EVALUACIÓN DE VIABILIDAD DE CAMBIO DEL SISTEMA CAMBIA MALLAS DE LA MÁQUINA BATTENFELD GLOUCESTER 04

PABLO MAURICIO BORJA PRECIADO

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO DE GRADO

TUNJA-BOYACÁ

2024

EVALUACION DE VIABILIDAD DE CAMBIO DEL SISTEMA CAMBIA MALLAS DE LA MÁQUINA BATTENFELD GLOUCESTER 4

PABLO MAURICIO BORJA PRECIADO

Proyecto para optar por el título de INGENIERO MECÁNICO

DIRECTOR

CARLOS ANDRES AGUIRRE RODRIGUEZ

INGENIERO MECÁNICO

DIRECTOR

ALONSO HERNANDEZ MOLANO

INGENIERO MECÁNICO

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO DE GRADO

TUNJA-BOYACÁ

2024

NOTA DE ACEPTACIÓN:

_____

_____

_____

_____

_____
FIRMA DEL PRESIDENTE DEL JURADO

_____
FIRMA DEL JURADO

_____
FIRMA DEL JURADO

CONTENIDO

RESUMEN 7
ABSTRACT 8
INTRODUCCIÓN 9
1. JUSTIFICACIÓN 10
2. ANTECEDENTES 11
3. OBJETIVOS 14
3.1 OBJETIVO GENERAL 14
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 14
4. ALCANCE 15
5. MARCO TEORICO 16
5.1 MARCO REFERENCIAL 16
5.2 MARCO CONCEPTUAL 17
5.3 MARCO LEGAL 19
6. METODOLOGÍA 21
7. RESULTADOS Y ANALISIS 22
8. CONCLUSIONES 36
REFERENCIAS 37

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de decisiones 27
Tabla 2.Diferencia de producto terminado y scrap de la EE04 con EE01, EE02, EE03 y EE06 28
Tabla 3. Promedio de rendimiento en el periodo de noviembre y diciembre 2023 y enero y febrero 2024 29
Tabla 4.Promedio de costos semanales de parada en el periodo de noviembre a febrero 2024 34
Tabla 5.Promedio con los costos en diferentes periodos de tiempo 35
Tabla 6.Presupuesto de cambio de sistema cambia mallas 36

ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Extrusora Battenfeld Gloucester 04 22
Ilustración 2. Carro porta mandriles 23
Ilustración 3. Mandriles 24
Ilustración 4. Rodillos haladores 24
Ilustración 5. Sistema cambia mallas con fugas material fundido vs sistemas cambia mallas sin fugas 25
Ilustración 6. Holgura en el orificio del alojamiento de la resistencia 26
Ilustración 7. Reparaciones e intervenciones correctivas al bloque y labio 26
Ilustración 8. Scrap 27
Ilustración 9. Promedio de disponibilidad de las extrusoras de noviembre a febrero 2024 .29
Ilustración 10. Tasa de fallas de las extrusoras noviembre a febrero 2024 30
Ilustración 11. Tiempo medio de reparación de las extrusoras noviembre a febrero 2024 ... 30
Ilustración 12. Paser de la EE04 del mes de diciembre 2023 31
Ilustración 13. Paser de la EE04 del mes de enero 32
Ilustración 14. Paser de la EE04 del mes de febrero 32

RESUMEN

AJOVER-DARNEL S.A.S es un grupo de empresas líderes en la fabricación de productos petroquímicos, de construcción, decoración y empaque, con una red global de plantas de producción y centros de distribución. Este proyecto se enfoca en la planta de Madrid – Colombia, específicamente en la sección de extrusión, donde se produce láminas de poliestireno de baja densidad, clave en la industria del empaque. Sin embargo, la máquina extrusora Battenfeld Gloucester 04 ha experimentado frecuentes paradas desde el 20 octubre 2023, causando pérdidas significativas de producción debido al sistema de cambia mallas, que filtra impurezas. Se propone evaluar la viabilidad de actualizar este sistema para reducir las paradas, aumentar la disponibilidad de la máquina y mejorar la calidad del producto final, buscando reducir el desperdicio y mantener la competitividad en el mercado

Palabras claves: extrusión, extrusora, disponibilidad, cambia mallas

ABSTRACT

AJOVER-DARNEL S.A.S is a group of leading companies in the manufacturing of petrochemical, construction, decoration and packaging products, with a global network of production plants and distribution centers. This project focuses its Madrid – Colombia plant, specifically in the extrusion section, where low-density polystyrene sheets are produced, key in the packaging industry. However, the Battenfeld Gloucester 04 extruder machine has experienced frequent shutdowns since 20 October 2023, causing significant production losses due to the mesh changing system, which filters out impurities. It is proposed to evaluate the feasibility of updating this system to reduce stops, increase machine availability and improve the quality of the final product, seeking to reduce waste and maintain competitiveness in the market.

Keywords: extrusion, extruder, availability, mesh changer

INTRODUCCIÓN

AJOVER-DARNEL S.A.S es un grupo de compañías manufactureras líderes en productos petroquímicos, productos para el sector de la construcción, la decoración y productos para empaque, estratégicamente ubicadas, para distribuir sus productos de alta calidad a nivel mundial. A través de su red de plantas de producción localizadas en Estados Unidos, Colombia, Brasil, Uruguay, España, Turquía e Israel y sus centros de distribución ubicados en cuatro continentes, Ajover-Darnel S.A.S está en capacidad de distribuir sus productos a cualquier lugar del mundo.

Este proyecto se realiza en la planta de Madrid – Colombia encargada de la producción de productos de empaque, exactamente en la sección de extrusión, el cual es un proceso fundamental en la fabricación de láminas de poliestireno de baja densidad, un material clave en la industria del empaque. En esta sección, se utilizan máquinas extrusoras de la marca Battenfeld Gloucester de la línea tándem o EE0 para producir láminas de alta calidad.

Sin embargo, desde el día 20 octubre 2023, la extrusora EE04 ha experimentado paradas, lo cual ha resultado en una pérdida considerable de producción. Este problema afecta directamente la disponibilidad y la rentabilidad de la planta por tal motivo se determinarán los costos que representen dichas paradas. Se presume que las paradas son ocasionadas por el es el sistema de cambia mallas, el cual se encarga de filtrar impurezas en el material durante el proceso de extrusión

Por lo tanto, se plantea la necesidad de evaluar la viabilidad de cambiar este sistema por uno más actualizado, además, se buscará estimar el retorno de la inversión, reducir el tiempo de paradas no programadas y aumentar la disponibilidad de la máquina. Se busca garantizar la calidad del producto final, reducir los kilos producidos de scrap (material reprocesable) generado en la planta de extrusión, lo cual es crucial para mantener la competitividad en el mercado.

1. JUSTIFICACIÓN

La empresa AJOVER-DARNEL S.A.S está enfocada en la mejora continua y busca constantemente incrementar la eficiencia de producción y así la viabilidad económica de la compañía, manteniendo sus máquinas en funcionamiento en óptimas condiciones las 24 horas del día.

