



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Automatización de una máquina perfiladora mediante la implementación eléctrica y mecánica para el incremento de producción en la empresa PRODUMETAL en el año 2020

Velez Hernández, Dennis Alexander

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología en Electromecánica

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnología en Electromecánica

Ing. Culqui Tipan, Javier Fernando.

Latacunga

17 de marzo del 2021



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA CARRERA DE TECNOLOGÍA
EL ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, "Automatización de una máquina perfiladora mediante la implementación eléctrica y mecánica para el incremento de producción en la empresa PRODUMETAL en el año 2020" fue realizado por el señor Velez Hernández, Dennis Alexander la cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 17 de Marzo del 2021



Culqui Tipán, Javier Fernando



C.C.: 0503006454



Document Information

Analyzed document	Automatizacion de una maquina perfiladora.pdf (D98663851)
Submitted	3/17/2021 4:41:00 PM
Submitted by	
Submitter email	davelez2@espe.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	jfculqui.espe@analysis.urkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://docplayer.es/159868462-Trabajo-de-titulacion-tipo-propuesta-tecnologica.html Fetched: 11/28/2019 6:21:21 AM	 1
W	URL: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18563/1/UJPS%20-%20ST004483.pdf Fetched: 11/26/2020 8:40:54 PM	 1



Culqui Tipán, Javier Fernando

C.C.: 0503006454



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Velez Hernández, Dennis Alexander**, con cédula de ciudadanía n° 1726138421, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“Automatización de una máquina perfiladora mediante la implementación eléctrica y mecánica para el incremento de producción en la empresa PRODUMETAL en el año 2020”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 17 de Marzo del 2021

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir 'Dennis Alexander Velez Hernández'.

Velez Hernández, Dennis Alexander

C.C.: 1726138421



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **Velez Hernández, Dennis Alexander** autorizó a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“Automatización de una máquina perfiladora mediante la implementación eléctrica y mecánica para el incremento de producción en la empresa PRODUMETAL en el año 2020”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 17 de Marzo del 2021

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir "Dennis Alexander Velez Hernández".

Velez Hernández, Dennis Alexander

C.C.: 1726138421

Dedicatoria

A mi familia que me apoyo
para lograr mis estudios
mi madre que siempre
estuvo pendiente de mí y
asegurándose de que nunca
me falte nada a
mi padre que me ayudo
a conseguir mis estudios
a mi hermano que siempre
está ahí para ayudarme
A mi Matías que lo amo mucho
y supo esperar a que acabe mis
estudios.

DENNIS ALEXANDER VELEZ HERNANDEZ

Agradecimiento

A la universidad de las
Fuerzas Armadas
que tuve la oportunidad
de estudiar mi
carrera a sus docentes
que nos inculcaron
valores y sus conocimientos
En todo este tiempo

Gracias al director de
carrera Ing. Javier Culqui

Por sus enseñanzas y
paciencia en este proyecto

DENNIS ALEXANDER VELEZ HERNANDEZ

Tabla de contenidos

Carátula.....	1
Certificación.....	2
Reporte de verificación.....	3
Responsabilidad de autoridad.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento	7
Tabla de contenidos.....	7
Índice de tablas	11
Índice de figuras.....	12
Índice de ecuaciones	14
Resumen	15
Abstract.....	16
Introducción.....	17
Tema	17
Antecedentes	17
Planteamiento del problema	18
Justificación.....	19
Objetivos	19
<i>Objetivo General</i>	19
<i>Objetivos Específicos</i>	19
Alcance.....	20
Fundamentación teórica y rendimiento de la máquina.....	21
Descripción General de la Empresa	21
<i>Ubicación</i>	21

Flor de formación.....	22
<i>La máquina perfiladora</i>	23
Disponibilidad de máquina.....	25
<i>Disponibilidad inherente</i>	25
<i>Tiempo medio entre fallas (MTBF)</i>	25
<i>Tiempo medio para reparar (MTTR)</i>	27
Análisis de la situación actual de la máquina perfiladora	28
Estudio del diseño y construcción de las partes mecánicas	33
Diseño de máquina perfiladora.....	33
Esfuerzo en los soportes de los rodillos.....	34
Tensión entre engranes.....	35
Cálculo de fuerzas de contacto	36
<i>Fuerza de doblado</i>	38
<i>Cálculo de presión máxima</i>	39
Fuerza máxima de arrastre.....	40
Cálculo de volumen del material	41
Potencia de selección del motor	42
Construcción del sistema de transmisión.	43
<i>Construcción de soportes móviles</i>	44
<i>Construcción de los rodillos.</i>	44
<i>Montaje de rodillos con sus piñones</i>	45
Montaje general de los elementos de la máquina.	46
Montaje de enderezadora	50
Instalación del sistema eléctrico y pruebas en la máquina.....	51
Instalación de panel de control.....	51
Contactor.....	52

Guardamotor	53
Luz piloto	54
Selector	55
Final de carrera	56
Colocación del tablero y su circuito eléctrico	57
Funcionamiento de la máquina perfiladora	58
<i>Prueba de consumo de la máquina en funcionamiento</i>	58
<i>Mejora en la calidad de flejes</i>	59
Análisis de costos	59
Conclusiones y recomendaciones	62
Conclusiones	62
Recomendaciones	63
Bibliografía	64
Anexos	66

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Gravedad de fallo.</i>	28
Tabla 2. <i>Probabilidad de ocurrencia.</i>	29
Tabla 3. <i>Probabilidad de no detección.</i>	30
Tabla 4. <i>Análisis de fallas.</i>	31
Tabla 5. <i>Propiedades de aluminio y acero.</i>	36
Tabla 6. <i>Elementos del sistema motriz.</i>	45
Tabla 7. <i>Características del motor.</i>	52
Tabla 8. <i>Características del contactor.</i>	53
Tabla 9. <i>Características técnicas.</i>	56
Tabla 10. <i>Costos primarios</i>	60
Tabla 11. <i>Costos Secundarios.</i>	61
Tabla 12. <i>Costo Total.</i>	61

Índice de figuras

Figura 1. <i>Ubicación</i>	21
Figura 2. <i>Flor de formación</i>	22
Figura 3. <i>Partes de una perfiladora</i>	25
Figura 4. <i>Parada de la máquina por esfuerzo en sus soportes</i>	26
Figura 5. <i>Diseño de la máquina perfiladora</i>	33
Figura 6. <i>Soportes móviles</i>	34
Figura 7. <i>Engranés en tensión</i>	35
Figura 8. <i>Fuerzas de contacto en la lámina</i>	36
Figura 9. <i>Motor y Transmisión</i>	42
Figura 10. <i>Transmisión de cadena en rodillos</i>	42
Figura 11. <i>Elaboración de los soportes</i>	44
Figura 12. <i>Formación de los rodillos</i>	45
Figura 13. <i>Montaje del sistema motriz</i>	46
Figura 14. <i>Placa de los soportes</i>	47
Figura 15. <i>Colocación de los soportes en la máquina perfiladora</i>	47
Figura 16. <i>Colocación de rodillos en los soportes móviles</i>	48
Figura 17. <i>Piñón-cadena y engranes</i>	49
Figura 18. <i>Montaje en la máquina perfiladora</i>	49
Figura 19. <i>Montaje de la enderezadora</i>	50
Figura 20. <i>Soporte del gabinete eléctrico</i>	52
Figura 21. <i>Contactador</i>	53
Figura 22. <i>Guardamotor</i>	54
Figura 23. <i>Luz piloto</i>	55
Figura 24. <i>Selector</i>	55
Figura 25. <i>Final de carrea</i>	56

Figura 26. <i>Circuito de mando y control.</i>	57
Figura 27. <i>Consumo del motor.</i>	58
Figura 28. <i>Mejora en la fabricación de flejes.</i>	59

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. <i>Cálculo de tiempo entre fallas</i>	26
Ecuación 2. <i>Tiempo medio para reparar</i>	27
Ecuación 3. <i>Disponibilidad de la máquina.</i>	27
Ecuación 4. <i>Constante del material.</i>	37
Ecuación 5. <i>Constante del material.</i>	38
Ecuación 6. <i>Fuerza de doblado.</i>	38
Ecuación 7. <i>Semi ancho de huella.</i>	39
Ecuación 8. <i>Presión máxima.</i>	40
Ecuación 9. <i>Inercia del rodillo.</i>	40
Ecuación 10. <i>Volumen del material.</i>	41
Ecuación 11. <i>Rendimiento de transmisión</i>	43

Resumen

El presente proyecto tiene como fin automatizar una máquina de perfilado de puertas enrollables mediante la implementación de un sistema eléctrico y mecánico con la cual se corrigió su exceso de esfuerzos mecánicos y mejoró ampliamente su sistema de puesta en marcha de la línea de perfilado en la empresa PRODUMETAL. Se realizó el modelaje de la máquina a través del software SolidWorks para visualizar el funcionamiento añadiendo una serie adicional de rodillos además de un sistema de enderezado. Para su desempeño mecánico se armará una estructura metálica donde se colocaron dos rodillos con sus respectivos rodamientos insertados en sus soportes móviles regulando su distancia entre centros, con lo cual se procedió a colocar un sistema motriz de piñón cadena a finde que no exista pérdida de transmisión en sus ejes además de un sistema de enderezamiento con respecto a la formación de la lámina. El diseño de control se lo simuló a través del software CadeSimu obteniendo un esquema eléctrico funcional para la utilización de la máquina perfiladora. Finalmente, para el método de maniobra se implementó un sistema de mando y fuerza donde se instaló los siguientes elementos eléctricos como: contactor, guardamotor, pulsador, luz piloto y final de carrera con lo cual aumento la productividad de la máquina perfiladora.

