



UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**MEJORA DEL PROCESO DE TREFILADO DE UNA EMPRESA
PRODUCTORA DE CABLES**

Trabajo de integración curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial.

Autor

Díaz Chamorro, Luis Eduardo

Tutor

Mgs. Villacís Guerrero, Jacqueline del Pilar

(QUITO) – ECUADOR

2023

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, Luis Eduardo Díaz Chamorro, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “MEJORA DEL PROCESO DE TREFILADO DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE CABLES”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial, autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 10 días del mes de octubre de 2023, firmo conforme:

Autor: Luis Eduardo Diaz Chamorro



Firma:
Número de Cédula: 1718425059
Dirección: Provincia, ciudad, Parroquia, Barrio.
Correo Electrónico: luis_diaz4444@hotmail.com
Teléfono: 0992075060

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “MEJORA DEL PROCESO DE TREFILADO DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE CABLES” presentado por Luis Eduardo Díaz Chamorro, para optar por el Título de Ingeniería Industrial.

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Quito, 10 de octubre del 2023

.....

Mgs. Villacis Guerrero Jacqueline del Pilar

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos del Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniería Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 10 de octubre 2023

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Luis Eduardo Díaz Chamorro', written in a cursive style.

Luis Eduardo Díaz Chamorro

171842505-9

APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: MEJORA DEL PROCESO DE TREFILADO DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE CABLES, previo a la obtención del Título de Ingeniería Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Quito, 10 de octubre de 2023

.....

Ing. Pablo Elicio Ron Valenzuela
LECTOR

.....

Ing. Blanca Liliana Topón Visarrea
LECTOR

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación está dedicado a mis seres queridos, quienes han sido mi fuente de inspiración y apoyo incondicional a lo largo de esta travesía académica. A mis padres, por brindarme el amor inquebrantable y por ser mi impulso en cada paso que he dado. A mis hermanos, por sus palabras alentadoras y por compartir este camino conmigo, haciéndolo más significativo.

Agradezco a mis profesores y mentores, cuya sabiduría y guía han sido fundamentales en mi formación académica y personal. Gracias por compartir sus conocimientos y por motivarme a superar mis límites.

Que este trabajo sea un homenaje a la perseverancia, al esfuerzo constante y a la pasión por el conocimiento. Que sirva como un aporte modesto a la comunidad académica y a la sociedad en general.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a mis asesores y guías académicos, por su orientación, apoyo constante y valiosas sugerencias a lo largo de todo este proceso. Su conocimiento, experiencia y dedicación fueron fundamentales para enriquecer este trabajo y alcanzar resultados de calidad.

Además, quiero reconocer el apoyo de mi familia, quienes estuvieron siempre a mi lado, brindándome su amor, comprensión y aliento incondicional. Su confianza en mí y su constante respaldo fueron el motor que me impulsó a dar lo mejor de mí en este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iv
APROBACIÓN DE LECTORES.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN EJECUTIVO	14
ABSTRACT	15
CAPÍTULO I.....	16
INTRODUCCIÓN.....	16
Contexto	16
Marco teórico.....	24
Proceso de Trefilado.....	24
Decalaminado	26
Lubricación.....	27
Decapado	28
Acabado	29
Disposición.....	31
Antecedentes de la investigación.....	32

Justificación.....	35
Objetivos.....	37
Objetivo General.....	37
Objetivos Específicos	37
CAPÍTULO II.....	38
INGENIERÍA DEL PROYECTO	38
Diagnóstico de la situación actual de la empresa	38
Área de Estudio	41
Modelo Operativo.....	42
Proceso medular de trefilado	42
Selección de máquinas por Análisis	44
Modelo operativo propuesto.....	54
CAPÍTULO III	59
PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS	59
Desarrollo de la propuesta	59
Alternativas.....	61
Planes de acción estandarizados	61
Programa de calibración/ajuste de las máquinas de trefilado.....	62
Formatos de gestión de información de mantenimiento de máquinas trefiladoras	63
Determinación de la confiabilidad.....	65
Aplicación de auditorias	68
Resultados esperados.....	68
Cronograma de actividades	70
Cronograma de implementación.....	71
Análisis de costos	72
Inversión en activos fijos.....	72
Inversión en gastos diferidos	73

Inversión en gastos de mantenimiento.....	73
Capital de trabajo.....	74
Presupuesto de costos y gastos	76
Presupuesto de ingresos.....	78
Estado de resultados	79
Flujos de efectivo	81
Análisis de la viabilidad del proceso	83
CAPÍTULO IV	85
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
Conclusiones.....	85
Recomendaciones	87
BIBLIOGRAFÍA	89
ANEXOS	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Porcentaje de trabajadores en los subsectores de la industria metalmecánica .	17
Tabla 2	Datos del margen de ganancia del 2020 al 2022 de Ideal Alambrec.....	23
Tabla 3	Tipos de calibres de cable (mm) del proceso de trefilado	25
Tabla 4	Maquinas por mantenimiento	44
Tabla 5	Indicadores de producción del periodo 2022.....	45
Tabla 6	Análisis AMEF.....	47
Tabla 7	Paros de la máquina Trefiladora H-2.....	49
Tabla 8	Estadística descriptiva de las horas de paros totales de la maquina H-2.....	52
Tabla 9	Estandarización del proceso de trefilado explicado paso a paso en la empresa IDEAL ALAMBREC S.A.....	59
Tabla 10	Plan de Acción.....	62
Tabla 11	Programa de calibración de maquina trefiladora H- 2.....	63
Tabla 12	Formato de orden de mantenimiento	64
Tabla 13	Formato de orden de mantenimiento	65
Tabla 14	Plan de Acción.....	69
Tabla 15	Cronograma de Actividades	70
Tabla 16	Cronograma de Actividades	71
Tabla 17	Presupuesto de activo de la propuesta de mejora	72
Tabla 18	Gastos asociados a la ejecución de la propuesta.....	73
Tabla 19	Costos asociados al mantenimiento de los equipos	74
Tabla 20	<i>Inversión en capital de trabajo para la implementación de la mejora</i>	<i>74</i>
Tabla 21	Inversión total	76
Tabla 22	Financiamiento	76
Tabla 23	Proyección de gastos	77
Tabla 24	Ganancias de proyección neta anual por maquina trefiladora H-2.....	78
Tabla 25	Ingresos asociados a la aplicación de la mejora	78
Tabla 26	Estado de resultados relacionado con la aplicación del proyecto.....	80
Tabla 27	<i>Flujo de efectivo con aplicación de la mejora</i>	<i>82</i>
Tabla 28	Valor Presente Neto de Banquetes Lafayette – Periodo 2024 al 2028.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Comportamiento comercial del hierro y acero en el periodo 2017 - 2021	16
Figura 2 Comportamiento de la demanda de exportaciones por rubro a nivel de Latinoamérica 1960 - 2019.....	18
Figura 3 Participación de las industrias en el Precio Interno Bruto del Ecuador.....	20
Figura 4 Tasa de crecimiento del sector metalmecánico.....	21
Figura 5 Márgenes de ganancia del 2020-2022 de Ideal Alambrec	23
Figura 6 Disposición de materia prima	26
Figura 7 Proceso de decalaminado con limpieza mecánica	27
Figura 8 Proceso de lubricación	27
Figura 9 Proceso de decapado químico – tina de HCL	28
Figura 10 Proceso de enjuague con agua industrial	28
Figura 11 Proceso de conformado.....	29
Figura 12 Proceso de recubrimiento de la materia prima mediante fosfato para evitar oxidación prematura	30
Figura 13 Proceso de tina de agua caliente –	30
Figura 14 Proceso de Proceso tina de Bórax	31
Figura 15 Disposición de bultos procesados con limpieza química.....	31
Figura 16 Desempeño financiero de la empresa Ideal Alambrec – Bekaert	38
Figura 17 Diagrama de espinas de pescado de la situación actual	40
Figura 18 Funcionamiento de la traficación de alambre	43
Figura 19 Explicación paso por paso del proceso de trefilación	43
Figura 20 Histograma de paros técnicos de trefiladoras del año 2022.....	46
Figura 21 Diagrama de Pareto de la máquina Trefiladora H-2	51
Figura 22 Modelo PHVA – Deming aplicado al mantenimiento de trefiladoras.....	57

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Histograma de fallas con horas acumuladas de la maquina trefiladora H - 2.. 94

UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: MEJORA DEL PROCESO DE TREFILADO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE CABLES

AUTOR(A): Díaz Chamorro, Luis Eduardo

TUTOR (A): Mgs. Villacis, Jacqueline

RESUMEN EJECUTIVO

El propósito principal de la tesis titulada "Mejora del Proceso de Trefilado en una Empresa Productora de Cables", siendo este caso, Ideal Alambrec, consistió en un proyecto metodológico analizar las fallas recurrentes de las máquinas del proceso de trefilado en una compañía dedicada a la fabricación de cables. El estudio se centra en identificar oportunidades de mejora y proponer planes de acción para disminuir las paradas técnicas recurrentes de la maquina H-2, en un total de 448 en el periodo operativo de 2022. La metodología empleada abarca una minuciosa revisión y análisis de datos históricos de las máquinas que producen los cables mediante técnicas estadísticas descriptivas. A través de la observación directa de las operaciones en el área de trefilado, se realizó un diagnóstico de la situación actual y se identificaron posibles desafíos en el proceso. Los resultados del análisis estadístico revelaron indicadores clave de 592 horas de paros totales en el referido periodo de operación. Con base en los hallazgos, se propusieron planes de acción mediante un procedimiento de operación que incluyó el desarrollo de programas de mantenimiento para la calibración y ajuste de la maquina y gestión de la información de mantenimiento en cuestión. Estos planes buscaban abordar las causas fundamentales de los problemas identificados controlar las paradas técnicas recurrentes. En resumen, la tesis demostró que la aplicación de técnicas estadísticas descriptivas y la implementación de planes de acción basados en el análisis de las máquinas de trefilado. Finalmente se propuso la implementación para aumentar la productividad, reducir los paros en horas por causas no previstas.

DESCRIPTORES: máquina, mejora, proceso, trefilación.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**TEMA: IMPROVEMENT OF THE DRAWING PROCESS IN A CABLE
MANUFACTURING COMPANY**

AUTOR (A): Díaz, Chamorro, Luis Eduardo.

TUTOR (A): Mgs. Villacis, Jacqueline

ABSTRACT

The main purpose of the thesis titled “Improvement of the Drawing Process in a Cable Manufacturing Company”, being this case, Ideal Alambrec, consisted of a methodological project to analyze the recurrent failures of the machines of the drawing process in a company dedicated to the production of cables. The study focuses on identifying opportunities for improvement and proposing action plans to reduce the recurrent technical stops of the H-2 machine, in a total of 448 in the operational period of 2022. The methodology used covers a meticulous review and analysis of historical data of the machines that produce the cables using descriptive statistical techniques. Through direct observation of the operations in the drawing area, a diagnosis of the current situation was made and possible challenges in the process were identified. The results of the statistical analysis revealed key indicators of 592 hours of total stops in the referred operational period. Based on the findings, action plans were proposed through an operating procedure that included the development of maintenance programs for the calibration and adjustment of the machine and management of the maintenance information in question. These plans sought to address the root causes of the identified problems and control the recurrent technical stops. In summary, the thesis demonstrated that the application of descriptive statistical techniques and the implementation of action plans based on the analysis of the drawing machines. Finally, it was proposed to implement them to increase productivity, reduce stops in hours due to unforeseen causes.

KEYWORDS: improvement, machine, process, wire drawing.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

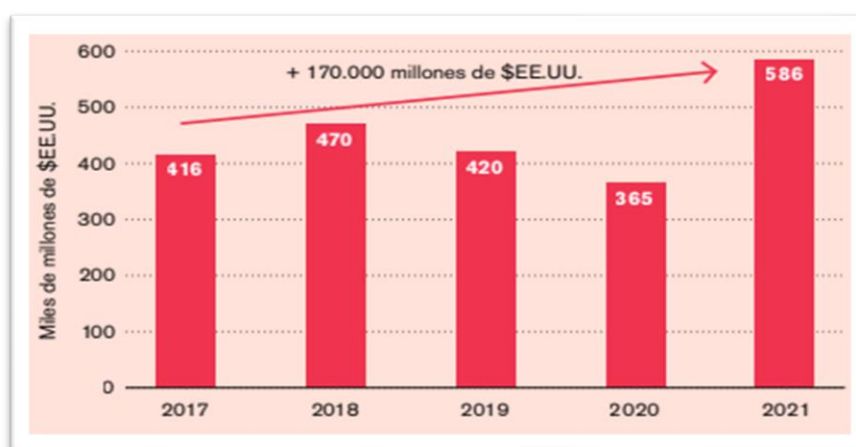
Contexto

En la actualidad, existe una tendencia marcada por las empresas de transformación de materia prima, especialmente las metalmeccánicas, en los cuales se busca explotar las cualidades mecánicas, técnicas, de soldadura, entre otras, con el fin de añadir importes relevantes a la cadena de valor agregado del proceso medular, a través de la optimización y le mejora de procedimientos de fabricación.

En el contexto metalmeccánico mundial, las empresas del referido rubro tienen una gran repercusión a la hora de abrir plazas de trabajo para la sociedad. Según las estadísticas de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (2021), el volumen de comercio internacional superó los 11 billones de dólares estadounidenses cada año, lo que representa más del 30 % del volumen total del comercio mundial de los equipos para trabajar metales.

Figura 1

Comportamiento comercial del hierro y acero en el periodo 2017 - 2021



Nota. Extraído de la Organización Mundial del Comercio (2022).

El intercambio comercial a nivel mundial, según la OMC, es el rubro que presentó mayor crecimiento comercial desde el 2017 hasta el 2021, siendo la punta de lanza de los productos manufacturados, totalizando un margen de ganancia incrementada de 170.000 millones (2022).

Las principales economías exportadoras de equipos metalmecánicos son China, los países de la UE (más del 50% de las exportaciones de la UE se concentran en Alemania, Francia, Italia y los Países Bajos), los países del NAFTA (principal bloque estadounidense), Corea del Sur y Japón. A nivel regional, los países que más influyen en el comercio mundial de equipos metalmecánicos son México y Brasil (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2020).

A nivel mundial, más de 300.000 personas están empleadas directamente en la industria metalmecánica, que representa casi el 20% del empleo industrial. Esto la coloca detrás de la industria de alimentos y bebidas en términos de creación de empleo. Adicionalmente, se distingue por una alta concentración de recursos humanos calificados, es decir, para puestos de nivel medio, más de la mitad son ingenieros, técnicos u operarios capacitados (Reyna, Chere, & Ulloa, 2022).

Tabla 1

Porcentaje de trabajadores en los subsectores de la industria metalmecánica

Sub-sector	Porcentaje de empresas por sub-sector	Porcentaje de empleo por sub-sector
Productos elaborados de metal.	28,90%	19,20%
Productos metálicos para uso estructural y otros productos.	18,80%	18,100%60%
Autopartes, carrocerías.	9,80%	12,90%
Maquinaria y equipos de uso general.	9,60%	11,60%
Aparatos eléctricos.	7,00%	8,30%
Servicios de trabajo de metales y tratamiento y revestimiento.	5,50%	6,80%
Maquinaria de uso especial.	4,30%	4,60%

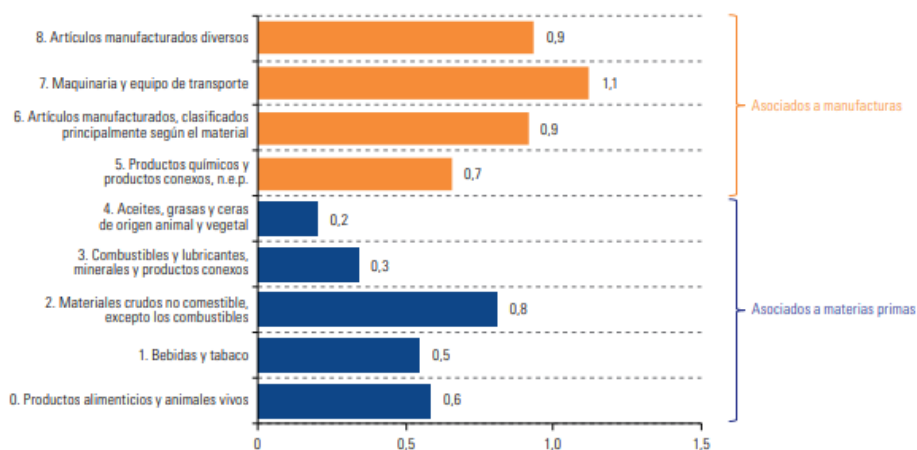
Sub-sector	Porcentaje de empresas por sub-sector	Porcentaje de empleo por sub-sector
Instrumentos médicos, ópticos y de precisión.	3,70%	4,30%
Maquinaria agropecuaria.	3,30%	3,70%
Aparatos de uso doméstico.	3,20%	3,40%
Fundición de hierro, acero y metales no ferrosos.	2,80%	3,40%
Otros equipos de transporte.	2,60%	3,00%
Tubos, válvulas y otros componentes electrónicos.	0,40	0,30%
Total.	100%	100%

Nota: La tabla representa la distribución de la empresa metalmeccánica y el porcentaje de empleo que cada subsector representa, caracterizando la presencia de los recursos humanos esto de acuerdo la secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable, (2020).

