

Research Article

Implementación del mantenimiento productivo total en extrusora starex 1600 para reducir paradas y variaciones.

Implementation of total productive maintenance in starex 1600 extruder to reduce downtime and variations.

Campoverde-Pillajo, Carlos Daniel ¹<https://orcid.org/0009-0000-4466-3584>ccampoverdep1@unemi.edu.ec

Universidad Estatal de Milagro, Ecuador, Milagro

Toala-Guananga, Emilia Jazmin ³<https://orcid.org/0009-0002-8105-3843>etoalag@unemi.edu.ec

Promasrico S.A., Ecuador, Durán

Tapay-Mendoza, María José ⁵<https://orcid.org/0009-0008-9492-1826>ma.josetapay@hotmail.com

Instituto Superior Universitario Bolivariano, Ecuador, Guayaquil

Noboa-Romero, Pedro Gabriel ²<https://orcid.org/0000-0002-3216-2333>pnoboar@unemi.edu.ec

Universidad Estatal de Milagro, Ecuador, Milagro

Plúa-Triviño, Nayeli-Jamileth ⁴<https://orcid.org/0009-0000-1034-4729>npluat@unemi.edu.ec

Sacoplast. S.A., Ecuador, Durán

Autor de correspondencia ¹DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n4/141>

Resumen: El artículo aborda la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en una máquina extrusora STAREX 1600, utilizada en la producción de sacos de polipropileno. El objetivo principal es mejorar la eficiencia operativa mediante la reducción de tiempos muertos y fallas, con la aplicación de los ocho pilares del TPM y la metodología 5S. El estudio se llevó a cabo mediante observación directa, recolección de datos operativos y análisis del tiempo de reparación y de las principales fallas de la máquina. Los resultados muestran un incremento de la disponibilidad del equipo del 69% al 86% y una reducción significativa en el tiempo medio de reparación (MTTR), lo que permitió mejorar la continuidad de la producción. Los autores interpretan que la aplicación del TPM optimizó tanto el rendimiento de la máquina como la calidad del producto final. En comparación con estudios previos, el presente trabajo destaca la importancia de un mantenimiento preventivo bien planificado, que no solo reduce fallas, sino que también mejora la rentabilidad de la operación. En conclusión, la implementación del TPM resultó en una mayor eficiencia y un retorno económico favorable para la organización, reafirmando su viabilidad como una estrategia competitiva.

Palabras clave: mantenimiento productivo, extrusora, eficiencia operativa, 5S, productividad.



Check for updates

Received: 26/Ago/2024**Accepted:** 30/Sep/2024**Published:** 31/Oct/2024

Cita: Campoverde-Pillajo, C. D., Noboa-Romero, P. G., Toala-Guananga, E. J., Plúa-Triviño, N.-J., & Tapay-Mendoza, M. J. (2024). Implementación del Mantenimiento Productivo Total en Extrusora Starex 1600 para Reducir Paradas y Variaciones. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(4), 187–214. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n4/141>

Journal of Economic and Social Science Research (JESSR)

<https://economicsocialresearch.com>info@editoriagrupo-aea.com

Nota del editor: Editorial Grupo AEA se mantiene neutral con respecto a las reclamaciones legales resultantes de contenido publicado. La responsabilidad de información publicada recae enteramente en los autores.

© 2024. Este artículo es un documento de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.**



Abstract:

The article deals with the implementation of Total Productive Maintenance (TPM) in a STAREX 1600 extruder machine, used in the production of polypropylene bags. The main objective is to improve operational efficiency by reducing downtime and failures, with the application of the eight pillars of TPM and the 5S methodology. The study was carried out through direct observation, collection of operational data and analysis of repair time and major machine failures. The results show an increase in equipment availability from 69% to 86% and a significant reduction in meantime to repair (MTTR), which led to improved production continuity. The authors interpret that the application of TPM optimized both machine performance and final product quality. Compared to previous studies, the present work highlights the importance of well-planned preventive maintenance, which not only reduces failures but also improves the profitability of the operation. In conclusion, the implementation of TPM resulted in greater efficiency and a favorable economic return for the organization, reaffirming its viability as a competitive strategy.

Keywords: productive maintenance, extruder, operational efficiency, 5S, productivity.

1. Introducción

La ejecución del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en industrias manufactureras ofrece grandes beneficios en términos de costo-productividad, ya que permite planificar de manera eficiente los mantenimientos. Nuestro proyecto se enfoca en incrementar la productividad y disminuir el desperdicio en el área de extrusión de cintas de una organización dedicada a la fabricación de sacos de polipropileno, destacando los beneficios a nivel global como el incremento económico y la creación de empleo, lo que impulsa una mayor competitividad. El TPM también asegura la comercialización de productos de alta calidad sin riesgos, contribuyendo al flujo en el mercado competitivo. Como señalan Choez-Calderón y Montero de la Cueva (2022), la gestión tecnológica es clave para la mejora de la productividad en sectores manufactureros, un enfoque que se refleja en nuestra propuesta.

A nivel nacional, el TPM incrementa la competitividad entre empresas dedicadas a la fabricación de envases, mejorando su sistema de gestión y planificación mediante la implementación de la metodología 5S y los 8 pilares del mantenimiento, incluyendo el mantenimiento preventivo y autónomo, con las 5S como base fundamental para mantener el área de trabajo en orden. Este enfoque es respaldado por Herrera-Sánchez, Navarrete-Zambrano, Núñez-Liberio y López-Pérez (2023), quienes enfatizan la importancia de un sistema de gestión integral para optimizar procesos productivos. En nuestro caso, el análisis se realiza mediante el levantamiento de información a través de muestreos de calidad, observación del funcionamiento del equipo y pérdidas de producción en relación kilos/dólares, lo cual permite identificar las deficiencias presentes.

Se espera estandarizar el proceso para cumplir a tiempo con los requerimientos, comprometiéndose la organización con la satisfacción del cliente. El mantenimiento autónomo capacita a los colaboradores para responder rápidamente y enfrentar cualquier inconveniente en los equipos, lo que aporta significativamente a la cadena de valor y refuerza la competitividad de la organización en el mercado.

A nivel empresarial, la implementación del TPM reduce las paradas en la línea de producción, lo cual se refleja en un flujo más eficiente. Además, se aplican Check Lists y programas de mantenimiento basados en el análisis del MTTR (Mean Time To Repair), que está relacionado con la producción promedio en un tiempo determinado, lo que permite evaluar el rendimiento del equipo. Como resultado de la implementación del TPM, se logra una rentabilidad aceptable en el proceso, contribuyendo de manera significativa al éxito empresarial.

2. Materiales y métodos

2.1. Tipo y diseño de investigación

2.1.1. Métodos de investigación empíricos

Los métodos de investigación empíricos se emplean para descubrir y recopilar una serie de hechos y datos que sirven como base para verificar hipótesis, responder preguntas científicas, proporcionar argumentos en defensa de una idea o seguir una guía temática (Rodríguez et al., 2017). Este método se centra en la observación directa para recolectar y analizar datos, permitiendo generar conclusiones sobre el problema de estudio a partir de la experiencia y el contacto con la realidad.

2.2. Documentación

La indagación de documentación por medio de revistas, artículos científicos, libros que nos proporcionen información como soporte incluso el manual del equipo, que nos facilita reconocer piezas que conforman la estructura de la máquina y a la vez su función, cada qué tiempo se debe realizar el mantenimiento a ciertas piezas y de qué manera realizarlo, documento con soporte DOI sobre el mantenimiento total productivo, la implementación de sus ocho pilares fundamentales y base de las 5S, de qué manera implementarlo, ventajas y beneficios en general para el proceso productivo y compañía en general.

