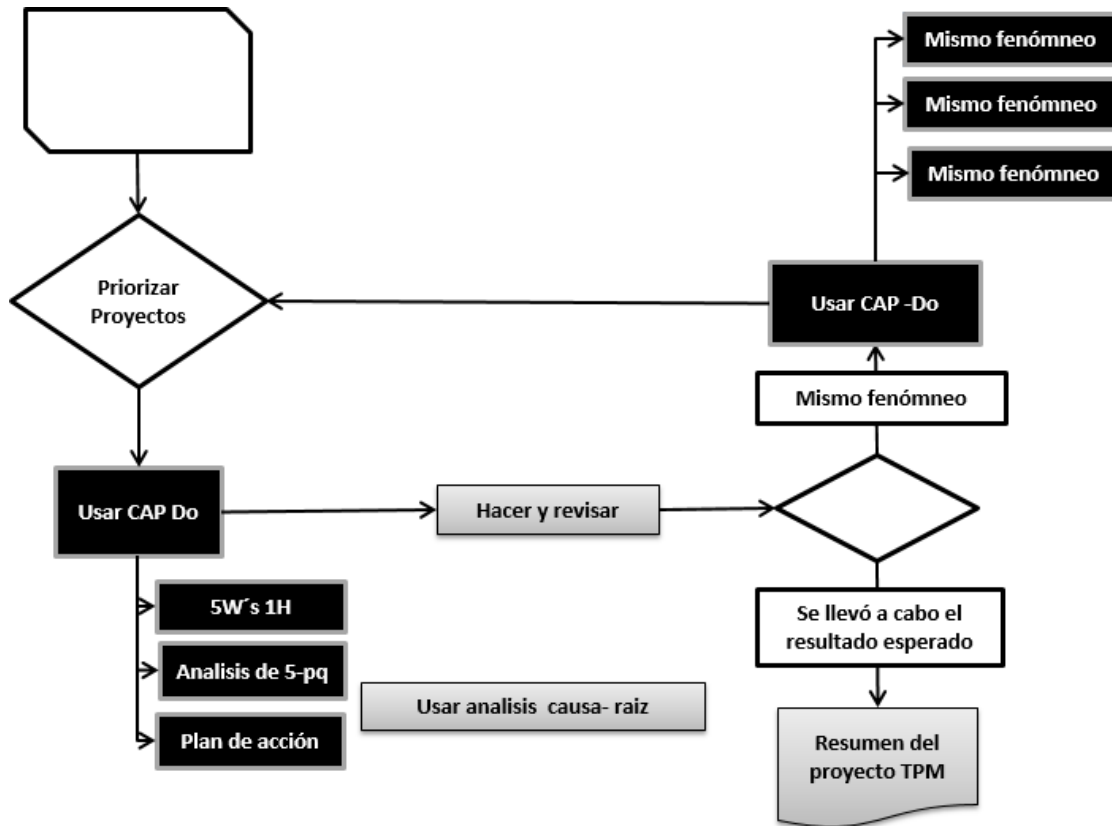


Ilustración 3. Diagrama de flujo proceso de mejoramiento enfocado. (M, Rojas., 2011, p.47)

Para realizar actividades de mejoramiento enfocado se debe:

- A. Establecer una actividad, tema o propósito que se encuentre enmarcado, se despliegue, de los objetivos de la organización, derivado de los resultados de la máquina, para ser analizado y estudiado por el equipo de mejoramiento continuo, donde cada rol vinculado aplicara las técnicas para con el apoyo grupal, generando información de valor para cada área. Entrenar y aplicar la metodología de Solución de problemas CAPDo.
- B. Se debe registrar y almacenar todo análisis e informe generado.
- C. Se debe implementar toda mejora propuesta.
- D. Se debe evaluar los resultados, y en caso de generar una mejora se debe estandarizar y retroalimentar a las demás secciones.

8.3 PILAR 2: MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

El mantenimiento autónomo es aquel realizado por el departamento de producción y uno de los pilares básicos y más importantes del TPM, siendo fundamental en la

operación normal de los equipos a través de chequeos diarios, mantenimiento de las condiciones básicas para la operatividad continua.

El éxito del mantenimiento autónomo se debe a la ejecución de los siguientes pasos:

Paso	Descripción del Paso	Actividades a realizar
1	Limpieza es inspección	Eliminación de suciedad, escapes, polvo, identificación de "Fuguai"
2	Eliminación de Fuentes de Contaminación y Áreas de Difícil acceso.	Acciones correctivas para eliminar las causas que producen deterioro acumulado en los equipos. Facilitar el acceso a los sitios difíciles para facilitar la inspección Evitar que nuevamente se ensucie el equipo, facilitar su inspección al mejorar el acceso a los sitios que requieren limpieza y control, reducción del tiempo empleado para la limpieza
3	Preparación de estándares temporales de inspección autónoma	Se diseñan y aplican estándares provisionales para mantener los procesos de limpieza, lubricación y apriete. Una vez validados se establecerán en forma definitiva.
4	Inspección general	Entrenamiento para la inspección técnica haciendo uso de manuales, eliminación de pequeñas averías y el mayor conocimiento del quipo a través de la inspección.
5	Inspección autónoma	Formulación e implantación de procedimientos de control autónomo.
6	Estandarización Autónoma	De los elementos a ser controlados. Elaboración de estándares de registro de datos controles a herramientas, moldes, medidas del producto, patrones de calidad, etc. Integración y aplicación de estándares. Integración plena de la estandarización.

7	Control autónomo pleno	Aplicación de políticas establecidas por la dirección de la empresa, de tableros de gestión visual, tablas MTBF y tableros Kaizen. Administración plena de la máquina.
---	------------------------	---

Tabla 3. Pasos mantenimiento autónomo. Basado en Masaji Tajari, Fumio Gotoh (como se citó en Valdez, J., 2017, p.33)

8.4 PILAR 3: MANTENIMIENTO PLANEADO

El Mantenimiento Planeado juega un papel vital en la filosofía de gestión que es el TPM, este enfoque proactivo busca maximizar la eficiencia operativa a través de la programación y ejecución planificada de actividades de mantenimiento. En el contexto del TPM, el Mantenimiento Planeado va más allá de la simple reparación de equipos, adoptando una visión integral que abarca la mejora continua y la optimización de los procesos productivos integrando la planeación al ERP de la organización.

La implementación efectiva del Mantenimiento Planeado en el marco del TPM contribuye significativamente a la productividad de la organización, y a alcanzar la confiabilidad en el mantenimiento. La programación estructurada de actividades no solo minimiza las interrupciones no planificadas, sino que también optimiza la utilización de recursos y mejora la disponibilidad de los equipos, también tiene un impacto directo en la calidad del producto. Al prevenir proactivamente fallas y deterioro, se asegura la producción de productos sin defectos.

Este pilar también contribuye a la seguridad laboral, ya que la identificación y abordaje proactivo de posibles riesgos garantiza entornos de trabajo seguros. Además, al planificar y ejecutar actividades de mantenimiento de manera estratégica, se promueve la capacitación y el entrenamiento del personal técnico y operativo, lo que fortalece aún más la implementación exitosa del TPM en la organización.

Es importante mencionar que la política de Mantenimiento Planeado busca lograr y mantener la disponibilidad de las máquinas, optimizar el costo de mantenimiento, reducir el inventario de piezas de repuesto, y mejorar la fiabilidad y mantenimiento de las máquinas, teniendo como objetivos que los equipos tengan cero fallas y descomposiciones.

Así también, se consideran seis pasos en el mantenimiento planificado son: la evaluación de equipos y recodificación presente de su estado; restaurar el deterioro y mejorar la debilidad; organizar la información del sistema de mantenimiento; planificar el tiempo basado en un sistema de información; elegir el equipo, las partes

y los miembros para trazar el plan; elaborar el sistema de mantenimiento mediante la introducción de técnicas de diagnóstico de los equipos y evaluación de mantenimiento planificado como lo recomienda Amit . Ingale, 2015.

El mantenimiento planeado para que tenga funcionalidad optima dentro del ingenio a implementar, se deberá enlazar en SAP como ERP donde especifique responsables, repuestos y frecuencias según los catálogos y experiencia de cada equipo.

8.5 PILAR 4: CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO

El Pilar 4 de Capacitación y Entrenamiento dentro del Total Productive Maintenance (TPM) se alinea perfectamente con el objetivo de fortalecer las habilidades de los empleados. Busca cultivar aptitudes en un ambiente laboral donde la moral es elevada y los empleados están motivados para desempeñar sus funciones de manera efectiva e independiente, teniendo en cuenta los conocimientos técnicos de las maquinas.

La formación en el marco del TPM no se limita únicamente al conocimiento técnico, sino que también se extiende a la comprensión profunda de los principios del TPM, promoviendo el "Saber que" además del " Saber cómo". Este enfoque permite a los operadores superar problemas con un entendimiento integral de las razones detrás de las acciones que toman.

La consecución de las cuatro fases de habilidad, desde "No lo sé" hasta "Sabe hacer y enseñar", refleja el objetivo de crear equipos completos de expertos dentro de la empresa. Este proceso se ve respaldado por políticas de formación centradas en mejorar conocimientos, habilidades y técnicas, y fomentar un ambiente de autoaprendizaje. La conexión entre el entrenamiento y la eliminación de la fatiga para crear un ambiente de trabajo agradable también se alinea con la idea de fortalecer a los empleados.

En el contexto del TPM, la capacitación y el entrenamiento tiene un impacto directo en los objetivos, como lograr y mantener el menor tiempo de inactividad de los equipos, cero pérdidas en máquinas críticas y la participación activa de los empleados para alcanzar el cumplimiento de los objetivos, en cuanto al aumento de productividad. Los pasos establecidos en las políticas, prioridades y evaluación continua garantizan un sistema de formación efectivo que contribuye al funcionamiento y mantenimiento de habilidades, así como al mejoramiento general de las operaciones y habilidades de mantenimiento, tal como se destaca en la obra de Amit. Ingale, 2015.

Así mismo, se debe ejecutar las 5S's desde el primer paso, como método de implementación:

- Desalojar
- Organizar
- Limpiar
- Estandarizar
- Entrenamiento y disciplina.

Por otro lado, se formula la hipótesis, así como también las variables a trabajar.

8.6 HIPÓTESIS

La implementación un plan piloto del mantenimiento productivo total TPM en la zona de envase de un Ingenio azucarero aumentará su productividad.

8.6.1 Variable Independiente.

Como variable independiente tenemos la implementación del plan piloto del TPM, reconociendo el énfasis necesario en Mantenimiento Autónomo, la cual validaremos en su implementación y conocimiento de esta metodología.

Dimensión	Sujeto	Indicador	Actividad de investigación
Aplicación metodología pilar I. Mantenimiento enfocado.	Todos los sujetos.	Cumplimiento del conocimiento y aplicación de la metodología Si / No	Conocimiento de la metodología Aplicación de la metodología.
Aplicación metodología pilar II. Mantenimiento autónomo.	Operador		
Aplicación metodología pilar III. Mantenimiento planeado.	Mecánico Mantenedor y Planeador		
Aplicación metodología pilar IV. Capacitación y entrenamiento.	Todos los sujetos.		

Tabla 4. Variables independientes desarrollo P2 MA TPM. Elaboración propia 2023

8.6.2 Variable Dependientes.

Como variable dependiente son los indicadores de productividad, debido al funcionamiento de las maquinas,

Dimensión	Indicador	Método
% Disponibilidad	%Horas en operación	Reporte de la maquina
# Paradas	# paradas de la máquina x todas las razones	Reporte de la máquina
# Fallas	# fallas de la máquina	Reporte de la máquina
Tiempo entre fallas MTBF	Horas de entre fallas	Reporte de la maquina
Tiempo para reparar MTTR	Horas parada para reparar	Reporte de la maquina
OEE	Productividad del área	Reporte de la máquina. (Disponibilidad, velocidad y calidad)

Tabla 5. Variables dependientes implementación TPM. Elaboración propia 2023

9 IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS

9.1 COMPROMISO DE LA GERENCIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE TPM.

La implementación exitosa de Total Productive Maintenance (TPM) depende en gran medida del compromiso y liderazgo efectivo de la gerencia y la dirección de una organización. El compromiso de estos líderes es de gran importancia por el impacto en la cultura de mejora continua, enviando un mensaje claro sobre la importancia estratégica de la iniciativa. Esto motiva a los empleados a participar activamente, al observar el respaldo genuino de los líderes.