Como se observó en la figura 2, el sector relacionado a la producción se encuentra en segundo puesto por la cantidad de empleados que realizan trabajos dentro de las empresas metalmeccánicas, esto demuestra que la empresa mantiene una importancia social por el uso que se da a los productos y servicios que oferta.

Figura 2

Comportamiento de la demanda de exportaciones por rubro a nivel de Latinoamérica 1960 - 2019



Nota. Extraído de CEPAL (2022).

De acuerdo con la figura anterior, se presenta la elasticidad ingreso de la demanda de los productos a un dígito de la CUCI. Estas cifras corresponden a la mediana a un

dígito de las estimaciones realizadas sobre datos a dos dígitos de desagregación. Puede observarse que la elasticidad ingreso de la demanda tiende a ser más elevada en los bienes asociados a las manufacturas y más reducida en los asociados a recursos naturales. Cuanto mayor sea el peso en las exportaciones de dichos recursos, menos sensibles serán al crecimiento de la economía mundial. Además, la demanda externa de esos productos no solo es menos dinámica, sino que está más sujeta a fuertes fluctuaciones e inestabilidad de precios y mercados

Un componente esencial de la cadena productiva del Ecuador es la industria metalmecánica, ya que, realiza una importante contribución al avance industrial y tecnológico del que es proveedor. El hecho de que este rubro requiera de operarios, mecánicos, técnicos, herreros, soldadores, electricistas, torneros e ingenieros a lo largo de su cadena productiva, lo convierte en un pilar fundamental en el desarrollo de proyectos estratégicos, así como en un importante empleador (Reyes, 2021).

Según el Informe sobre el Impacto de las Exportaciones: Empleo y PIB del mismo centro de investigación. Entre enero y julio del 2021, el sector metalmecánico generó 17.366 empleos, de los cuales 8.552 fueron empleos directos, 578 indirectos y 8.236 inducidos. Se habrían creado 3.643 puestos de trabajo adicionales en comparación con el mismo período del año pasado. Finalmente, el PIB producido por el sector durante este lapso asciende a US\$ 59 millones, una variación de 31,6% respecto al año anterior (Centro de Investigaciones de Economía y Negocios Globales de la Asociación de Exportadores, 2023).

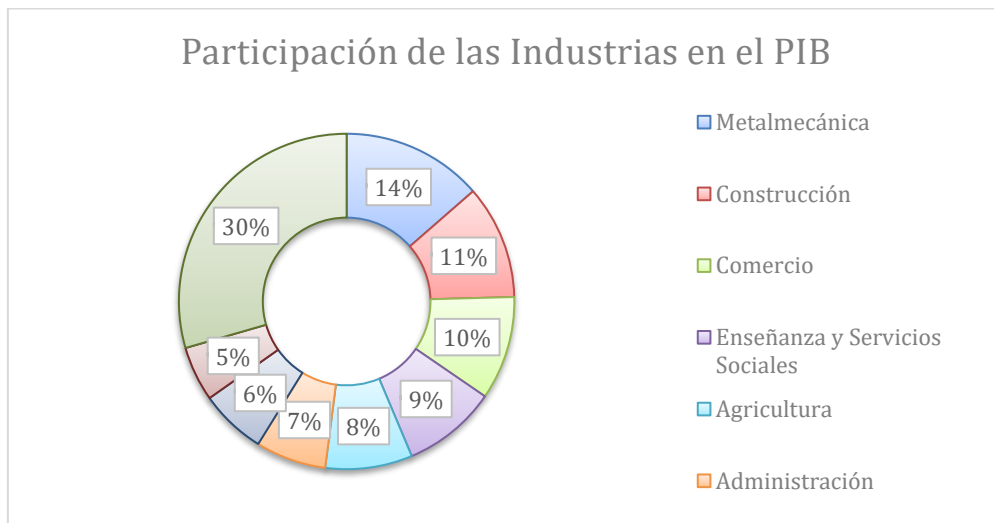
Argentina, por otra parte, se ha centrado en los procesos de mejora, en el área el proceso de trefilado, la empresa Alambres Trefilados Argentina, realiza la tarea de trefilado como parte de su rol como productor de alambre de aluminio grado eléctrico,

para la instalación de líneas de telecomunicaciones o energía, cercos perimetrales, etc. La oferta incluye alambre trefilado con diversas características, incluyendo diferentes aleaciones de alambre (Serie 1XXX, Serie 6XXX), con diámetros que van de 12 a 1,8 mm, presentados en bobinas de 250 kg o rollos de hasta 25 kg (Revista Ingeniería Eléctrica, 2021).

El sector manufacturero representa el 13% del PIB de la economía ecuatoriana, y a pesar de experimentar una recesión entre 2015 y 2016 (-0.4 y -2.5 %), ha experimentado un crecimiento en 2017 de 2.1 %. Por su interdependencia con otros sectores y su capacidad de generar valor agregado, el sector manufacturero es uno de los sectores clave en la cambiante matriz productiva del país.

Figura 3

Participación de las industrias en el Precio Interno Bruto del Ecuador



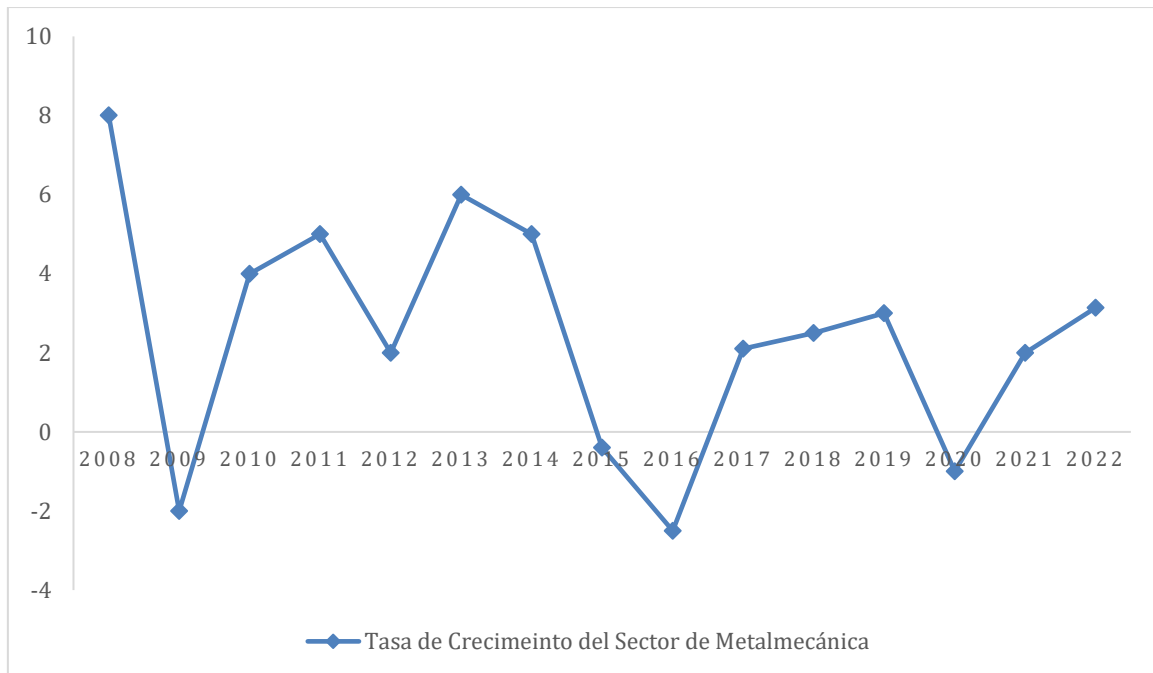
Nota. Extraído de Banco Central del Ecuador (2019).

En la Figura 3, se observa como la industria metalmecánica toma repercusión en el mercado haciendo un énfasis en que es una de las primeras industrias que recibe atención por parte del estado al encontrarse posicionada como la segunda más solicitada para las diferentes áreas de trabajo.

La metalmecánica es uno de los principales componentes de la industria manufacturera ecuatoriana. Está compuesta por la industria siderúrgica, la maquinaria y transformación metálica básica, los materiales elaborados, las materias primas, los medios de producción, las piezas y los servicios diversos (Ekos, 2019).

Figura 4

Tasa de crecimiento del sector metalmecánico



Nota. Extraído de Banco Central del Ecuador (2019).

Por otro lado, la maquinaria metalmecánica del Ecuador tiene una capacidad de producción de más de 2,1 millones de toneladas al año, y sus productos se encuentran en campos relacionados con la agricultura, agroindustria, manufactura, hidrocarburos, generación y transmisión de energía, telecomunicaciones, transporte y comercio; su mayor concentración se encuentra en Quito, Guayaquil, Cuenca, Ambato, Latacunga y Manta (Reyes, 2021).

En Quito, por ser la capital del país, se encuentran los consorcios más pudientes del contexto industrial metalmecánico, confiriendo empresas con amplia trayectoria de asistencia comercial tanto a nivel nacional como internacional. Estas empresas, tienden a

destacar y proveer de los elementos fundamentales para la ejecución de tareas de dicho rubro, siendo: formación y capacitación técnica en calidad de *consulting*, fundición y metalurgia en general, mecanización de consumibles básicos como bobinas de alambre, entre otros, tal como funge en este último nicho, la empresa Ideal Alambrec.

La familia Kohn fundó Ideal Industria de Alambrec, una empresa dedicada a la producción de mallas metálicas, en Ambato en 1940 con poco dinero y mucha mano de obra. Este es el comienzo de la historia de Ideal Alambrec. Se incorporaron nuevas tecnologías y productos a la producción a medida que crecía en tamaño, por lo que comenzó a producir alambre de púas en 1947 y trasladó su fábrica a Quito (Ideal Alambrec, 2020).

El proceso de trefilado carece de un procedimiento sólido en la empresa Ideal Alambrec, así como de un documento de respaldo que permita un trabajo productivo y eficaz y un orden lógico en el ciclo de producción. En estas áreas, la falta de un manual de operaciones resulta en frecuentes errores de proceso, accidentes y repeticiones que pierden tiempo.

Ideal Alambrec posee variedad de equipos para efectuar el trefilado de alambres, cada una con una geometría y un conjunto de características diferentes: máquinas de estirado automáticas, semiautomáticas para varillas, alambres y tubos; trefiladoras con troqueles; máquinas de estirar sin troqueles; etc. La empresa, tienen como proceso principal el trefilado ya que les permite obtener productos con características específicas que a su vez cumplen con demandas establecidas.

Dado que el trefilado de Ideal Alambrec, constituye el proceso medular de la misma, la empresa tiende a enfocarse en respaldar con medidas específicas las ganancias

obtenidas a través del servicio referido, persiguiendo la maximización de las ganancias mensuales, como se evidenció en la tabla 2, a continuación:

Tabla 2

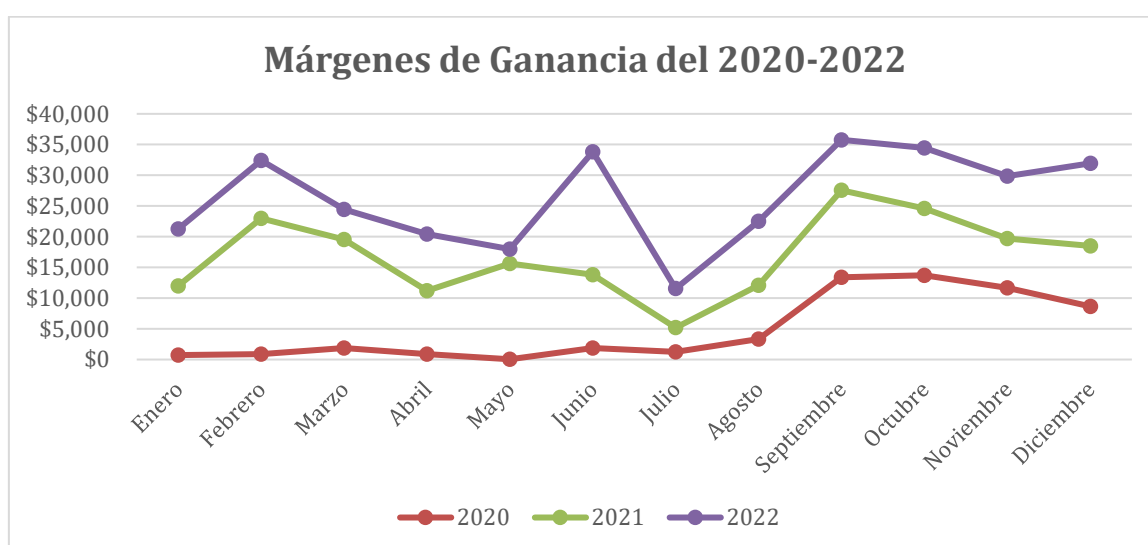
Datos del margen de ganancia del 2020 al 2022 de Ideal Alambrec

	2020	2021	2022
Enero	\$720	\$11.287	\$9.257
Febrero	\$908	\$22.048	\$9.453
Marzo	\$1.879	\$17.650	\$4.928
Abril	\$906	\$10.304	\$9.196
Mayo	\$45	\$15.573	\$2.375
Junio	\$1.879	\$11.907	\$20.017
Julio	\$1.248	\$3.935	\$6.363
Agosto	\$3.346	\$8.727	\$10.421
Septiembre	\$13.388	\$14.163	\$8.224
Octubre	\$13.715	\$10.878	\$9.874
Noviembre	\$11.655	\$8.058	\$10.145
Diciembre	\$8.624	\$9.861	\$13.457

Nota. Ideal Alambrec, (2020).

Figura 5

Márgenes de ganancia del 2020-2022 de Ideal Alambrec



Nota. Ideal Alambrec, (2020).

En cuanto a las paradas técnicas por mantenimiento, las cuales incurrieron en la clasificación del criterio por motivos preventivos, es decir, fueron fortuitas, no esperadas y no deseadas, obligando a detener el proceso productivo de dichas máquinas, estableciendo índices de paros, tales como: 305 horas para la trefiladora IA-M, 391 horas para la J-1, y finalmente, 448 para la H-2, siendo esta última, la más crítica, en materia de programación y ejecución del mantenimiento, y por ende, acarreando en declive del rendimiento general de las máquinas, afectando colateralmente a la producción, tal como se evidencio en la tabla 5 y la figura 13, teniendo en cuenta que la producción anual del conjunto de máquinas trefiladoras en el último periodo 2022, correspondió a un total de 34.252.269 Kg.

Cabe mencionar que las paradas técnicas recurrentes sobre las maquinas trefiladoras, tienden a ocurrir por una serie de fallas asociadas a diversos elementos y subsistemas de cada máquina, lo cual, las convierte en focos críticos debido a que existen fuertes tendencias a suscitar fallas por reiteración debido al número acumulado de estas, en la amplitud de los diferentes modos de fallas posibles.

Finalmente, el desarrollo de la mejora del proceso de trefilado de una empresa productora de cables mediante la aplicación de herramientas de gestión del proceso de trefilado para aumentar la productividad, contempló la aplicación del ciclo Deming, a través de la diversificación de un plan de acción para la reducción de las paradas técnicas recurrentes de la maquina trefiladora H-2.