2.3. Observación

La observación es una metodología sistemática y lógica para el registro visual y verificable de los fenómenos que se desean estudiar. Su objetivo es capturar, de la manera más objetiva posible, los eventos que ocurren en el mundo real, con el fin de describirlos, analizarlos o explicarlos desde una perspectiva científica (Covarrubias & Lule Martínez, 2012). Es el más eficaz dentro del diseño de investigación explicativo, lo cual es importante para observar el entorno de la máquina objeto de estudio e

identificar cómo se llevará a cabo la base de la implementación, el área en el cual es objeto de estudio para conocer el estado actual antes de implementar la base del TPM que es 5 S.

2.4. Muestreo

Utilizando el método de muestreo, evaluaremos variables como tiempos de parada, frecuencia de fallos, resistencia de cintas y el cronograma de mantenimiento antes y después de la implementación del TPM. Este procedimiento permite conocer ciertas características de la población a partir de una muestra extraída. El objetivo del diseño de muestreo es ofrecer directrices para seleccionar una muestra que sea representativa de la población.

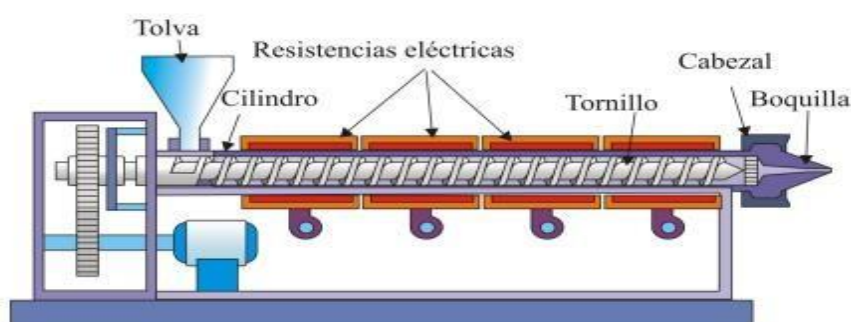
3. Resultados

3.1. Proceso del área de extrusión

En el proceso de extrusión, el polímero se introduce en estado sólido y se transforma en un estado fundido al salir de la extrusora. La extrusora actúa como una bomba, generando la presión requerida para que el polímero pase a través de la boquilla para este proceso se determinan parámetros del equipo para cumplir lo establecido por el departamento de calidad los cuales corresponden a Tenacidad de $\geq 5,5$ g/den, Elongación de 24 – 28 %, contracción de ≤ 10 % y denier de 833–867 g. (ver anexo 1)

Figura 1

Representación esquemática de la máquina extrusora



Nota: Autores (2024).

El estudio se desarrolló en el área de extrusión por lo cual debemos conocer los subprocesos que se realizan dentro del área, el tipo de producción y de esta manera podemos identificar y analizar en qué parte se presenta mayores problemas de deficiencia de mantenimiento en el que debemos intervenir y mejorar con la implementación del TPM mejorando la línea de extrusión con la metodología de los ocho pilares y la base de las 5S

La extrusora STAREX 1600 produce cintas tanto de color como transparente con denieres de 650 a 2100 con un ancho de 3.3 y 4.5 mm cuando no existe el adecuado

mantenimiento existe variación en el denier, resistencia, contracción y variación en el ancho de la cinta, de acuerdo con los parámetros establecido se determina si las bobinas se aprueban para el siguiente proceso o no, una de las características fundamentales de esta máquina y ventajas que nos brinda son las siguientes:

- Velocidad de producción máxima de 33 km/h (ES/ES-TD)
- Capacidad de fusión de hasta 720 kg/h
- Compatible con el procesamiento de Polietileno lineal de baja y alta densidad.
- Cintas ligeras de alta calidad
- Cintas de alta resistencia
- Sistema de recuperación energética
- Cambio fácil de boquilla estándar a boquilla automática sin necesidad de desmontar
- Modelo personalizado según las especificaciones del cliente
- Diseño modular
- E-cilindro

3.2. Análisis de las causas

Figura 2

Diagrama de Ishikawa de la problemática deficiencia del plan de mantenimiento



Nota: Autores (2024).

Dentro del mantenimiento preventivo abarca el desgaste de las piezas, entre ellas tenemos el husillo que debido al exceso de horas operativas presenta fallas, debido a

que tienen varias funciones como, mezclar, desgaseado, fusión de la materia prima, se encarga del bombeo, como menciona, Bastidas, López, Flores, & Vásconez, 2022 Es la parte más importante de la máquina ya que es el encargado de transportar la materia prima desde la tolva hasta el cabezal de extrusión, siendo expuesto a diferentes ambientes de trabajo (pág. 809). El husillo funciona de acuerdo con el tipo de cinta que se esté realizando, debido a los cambios de parámetros.

3.3. Análisis de la maquina extrusora dentro del área de extrusión

3.3.1. Identificación de averías y fallos en la máquina extrusora

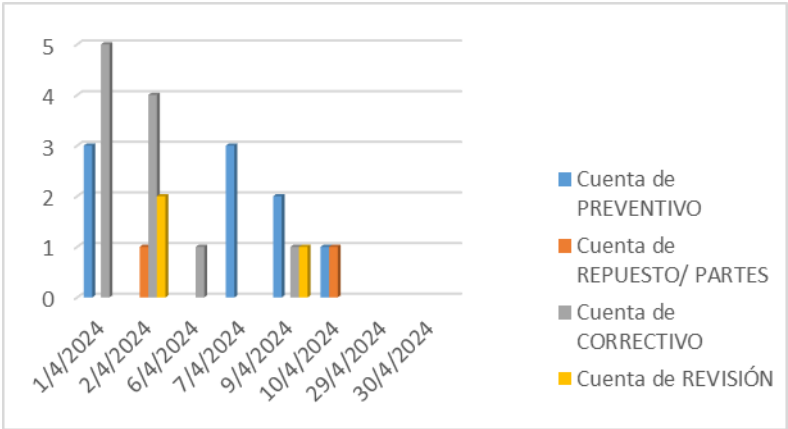
Se identifica un total de 20 cambios que se desarrolló el mes de abril

Tabla 1
Mantenimiento preventivo y correctivo del mes de abril

Mantenimiento preventivo	Mantenimiento correctivo
Fijar regleta del horno (entrada)	Cambio de ruliman/ base de sensores de rodillo/ nylon
Limpieza interna con aire comprimido a rodillos de calefacción para (evitar daño de resistencia)	Solución al problema de rotura de sensor de rodillos/ zona de calefacción
Se envió a fabricar una pieza (filtro de blower) pieza faltante	Se cambio pastillas de carbón en los rodillos de temperatura
Cambio de resortes de husillo / rodillo en módulo 49	Se cambio el soporte a ruliman z3a-05881a

Nota: Autores (2024).

Figura 3
Cronograma de Mantenimiento a la máquina extrusora



Nota: Autores (2024).

Podemos observar en la figura que representa las fechas y número de cambios durante el mes de abril en donde indica que la extrusora hizo 8 paradas no

programadas para realizar 9 cambios preventivos y 11 correctivos, en donde refleja que el 1 y 2 de abril la máquina estuvo parada más de dos horas.

Evaluando las problemáticas que se han presentado el mes de abril tenemos que los fallos y averías que presenta la máquina son las mostradas en la siguiente tabla.