Palabras claves:

- **PERFILADORA DE CHAPA METÁLICA**
- **PUERTAS ENROLLABLES**
- **FLOR DE FORMACIÓN**

Abstract

The purpose of this project is to automate a roll-door profiling machine through the implementation of an electrical and mechanical system with which its excess mechanical efforts were corrected and its system for the start-up of the profiling line in the company was vastly improved. PRODUMETAL. The machine was modeled through SolidWorks software to visualize the operation by adding an additional series of rollers in addition to a straightening system. For its mechanical performance, a metal structure will be assembled where two rollers were placed with their respective bearings inserted in their mobile supports, regulating their distance between centers, with which a chain sprocket motor system was placed so that there is no loss of transmission. In its axes in addition to a straightening system with respect to the formation of the sheet. The control design was simulated through the CadeSimu software, obtaining a functional electrical diagram for the use of the roll forming machine. Finally, for the maneuvering method, a command and force system was implemented where the following electrical elements were installed, such as: contactor, motor protection, pushbutton, pilot light and limit switch, thereby increasing the productivity of the roll forming machine.

Keywords:

- **METAL SHEET PROFILING MACHINE**
- **DOOR INSCRIPTIONS**
- **FORMATION FLOWER**

CAPÍTULO I

1. Introducción

Tema

Automatización de una máquina perfiladora mediante la implementación eléctrica y mecánica para el incremento de producción en la empresa PRODUMETAL en el año 2020

1.1. Antecedentes

Dada la importancia de las máquinas formadora de láminas en aplicaciones tales como deformar o crear flejes de mayor calidad, se ha hecho de vital importancia la creación de máquinas de este tipo, siendo la más utilizada la máquina por flexión rotativa, la cual estaba provista de elementos mecánicos y un sistema de puesta en marcha eléctrico.

Existen algunas referencias que brindan posibles soluciones a este problema, se los citan a continuación:

- 1) En cuanto a las perfiladoras, algunas de las soluciones actuales para satisfacer estas necesidades es implementar una funcionalidad de control jugando un papel importante en la industria manufacturera. Este proceso es ampliamente utilizado para fabricar piezas que van desde componentes de paneles de carrocería hasta secciones prismáticas para estructuras en edificios. Una variedad de tecnologías de chapa es disponible como cizalla, estampación, embutición profunda y conformado incremental. Uno de ellos es la laminación en frío, que se utiliza para producir cortes transversales largos y constantes productos de chapa. (Alonso, 2009)

- 2) La cantidad de producto laminado en frío y basado en tiras es el tercero más grande de todos los procesos de conformado de metales en todo el mundo. Industrialmente, este proceso se clasifica como 'chapas y perfiles laminados en frío' y, según el informe de la Asociación Mundial del Acero publicado en 2011, el consumo total de productos laminados en caliente y en frío alcanzó los 71,7 millones de toneladas en 2009. Este proceso es altamente productivo y versátil ya que se pueden incluir ciertas operaciones como punzonado, doblado y soldadura, dando como resultado productos listos para usar. (Niemann, 1981)

1.2. Planteamiento del problema

Todas las actividades de producción en las industrias de perfilado deben cumplir con las normas aprobadas. Al mantenerlos, los fabricantes pueden producir productos de calidad que satisfacen las necesidades del cliente y los requisitos de seguridad. Además, las implementaciones del estándar reconocido en las actividades de fabricación son ventajosas en términos de alta productividad, bajos costos operativos y calidad constante del producto. Sin embargo, la utilización continua de las máquinas, crean cierto desgaste provocando fallas en la cadena de producción.

De manera particular, la empresa PRODUMETAL, ha presentado disminución de producción a falta de un sistema de control y de mantenimiento por desgaste de sus máquinas, traduciendo estas fallas en el deterioro de la calidad del producto final.

El propósito del proyecto es implementar un sistema eléctrico y mecánico que pueda aminorar los desgastes de la máquina y mejorar la línea de producción para un óptimo funcionamiento de una perfiladora para la empresa PRODUMETAL.

1.3. Justificación

La empresa PRODUMETAL cuenta con una línea de producción de puertas enrollables que necesita un mejoramiento en el sistema eléctrico y mecánico para así tener una mejor productividad en la empresa.

La implementación de un sistema mecánico (dos rodillos) ayudará en mayor parte a reducir el esfuerzo mecánico de la máquina, así como un sistema de enderezamiento; mejorando la calidad del fleje para cumplir con la fabricación de láminas en un tiempo establecido.

El sistema eléctrico requiere perfeccionar el funcionamiento de la máquina y pasarlo de un sistema manual a un sistema semiautomático a través de la implementación de un final de carrera que ayudará al operario a crear mayores láminas en menor tiempo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Automatizar una máquina perfiladora mediante la implementación eléctrica y mecánica para el incremento de producción en la empresa PRODUMETAL en el año 2020.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Estudiar el funcionamiento del estado actual de la máquina perfiladora de tal manera que se compruebe el rendimiento de la máquina.
- Elaborar el sistema eléctrico y mecánico para una mejor producción de puertas enrollables
- Evaluar el funcionamiento de la máquina repotenciada con pruebas y bajo el criterio de calidad de producción

1.5. Alcance

En la empresa PRODUMETAL se realizará un modelado en el software SolidWorks para visualizar el funcionamiento de la perfiladora con la implementación de dos rodillos que nos ayudará a distribuir mejor los esfuerzos y validar técnicamente los diseños elaborados.

Se mejorará el sistema mecánico, con el objeto de extender una mejor alternativa en la distribución del esfuerzo en la máquina. Así como un enderezador, instalado al final del sistema de rodillos para mejorar la calidad del fleje creado.

Por otra parte, se repotenciará el sistema eléctrico de la máquina mediante la puesta en funcionamiento de un tablero de control acompañado de un final de carrera para la optimización adecuada del perfil a crear, ya que esto beneficia a la empresa en el aprovechamiento del material y costos de producción.

CAPÍTULO II

2. Fundamentación teórica y rendimiento de la máquina

Este capítulo pretende hacer referencia al marco teórico y rendimiento de la máquina, donde se recopilan conceptos de diferentes autores sobre la máquina perfiladora que permitan tener un conocimiento general de los temas que fundamentan el proyecto.

2.1. Descripción General de la Empresa

PRODUMETAL brinda soluciones integrales en la rama metalmecánica, especialmente en el diseño, fabricación y montaje de sistemas de almacenamiento, mejorando el flujo y administración de mercadería o archivo de documentos, lo cual se traduce en rentabilidad y competitividad para sus clientes.

Siendo una empresa con años de experiencia en el campo de acero inoxidable desarrolla continuamente trabajos de corte y elaboración de insumos para aceros y materiales que se necesitan para construcción.

2.1.1. Ubicación.

PRODUMETAL, está ubicado en la región central del Ecuador, provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, Parroquia San Buenaventura Av. General Miguel Iturralde s/n Héroes del Cenepa. (Ver Fig. 1).

Figura 1

Ubicación



Nota: Ubicación geográfica de la empresa PRODUMETAL en la provincia de Cotopaxi

2.2. Flor de formación

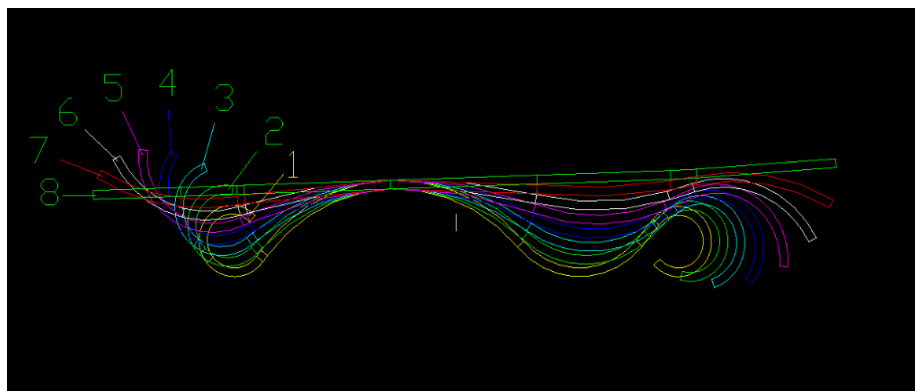
Es fundamental para el diseño de los rodillos de conformación de la línea perfiladora empleada para la fabricación de perfiles y la determinación de los parámetros dimensionales iniciales de la banda plana utilizada para dicho fin.