Marco teórico

Proceso de Trefilado

El trefilado, es el proceso del estiramiento de la hilera de alambre en frio, a través de un orificio cónico, para reducir el diámetro inicial de este. En el trefilado se suscita el

fenómeno de estiramiento, debido a la cualidad maleable de los metales típicos en los cuales se aplica, siendo estos: cobre, aluminio, latón, acero, entre otros (Flores, 2021).

En el trefilado, el alambre se estira mientras aún está frío. Este procedimiento mejora las propiedades mecánicas del material además de reducir el diámetro y la longitud de la varilla (Torres, 2021). El proceso de trefilado de un alambre impacta de forma favorable en las propiedades mecánicas, proporcionando mayor dureza del material da como resultado una mayor resistencia a las cargas de tracción y compresión. A continuación, en la tabla 3, fueron expuestos los diferentes diámetros o calibres de alambre con medidas convencionales:

Tabla 3

Tipos de calibres de cable (mm) del proceso de trefilado

Calibre	Nominal	Mínimo	Máximo
20	0,0089	0,900	1,000
18	1,245	1,240	1,320
17	1,473	1,470	1,540
16	1,654	1,600	1,700
15	1,800	1,750	1,850
15	1,720	1,670	1,770
14	1,920	1,870	1,970
13	2,413	2,380	2,480
12,5	2,591	2,500	2,600
12	2,769	2,700	2,800
11	3,048	3,000	3,100
10	3,404	3,380	3,480
9	3,759	3,800	3,900
8	4,191	4,150	4,250
7	4,572	4,500	4,600
6	5,156	5,150	5,250
5	5,588	5,500	5,600
4	6,045	6,000	6,100
3	6,679	6,500	6,600
2	7,121	7,100	7,200

Nota. Elaboración propia.

Figura 6

Disposición de materia prima



Nota. Elaboración propia.

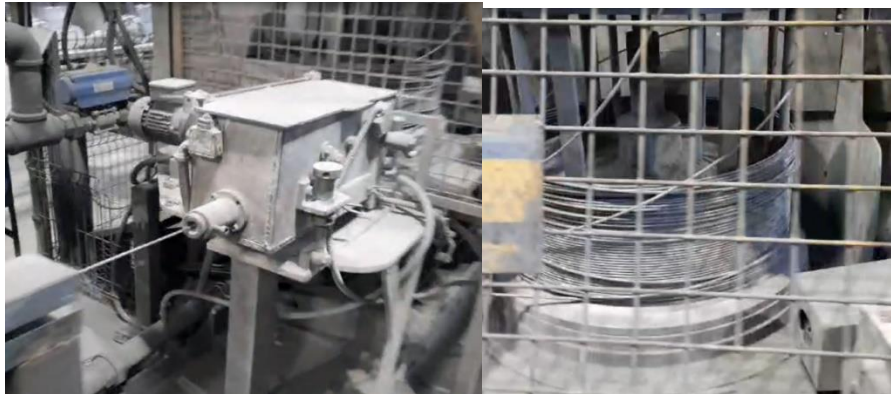
La combinación de tracción y compresión que produce la fuerza de tracción a la salida de la matriz, también conocida como fuerza de estirado, es la que provoca la deformación plástica a la que se ve sometido el alambroón. Por lo general, el procedimiento implica el desglose de las fases posteriores:

Decalaminado

Antes del trefilado, el alambre se somete a un calentamiento y enfriamiento rápido llamado patentado, que produce una capa de óxidos de hierro sobre el metal, conocida como calamina. Esta capa se debe quitar mediante un proceso mecánico llamado decalaminado, ya que puede dañar la calidad del alambre trefilado si se deja adherida (Torres, 2021).

Figura 7

Proceso de dec laminado con limpieza mecánica



Nota. Elaboración propia

Lubricación

Para que el proceso de trefilación mantenga las garantías de los estándares necesarios, se emplean diferentes lubricantes, distintos entre sí, de acuerdo a la viscosidad que les caracteriza. Estos elementos aplicados, son aceites y grasas, donde los primeros son usados sobre los elementos rotativos, especialmente aquellos que giran a gran velocidad, y los segundos, sobre aquellos elementos que presentan menor índice de rotación. Estos, son parte integral del proceso, debido a las cuales de prevención del desgaste mecánica y el control sobre la temperatura resultante de la fricción (Flores, 2021).

Figura 8

Proceso de lubricación



Nota. Elaboración propia

Decapado

Esta etapa implica la eliminación del óxido y cualquier recubrimiento externo que pueda haberse acumulado en la varilla, como óxido o laminaciones (Torres, 2021). En este procedimiento se utilizan lavados químicos, seguidos de enjuagues con agua a presión.

Figura 9

Proceso de decapado químico – tina de HCL



Nota. Elaboración propia.

Figura 10

Proceso de enjuague con agua industrial



Nota. Elaboración propia.

Acabado

El subproceso de acabado, consiste en el finiquito del trefilado sobre el alambre como producto mediante la aplicación de elementos químicos y procesos de mejora mecánica para aliviar las tensiones provocadas por el paso anterior, es necesario enderezar el cable. Incluso los tratamientos térmicos se utilizan ocasionalmente para mejorar las cualidades mecánicas y físicas del producto final (Torres, 2021).

Se da cierta aspereza al material mediante el uso de troqueles o trefiladoras de carbono o tungsteno, materiales considerablemente más fuertes y resistentes al material que se pretende trabajar. Esto mejora significativamente la calidad y las posibilidades de las propiedades mecánicas del material.

Es decir, para estirar el cable se utilizan una serie de máquinas en forma de rodillos o redondos que se encargan de triturar alambres de diversos materiales. Mediante el uso de una placa con una variedad de agujeros que los tritura y reduce gradualmente hasta llegar al indicado.

Figura 11

Proceso de conformado



Nota. Elaboración propia

Figura 12

Proceso de recubrimiento de la materia prima mediante fosfato para evitar oxidación prematura



Nota. Elaboración propia

Figura 13

Proceso de tina de agua caliente –



Nota. Elaboración propia

Figura 14

Proceso de Proceso tina de Bórax



Nota. Elaboración propia.

Disposición

Finalmente, el producto terminado del proceso de trefilado, se presenta en forma de bultos procesados para la toma y carga sobre los vehículos de transporte en el área de almacenamiento y disposición final, tal como se evidencio en la figura siguiente:

Figura 15

Disposición de bultos procesados con limpieza química



Nota. Elaboración propia.

Antecedentes de la investigación

La empresa Ideal Alambrec SA es una compañía ecuatoriana que se dedica a producir y vender alambres y cables de acero y aluminio para diferentes sectores industriales. Esta empresa tiene dos plantas productivas, una en Quito y otra en Guayaquil, donde lleva a cabo el proceso de trefilado con maquinaria avanzada y personal capacitado.

No obstante, según el manual de operaciones del proceso de trefilado elaborado por Mateus Ayala (2006) y la investigación realizada por Patricio Torres (2010), denominada Análisis y mejoramiento de la gestión administrativa en el área de importaciones. Caso Ideal Alambrec SA; la empresa ha sufrido varios declives operacionales desde el 2018 hasta la actualidad, que han impactado negativamente en su productividad, calidad y rentabilidad debido a las paradas técnicas recurrentes al proceso de trefilado. Estos declives se pueden agrupar en cuatro categorías:

- Declives por fallas mecánicas: Son las averías o daños que ocurren en las máquinas trefiladoras por el desgaste, la corrosión, la fatiga o el mal uso. Estas averías pueden causar paradas imprevistas, pérdida de material, deterioro en los dados o en los alambres, y disminución de la velocidad o la precisión del proceso. Según los registros de mantenimiento de la empresa, las averías mecánicas más usuales son: rotura o desalineación de los rodillos, obstrucción o fuga del sistema de lubricación, desbalanceo o vibración del tambor recolector, y desajuste o rotura del sistema tensor. Estas averías representan un gasto mensual promedio de \$ **15.000** en reparaciones, repuestos y mano de obra.
- Declives por fallas eléctricas: Son los problemas que afectan al suministro o al consumo de energía eléctrica en las máquinas trefiladoras. Estos problemas

pueden deberse a variaciones o cortes en la red eléctrica, a sobrecargas o cortocircuitos en los motores o en los paneles de control, o a fallas en los sensores o en los dispositivos electrónicos. Estos problemas pueden provocar interrupciones, sobrecalentamiento, daños en los componentes eléctricos o electrónicos, y pérdida de sincronización o regulación del proceso. Según los registros de mantenimiento de la empresa, los problemas eléctricos más frecuentes son: variación o caída de la tensión o la frecuencia, quemado o bloqueo del motor principal o del motor auxiliar, falla o daño del variador de velocidad o del inversor de giro, y falla o daño del PLC (controlador lógico programable) o del HMI (interfaz hombre-máquina). Estos problemas representan un gasto mensual promedio de **\$ 10.000** en reparaciones, repuestos y mano de obra.

- Declives por fallas humanas: Son los errores o descuidos que cometen los operarios o los supervisores durante el proceso de trefilado. Estos errores pueden deberse a falta de capacitación, experiencia, motivación o comunicación; a distracciones, imprudencias o negligencias; o a incumplimiento de las normas, procedimientos o instrucciones. Estos errores pueden causar accidentes, desperdicio de material, defectos en los productos, retrasos en la entrega, reclamos de los clientes, o sanciones de las autoridades. Según los registros de gestión de la empresa, los errores humanos más habituales son: selección o colocación incorrecta de los dados, ajuste o calibración inadecuada de los parámetros del proceso, manejo o almacenamiento indebido de los alambres o de los dados, y registro o reporte incompleto o erróneo de la información. Estos errores representan un gasto mensual promedio de **\$ 5.000** en capacitación, indemnización, reproceso, devolución o multa.

- Declives por factores externos: Son las situaciones o circunstancias que escapan al control de la empresa y que afectan al proceso de trefilado. Estos factores pueden ser de índole económica, política, social, ambiental o legal. Estos factores pueden generar escasez, inflación, devaluación, inestabilidad, conflictividad, contaminación o regulación. Según los registros de gestión de la empresa, los factores externos más relevantes son: aumento del precio o disminución de la calidad del alambión importado, restricción o competencia desleal del mercado nacional o internacional, protesta o huelga de los trabajadores o de los proveedores, emergencia sanitaria o desastre natural, y cambio o incumplimiento de las normas técnicas o tributarias. Estos factores representan un gasto mensual promedio de \$ **20.000** en compra, venta, transporte, seguridad, prevención o asesoría.

Cabe mencionar que todos estos elementos causales de las fallas y paradas técnicas recurrentes, fueron tabulados y detallados de acuerdo a los índices operacionales adjunto, en el anexo 1.

Por tal razón, de acuerdo a los antecedentes antes expuestos, se denota un panorama de desviación de condiciones normales o idóneas respecto al rendimiento operativo de las máquinas trefiladoras, considerando las fallas recurrentes que estas presentan, ocasionando constantes paros técnicos que comprometen el rendimiento productivo de cada una de las mismas debido a: ajuste o calibración de las máquinas, paros por fallas eléctricas o mecánicas y las dificultades presentadas por la ausencia de dados o herramientas específicas. De esta forma, emerge la necesidad de evaluar las fallas que presentan dichas máquinas para establecer un plan de acción.

Justificación

El desarrollo del presente proyecto es **importante** por la propuesta de mejora que se busca implementar a la empresa Ideal Alambrec, esto permitirá mejorar los procesos de trefilado dentro de la empresa para que el desarrollo de este sea más factible, mejor la calidad del producto, incremente la cultura técnica y sistemática del formato operativo, optimice los costos del proceso productivo, proporcione formatos más adecuados al sistema de gestión integral de operaciones, entre otros, generando valor agregado en diferentes etapas y procesos de la empresa dentro del mercado en el cual se desenvuelve; empleando un plus a la empresa para que sea reconocida dentro y fuera del país por manejar una serie de productos con la más alta tecnología de trabajo para que los mismos sean de calidad y eficacia para los clientes.

Igualmente, el **impacto** que se espera mediante el desarrollo del trabajo de investigación es el brindar a la empresa una técnica de trabajo con mayor proporción técnica y de calidad para que la empresa pueda mejorar el proceso productivo, dando una ayuda mayor a los empleados al mejorar los procesos de trabajo, en especial el proceso de trefilado, que al ser el de mayor impacto y comercio dentro de la empresa debe estar en constante innovación, de igual manera se espera reducir el impacto ambiental negativo por parte de la empresa al tener un proceso de trefilado mejorado, se espera una disminución en el uso de las maquinarias contaminantes del caso.

El desarrollo del proyecto será **útil** para la empresa, dado que podrá aplicar en cada una de las sucursales que existan, los planes de acción de mejora, para optimizar el proceso de trefilado a nivel nacional, causando que el proceso de trefilado y los productos que provienen de este proceso mantengan una calidad por encima del mercado, demostrando así que la mejora de un proceso influye en la manera en la cual se maneja

una empresa, resultando útil al proporcionar mayores oportunidades de distribución y consumo del producto.

Ahora bien, los **beneficiarios** de este proyecto son en principio la empresa en la cual se desarrolla el estudio, en esto intervienen gerentes, personal administrativo, empleados y demás personas en la estructura organizativa para que sientan como la mejora de un proceso tan importante repercute en la empresa. Seguido de los clientes, los mismos que podrán ver como una mejora en el proceso ayuda a tener materiales de una calidad y eficacia mayor para el uso de estos dentro de las obras pertinentes, así también los estudiantes que desarrollen el proyecto serán beneficiarios por la adquisición de conocimientos empíricos que tendrán mediante la ayuda y apoyo de la empresa.

Finalmente, el desarrollo del proyecto tiene la **factibilidad** de contar con todo el personal de la empresa predispuesto para que el proceso sea implementado de manera inmediata, así como todas las herramientas, recursos y programas que permitirán realizar un diseño adecuado a las necesidades de la empresa en cuanto al proceso de trefilado que es el punto central de la investigación.

Objetivos

Objetivo General

Formular mejoras para el proceso de trefilado en una empresa productora de cables, mediante el estudio integral de fallas en las máquinas de trefilado con el fin de aumentar la eficiencia operativa y la calidad del producto final.

Objetivos Específicos

- Categorizar los tipos de máquinas de trefilado existentes la empresa Ideal Alambrec a través de la realización de un inventario exhaustivo de las máquinas de trefilado, especificando su capacidad, modelo y función en el proceso para comprender la infraestructura de máquinas y su contribución al proceso productivo.
- Diagnosticar la situación actual de las máquinas productoras de cable en la empresa Ideal Alambrec mediante un análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF), así como un diagrama Pareto a partir de los datos históricos de paros técnicos para precisar las fallas de los equipos y priorizar acciones correctivas y preventivas, centrándose en las fallas que tienen un mayor impacto en la calidad y la producción.
- Proponer un plan de acción para regularizar la disponibilidad de la máquina trefiladora más crítica, así como repercutir en la mejora y optimización de la producción del proceso de trefilado mediante técnicas que buscan asegurar la confiabilidad, calibración de máquinas e implementación de auditorías a los equipos.

CAPÍTULO II

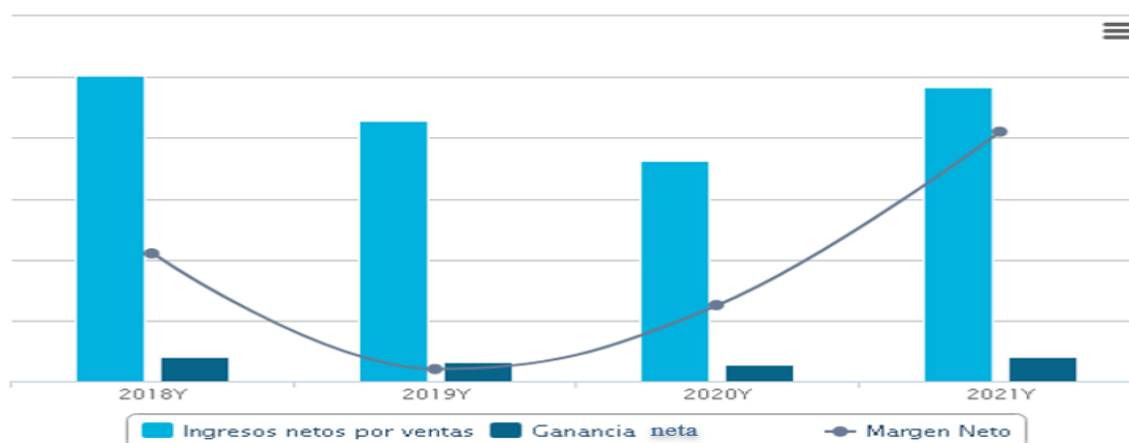
INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de la empresa

Ideal Alambrec – Bekaert, es una empresa metalmecánica encargada de la producción de alambre de acero para una serie de productos que se utilizan en diferentes sectores de la construcción, ganadería, agricultura, avicultura, industria general y minería. El actual Gerente General enfatiza que la pandemia ha afectado a la mayoría de las industrias, e Ideal Alambrec - Bekaert no fue la excepción. Sin embargo, la empresa supo aprovechar estas oportunidades de exportación a países como Chile, Colombia, Costa Rica y otros países centroamericanos, México, y próximamente exportará a Estados Unidos debido al repunte acelerado de la demanda en los mercados internacionales (Basantes, 2020).