Tabla 2
Fallos y averías en la maquina extrusora STAREX 1600

Fallas y averías
Mala calibración de los ejes hidráulicos
Falta de lubricación en rodillos
Alineación incorrecta
Desgaste de ruliman
Lubricación insuficiente en resortes del husillo

Nota: Autores (2024).

3.3.2. Análisis de confiabilidad: MTTR

De acuerdo con la información que nos proporciona debemos realizar nuestra planificación de producción y para obtener una base fundamental se calcula la disponibilidad de los equipos por medio de un MTTR: sus siglas hacen referencia al tiempo medio de reparación, nos indica el tiempo que la extrusora estará parada para la respectiva reparación, adicional nos da a conocer la importancia la importancia de realizar los cambios de piezas a tiempo. Calcularemos el tiempo medio de reparación de fallos recurrentes en el área de extrusión

Figura 4
Unidad de soporte



Nota: Autores (2024).

$$MTTR = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de paro por avería}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$$
$$MTTR = \frac{3}{2} = 1.5 \text{ horas/averías}$$

Figura 5*Limpieza del filtro del Intercambiador de calor**Nota: Autores (2024).*

$$MTTR = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de paro por avería}}{N^{\circ} \text{ de averpías}}$$

$$MTTR = \frac{5}{2} = 2.5 \text{ horas/averías}$$

En el mes de abril se presentaron 20 trabajos de mantenimiento realizados en el área de extrusión por lo cual se calculará los MTTR del mes mencionado para identificar las causas de los tiempos de reparación largos.

$$MTTR = \frac{\text{tiempo total de mantenimiento}}{N^{\circ} \text{ de reparaciones}}$$

$$MTTR = \frac{83}{20} = 4.15 \text{ horas/reparación}$$

Tabla 3*Reparaciones del mes de abril*

Reparaciones del mes de abril	
Nº de reparaciones	Horas de mantenimiento
R1	3
R2	5
R3	3.5
R4	4
R5	5
R6	6
R7	5
R8	4
R9	5
R10	6
R11	7
R12	2
R13	3
R14	5

R15	3
R16	6
R17	2
R18	5
R19	4
R20	3
Total de horas de mantenimiento	83

Nota: Autores (2024).

3.3.3. Análisis de la eficacia general del equipo (OEE)

Es un indicador de eficiencia, productividad del equipo en donde se lleva el registro de desperdicios, producción obtenida en horas operativas y la calidad del producto final, como menciona: Varela Pérez, López Ortega, & Romero García (2023) OEE es primordial para la determinación de la productividad en una organización, ya que la información bien clara en las hojas de trabajo muestra guías importantes para el desarrollo de las actividades de una forma correcta y en tiempos determinados logrando así una estandarización y con la calidad que es requerida por las especificaciones del cliente.

En el mes de abril la empresa tiene un porcentaje de disponibilidad de 78 %, rendimiento de 87% y de calidad del 90%

$$\begin{aligned}
 \text{Calculamos el OEE} &= \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad OEE} \\
 &= 78\% \times 87\% \times 90\% \times 100 \\
 \text{OEE} &= 69\%
 \end{aligned}$$

Al tener un 69% del indicador de eficiencia operativa en la máquina, podemos observar que existe un margen considerable de mejora para el incremento de la eficiencia productiva, por lo cual se identificarán las causas que mantienen un indicador regular.

Figura 6
Clasificación del OEE

OEE	Calificativo	Consecuencias
OEE < 65%	Irreceptable	Importantes pérdidas económicas. Baja competitividad.
65% < OEE < 75%	Regular	Pérdidas económicas. Aceptable sólo si se está en proceso de mejora.
75% < OEE < 85%	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
85% < OEE < 95%	Buena	Buena competitividad. Entramos ya en valores considerados "World Class".
OEE > 95%	Excelente	Competitividad Excelente.

Nota: Autores (2024).

Tabla 4*Seis grandes pérdidas del TPM en extrusora Starex 1600*

Seis grandes pérdidas	Perdida del tiempo total	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa acumulada
Fallas en los equipos	84	21.43%	21.43%
Pérdida de ajuste y configuración	46	11.73%	33.16%
Tiempos muertos y paradas menores	45	11.48%	44.64%
Velocidad reducida	60	15.31%	59.95%
Defectos del proceso	102	26.02%	85.97%
Rendimiento reducido	55	14.03%	100%
Total	392	100%	

Nota: Autores (2024).

Basado en los resultados obtenidos estadísticamente, tenemos que en fallas con mayor porcentaje son fallas en los equipos representando un 21.4% del tiempo total perdido, defectos del proceso de 26.0% y velocidad reducida de 15.3%. Por otro lado, el rendimiento reducido representa el 14.0%, pérdida de ajuste de 11.7% y paradas menores 11.5% del tiempo total perdido.

Figura 7*Diagrama de Pareto de las 6 pérdidas del TPM**Nota:* Autores (2024).

3.4. Análisis de calidad mediante muestreo de resistencia de cinta color café con denier de 850 a 10 bobinas

Iniciamos el análisis, seleccionamos una orden de compra

Tabla 5*Requerimiento de pedidos de la industria Azucarera*

Comprobante	Nota	Ítem	Código	Cantidad
VE-PE 02-01-000013479	Oc pendiente//65g/m2	60x90 café lam mate + fuelle "azúcar blanco 1kg" COD3510409 (TRONCAL)	106022001	9.435
VE-PE 02-01-000013480	Oc pendiente//65g/m2	60x90 café lam mate + fuelle "azúcar blanco 2kg" COD 3510410(TRONCAL)	106022002	9.784
VE-PE 02-01-000013482	Oc pendiente//65g/m2	60x90 café lam mate + fuelle "azúcar cruda 1kg" COD 3510432(TRONCAL)	106021185	20.500
VE-PE 02-01-000013483	Oc pendiente//65g/m2	60x90 café lam mate + fuelle "azúcar cruda 2kg" COD 3510433(TRONCAL)	106021186	32.900

Nota: Autores (2024).

Las medidas del envase son de 60x90 por rollo salen 4.895 sacos considerando un margen de error por los fallos que se presentan en las distintas áreas de conversión, nuestra orden de compra comprende un total de 72.619 unidades, el cliente solicita un gramaje de 65 por tanto se debe fabricar cinta café de 750, se realiza el cálculo por número de bobinas, metraje de cada una y se evalúa cuantas paradas debe hacer el equipo para cumplir con lo solicitado.

El cumplimiento de la orden requiere de la producción de cinta para 15 rollos.

Datos:

- 1 rollo = 5.100 metros.
- 1 bobina para urdimbre = 28.000 metros
- 1 bobina para trama = 16.500 metros
- 1 parada = 202 bobinas
- 1 parada = 80 minutos

Calculamos cuantas paradas debe realizar la extrusora para urdimbre:

- Metraje de una parada = 202 unidades x 28.000 metros = 5.656.000 metros
- Números de paradas = 202 unidades x 4paradas x 28.000 metros = 22.624.000 metros
- Números de bobinas = 202 unidades x 4 paradas = 808 bobinas

Calculamos cuantas paradas deber realizar la extrusora para trama:

- Metraje de una parada = 202 unidades x 16.500 metros = 3.333.000 metros
- Números de paradas = 202 unidades x 15paradas de 16.500 metros = 49 995 metros

- Números de bobinas = 202 x 15 paradas = 3.030 bobinas
- Total, de metraje = 72.619.000 metros
- Pruebas
- Resultados del ensayo de denier

3.5. Análisis de costo de producción

Con base a el reporte que llena el operador calculamos la cantidad de materia utilizada en el pedido de industria azucarera.