Durante la conformación en frío de las láminas de acero, una banda plana es sometida a altos niveles de esfuerzos de deformación plástica que son generados sucesivamente por una serie de rodillos previamente diseñados y posicionados en una máquina perfiladora con el fin de obtener un producto de sección transversal constante y con características dimensionales específicas.

La diversidad de factores que están involucrados en este proceso y su incidencia en las propiedades y dimensiones finales de estos productos, hace que el diseño preliminar de los rodillos utilizados para tal fin, sea crítico en el armado de la línea de conformación. (Ver Fig. 2). (Weber, 2003)

Figura 2

Flor de formación



Nota: Niveles de deformación en una lámina. (Roll Forming, 2005)

En los inicios de esta industria, las técnicas empleadas para el diseño de estos rodillos o cilindros de conformación dependían solamente de los resultados de pruebas de ensayo y error que se realizaban a escala real, lo que implicaba altos costos debido a ajustes y rema quinado de las herramientas, puestas a punto y sobretiempo en evaluaciones, para poder garantizar los atributos en propiedades y dimensiones del producto terminado. (Halmos, 2005)

2.2.1. La máquina perfiladora

La máquina perfiladora tiene como proceso de fabricación que utiliza la deformación de una lámina para poder transformar chapa metálica cuyo acabado final depende del sistema de rodillos colocado. El perfilado es un proceso continuo y por su alta productividad está especialmente indicado para series de productos elevadas. (Ver Fig. 3).

Sus partes son:

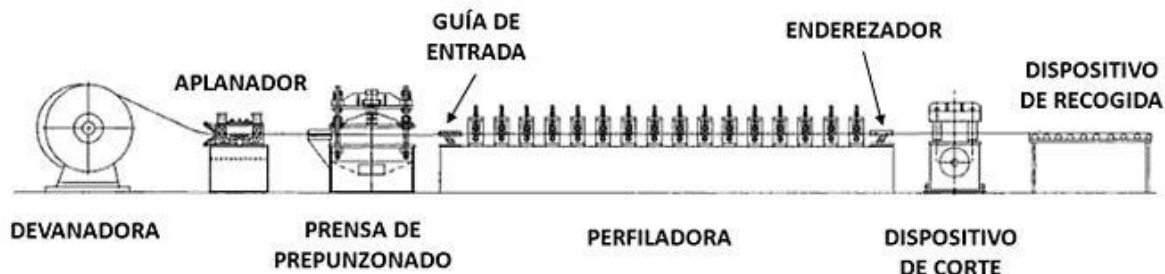
- Devanadora: Es la máquina en la que se monta la bobina de chapa que constituye el material de partida. Mediante un movimiento rotatorio, va desenrollando el material y alimentando a las siguientes operaciones.
- Aplanador: Tiene como función corregir las desviaciones de planitud que presenta la chapa procedente de la bobina. Consiste en un número determinado de rodillos (habitualmente de 3 a 11) que, al estar situados alternativamente a dos alturas diferentes, obligan al material a doblarse de forma sucesiva hacia arriba y hacia abajo.
- Punzonadora: En muchas ocasiones, los productos perfilados deben llevar agujeros que pueden tener diferentes funciones en el diseño final (ensamblaje, evacuación de agua, refrigeración de equipos. Por ello, en

las líneas de perfilado se incluyen prensas de punzonado capaces de imprimir en la chapa distintos patrones de agujeros. Estos elementos pueden ubicarse dentro de la línea antes o después de la máquina perfiladora.

- Guía de entrada: Tiene como función asegurar que la posición de entrada de la chapa a la perfiladora es la correcta. De este modo, siempre va montada antes de la primera estación de conformado. Existen diferentes tipos de diseños: rodillos planos, raíles guía.
- Cabeza de turco: Se monta después de la última estación de perfilado y tiene como objetivo corregir los defectos de arqueo, curvado y alabeo que presentan los productos al final del proceso. Constructivamente puede estar formada por rodillos similares a los de perfilado o por bloques macizos similares a una Matriz de estirado.
- Dispositivo de corte: Como su propio nombre indica, tiene como objetivo cortar la chapa a la longitud del producto final. Este corte puede realizarse antes o después del proceso de perfilado. El sistema utilizado más habitualmente es una prensa con una cuchilla fija y una cuchilla móvil, aunque en ocasiones se emplean también sierras rotativas, guillotinas o incluso sistemas de corte por láser.
- Dispositivo de recogida. Es el encargado de sostener, descargar, extraer o almacenar los productos ya terminados al final de la línea. Dependiendo del propósito exacto que deba cumplir, pueden utilizarse respectivamente mesas de salida, rampas de evacuación, transportadores o rodillos, sistemas de caída controlada de las piezas. (Aponte, 2018)

Figura 3

Partes de una perfiladora



Nota: Proceso para crear perfiles a través de láminas. (Weber, 2003)

Conociendo las partes de la máquina se necesita averiguar la productividad que tiene ésta en la empresa, es decir, es indispensable evaluar su disponibilidad después del paso del tiempo para conocer si puede acogerse a un proceso de mejora.

2.3. Disponibilidad de máquina

Hay varios puntos de partida para este cálculo, ya que existen, de manera similar, diferentes posibilidades para medir el tiempo del sistema parado y en funcionamiento.

Algunos cálculos son los de disponibilidad instantánea, disponibilidad promedio, disponibilidad constante del estado (asintótica) o incluso por métodos de cálculo característicos de cada empresa, con la disponibilidad operativa e inherente. (Keith, 2008)

2.3.1. Disponibilidad inherente

Es la disponibilidad de un estado estable, considerando solo el tiempo de inactividad del equipo, debido a paradas para un mantenimiento correctivo. En otras palabras, la interrupción debido al mantenimiento preventivo, detalles logísticos y demoras en el suministro, se excluyen, ya que se consideran ideales, y solo evalúan el tiempo debido a la inactividad, utilizado para acciones de mantenimiento correctivo. (Miroliubov, 1978)

2.3.2. Tiempo medio entre fallas (MTBF)

Estas fallas deben estar relacionadas con factores de mantenimiento directo de la máquina. Los factores externos que afectaran a la producción, no se consideran defectos en este cálculo. (Keith, 2008)

Usaremos el tiempo de operación normal total durante un período predeterminado, en la cantidad de fallas que ocurrieron durante ese período. Durante un cierto período de tiempo para operar se observó lo siguiente (Ver Fig. 4).

Figura 4

Parada de la máquina por esfuerzo en sus soportes



Nota: Los soportes se desajustan por el esfuerzo que realiza el rodillo para deformar la lámina.

De acuerdo al tiempo de funcionamiento de la máquina obtuvimos la cantidad de fallas durante su periodo de operación.

Tiempo total disponible para operar = 12 horas

Hubo 2 paradas debido a problemas con la máquina, cada una de las cuales fue: 1 hora y 2 horas.

Ecuación 1. *Cálculo de tiempo entre fallas*

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de trabajo} - \text{Tiempo total de averia}}{\text{Número de fallas}}$$

$$MTBF = \frac{12 - (1 + 2)}{2} = 4.5 \text{ horas o } 270 \text{ minutos}$$

Al estudiar las fallas y conocer el tiempo entre ellas, pudimos diseñar estrategias para mitigar, o incluso resolver un problema del equipo.

2.3.3. Tiempo medio para reparar (MTTR)

El MTTR se calcula utilizando el tiempo promedio que lleva realizar una reparación después de que se haya producido la falla en la máquina.

Ecuación 2. *Tiempo medio para reparar.*

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{Número de fallas}}$$

$$MTTR = \frac{1 + 2}{2} = 1.5 \text{ horas o } 90 \text{ minutos}$$

Este resultado indica el tiempo promedio que la máquina que estuvo parada realizando las revisiones respectivas.

El cálculo de disponibilidad se realiza de acuerdo con los siguientes criterios:

Ecuación 3. *Disponibilidad de la máquina.*

$$\% \text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$$

$$\% \text{Disponibilidad} = \frac{270}{270+90} * 100 = 75 \text{ minutos}$$

Donde:

MTBF = tiempo medio entre fallas

MTTR = tiempo medio para reparar.

Estos datos sirven para medir la confiabilidad de los equipos. Ambos índices se utilizan como punto de referencia para la toma de decisiones en las empresas. El objetivo siempre es aumentar el MTBF y disminuir el MTTR.

2.4. Análisis de la situación actual de la máquina perfiladora

Para realizar los análisis de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de la máquina perfiladora se procedió a recabar información, tanto en número de fallas y ocurrencia de fallas que se detectaron en el periodo noviembre-enero 2021.

Para en este análisis se tomó en cuenta tres criterios:

- La gravedad de fallo o severidad,
- La probabilidad de ocurrencia,
- La probabilidad de no detección

Todos los datos recopilados se obtuvieron a través de los trabajadores realizando preguntas del funcionamiento de la máquina y que elementos son los que tienen mayor cantidad de fallas en la perfiladora.