Es importante también reconocer que la asignación de recursos adecuados es otra función clave de la gerencia y la dirección. Esto implica dedicar personal capacitado, tiempo y presupuesto necesario para llevar a cabo las actividades de TPM, como formación, adquisición de herramientas. Sin este compromiso financiero y de recursos, la implementación de TPM puede carecer de la fuerza necesaria para generar resultados significativos.

El liderazgo también es esencial para identificar y superar las barreras organizativas. La resistencia al cambio es común, y la gerencia debe abordarla mediante la comunicación efectiva y la resolución de conflictos. Además, el compromiso de la alta dirección impulsa la creación de equipos multifuncionales y fomenta la participación de los empleados. Se crea un ambiente colaborativo donde los trabajadores se sienten empoderados para identificar y resolver problemas en sus áreas, contribuyendo al objetivo general de mejorar la eficiencia y confiabilidad de los equipos.

Para el caso del Ingenio fue de gran importancia involucrar al gerente de la fábrica, así como también al director de elaboración, el líder de la zona de envase, lugar donde se aplica esta metodología y cambio cultural y los líderes de mantenimiento, dichos actores son fundamentales para el liderazgo del proyecto, contando también con el apoyo de un experto implementador de TPM.

9.2 IDENTIFICACIÓN DE FALLAS.

Para la implementación de TPM se debe conocer cuáles son esas fallas y paradas que afectan la productividad y con TPM buscar aumentar dicho indicador. En la zona de envase del ingenio ya se tienen identificadas las fallas y paradas según el tipo ya sean operativas, mecánicas, eléctricas, programadas, complementarios, establecidas en la Tabla 6.

Paros operativos.	
O01	Cambio de rollo
O02	Cambio de teflón
O03	Ajustes por variación de peso
O04	Cambio de presentación de la maquina
O05	Cambio o limpieza correa de arrastre
O06	Cambiar caucho al freno del rollo
O07	Ajuste de cuchillas
O08	Ajuste de parámetros
O09	Ajuste de guías verticales
O10	Ajuste de rodillo
O11	Problema de traslape
O12	Limpieza de malla
O13	Limpieza del sistema dosificador
O14	Cambiar cinta al codificador
O15	Atascamiento o rotura de la lamina

Paros administrativos.	
P1	Salida al casino
P2	TPM (mantenimiento productivo total)
P3	Paro de fabrica
P4	Sanitización
P5	Limpieza
P6	Calibración banco de imanes
P7	Calibrada de equipos y pesajes
P8	Lubricación y engrase de partes
P9	Llegada a la maquina
P10	Final de producción
P11	Producción de orgánica
P12	Envío a bodega
P13	Otros
Paros eléctricos.	
E1	Cambio resistencia o tensión sellado horizontal

O16	Alistamiento de máquina para el arranque
O17	Marcación de bolsa
O18	Alimentación manual de la tolva
O19	Falta de azúcar
O20	Falta de envase o lamina defectuosa
O21	Falta de operario
O22	Falta de bascula de verificacion
O23	Paro por bodega
O24	otros

E2	Cambio resistencia o tensión sellado vertical
E3	Daño acople motor eléctrico
E4	Falta de fluido eléctrico
E5	Problemas en electroválvulas
E6	Problema en foto celda y/o sensor
E7	Problema en válvula de control de flujo
E8	Problema sistema codificador
E9	Problema tablero control automático
E10	Problema con el servomotor
E11	Problemas con el PLC (programación)
E12	Problemas con el motor eléctrico o reductor
E13	Temperatura fuera de parámetro
E14	Otros

Paros mecánicos.			
M01	Cambio cuchilla de corte	M14	Problema pistón para mordaza

M02	Daño en bandas colectoras de bolsa
M03	Daño en banda familiar
M04	Daño en conductor de 25 Kg.
M05	Daño en conductor de 50 Kg.
M06	Daño en cosedora
M07	Daño en pistón del cuerpo sellado vertical
M08	Falta o deficiencia de aire comprimido
M09	Problema en el multicabezal
M10	Problema en compuerta de llenado
M11	Problema en sinfín del dosificador
M12	Problema compuerta de descarga
M13	Problema en sistema de agarre de sacos

M15	Problemas bandeja de envase
M16	Problemas con el brazo de succión
M17	Problemas con el sistema dosificador
M18	Problemas con empujador de fila
M19	Problemas con la horquilla (estibadora)
M20	Problemas con las correas de arrastre
M21	Problemas en el sistema neumático de la maquinaria
M22	Problemas en el sistema de transmisión
M23	Problemas en el tubo formador
M24	Problemas en la banda de bascula
M25	Problemas sistema de embrague dosificador

Tabla 6. Identificación de Fallas (Listado de fallas, fuente empresa, 2023). Elaboración propia 2023

9.3 CÁLCULO DE PRODUCTIVIDAD.

El cálculo de productividad en el Mantenimiento Productivo Total (TPM) es crucial para evaluar y mejorar el rendimiento productivo. Para el ingenio se proporcionó una medida cuantitativa del desempeño de equipos y procesos, identificando pérdidas y áreas de mejora de esta manera se permitió evaluar y alcanzar las metas, por otro lado, se aportó en la información para encontrar el análisis de causa raíz, evaluando los impactos de mejoras y alineación con objetivos establecidos. La identificación de la eficiencia impulsa una cultura de mejora continua, mientras que la medición antes y después de las iniciativas de TPM permitieron ajustar y garantiza un retorno a la gestión efectiva y la optimización continua. Para estos cálculos se establecieron 8 indicadores.

- **Tiempo Disponible:** Es el tiempo disponible que operan la maquinas durante todo el año, semestre o mes.
- **Tiempo de Parada Planificada:** Es el tiempo que se hace para un mantenimiento planificado, horarios no laborables y feriados.
- **Tiempo de Funcionamiento:** Es el tiempo resultado de la resta entre el Tiempo Disponible menos el Tiempo de Parada Planificada.
- **Tiempo de Parada no Planificada por Equipos:** Es el tiempo perdido por las paradas de los equipos, desde su avería hasta su reparación.
- **Tiempo Perdido por Operación:** Es el tiempo perdido por marchas en vacío, reducción de velocidad de los equipos, falla en el suministro de materia prima o insumos
- **Disponibilidad:** Coeficiente de disponibilidad o fracción de tiempo que el equipo está operando.
- **Rendimiento:** Efectividad o nivel de funcionamiento de acuerdo con los tiempos de paro.
- **Calidad:** Coeficiente de Calidad o fracción de la producción obtenida que cumple con los estándares de calidad

9.3.1 Recolección de información para determinar el OEE.

Durante el inicio, se buscó realizar el diagnóstico inicial, recolectando la información para determinar el OEE del año 2022, pero hubo muchas dificultades en el procedimiento de recolección para lo cual se propuso el proyecto de P5 Control inicial de la tecnología: *“Solución IOT para supervisión, control, adquisición, almacenamiento y análisis de datos del área de envase.”*, esto debido a que había una desactualización en la digitación de la información.

Sin embargo, y con la información promedio, que fue posible obtener y la experiencia del ingeniero del área, se pudo calcular la siguiente información:

Descripción	Valor %
Disponibilidad	53,6%
Rendimiento	90,0%
Calidad	97,0%
OEE	46,7%

Tabla 7. OEE Estimado año 2022 zona de envase. Elaboración propia 2023.

Se procede a recolectar y a evaluar la productividad de manera actualizada, teniendo en cuenta el control de tiempos perdidos de cada una de las maquinas, para lo cual se recolectó información de mayor confiabilidad, de cuatro meses desde julio a octubre del 2023, teniendo como resultado la tabla 8, donde se promedió la información por días.

	Teppack 1.		Teppack 2		Fabrima 1		Fabrima 2		Doy pack.	
Días	T.OPER.	T.PERDIDO	T.OPER.	T.PERDIDO	T.OPER.	T.PERDIDO	T.OPER.	T.PERDIDO	T.OPER.	T.PERDIDO
1	19,1	4,9	19,6	4,4	15,1	8,9	19,7	4,3	16,6	7,4
2	16,3	7,7	15,6	8,4	19,1	4,9	18,0	6,0	15,8	8,2
3	16,3	7,7	19,6	4,4	19,1	4,9	17,2	6,8	16,0	8,0
4	16,2	7,8	16,3	7,7	16,8	7,2	19,7	4,3	15,0	9,0
5	17,1	6,9	19,9	4,1	16,0	8,0	19,5	4,5	16,9	7,1
6	14,7	9,3	16,4	7,6	19,4	4,6	16,1	7,9	17,2	6,8
7	18,6	5,4	17,1	6,9	15,5	8,5	17,3	6,7	19,3	4,7
8	16,0	8,0	16,7	7,3	18,5	5,5	18,1	5,9	15,4	8,6
9	15,4	8,6	18,5	5,5	17,9	6,1	18,6	5,4	15,3	8,7
10	12,2	11,8	18,4	5,6	15,4	8,6	17,7	6,3	16,2	7,8
11	15,2	8,8	19,0	5,0	18,9	5,1	16,6	7,4	18,8	5,2
12	16,3	7,7	15,8	8,2	15,6	8,4	18,4	5,6	17,2	6,8
13	19,1	4,9	18,9	5,1	17,0	7,0	18,1	5,9	15,2	8,8
14	18,3	5,7	18,2	5,8	17,5	6,5	18,3	5,7	15,6	8,4
15	18,3	5,7	17,8	6,2	15,6	8,4	16,8	7,2	19,7	4,3
16	16,9	7,1	16,9	7,1	17,1	6,9	16,0	8,0	18,3	5,7
17	14,7	9,3	19,5	4,5	18,8	5,2	16,4	7,6	16,9	7,1
18	15,4	8,6	15,8	8,2	15,7	8,3	18,5	5,5	17,3	6,7
19	15,2	8,8	16,7	7,3	19,5	4,5	18,6	5,4	18,5	5,5
20	18,3	5,7	15,6	8,4	19,2	4,8	16,1	7,9	19,1	4,9
21	19,2	4,8	15,6	8,4	16,5	7,5	16,6	7,4	18,1	5,9
22	16,6	7,4	17,9	6,1	17,6	6,4	16,0	8,0	15,3	8,7
23	17,5	6,5	16,7	7,3	19,6	4,4	16,6	7,4	19,2	4,8
24	18,6	5,4	17,3	6,7	15,7	8,3	17,2	6,8	15,2	8,8
25	16,6	7,4	19,5	4,5	18,4	5,6	19,1	4,9	18,5	5,5
26	21,2	2,8	17,2	6,8	18,8	5,2	17,0	7,0	17,7	6,3
27	16,4	7,6	17,9	6,1	16,0	8,0	17,5	6,5	18,7	5,3
28	17,3	6,7	18,4	5,6	15,8	8,2	19,5	4,5	15,8	8,2
29	19,1	4,9	15,1	8,9	19,5	4,5	15,7	8,3	17,9	6,1
30	17,3	6,7	19,0	5,0	17,7	6,3	17,8	6,2	16,1	7,9
Total Hras perdidas		210,4		193,1		196,7		191,3		207,2
Horas Planeadas		720		720		720		720		720
Disponibilidad		71%		73%		73%		73%		71%