Figura 8

Informe del operador pedido por una industria azucarera

sacoplast
soluciones para la industria

INFORME DEL OPERADOR
ÁREA EXTRUSORA

IOPE-001
000008886

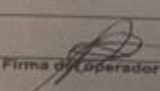
FECHA: 22-06-24
EXTRUSORA: #3
TURNO: H
H. INICIAL: 07:00 hrs
H. FINAL: 19:00 hrs
NOMBRES: Pineda / Jure - Rizo
COLORES: café 180

LOTE DE PRODUCCIÓN: E3-2024-06-29
DESPERDICIO: 8 kg

	CONSUMO		MATERIA PRIMA	
	FUNDAS	KILOS	CODIGO	LOTE MP
POLIPROPILENO	180	4500	CHN ENPE01	
CARBONATO	4	100	Quimicas	
MASTERBACH 1	8	200	Blanco 1035 Hobaco	B485
MASTERBACH 2				
MASTERBACH 3				
ADITIVOS	2	50	BRASKEM CP741	
ADITIVOS				
POLIPROPILENO RECUPERADO				

PARADAS	BOBINAS	PESO BRUTO	PESO NETO	COLOR	DENIER	ANCHO	VELOCIDAD	MUESTRA
1	202	300	260	café	750	3,3	400	
2	202	300	260	café				
3	202	300	260	café				752
4	202	300	260	café				
5	202	300	260	café				
6	202	300	260	café				
7	202	300	260	café				
8	202	300	260	café				
9	202	300	260	café				753
10	202	300	260	café				
11	202	300	260	café				
12	202	300	260	café				
13	202	300	260	café				
14	202	300	260	café				755
15	202	300	260	café				
16	202	300	260	café				
17	202	300	260	café				
18	202	300	260	café				
19	202	202	162	café				
20								
21								
22								

OBSERVACIONES:

Firma del Operador: 

Firma del Supervisor: _____

Nota: Sacoplast

Tabla 3

Ficha técnica de la máquina starex 1600

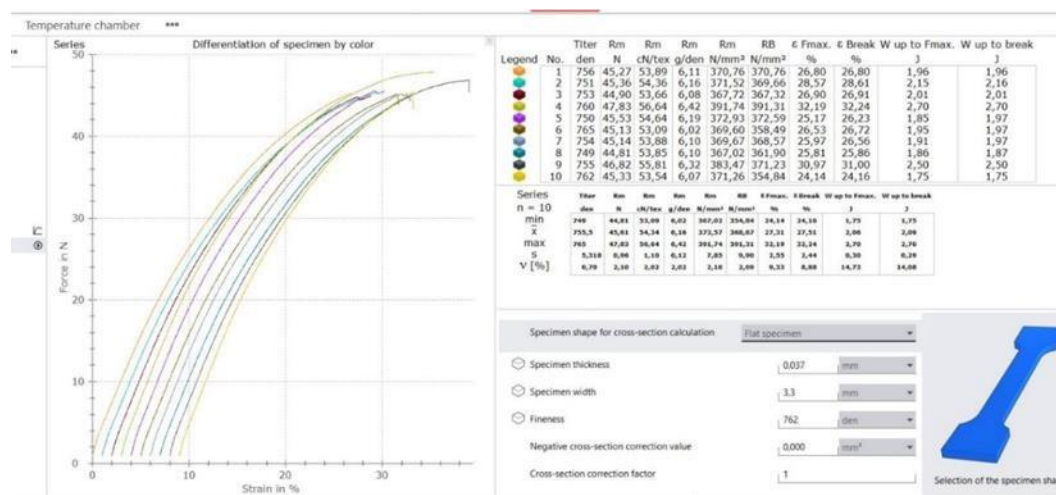
FICHA TECNICA				
STAREX 1600 EX #3				
MATERIA PRIMA: CHN ENERGY L5E89 93%				DENIER: 750
Formula		%	Parámetros pre establecidos	
Carbonato	Poly 20a2	2	Color	CAFE
			Ancho (mm)	3.3
			Color de tiza	Verde
Aditivo	Braskem CP 741	1	Ancho del distanciador (mm)	7.75
			N° cinta	202
Masterbach (pigmento)	HABANO QUIMICAL 8485	4	Ratio	5.6
			Bomba masa (rpm)	43.6
Parámetros de la máquina				
Velocidad		410 m/min		
Temperatura zona de alimentación (fría)		73 °c		
Temperatura zona 1 (caliente)		255 °c		
Temperatura zona 2 (caliente)		260 °c		
Temperatura zona 10 (caliente)		270 °c		
Temperatura zona 3-4-5-6-7-8-9-11-12		265 °c		
Temperatura zona 13 14 (caliente)		150 °c		
Temperatura zona 21 a 26 (caliente)		265 °c		
Tipo de filtro HS D180 30/150, cantidad:		2 u (punto rojo)		
Tipo de criba D100, 4 grupo de 5 mallas c/u:		800-150-50-150-800 (µm) mismo orden		
Temperatura de agua de la tina (fría)		27 °C		
Distancia de agua		64 mm		
Arrastre 1 - Templado 1		71 – 1.06		
Arrastre 2 - Templado 2		72.1 - 1.12		
Carrera de oscilación (cuchilla)		5.5 mm Posición = 0.5		
Temperatura de horno		170°C		
Unidad de estiramiento 1		424.9 m/min – 21%		
Unidad de estiramiento 2		419.1 m/min – 21%		
Unidad de estiramiento 3		413.3 m/min – 30%		
Relación de templado		0.79% - 1.38% - 1.38%		
Temp de los rodillos de estiramiento (caliente)		95°C		
Temp rodillos de enfriamiento		20 °C		
Tensión de embobinado		70 CN		
Metraje de embobinado		Urdimbre: 28.000 Trama: 16.500		
PARAMETROS DE CALIDAD				
Denier g, (+/- 4%):		780-720		
Elongación:		24-28 %		
Tenacidad:		≥ 5.5 g/den		
Contracción:		≤ 10 %		

Nota: Autores (2024).

3.6. Resultados de resistencia y elongación

Figura 9

Diagrama de Resistencia de cintas



Nota: Elaboración propia con datos brindados de compañía Sacoplast

En la tabla 6 se observa la comparación de los parámetros con los resultados del muestreo.

Tabla 6

Parámetros y resultados de cintas

Parámetros establecidos	Resultados del muestreo
Denier 780-720 g	Denier: 755 g
Elongación = 24-28%	Elongación: 27,31%
Contracción = ≤10	Contracción: 6,0
Tenacidad = ≥ 5,5 g/den	Resistencia: 6,16

Nota: Autores (2024).

Los resultados obtenidos mediante el software nos muestran el comportamiento de la cinta y su punto de rotura. El ensayo que se realizó en el dinamómetro el cual cuenta con el software Zwick/Roell que analiza el comportamiento de la cinta al ejercer cierta fuerza, por tanto, se toma un muestreo para evaluar la calidad de las cintas, mediante 10 bobinas además se asegura que cumpla con los estándares requeridos por parte del cliente.

El denier promedio de la muestra de las 10 bobinas cumple con el denier de los parámetros establecidos, por otra parte la elongación se encuentra dentro de lo requerido pero se toma con cierto riesgo de estar fuera del rango por tanto se debe considerar aquello, mediante la implementación del TPM se incrementará la fiabilidad y calidad del producto cumpliendo todos los estándares, este pequeño inconveniente

se presenta en la bobina 8, que posee el menor peso y además su fuerza es menor en comparación de las otras bobinas.