Figura 16

Desempeño financiero de la empresa Ideal Alambrec – Bekaert



Nota. Los valores corresponden a lo estados financieros de los últimos 4 años, Basantes (2020).

El trabajo que se ha tomado como base o antecedente para el desarrollo de la investigación en curso corresponde al trabajo realizado por Mateus (2021), el mismo que expresa que la inexistencia de un manual de operaciones adecuado para el proceso de

trefilado en la empresa Ideal Alambrec, corresponde al declive del suficiente margen de control sobre el proceso productivo y resultados deseados, lo que permitió tener un proceso de orden lógico para la producción del alambre trefilado. No obstante, el manual creado carece de vigencia actualmente, por lo cual es un manual que se ha convertido en obsoleto para este proceso, pero, el mismo se ha convertido en una base para el desarrollo del proyecto en curso ya que, representa un guía de cómo se está realizando dicho proceso en la empresa.

El desempeño financiero de la empresa Ideal Alambrec de Ecuador entre los años 2022 y 2023 se puede resumir de la siguiente manera:

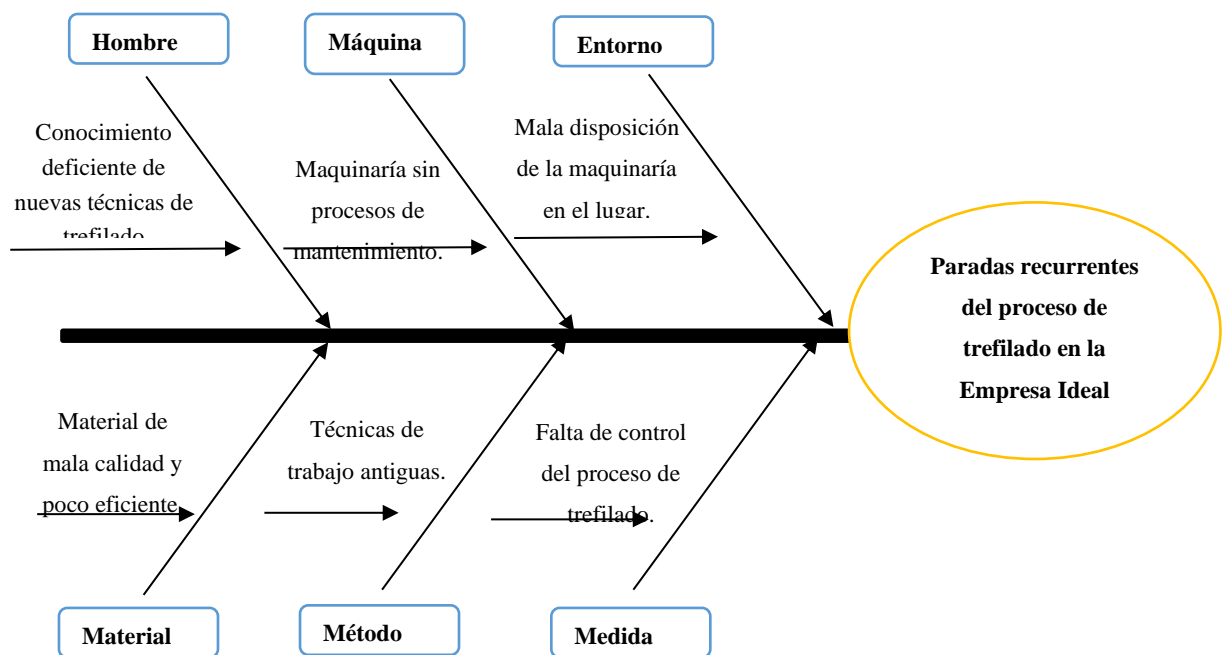
- La empresa Ideal Alambrec de Ecuador tuvo un mal desempeño financiero entre el 2022 y el 2023, según su propio reporte. Sus ingresos netos por ventas se redujeron en un 7,82%, lo que implicó una pérdida neta del 4,27% del margen neto. Además, el total de activos se contrajo en un 28,83%, mientras que el total de patrimonio se incrementó en un 18,98%. La relación deuda/capital fue negativa, con un valor de -2,69%, lo que señala que la empresa tenía más efectivo que deuda. El rendimiento sobre el patrimonio (ROE) fue de -20,68%, lo que indica que la empresa no creó valor para sus accionistas (United Nations Global Compact, 2022).
- Una posible explicación de este pobre desempeño financiero fueron los problemas eléctricos que interrumpieron el funcionamiento normal de las máquinas trefiladoras de producción. De acuerdo con un artículo publicado en IEEE Xplore, una importante empresa situada en un parque industrial en las afueras de Buenos Aires identificó una falla eléctrica repentina en la planta, que solía afectar la operación normal de una nueva máquina trefiladora de alambre. Esta falla solía

provocar pérdidas significativas en el proceso de producción. Por esta razón, el problema debía ser resuelto a corto plazo (EMIS, 2023).

- El costo relacionado con estos problemas eléctricos se puede calcular mediante la simulación Montecarlo, que es una técnica que permite estimar la probabilidad de diferentes resultados en un proceso complejo que tiene incertidumbre. Según un estudio realizado por la Universidad de Concepción, se desarrolló un modelo de simulación Montecarlo para predecir la eficiencia de las máquinas trefiladoras y el grado de ocupación que tendrían los operarios en función de la carga de trabajo asignada. Los resultados mostraron que las diferencias promedio entre la eficiencia real y la simulada fluctuaron entre el 3% y el 4%. El modelo también permitió estimar si los operarios tendrían la suficiente disponibilidad para atender las máquinas trefiladoras en un centro de trabajo en forma simultánea (EMIS, 2023).

Figura 17

Diagrama de espinas de pescado de la situación actual



Nota. Elaboración propia.

En la figura 17, se presentan las causas que motivan a la construcción de la presente investigación, igualmente motiva por realizar una mejora en el proceso de trefilado de la empresa Ideal Alambrec, ya que, el producto principal de la misma se basa en la producción, venta y distribución de materiales de construcción, especialmente de artículos que tenga una composición metálica.

Cabe destacar que el basamento de análisis de la sección de diagnóstico, estuvo orientado a la detección de las desviaciones de la producción, enmarcadas en la determinación del equipo trefilador que presentase mayores condiciones de atención técnica a ser estabilizadas, las cuales fueron detalladas en el capítulo 2, de la ingeniera del proyecto y la situación de la empresa.

Área de Estudio

Dominio: Tecnología y Sociedad.

Línea de investigación: Sistemas Industriales.

Sub Línea de investigación: Producción, análisis, diseño, simulación, logística, validación, P+L1, mantenimiento y mejora de sistemas productivos combinando calidad, costo y tiempos de entrega oportunos.

Campo: Ingeniería.

Área: Mantenimiento.

Aspectos: Trefilado.

Objeto de estudio: Mantenimiento de máquina trefiladora.

Periodo de análisis: Enero – Abril 2023.

Modelo Operativo

La sección del modelo operativo del presente documento, estableció la distribución de dicho modelo de acuerdo al análisis de las fallas de las máquinas de trefilado de trefilado, la selección de las maquinas por análisis para apreciación de criterios de operación según los índices arrojados en el último periodo conocido del año 2022, y la generación del modelo propuesto para la regularización del mantenimiento de las máquinas de trefilado mediante la aplicación de herramientas específicas para contrarrestar las fallas.

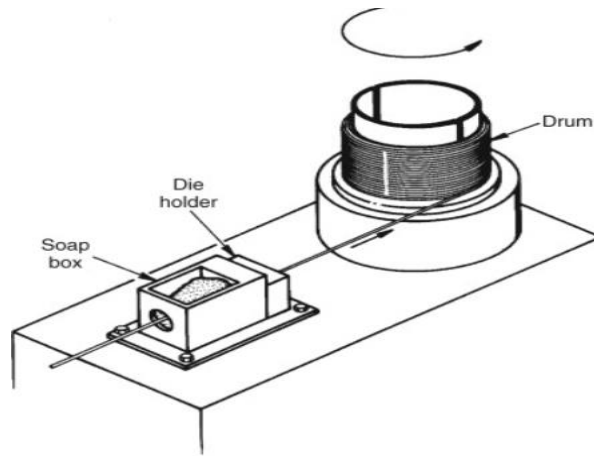
Proceso medular de trefilado

Inicialmente, fue detallado el principio del proceso de trefilado aplicado en la empresa Ideal Alambrec, en búsqueda del conocimiento necesario, para posteriormente lograr correlacionar adecuadamente los indicadores operacionales y modos de falla resultantes, en el periodo de evaluación.

El principio de funcionamiento básico de las máquinas de trefilado obedece a la demostración grafica reflejada en la figura 18, donde fueron expuestos los elementos mecánicos, así como la interacción reciproca de estos para lograr la reducción del diámetro del alambre, cuyos procedimientos son implementados por Ideal Alambrec, tal como se indicó, a continuación:

Figura 18

Funcionamiento de la traficación de alambre



Nota. Extraído de Gar (2023).

Inmediatamente, fue desarrollado el diagrama del proceso de trefilado, estableciendo el seccionamiento de los subprocessos que componen al proceso general, de acuerdo con la figura 19, a continuación:

Figura 19

Explicación paso por paso del proceso de trefilación



Nota. Extraído de Palazzetti (2018).

El modelo operativo a emplear será el PHVA, para el cual se ha presentado en primera instancia el proceso de trefilado que existe actualmente en la empresa Ideal Alambrec, este proceso de flujo sienta las bases en las cuales se debe trabajar para cumplir el objetivo del proyecto basado en la mejora de un proceso preexistente, para lo cual se consideraron los siguientes aspectos sobre el desarrollo del mantenimiento de la máquina de trefilado H-2:

Selección de máquinas por Análisis

Mediante el análisis de los datos obtenidos, se logró determinar que la máquina más afectada a nivel técnico-operativo, es la Trefiladora H-2 por poseer 448 paros técnicos de mantenimiento siendo estos mayores a las otras máquinas trefiladoras, teniendo en cuenta que su mantenimiento se lo realiza cada 6 meses, por lo que a la maquina Trefiladora Huoxin-2 se le debe realizar el proceso de mejoramiento en comparación a las otras máquinas mencionadas en la Tabla 4:

Tabla 4
Maquinas por mantenimiento

Etiquetas de fila	Suma de Paros Técnicos Mantenimiento
Trefiladora H-2	448
Trefiladora J 1	391
Trefiladora IA-12	323
Trefiladora IA-10M	305
Trefiladora H-1	261
Trefiladora IA-Z	241
Trefiladora IA-7	240
Trefiladora Re	224
Trefiladora IA-6	213
Trefiladora IA-10C	200
Trefiladora IA-4	174
Trefiladora IA-3	173
Trefiladora IA-10	171
Trefiladora H-4	165
Trefiladora H-3	104
Trefiladora IBA-3	2
Total general	3635,54

Nota. Elaboración propia

Cabe destacar que del total de 16 máquinas disponibles por la empresa Ideal Alambrec de Quito, para el año 2022, se gestionó un promedio de 258,25 por máquina en el transcurso del año operativo y un índice de OEE, del 52,2% como parte de los parámetros de interés para el análisis de la producción del periodo correspondiente.

A continuación, en la tabla 5, se evidenció la incidencia de los paros técnicos por mantenimiento de las diferentes máquinas a partir de la demostración de los datos correspondientes a la producción del año 2022, donde particularmente, los indicadores que acompañan a la trefiladora H-2, establecen el nivel de deterioro al que se enfrenta la operatividad de la misma, destacando: paros técnicos: 448 y un índice de efectividad total del equipo u OEE de 59 %.

Tabla 5

Indicadores de producción del periodo 2022

Máquina	Paros Técnicos Mantenimiento (Horas)	OEE (%)
Trefiladora H-4	165	74,0
Trefiladora IA-1D	200	72,6
Trefiladora IA-1	171	66,9
Trefiladora H-2	448	59,0
Trefiladora BA-3	2	58,6
Trefiladora Re	224	55,0
Trefiladora IA-12	323	52,0
Trefiladora IA-3	173	49,6
Trefiladora IA-7	240	49,0
Trefiladora IA-M	305	48,0
Trefiladora H-3	104	46,0
Trefiladora IA-6	213	45,2
Trefiladora IA-4	174	42,0
Trefiladora H-1	261	40,4
Trefiladora J-1	391	40,2
Trefiladora IA-Z	241	38,9
Resultado total	3,635	52,2

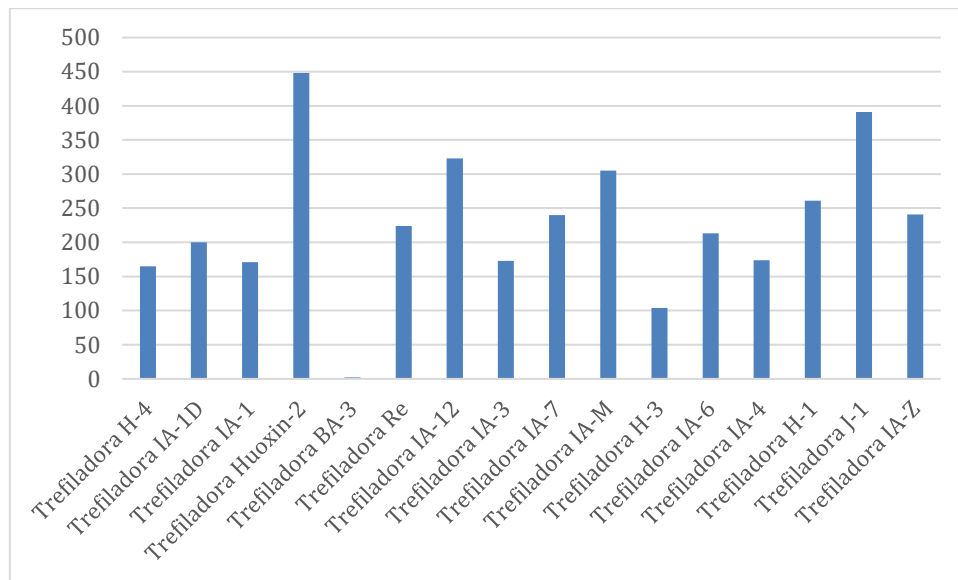
Nota. Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla 5, el equipo más crítico fue la máquina trefiladora Huoxing-2, o denominada H2, debido a la implicación de los declives de los indicadores de producción, tales como: 448 horas por paros técnicos de mantenimiento, siendo el mayor índice respecto del resto de las máquinas, a pesar de que la producción nominal fue de 3.523.810 kg y mantuvo un OEE del 59%, el cual resulta favorable.