Las constantes paradas por fallas del cambia mallas, han generado pérdidas considerables de producción; por lo tanto, es necesario realizar el análisis de pérdidas de este sistema, este proceso de extrusión es fundamental en la cadena de producción de productos para empaque.

El sistema cambia malla presenta interrupciones constantes en su funcionamiento, A continuación, se enumeran las condiciones más generales:

- Alojamiento en las resistencias
- Bloque con soldadura
- Molde con fugas de material
- Fisuras en bloque

2. ANTECEDENTES.

Se presentan los siguientes antecedentes buscando proporcionar un contexto histórico, teórico o empírico que fundamente el tema de estudio. En el caso presente, es esencial comprender el panorama previo relacionado con la extrusión para identificar las áreas de interés que motivan la presente investigación.

En Plastisec S.A, como lo nombra Solano[1], se detectó un aumento del 3,13% en el scrap, lo que impulsó a la empresa a tomar medidas. Optaron por implementar DMAIC, una herramienta que les ayudó a identificar las variaciones en el proceso y a introducir mejoras significativas en su operación. En el proceso de eliminación de imperfecciones en el producto final, se observó que se estaba descartando producto en buen estado y que los cambios frecuentes de material estaban resultando en pérdidas de material virgen. En respuesta, el departamento de producción implementó medidas correctivas. Introdujeron una matriz de áreas tratadas y crearon códigos de producto para permitir al planificador organizar los trabajos según su complejidad, reduciendo así las variaciones en los cambios de tarea. Estas acciones resultaron en un ahorro de $7,288.92 USD en julio del 2019.

En el trabajo desarrollado por Peña[2], describe la necesidad de la empresa GERT S.A. de aumentar la producción de su materia prima, pellets de plástico reciclado, para satisfacer la demanda del mercado y mejorar su tasa de producción. Esto requiere poner en funcionamiento una extrusora de plástico actualmente inoperativa en sus instalaciones, ya que sus partes se utilizaron como repuestos para otras máquinas. El objetivo del proyecto es presentar un diseño alternativo para la extrusora, actualizando sus sistemas para mejorar su eficiencia.

---

[1] *SOLANO COLLAGUAZO, Erik Saul. PROPUESTA DE MEJORA CONTINUA PARA REDUCIR EL NIVEL DE SCRAP EN LA ELABORACIÓN DE ROLLOS EN UNA INDUSTRIA DE MANUFACTURA DE EMPAQUES FLEXIBLES. Guayaquil: 2022. 52pg*

[2] *GIRALDO SALDARRIAGA, Andrés Felipe & PARDO PEÑA, Luis Carlos Mauricio, DISEÑO DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE PLÁSTICO, Cali: 2019. 133p.*

Otro antecedente relacionado es el de Cuesta y De Los Ángeles[3],:donde La finalidad de esta tesis fue diseñar e implementar una extrusora, que les permitiera trabajar y desarrollar actividades con materiales termoplásticos reciclados y nuevos compuestos termoplásticos conductivos para que pudieran fabricar filamentos para impresoras 3D comerciales. Ellos presentan el desarrollo de una extrusora de husillo único que suministraba una temperatura de extrusión de hasta 300.00 °C definida por el usuario, abordaba un diseño mecánico, electrónico, y de un controlador proporcional-integral (PI) para el sistema de control de temperatura.

El trabajo de grado realizado Lozano[4], en la empresa VULCANO tuvo como objetivo diseñar un programa de mantenimiento preventivo basándose en la recopilación de documentos físicos con los que contaba la empresa y encuestas a los operarios de los diferentes turnos que le permitieran determinar la frecuencia de los fallos, intervalos de mantenimiento y costo de las actividades de mantenimiento, además de desarrollar una herramienta informática para la empresa que permita registrar las actividades realizadas.

A continuación se detalla un proyecto realizado por Álvarez y Rambay[5], dirigido a mejorar el sistema de mantenimiento de una máquina extrusora en Trilex SA, ubicada en Guayaquil. El enfoque lo basan en las herramientas del Mantenimiento Productivo Total (TPM) para reducir las fallas y optimizar los procesos. Se llevaron a cabo mediciones en los equipos para identificar fallos, se recopilaron datos de la empresa y se realizaron diversas actividades como la elaboración de fichas técnicas, inventarios de equipos, recomendaciones de seguridad, entrevistas para recopilar información y la implementación de 5'S. El objetivo principal que ellos plantearon fue reducir las fallas y optimizar la operación a través de la identificación precisa de problemas, la programación de

[3] *CORZO CUESTA, María de los Ángeles. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA PARA INVESTIGACIÓN EN LABORATORIO. Ciudad de México: 2020. 83p*

[4] *LOZANO MÉNDEZ, Juan Andrés & ORELLANA PESANTEZ, Paul Andrés. DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ELECTRÓNICO MECÁNICO EN LAS MÁQUINAS EXTRUSORA E INYECTORA PARA LA EMPRESA VULCANO PLÁSTICO. Cuenca-Ecuador, 2021, 132p*

[5] *ÁLVAREZ SEVILLANO. Johnny Renato & RAMBAY QUIMIS. Dayana Cristina. ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PREVENTIVO UTILIZANDO HERRAMIENTAS DEL SISTEMA TPM EN UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DE PLÁSTICOS. Guayaquil-Ecuador, 2023. 89p.*

mantenimientos preventivos específicos y la medición continua del estado de los equipos para garantizar su disponibilidad, confiabilidad y rendimiento óptimo

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la viabilidad de cambio del sistema cambia mallas de la Battenfeld Gloucester 04 o EE04

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el funcionamiento de la máquina Battenfeld Gloucester 04 o EE04 que opera en la planta de extrusión
- Recopilar información de los softwares con los que se monitorea la máquina extrusora Battenfeld Gloucester 04 o EE04
- Analizar la información recaudada e identificar el problema de la máquina y plantear las posibles soluciones.
- Determinar los costos directos que representan las fallas de la Battenfeld Gloucester o EE04

4. ALCANCE

El alcance de este trabajo de grado se centra en evaluar la viabilidad del cambio del sistema cambia mallas de la máquina de Battenfeld Gloucester 04 o EE04 ubicada en la planta de extrusión de la empresa AJOVER-DARNEL S.A, donde se analizará y se determinará los costos directos que representen perdidas económicas directas. Este alcance integral aborda los diversos aspectos relacionados con la optimización de los procesos de extrusión, la reducción de costos directos.