	Tubipack 1		Tubipack 2		Empacadora 50 kg 1		Empacadora 50 kg 2		Certo pack.	
Días	T.OPER.	T.PERDIDO	T.OPER.	T.PERDIDO	T.OPER.	T.PERDIDO	T.OPER.	T.PERDIDO	T.OPER.	T.PERDIDO
1	16,8	7,2	15,5	8,5	15,8	8,2	11,2	12,8	16,0	8,0
2	16,5	7,5	17,1	6,9	17,5	6,5	19,9	4,1	17,1	6,9
3	19,3	4,7	15,3	8,7	19,3	4,7	15,8	8,2	16,8	7,2
4	17,3	6,7	18,6	5,4	17,5	6,5	16,1	7,9	15,0	9,0
5	16,4	7,6	15,3	8,7	13,2	10,8	15,6	8,4	15,1	8,9
6	18,0	6,0	15,0	9,0	18,5	5,5	10,3	13,7	17,9	6,1
7	17,2	6,8	16,9	7,1	17,9	6,1	18,6	5,4	15,1	8,9
8	18,0	6,0	19,3	4,7	19,4	4,6	17,2	6,8	18,8	5,2
9	19,5	4,5	15,6	8,4	19,1	4,9	18,7	5,3	18,1	5,9
10	18,7	5,3	18,8	5,2	15,2	8,8	18,4	5,6	16,5	7,5
11	18,9	5,1	16,4	7,6	19,7	4,3	19,3	4,7	18,7	5,3
12	19,5	4,5	17,7	6,3	15,3	8,7	15,1	8,9	18,6	5,4
13	15,7	8,3	17,4	6,6	14,3	9,7	16,4	7,6	15,1	8,9
14	15,9	8,1	15,9	8,1	17,7	6,3	15,4	8,6	18,7	5,3
15	18,8	5,2	17,2	6,8	17,7	6,3	17,4	6,6	17,8	6,2
16	18,4	5,6	17,3	6,7	18,0	6,0	16,5	7,5	17,4	6,6
17	18,7	5,3	15,8	8,2	15,6	8,4	19,5	4,5	18,8	5,2
18	18,0	6,0	15,5	8,5	15,1	8,9	18,9	5,1	18,1	5,9
19	16,8	7,2	19,5	4,5	16,7	7,3	9,2	14,8	17,4	6,6
20	18,4	5,6	16,3	7,7	15,5	8,5	18,7	5,3	17,7	6,3
21	16,5	7,5	17,3	6,7	18,1	5,9	17,4	6,6	19,8	4,2
22	16,8	7,2	18,3	5,7	12,3	11,7	15,3	8,7	16,0	8,0
23	18,2	5,8	19,0	5,0	19,6	4,4	16,7	7,3	16,6	7,4
24	17,9	6,1	17,8	6,2	19,2	4,8	19,7	4,3	19,2	4,8
25	16,3	7,7	18,7	5,3	18,1	5,9	16,7	7,3	19,0	5,0
26	19,3	4,7	18,7	5,3	16,2	7,8	19,5	4,5	17,9	6,1
27	16,1	7,9	19,9	4,1	16,4	7,6	19,4	4,6	19,6	4,4
28	17,6	6,4	15,5	8,5	17,0	7,0	18,7	5,3	16,7	7,3
29	15,1	8,9	18,5	5,5	16,4	7,6	18,8	5,2	16,0	8,0
30	18,3	5,7	16,2	7,8	10,2	13,8	18,4	5,6	15,8	8,2
Total Hras perdidas		191,1		203,7		217,5		211,2		198,7
Horas Planeadas		720		720		720		720		720
Disponibilidad		73%		72%		70%		71%		72%

Tabla 8. Tiempos perdidos por maquina zona de envase julio – octubre 2023. Elaboración propia 2023

Se puede evidencia una disponibilidad global del 72%. Teniendo esta información se evalúa el rendimiento y calidad por cada máquina en el mismo periodo para así poder calcular el OEE.

Equipo	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
Teppack 1.	71%	93,4%	98,2%	65,1%
Teppack 2	73%	92,3%	99,1%	66,7%
Fabrima 1	73%	94,2%	97,8%	67,3%
Fabrima 2	73%	93,3%	97,5%	66,4%
Doy pack.	71%	93,9%	97,7%	65,1%
Tubipack 1	73%	91,8%	98,2%	65,8%
Tubipack 2	72%	90,3%	99,0%	64,4%
Empacadora 50 kg 1	70%	90,0%	98,3%	61,2%
Empacadora 50 kg 2	71%	92,6%	99,1%	65,2%
Certo pack.	72%	92,8%	98,7%	65,9%

Tabla 9. Calculo OEE por maquina zona de envase julio – octubre 2023. Elaboración propia 2023.

Esta información de disponibilidad, rendimiento y calidad se grafica con la finalidad de evidenciar los equipos con más alto y bajo porcentaje respecto a cada variable.

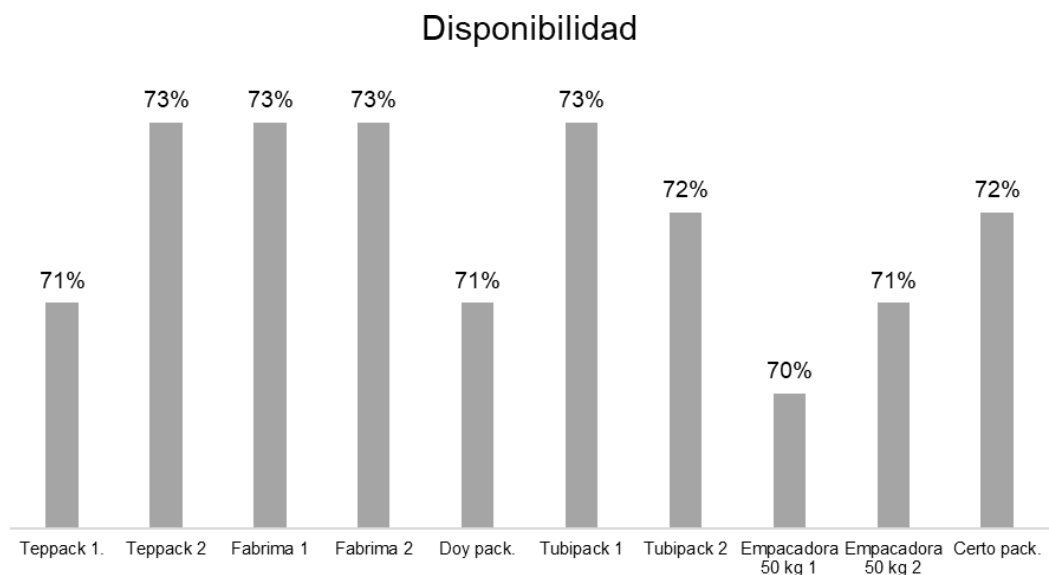


Ilustración 4. Disponibilidad maquinas Zona de envase julio – octubre 2023.
(Elaboración propia, 2023)

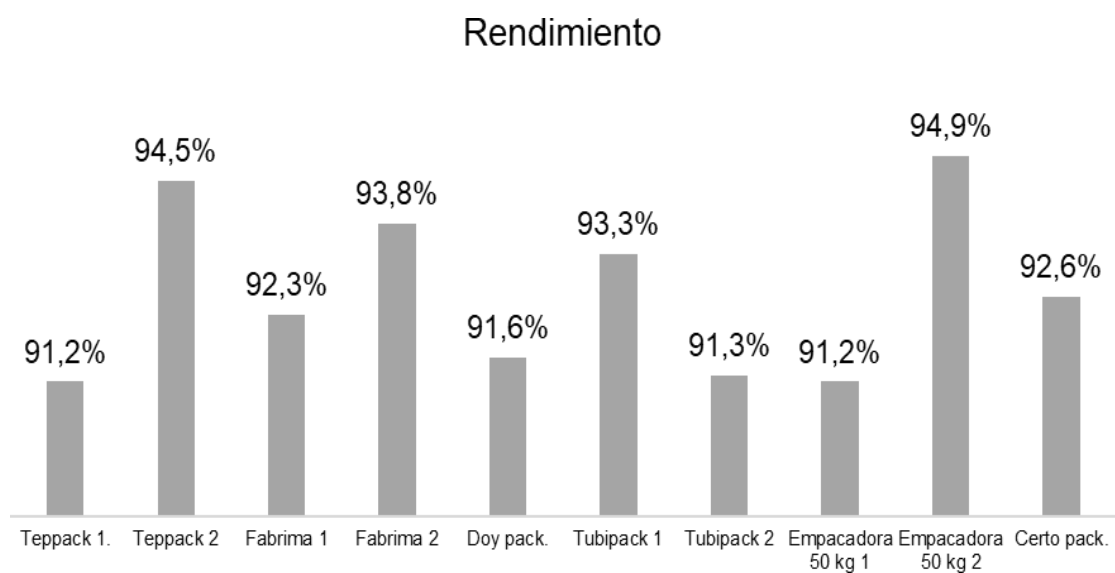


Ilustración 5. Rendimiento maquinas Zona de envase julio – octubre 2023.
(Elaboración propia, 2023)

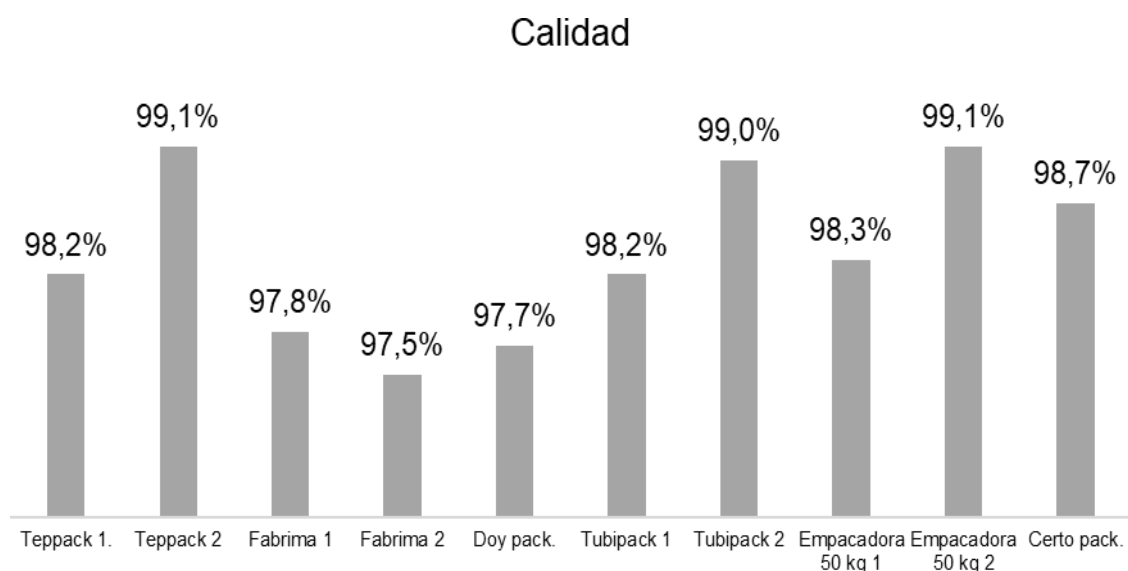


Ilustración 6. Calidad maquinas Zona de envase julio – octubre 2023. (Elaboración propia, 2023)

Teniendo en cuenta el cálculo de OEE por maquina según la Tabla 10, se evidencia que se cuenta con una calificación regular a buena, debido a que su promedio aritmético es de 65,4%.

OEE	Calificativo	Consecuencias
OEE < 50%	Baja	Importantes pérdidas económicas. Baja competitividad
50% < OEE < 65%	Regular	Pérdidas económicas. Aceptables sólo si se está en proceso de mejora
65% < OEE < 80%	Buena	Buena competitividad. Entramos en valores considerados Clase Mundial
80% < OEE	Excelente	Ligeras pérdidas económicas. Competitividad alta. Clase Mundial.

Tabla 10. Calificación OEE. Fuente: Seiichi Nakajima Curso para Directivos/ Facilitadores de TPM, Japón 1992.

En la ilustración 7 se evidencia el OEE dentro del cálculo de eficiencia antes del proyecto de implementación con los límites de inaceptable, aceptable y excelente.