A continuación, en la figura 20, se evidenció el histograma comparativo respecto del número de paradas técnicas por mantenimiento de las diferentes máquinas de la empresa, estableciendo por inercia la gravedad y criticidad sobre la maquina H-2, poseyendo el mayor número de paros con un total de 448:

Figura 20

Histograma de paros técnicos de trefiladoras del año 2022



Nota. Elaboración propia

De igual manera, a continuación, fue desarrollado el análisis de modos y efectos de fallas correspondientes al conjunto de las maquinas trefiladoras con las que cuenta la empresa Ideal Alambrec:

Tabla 6*Análisis AMEF*

Proceso	Modo de falla	Causa	Efecto	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	Acción
Trefilado del alambre	Rotura del alambre	Desgaste del trefilador	Pérdida de material y tiempo	8	4	6	192	Reemplazar el trefilador periódicamente
Trefilado del alambre	Desalineación del alambre	Vibración o desajuste de la máquina	Disminución de la calidad y la uniformidad del alambre	6	3	7	126	Ajustar y nivelar la máquina correctamente
Trefilado del alambre	Sobrecalentamiento del alambre	Exceso de velocidad o fricción de la máquina	Daño en el recubrimiento o el aislamiento del alambre	7	2	8	112	Controlar la velocidad y la lubricación de la máquina
Recubrimiento del alambre	Defectos en el recubrimiento	Contaminación o deterioro del material de recubrimiento	Pérdida de resistencia o conductividad del alambre	9	3	5	135	Verificar y reemplazar el material de recubrimiento si es necesario
Recubrimiento del alambre	Falta de adherencia del recubrimiento	Temperatura o presión inadecuada de la máquina	Desprendimiento o deslizamiento del recubrimiento sobre el alambre	8	2	7	112	Regular la temperatura y la presión de la máquina según las especificaciones
Recubrimiento del alambre	Variación del espesor del recubrimiento	Inestabilidad o falta de precisión de la máquina	Incumplimiento de las tolerancias o los estándares de calidad del alambre	7	3	6	126	Calibrar y verificar la máquina periódicamente
Trenzado del cable	Cortocircuito en el cable	Contacto entre los alambres	Daño en el cable y riesgo de	10	2	4	80	Inspeccionar y aislar los

		trenzados por defecto en el aislamiento o el recubrimiento	incendio o electrocución					alambres correctamente
Trenzado del cable	Desbalanceo o torsión del cable	Velocidad o tensión desigual entre los alambres trenzados	Disminución de la flexibilidad y la resistencia del cable	6	3	7	126	Sincronizar y equilibrar la velocidad y la tensión de los alambres
Trenzado del cable	Rotura o deshilachado del cable	Fuerza excesiva o ángulo incorrecto en el trenzado	Pérdida de material y tiempo	8	2	6	96	Ajustar la fuerza y el ángulo de trenzado según las especificaciones
Aislamiento del cable	Defectos en el aislamiento	Contaminación o deterioro del material aislante	Pérdida de protección o aislamiento del cable	9	3	5	135	Verificar y reemplazar el material aislante si es necesario
	Falta de adherencia del aislamiento	Temperatura o presión inadecuada de la máquina extrusora o enfriadora	Desprendimiento o deslizamiento del aislamiento sobre el cable	8	2	7	112	Regular la temperatura y la presión de la máquina extrusora

Nota. Elaboración propia.

Tabla 7*Paros de la máquina Trefiladora H-2*

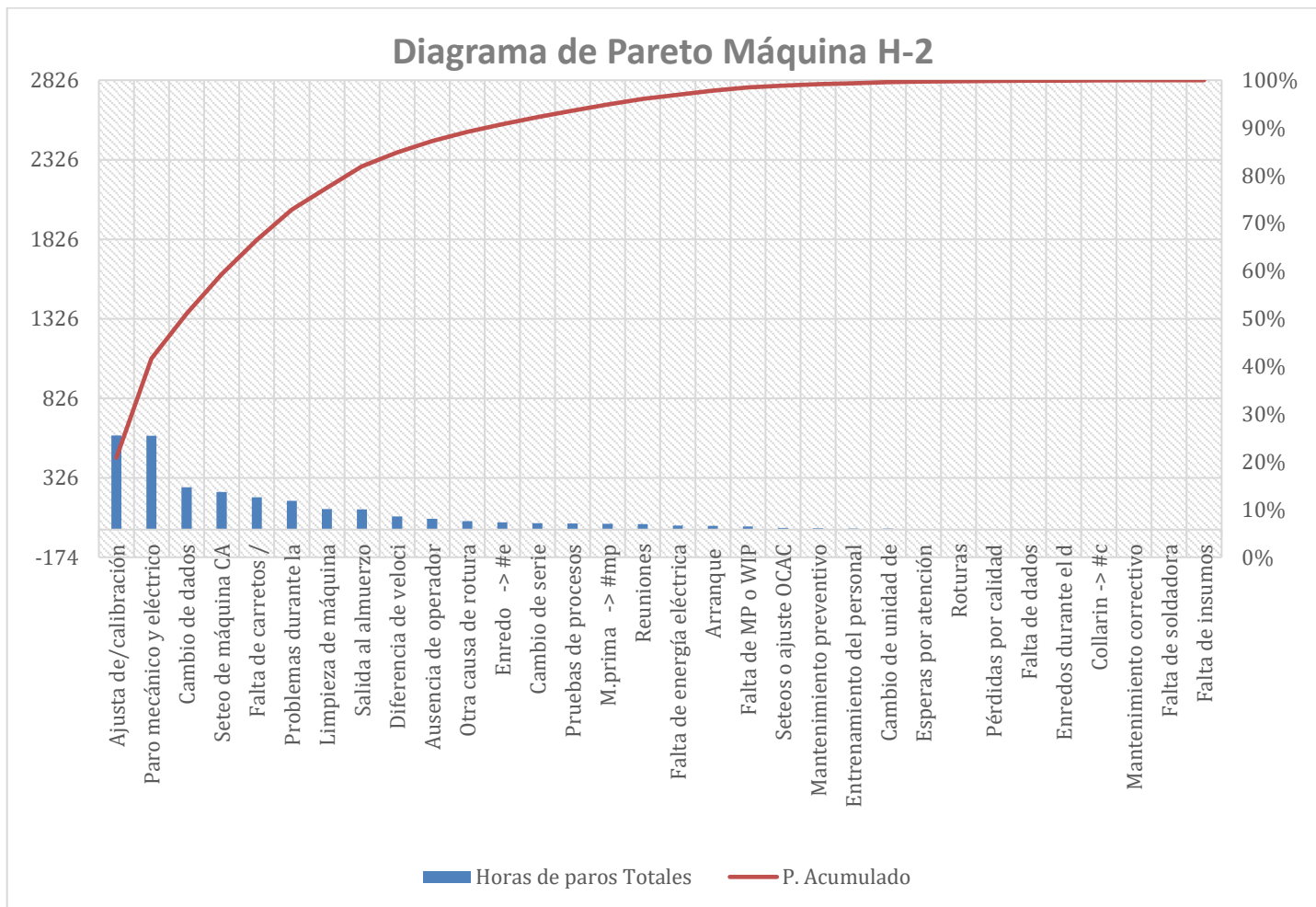
Modos de falla	ENE 2022	FEB 2022	MAR 2022	ABR 2022	MAY 2022	JUN 2022	JUL 2022	AGO 2022	SEP 2022	OCT 2022	NOV 2022	DIC 2022	Horas de paros Totales
Mantenimiento preventivo		8											8
Falta de energía eléctrica			3	8	1		6	5			1	1	25
Limpieza de máquina	4	2	7	7	12	9	8	7	12	9	45	7	129
Salida al almuerzo	11	9	11	7	14	2	12	6	9	4	6	38	128
Ausencia de operador	1	1	12	2	2	5	17		2	1	6	19	68
Pruebas de procesos	1	4	7			4	4		6	5	1	6	38
Entrenamiento del personal							6						6
Reuniones	1	2	3		1	4	6		5	3		9	34
Falta de dados									1				1
Falta de carros /	19	4	23	69	49	20	8			1	2	8	203
Falta de MP o WIP	4	1	1	2	3		2		1	3	1	2	20
Falta de soldadora					0								0
Falta de insumos			0										0
Paro mecánico y eléctrico	13	56	58	35	35	44	74	34	36	15	19	111	590
Esperas por atención		3									1		4
Seteos o ajuste OCAC		2	1	1			2	2		1	1	1	11
Cambio de dados	17	17	22	17	17	11	26	20	25	10	53	11	266
Cambio de serie	2	8	2	2	2	2	5	1	1	1	13	2	41
Seteo de máquina CA	22	11	20	13	22	9	13	12	16	14	75	9	236
Arranque	1	2	3	1	2	1	3	1	2	1	3	3	23
Problemas durante la	6	5	33	10	15	5	8	17	16	3	6	57	181
Ajusta de/calibración	25	31	36	33	44	31	49	31	56	31	198	27	592
Cambio de unidad de	3		1		1	1							6
Enredos durante el d		1											1

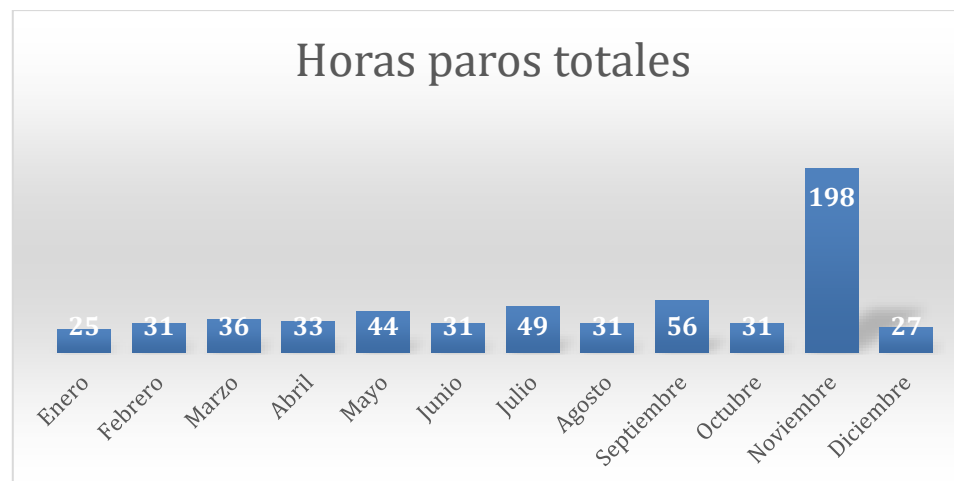
Roturas	1							1					2
Collarin -> #c			1										1
Enredo -> #e	3	6	7	1	2	1	4	14	1	2	1	4	46
M.prima -> #mp	11	4	1	1	1	1	4	4	2	1	2	5	37
Otra causa de rotura	5	7	3	4	5	3	3	9	1	3	1	10	54
Diferencia de velocidad	12	2	3	12	1	12	11	1	1	17	8	3	83
Pérdidas por calidad				1	1				0				2
Mantenimiento correctivo			1										1
Horas de paros Totales	147	182	254	215	228	148	255	147	188	120	89	121	2.837

Nota. Elaboración propia.

Figura 21

Diagrama de Pareto de la máquina Trefiladora H-2





Nota. Elaboración propia.

Tabla 8

Estadística descriptiva de las horas de paros totales de la maquina H-2

Valores estadísticos	Resultados
Media	54.5
Mediana	32
Moda	31
Varianza	2388.25
Desviación estándar	48,86
Rango mínimo	25
Rango <u>máximo</u>	198

Nota. Elaboración propia.

El análisis e interpretación de los valores de estadística descriptiva de la tabla 7, asociados a las horas de paros totales de la máquina trefiladora H-2, en la operación de los 12 meses del año 2022, podría ser el siguiente:

- **Media:** horas de paros totales es 54.5, lo que significa que el promedio de horas que la máquina estuvo parada por mes fue de 54.5 horas. Este valor puede estar influenciado por algunos datos extremos o atípicos, como el valor máximo de 198 horas o el valor mínimo de 25 horas.
- **Mediana:** horas de paros totales es 32, lo que significa que el 50% de los meses la máquina estuvo parada menos de 32 horas y el otro 50% más de 32 horas. Este valor es más resistente a los datos extremos que la media y puede reflejar mejor el comportamiento típico de la variable.
- **Moda:** horas de paros totales es 31, lo que significa que el valor más frecuente o repetido fue de 31 horas. Este valor indica que hubo varios meses en los que la máquina estuvo parada exactamente 31 horas.
- **Varianza:** horas de paros totales es 2388.25, lo que significa que la variación o dispersión de los datos alrededor de la media es alta. Este valor indica que los datos no son homogéneos y que hay mucha diferencia entre ellos.
- **Desviación estándar:** horas de paros totales es 48.86, lo que significa que la distancia promedio entre cada dato y la media es de 48.86 horas. Este valor también indica una alta variabilidad de los datos y se puede usar para establecer intervalos de confianza alrededor de la media.
- **Rango mínimo:** horas de paros totales es 25, lo que significa que el valor más bajo o menor fue de 25 horas. Este valor indica que hubo un mes en el que la máquina estuvo parada muy poco tiempo.

- Rango máximo: horas de paros totales es 198, lo que significa que el valor más alto o mayor fue de 198 horas. Este valor indica que hubo un mes en el que la máquina estuvo parada mucho tiempo.

De acuerdo con los indicadores de la figura 21, los modos de fallas expuestos corresponden a la descripción de las desviaciones presentada en la sección de antecedentes, estableciendo variedad y frecuencia de los distintivos de fallas de acuerdo a su naturaleza causal. En el mes de julio se presentaron la mayor cantidad de fallas, generando paradas técnicas inmediatas por 255 horas, mientras que el modo de falla más recurrente correspondió a: paro mecánico y eléctrico, por 590 horas y ajuste o calibración por 592 horas, respectivamente.

Modelo operativo propuesto

Este estudio se concentra o se engloba en un proyecto metodológico, puesto que parte de una evaluación de las condiciones operacionales de las máquinas de trefilado con el fin de precisar los aspectos con capacidad de ser mejorados o la forma de funcionamiento, operatividad, disponibilidad y margen productivo en búsqueda de la disminución de las paradas técnicas, y como estos se puedan adecuar de manera tal que se puedan aprovechar mejor los procesos de generación de alambres en la empresa.

Para el desarrollo del proyecto se aplicó el ciclo PHVA como modelo operativo, como principal herramientas de gestión del proceso de trefilado para aumentar la productividad a través de la generación de un plan de acción, para optimizar el rendimiento operativo, en búsqueda de la disminución de las paradas técnicas por horas de la maquina trefilado más crítica, mismo que Martins (2022) señaló que este ciclo posee un enfoque interactivo para resolver problemas que se pueden utilizar para implementar cambios y mejorar procesos, este método es un espiral continuo ya que, tiene como

objetivo mejorar los procesos y las iteraciones de una empresa específica, dado que este ciclo ofrece un proceso de mejora continua con un alto grado de flexibilidad y mejora iterativa.

El modelo operativo, enmarcado por la herramienta de gestión del ciclo PHVA, fue distribuido en las fases de: alternativas, aplicación del método Deming, aplicación de planes de acción estandarizada, redefinición del proceso de contacto entre jefes y operarios de trefilado, creación de un departamento de control de calidad, ensayo de prueba de prueba de máquinas trefiladoras, instalación de instrumentación 4.0, programas de confiabilidad y aplicación de auditorías.

El modelo operativo de una tesis consiste en la explicación de la ejecución de la investigación estableciendo la debida relación y propósito de las variables a medir, métodos de evaluación y procedimiento acorde con el objetivo general y específicos propuestos para otorgar el marco de organización al documento. La descripción del modelo operativo, consistió en la siguiente sucesión e indicación de fases progresivas.

- **Introducción:** Se presenta el contexto general del problema, la justificación, los objetivos y la metodología de la investigación.
- **Marco teórico:** Se revisan los conceptos fundamentales sobre el proceso de trefilado, las técnicas de mejora de procesos, los indicadores de desempeño y los modelos operativos existentes.
- **Diagnóstico:** Se realiza un análisis del estado actual del proceso de trefilado en la empresa, identificando las oportunidades de mejora, las causas raíz y los efectos sobre la calidad, el costo y el tiempo.
- **Diseño:** Se propone un modelo operativo mejorado para el proceso de trefilado, basado en las mejores prácticas, las normas técnicas y los requisitos del cliente.

Se definen los roles, las actividades, los recursos, los controles y los flujos de información del nuevo modelo.

- **Implementación:** Se describe el plan de acción para ejecutar el modelo operativo mejorado, incluyendo las acciones, los responsables, los plazos, los recursos y los riesgos. Se establecen los criterios de evaluación y seguimiento del nuevo modelo.
- **Resultados:** Se presentan los resultados obtenidos con el modelo operativo mejorado, comparándolos con el estado anterior y con los objetivos planteados. Se analizan los beneficios, las limitaciones y las lecciones aprendidas del nuevo modelo.
- **Conclusiones y recomendaciones:** Se resumen las principales conclusiones y aportes de la investigación, así como las recomendaciones para futuros estudios o mejoras.