Tabla 6
Precio del material usado para cintas

Material	Descripción	Fundas	Kilos	Costo/kilos	Total
Pigmento	Habano 8485	8	200	\$ 2.53	\$506
Carbonato	Poly Poly 20A2	4	100	0.46 ctvs.	\$46
Aditivo	Braskem CP-741	2	50	\$ 1.48	\$74
Materia prima	CHN ENERGY L5E89	180	4500	\$ 1.69	\$7.605
Total		194	4.850	\$6.16	\$8 231

Nota: Autores (2024).

Obtenemos como resultados una inversión de \$8.231 respecto a material con 12 horas de trabajo, un solo turno con un operador y un oficial.

Los Kilogramos que consume una extrusora por hora se calcula con la siguiente ecuación. (Cantidad de cintas x Denier x velocidad del equipo x 60 minutos) / 9.000 unidad de denier (202und x 750den x 400 m/min x 60 min) / 9.000 = 404 kilos

Kilos por hora = 404

kilos por doce horas = 404 x 12 = 4 848 kilos en un turno

3.6.1. Costo de mantenimiento

Se considera este costo como los ingresos que la empresa no recibe a causa de que el equipo se encuentre inactivo a causa de mantenimiento, tomamos como referencia la reparación 16 (ver tabla 2) limpieza de intercambiador de calor de extrusora, realizaremos el análisis con doce horas de trabajo, en la cual se invierte \$8 231 en materia prima.

Figura 10
Limpieza de filtros del calefactor



Nota: Sacoplast S.A

3.6.2. Cálculo de mano de obra.

Horas hombres trabajadas = 12 horas

30 días

4 días a la semana

12 horas

2 colaboradores

En los 20 días son 240 horas laborable

Remuneración del operador \$800 / 240 horas = \$ 3.33 la hora

Remuneración del oficial \$ 600/ 240 = \$2.50 la hora

12 horas x \$3.33 =39.96 operador 12 horas x \$2.50 = 30 oficial

Por tanto, si el tiempo de mantenimiento dura 6 horas esto equivale a:

6 horas x (costo de hora del operador + costo de hora del oficial)

6 horas x (3,33\$ + 2,50\$) = 34,98\$ en personal

La inversión durante ese tiempo de inactividad de la maquina corresponde a \$4115,5\$ que hacen referencia a 36309,5 envases con un valor de 0.30ctvs la unidad dando un total de \$10 892,85 como perdida para la organización.

3.6.3. Análisis de perdidas por tiempo improductivo

Tabla 7
Pérdidas de producción

PERDIDAS EN KILOS Y DOLARES POR TIEMPO IMPRODUCTIVO			
TIEMPO	KG	COSTO X KILO	DOLARES
5 min	33,66	\$ 1,69	\$ 57.00
9 días	87264	\$ 1,69	\$ 147.47
20 min	134,60	\$ 1,69	\$ 227.00
1 min	6,73	\$ 1,69	\$ 11.00
60 min	404,00	\$ 1,69	\$ 683.00
30 min	202,00	\$ 1,69	\$ 341.00
12 horas	4850,00	\$ 1,69	\$ 8,197.00

Nota: Autores (2024).

Tabla 8*Mantenimientos con sus costos*

<u>Necesidades correctivas de cambio y revisión actual</u>		
Descripción	Estado	Costo de mantenimiento
Mala calibración de los ejes hidráulicos	realizado	\$ 1.200,00
Falta de lubricación en rodillos	realizado	\$ 1.000,00
cambio de rodillos	realizado	\$ 3.000,00
Desgaste de ruliman	realizado	\$ 1.000,00
Lubricación insuficiente en resortes del husillo	realizado	\$ 2.000,00
regleta del horno (entrada)	realizado	\$ 5.000,00
Resistencias	realizado	\$ 7.000,00
filtro de blower	realizado	\$ 900,00
Cambio de resortes de husillo / rodillo en módulos	realizado	\$ 2.000,00
		\$ 23.100,00

*Nota: Autores (2024).***3.6.4. Análisis de matriz de riesgo de área de extrusión**

Mediante un análisis en la matriz de riesgos del área de extrusión se identifican y evalúan los riesgos presentes en dicho sector para mitigarlos. De esta manera, se mejora la matriz y se da a conocer a todo el personal del área de extrusión.

Figura 10*Matriz de riesgo del área de extrusión*

Cod:		MATRIZ DE RIESGO (AREA DE TRABAJO)				PENDIENTE
 MA-RI						EJECUCION
Rev. 01		31/05/2018				CONCLUIDO
Riesgo	Causa	Oportunidad	Depto. Encarg	Plan de accion	de	Estatus
	Paralización de máquinas Daños en máquinas Alteración de pesos			Instalación de central energética		PENDIENTE

	Variación de Voltaje	en bobinas	Abastecimiento de energía	Producción/Compras / Calidad		
			Minimizar paralización de producción debido a personal no capacitado para operar máquina		Asignar 2 operadores capacitados para la operación de extrusora (Por turno)	
	Falta del Operador	Paralización de producción		Producción		CONCLUIDO
	Elevación de temperatura del agua.	Defectos en producción de hilos.	Minimizar la ocurrencia de fallos por paralización de chiller	Producción/Compras / Calidad	Seguimiento del funcionamiento del chiller.	CONCLUIDO
Extrusora	Aire comprimido	Paras en producción Incremento de fallos	Instalación de compresor con mayor capacidad	Producción/calidad	Seguimiento del funcionamiento de los compresores	CONCLUIDO
	Materia Prima defectuosa	Hilos defectuosos	Minimizar riesgo de daños en tela	Producción/calidad	Evaluación de MP en parámetros de calidad	CONCLUIDO

Nota: Sacoplast

3.6.5. Análisis de 5S en el área de extrusión

Por medio de la metodología de las 5S, que es la base del TPM, analizaremos el área de trabajo buscando mejorar la organización, mantener el área limpia y hacer del lugar de trabajo un entorno eficiente.

La materia prima, que es el polipropileno, que se usan para realizar las láminas de color café que estamos analizando, se ingresan por la tolva de la extrusora. En este proceso, se nota un aspecto importante: al colocar la materia prima, parte de ella se cae del saco al piso, lo cual contamina el área de trabajo, que ya no queda despejada. Por otro lado, el desperdicio es otro aspecto por considerar. A pesar de que el área cuenta con un kit de limpieza que incluye escoba, pala y sacos para recoger el desperdicio, se debe organizar eliminando lo que no es necesario en el área.

Las cintas que salen de la maquina extrusora STAREX 1600 se enrollan en bobinas facilitando así el almacenamiento y traslado al área de telares, se almacenan en pallets en este aspecto, podemos tener a consideración que se tenga la cantidad de bobinas y pallets necesarias dejando el área despejada.

3.7. Paso a paso de la propuesta de plan de mantenimiento productivo total

Para la propuesta se guio en los 8 pilares del TPM para la mejorar la eficiencia operativa del área como base las 5 S la cual se encargará de mantener el lugar de trabajo organizada, limpia y segura.