Tabla 1

Gravedad de fallo

Gravedad de fallos o severidad	
CRITERIO	NUMERO DE FALLOS
INFIMA: El efecto será imperceptible por el operario	3

Gravedad de fallos o severidad	
CRITERIO	NUMERO DE FALLOS
BAJA: El operario puede notar la falla, lo cual produce un leve retraso en su actividad.	2
MODERADA: Se produce el fallo parcial, causando un paro en el trabajo y disgusto al operario	1
ELEVADA: El fallo implica problemas de seguridad, parada total de la máquina y pausa de las actividades	1

Los siguientes son los criterios que se tomaron en cuenta para medir la probabilidad de ocurrencia por medio de la observación de la máquina perfiladora en el momento de fallos.

Tabla 2

Probabilidad de ocurrencia

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	
CRITERIO	VALOR DE OCURRENCIA
INFIMA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA: Defecto inexistente en el pasado.	3
BAJA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA: Muy pocos fallos iguales o similares en el pasado	2

CRITERIO	VALOR DE OCURRENCIA
FRECUENTE PROBABILIDAD DE OCURRENCIA: El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en circunstancias similares anteriores.	1
ELEVADA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA: El fallo se ha presentado frecuentemente en el pasado en circunstancias similares de operación.	1

Finalmente tenemos los criterios de probabilidad de no detección donde se debe observar los controles actuales de la máquina perfiladora que impidan los modos de fallos o bien que lo detecten antes de que alcance al consumidor.

Tabla 3

Probabilidad de no detección

PROBABILIDAD DE NO DETECCION	
CRITERIO	VALOR DE NO DETECCIÓN
INFIMA: El defecto es obvio, resulta muy improbable que no sea detectado durante su funcionamiento.	3

PROBABILIDAD DE NO DETECCION

CRITERIO	VALOR DE NO DETECCIÓN
BAJA: El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría pasar por desapercibido, puesto que no influye en su funcionamiento.	2
MODERADA: Defectos de difícil detección que con relativa frecuencia interrumpen el funcionamiento y trabajo del operario.	1
ELEVADA: El defecto podría inhabilitar la máquina puesto que es de difícil detección.	1

Una vez planteado los diferentes criterios, se procedió a ejecutar el análisis resaltando aquellos donde su Severidad-Ocurrencia-Detección (NPR) son iguales o mayores a su promedio calculado, estos son sobre los que se debe actuar. (Wilfried, 1996)

En la siguiente tabla 4 se muestran las fallas que se obtuvimos usando los diferentes enfoques obtenidos por los operadores de la máquina perfiladora y así detallamos cada uno de las fallas.

Tabla 4

Análisis de fallas

SISTEMA	COMPONENTE	MODO DE FALLO	CAUSA DE FALLO	NUMERO DE FALLAS AL MES
	Cadena			
Mecánico	Piñón	Desgaste de los elementos	Falta de lubricación	2
	Rodamientos			
	Contactador eléctrico	Contactos pegados o soldados	Tensión insuficiente	1
	Líneas de alimentación	Sobrecarga en la alimentación	Alta o baja tensión de la energía suministrada	1
Eléctrico	Sistema de mando	Sobrecarga y aislación	Acumulación de polvo en los componentes	1

Con estos datos obtenidos podemos realizar un plan de mantenimiento en la máquina programado para así mitigar los fallos en ella y con esto mejorar la funcionabilidad de la misma en la empresa PRODUMETAL.

CAPÍTULO III

3. Estudio del diseño y construcción de las partes mecánicas

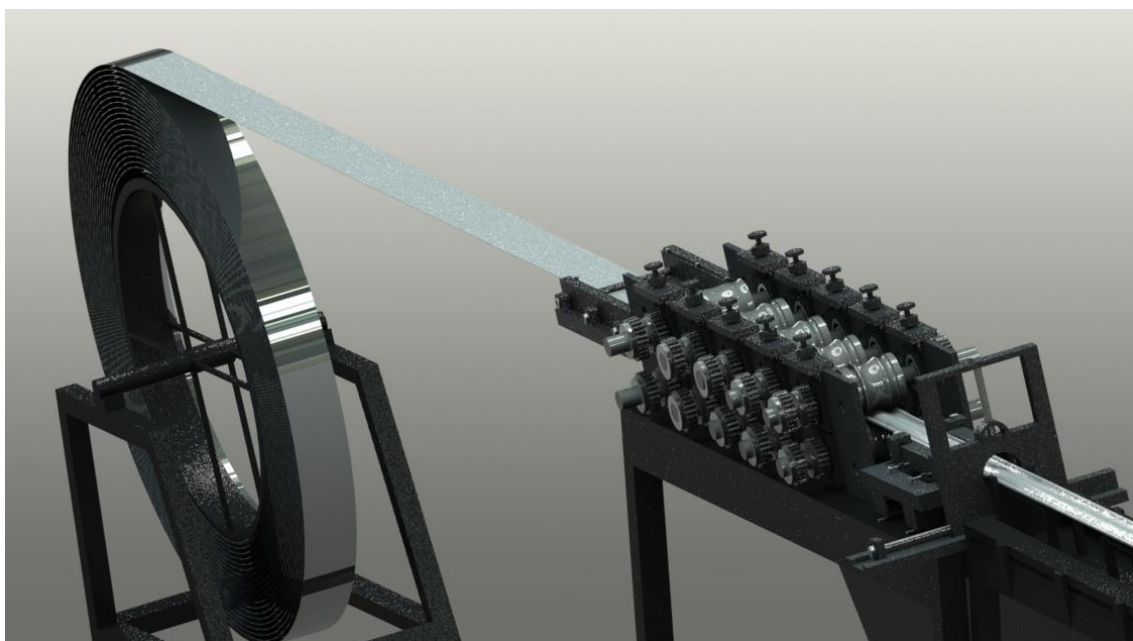
En este capítulo se desarrollará el diseño de la máquina perfiladora con un estudio de esfuerzos en su sistema motriz en base al análisis del programa SolidWorks y cálculos mediante ecuaciones para el contacto del material con los rodillos.

3.1. Diseño de máquina perfiladora

Se realizó el diseño de la máquina para verificar los esfuerzos que se producen en todos los componentes mecánicos. El modelado se obtuvo a través de las medidas en la máquina de la empresa PRODUMETAL y se implementó los dos rodillos adicionales además de un sistema de enderezado para una mejor calidad de fleje en la producción. (Ver Fig. 5).

Figura 5

Diseño de la máquina perfiladora



Nota: Máquina perfiladora renderizada implementada en la empresa PRODUMETAL.

Con el diseño se procede a realizar las simulaciones de esfuerzos en su sistema motriz para asegurarse un óptimo funcionamiento de los elementos de los cuales se compone la máquina.

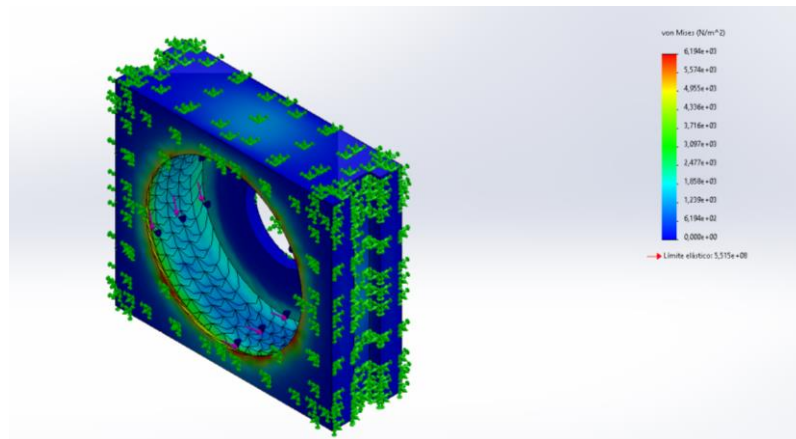
3.2. Esfuerzo en los soportes de los rodillos.

Se realizó un estudio de esfuerzo estático en la base de los rodillos mediante el software SolidWorks dando como resultados el desgaste que se efectúa en el soporte el cual nos muestra los siguientes datos. (Ver Fig. 6).

- Verde: Estado de la pieza bueno
- Rojo: Poco deterioro bajo presión.

Figura 6

Soportes móviles



Nota: Esfuerzos realizados en el soporte donde se colocan los rodillos.

Previo al análisis particular del estado de carga de los elementos que lo constituye, es necesario tomar en cuenta que este dispositivo de soporte es una estructura rígida sometida a cargas. Se puede observar los esfuerzos aplicados en la base de los rodillos el cual se compone de un mallado sólido donde se incluyeron cargas estáticas y cargas rotativas donde se localiza el deterioro bajo presión de los rodillos.