Figura 22

Modelo PHVA – Deming aplicado al mantenimiento de trefiladoras



Nota. Extraído de Tienda Lean (2023).

Por otro lado, respecto de la personalización del programa de ejecución de las mejoras sobre la empresa, se emplearon las secuencias de fases derivadas del mismo modelo operativo de la metodología PHVA, concerniente a la figura 22, sobre la planificación, análisis de la situación actual, aplicación de *Lean Manufacturing* y cierre del proyecto.

La estructura de la metodología Deming, fue aplicada sobre el sistema de trefilado, contemplando la revisión y análisis de los elementos tanto desde la perspectiva operativa de la línea de producción de forma exhaustiva, como desde la perspectiva de la

información que facilita la gestión de estos, detallando: parámetros de operación en historiales, indicadores, costos asociados, entre a otros, a fin de establecer mejoras a través de un plan de acción capaz de contrarrestar las debilidades detectadas.

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Desarrollo de la propuesta

Para mejorar el proceso de trefilado de la empresa Ideal Alambrec S.A., se debe en principio definir el procedimiento de trefilado paso por paso que realiza la empresa para en base al mismo reconocer en donde se pueden dar las mejoras pertinentes, así como los planes de acción que se deben realizar en cada caso. A continuación, el proceso consecutivo para la obtención del alambre trefilado:

Tabla 9

Estandarización del proceso de trefilado explicado paso a paso en la empresa IDEAL ALAMBREC S.A

PASOS	EXPLICACIÓN
PASO 1	Verificación de las órdenes de fabricación procesadas mediante el programa de producción que son lanzadas por el programador e impresa mediante el sistema BAAN. Posterior a esto, se entregan las órdenes de fabricación a los jefes de sección de turno.
PASO 2	El jefe recibe el programa y las órdenes de fabricación, con esto se realiza una validación de las órdenes de fabricación que recibe, asegurándose de que haya suficientes etiquetas de identificación y que el número de orden y los datos coincidan con los de las etiquetas.
PASO 3	El jefe entrega el nuevo pedido al operador de la máquina correspondiente después de completar el pedido de fabricación y repasa las condiciones en las que se llevará a cabo. Se verifica si la máquina

	está equipada con los ajustes necesarios para llevar a cabo la orden de fabricación.
PASO 4	Se retiran las etiquetas de los paquetes, y se busca el alambón necesario de acuerdo con el producto que se está fabricando y luego se agrega a las órdenes de fabricación. Dado que el stripper los coloca en las máquinas de acuerdo con el programa, el alambón que se va a utilizar suele estar situado detrás de la cañonera.
PASO 5	Después de comprobar que el dadero haya cambio la serie, se procede a enhebrar la máquina. El proceso de enhebrado de las máquinas es similar.
PASO 6	Se enciende la máquina y comienza con el proceso de trefilación del alambre. El momento de encender las bobinas es recomendable iniciarlas con un INCH para que el alambre no se rompa por el tirón del inicio y las bobinas deben ser encendidas en orden desde la primera hasta la última en forma casi inmediata.
PASO 7	Para el embalaje del producto que sale de la sección de trefilado, se transporta el producto a la sección de peso exacto 1 y 2 y en ocasiones se enzuncha el alambre en las mismas máquinas dependiendo el tipo de alambre y el destino que tiene.
PASO 8	El operador registra la producción en la orden de fabricación. En ella anota la hora de inicio, la hora de finalización y los kilos producidos. En caso de paros por mantenimiento de la máquina, se cierra la orden de fabricación y se la abre cuando la máquina vuelva a producir. Si el tiempo de reparación es corto no se la cierra. Identifica producto colocando las etiquetas en el alambre trefilado.

PASO 9	El producto embalado y registrado ingresa a la bodega para su posterior venta y distribución. En caso de ser producto intermedio, pasa a la sección que le corresponda para continuar con su producción después de ser registrado
---------------	---

Nota. Información adaptada mediante visualización propia en la empresa IDEAL ALAMBREC por parte el autor.

Alternativas

Para mejorar el proceso de trefilado en la empresa Ideal Alambrec S.A. se debe tener en consideración ciertos pasos a seguir, ya que, el proceso no es netamente de las máquinas, sino que también intervienen los operadores en cada paso del proceso. Para lo cual se han propuesto las siguientes alternativas de solución para mejorar el proceso de trefilado:

- Desarrollar un programa de calibración y ajuste de la maquina H-2 de carácter análogo.
- Diseñar el programa de confiabilidad para el equipo H-2 y anticipar la aparición de fallas con seguimiento constante.
- Proporcionar las directrices para el desarrollo de auditorías sobre el equipo trefilador H-2Aplicación de los planes de acción estandarizados

Planes de acción estandarizados

El plan de acción se define como las etapas en las cuales se desarrolla cada uno da las fases de las alternativas de solución que se han propuesto en el punto anterior, teniendo en cuenta quienes interactuaran en el proceso de mejora, los recursos y la finalidad de cada parte del proceso:

Tabla 10*Plan de Acción*

ALTERNATIVA	RESPONSABLES	RECURSOS
Desarrollar un programa de calibración y ajuste de la maquina H-2 de carácter análogo.	Jefe de área, departamento de mantenimiento y operarios.	
Diseñar el programa de confiabilidad para cada equipo y anticipar la aparición de fallas con seguimiento constante.	Jefe de área, departamento de mantenimiento y operarios.	- Computador de oficina, - <u>Conexión a internet.</u>
Aplicación de auditorías.	Jefe de área, departamento de mantenimiento y operarios.	

Nota. Elaboración propia.**Programa de calibración/ajuste de las máquinas de trefilado**

Considerando los resultados expuestos en el análisis de Pareto, respecto a la relación 80 – 20 del conjunto de fallas evidenciado en los registros de fallas del periodo 2022, el 24% de las fallas fueron concentradas en la recurrencia del desajuste o descalibración de la maquina trefiladora H-2, por lo cual se estableció el siguiente programa de calibración de la maquina, para la corrección de la principal causa de paradas:

Tabla 11*Programa de calibración de maquina trefiladora H- 2*

Pasos	Procedimiento
Paso 1	Seleccionar el alambre a calibrar y verificar su diámetro inicial con un micrómetro o un calibre.
Paso 2	Colocar el alambre en el carrete de entrada y ajustar la tensión del mismo.
Paso 3	Seleccionar el dado o matriz adecuado según el diámetro final deseado y colocarlo en la boquilla de la máquina.
Paso 4	Conectar el variador de velocidad y ajustar la frecuencia y el voltaje según las especificaciones del fabricante.
Paso 5	Encender la máquina y hacer pasar el alambre por el dado, verificando que no haya enredos, roturas o defectos en el alambre.
Paso 6	Medir el diámetro final del alambre con un micrómetro o un calibre y compararlo con el valor esperado.
Paso 7	Si el diámetro final es correcto, se termina la calibración. Si no, se repite el proceso con otro dado o se ajustan los parámetros del variador de velocidad hasta obtener el valor deseado.

Nota. Elaboración propia.

Posteriormente, para complementar y ejecutar un correcto programa de mantenimiento, fueron desarrollados los siguientes formatos para la gestión apropiada de la maquina trefiladora H-2, así como la compatibilidad con el resto de las maquinas:

Formatos de gestión de información de mantenimiento de máquinas trefiladoras

A continuación, fueron evidenciados los diferentes formatos para la recolección de la información necesaria para ser llenados digitalmente teniendo en cuenta los parámetros de información arrojados por la instrumentación de la industria 4.0, junto a los indicadores de mantenimiento a integrar para mejor control de la eficiencia del proceso y garantía del seguimiento del comportamiento operativo de la maquina trefiladora H – 2:

Tabla 12

Formato de orden de mantenimiento

LOGO DE LA EMPRESA						
Orden de mantenimiento						
Cod. Mant.	Cod. Equipo	Observaciones	Fecha	H-H	TFS	Responsable

Nota. Elaboración propia.

La orden de trabajo tendrá que ser llenada por el ejecutor y tendrá la siguiente información:

Cod. Mant.: Código del equipo al cual se va a realizar el mantenimiento.

Cod. Equipo: Código del tipo de mantenimiento.

Fecha: Fecha en la que se va a realizar la tarea.

Observaciones: Comentarios sobre las tareas efectuadas, inconvenientes, detalles, etc.

H – H: Horas-hombre empleadas

TFS: especificar el tiempo fuera de servicio.

La orden de trabajo será generada por los planificadores de mantenimiento de las trefiladoras, previa autorización del jefe de área. El jefe del área debe notificar la intendencia cuando, donde y que tipo de mantenimiento debe ser aplicado.

A continuación, el formato de planificación de mantenimiento:

Tabla 13

Formato de orden de mantenimiento

Logo de la empresa		
Formato de orden de mantenimiento		
Fecha de notificación:	Código de equipo:	Tipo de falla:
Zona/Área/Proceso:		
Observaciones:		
Tipo de falla:		Ejecutado por:
Horas – Hombre:	Costo material:	Costo total:
Datos para el cálculo de la confiabilidad		
Fecha/hora de parada:		
Fecha/hora de puesta en marcha:		
Fecha/hora de inicio de reparación:		
Fecha/hora de fin de reparación:		

Nota. Elaboración propia.

Determinación de la confiabilidad

Las condiciones de funcionamiento y por ende de confiabilidad, han de ser propias de cada máquina en particular, influenciadas por los factores del entorno circundante, a las que deben ser sometidas. La determinación del índice de confiabilidad ha de indicar la capacidad y garantía operacional exitosa del equipo, así como la evidencia funcional desde el punto de vista de la disciplina de mantenimiento.

El resultado de diferentes estudios preliminares que permiten la clasificación del funcionamiento y condiciones implicadas, documentado a partir del registro de operaciones de los equipos, guiado además por el personal encargado y la empresa Ideal

Alambrec C.A., la cual emplea como pieza clave en la determinación de confiabilidad que se desarrollará

La aplicación del criterio del conocimiento y manejo de la confiabilidad, ha de permitir disminuir las fallas con un mantenimiento rutinario propuesto, mediante el desarrollo de la siguiente expresión matemática, se aplican las siguientes fórmulas de probabilidad supervivencia $R(t)$

$$R(t) = e^{-htdt}$$

Para este caso particular que involucra el estudio, la función $h(t)$ será una constante con respecto al tiempo, y esta función será sustituida de la siguiente manera:

$$h(t) = \lambda$$

Cuando el valor de $h(t)$ es una constante la ecuación de confiabilidad (o probabilidad de supervivencia) queda de la siguiente manera:

$$r(t) = e^{-\lambda t}$$

$$\text{Confiabilidad} = \%$$

Determinación de la disponibilidad

Como indicador crítico, respecto a responder a la cualidad funcional del equipo en calidad de garantía funcional, ha de ser determinada la disponibilidad, como factor integral del funcionamiento. A continuación, se calcula la disponibilidad a la máquina de trefilado H- 2 en la línea de producción, aplicando el siguiente sistema de ecuación y datos:

Numero de fallas: 17.

Considerando la continuidad del proceso en formato de labores de 24/7, se conoce que el equipo guarda una relación de alrededor de 8.760 horas de operación por año, por lo cual:

$$\text{TPEF} = \frac{8760 \text{ horas}}{17} = 515.29 \text{ horas}$$

Y tomando en cuenta que fueron 17 fallas las ocurridas y que el tiempo de falla es de 76.5 horas, se tiene que:

$$\text{TPEF} = \frac{76,5 \text{ horas}}{17} = 4,5 \text{ horas}$$

Por lo tanto, la disponibilidad total es de:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{515,5 \text{ horas}}{515,29 \text{ horas} + 4,5 \text{ horas}} = 99,13\% \text{ horas}$$

Determinación de la mantenibilidad

Finalmente, el indicador de mantenibilidad ha de servir para describir la relación de los tiempos implicados en las maniobras de mantenimiento, considerando la justificación de la parada por manifestación de falla que imposibilite la continuación, teniendo en cuenta el tiempo hasta la reparación y reinicio del proceso, a través del tiempo medio para la reparación o MTTR, como se describió en la siguiente formula:

$$\text{TTTR} = \frac{n(i - 1) \text{TPR}_i}{n} \text{ horas}$$

Donde el parámetro referente es la cualificación del tiempo empleado para la reparación o TPR, vinculando de forma relacional, a las condiciones que propiciaron la manifestación de la falla y el contexto operacional de esta, y por ende conseguir los tiempos para reparación que se generen, teniendo que:

$$\text{TTR} = \frac{522,5 \text{ horas}}{18} = 29,03 \text{ horas}$$

Aplicación de auditorías

Finalmente, la aplicación de auditorías, ha de consistir en la sintetización de todos los parámetros resultantes de la gestión de control de calidad, operación, mantenimiento y producción en un mismo documento que totalice los indicadores concernientes al periodo auditado, el cual debe ser revisado de forma mensual y especialmente anual, en búsqueda de la determinación y alcance del logro de los objetivos de mejora de la programación y confiabilidad operativa del equipo H- 2.

Resultados esperados

Los resultados esperados fueron analizados por el departamento de producción de la referida empresa, considerando los índices actuales y contrastándolos con las proyecciones a corto y mediano plazo, en un lapso de aproximadamente 6 meses, considerando el cronograma de actividades de la tabla 16, tal como los costos asociados a la tabla 15, proporcionando la siguiente apreciación de las medidas para contrarrestar las fallas de la máquina H – 2:

A continuación, en la tabla 14, fueron descritos y comparados los resultados esperados tras la aplicación del plan de acción y las condiciones actuales a los que está sometida la máquina H – 2:

Tabla 14*Plan de Acción*

Parámetros	Condición actual	Condición esperada
Eficiencia	76,08%	85%
Paros técnicos	13,24 h/mes	06 h/mes
Paros por eficiencia de la máquina	93,75 h/mes	15 h/mes

Nota. Extraído de las estimaciones del departamento de producción de Ideal Alambrec tras aplicar la mejora.

La aplicación del plan de acción en proporción, implicaría la optimización del proceso de calibración de la maquina en cuestión, así como la determinación y gestión de la información e índices que le competen, especialmente los enfocados en las paradas técnicas por horas.

La justificación de los parámetros optimizados en la condición esperada correspondiente a la tabla 14, contempla la recuperación del control de fallas recurrentes por causa de descalibración de la trefiladora H-2, en búsqueda de la minimización de los paros técnicos de dicha máquina. La mejora de la eficiencia plantada, del 8,92%, va de la mano de la reducción de los paros técnicos a un mínimo de 6 horas al mes, homologado a 15 horas al mes desde la perspectiva de la eficiencia de la máquina, bajo la programación de las paradas en el formato preventivo de intervención, cuyo responsable principal, han de ser los programas de confiabilidad, para estabilizar las intervenciones técnicas sobre la máquina.

Cronograma de actividades

Tabla 15

Cronograma de Actividades

N° Actividad	Inicio	Final	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
Recolección de información del proceso de trefilado	31/08/2023	15/08/2023						
Identificación de la problemática actual.	16/08/2023	31/08/2023						
Identificación de la máquina trefiladora crítica	01/09/2023	15/09/2023						
Identificación de métricas del proceso	16/09/2023	31/09/2023						
Generación de la mejora través de la herramienta de gestión Ciclo Deming diseño de planes de acción.	01/10/2023	15/10/2023						
Programa de calibración/ajuste de la máquina de trefilado.	16/10/2023	31/10/2023						
Formatos de gestión de información de mantenimiento de máquinas de trefilado.	01/11/2023	15/11/2023						
Determinación de la confiabilidad.	16/11/2023	30/11/2023						
	01/12/2023	15/12/2023						
	16/12/2023	31/12/2023						
Aplicación de auditorías.	01/01/2024	15/01/2024						
Canalización de resultados esperados	16/01/2024	31/01/2024						
Análisis de costos	01/02/2024	15/02/2024						

Nota. Elaboración propia.