5. MARCO TEORICO

En el siglo XVIII, como lo muestra Joseph Bramah[6] de Inglaterra se creó la primera extrusora conocida como una máquina manual de pistón que fabricaba tuberías sin costuras o intersecciones. Este avance fue de gran importancia en la historia de la fabricación, ya que se tuvo la posibilidad de producir elementos clave para la infraestructura y la industria. Inicialmente, las extrusoras solo tenían capacidad para producir tuberías de plomo y algunos productos alimenticios, limitando su aplicación a industrias específicas

Sin embargo, a medida que avanzaba el siglo XIX, surgieron nuevas utilidades para las extrusoras. En 1845, R. Brooman patentó un diseño que fabricaba alambre adhesivo mediante una extrusora, lo que amplió los horizontes a nuevas tecnologías para aplicar a la industria. Posteriormente, GH Bewlgy utilizó una versión mejorada de la extrusora en 1851 para recubrir el cable de cobre del primer cable submarino, demostrando así su utilidad en la industria de las telecomunicaciones y la conectividad global

El siguiente gran avance en el desarrollo de la extrusión llegó en 1879, cuando M. Gray patentó la primera extrusora de tornillo en espiral, basada en los principios del famoso matemático Arquímedes. Este diseño permitió una mayor eficiencia en la producción y marcó el comienzo de una nueva era para la extrusión

5.1 MARCO REFERENCIAL

Se identifica un problema específico en la empresa Plastisec S.A., relacionado con un incremento en el porcentaje de scrap. Este hallazgo establece un punto de partida claro para el proyecto de mejora. Así mismo que el problema central en el proyecto de Solano es la generación de desechos, un desafío que también enfrenta este proyecto en desarrollo. El aumento del 3.13% en el porcentaje de desechos ha causado pérdidas económicas en la producción, lo que ofrece un punto de partida claro para establecer objetivos y ejecutar

[6] *HISTORIA DE DESARROLLO DE LA EXTRUSORA DE PLÁSTICO - Conocimiento de la industria - Shenzhen Superb Heater Technology Co., Ltd [Anónimo]. [página web]. [Consultado el 23, abril, 2024]. Disponible en Internet: < https://www.superb-heater.com/info/plastic-extruder-development-history-31608845.html >.*

mejoras destinadas a reducir este problema. Además, la información proporcionada sobre el uso de la metodología DMAIC para identificar la variabilidad del proceso y aplicar mejoras sugiere posibles soluciones que podrían adaptarse al proyecto actual.

El autor del proyecto anterior logró resultados concretos, como un ahorro de $7,288.92 USD en julio. Esto indica que las estrategias empleadas tienen el potencial de generar resultados positivos similares al contexto del presente proyecto. Además, se describen las soluciones implementadas, como la creación de una matriz de áreas tratadas y la introducción de códigos de producto para ordenar los trabajos por dificultad. Estos ejemplos muestran cómo se enfrentaron los problemas identificados y las medidas tomadas para mejorar el proceso.

5.2 MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se encuentra conceptos básicos indicativos de calidad utilizados en la industria para identificar si la rentabilidad de una máquina es aceptable, también se encuentra información sobre procesos, materiales y repuestos que utilizan la extrusión

- Confiabilidad: “La confiabilidad de un equipo se mide por la frecuencia de sus fallas a lo largo del tiempo. Cuando un equipo no presenta fallas, se considera altamente confiable. Si la frecuencia de fallas es baja, la confiabilidad aún es aceptable. Sin embargo, si la frecuencia de fallas es alta, la confiabilidad del equipo se ve comprometida, lo que indica una baja capacidad para mantenerse operando sin interrupciones.”[7]
- Cambia malla: “El cambia malla de filtración, se refiere a un componente específico utilizado en el proceso de extrusión, las mallas son elementos que se colocan en la cabeza de la extrusora. Estas mallas tienen la función de filtrar y

[7] *RENTABILIZA TU planta con mayor disponibilidad de máquinas. [página web]. [Consultado el 23, abril, 2024]. Disponible en Internet: <https://aintas.com/rentabiliza-aumento-de-la-disponibilidad-maquinas/#:~:text=La%20disponibilidad%20se%20refiere%20al,tiempo%20total%20de%20producción%20estimado.>.*

mantener la calidad del producto extruido, eliminando impurezas y partículas no deseadas."[8]

- Disponibilidad: **"**Es la probabilidad de que un elemento esté en un estado operativo y listo para su uso al inicio de una misión cuando esta se solicite en un momento aleatorio se calcula mediante la fórmula D = Tiempo de ejecución / Tiempo programado de producción."[9]
- Extrusión: "Es un proceso que implica la aplicación de calor y presión a un material plástico en este caso polietileno de baja densidad en estado sólido. Durante este proceso, el material plástico se alimenta en un extremo de la extrusora, donde se calienta a altas temperaturas y se somete a presión. Esto provoca que el material se funda y fluya a través de la máquina, saliendo por el otro extremo con la forma deseada"[10]
- Overall Equipment Effectiveness: (OEE) "es un indicador clave para medir el nivel de eficiencia de los equipos industriales, Se calcula multiplicando la disponibilidad, calidad y rendimiento. El OEE compara la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida, es decir, es un indicador utilizado para traducir la eficiencia de las máquinas de una fábrica y para medir la capacidad de fabricación de nuevos productos." [11]
- Poliestireno de baja densidad: "Es un tipo de plástico que puede ser transparente o translucido. Se caracteriza por su flexibilidad, su capacidad para resistir sustancias químicas y su habilidad para impermeabilizar."[12]

---

[8] CAMBIA MALLA Maag Modelo FSC - Plastec USA. Plastec USA [página web]. [Consultado el 23, abril, 2024]. Disponible en Internet: <https://plastecusa.com/products/cambia-malla-maag-modelo-fsc/>.

[9] DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD EN EL MANTENIMIENTO. Obtén el control absoluto de tu gestión del mantenimiento [página web]. [Consultado el 21, mayo, 2024]. Disponible en Internet: <https://www.fracttal.com/es/mantenipedia/que-es-la-confiabilidad-en-el-mantenimiento-y-como-calcularla#:~:text=periodo%20de%20tiempo.-, ¿Qué%20es%20la%20disponibilidad%20en%20mantenimiento? como%20la%20mantenibilidad%20del%20sistema.>.

[10] EXTRUSIÓN. Dassault Systèmes [página web]. [Consultado el 23, abril, 2024]. Disponible en Internet: <https://www.3ds.com/es/make/guide/process/extrusion>.

[11] OEE. What Is OEE (Overall Equipment Effectiveness)? | OEE [página web]. [Consultado el 23, abril, 2024]. Disponible en Internet: <https://www.oee.com/>.

[12] QUÉ ES el polietileno de baja densidad LDPE ó PEBD. Empresa de Envases - Envaselia [página web]. [Consultado el 23, abril, 2024]. Disponible en Internet: <https://www.envaselia.com/blog/que-es-el-polietileno-de-baja-densidad-ldpe-o-pebd-id19.htm>.