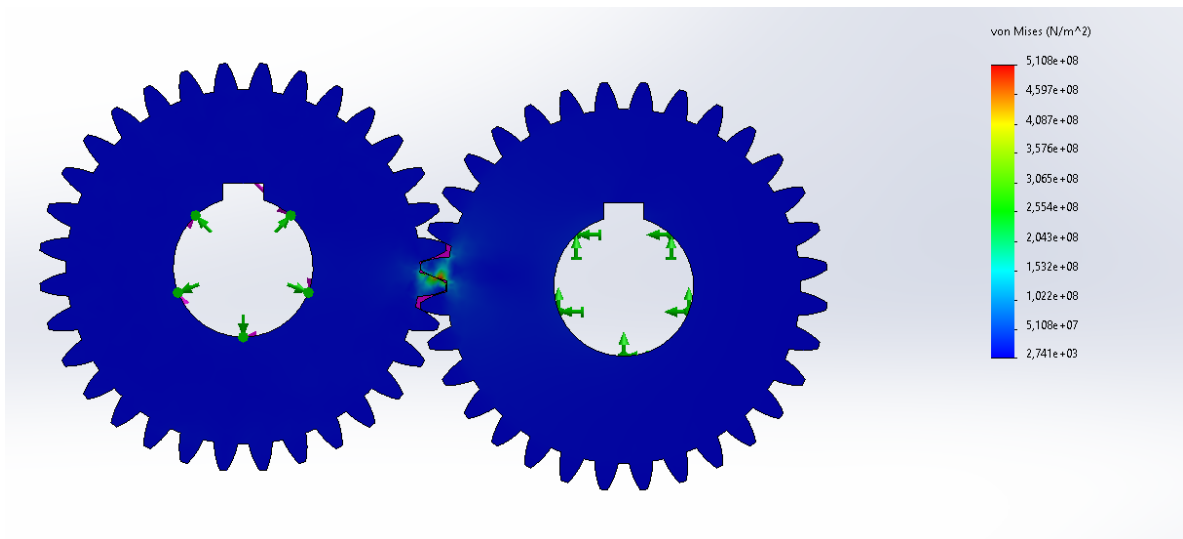
3.3. Tensión entre engranes.

Se realizó el estudio en los engranes ya que están sometidos al calor y tensión que se genera en una transmisión, estos son engranes en movimiento rotativo con lo cual ocasiona tensión entre el choque de los dientes de modo que genera desgastes si se los utiliza por largos periodos de tiempo, en la simulación nos muestra los siguientes datos. (Ver Fig. 7).

- Verde: Transmisión de tensión bajo
- Rojo: Transmisión de tensión alto.

Figura 7

Engranes en tensión.



Nota: Tensión que se genera a través de una transmisión por engranes ya que estos se desgastan con el tiempo.

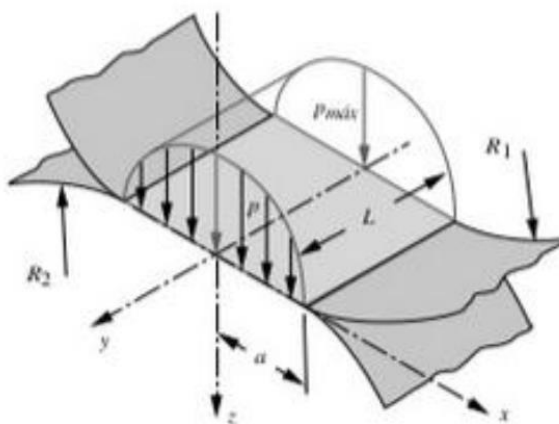
Al construir una máquina se necesita tanto de un diseño adecuado como de unos elementos que sean capaces de soportar las fuerzas, cargas y acciones a las que va a estar sometida.

3.4. Cálculo de fuerzas de contacto

La fuerza de contacto de los rodillos sobre la lámina o fleje, surge de la necesidad en la máquina de lograr que los rodillos empujen la lámina en todo el proceso y asegurarse de que su deformación se logre sin inconvenientes. (Ver Fig. 8). (Shen, 2009)

Figura 8

Fuerzas de contacto en la lámina



Nota: Fuerzas que pasan por diferentes rodillos en su proceso de elaboración.

Tabla 5

Propiedades de aluminio y acero.

Propiedad	Aluminio	Acero
Módulo de elasticidad, kg/cm^2	700,000	2.1×10^6
Módulo de rigidez cortante, kg/cm^2	280,000	840,000
Módulo de Poisson	0.33	0.28
Peso, kg/cm^3	0.0027	0.008
Coefficiente de expansión lineal	23×10^{-6}	13×10^{-6}

Nota: Se detalla las propiedades del aluminio y acero que son las más utilizadas para la formación de puertas enrollables. (BOHLER, 2014)

Los datos expresados en la tabla son estándares que varían poco si son aleaciones para los cálculos utilizaremos el del acero galvanizado.

Ecuación 4. *Constante del material.*

$$C_{m1} = C_{m2} = \frac{1 - V_1^2}{E_1}$$

$$C_{m1} = \frac{1 - (0.28)^2}{2.1 \times 10^6 \text{ N/mm}^2}$$

$$C_{m1} = 4.388 \times 10^{-7} \text{ N/mm}^2$$

Donde:

$C_{m1} = C_{m2}$ = constante del material.

V_1^2 = razón de poisson.

E_1 = módulo de elasticidad.

Las dimensiones del área de contacto de los rodillos son muy pequeñas comparadas con los radios de curvatura de los cuerpos, lo cual permite que los radios se consideren constantes en el área de contacto, sin importar las pequeñas deformaciones que ocurran ahí. (Shen, 2009)

Dato del rodillo:

- Radio: 98 mm
- Longitud: 100 mm
- Material: Acero galvanizado

Ecuación 5. Constante del material.

$$B = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)^\infty$$

$$B = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{\infty} \right)$$

$$B = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{R_1} \right)$$

$$B = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{98mm} \right) = 5.10 \times 10^{-3} mm$$

Donde:

B=constante del material.

R_1 = Radio de los rodillos.

3.4.1. Fuerza de doblado

Para realizar un doblado se debe tener en cuenta siempre la ubicación del eje neutro ya que nunca sufre deformación y el material por encima o por debajo de él sufre estiramiento o compresión según el sentido del doblado. (Shen, 2009)

Datos de lámina:

- Longitud de la lámina: 100 mm
- Espesor: 1 mm
- Abertura del dado final: 30 mm
- Material: Acero galvanizado

Ecuación 6. Fuerza de doblado.

$$F_d = \frac{L T^2 S_{ult}}{W}$$

$$F_d = \frac{100mm * 1mm^2 * 34.68kg/mm^2}{30mm} = 115.6kgf = 1133.6487N$$

Donde:

F_d = fuerza de doblado

L = longitud de lamina

T= espesor del fleje

S_{ult} = La resistencia de diseño de la mayoría de los perfiles de acero laminados en caliente es de 340 mega-pascales (34.6806 kg/mm^2) tanto en compresión como en tracción, mientras que en algunas calidades especiales llegan a 480 mega-pascales.

W=Luz entre apoyos o abertura del dado

Al calcular el semi ancho de la huella, esta es importante para la deformación de los extremos de la lámina ya que el rodillo se compone de la tensión en contacto con la lámina para su deformación para mayor fuerza que necesitaremos esto es se considera con los datos obtenidos de las ecuaciones 4, 5 y 6 se da la siguiente ecuación:

Ecuación 7. Semi ancho de huella.

$$a_m = \sqrt{\frac{2}{\pi} * \frac{C_{m1} + C_{m2}}{B} * \frac{F_d}{a}}$$

$$a_m = \sqrt{\frac{2}{\pi} * \frac{(4.388 \times 10^{-7} + 4.388 \times 10^{-7}) \text{ N/mm}^2}{5.10 \times 10^{-3} \text{ mm}} * \frac{1133.648 \text{ N}}{62 \text{ mm}}} = 0.14 \text{ mm}$$

Donde:

a_m = semi ancho de la huella de contacto

F_d = fuerza de doblado

a = ancho de la lámina o fleje

3.4.2. Cálculo de presión máxima

Con los datos obtenidos de las ecuaciones 7 y 8 la presión máxima del perfilado

viene dada por cada paso del rodillo o estación en la máquina:

Donde:

F_d = fuerza de doblado

L = longitud de lamina

a_m = semi ancho de la huella de contacto

Ecuación 8. *Presión máxima.*

$$P_{max} = \frac{2 * F_d}{\pi * a_m * L}$$

$$P_{max} = \frac{2 * 7028.62N}{\pi * 0.14mm * 100mm} = 515.50N/mm^2$$

3.5. Fuerza máxima de arrastre

Para el siguiente cálculo es necesario primero encontrar la inercia del rodillo en propiedad de los cuerpos hace que tiendan a continuar en el estado de movimiento en que se encuentran, es decir una mayor inercia dificulta la aceleración y el frenado de acuerdo a los siguientes datos:

Datos de rodillos y lamina

- Masa del rodillo = 1000kg
- Distancia de lámina = 2 m (esto depende de la medida que se requiera puede variar)

Ecuación 9. *Inercia del rodillo.*

$$I = m(kg) * x^2$$

$$I = 1000kg * 2m^2$$

$$I = 4000 \text{ kgm}^2$$

Donde:

I =inercia

M =masa

x^2 =distancia de la lámina

3.6. Cálculo de volumen del material

Los cálculos de volúmenes de cuerpos geométricos requieren fórmulas que permitan hacer el cálculo de volumen el cual es necesario para ver la profundidad de deformación que tiene la lámina de acero galvanizado.