El objetivo de este plan de mejora es eliminar u organizar el material innecesario en el área de trabajo. En este estudio, se consideran pallets, bobinas, desperdicios y materia prima. De esta manera, se busca mantener el área limpia y segura, estandarizando acciones que ayuden a mejorar la organización. A continuación, se definirá una propuesta:

1. Identificar los materiales innecesarios y separar el desperdicio de la materia prima.
2. Reducir el inventario de bobinas y pallets del área de extrusión
3. Mejorar el plan de limpieza regular clasificando los desperdicios de materia prima pura y materia prima procesada
4. Capacitar al personal sobre la correcta limpieza del área familiarizando la cultura de limpieza en el área
5. Capacitar a los operadores de la limpieza que necesita la maquinaria para que actúen de manera adecuada con los estándares establecidos.
6. Familiarizar los estándares establecidos en el área
7. Reconocer el cumplimiento y premiar las mejoras del personal del área.

3.7.1. Mantenimiento preventivo

Se adapto un formato para controlar y monitorear las fallas que ocurren antes y después de la propuesta de implementación del mantenimiento productivo total en la máquina extrusora, el cual se describe la falla y la actividad que se realizó para eliminar la falla presentada además de especificar el encargado de cada actividad de mantenimiento preventivo con su respectiva evidencia

Tabla 9
Formato de control y seguimiento de fallas del equipo

Logo de la empresa		Formato de control y seguimiento de fallas										
Fe cha	Mecá nico	No mbr e del equi po	Ma rca	Mo delo	Fa lla	Descri pción del trabajo realiza do	Repu esto/ parte s	Funcion ando correcta mente	Pendi ente repue sto	Fec ha prox de revi sión	Cumpli miento en el plazo	Evide ncia

Nota: Autores (2024).

Tabla 10
Cronograma de control semana de mantenimiento preventivo

Logo de la empresa		Cronograma de control semanal de mantenimiento preventivo de extrusora Starex 1600											
Actividad		Mes											
		Mayo				Junio				Julio			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Lubricación del cilindro de distribución del aire del módulo 57 bloque a													
Limpieza interna con aire comprimido a													
rodillos de calefacción													
Montaje y pruebas de modificación realizada													
al sistema de calefacción de rodillos													
Limpieza del molino del sistema de reciclado de													
tiras laterales													

Nota: Autores (2024).

Se creó un formato de mantenimiento preventivo que será controlado semanalmente durante tres meses. Este formato incluye actividades de mantenimiento preventivo basadas en las averías identificadas durante el análisis realizado en el mes de abril. Adicionalmente, se propone implementar un formato que se utilizara para el control anual del equipo.

Adicionalmente se realizarán inspecciones para el control de los equipos mediante un check list.

Figura 11
Check list para el equipo de extrusión

LOGO DE LA EMPRESA	INSPECCION DE EQUIPOS										UNIDAD DE "SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE"				
CHECK LIST															
EQUIPO:			MARCA:			MODELO:			FIRMA SST						
ENCARGADO DE SSO:															
AREA:			OPERADOR DE LA MAQUINARIA:												
ELEMENTOS DE INSPECCION			L	M	M	J	V	ELEMENTOS DE INSPECCION			L	M	M	J	V
COMENTARIOS:															
CARGO	RESPONSABLE						FECHA				FIRMA				

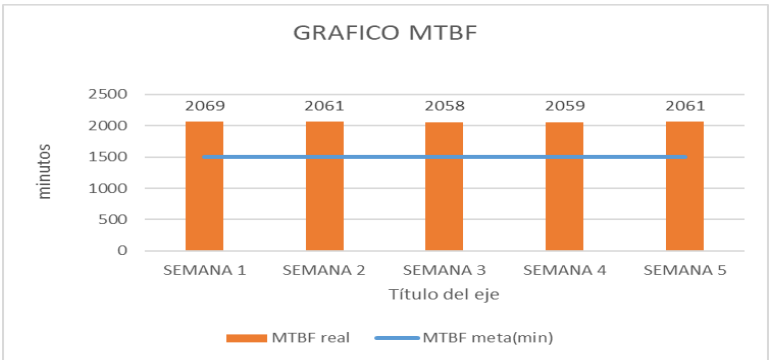
Nota: Autores (2024).

Durante el análisis de la situación problemática de la extrusora STAREX 1600, se identificó que las causas principales de las fallas y averías son la falta de mantenimiento constante y una programación e inspección inadecuadas. Los operadores carecen de conocimientos profundos en mantenimiento, lo que aumenta significativamente los riesgos operativos de los equipos

3.7.2. Resultados de disponibilidad de equipos

Las interpretaciones de los indicadores porcentuales después de implementar el mantenimiento preventivo se reflejan en el MTBF efectivo y el MTTR real de las operaciones. Se estima que el tiempo medio entre fallos (MTBF) alcanza los 1500 minutos, con un tiempo medio de reparación (MTTR) de 700 minutos. La disponibilidad del equipo mostró variaciones, alcanzando un promedio del 69%. En la gráfica se muestra la duración entre fallos durante las 5 semanas de operación de la extrusora, donde se observa que en todas las semanas se superó la meta de 1500 minutos de tiempo entre fallos. Estos resultados han tenido un impacto positivo en la disponibilidad del equipo y en la reducción de las fallas operativas al mínimo.

Figura 12
Gráfico MTBF



Nota: Autores (2024).

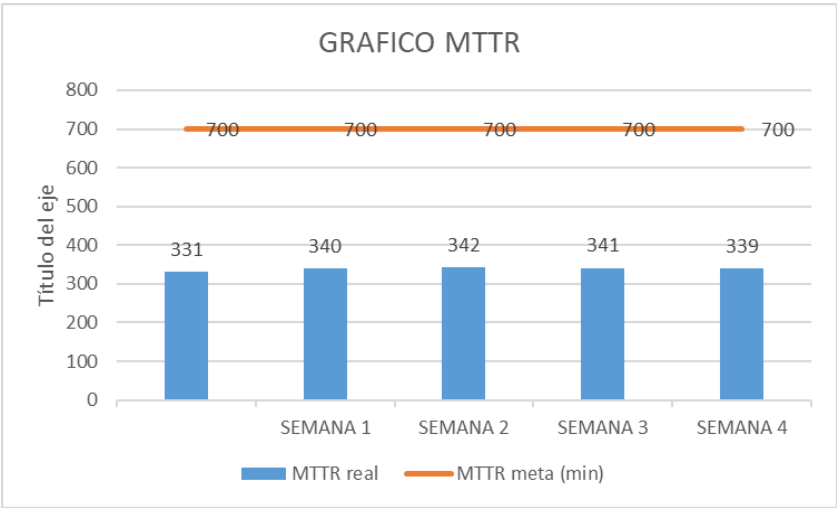
En la gráfica, se presenta la gráfica de barras del tiempo de reparaciones, si se observa cada semana los tiempos no sobrexcede la línea de alcance, quiere decir que los resultados han sido favorables

Tabla 12
Resultados de la propuesta de implementación

TIEMPOS DE OPERACIÓN EN EQUIPOS					
EQUIPO	La extrusora STAREX 1600				
TURNO 1	OBSERVACION	RESULTADO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACION			
EQUIPO	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5
FECHA	3-may	10-may	17-may	24-may	1-may
tiempo de trabajo (min)	2400	4800	7200	9600	12000
tiempo muerto (min)	331	679	1027	1363	1693
n* de fallas	1	2	3	5	5
MTBF real	2069	2061	6173	8237	10307
MTBF meta(min)	1500	1500	1500	1500	1500
MTTR real	331	340	342	341	339
MTTR limite (min)	700	700	700	700	700
comprobación	2400	4800	7200	9600	12000
resultado	v	v	v	v	v
disponibilidad real	86%	86%	86%	86%	86%

Nota: Autores (2024).