Cronograma de implementación

Tabla 16

Cronograma de Actividades

N° Actividad	Inicio	Final	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Programa de calibración/ajuste de la máquina de trefilado.	16/02/2024	28/02/2024				
	01/03/2024	15/03/2024				
Formatos de gestión de información de mantenimiento de máquinas de trefilado.	16/03/2024	31/03/2024				
	01/04/2024	15/04/2024				
Determinación de la confiabilidad.	16/04/2024	31/04/2024				
	01/05/2024	15/05/2024				

Nota. Elaboración propia.

Análisis de costos

Inversión en activos fijos

Para el desarrollo e incorporación de la mejora del proceso de trefilado para aumentar la productividad de Ideal Alambrec, fueron desglosados en calidad de aspectos financieros, los diferentes elementos que permitieron el desempeño de la misma respecto el rubro de los activos fijos, estableciendo costos y definición de la inversión, fue elaborada una tabulación respecto del presupuesto de activos fijos y capital de trabajo, en el que la complejidad y el conjunto de procesos desde colocación de la materia prima, hasta la obtención del producto terminado, fungieron como base para generar el marco optimización de la mejora, mediante la asistencia guiada de la empresa Crow Services and Consulting, para la instalación de los dispositivos correspondientes a la industria 4.0, estimando el proyecto en un valor de 3.150,00 USD sin IVA.

Adicionalmente, Ideal Alambrec, dispondrá de los elementos necesarios al alcance para la estimación de la mejora, evitando de esa forma, generar gastos extra, además de los recursos disponibles en el stock de mantenimiento.

Tabla 17

Presupuesto de activo de la propuesta de mejora

Equipos	Cantidad	Unidad de medida	Detalle	Precio unitario	Precio Total	Proveedores
Equipos para redefinición del proceso de contacto del personal.	1	Unidad	Nuevos	742,00	742,00	Interna.
Creación del departamento de control de calidad.	1	Unidad	Nueva propuesta	1.378,00	1.378,00	Interna.
Instrumentación automática de industria 4.0.	1	Unidad	Nuevo	3.150,00	3.150,00	Crow Services and Consulting
Total					5.270,00	USD

Nota. Elaboración autor

Respecto a la naturaleza de los activos fijos, igualmente, fueron prescindidos aquellos elementos inmobiliarios, tales como sillas, escritorios, mesas, teléfonos y estantes para la creación del departamento de calidad, estableciendo solo elementos extra, requeridos con carácter específico, tales como: dispositivos y equipos de análisis de mantenimiento preventivo no establecidos en la instrumentación 4.0, debido a que la empresa ya cuenta con ellos, en el uso del resto de las funciones conforme al día a día.

Inversión en gastos diferidos

Respecto de los gastos diferidos, la aplicación del horario del técnico especialista, fue establecida para definir los términos respecto extensión y profundidad de las labores, distinguiéndose la siguiente tabla:

Tabla 18

Gastos asociados a la ejecución de la propuesta

Gastos diferidos			
Concepto	Cantidad	Valor Un.	Total
Honorarios de técnico especialista en automatización.	1	500,00	500,00
Total, gastos diferidos			500,00 USD

Nota. Elaboración autor

Inversión en gastos de mantenimiento

A Continuación, se presentan los costos de mantenimiento asociados al desarrollo y aplicación de la propuesta, el cual comprende, recurrir a los recursos tangibles para la asistencia técnica de mantenimiento sobre la máquina H-2, de la tabla 19:

Tabla 19

Costos asociados al mantenimiento de los equipos

Cantidad	Equipo/Maquinaria	Descripción	Costo unitario	Costo Total	Proveedores	Costo Anual de Mantenimiento
1	Lubricantes	Mantenimiento preventivo	30,00	30,00	Ls Technology	30,00
1	Consumibles generales	Mantenimiento preventivo	200,00	30,00	Ls Technology	30,00
2	Herramientas	Mantenimiento preventivo	60,00	60,00	Ls Technology	60,00
1	Otros	Mantenimiento preventivo	30,00	200,00	Ls Technology	200,00
Total						200,00 USD

Nota. Elaboración autor

Capital de trabajo

En cuanto al capital de trabajo, la empresa Ideal Alambrec, fueron definidos los costos asociados al capital de trabajo, comprendidos por los siguientes elementos, de acuerdo al detalle de la tabla 20:

En cuanto a los sueldos y beneficios sociales, fueron estimados, solamente el dimensionamiento de extra, respecto del total abarcado entre sueldos y beneficios, considerando la participación de los actores que intervienen en el desarrollo y aplicación de la mejora de producción de la maquina H-2:

Tabla 20

Inversión en capital de trabajo para la implementación de la mejora

	GASTOS	
(+)	Gastos de operatividad	920,00
(+)	Sueldos y Beneficios Sociales	6.782,15
(+)	Servicios Básicos	850,00
(+)	Suministros y materiales para la mejora	70,00
(+)	Depreciaciones y Amortizaciones	1.040,20
	GASTOS OPERACIONALES	9.662,36
	GASTOS FINANCIEROS	1.375,42

	GASTOS	
	Gasto Interés	1.375,42
	COSTO TOTAL	11.037,78 USD

Nota. Elaboración autor.

La determinación del capital de trabajo, considerando la sustracción de las depreciaciones, establece un total de:

CAPITAL				
TRABAJO	=	COSTO TOTAL	-	DEPRECIACIONES
				X 30
		<hr/> <hr/>		
		365		

CAPITAL				
TRABAJO	=	11.349,65	-	1.820,93
				X 30
		<hr/> <hr/>		
		365		

CAPITAL				
TRABAJO	=	9.216,85		
			X	30
		<hr/> <hr/>		
		365		

CAPITAL				
TRABAJO	=	25,25	X	30

CAPITAL				
TRABAJO	=	757,55 USD		

Posteriormente, fue sintetizada la inversión total, comprendiendo la financiación de activo fijo por el monto de 5.270,00; mientras que, como capital de trabajo, fue necesario un monto de 783,18, habiendo establecido un plan de inversión con el siguiente esquema: 40% (2.108,00) del capital propio, y 60% (3.162,00) financiado por BanEcuador.

Tabla 21

Inversión total

CONCEPTO		VALOR
(+)	INVERSIÓN EN ACTIVO FIJO	5.270,00
(+)	INVERSIÓN EN CAPITAL DE TRABAJO	757,55
(=)	INVERSIÓN TOTAL	6.027,55

Nota. Elaboración autor

Tabla 22

Financiamiento

CONCEPTO		VALOR	%
(+)	CAPITAL PROPIO	2.411,00	40%
(+)	DEUDA	3.616,55	60%
(=)	INVERSIÓN TOTAL	6.027,55	100%

Nota. Elaboración autor.

Finalmente, entre las tablas 21 y 22, fueron desglosados los detalles de la inversión respecto de la disposición de capital propio y la asistencia de préstamo al acudir a BanEcuador, con el 60% del monto total.

Presupuesto de costos y gastos

El presupuesto de costos y gastos, ha de corresponder al detalle financiero respecto de la sostenibilidad operacional de la mejora, en relación a los elementos de, sueldos base, suministros varios, entre otros factores como la amortización, según la tabla 23.

Tabla 23

Proyección de gastos

Concepto	Años				
	2024	2025	2026	2027	2028
GASTOS	11.457,73	12.603,50	13.863,85	15.250,24	16.775,26
Gastos operativos	920,00	1.020,00	1.122,00	1.234,20	1.357,62
Suministros generales	70,00	77,00	84,70	93,17	102,49
(+) Sueldos y Beneficios Sociales	6.782,15	7.460,37	8.206,41	9.027,05	9.929,76
(+) Servicios Básicos.	850,00	935,00	1.028,50	1.131,35	1.244,49
(+) Suministros de la mejora	420,00	462,00	508,20	559,02	614,92
(+) Depreciaciones y Amortizaciones	1.040,20	1.144,22	1.258,64	1.384,50	1.522,95
GASTOS OPERACIONALES	10.082,35	11.090,59	12.199,65	13.419,62	14.761,12
GASTOS FINANCIEROS	1.375,42	1.512,96	1.644,26	1.808,69	1.989,56
Gasto Interés	1.375,42	1.512,96	1.644,26	1.808,69	1.989,56
GASTO TOTAL	11.457,73	12.603,50	13.863,85	15.250,24	16.775,26

Nota. Elaboración autor.

A razón de la tabla 23, fueron desglosados los montos correspondientes a la proyección de gastos de la empresa, considerando como inicio el siguiente año 2024, hasta el año 2028, a razón del cálculo del 10% sobre cada cifra por año.

A continuación, en la tabla 24, fueron establecidos las ganancias de proyección anual neta, por rehabilitación y mejora de la máquina de trefilado H-2, considerando el aumento de la producción según la recuperación de la eficiencia hasta el 85%:

Tabla 24

Ganancias de proyección neta anual por maquina trefiladora H-2

Concepto	Cantidad	Valor Un. En USD	2023	2024	2025	2026	2027
Ganancia neta de producción H-2.			26.942,15	37.012,55	47.696,85	59.589,52	72.644,54

Nota. Elaboración autor

Presupuesto de ingresos

En lo que respecta a la capacidad proyectada de la aplicación de la mejora de producción sobre la máquina H-2, como mejora general tras la repotenciación de la máquina críticas en cuestión, fueron establecidos los indicadores ingresos asociados a la aplicación de la mejora, integrando la producción de la totalidad de las máquinas, semanales, mensuales y anuales, desde el año 2024 hasta el 2028:

Tabla 25

Ingresos asociados a la aplicación de la mejora

CONCEPTO	AÑOS				
	2024	2025	2026	2027	2028
Demanda	8.760	11.680	14.965	19.345	139.159

CONCEPTO	AÑOS				
	2024	2025	2026	2027	2028
Saldo de ganancia para Ideal Alambrec por aplicación de la mejora general	11.55 \$				
Total, Ingresos	101.160,00	134.904,00	172.845,75	223.434,75	282.455,25

Nota. Elaboración autor.

Estado de resultados

Tomando en cuenta las proyecciones previas sobre los ingresos y gastos, así como el esquema de inversión para el desarrollo de la aplicación de la mejora, a través del suministro del 60% de la financiación mediante el mecanismo de préstamo de BanEcuador en formato de microcrédito, por un monto de: 3.616,55 USD, acordando una tasa efectiva del 15,30% en un periodo de 3 años, con forma de pago anual.

Finalmente, la aplicación de la proyección de la implementación, permitió la determinación del alcance de los logros financieros, respecto del balance entre ganancias y pérdidas anuales, desde el año 2024 hasta el 2028.

Tabla 26

Estado de resultados relacionado con la aplicación del proyecto

Concepto	Años				
	2024	2025	2026	2027	2028
Ingresos Netos	20.037,57	29.009,97	40.074,24	51.249,42	64.591,08
GASTOS					
Gastos operativos	920,00	1.020,00	1.122,00	1.234,20	1.357,62
Suministros generales	70,00	77,00	84,70	93,17	102,49
Sueldos y Beneficios Sociales	6.782,15	7.460,37	8.206,41	9.027,05	9.929,76
Servicios Básicos	850,00	935,00	1.028,50	1.131,35	1.244,49
Suministros de la mejora	420,00	462,00	508,20	559,02	614,92
Depreciaciones y Amortizaciones	1.040,20	1.144,22	1.258,64	1.384,50	1.522,95
Total Gastos	10.082,35	11.090,59	12.199,65	13.419,62	14.761,12
Utilidad Operacional	9.955,21	17.919,38	27.874,59	37.829,80	49.829,96
Gastos Financieros	1.375,42	1.512,96	1.644,26	1.808,69	1.989,56
Utilidad Antes de Impuestos	8.579,79	16.406,42	26.230,33	36.021,11	47.840,40
Participación a trabajadores 15%	1.286,97	2.460,96	3.934,55	5.403,17	7.176,06
Impuesto Sobre la Renta (ISLR) 25%	2.144,95	4.101,61	6.557,58	9.005,28	11.960,10
Utilidad Neta	5.147,86	9.843,85	15.738,20	21.612,66	28.704,24

Nota. Elaboración autor.

De acuerdo a la tabla 26, fueron expuestos e interrelacionados los diferentes parámetros de ingresos y gastos conforme a la aplicación de la mejora, al establecer ingresos netos anuales desde el 2024 proyectado hasta el 2028, por: 20.037,57; 29.009,90; 40.074,24; 51.249,42; 64.591,08 respectivamente, donde a dicho monto le fueron sustraídos los gastos financieros para generar la utilidad antes de los impuestos, e inmediatamente determinar la participación del 15% de los empleados y el ISLR del 25%, para ser restados y generar la utilidad neta anual sobre el referido periodo.

Flujos de efectivo

El flujo de fondos correspondiente a la matriz financiera respecto de las entradas y salidas de finanzas del desarrollo y aplicación de la mejora de producción de la máquina H-2, durante cinco años, fue evidenciado a continuación, en la tabla 27, el cual consta de ingresos netos, inversión en activo fijo y gastos operativos.

Tabla 27

Flujo de efectivo con aplicación de la mejora

CONCEPTO	AÑOS					
		2024	2025	2026	2027	2028
FLUJO DE BENEFICIOS						
(+) Ingresos Netos		20.037,57	29.009,97	40.074,24	51.249,42	64.591,08
(=) Total Flujo de Beneficios		20.037,57	29.009,97	40.074,24	51.249,42	64.591,08
FLUJO DE COSTOS Y GASTOS						
(-) Inversión Activo Fijo	5.270,00				-	
(-) Inversión Capital Trabajo	757,55					
(-) GASTOS	-	9.042,15	9.954,37	10.949,81	12.044,79	13.670,27
Gastos operativos		920,00	1.020,00	1.122,00	1.234,20	1.357,62
(-) Suministros generales		70,00	77,00	84,70	93,17	102,49
(-) Sueldos y Beneficios Sociales		6.782,15	7.460,37	8.206,41	9.027,05	9.929,76
Servicios Básicos		850,00	935,00	1.028,50	1.131,35	1.244,49
(-) Suministros de la mejora		420,00	462,00	508,20	559,02	614,92
Total Flujo de Costos y Gastos	6.027,55	9.042,15	9.954,37	10.949,81	12.044,79	13.249,28
(=) FLUJO ECONÓMICO	-6.027,55	10.995,42	19.055,60	29.124,43	39.204,63	51.341,80
Mas						
Crédito	3.616,55					
Menos						
Servicio de la deuda		1.205,52	1.205,52	1.205,52		
FLUJO FINANCIERO	-2.411,00	9.789,90	17.850,08	27.918,91	39.204,63	51.341,80

Nota. Elaboración autor

De acuerdo a la tabla 27, se obtuvo un flujo positivo o rentable tanto del flujo de fondos operativos, fuentes financieras de la inversión, e igualmente, el desglose e integración de los fondos no operativos, considerando un balance positivo en el flujo de efectivo, estableciendo mayoría en el monto que ingresa, que del que egresa.

Análisis de la viabilidad del proceso

Respecto del flujo de caja anterior en la tabla 28, fueron deducidos los flujos netos de efectivo, obteniéndose la siguiente sucesión de valores: \$9.789,90 para el año 2024; \$17.850,08 para el año 2025; \$27.918,91 para el año 2026; \$39.204,63 para el año 2027 y \$51.341,80 para el año 2028.

Tabla 28

Valor Presente Neto de Banquetes Lafayette – Periodo 2024 al 2028

Año	Flujo de Efectivo Neto	Tasa de descuento
1	9.789,90	15,30%
2	17.850,08	15,30%
3	27.918,91	15,30%
4	39.204,63	15,30%
5	51.341,80	15,30%
Inversión inicial		6027,55
VAN del proyecto		81.483,14
TIR	224,437	

Nota. Elaboración propia.

Finalmente, para cerrar el detalle de los cálculos de viabilidad financiera, fueron determinados el valor presente neto, con un total de: \$81.483,14, el cual fue proyectado a los primeros cinco años de iniciada la implementación del módulo de solicitud de crédito, para desembocar en una tasa interna de retorno del 224,437 %, la cual es superior

a la tasa de interés bancaria del 15,30%; estableciendo al proyecto como rentable, además de superar a la tasa optima recomendada por calculo, del 32%.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El diagnóstico de la situación actual de la empresa Ideal Alambrec mediante la observación directa como base para precisar niveles de producción, fallas, características de los equipos y condiciones de operatividad de los equipos, para la identificación de la problemática en el proceso de fabricación de cables, correspondiente al objetivo específico N°1, permitió el análisis del comportamiento operativo de las diferentes máquinas de trefilado de la empresa, así como la apreciación del detalle de los indicadores de operación, fallas recurrentes y costos mensuales para la continuidad operacional de las mismas, enfocándose principalmente en la identificación de la máquina trefilado H-2, ha mantenido un declive agudo en el último periodo de operación del lapso operativo de 2022, manifestando bajo rendimiento y volumen de producción, así como altos costos por solución de fallas constante lo cual ha ocasionado paradas técnicas no programadas y no deseadas de operación, estimando un total de 448 horas fuera de servicio, en los cuales se enfocó el estudio, como elemento a recuperar, al ser el equipo con mayor acumulación de horas fuera de servicio.