Datos de lámina:

Largo del material = 2 m esto puede variar dependiendo del largo de fleje que desee el comprador.

Ancho de la lámina= 0.1 m o 10cm

Espesor de la lámina= 0.01 m o 0.1 cm

Ecuación 10. *Volumen del material.*

$$V = l * a * e$$

$$V = (1.5 * 0.1 * 0.01)m^3$$

$$V = 1.5 \times 10^{-3} m^3$$

Donde:

l =largo del material

V =volumen del material

a =ancho de la lámina

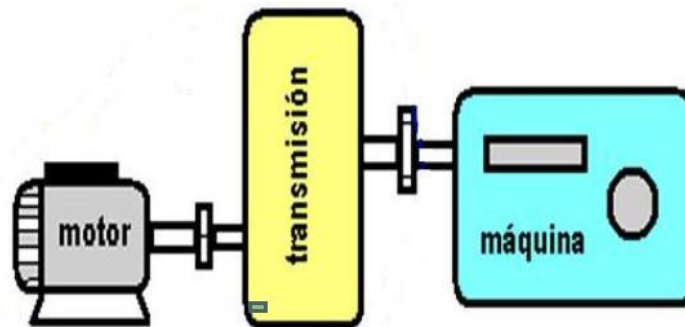
e =espesor del material

3.7. Potencia de selección del motor

Para la selección de un motor en nuestro caso, es un motor reductor acoplado a un motor eléctrico que se utiliza en el área industrial. (Ver Fig. 9).

Figura 9

Motor y Transmisión

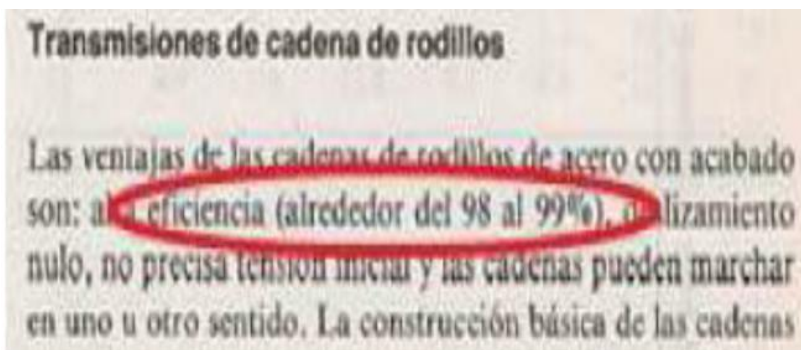


Nota: Se muestra el acoplamiento del motor con un sistema de transmisión para que la máquina funcione de forma continua (Alonso, 2009)

Para calcular la potencia del motor se requiere el rendimiento de la transmisión por cadena que está en un rango de 98-99%. (Ver Fig. 10).

Figura 10

Transmisión de cadena en rodillos



Nota: Eficiencia de rodillos de acero es alrededor de 98 al 99%. (Norton, 1999)

El sistema de transmisión en la máquina perfiladora es a través del método más utilizado en la industria piñón-cadena ya que este genera menores pérdidas al momento de transmisión de movimiento.

Ecuación 11. *Rendimiento de transmisión.*

$$P_e = \frac{P_s}{N_r}$$

$$P_e = \frac{2.2HP}{0.99} = 2.22 \text{ HP}$$

Donde:

P_e = potencia de entrada

P_s = potencia de salida o potencia de rodillos

N_r = rendimiento del reductor

Potencia del motor = 2,22 HP

3.8. Construcción del sistema de transmisión.

. De acuerdo al método de transmisión piñón-cadena ya colocado en la máquina se adaptó una serie más de rodillos para mitigar los esfuerzos y un sistema de enderezamiento para dar un mejor acabado al fleje.

3.8.1. Construcción de soportes móviles

Son estructuras móviles que son instaladas en los largueros del sistema de perfilado con la función de dar apoyo a los rodillos. El material para su construcción de los soportes es de hierro, luego pasa por un proceso de maquinado en la fresadora para dar la forma al soporte y la ranura por donde se deslizará la placa móvil, luego dar el alojamiento de buen acabado superficial y precisión que conectarán con los rodamientos, también se realizó el roscado en la parte superior donde se conectarán con la tapa del sistema del tornillo de regulación. (Ver Fig. 11).

Figura 11

Elaboración de los soportes



Nota: Fabricación de los soportes móviles los cuales soportaran el movimiento de los rodillos.

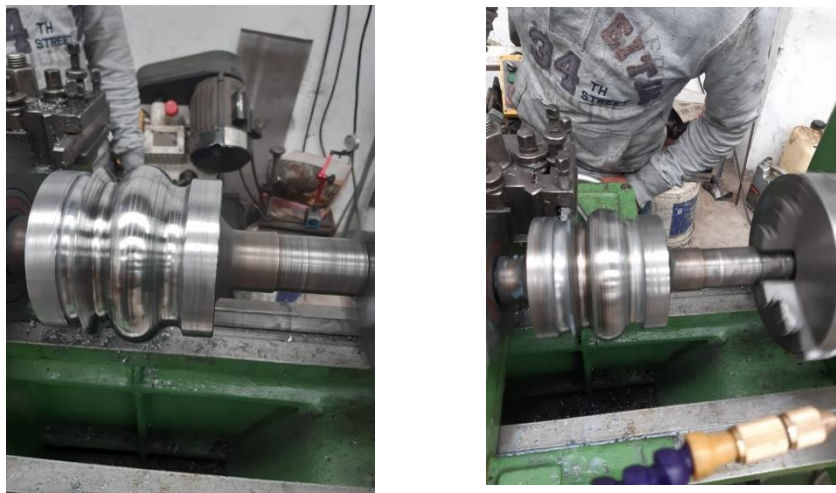
3.8.2. Construcción de los rodillos.

Los rodillos de formación y las estaciones de formación son los componentes individuales por los que pasa el metal para doblarse o formar una forma deseada. En primer lugar se procede a la adquisición del material para la fabricación de los ejes y rodillos conformadores para posteriormente cilindrar en los tornos convencionales, hasta llegar a la forma deseada para cada paso de los rodillos, la necesidad de obtener dicha máquina es que los conformadores tengan un buen acabado y así conseguir que la

superficie del material no sufra de rayones para obtener una buena presentación, las características del material tanto de los rodillos como de los ejes . (Ver Fig. 12).

Figura 12

Formación de los rodillos



Nota: Fabricación de los rodillos de la perfiladora a través de un sistema de torneado con sus medidas.

3.8.3. Montaje de rodillos con sus piñones

Los elementos que componen el sistema motriz de la máquina perfiladora serán comprados ya que son difíciles de fabricar, su disponibilidad en el mercado es amplia. De tal manera se acopló los rodamientos en los soportes al igual que los rodillos luego se implementó sus piñones y engranes a los costados de los rodillos y se procedió a instalar en la máquina perfiladora. (Ver Fig. 13).

Tabla 6

Elementos del sistema motriz

Elemento	Cantidad
Piñones	2
Engranajes	2
Cadenas	2

Elemento	Cantidad
Rodamientos	4
Soportes móviles	4
Pernos	2
Arandelas	2
Rodillos	2

Nota: Cantidad de elementos del sistema motriz

Figura 13

Montaje del sistema motriz



Nota: Rodillos ya colocados en sus soportes y con sus rodamientos y engranajes.

3.9. Montaje general de los elementos de la máquina.

Una vez que las piezas han sido construidas y los elementos que se compró para la máquina se procede a su respectivo montaje.

Como primer lugar se armará la estructura metálica asegurándose que este perfectamente nivelada. Posteriormente se suelda una placa sobre la mesa para que quede uniforme. (Ver Fig. 14).

Figura 14

Placa de los soportes



Nota: Fabricación de la placa para la colocación de los soportes móviles.

En segundo lugar, se sujetarán los soportes izquierdos, asegurando las distancias entre centros de los rodillos a la mesa de la estructura metálica con los pernos especificados cerciorándose además que estos deben estar con su respectivo rodamiento y ejes para una mejor distribución. (Ver Fig. 15)

Figura 15

Colocación de los soportes en la máquina perfiladora



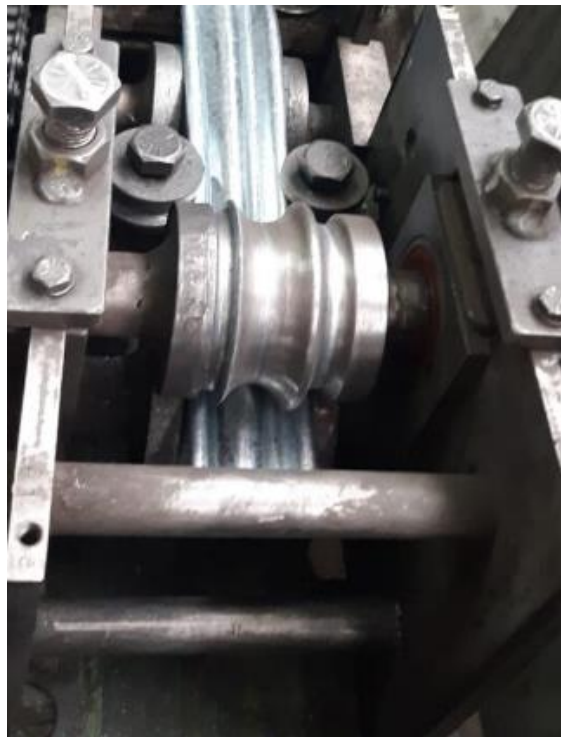
Nota: Colocación de los soportes en la máquina perfiladora asegurando la distancia de centros adecuada para su óptimo funcionamiento.