5.3 MARCO LEGAL

A continuación, se presenta las principales normas por las cuales se rige la empresa AJOVER-DARNEL S.A.S y se encuentra certificada por las mismas, esto contribuye a mejorar su funcionamiento

- Norma ISO 140001: "La certificación ISO 14001 Sistema de Gestión Ambiental (SGA): en cualquier organización del sector público o privado esta norma aplica para este proyecto ya que se están generando residuos que no se pueden incorporar al proceso directamente, esto genera un detrimento en el costo del material y se tiene que buscar un cliente externo para venta de dichos residuos a terceros." [13]
- Norma ISO 9001:2015 Norma de Sistema de Gestión de la Calidad (SGC): "si el cambia mallas no opera al 100 % hay una retención de material y el peso de la lámina baja lo que ocasiona que la lámina que produzca se tenga que reutilizar variando su calidad"[14]
- Norma UNE-EN ISO 22000: 2018: "especifica los requisitos que debe cumplir un sistema de gestión para asegurar la inocuidad desde el punto de inicio de producción hasta el proceso de consumo final, lo cual aplica al instante de la instalación del cambia mallas el personal externo que se contrate debe cumplir con todos los parámetros de bioseguridad que son tapabocas, cofia, casco, botas, gafas y guantes entre otras prohibiciones de ingresos para evitar la contaminación del sistema cambia mallas como también la producción de la maquinas cercanas"[15]
- Certificación del Sistema de gestión basura cero (CSBC): "es una iniciativa mundial que surge a partir de la problemática ambiental, generada por el aumento descontrolado de residuos que se depositan diariamente en los rellenos sanitarios del mundo; en este contexto ICONTEC y basura cero Colombia se unen para trabajar conjuntamente en estándares de gestión integral de residuos en América Latina a través de la CSBC, esta certificación aplica a este proyecto, **c**uando el material está

[13] *PORTAFOLIO CERTIFICACIÓN sistema ICONTEC | ICONTEC. Icontec [página web]. [Consultado el 21, mayo, 2024]. Disponible en Internet: <https://www.icontec.org/portafolio-certificacion-sistema/>.*
[14] *PORTAFOLIO CERTIFICACIÓN sistema ICONTEC | ICONTEC. Icontec [página web]. [Consultado el 21, mayo, 2024]. Disponible en Internet: <https://www.icontec.org/portafolio-certificacion-sistema/>.*
[15] *PORTAFOLIO CERTIFICACIÓN sistema ICONTEC | ICONTEC. Icontec [página web]. [Consultado el 21, mayo, 2024]. Disponible en Internet: <https://www.icontec.org/portafolio-certificacion-sistema/>.*

contaminado con malla metálica y no es apto para el proceso de reciclaje que tiene la empresa, se debe desechar en el relleno sanitario Mondoñedo. Esto resulta en la pérdida de materia prima virgen y aumenta los costos directos."[16]

[16] *PORTAFOLIO CERTIFICACIÓN sistema ICONTEC | ICONTEC. Icontec [página web]. [Consultado el 21, mayo, 2024]. Disponible en Internet: <https://www.icontec.org/portafolio-certificacion-sistema/>.*

6. METODOLOGÍA

Esta metodología se ha diseñado para asegurar el análisis de cambio del sistema cambia mallas.

- Analizar el funcionamiento de la máquina Battenfeld Gloucester 04 o EE04 que opera en la planta de extrusión
- Recopilar y analizar información suministrada por los programas de la empresa para determinar los problemas que presenta la extrusora EE04, los cuales afectan los indicadores que representan la producción de la máquina en términos de cantidad de kilogramos de producto terminado (PT) y porcentaje de material reprocesable (scrap).
- Determinar los costos directos asociados a las pérdidas económicas de la EE04: se llevará a cabo un estudio para determinar los costos con el propósito de cuantificar las pérdidas económicas asociadas a las fallas de la extrusora EE04. Este análisis se proyecta en diversos períodos temporales, incluyendo análisis semanal, mensual y anual.

7. RESULTADOS Y ANALISIS

La ilustración 1 muestra la máquina extrusora Battenfeld Gloucester 04 o EE04, donde se inicia el proceso de creación de la lámina, la materia prima se ingresa en una tolva que se encuentra en la parte superior de la extrusora, a medida que pasa por los calentadores, el material se funde. Posteriormente, el material fundido atraviesa un sistema de mallas que filtra cualquier impureza. Finalmente, el material se expulsa a través del molde ubicado en el extremo opuesto. esta tiene unas dimensiones de 12 metros x 1.60 metros, teniendo en cuenta sus componentes toda la máquina tiene unas dimensiones de 17 metros x 2.0 metros, en total la planta cuenta con cinco extrusoras de la misma marca, cada una de las máquinas presentan diferentes fallas, pero este documento se enfoca en la extrusora 04

Ilustración 1. Extrusora Battenfeld Gloucester 04

Fuente. Elaboración propia

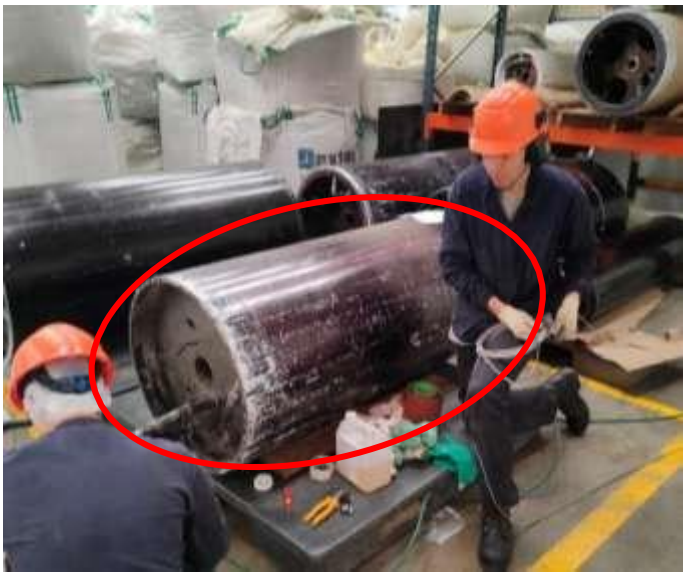
En la ilustración 2 se ve el carro porta mandriles que es el encargado de sostener y dar una ubicación precisa del mandril también En los extremos de la máquina se encuentran cuchillas muy afiladas que se utilizan para dividir la lámina en dos partes como se muestra en la ilustración

Ilustración 2. Carro porta mandriles

Fuente. Elaboración propia

La producción de láminas requiere el uso de extrusoras, junto con sus componentes clave, tal como se observa en las ilustraciones 3 Otro componente es el mandril, que se encarga de enfriar la lámina de manera eficiente. Este mandril está equipado con mangueras y canales internos por los que circula el líquido refrigerante, impulsado por una bomba reciprocante, enfriando el mandril desde el interior hacia el exterior y por medio de transferencias de temperatura enfría la lámina, en la siguiente ilustración 4 observamos los cuatro rodillos haladores encargados de enrollar la lámina hasta que el rollo tenga un peso de 500 kg y automáticamente los rodillos paren su rotación y manden una señal a la tolva para que se cierre y detenga el ingreso de materia prima para que posteriormente el operario retire el rollo y lo lleve a la bodega de maduración.