OEE

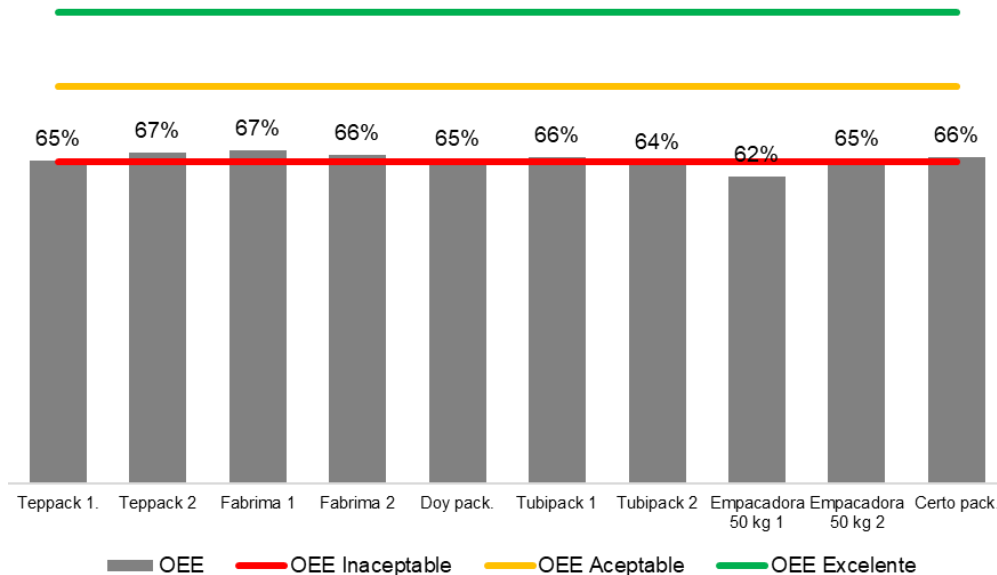


Ilustración 7. OEE maquinas Zona de envase julio – octubre 2023. (Elaboración propia, 2023).

9.4 ANÁLISIS DE PARADAS.

Con los cálculos anteriores se procede al análisis de paradas no programadas en la zona de envase y se resalta la importancia del mantenimiento autónomo.

Al examinar cada una de las maquinas, se determina la frecuencia y duración de cada una de las fallas presentes en el periodo de julio a octubre del año 2023. Se identificó que el número de paradas y el tiempo de cada inactividad, teniendo que el evento más repetido se debió a la llegada a la máquina, seguido puesta en marcha, falta de azúcar y finalmente problemas de polvillo. Este análisis no solo destaca la necesidad de mantenimiento autónomo, sino también el afianzar más el mejoramiento enfocado, la importancia de abordar proactiva y metodológicamente con CAPDo, el análisis de las paradas para encontrar las causas principales, mejorar la productividad reduciendo los tiempos de perdidos. Comprendiendo que TPM busca reducir el número de paradas y de esta manera reducir los tiempos no productivos del área se establece la Tabla 11.

Descripción Paradas	# Paradas	Horas Perdidas
Llegada a la maquina	169	64,97

Puesta en Marcha	158	52,32
Falta de azúcar	100	386,35
Problemas de Polvillo	39	180,46
Problemas eléctricos	24	28,89
Final de Producción	12	17,66
Problemas mecánicos	9	15,62
Cambio de presentación	6	9,06
Fallas en envase	6	8,94
Paro de fábrica	3	13,36
Problemas de pesaje	3	5,44
Problemas del dosificador	3	2,94

Tabla 11. Análisis de paradas maquinas envase julio – octubre 2023. Elaboración propia 2023.

Con esta información se analizan las paradas de las máquinas por cantidad y horas perdidas respecto a cada una en las tablas 11 y 12 e ilustraciones 8 y 9.

Descripción Paradas	# Paradas	% Paradas	% Paradas Acu.
Llegada a la maquina	169	31,77%	31,77%
Puesta en Marcha	158	29,70%	61,47%
Falta de azúcar	100	18,80%	80,26%
Problemas de Polvillo	39	7,33%	87,59%
Problemas eléctricos	24	4,51%	92,11%
Final de Producción	12	2,26%	94,36%
Problemas mecánicos	9	1,69%	96,05%

Cambio de presentación	6	1,13%	97,18%
Fallas en envase	6	1,13%	98,31%
Paro de fábrica	3	0,56%	98,87%
Problemas de pesaje	3	0,56%	99,44%
Problemas dosificadores	3	0,56%	100,00%
Total general	532		

Tabla 12. Pareto de la cantidad de paradas maquinas envase julio – octubre 2023. Elaboración propia 2023.

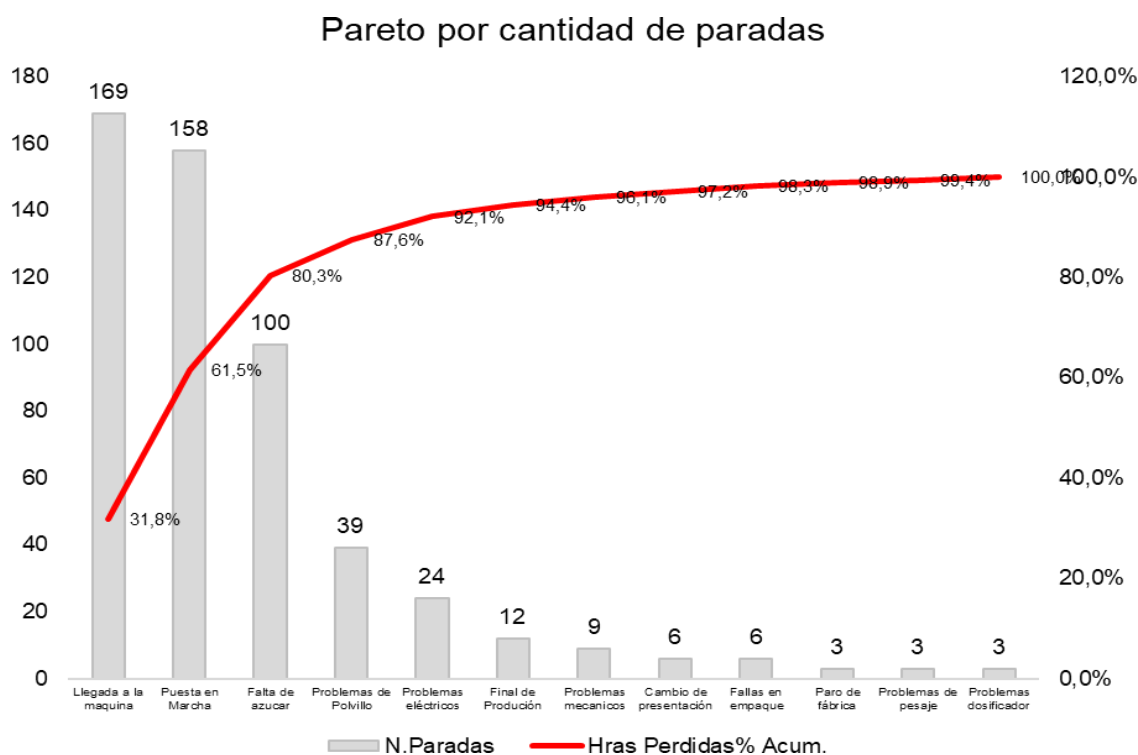


Ilustración 8. Pareto de cantidad de paradas en las maquinas Zona de envase julio – octubre 2023. (Elaboración propia, 2023).

Descripción Falla	Horas Perdidas	%Horas Perdidas	%Horas Perdidas Acu.
Falta de azúcar	386,35	49,15%	49,15%
Problemas de Polvillo	180,46	22,96%	72,11%
Llegada a la maquina	64,97	8,27%	80,38%
Puesta en Marcha	52,32	6,66%	87,04%
Problemas eléctricos	28,89	3,68%	90,71%
Final de Producción	17,66	2,25%	92,96%
Problemas mecánicos	15,62	1,99%	94,95%
Paro de fábrica	13,36	1,70%	96,65%
Cambio de presentación	9,06	1,15%	97,80%
Paro en envase	8,94	1,14%	98,93%
Problemas de pesaje	5,44	0,69%	99,63%
Problemas de dosificador	2,94	0,37%	100%
Total general	786,1		

Tabla 13. Pareto de la duración de paradas por máquinas de envase julio – octubre 2023. Elaboración propia 2023.

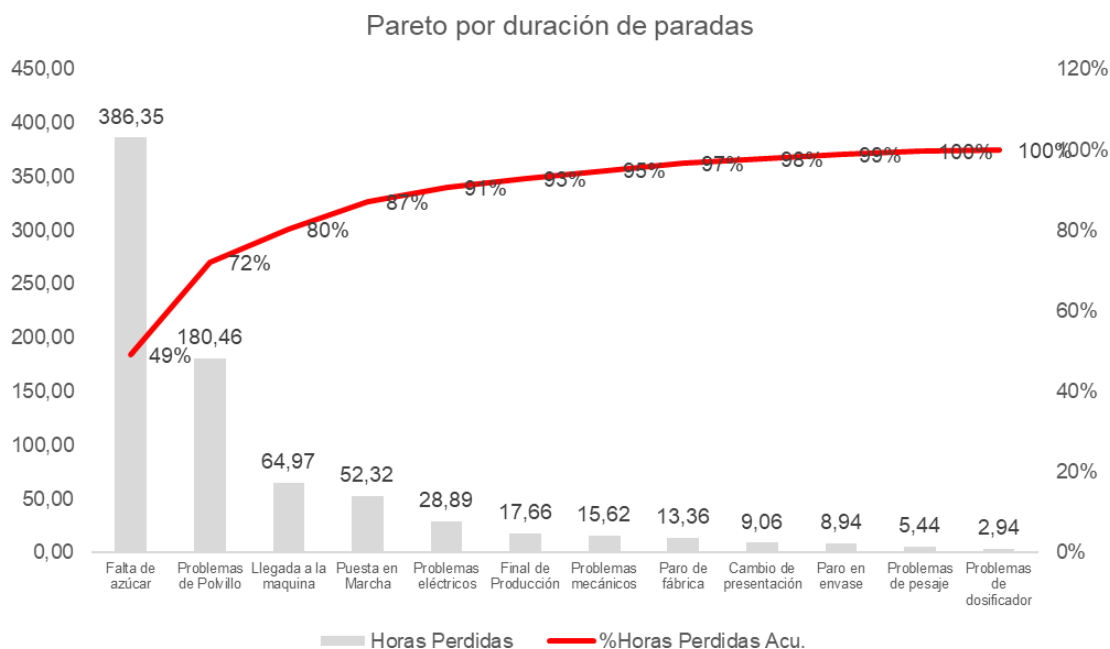


Ilustración 9. Pareto de duración de paradas en las maquinas zona de Envase julio – octubre 2023. (Elaboración propia, 2023).

9.4.1 Eficiencia Global según cálculo de eficiencia y análisis de Falla.

Se establece determinar con esta información la productividad global del área teniendo en cuenta información anterior, las horas hábiles, tiempo de mantenimiento planificado y los tiempos perdidos teniendo un valor del 65,4%.

Tiempo disponible			720
Tiempo funcionamiento		688	Tiempo parada planificada 32
Tiempo de operación utilizable	536,6	Tiempo perdido Operación	
Tiempo neto productivo		523,5	Tiempo perdido Mantenimiento 13,1

Disponibilidad	72%
Rendimiento	93%
Calidad	98%

OEE	65,4%
-----	-------

Ilustración 10. Productividad media de las maquinas Zona de envase julio – octubre 2023. (Elaboración propia, 2023).

9.5 PROPÓSITO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE TPM EN LA ZONA DE ENVASE.

Después de haber encontrado los principales motivos que generan disminución en la productividad se establecen unos proyectos de mejora, de acuerdo con la clasificación, caracterización y tipo de perdidas, para los Equipos de Mejoramiento Piloto, con los apoyos técnicos y administrativos:

Tipo	Perdida	Caracterización	Propósito
Tiempos perdidos	Cambio de turno	El área de envase cuenta con tres turnos que rotan cada 8 horas; en cada cambio de turno se pierden aproximadamente 1,5 horas. No se encuentra estandarizado	Reducir
	Falta de azúcar	Durante los paros de mantenimiento o falta de azúcar en el silo se generan paros en las maquinas empacadoras de azúcar	Reducir
	Averías y/o fallas por polvillo de azúcar	Por ser una zona de alta polución (polvillo de azúcar), se incrustan equipos mecánicos como gatos hidráulicos, correas, chumaceras, equipos de sellado. Así como también equipos electrónicos en la medida del tiempo generan fallas en el control	Eliminar

Perdidas en productividad por Calidad	Puesta en marcha de Envase	Los ajustes en los equipos de Familiar en el momento de arranque generan pérdidas de tiempo, material de envase y en ocasiones de azúcar hasta que están en punto	Reducir
	Cambios de presentación	Los cambios en la presentación de los equipos de familiar o cambios de rollo de material de envase generan disminución de productividad.	Reducir
Perdidas por velocidad	Operación a baja velocidad	Los ajustes de las maquinas envasadoras son manipuladas por cada operador, lo que establece tiempos y desempeños de productividad diferentes	Eliminar
	Paradas Cortas	Durante la operación se generan paradas cortas por obstrucción de polvillo en equipos de sellado, guías, bandas transportadoras o equipos electrónicos/eléctricos.	Eliminar

Tabla 14. Clasificación de pérdidas. Elaboración propia 2023.