Ya instalados los soportes a la estructura se acoplarán a estos los rodillos inferiores, para así, colocar todos los elementos sobre la mesa de la estructura metálica; Una vez hecho esto, colocamos el soporte derecho así mismo en la mesa con sus respectivos rodamientos y lo insertamos en el extremo libre del eje.

A continuación, se colocarán los rodillos superiores con sus respectivos rodamientos, teniendo este montaje se procede a insertar a través de la guía las placas móviles en los soportes con el tornillo regulador, para luego continuar el mismo paso para las otras estaciones. (Ver Fig. 16).

Figura 16

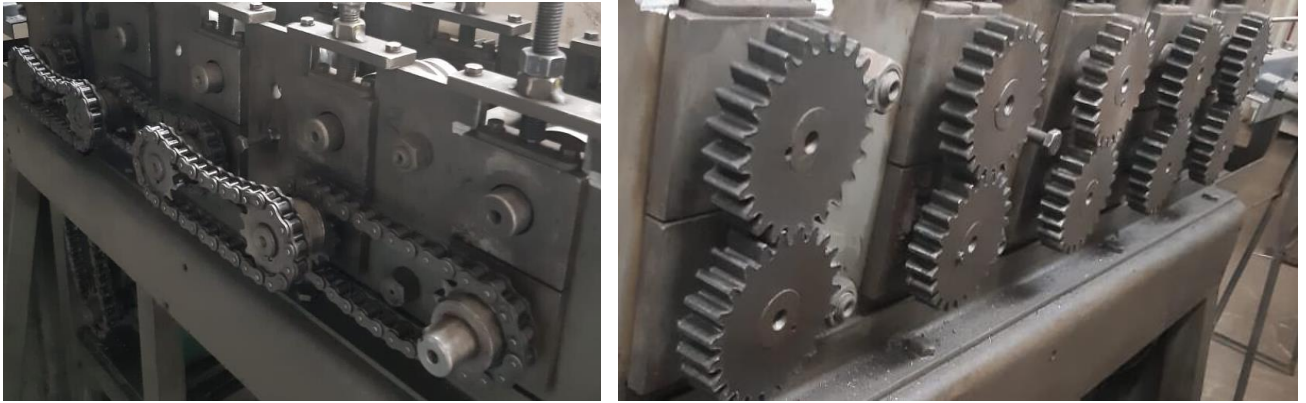
Colocación de rodillos en los soportes móviles



Una vez montados los soportes sobre la estructura metálica con los ejes, rodillos conformadores y rodamientos se procederá a colocar los engranes y cadenas en los extremos libres de los ejes inferiores y superiores, para todo el proceso de conformado. (Ver Fig. 17).

Figura 17

Piñón-cadena y engranes



Nota: Colocación del sistema de transmisión piñón-cadena y engranes.

Se debe tomar en cuenta que los rodillos estén bien centrados tanto en los ejes como los rodillos para evitar que el perfil a conformar sufra alguna deformación. (Ver Fig. 18).

Figura 18

Montaje en la máquina perfiladora.



Nota: Montaje de los dos rodillos que se implementaron en la máquina con todo su sistema motriz.

3.10. Montaje de enderezadora

Una vez instalado los rodillos procedemos a instalar la enderezadora para una mejor formación de la lámina y que no se deforme al momento de salir del sistema de rodillos. (Ver Fig. 19).

Figura 19

Montaje de la enderezadora.



Nota: La enderezadora era algo primordial en la máquina ya que no basta solo con los rodillos para conformar el perfil es muy necesaria para corregir posibles errores.

Con la implementación mecánica en la máquina perfiladora se garantiza la obtención de una mejor calidad de flejes y reducir los esfuerzos en la máquina que ocasionaba paros de máquina y pérdida de tiempo de producción.

CAPÍTULO IV

4. Instalación del sistema eléctrico y pruebas en la máquina

En este capítulo se detalla los medios que se utilizaron para lograr la instalación del sistema de control adecuado en la línea de perfilado de la empresa PRODUMETAL y así realizar pruebas eléctricas de la máquina en puesta en marcha a fin de comprobar su funcionamiento óptimo en la calidad de producción de flejes.

4.1. Instalación de panel de control

La instalación de un panel de control tiene como objetivo controlar el sistema eléctrico de la máquina por medio de sus accionadores y logra mayor rendimiento en el proceso de perfilado. (Antonio de la villa, 2004).

Con la cual se realizó la instalación de diferentes dispositivos de control para un correcto funcionamiento de la máquina y para protección del operador los cuales son:

- Contactor
- Guardamotor LS22-32
- Luz piloto verde
- Cable #12-16
- Gabinete metálico liviano 300*300*200
- Final de carrera
- Selector
- Pulsador verde
- Paro de emergencia

Primero se realizó la instalación del gabinete en la parte inferior de la estructura donde se ubicó 2 barras verticales que servirán de apoyo para sujetar el gabinete y así tenerlo en un lugar de libre acceso para el operador si ocurre alguna emergencia o revisión de sus conexiones. (Ver Fig. 20).

Figura 20

Soporte del gabinete eléctrico



Nota: Estructura donde se instalará el gabinete eléctrico.

4.2. Contactor.

Un contactor es un elemento electromecánico que tiene la capacidad de establecer o interrumpir la corriente eléctrica de una carga, con la posibilidad de ser accionado a distancia mediante la utilización de elementos de comando. Para su selección se lo obtuvo a través de la placa del motor instalado en la máquina la cual detallamos en la tabla 7.

Tabla 7

Características del motor

Características del motor	
Potencia	2.2 HP
Amperaje	17/22 A
Voltaje	110/220 V
Factor de potencia	0.85

Con las características podemos dimensionar el contactor en este caso nuestro motor trabaja con un amperaje de 22 A a 220 V. (Ver Fig. 21).

Tabla 8*Características del contactor*

Atributo del producto	Valor de atributo
Escribe	Contactor
Contacto auxiliar	1 NA, 1 NC
Configuración de contacto	3 NO
Clasificación de corriente de contacto	32 A

Figura 21*Contactor*

Nota: Contactor que controla el arranque y paro de la máquina a través de su enclavamiento.

4.3. Guardamotor.

Para seleccionar el guardamotor nos guiamos de acuerdo a la placa del motor, debido a que el guardamotor depende del amperaje que el motor ocupa al momento de estar en funcionamiento y así poder proteger al mismo de sobre corrientes o sobrecargas que

puedan existir. Por lo tanto, para su selección revisamos la tabla 7 donde se puede observar la corriente a plena carga que trabaja el motor que es 22 A. (Ver Fig. 22).

Figura 22.

Guardamotor



Nota: Se muestra el guardamotor seleccionado este soporta cargas de 18 a 32 amperios

4.4. Luz piloto

Esta luz piloto de baja potencia o bajo consumo tiene como propósito darnos un aviso visual de que tenemos encendido el sistema eléctrico. Mientras que la máquina esté funcionando la luz piloto está encendida demostrando que hay consumo de corriente. (Ver Fig. 23).

Figura 23*Luz piloto*

Nota: Tipo de luz piloto que nos dará señal al operario de que la máquina esta encendida.

4.5. Selector

El selector eléctrico rotativo nos ayuda abrir o cerrar contactos de acuerdo a una posición seleccionada de manera manual por el operario, con la cual nos ayuda a controlar el giro de la máquina rotativa (motor) en la máquina perfiladora a fin de cambiar simultáneamente el estado eléctrico de contactos internos del equipo. (Ver Fig. 24).

Figura 24*Selector*

Nota: El selector es esencial para el control de giro de la máquina rotativa (motor)

4.6. Final de carrera.

Final de carrera eléctrico contara con contactos 1NA+1NC, accionamiento por roldana fija en acero, fabricados en resina termoplástica muy resistente a los golpes.

El final de carrera eléctrico detectará la posición a través de su accionamiento mediante un pulsador, al momento que el fleje haga contacto con el final de carrera la máquina realizará un paro y se procede al corte del fleje. (Ver Fig. 25).

Tabla 9

Características técnicas

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS FINAL DE CARRERA	
Contactos	NA+NC
Material	Termoplástico, cabezal de accionamiento: metálico.
Tipo de ruptura	Brusca.
Tensión máxima de trabajo	500 Vac.
Número de operaciones (min.)	15 millones.