Ilustración 3. Mandriles



Fuente. Elaboración propia

Ilustración 4. Rodillos haladores

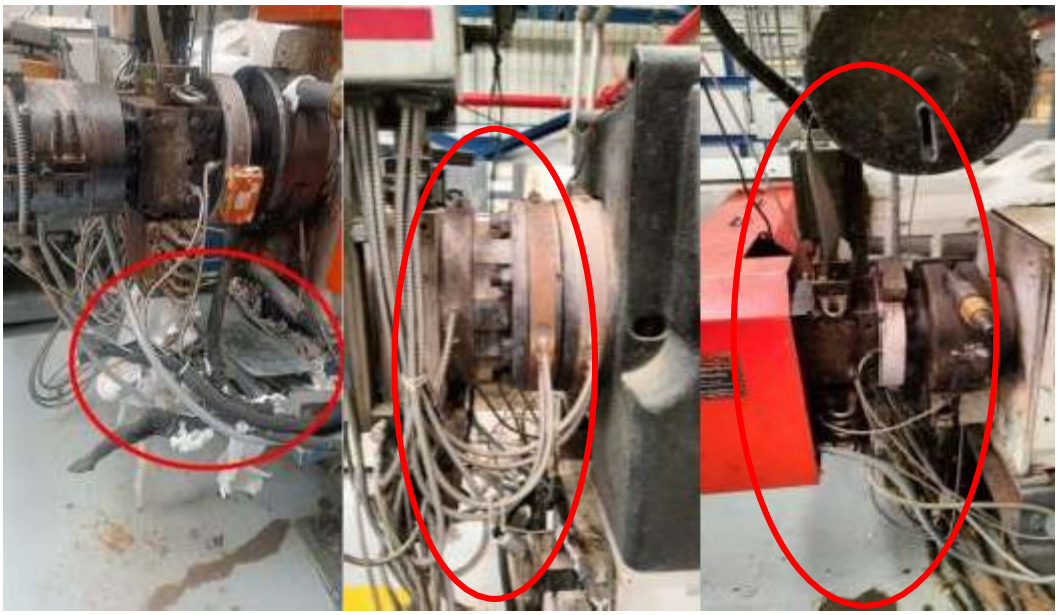
Fuente. Elaboración propia

En la ilustración 5(A), se observa el sistema cambia mallas de la EE04, donde se evidencia las fugas de material fundido cayendo sobre las mangueras de refrigeración y cableado

electrónico siendo propenso a ocasionar conato, en las siguientes ilustraciones 5(B) y (C) son del cambia mallas de la EE03 y EE06, haciendo una comparativa es notable que los sistemas de las otras extrusoras que no presentan fugas de material fundido dado que sus sistemas ya están actualizados y en buen estado.

En las ilustraciones 6 y 7 se evidencia los problemas más significativos de la EE04 presentando alojamientos de las resistencias con espacios fuera de las tolerancias dificultando la correcta transferencia de calor, bloque del cambia malla con fisuras que ya ha tenido arreglos con proveedores expertos en soldadura y fugas de material fundido.

Ilustración 5. Sistema cambia mallas con fugas material fundido vs sistemas cambia mallas sin fugas



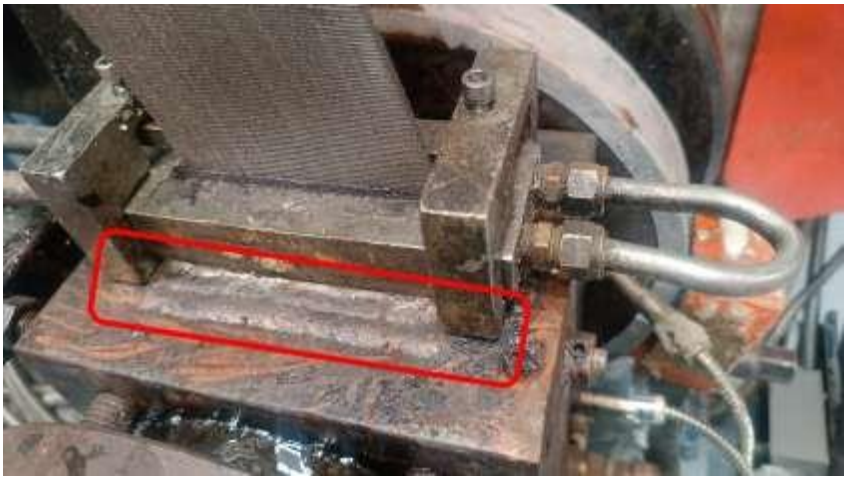
(A) (B) (C)

Fuente. Elaboración propia

Ilustración 6. Holgura en el orificio del alojamiento de la resistencia

Fuente. Elaboración propia

Ilustración 7. Reparaciones e intervenciones correctivas al bloque y labio



Fuente. Elaboración propia

Se observa en la ilustración 8 la producción de scrap generado por las cinco máquinas extrusoras entre los dos turnos con los que cuenta de la planta, el objetivo de planta es disminuir dicha producción de scrap y se puede reducir considerablemente solucionando la problemática que tiene el sistema cambia mallas de la máquina EE04

Ilustración 8. Scrap

Fuente. Elaboración propia

En la siguiente matriz de decisiones, se busca seleccionar la extrusora que requiere intervención con mayor urgencia, considerando su menor capacidad de producción. Para ello, se evaluarán criterios clave para la compañía, utilizando una escala de calificación del 0 al 5, donde 0 representa la calificación más baja y 5 la más alta. Al final, la extrusora con la puntuación total más baja será la que se intervenga.

Como resultado, se observa que la extrusora EE04 presenta la puntuación más baja. Al analizar los datos de los software IOT y Cubo durante un período de cuatro meses, se constata que su disponibilidad, OEE (eficiencia general del equipo) y tiempo de paradas en horas son los más bajos en comparación con las demás máquinas estos valores se determinaron tomando en cuenta las tablas 2 y 3. Esta situación resulta en un puntaje total inferior al de las otras extrusoras.

Tabla 1. Matriz de decisiones

CRITERIOS	Disponibilidad	OEE	Tiempo de paradas en horas	scrap	Kg de producto terminado	Perdidas económicas	SUMA
EE01	2	2	2	3	4	3	16
EE02	2	1	3	3	3	2	14
EE03	4	4	3	3	3	2	19
EE04	0	0	1	3	3	2	**9**
EE06	2	5	3	4	4	4	22

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 1 los kg de scrap generados y la cantidad de kg de Producto Terminado (PT) durante el periodo de noviembre de 2023 a febrero de 2024, al hacer una comparativa se observa que los kg de material re-procesarle (scrap) de la extrusora 04 son inferiores que la otras máquinas de extrusión pero al mismo tiempo se identifica que los kg de PT están muy por debajo de la producción estimada, con esto se afirma que la productividad de dicha máquina está en un porcentaje menor al proyectado por la empresa, bajando sus costos de producción, a continuación se muestra los valores exactos.