Tras la visualización de los datos históricos de las maquinas productoras de cables mediante estadística descriptiva del objetivo específico N°2, según las tablas 4 y 5, como parte del análisis de estadística descriptiva, permitieron aislar la gravedad de los indicadores de la maquina H-2, la cual evidenció oportunidades de mejora del proceso al exhibir indicadores deficientes a nivel operativo-productivo y de mantenimiento respecto al resto de las máquinas, tales como: producción mensual de 477,729 KG, tiempo de fabricación en horas: 734.5; eficiencia de la maquina: 76.0 % e índices de paros por

eficiencia de la maquina: 93.75%. Al conocer dicha información, los esfuerzos de la aplicación de la mejora fueron orientados considerando el marco del ciclo Deming, en generar un plan de acción para corregir falencias, reducir tiempos de inactividad y aumentar la eficiencia del proceso de trefilado sobre dicha máquina, a fin de poder migrar el modelo de mejora hacia al resto de las mismas, al aumentar la productividad de la máquina del proceso de trefilado, aliviando las desviaciones del proceso general y favoreciendo la obtención de beneficios para la empresa Ideal Alambrec.

Finalmente, de acuerdo con el objetivo N°3, la proposición del plan de acción para mejorar la productividad de la maquina trefiladora, esencialmente mediante la instalación de instrumentación de industria 4.0, así como la proposición de las estrategias y recomendaciones para regularizar el contexto operacional de la máquina, sobre: redefinir el proceso de contacto entre jefes y operarios en todo el proceso de trefilado, crear un departamento de control de calidad netamente para el área de trefilado de la empresa, realizar diferentes ensayos de prueba con las diferentes máquinas trefiladoras para definir cuáles de ellas se encuentran en estado óptimo y cuales necesitan un cambio y calibración para mantener un funcionamiento adecuado, diseñar el programa de confiabilidad para cada equipo y anticipar la aparición de fallas con seguimiento constante y aplicación de auditorías. Todos estos aspectos que conforman el plan de acción han de repercutir en la mejora y optimización de la producción de la maquina trefiladora H-2, siendo esta, la más crítica. Los resultados esperados tras la propuesta son: incremento de la producción en 482.935,85 kg, aumento del nivel de eficiencia de la máquina del 85%, disminución del margen de paros técnicos en 6 h/mes, así como de paros por eficiencia de 15 h/mes.

Recomendaciones

La realización del presente proyecto estipuló las siguientes recomendaciones para fortalecer la recuperación proceso productivo, específicamente sobre la máquina de trefilado H-2:

- **Recomendación de Implementación Gradual:** Para asegurar una transición fluida y efectiva hacia la mejora del proceso de trefilado, se sugiere que la implementación de los planes de acción propuestos se realice de manera gradual. Comenzar con pequeños cambios y evaluar su impacto permitirá identificar posibles desafíos y ajustar las estrategias según sea necesario. Es importante involucrar a todo el equipo de trabajo en el proceso de mejora y brindarles capacitación adecuada para asegurar una adopción exitosa de las nuevas prácticas y procedimientos.
- **Monitoreo y Medición Continua:** Es esencial establecer un sistema de monitoreo y medición continuo para evaluar el desempeño de las máquinas productoras de cable después de implementar los planes de acción. La recolección de datos y el análisis estadístico permitirán identificar cualquier desviación y realizar ajustes o mejoras adicionales según sea necesario. La retroalimentación constante del equipo de trabajo y la dirección de la empresa también son fundamentales para garantizar que los cambios implementados estén alineados con los objetivos de mejora y productividad establecidos.
- **Evaluación de Resultados y Comunicación:** Al finalizar la implementación de los planes de acción, se recomienda llevar a cabo una evaluación exhaustiva de los resultados obtenidos. Se deben medir los logros en términos de eficiencia, productividad y calidad del producto final. Estos resultados deben ser comunicados a toda la organización para reconocer los esfuerzos del equipo de

trabajo y fomentar una cultura de mejora continua. Además, compartir los logros con los clientes y proveedores puede fortalecer la imagen de la empresa y su posición en el mercado. La documentación detallada del proceso de mejora y sus resultados también servirá como referencia valiosa para futuros proyectos similares en la empresa o en otras organizaciones del sector.

- La mejora del proceso de trefilado en una empresa productora de cables puede involucrar datos y conocimientos de diferentes áreas, como ingeniería, producción, calidad y mantenimiento. Se recomienda promover la integración de datos y fomentar la colaboración interdisciplinaria entre los diversos equipos de trabajo involucrados en el proceso. Esto permitirá obtener una visión más completa y holística del sistema, así como identificar oportunidades de mejora desde múltiples perspectivas. La sinergia entre los equipos y la comunicación efectiva serán fundamentales para implementar cambios eficientes y maximizar los resultados positivos en la optimización del proceso de trefilado.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, A., & Arandi, O. (2018). *Proceso de paletización de cajas de clavos y su incidencia en la productividad en la empresa Acería del Ecuador C.A.* [Tesis de Grado, Universidad Tecnológica Indoamericana], Repositorio Institucional UTI, Quito. Obtenido de <https://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/428>
- Alvear, V. (2019). *Plan estrategico de ventas para la empresa Industria Aceros Montecristi.* [Tesis de Grado, Universidad Tecnológica "Indoamericana"], Repositorio Institucional UTI, Quito. Obtenido de <https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/1235/1/PROYECTO%20DE%20INVESTIGACION%20VANESSA%20ALVEAR.pdf>
- Amelero. (2020). *Automatización con Simatic S7 1200.* Recuperado el 2021, de <https://www.amelero.com/recursos/instalaciones-electrotécnicas/automatización-siemens-s7-1200-tia-portal/>
- Arias, J., & Covinos, M. (2021). *Diseño y metodología de la investigación.* Editorial Enfoques Consulting EIRL. Obtenido de <http://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2260>
- Artigas, A., Seco, R., Monsalve, A., Carvajal, L., Garza-Montes-de-Oca, N., & Colás, R. (2019). Aumento de la productividad en una planta de trefilación de aceros para la fabricación de electrodos AWS 70S-6. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 27(2), 210-216. Obtenido de <https://www.scielo.cl/pdf/ingeniare/v27n2/0718-3305-ingeniare-27-02-00210.pdf>
- Basantes, P. (27 de Mayo de 2020). *Emis.* Obtenido de https://www.emis.com/php/company-profile/EC/Ideal_Alambrec_SA_es_1200266.html
- Castillo, P. (2021). *Sistema constructivo no estructural de ensayo de dosificaciones para materiales aligerados, Quito, 2021.* [Tesis de Grado, Universidad Tecnológica "Indoamericana"], Repositorio Institucional UTI, Quito. Obtenido de <https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/1780/1/CASTILLO%20SARANGO%20PAMELA%20ESTEFANIA.pdf>
- Centro de Investigaciones de Economía y Negocios Globales de la Asociación de Exportadores. (10 de 04 de 2023). *EMIS.* Obtenido de Industria metalmecánica

- Ecuador Imethec C. L: https://www.emis.com/php/company-profile/EC/Industria_Metalmecanica_Ecuador_Imethec_CL_es_13292259.html
- CEPAL. (2022). *Hacia la transformación del modelo de desarrollo en América Latina y el Caribe: producción, inclusión y sostenibilidad*. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/48308/3/S2200584_es.pdf
- Cohen, N. (2019). *Metodología de la investigación, ¿para qué?* Teseo. Obtenido de http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/se/20190823024606/Methodologia_para_QUE.pdf
- Díaz, V. (2019). *Metodología de la Investigación Científica y Bioestadística para Profesionales y Estudiantes de Ciencias de la Salud* (1 ed.). Editorial UEES. Obtenido de <https://n9.cl/vcrfm>
- Ekos. (7 de Mayo de 2019). *Ekos Negocios*. Obtenido de <https://ekosnegocios.com/articulo/situacion-del-sector-metalmecanico-y-su-importancia-en-la-economia-ecuatoriana#:~:text=La%20industria%20metalmec%C3%A1nica%20es%20uno,capital%2C%20partes%20y%20servicios%20diversos>.
- EMIS. (2023). *Ideal Alambrec SA (Ecuador)*. Obtenido de https://www.emis.com/php/company-profile/EC/Ideal_Alambrec_SA_es_1200266.html
- Flores, M. (2021). *Desarrollo controles para el uso de materiales con variación en las características idóneas para el trefilado de alambre*. [Tesis de Grado, Universidad Iberoamericana Puebla], Repositorio Institucional IBEROPUEBLA. Obtenido de <https://repositorio.iberopuebla.mx/handle/20.500.11777/4971>
- Gar, C. (06 de 04 de 2023). *Trefilado o estirado de alambre - Proceso por configuración mecánica*. Obtenido de <https://ingenieriamecanicacol.blogspot.com/2023/04/trefilado-o-estirado-de-alambre.html>
- González, W., Méndez, C., & Sandoval, L. (2015). *Aplicación de Técnicas de Lean Manufacturing para Aumentar la capacidad de producción del Housing Top en la empresa Seasun*. (Tesis de grado, Instituto Politécnico Nacional), Repositorio

- Institucional UNT. Obtenido de <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9990>
- Ideal Alambrec. (11 de Agosto de 2020). *Ideal Alambrec Bekaert*. Obtenido de <https://idealalambrec.bekaert.com/sobre-ideal-alambrec-bekaert>
- Kimsetal. (2021). *Kisgal*. Obtenido de Todo lo que se debe saber de la Metalmeccanica: <https://www.kisgal-kismet.com/metalmeccanica/>
- Martins, J. (22 de Octubre de 2022). *Asana*. Obtenido de <https://asana.com/es/resources/pdca-cycle>
- Mateus, L. (2006). *Manual de operaciones del proceso de trefilado de alambre de acero y aluminio aplicado a la Empresa Ideal Alambrec*. Obtenido de <https://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=7564>
- Mucha, L., Chamorro, R., Oseda, M., & Alania, R. (2021). Evaluación de procedimientos empleados para determinar la población y muestra en trabajos de investigación de posgrado. *Revista Desafíos*, 12(1), 44-51. doi:<https://doi.org/10.37711/desafios.2021.12.1.253>
- Naciones Unidas. (2021). *Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo*. Obtenido de https://unctad.org/system/files/official-document/td541_es.pdf
- Navarrete, A. A., & Espejo, H. F. (2022). *Diseño del proceso de producción de pulpas de fruta para la empresa Organic & Fresh*. Quito: Universidad Técnica Indoamericana. Obtenido de <https://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/4897>
- Oña, H. P., & Segura, J. J. (2019). *REDISEÑO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA EN LA PLANTA DE CONFECCIÓN EN LA EMPRESA ROYALTEX S.A.* Quito: Universidad Tecnológica Indoamérica. Obtenido de <https://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/1473>
- Organización Mundial del Comercio. (2022). *Exámen estadístico del comercio mundial de 2022*. Obtenido de https://www.wto.org/spanish/res_s/booksp_s/wtsr_2022_s.pdf

- Palazzetti, E. (2018). *Proceso de trefilado de alambre para la fabricación de cables de acero*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Martín], Repositorio Institucional UNSAM. Obtenido de <https://www.unsam.edu.ar/institutos/incalin/repositorio/TIF%20Industrial/Palazzetti%20Emiliano.pdf>
- Revista Ingeniería Eléctrica. (Noviembre de 2021). *Editores*. Obtenido de Acerca del Trefilado: https://www.editores-srl.com.ar/empresa/ata/20211118_acerca_del_trefilado
- Reyes, P. (11 de Abril de 2021). *ProEcuador*. Obtenido de <https://www.proecuador.gob.ec/metalmecanica-y-automotriz/>
- Reyna, L., Chere, B., & Ulloa, R. (2022). Implementación de modelos de calidad en pequeñas y medianas empresas del sector industrial del Ecuador. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 03(07), 124 - 138. Obtenido de <https://journals.sapienzaeditorial.com/index.php/SIJS/article/download/520/358>
- Ron, P. E., & Casa, D. G. (2018). *ANÁLISIS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA ESPECIALIDADES MECÁNICAS INDUSTRIALES UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO Y SU INCIDENCIA EN LA SATISFACCIÓN DEL CLIENTE Y EN LA PRESERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE, EN LA GESTIÓN DE VENTAS*. Quito: Universidad Tecnológica Indoamérica.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (2020). *Guía para un Producción Sustentable. Sector Metalmecánico*. ADMIRA. Obtenido de https://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/from-crm/guia_metalmecanica.pdf
- Tienda Lean. (17 de 02 de 2023). *¿Qué es el Ciclo de Deming?* Obtenido de <https://www.tiendalean.com/pages/que-es-el-ciclo-de-deming>
- Torres, J. (11 de Mayo de 2021). *Lifeder*. Obtenido de Trefilado: <https://www.lifeder.com/trefilado/>
- Torres, P. (2010). *Análisis y mejoramiento de la gestión administrativa en el área de importaciones. Caso Ideal Alambrec*. [Tesis de Grado, Escuela Politécnica Nacional], Repositorio Institucional EPN. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1491>

Trafilati Acciaio. (2022). *Trafilati Acciaio*. Obtenido de Industria Italiana de acero trefilado.: <https://trafilati.mx/fabricacion-de-alambre-trefilado.html>

United Nations Global Compact. (2022). *Company Information*. Obtenido de <https://unglobalcompact.org/what-is-gc/participants/145744>

Villacis, J. d., & Simbaña, J. C. (2018). *ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LAS INSTALACIONES Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA METALMECÁNICA SHYRIS*. Quito: Universidad Tecnológica Indoamericana. Obtenido de <https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/1192/1/PROYECTO%20DE%20INVESTIGACION%20SIMBA%20ESP%20JUAN%20CARLOS.pdf>

ANEXOS

Anexo 1

Histograma de fallas con horas acumuladas de la maquina trefiladora H - 2

Maquina	Modo de falla	Item	Horas acumuladas de la falla
	QU00/Sin asignar	#	
	MANTENIMIENTO PREVEN	1	
	FALTA DE ENERGÍA ELÉ	2	
	LIMPIEZA DE MÁQUINA	3	4.25
	SALIDA AL ALMUERZO	4	11.00
	AUSENCIA DE OPERADOR	5	1.00
	PRUEBAS DE PROCESOS	6	1.00
	ENTRENAMIENTO DEL PE	7	
	REUNIONES	8	0.50
	FALTA DE DADOS	9	
	FALTA DE CARRETOS /	10	18.50
	FALTA DE MP O WIP	11	4.00
	FALTA DE SOLDADORA	12	
	FALTA DE INSUMOS	13	
	PARO MECÁNICO Y ELÉC	14	13.24
	ESPERAS POR ATENCIÓN	15	
	SETEOS O AJUSTE OCAC	16	
	CAMBIO DE DADOS	17	16.51
	CAMBIO DE SERIE	18	1.75
	SETEO DE MÁQUINA (CA	19	22.08
	ARRANQUE O CIERRE DE	20	
	PROBLEMAS DURANTE LA	21	6.25
	AJUSTAJE/CALIBRACIÓN	23	25.28
	CAMBIO DE UNIDAD DE	24	2.98
	ENREDOS DURANTE EL D	25	
	CAUSA DE ROTURAS	26	0.66
	COLLARIN -> #C	27	
	ENREDO -> #E	28	3.24
	M.PRIMA -> #MP	29	10.500
	OTRA CAUSA DE ROTURA	30	4.50
	DIFERENCIA DE VELOCI	31	
	PÉRDIDAS POR CALIDAD	32	
	MANTENIMIENTO CORREC	33	
			147.24

Nota. Elaboración propia.