Según la tabla 14 de Calificación de pérdidas se establece que el objetivo fundamental a alcanzar es: Eliminar los Tiempos Perdidos:

1. Reducir el tiempo perdido en la zona de envase durante los cambios de turno.
2. Eliminar los tiempos perdidos en la zona de envase debido averías y fallas de los sistemas mecánicos, electrónicos y eléctricos.
3. Reducir los tiempos perdidos en la puesta en marcha de los equipos de la zona de envase.
4. Reducir los tiempos perdidos en el cambio de presentación de los equipos de la zona de envase.
5. Eliminar los tiempos no productivos debido al funcionamiento de los equipos de la zona de envase en velocidad reducida.
6. Eliminar tiempos perdidos en paradas cortas en los equipos de la zona de envase debido a fallas en sistemas mecánicos, electrónicos y eléctricos.

9.6 FORMACIÓN DE EQUIPOS DE MEJORAMIENTO PILOTO

9.6.1 Organización de los equipos de mejoramiento piloto.

Para mejorar la productividad en la zona de envase del ingenio azucarero es de suma importancia la organización de los equipos de mejoramiento con el grupo de trabajo de la zona de envase, donde el personal operativo se integra con los técnicos, mecánicos y eléctricos, y con los administrativos, así:

Equipo piloto de mejoramiento de las líneas de producción familiares Teppack 1 y 2

Equipo piloto de Mejoramiento de las líneas de producción familiares Fabrima 1 y 2

Equipo piloto de Mejoramiento de la línea de producción industrial Certopack.

Equipo piloto de Mejoramiento de la línea de producción industrial Big bag

Equipo de Mejoramiento de mantenimiento Envase

9.6.2 Formación para equipos de mejoramiento piloto.

Igualmente se inició un plan de capacitación y entrenamiento en TPM, para 56 colaboradores de los cuatro turnos de la zona de envase, con la siguiente temática:

1. Principios generales de la metodología de TPM.
2. Liderazgo y Trabajo en Equipo
3. Mejoramiento Enfocado. Productividad: Eliminación de pérdidas, definiciones, tipos. anomalías
4. Modelo de medición de Productividad: OEE- EGP
5. Análisis y Solución de Problemas: RCAPDo: Problemas- Causas- Soluciones, Hechos y Datos
6. Mantenimiento Autónomo
 - a. Paso 1 Limpieza es Inspección: 5S's, Manejo de Anomalías
7. Mantenimiento Planeado: 6 Medidas para Cero Fallas
8. Capacitación y Entrenamiento: Introducción Significados. Matriz ILUO

Esta formación fue realizada por 04 grupos de trabajo, donde se reconoció la importancia y las debilidades que tiene la organización, así como también se asumieron los compromisos en cada rol para ser efectiva la metodología.



Ilustración 11. Formación de equipos Zona de envase julio – octubre 2023. (Elaboración propia, 2023).

Es importante establecer que se recomienda desde el Pilar 4 Capacitación y Entrenamiento, se cree un plan maestro para el año 2024, 2025..., que se realice acorde a la evaluación con la Matriz ILUO, con el objetivo de sensibilizar y formar los grupos de manera técnica, respecto a cada activo.

9.6.3 Mantenimiento Autónomo

Culminadas las formaciones para el personal operativo (Mantenimiento Autónomo) se inició la implementación de las 5'S debido a que se hace necesario la erradicación de las principales fuentes de pérdida como un objetivo central en el contexto del mantenimiento autónomo. Esto implica garantizar que los operarios adquieran habilidades suficientes para llevar a cabo el mantenimiento de sus equipos de manera independiente o en colaboración con el personal de enfocado.

Esta implementación contribuye a reducir las pérdidas que afectan significativamente la productividad de sus activos y de la empresa.

9.6.4 Organizar la zona de envase

Para el Ingenio se hizo necesario organizar de manera eficiente los elementos necesarios en los lugares de trabajo para asegurar su ejecución adecuada. Deben

eliminarse los artículos obsoletos, herramientas innecesarias y útiles que no se utilizarán. Un método comúnmente utilizado es el empleo de tarjetas rojas, las cuales se utilizan para etiquetar los elementos en una determinada área de trabajo y evaluar su necesidad. Para ello, se establece un tiempo predefinido durante el cual no deberían existir tarjetas rojas en el área de trabajo. La presencia de estas tarjetas indica que los elementos no se han utilizado durante dicho período y, por lo tanto, pueden ser retirados, trasladados a otras áreas, utilizados en diferentes entornos o incluso alquilados. En el caso de elementos provenientes de proveedores externos, deben ser devueltos si es necesario.

9.6.5 Desalojo de la zona de envase

Una vez realizada la adecuada organización, se hizo necesario contar solo con las herramientas, básicas que fácilmente su uso inmediato. Esto contribuye a reducir los tiempos perdidos por paradas cortas, fallas, averías y cambios de presentación dentro de la zona de envase. Esta disposición eficiente ayuda a mitigar los desperdicios originados por la búsqueda de materiales, los desplazamientos de los operarios, el uso de herramientas inadecuadas y la gestión de inventarios innecesarios o cantidades inapropiadas, entre otros aspectos.

9.6.6 Limpiar la zona de envase

Al realizar la limpieza de la zona de envase, es de gran importancia considerar los equipos y demás elementos que la componen. Este proceso no solo se trata de mantener la zona limpia, sino de proporcionar las condiciones necesarias para que el entorno de trabajo sea seguro y confiable. Además de contrarrestar los efectos de la suciedad, se aborda la eliminación de fuentes de contaminación, realizando un análisis para reducirlas y, finalmente, eliminarlas por completo. La limpieza adecuada no solo inicia una inspección exhaustiva de los equipos, revelando la estructura y posibles rupturas o fisuras en algunas partes, sino que también permite identificar instalaciones mal ubicadas que podrían representar peligros para los operarios y la maquinaria.

9.6.7 Estandarizar la zona de envase

Una vez realizado los tres primeros pasos, es necesario diseñar un enfoque programado (enfocado/autónomo) para llevar a cabo las etapas anteriores y se encuentran establecidas sistemáticamente en el ERP de la organización. Este enfoque también abarca los principios de las 5S. Aquí, se debe prestar atención a actividades preventivas, anticipando la repetición de errores, identificando elementos innecesarios en el área de trabajo, corrigiendo la ubicación inadecuada de herramientas, la instalación incorrecta de cables eléctricos, entre otros aspectos.

Bajo esta estrategia se establecen la creación de actividades de mantenimiento sistematizadas responsabilizando a el personal operativo del área

INSPECCIÓN DE MANTENIMIENTO

Semana No.	Fecha		
	Año	Mes	Día

Sección donde se realiza la inspección:			Área ubicación:				Frecuencia:				
Cargo del responsable de la inspección:						Nombre de quien realiza la inspección:					
Equipo a Evaluar	Condición a Evaluar								Observaciones		
	Estructura limpia y completa		Integridad (ausencia de fisuras y averías en general)		Estructura en buen estado y sin fisuras o desprendimientos		Elementos de sujeción como tornillos, brazos, y en general, ajustados y				
	C	NC	C	NC	C	NC	C	NC			
MALLA BASCULA 1											
MALLA BASCULA 2											
MALLA TEPACK VSILO 1 FAMILIAR											
MALLA TEPACK VSILO 1 FAMILIAR											
MALLA TEPACK 2/ SILO 2 FAMILIAR											
MALLA FAERIMA 2/ SILO 3 FAMILIAR											
MALLA TOYO 1											
MALLA TOYO 2											
MALLA STATEC BINDER											
MALLA BIG-BAG 1											
MALLA BIG-BAG 2											
MALLA DOY PACK (ORGANICA)											
NOTA 1: Si no se cumple alguna de las condiciones establecidas comuníquelo inmediatamente al Supervisor de Mantenimiento Responsable y al Supervisor del área para que se tomen las acciones correctivas necesarias. Diligencie en observaciones las recomendaciones y solicitudes realizadas al área correspondiente NOTA 2: C: Cumple con la condición; NC: No se cumple con la condición dada.											
Firma operario Área:			Firma del Supervisor del Área:			Firma del Ingeniero del Área:					
			Nombre:			Ing. Mantenimiento		Ing. Área			
Departamento de Confiabilidad											
Fecha en que se recibe la información			Fecha en que se digita la información			Notificador por:					
Año	Mes	Día	Año	Mes	Día	Ficha					

Ilustración 12. Formato de Inspección y limpieza equipos Zona de envase. (Elaboración propia, 2023).

INSPECCIÓN DE MANTENIMIENTO										Semana No.		Fecha		
A BANCO IMANES AUTOLIMPIABLES AREA DE ENVASE										Año		Mes		Día
Sección donde se realiza la inspección:					Área ubicación:					Frecuencia:				
Cargo del responsable de la inspección:					Nombre de quien realiza la inspección:									
Equipo a Evaluar	Condición a Evaluar								Observaciones					
	INSPECCION ESTADO DE BARRAS		INSPECCION LAMINAS DE TEFLON BARREDORES		INSPECCION ESTADO DE ANILLOS BARREDORES		INSEPECCION ESTADO DE SOPORTES ESTRUCTURA Y							
	C	NC	C	NC	C	NC	C	NC						
BASCULA N°1 50 KG														
BASCULA N°2 50 KG														
TEPACK 1														
TEPACK 2														
FABRIMA No.1														
FABRIMA No.2														
STATEC BINDER														
TOYO 1														
TOYO 2														
NOTA 1: Si no se cumple alguna de las condiciones establecidas comunique inmediatamente al Supervisor de Mantenimiento Responsable y al Supervisor del área para que se tomen las acciones correctivas necesarias. Diligencie en observaciones las recomendaciones y solicitudes realizadas al área correspondiente.														
NOTA 2: C: Cumple con la condición; NC: No se cumple con la condición dada.														
Firma operario Área:			Firma del Supervisor del Área:			Firma del Ingeniero del Área:								
Nombre:			Ing. Mantenimiento			Ing. Área								
Departamento de Confiableidad														
Fecha en que se recibe la información			Fecha en que se digita la información			Notificador por:				Ficha				
Año	Mes	Día	Año	Mes	Día									

Ilustración 13. Formato de Inspección y limpieza equipos de pesaje y calidad Zona de envase. (Elaboración propia, 2023).