Tabla 2.Diferencia de producto terminado y scrap de la EE04 con EE01, EE02, EE03 y EE06

Extrusora N°	KG PT (Producto Terminado)	KG DE SCRAP	PERDIDAS ECONOMICAS	COSTO/ PRODUCCION	DIFERENCIA KG PT CON LA EE04	DIFERENCIA KG SCRAP CON LA EE04
EE01	465,123	5,002	$ 32,513,000	$ 3,023,299,500	82,067	**305**
EE02	377,677	6,760	$ 43,940,000	$ 2,454,900,500	5,379	1,453
EE03	335,014	5,531	$ 35,951,500	$ 2,177,591,000	48,042	224
EE04	383,056	5,307	$ 34,495,500	$ 2,489,864,000		
EE06	695,382	7,014	$ 45,591,000	$ 4,519,983,000	**312,326**	1,707

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 1 anterior, se observa una marcada disparidad en los kilogramos de PT, siendo especialmente notable en la EE06, donde la producción es más del doble, esta discrepancia se traduce en pérdidas significativas en términos de costos directos económicos.

Se afirma que la diferencia de kg de scrap no es un valor considerable y así mismo se observa que los kg de PT es muy inferior a las otras máquinas debido al tiempo que dura detenida, que suman un promedio de 10 horas por intervenciones mecánicas por la falla principal del sistema cambia mallas.

Se busca otras alternativas como la compra de una máquina nueva, pero según el jefe de producción de la planta, una extrusora de las mismas especificaciones técnicas tendría un valor de $ 3,500,000,000 COP, por otro lado seguir haciéndole intervenciones mecánicas tampoco sería una idea viable ya que la cantidad de horas que lleve volver a dejar la máquina operando podrían SER MAYORES A 200 horas como lo muestra la ilustración 11 de tiempo medio de reparación (MTTR) , lo cual nos afirma que la inversión de $512.532.082 COP que cuesta cambiar el sistema cambia mallas resulta ser la opción mas viable ya que su retorno de inversión se podría obtener dentro de un periodo de 3 a 5 meses.

La tabla 2 proporciona información del rendimiento de las extrusoras, esta información se recopiló durante los meses de noviembre de 2023 a febrero de 2024. La tabla proporciona detalles sobre el rendimiento, incluyendo, disponibilidad, calidad y el indicador de productividad por el cual se rige la planta, que es el OEE, se busca hacer una comparativa he identificar las diferencias con las otras extrusoras.

Tabla 3. Promedio de rendimiento en el periodo de noviembre y diciembre 2023 y enero y febrero 2024

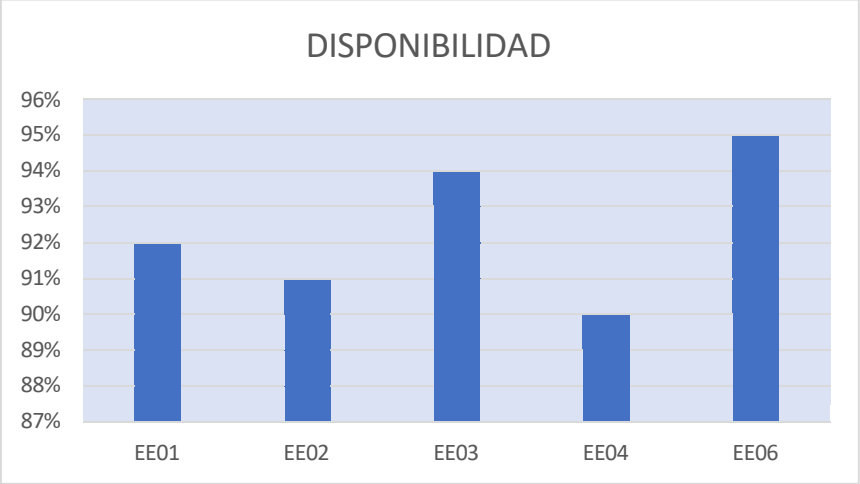
PROMEDIO DE LAS EXTRUSORAS EN EL PERIODO DE 4 MESES				
Nombre	Disponibilidad	OEE	Paradas	Calidad
Extrusora01	91	92%	45	100%
Extrusora02	91	91%	61	100%
Extrusora03	94	94%	40	100%
Extrusora04	90	89%	35	100%
Extrusora06	92	95%	30	100%

Fuente. Elaboración propia

Durante estos meses todas las máquinas están operando por debajo de un nivel de disponibilidad aceptable, que es del 96%. Además, es evidente que el OEE siendo el indicador más significativo también está por debajo del umbral aceptable, que también es del 96%, se evidencia en la tabla que el OEE de la extrusora 04 es el más bajo, Esto indica que es necesario realizar la evaluación de la máquina para aumentar este indicador.

Como se puede apreciar en la ilustración 9, se representa la disponibilidad de todas las maquinas de la planta de extrusión siendo las más bajas la máquina EE04 y la EE02, la gráfica representa el promedio de la disponibilidad del periodo de los cuatro meses, esta tabla de disponibilidad esta ligada al indicador OEE esté por debajo del valor esperado.

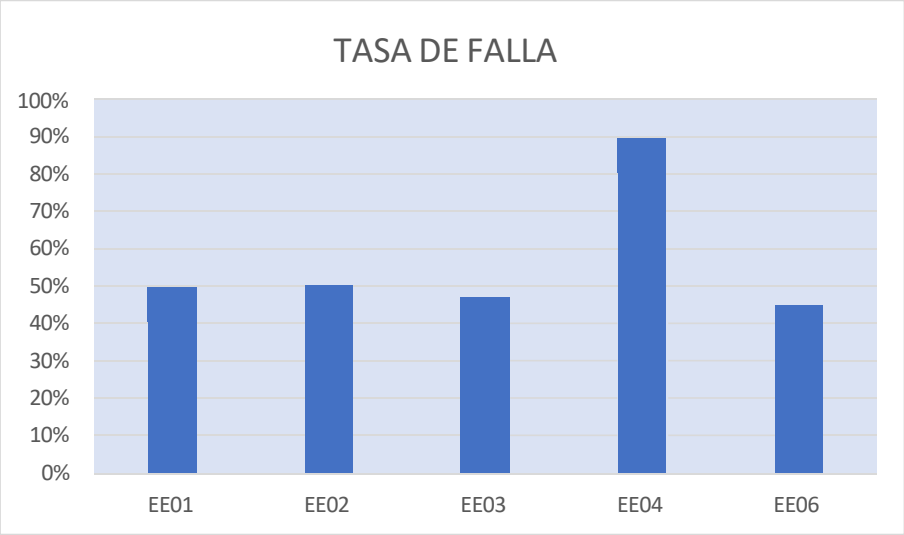
Ilustración 9. Promedio de disponibilidad de las extrusoras de noviembre a febrero 2024