Figura 13
Gráfico de MTTR

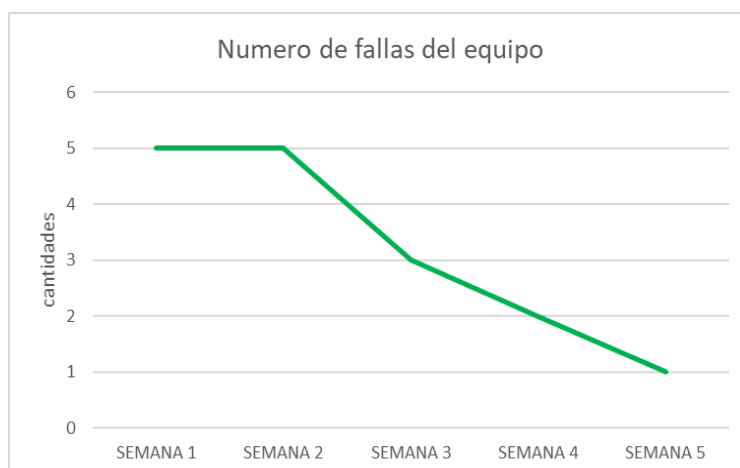


Nota: Autores (2024).

En la graficase muestra el número de fallas o averías que se presentaron durante la operación del equipo. Como se observa las cantidades de fallas se han reducido por la aplicación de los formatos y el control que se ejecuta a diario por el personal, claro tomando en cuenta que se les brinda capacitaciones.

Figura 14

Numero de fallas del equipo



Nota: Autores (2024).

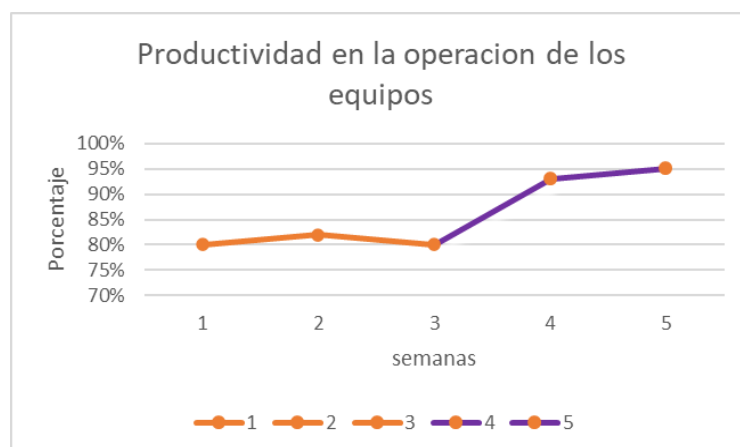
3.7.3. Datos de productividad después de la implementación

De acuerdo con la tabla previa, la gráfica de línea siguiente muestra variaciones en la productividad a lo largo de 5 semanas, cada resultado influenciado por las paradas y el tiempo de operación. Se observa una mejora desde la semana inicial.

En la figura, se presenta una gráfica de línea que muestra la productividad durante las 5 semanas posteriores a la implementación. Se destaca una mejora notable en las semanas 4 y 5, indicando un progreso en el desempeño del equipo.

Figura 13

Productividad en la operación de los equipos



Nota: Autores (2024).

Tabla 12*Porcentaje de Indicadores del OEE*

Semana	Paradas productivas	Paradas proyectadas	Eficiencia	Tiempo estándar	Tiempo de producción real	Eficiencia	Promedio	Productividad
1	18	24	80%	25,72	26,8	96%	88	83%
2	19	24	82%	25,72	27,2	95%	88,5	86%
3	18	24	80%	25,72	27,4	94%	87	87%
4	23	24	93%	25,72	27	95%	94	93%
5	24	24,5	95%	25,72	27	95%	95	95%

Nota: Autores (2024).

Comparativo de resultados OEE antes y después de su implementación

Tabla 13*Efectividad global de los equipos después de la propuesta de implementación del TPM*

Promedio de eficiencia en el equipo antes de su implementación			
cálculo de la efectividad global de los equipos			
Detalle La extrusora STAREX 1600			
Semana	Resultado antes de la implementación TPM	Resultado después de la propuesta implementación TPM	Promedio
1	68%	86%	77%
2	69%	86%	78%
3	69%	86%	78%
4	69%	86%	78%
5	69%	86%	78%

Nota: Autores (2024).

Retorno de la inversión

$$ROI = [(\text{ingresos} - \text{inversión}) / \text{inversión}] \times 100$$

$$ROI = [(\text{ingresos promedio} - \text{inversión del mantenimiento}) / \text{inversión del mantenimiento}] \times 100$$

Para nuestro cálculo del retorno de la inversión tomaremos como referencia el mes de mayo en donde calculamos los ingresos mensuales con respecto a el costo de mantenimiento, de esta manera podremos apreciar la rentabilidad de la implementación del TPM.

Datos

Mes = Mayo

Días = 31

Turnos = 2

Turno / Hora = 1 turno de 12 horas

Realizamos el análisis con respecto a la orden de compra de la industria azucarera en donde solicita 72.619 sacos de 60x90 cm recordemos que en cada rollo sale un aproximado de 4.895 unidades, en donde se requería de la producción de cinta para 15 rollos que se cumple por medio de 19 paradas durante 12 horas, con la implementación del TPM obtendremos mayor rendimiento del equipo lo cual permite trabajar a mayor velocidad sin afectar la calidad de la cinta, incrementado el número de producción.

Calculamos cuantas paradas debe realizar la extrusora para urdimbre:

$$\text{Metraje de una parada} = 202 \text{ unidad} \times 28.000 \text{ metros} = 5.656.000 \text{ metros}$$

$$\begin{aligned} \text{Números de paradas} &= 202 \text{ unidad} \times 5 \text{ paradas} \times 28.000 \text{ metros} = \\ &28.280,000 \text{ metros} \end{aligned}$$

$$\text{Números de bobinas} = 202 \text{ unidad} \times 5 \text{ paradas} = 1.010 \text{ bobinas}$$

Calculamos cuantas paradas deber realizar la extrusora para trama:

$$\text{Metraje de una parada} = 202 \text{ unidades} \times 16.500 \text{ metros} = 3.333.000 \text{ metros}$$

$$\begin{aligned} \text{Números de paradas} &= 202 \text{ unidades} \times 17 \text{ paradas de } 16.500 \text{ metros} \\ &= 56.661,000 \text{ metros} \end{aligned}$$

$$\text{Números de bobinas} = 202 \times 17 \text{ paradas} = 3.434 \text{ bobinas}$$

$$\text{Total, de metraje} = 84.941.000 \text{ metros}$$

Por tanto, ya no obtenemos solo 15 rollos sino 17 cada rollo con 4.895 unidades es decir se produce un total de 83.215 sacos a 0.30 ctvs. que representan un ingreso de \$24.964

Relación Costo-Beneficio

$$B/C = VAI/VAC$$

$$B/C = 193\,471/23\,100 \quad B/C = \$8.37$$

Con los cálculos de Relación Costo-Beneficio tenemos que, por cada dólar invertido, se obtienen \$8.37 de beneficio por lo tanto la propuesta de implementación de mantenimiento productivo total en la maquina extrusora STAREX 1600 es altamente rentable por lo tanto la empresa obtiene ingresos significativos en relación con los costos asumidos, especialmente en el área de extrusión.