INSPECCIÓN DE MANTENIMIENTO										Semana No.		Fecha		
A TRANSPORTADORAS ZONA DE ENVASE												Año	Mes	Día
Sección donde se realiza la inspección:					Área ubicación:					Frecuencia:				
Cargo del responsable de la inspección:					Nombre de quien realiza la inspección:									
Equipo a Evaluar	Condición a Evaluar								Observaciones					
	INSECCION GUIA LATERAL-BANDA PLASTICA MODULAR		INSECCION RODILLOS MANDO Y COLA-BRAZOS Y RUEDA DE VOLTEO-REVISION GENERAL BANDA		INSECCION MOTREDUCTOR- NIVEL DE ACEITE		INSECCION ESTADO DE SOPORTES ESTRUCTURA TORNILLERIA							
	C	NC	C	NC	C	NC	C	NC						
IB-1611 TRANSP. 1.1 FAMILIAR														
IB-1612 TRANSP. 2.1 FAMILIAR														
IB-1613 TRANSP. 2.2 FAMILIAR														
IB-1614 TRANSP. 1.2 FAMILIAR														
IB-1615 TRANSP. 2.3 FAMILIAR														
IB-1616 TRANSP. 2.4 FAMILIAR														
IB-1617 TRANSP. 3.2 FAMILIAR														
IB-1618 TRANSP. 3.1 FAMILIAR														
IB-1619 TRANSP. 5 FAMILIAR														
IB-1610 TRANSP. 4 FAMILIAR														
IB-1625 TRANSP. TIPO U (ROTONDA)														
IB-1611 CONDUCTOR BANDA COLECTORA 90 KG														
NOTA 1: Si no se cumple alguna de las condiciones establecidas comuníque inmediatamente al Supervisor de Mantenimiento Responsable y al Supervisor del área para que se tomen las acciones correctivas necesarias. Diligencie en observaciones las recomendaciones y solicitudes realizadas al área correspondiente. NOTA 2: C: Cumple con la condición; NC: No se cumple con la condición dada.														
Firma operario Área:			Firma del Supervisor del Área:			Firma del Ingeniero del Área:								
			Nombre:			Ing. Mantenimiento								
						Ing. Área								
Departamento de Confiabilidad														
Fecha en que se recibe la información:			Fecha en que se digita la información:			Notificador por:								
Año	Mes	Día	Año	Mes	Día									
						Firma								

Ilustración 14. Formato de Inspección y limpieza equipos de transporte Zona de envase. (Elaboración propia, 2023).

9.6.8 Cumplimiento de la disciplina en la zona de envase

En este contexto, el encargado de la operación del equipo, en colaboración con el personal de mantenimiento, debe ejecutar correctamente los pasos previos para facilitar el proceso. Esto implica llevar a cabo las acciones de manera práctica y convertirlas en un hábito arraigado en la zona de envase. Se requiere el respaldo de todos los participantes, así como contar con una infraestructura que facilite el mantenimiento de los estándares establecidos. La motivación para llevar a cabo estas acciones y el tiempo necesario para que la organización se adapte al cambio son elementos esenciales que respaldarán la incorporación de la disciplina en el mantenimiento autónomo.

9.6.9 Mantenimiento planeado.

En el contexto de un ingenio azucarero, el pilar de mantenimiento planeado dentro de la Metodología de TPM se presenta como un elemento vital para la operación eficiente y sostenible de la planta. Este enfoque estratégico implica programar y ejecutar las actividades de mantenimiento de manera anticipada, considerando la complejidad de los equipos y maquinaria utilizados en la producción de azúcar, considerando factores como responsables, alcance y frecuencia.

La eliminación de paradas no planificadas se convierte en un indicador crítico en el sector azucarero, donde cada interrupción no programada puede resultar en pérdidas significativas de producción. El mantenimiento planeado permite la optimización de recursos al asegurar una asignación eficiente de mano de obra, herramientas y repuestos, evitando costos innecesarios y mejorando la rentabilidad del ingenio.

Además, la participación del personal en la planificación y ejecución de actividades de mantenimiento no solo mejora la eficiencia, sino que también promueve un entorno laboral seguro y motivador, el mantenimiento planeado en el marco de la TPM no solo es una estrategia operativa, sino un componente esencial para la sostenibilidad, la eficiencia y la competitividad en la producción de azúcar. Su implementación meticulosa se traduce en un ingenio más productivo, rentable y seguro.

Por estas razones se crean e integran al ERP SAP de la organización las actividades de mantenimiento planificadas y enfocadas, en cada una de las máquinas, estas actividades son basadas según la información de cada catálogo.

Se muestra el resumen de la planificación para el año 2024 de los equipos de la zona de envase.

[illegible]

Ilustración 16. Planificación mantenimiento enfocado equipos Zona de envase año 2024. (Elaboración propia, 2024).

Se crea cada plan de mantenimiento en SAP contando con una frecuencia, tipo de mantenimiento, responsable tiempo de ejecución y descripción detallada del procedimiento de la intervención.

Plan mant.prev. 33031 PP. ENSACADORA STATEC BINDER

Cab.plan mant.

Ciclos plan de mantenimiento Parám.programación plan mantenimiento Datos adicionales plan manten...

Ciclo/Unidad 28 DIA

Texto ciclo VEINTIOCHO DIAS

Decal.inic./un. 0 DIA

Posición Lista objeto posición Emplazamiento posición

Posición PM 99121 PP. ENSACADORA STATEC BINDER

Objeto de referencia

Ubic.técn. 3-08-01-3-1511-01... MAQUINA ENSACADORA STATEC BINDER.

Equipo FP950110 ENSACADORA STATEC BINDER.

Conjunto

Datos de planificación

Centro planif. 2200 Providencia Grupo planif. F04 JEFE SERVICIOS ESP

Clase de orden PMF2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO... Clase actividad PM MPP Mto Preventivo Perió...

Pto.tbjo.resp. FA110101 / 2200 MECANICO 1 SERV... División IP01 AZUCAR PROVIDENCIA

Prioridad

Doc.ventas /

Hoja de ruta para mantenimiento

Tip.	GrHRuta	CGHR	Descripción
A	/ 111401	/ 29	PP. MAQUINA ENSACADORA STATEC BINDER

Ilustración 17. Plan de mantenimiento enfocado equipos Zona de envase. (Elaboración propia, 2024).

Así como estas actividades de mantenimiento enfocado, planeado se crearon 37 planes de mantenimiento para 11 equipos con frecuencias de 28, 91,182 y 364 días según el catalogo y la identificación de fallas.

9.6.10 Control inicial de la tecnología

Durante la implementación de los 4 primeros pilares en esta metodología se ejecutaban proyectos paralelamente y comprendiendo lo crucial en la optimización de los procesos industriales al abordar la gestión y control eficiente de la tecnología utilizada en una planta se apoyaron dentro del pilar de Control inicial de la

tecnología, este pilar se enfoca en establecer estándares y controles rigurosos desde el inicio de la implementación.

La importancia radica en la necesidad de garantizar que la tecnología, incluidas las maquinarias y equipos, opere de manera coherente y eficiente. La fase inicial de control implica la definición de estándares de operación y mantenimiento, así como la identificación de los parámetros críticos de rendimiento. Estos estándares proporcionan una base para la mejora continua y permiten la detección temprana de desviaciones que podrían afectar la eficiencia operativa.

El control inicial de la tecnología también se centra en la capacitación y desarrollo del personal para asegurar que estén familiarizados y competentes en el manejo de la tecnología. Esto reduce la posibilidad de errores operativos y contribuye a un entorno de trabajo más seguro y productivo.

De esta manera se establece que el control inicial de la tecnología en la Metodología de TPM establece las bases para una gestión eficiente de la tecnología desde el principio. Al definir estándares, capacitar al personal y establecer sistemas de monitoreo, este pilar contribuye a la mejora continua, la reducción de costos operativos y la creación de un entorno industrial más eficiente y seguro.

9.6.11 Control inicial de la tecnología: proyecto sistema de transporte neumático para azúcar.

El proyecto sistema de transporte neumático busca utilizar los tiempos de paradas programadas transportando azúcar empacada en BIG BAG y transportarla a los silos de familiar, de esta manera es posible continuar empacando este tipo de presentación y ataca las fallas de falta de azúcar y paros de fábrica.

- **Reducción de Tiempos de Inactividad:** Este proyecto se fundamenta en minimizar los tiempos de inactividad planificados debido que garantiza la productividad continua.
- **Mejora de la Eficiencia Operativa:** Este proyecto se apoyó garantizando el aumento de la eficiencia operativa debido a su funcionamiento coherente y eficiente de acuerdo con los estándares establecidos.
- **Formación del Personal:** Se apoyó formalizando capacitaciones y desarrollo del personal, asegurando que estén familiarizados y competentes en el manejo de la tecnología.

9.6.12 Control inicial de la tecnología: proyecto solución IOT para supervisión, control, adquisición, almacenamiento y análisis de datos del área de envase.

El proyecto se enfocaba en instalar un Software que Facilitaba la supervisión del rendimiento de activos, gestión y análisis de datos de la zona de envase determinando automática las causas y tiempos de paradas, así como también producción. Siendo una solución basada en el manejo de información en la nube

que proporciona información en el contexto adecuado permitiendo administrar fácilmente las operaciones, activos y productividad, apoyando a la identificación de problemas mecánicos, eléctricos y operativos.

Para este proyecto se apoyó desde el pilar Control inicial de la tecnología así:

- **Establecimiento de Estándares:** Se apoyó definiendo estándares operativos y de mantenimiento proporcionando una base clara en la metodología.
- **Reducción de Tiempos de Inactividad:** Este proyecto se fundamenta en minimizar los tiempos de inactividad no planificados debido al sistema de monitoreo que permiten la detección temprana de posibles problemas
- **Mayor Confiabilidad de la Tecnología:** Estos proyectos se fundamenta en la confiabilidad de la tecnología al realizar controles rigurosos desde el principio, reduciendo la probabilidad de fallas y averías, aportando a la productividad.
- **Prevención de Problemas:** Se apoyó estableciendo la prevención proactiva de problemas mediante la implementación de estos sistemas de monitoreo y control que permiten una identificación temprana de desviaciones, estableciendo límites.
- **Formación del Personal:** Se apoyó formalizando capacitaciones y desarrollo del personal, asegurando que estén familiarizados y competentes en el manejo de la tecnología.

9.7 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA IMPLEMENTACIÓN.

Establecer los procedimientos y políticas mediante diagramas de flujo en la implementación de la Metodología TPM ofrece una representación visual clara de los procesos. Esta herramienta proporciona una comprensión detallada de las actividades y secuencias necesarias para llevar a cabo la implementación de TPM de manera efectiva. Donde se identifican pasos críticos, cuellos de botella y mejoras, para facilitar la planificación y ejecución estratégica. Además, el Diagrama de Flujo logro mejorar la comunicación dentro del equipo, alineando a los miembros con sus responsabilidades y proporcionando una herramienta de referencia visual durante todo el proceso. Asimismo, ayudo en la identificación y solución de problemas, contribuyendo a una implementación más eficiente y exitosa de la Metodología.

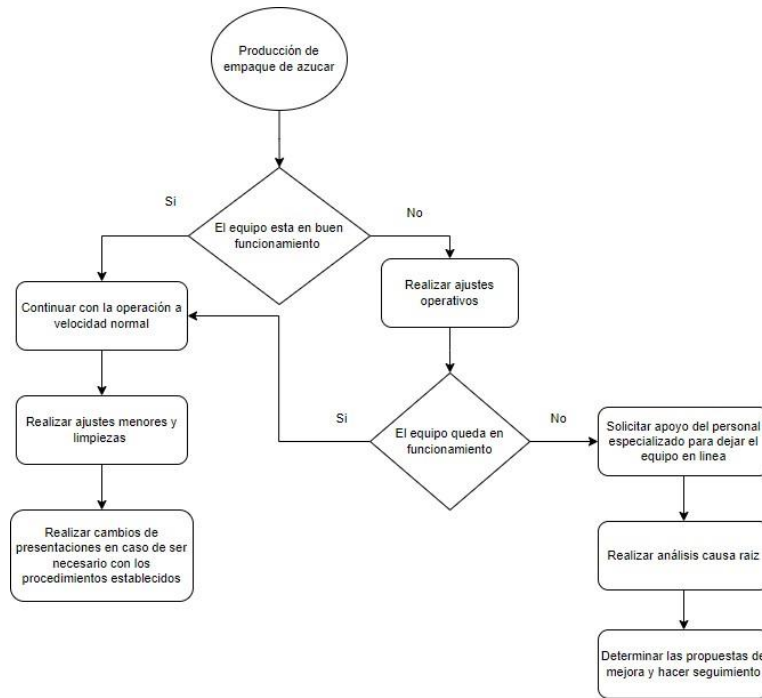


Ilustración 18. Diagrama básico de funcionamientos equipos Zona de envase. (Elaboración propia, 2024).

Teniendo en cuenta este diagrama se establecen las condiciones, responsabilidad y resultados de la metodología establecidos en la ilustración 19.