Fuente. Elaboración propia

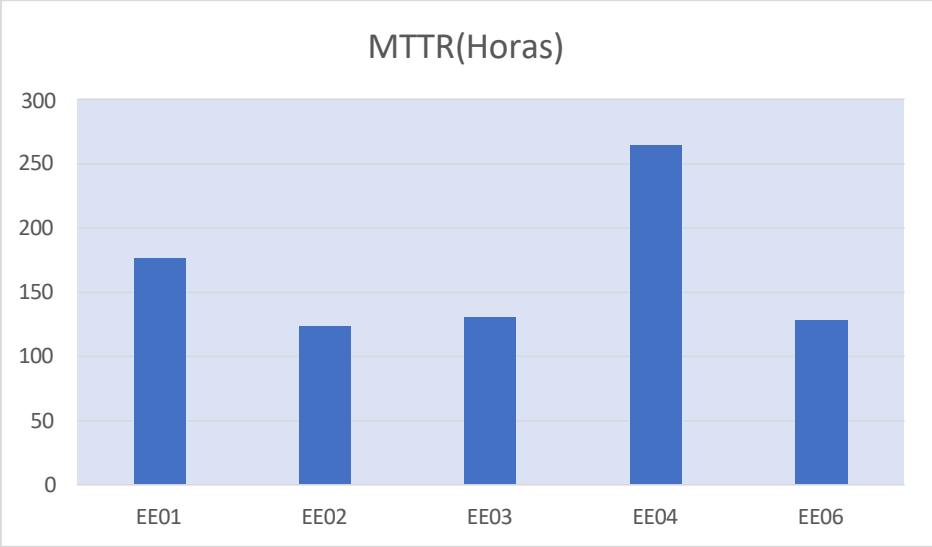
De igual manera se puede identificar en las ilustraciones 10 y 11 que la extrusora 04 o EE04 muestra un aumento de tiempo medio de reparación MTTR y Tasa de falla en comparación con las otras máquinas.

Ilustración 10. Tasa de fallas de las extrusoras noviembre a febrero 2024



Fuente. Elaboración propia

Ilustración 11. Tiempo medio de reparación de las extrusoras noviembre a febrero 2024



Fuente. Elaboración propia

Se observa en todas las gráficas que la máquina EE04 presenta un bajo rendimiento debido a las continuas fallas en el sistema de cambio de mallas, como se puede apreciar en las ilustraciones 12, 13 y 14, que son documentos PASER. Estos documentos describen

procedimientos para realizar mantenimiento preventivo, centrados en prevenir fallas y mantener equipos de manera proactiva para evitar problemas futuros y mejorar la eficiencia operativa. Se observa de manera recurrente la misma falla en el sistema del cambia mallas, lo que confirma que la baja productividad de la EE04 se debe a este sistema.

Ilustración 12. Paser de la EE04 del mes de diciembre 2023

MANTENIMIENTO PREVENTIVO TANDEM # 4

No.	FECHA DE REGISTRO	# SOLICITUD	LOCALIZACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	ESPECIALIDAD	ANTES	PLANIFICACIÓN	FECHA
1	3/12/2023	135057	extruder primario	zona 5 y 6 sobrecalentamiento 30° C superior a la temperarura optima	MECANICO		PENDIENTE	16/12/2023
1	3/12/2023	135058	rodillo halador	el pisador se encuentra desnibelado lo cual altera la precion que ejerce el rodillo y tambien hace variar el grosor de la lamina	MECANICO		PENDIENTE	16/12/2024
2	3/12/2023	135059	cambia mallas	fuga de material fundidopor el adaptador y bloque del cambia mallas	MECANICO		PENDIENTE	16/12/2025

Fuente. Elaboración propia

Ilustración 13.Paser de la EE04 del mes de enero

PASER PREVENTIVO TANDEM # 4								
No.	FECHA DE REGISTRO	# SOLICITUD	LOCALIZACION	DESCRIPCION DE LA FALLA	ESPECIALIDAD	ANTES	PLANIFICACIÓN	FECHA
5	15/01/2024	135124	cambia mallas	cambio de sellos y torqueado	MECANICO		PENDIENTE	20/01/2024
6	15/01/2024	135129	Sistema de alimentacion	ubicados en la garganta, en mal estado que impiden visualizar el material	MECANICO		PENDIENTE	20/01/2024
7	15/01/2024	135125	variador sistema butano	sobre calentamiento en el sistema, no funcionamiento en el sistema de enfiamiento lo cual ocaciona que la puerta permanesca abierta	MECANICO		PENDIENTE	20/01/2024

Fuente. Elaboración propia

Ilustración 14.Paser de la EE04 del mes de febrero

MANTENIMIENTO PREVENTIVO EE04								
No.	FECHA DE REGISTRO	# SOLICITUD	LOCALIZACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	ESPECIALIDAD	ANTES	PLANIFICACIÓN	FECHA
1	16/01/2024	136574	Embobinadores A, B	El piston no esta ingresando adecuadamente	mecanica		PENDIENTE	20/02/2024
2	16/01/2024	136575	Extruder 4.5 primario	variacion de las RPM	mecanica		PENDIENTE	20/02/2024
3	16/01/2024	136576	cambia mallas	fuga de material fundido por el molde	mecanica		PENDIENTE	20/02/2024
4	16/01/2024	136578	extruder 2	Fuga aceite	mecanica		PENDIENTE	20/02/2024

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 3 se determina los costos directos que represente las pérdidas económicas de la máquina EE04, se encuentra los análisis de perdidas por semana donde se puede identificar que los costos perdidos semanales de la EE04 superan los $32’000.000 COP o $8.301,00 USD a un TRM de $3.943 para el mes de enero del 2024.

Tabla 4.Promedio de costos semanales de parada en el periodo de noviembre a febrero 2024

PROMEDIO DE COSTOS SEMANALES PARADA	
Tiempo horas	10
Kilos	4,800
Precio Kilo COP	$ 6,322
Sueldos	$ 375,000
Repuestos	$ 2,000,000
Kilos dejados fabricar	$ 30,345,600
Total COP	$ 32,731,722
Total USD	$ 8,301.00

Fuente. Elaboración propia

La producción sin paradas proyecta 345.600 kg de producto terminado (PT) en cada mes, sin embargo, el promedio de la producción en los cuatro meses es del 90% de esta capacidad, lo que resulta en 311.040 kg de producto terminado, el promedio de la producción estimada, considerando un aumento en la disponibilidad del 6%, es de 331.776 kg de PT La diferencia entre la producción actual y la que se busca con el aumento del 6% es de 20.736 kg. Multiplicando esta diferencia por el precio por kilogramo ($6.322 COP), se obtiene el valor de los kilogramos dejados de fabricar al mes, que asciende a $131.092.992 COP. Esto sugiere una posible pérdida de ingresos debido a la producción por debajo de la capacidad máxima.

$\bar{x}$= Promedio

$\bar{x}$ producción sin paradas en cada mes (KG): 480kg x 24h x 30 Días= 345.600 kg

$\bar{x}$ producción en cada mes con una Disponibilidad= 90% : 345.600 x 0.9= 311.040 Kg

$\bar{x}$ producción en cada mes con una Disponibilidad= 96%: 345.600 kg x 0.96= 331.776 Kg

Diferencia de producción (KG): 20.736 kg

$\bar{x}$ precio de kilo cop: $ 6.322

Precios de kg dejados de fabricar al mes: $131.092.992

La Tabla 4 proporciona evidencia de una pérdida económica significativa semana tras semana. Esta pérdida acumulativa se traduce en una cifra considerable de $1.573.115.904 en el periodo de 1 año. Esto destaca la importancia de abordar y corregir los factores que contribuyen a estas pérdidas económicas para mejorar la eficiencia y la rentabilidad en el futuro.