4. Discusión

La implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la extrusora STAREX 1600 ha proporcionado mejoras significativas en la eficiencia operativa y la reducción de fallas, con un aumento en la disponibilidad del equipo del 69% al 86%. Este incremento destaca la eficacia de la metodología TPM para optimizar el funcionamiento de equipos industriales, coincidiendo con lo reportado por Varela Pérez, López Ortega y Romero García (2023), quienes resaltaron la importancia de aplicar sistemas de mantenimiento estructurados para incrementar la productividad.

Un aspecto clave en esta mejora ha sido la implementación de los ocho pilares del TPM y la metodología 5S, que optimizó el mantenimiento preventivo y permitió identificar y corregir los principales puntos débiles de la extrusora. Estudios como los de Herrera-Sánchez et al. (2023) también han confirmado que el uso de estos pilares ayuda a mejorar la organización del área de trabajo, lo que resulta en una mayor eficiencia y menores tiempos de inactividad.

La reducción del MTTR (tiempo medio de reparación) fue otro de los logros importantes de este estudio, disminuyendo de 4.15 horas a 2.5 horas en promedio. Esta reducción refleja una mejor planificación y ejecución del mantenimiento preventivo, lo que reduce la cantidad de paradas no programadas. Como señalan Choez-Calderón y Montero de la Cueva (2022), el éxito en la reducción del MTTR depende en gran medida de una correcta capacitación del personal y de un seguimiento continuo de las condiciones operativas de los equipos.

El análisis del OEE (eficacia general del equipo) mostró un aumento del 69% al 86%, lo que sugiere una mejora en la calidad del producto y una reducción en las pérdidas por defectos y tiempos muertos. Este resultado es consistente con lo observado por Varela Pérez et al. (2023), quienes subrayan la relación directa entre el incremento del OEE y la implementación exitosa del TPM en industrias manufactureras.

El estudio destaca la rentabilidad de la implementación del TPM, con un retorno de la inversión (ROI) de \$8.37 por cada dólar invertido. Este valor subraya la viabilidad económica del TPM, particularmente en empresas que operan en sectores de alta demanda productiva. Choez-Calderón y Montero de la Cueva (2022) también respaldan la idea de que el TPM es una estrategia rentable para optimizar recursos y reducir costos operativos.

En síntesis, la implementación del TPM en la extrusora STAREX 1600 ha logrado no solo aumentar la eficiencia operativa, sino también mejorar los indicadores financieros de la empresa. La reducción del MTTR, el incremento del OEE y el ROI positivo confirman la efectividad del TPM como una herramienta estratégica para la competitividad en la industria manufacturera.

5. Conclusiones

El plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) propuesto para la máquina extrusora STAREX 1600 se revela como una solución altamente rentable, con una Relación Costo- Beneficio que muestra un retorno de \$8.37 por cada dólar invertido. Este resultado confirma que el Mantenimiento productivo total no solo optimiza los recursos y mejora la eficiencia operativa, sino que también genera beneficios económicos significativos para la empresa.

En síntesis, con la propuesta de implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la máquina extrusora Starex 1600 se desarrolló un cronograma semanal que contiene procedimientos de mantenimiento preventivos y formatos de control para el área de extrusión asegurando que todas las actividades de mantenimiento se realicen de manera oportuna y efectiva, minimizando el tiempo de inactividad y prolongando la vida útil del equipo. Como resultado, la eficiencia operativa de la extrusora aumentó del 69% al 86% tras la implementación del TPM. Este incremento se debe a una producción continua lo que ha permitido obtener productos de alta calidad.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Referencias Bibliográficas

- Carrillo Landazábal, M. S., Alvis Ruiz, C. G., Mendoza Álvarez, Y. Y., & Cohen Padilla, H. E. (2019). Lean manufacturing: 5 s y TPM, herramientas de mejora de la calidad. Caso empresa metalmecánica en Cartagena, Colombia. *SIGNOS-Investigación en Sistemas de Gestión*, 11(1), 71–86. <https://doi.org/10.15332/s2145-1389.2019.0001.04>
- Choez-Calderón, C. J., & Montero de la Cueva, J. V. (2022). Gestión tecnológica y mejora de la productividad en la hacienda La Perla. *Journal of Economic and Social Science Research*, 2(2), 29–40. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v2/n2/50>
- Cornejo Mora, C. B. (2021). Modelo de confiabilidad humana para mejorar la calidad del mantenimiento minero utilizando BN-Slim (Bayesian Network-Success Likelihood Index Method). <https://doi.org/10.7764/tesisUC/ING/60456>
- Corral Ramírez, G., Muñoz López, L., Flores Barragán, J., & Meráz Méndez, M. (2019). Implementación del mantenimiento autónomo. *Proceedings-cECORFAN*. <https://doi.org/10.35429/P.2019.1.47.68>
- Fábregas Villegas, J., Díaz Díaz, L., Medina Mosquera, C., & Buelvas Castro, E. (2023). Gestión de mantenimiento enfocada a la industria de compresión de

- gas natural. *Revista Venezolana de Gerencia*, 28(10), 1503–1517. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.28.e10.38>
- Fornés Rivera, R. D., Conant, M., Carrasco, A., & Gutiérrez Beltrán, R. C. (2020). Sistema de gestión en mantenimiento: propuesta de un TPM en una empresa productora de marcos y molduras de la región. *Tecnologías en Procesos Industriales*, 4(10), 10–17. <https://doi.org/10.35429/JTIP.2020.10.4.11.17>
- Gálvez More, G. D., Hernández Ortiz, N. M., & Alcalá Adrianzén, M. E. (2023). Propuesta de mejora basada en herramientas Lean Manufacturing para reducir sobrecostos en las áreas de producción y mantenimiento de Molinera de cereales, Trujillo 2021. *Actas de la Multiconferencia Internacional de Ingeniería, Educación y Tecnología para LACCEI*, 17–21. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2023.1.1.881>
- García Alcaraz, J. L. (2011). Factores relacionados con el éxito del mantenimiento productivo total. *Revista Facultad de Ingeniería*, 129–140.
- Gasca, M., Camargo, L., & Medina, B. (2017). Sistema para evaluar la confiabilidad de equipos críticos en el sector industrial. *Información Tecnológica*, 28(4), 111–124. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000400014>
- Gonzales Serrudo, J., Rosales Borbor, E., Soriano Velasco, J., Peralta Castro, E., & Suyo Cruz, G. (2018). Implementación del mantenimiento autónomo. *Revista de Ingeniería Industrial ECORFAN*, 2(3).
- Guillén Sánchez, J., & Depaz Paucar, Á. (2023). Mantenimiento productivo total en la eficiencia productiva de las empresas industriales: una breve revisión de literatura. *Signos Investigación en Sistemas de Gestión*, 16(1). <https://doi.org/10.15332/24631140>
- Herrera-Sánchez, M. J., Navarrete-Zambrano, C. M., Núñez-Liberio, R. V., & López-Pérez, P. J. (2023). Elementos de un sistema de costeo para la producción de Sacha Inchi. *Journal of Economic and Social Science Research*, 3(1), 1–16. <https://doi.org/10.55813/gaeal/jessr/v3/n1/58>
- Solís Meza, M., & Torres Rodríguez, R. (2021). Contribuciones del TPM en la mejora de la gestión del mantenimiento. *Ingeniar: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 4(8). <https://doi.org/10.46296/ig.v4i8edespdic.0051>
- Torres Rodríguez, R., Pérez Guerrero, J., & González López, N. (2024). El mantenimiento productivo total como estrategia en la gestión del mantenimiento industrial. *Journal Scientific*, 8(1). <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.1.2024.1229-1240>