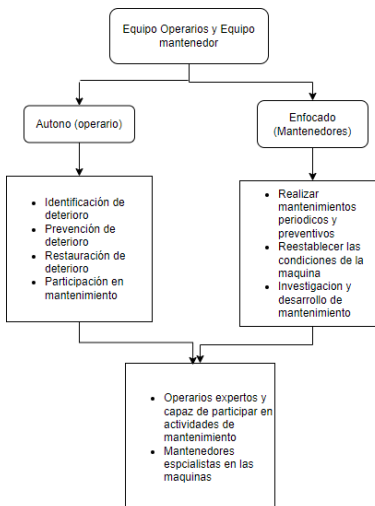


Ilustración 19. Responsabilidades básicas equipos de mantenimiento autónomo y enfocado Zona de envase. (Elaboración propia, 2024).

Así también se determinan las actividades de cada rol para los equipos de implementación (mantenimiento autónomo y enfocado).

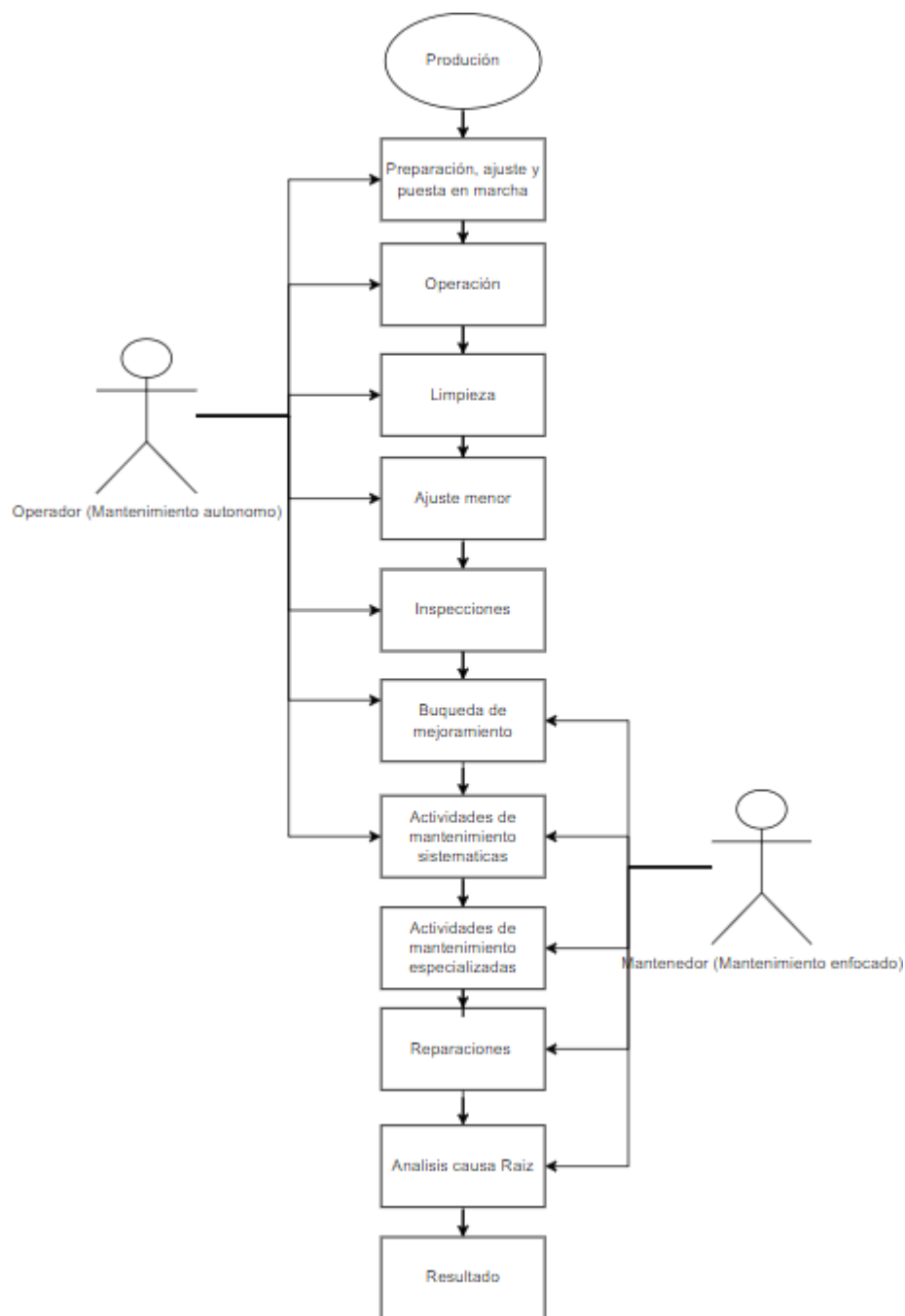


Ilustración 20. Identificación de responsabilidades específicas de los equipos de mantenimiento autónomo y enfocado Zona de envase. (Elaboración propia, 2024).

9.8 SEGUIMIENTO DE LAS ACTIVIDADES DE LA IMPLEMENTACIÓN

El seguimiento y cumplimiento de las actividades programadas garantizan el cumplimiento de la implementación, lo cual se determina en la tabla 15.

Etapa	Seguimiento
Diagnostico Inicia y declaración de la gerencia	Se definieron los equipos iniciales de TPM, definiendo el equipo de direccionamiento, equipo de Implementación y de mejoramiento, así también se realizaron a cada equipo la autoevaluación y el diagnostico que determinaría la ausencia de la metodología y la necesidad de fortalecer el mantenimiento autónomo dentro del área,. Después de contar con esta información se establecen los objetivos iniciales con el equipo de direccionamiento y se realiza la declaración de la gerencia
Educación introductoria	Se procede a identificar esos grupos de interés para definir los temas de capacitación y se inicia la formación introductoria, tomando a los cuatro grupos (un grupo por cada turno) y en cada grupo estableciendo dos equipos, equipo de producción familiar y equipo de producción industrial. Se buscó también establecer reconocimientos de producción pero no se llegó a un acuerdo.
Revisión y definición estructura	Se procede a definir, establecer los roles y actividades para los equipos, así como también el alcance establecido por los pilares a aplicar
Establecimiento objetivos y metas TPM	Se procede a identificar, cuantificar y valorizar las pérdidas (Matriz de pérdidas/ potencial de mejora), así también se procede a definir los modelos de medición de productividad OEE y poder determinar los objetivos y metas establecidos en pasar de 72% de disponibilidad a 78.5%, teniendo en cuenta variables como aumento en el tiempo operativo, de esta manera se proceden a los proyectos y políticas que permitan el mejoramiento esperado
Establecimiento plan maestro TPM	Se procede a revisar el plan maestro de mantenimiento y plantear las mejoras que permitan alinearse con los objetivos y metas establecidas, para lo cual se definen políticas de mantenimiento autónomo y enfocado, a partir de generar planes planeados en el ERP SAP

Kick Off: Lanzamiento TPM	Se procede a reunir los equipos para indicar los objetivos, metas, procedimientos y políticas establecidas para centrar el mantenimiento de la zona de envase en la metodología TPM
Evaluación de Gestión	Se procede a evaluar en un periodo de tres meses el alcance de los objetivos, encontrando que con las mejoras planteadas la productividad tuvo un crecimiento de 6,5% en la disponibilidad y 6% en el OEE.

Tabla 15. Seguimiento actividades implementación TPM zona de envase.
Elaboración propia 2024.

10 IMPACTOS APARTIR DEL TPM: RESULTADOS

10.1 IMPACTOS EN PRODUCTIVIDAD

En este estudio se plantea la posibilidad de mejorar la productividad de los equipos de la zona de envase mediante la implementación de mantenimiento autónomo y enfocado además de apoyo en el control inicial de la tecnología de nuevos proyectos, con el objetivo de aumentar del 72% al 78,5% de disponibilidad lo que representa un aumento del OEE del 65,5% al 71,5%. Esta decisión se fundamenta en la ausencia en la participación del personal operativo en las prácticas de mantenimiento del área.

Para lograr este objetivo, se analizó las perdidas por oportunidad de la zona de producto terminado, mensualmente se estiman perdidas debido al aumento de productividad de \$288.000.000 COP anualmente de \$3.461.000.000 COP. Se propone capacitar y establecer responsabilidades al personal operativo y encargado del mantenimiento autónomo para lograr un aumento del 6% en la productividad. La capacitación abordará temas como conocimientos generales en TPM, mantenimiento autónomo, mantenimiento planeado, inspección visual y ajuste con un costo anual de \$36.000.000 COP al año.

Se realizó un análisis adicional centrado en resaltar la importancia del mantenimiento autónomo. La producción acumulada quintales de azúcar en el ingenio es 540.000 quintales mensuales. Con la implementación propuesta, se espera generar 588.082 quintales de azúcar mensuales, aprovechando 46,6 horas/mes, lo que representa un total de 48.082 quintales de azúcar adicionales.

Se evaluó también el impacto ambiental mediante la reducción de material de envase perdido por malas prácticas operativas teniendo un costo por perdidas de material de envase de \$12.500.000 COP mensualmente, con esta propuesta se espera disminuir en 9,1%, es decir \$11.362.000 COP

Impacto esperado	Plazo (años) después de finalizado el proyecto: corto (1-4), mediano (5-9), largo (10 o más)	Indicador verificable	Supuestos*
Mejora de la productividad	Plazo corto	Quintales producidos diarios	Pasar de 18.000 QQ/día a 19.602 QQ/día

		Quintales de azúcar producidos mensual Tiempo operativo diario general de los equipos de envase Tiempo operativo anual general de los equipos de envase	Pasar de 540.000 QQ/mes a 588.082 QQ/mes Pasar de 72% a 78,5% disponibilidad.
Mejora en el impacto ambiental mediante la reducción de material de envase perdido	Plazo corto	KG de material de envase perdido mensualmente	Pasar de \$12.500.000 a \$11.362.000
Mejora en el desarrollo humano mediante formación	Plazo Corto	Evaluación de conocimientos de TPM	Generar en la zona de envase un conocimiento satisfactorio de TPM

Tabla 16. Impactos a partir de los resultados obtenidos. Elaboración propia 2024.

10.2 IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO

La implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) presenta un impacto ambiental positivo al abordar eficientemente la gestión de recursos y reducir el desperdicio en los procesos industriales. Al optimizar el mantenimiento y prevenir fallas en los equipos, TPM ayuda a disminuir la sobreutilización de insumos y energía, contribuyendo a la reducción de costos operativos y a una menor huella ambiental.

Una de las contribuciones más destacadas es la prolongación de la vida útil de los equipos, reduciendo la generación de residuos derivados de la obsolescencia. La gestión responsable de activos promovida por el TPM disminuye la disposición inadecuada de equipos obsoletos, contribuyendo a la reducción de desechos electrónicos.

La eficiencia mejorada en los procesos de producción resulta en un uso más racional de la energía. La optimización y la minimización de tiempos de inactividad no solo generan ahorros económicos, sino que también reducen el impacto ambiental por pérdidas en envase.

El TPM también impacta positivamente en la gestión del agua al disminuir la cantidad necesaria para la producción y prevenir fugas. Además, promueve una cultura organizacional centrada en la responsabilidad ambiental a través de programas de capacitación y concientización para empleados, extendiendo su impacto más allá de los límites de la empresa.

Podemos concluir que la implementación exitosa del TPM no solo busca mejorar la productividad, sino que también tiene un impacto ambiental significativo y positivo. Desde la reducción del desperdicio de recursos hasta la promoción de prácticas sostenibles, el TPM se presenta como una estrategia integral que beneficia tanto a las organizaciones como al medio ambiente, contribuyendo a la preservación y mejora de la sostenibilidad en la operación dentro de la industria azucarera.

10.3 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

En las siguientes imágenes se muestran las acciones realizadas en cumplimiento en el presente proyecto y las fechas previstas del comienzo y final.