Tabla 5.Promedio con los costos en diferentes periodos de tiempo

PROMEDIO CON LOS COSTOS EN DIFERENTES PERIODOS DE TIEMPOS			
Descripción	**Costo Semanal**	**Costo mensual**	**Costos anual**
Afectación	COP 32,731,722	COP 131.092.992	COP 1.573.115.904

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 5 se presenta el presupuesto elaborado con el supervisor de la planta Alfonzo López y el ingeniero de mantenimiento Gustavo Africano, el cual fue enviado al área correspondiente de la compañía. Se elabora este presupuesto para garantizar que todos los recursos necesarios estén adecuadamente asignados y que se cumplan los objetivos establecidos. A través de este presupuesto, se busca ofrecer claridad sobre los gastos esperados, garantizando que se tome la mejor decisión sobre el cambio del sistema cambia mallas.

Tabla 6.Presupuesto de cambio de sistema cambia mallas

CAMBIA MALLAS		PRESUPUESTO DEL PROYECTO
Descripción	**Valor COP**	**Valor USD**
PRESUPUESTO TOTAL	**COP 512.532.082**	**USD 129.909**
Presupuesto sin maquinaria ni equipo y sin imprevistos e IVA	**COP 85,926,497**	**USD 18,845**
Maquinaria y equipos	**COP 341,041,351**	**USD 86,442**
Obra Eléctrica	**COP 91,964,300**	**USD 23,310**
Obra Mecánica	**COP 23,800,000**	**USD 6,032**
Materiales y Suministros	**COP 41,650,000**	**USD 10,557**
Alquileres y Servicios	**COP 2,500,000**	**USD 634**
Varios del Proyecto	**COP 11,576,430**	**USD 2,934**
IVA	**COP 54,759,069**	**USD 13,880**
Gastos asociados a Darnel	**COP 45,805,165**	**USD 11,610**

Fuente. Elaboración propia

8. CONCLUSIONES

- Analizando los costos directos que produce la maquina EE04 por las constantes fallas he intervenciones mecánicas en el sistema cambia mallas podemos concluir que la inversión de $512.532.082 COP que cuesta la compra del nuevo sistema cambia mallas y según el retorno de la inversión es viable realizar la adquisición de este sistema y así evitar los $ 131.092.992 COP de producto que se deja de producir, mano de obra de mantenimiento entre otros gastos.

- Teniendo en cuenta la información recopilada del software sistema cubo con los que se monitorea la producción en las diferentes máquinas extrusoras se puede evidenciar que hay falencias mecánicas y eléctricas en las máquinas o también podría ser la mano de obra que controla cada máquina que lleva a una alta cantidad de producción de scrap.

- Analizando la información de los software que maneja la empresa se observa que el indicador del OEE en las diferentes extrusoras en los meses noviembre del 2023 y a febrero del 2024 no llegaron al indicador mínimo que es del 96% lo que dice que hay un problema en la producción que se debe intervenir inmediatamente para corregir esta problemática y aumentar la productividad de cada máquina

- Durante el mes de noviembre del 2023 se observa que la máquina EE04, obtuvo, el mayor porcentaje del indicador OEE llegando al 91% aun teniendo la falla en el sistema cambia mallas sin embargo no llegó a la meta mínima.

- Se destaca que las máquinas EE04 y EE02 presentan la disponibilidad más baja, lo que indica la urgencia de intervenir en la máquina EE02 para corregir la falla eléctrica que están generado múltiples paradas, ocasionando costos directos a la empresa.

REFERENCIAS

- *ÁLVAREZ SEVILLANO. Johnny Renato & RAMBAY QUIMIS. Dayana Cristina. Elaboración de un plan de mantenimiento eléctrico preventivo utilizando herramientas del sistema tpm en una máquina extrusora de una planta industrial de plásticos. Guayaquil-Ecuador, 2023. 89p.*
- *CAMBIA MALLA Maag Modelo FSC - Plastec USA. Plastec USA [página web]. [Consultado el 23, abril, 2024]. Disponible en Internet: <https://plastecusa.com/products/cambia-malla-maag-modelo-fsc/>.*
- *CORZO CUESTA, María de los Ángeles. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA PARA INVESTIGACIÓN EN LABORATORIO. Ciudad de México: 2020. 83p*
- *EXTRUSIÓN. Dassault Systèmes [página web]. [Consultado el 23, abril, 2024]. Disponible en Internet: <https://www.3ds.com/es/make/guide/process/extrusion>.*
- *GIRALDO SALDARRIAGA, Andrés Felipe & PARDO PEÑA, Luis Carlos Mauricio, DISEÑO DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE PLÁSTICO, Cali: 2019. 133p.*
- *HISTORIA DE DESARROLLO DE LA EXTRUSORA DE PLÁSTICO - Conocimiento de la industria - Shenzhen Superb Heater Technology Co., Ltd [Anónimo]. [página web]. [Consultado el 23, abril, 2024]. Disponible en Internet: < https://www.superb-heater.com/info/plastic-extruder-development-history-31608845.html >.*
- *LOZANO MÉNDEZ, Juan Andrés & ORELLANA PESANTEZ, Paul Andrés. DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ELECTRÓNICO MECÁNICO EN LAS MÁQUINAS EXTRUSORA E INYECTORA PARA LA EMPRESA VULCANO PLÁSTICO. Cuenca-Ecuador, 2021, 132p*
- *OEE. What Is OEE (Overall Equipment Effectiveness)? | OEE [página web]. [Consultado el 23, abril, 2024]. Disponible en Internet: <https://www.oee.com/>.*

- *QUÉ ES el polietileno de baja densidad LDPE ó PEBD. Empresa de Envases - Envaselia [página web]. [Consultado el 23, abril, 2024]. Disponible en Internet: <https://www.envaselia.com/blog/que-es-el-polietileno-de-baja-densidad-ldpe-o-pebd-id19.htm*
- *RENTABILIZA TU PLANTA CON MAYOR DISPONIBILIDAD DE MÁQUINAS. [página web]. [Consultado el 23, abril, 2024]. Disponible en Internet: <https://aintas.com/rentabiliza-aumento-de-la-disponibilidad-maquinas/#:~:text=La%20disponibilidad%20se%20refiere%20al,tiempo%20total%20de%20producción%20estimado.50p*
- *SOLANO COLLAGUAZO, Erik Saul. PROPUESTA DE MEJORA CONTINUA PARA REDUCIR EL NIVEL DE SCRAP EN LA ELABORACIÓN DE ROLLOS EN UNA INDUSTRIA DE MANUFACTURA DE EMPAQUES FLEXIBLES. Guayaquil: 2022. 52pg*