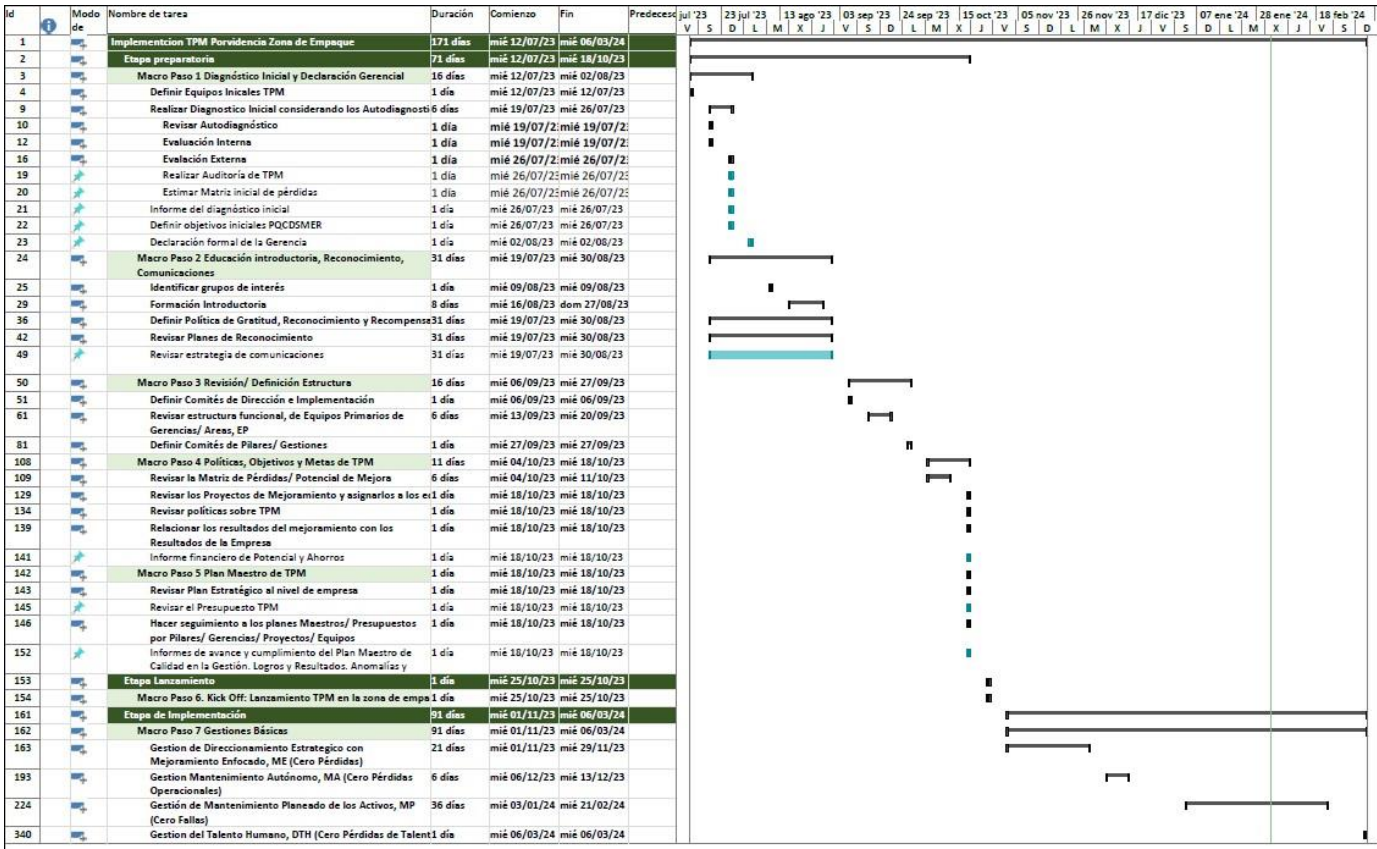


Ilustración 21. Cronograma de actividades para la implementación del plan piloto TPM en la zona de envase. Project. (Elaboración propia, 2024).

11 PRESUPUESTO

Para la ejecución de este Proyecto se requiere la siguiente cuantía en presupuesto.

Rubros	Fuentes						Total
	Ingenio		Universidad del Valle		Estudiante		
	Especie	Efectivo	Especie	Efectivo	Especie	Efectivo	
Personal	\$ 42.500	\$ 0	\$0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$42.500
Equipos	\$ 10.000	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 10.000
Software	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Materiales	\$ 5.000	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 5.000
Salidas de campo	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Material bibliográfico	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Servicios técnicos	\$ 9.000	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 9.000
Viajes	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Adecuación infraestructura	\$ 15.000	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 15.000
Total	\$ 81.500	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 81.500

Tabla 17. Presupuesto global (en miles de pesos)

Nombre de participante	Formación académica	Función dentro del proyecto	Dedicación	Recursos	
				Especie	Efectivo
Miguel Ángel Rodas Ledesma	Estudiante maestría	Ejecutor	3 días x mes x 12 meses	\$ 0	\$ 0

Gonzalo Aguirre	M. Sc.	Director del proyecto (UV)	3 días x mes x 12 meses	\$ 0	\$ 36.000
Grupo de colaboradores envase	Operadores , mecánicos y eléctricos.	Ejecutores	Por reconocimiento	\$6.500	
Total				\$6.500	\$ 36000

Tabla 18. Gastos de personal (en miles de pesos)

Equipos.	Recursos (Ingenio)	
	Especie	Efectivo
Equipo de Mejoramiento	\$ 10.000	\$ 0
Total	\$ 10.000	\$ 0

Tabla 19. Equipos disponibles (en miles de pesos)

Materiales.	Recursos (Ingenio)	
	Especie	Efectivo
Kick off.	\$ 5.000	\$ 0
Total	\$ 5.000	\$ 0

Tabla 20. Materiales disponibles (en miles de pesos).

Servicios Técnicos.	Recursos (Ingenio)	
	Especie	Efectivo
Capacitación y entrenamiento 1 vez mensual x 3 veces.	\$9.000	\$ 0

Total	\$ 9.000	\$ 0
-------	----------	------

Tabla 21. Servicios técnicos disponibles (en miles de pesos).

Adecuación infraestructura.	Recursos (Ingenio)	
	Especie	Efectivo
Organizar sala de reuniones con equipamiento.	\$ 15.000	\$ 0
Total	\$ 15.000	\$ 0

Tabla 22. Adecuación infraestructura disponibles (en miles de pesos)

12 CONCLUSIONES.

Se logró implementar el plan piloto del mantenimiento productivo total TPM en la zona de envase del Ingenio lo cual contribuyo en la mejora de la disponibilidad de 6,5% respecto al 72% que se encontraba inicialmente, representando la producción de 48.082 quintales al mes de más que es equivalente a \$290.000.000 COP aproximadamente debido al aumento tiempo operativo de 46,6 horas al mes.

1. Se recolecto información, de disponibilidad, velocidad y eficiencia calidad de los diez equipos que hacen parte de la zona de envase del ingenio; es importante resaltar las dificultades de tener esta información de forma individual, por esta razón se apoyó desde TPM el Control inicial de la tecnología en el proyecto de la solución IOT en la recolección de información, el cual se ejecutó paralelamente por el ingenio.
2. Se identificó la necesidad del mantenimiento autónomo y el fortalecimiento del mantenimiento planeado, así como también el control inicial de la tecnología como pilares de TPM en los posibles casos de mejora en la zona de envase del ingenio.
3. La capacitación de los 56 colaboradores de la zona de envase en los pilares del TPM logró conducir a una mayor conciencia y a la participación de los empleados en el mantenimiento y la mejora continua, definiendo las responsabilidades según el rol para el alcance de los objetivos.
4. El análisis de la planeación de mantenimiento planeado y autónomo, junto con la introducción de cambios basados en los principios del TPM, logró una planificación más efectiva y adaptada a las necesidades específicas del ingenio azucarero, integradas en el ERP de la organización sistematizando la planeación y controlando la ejecución.
5. La implementación exitosa del TPM se analizó en el cumplimiento del resultado en cuando al mejoramiento del Overall Equipment Efficiency (OEE) en un 6,5% respecto al 72% que se encontraba inicialmente, indicando una mayor productividad del área.
6. Se recomienda fortalecer la creación de un plan de capacitación y entrenamiento bajo las necesidades que se presentan durante el año recorrido.

12.1 RECOMENDACIONES

Es importante mencionar que la adopción de estrategias de mantenimiento permite a los ingenios azucareros alcanzar indicadores de clase mundial, recomendamos algunos de ellos:

1. Estrategias de lubricación de Clase Mundial: El impacto que tiene la Implementación de un programa de lubricación de clase mundial puede tener un impacto significativo en la confiabilidad y vida útil de la maquinaria en los ingenios. Donde se buscan beneficios como la reducción de fallas, mediante prácticas de lubricación adecuadas, así como también el incremento del tiempo medio entre fallas (MTBF), debido a que una lubricación óptima prolonga la vida útil de la maquinaria y reduce los tiempos de inactividad.
2. TPM (Total Productive Maintenance): Como se evidencia con este proyecto la adopción de TPM puede ser una estrategia efectiva para mejorar la gestión de mantenimiento. Donde a partir del mantenimiento autónomo y planeado se puede encontrar beneficios en la eficiencia del área donde se aplica.
3. Metodología CBM: La implementación un sistema de mantenimiento predictivo puede ayudar a prevenir fallas inesperadas y optimizar el tiempo de inactividad. Para ello es comendado considerar son monitoreo continuo, utilizando sensores y sistemas de monitoreo para recopilar datos en tiempo real sobre el estado de los equipos logrando así programar el mantenimiento antes de que ocurran problemas, en función de las predicciones del sistema.

13 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.

- Asocaña. (2023). *Sector Agroindustrial De La Caña*. Recuperado de: [https://www.asocana.org/publico/info.aspx?Cid=215#:~:text=El%20sector%20agroindustrial%20de%20la,Caldas%2C%20Quind%C3%ADo%20y%20M eta\).](https://www.asocana.org/publico/info.aspx?Cid=215#:~:text=El%20sector%20agroindustrial%20de%20la,Caldas%2C%20Quind%C3%ADo%20y%20M eta).)
- Rodríguez, J. M. (2019). Nuevo sistema de Gestión de Eficiencia Global (OEE) en tiempo real para industria. Recuperado de: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/127853/Rodr%C3%ADguez%20-%20Sistema%20de%20Gesti%C3%B3n%20de%20Eficiencia%20Global%20\(Overall%20Equipment%20Effectiveness,%20OEE\)%20en%20tie.....pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/127853/Rodr%C3%ADguez%20-%20Sistema%20de%20Gesti%C3%B3n%20de%20Eficiencia%20Global%20(Overall%20Equipment%20Effectiveness,%20OEE)%20en%20tie.....pdf?sequence=1)
- Texas A&M University-Commerce (como se citó en Rojas, M. 2011). Implementación De Los Pilares Tpm (Mantenimiento Total Productivo) De Mejoras Enfocadas Y Mantenimiento Autónomo, En La Planta De Producción Ofixpres S.A.S. Recuperado de: https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1711/digital_21225.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Valdez, J. E. (2017). Implementación Del Mantenimiento Autónomo Para Aumentar La Disponibilidad De Equipos Trackless En Uchucchacua. Recuperado de: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3937/Valdez%20%20Garcia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Estupiñan, S. J (2017). Diseño del plan de mantenimiento preventivo enfocado a TPM para la compañía de montajes diseño y construcción C.M.D SAS Recuperado de: https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/handle/001/2688/TGT_1307.pdf;jsessionid=649523F5EBACADB5E26961B174E80918?sequence=1
- Statec Binder. (2014). Catalogo Operación y mantenimiento Cetropack. Recuperado de: <https://www.statec-binder.com/wp-content/uploads/2019/06/stb-s19-00-datenblatt-certopac-es-v02-hq.pdf>
- Pinto, D. L. y Mesa, J. F. (2008). Implementación De Plan Piloto De Tpm En Una Industria De Cerámica. Recuperado de: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/4362/DiegoPinto_JuanMesa_2008.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Amit. Ingale, A.R. (2015). Recuperado de: <https://www.ijser.org/onlineResearchPaperViewer.aspx?Implementation-of-TotalProductive-Maintenance--TPM.pdf>

- TPM en Industrias de Proceso, Tokutaro Suzuki, Productivity Press, 1998.
- TPM New Implementation Program in Fabrication and Assembly Industries, Kunio Shirose, JIPM, 1992.