Figura 25

Final de carrea



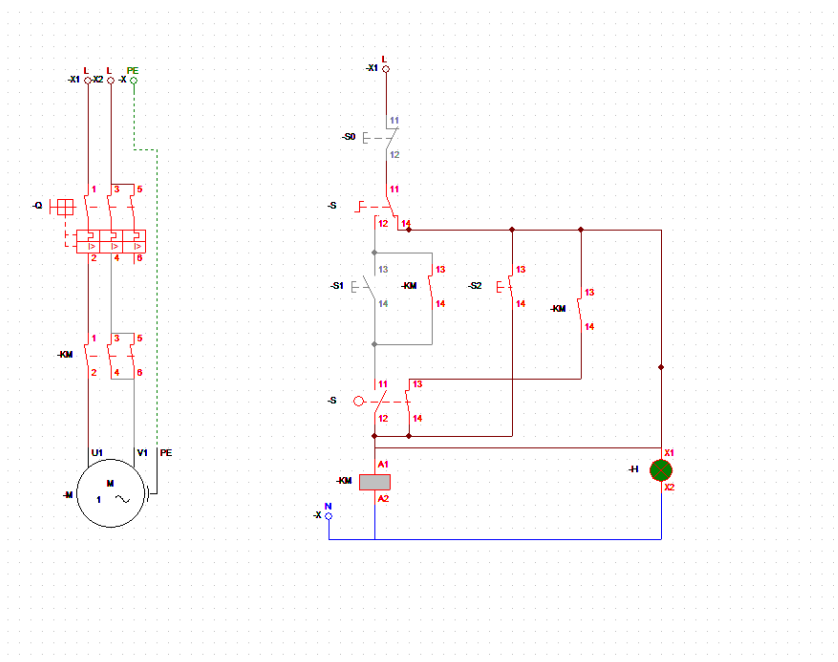
Nota: Final de carrera que se accionara al momento de que el perfil llegue a la distancia requerida esto se ajusta manualmente dependiendo el largo del perfil

4.7. Colocación del tablero y su circuito eléctrico

Colocamos todos los elementos de acuerdo al circuito eléctrico en el gabinete, el circuito se realizó en el software Cadesimu para comprobar el funcionamiento del final de carrera y que cumpla con los requerimientos de la empresa con lo cual se mejoró la productividad en la empresa. (Ver Fig. 26).

Figura 26

Circuito de mando y control



Nota: A continuación, observamos el funcionamiento del final de carrera al momento de hacer contacto se para la máquina se realiza el corte de la lámina y se acciona nuevamente a través del pulsador.

4.8. Funcionamiento de la máquina perfiladora

4.8.1. Prueba de consumo de la máquina en funcionamiento

Se realizó pruebas en el motor que cuenta con un consumo de 220V de acuerdo a su placa, en su fuente de alimentación se colocó una pinza amperimétrica en las líneas de consumo del motor y comprobamos que está funcionando óptimamente con su voltaje de placa en largos periodos de tiempo. (Ver Fig. 27).

Figura 27

Consumo del motor



Nota: Consumo del motor realizando la medición con una pinza amperimétrica.

4.8.2. Mejora en la calidad de flejes

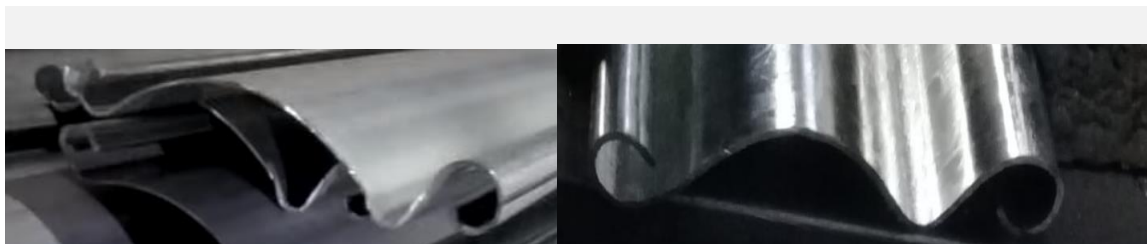
Los flejes en la máquina perfiladora se arregló el pequeño déficit del deformado que se encontraba anteriormente antes de las repotenciaciones que se le realizó, esto se arregló colocando los dos rodillos en la máquina y la enderezadora con la cual se mejoró la calidad de los flejes. (Ver Fig. 28).

Figura 28

Mejora en la fabricación de flejes

ANTES

DESPUES



Nota: A continuación, se puede observar la mejora que tiene el fleje después de la implementación de los rodillos y el sistema de enderezamiento

4.9. Análisis de costos

Para determinar el costo total de la repotenciación de la perfiladora, se analizan tablas de costo de materiales y mejoras en el sistema eléctrico. Se consideró además que los costos totales para las mejoras de la perfiladora se dividen en costos primarios y secundarios

Costos Primarios. Los costos relacionados directamente en la construcción de la máquina siendo un factor necesario. (Ver Tabla 10).

Costos Secundarios. Los costos que conforman indirectamente los materiales de la máquina o que van relacionados a ella. (Ver Tabla 11).

Costo Total. Hace referencia a un valor general entre la suma de los costos primarios y secundarios. (**Costos Primarios.** Los costos relacionados directamente en la construcción de la máquina siendo un factor necesario) (Ver Tabla 12).

Tabla 10

Costos primarios

DESCRIPCIÓN (material)	CANT.	P / U	VALOR TOTAL
Engranajes	8	24.00	192.00
Rodillos	2	300.0	600.00
		0	
Contactores	1	20.00	20.00
Cadenas	2	20.00	40.00
Conectores	5	2.20	11.00
Tablero eléctrico	1	23.50	23.50
Guardamotor	1	42.35	42.35
Final de carrera	1	35.70	35.70
Selector	1	5.60	5.60
Rodamientos SFK	4	8.80	35.20
Pulsadores	2	3.20	6.40
Luz piloto verde	1	2.80	2.80
Cable flexible #16	6m	0.30	1.80
Cable flexible #12	8m	0.42	3.36
			\$
SUBTOTAL			1019.71
Reproducciones de ejemplares			
Impresiones	80	0,03	2.40
Copias	30	0,25	7,50
			\$ 9.90
VALOR TOTAL			\$ 1019.71

Tabla 11*Costos Secundarios*

DESCRIPCIÓN (material)	CANT.	P / U	VALOR TOTAL
Útiles de escritorio	varios	-	35,00
Flash memory	1	22	22,00
Transporte		-	200.00
Papel bond	80	0,03	2.40
Impresiones A3	30	0,1	3,00
Anillados	2	2	4,00
Empastado	3	6,5	19,50
Imprevistos	-	-	(30%)
			135.40
	VALOR TOTAL		\$ 421.30

Tabla 12*Costo Total*

VALOR TOTAL COSTO PRIMARIO	1019.71
VALOR TOTAL COSTO SECUNDARIO	421.30
TOTAL	\$ 1441.01

CAPÍTULO V

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

- Mediante la repotenciación del sistema mecánico y eléctrico se logró disminuir los esfuerzos adicionándole una estación adicional de rodillos con un sistema de enderezamiento y un sistema de control en la máquina perfiladora con el fin de rectificar el producto final de la lámina.
- Con la puesta en marcha del sistema mecánico se obtuvo mejores resultados de producción y en la parte eléctrica se añadió un sistema semiautomático que ayuda a mejorar el proceso de perfilado.
- Las pruebas de rendimiento fueron aceptables para su utilización dado que se mejoró la parte mecánica y eléctrica sin tener ningún percance al momento de la utilización de la máquina perfiladora.

5.2. Recomendaciones

- Los rodillos deben tener un excelente acabado superficial para que los perfiles que se van a producir tengan un mejor acabado o producto final y sea mucho más fácil maquinar si realizar un mayor esfuerzo.
- La máquina perfiladora puede funcionar sin ninguna novedad si en algún momento se desea implementar un sistema de automatización por PLC o por un encoder ya que la misma se diseñó con los más altos estándares de seguridad.
- Colocar lo más centrado posible la lámina en el ingreso de la máquina a través de guías para que no se produzcan deformaciones innecesarias o se puede estropear el material o rodillos.
- Mantener siempre las medidas de seguridad industrial durante la operación, mantenimiento y limpieza de la máquina para evitar accidentes

6. Bibliografía

- Alonso, H. R. (2009). *Notas Técnicas de Teórica y Práctica de Diseño Mecánico*. Buenos Aires: Electrónica.
- Antonio de la villa, J. M. (2004). *Instalaciones y máquinas eléctricas*. Sevilla: S.L. LIBRERIA PANELLA.
- Aponte, A. (2018). *Proceso de fabricación II*. Maracay: Ediciones de la U.
- BOHLER. (2014). *Manual de aceros especiales, bronces y tratamientos térmicos*. Lima: Ecuador del Castillo.
- Gil, O. (1979). *Diseño de accionamientos y transmisiones de máquinas*. Pereira.
- Halmos, G. T. (2005). *Roll Forming Handbook*. CRC Press; N.º 1 edición.
- Keith, B. &. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica*. McGraw-Hill Interamericana de España S.L.; 9a edición.
- Miroliubov, I. (1978). *Problemas de resistencia de materiales*. Moscú: Mir-Moscú.
- Niemann, G. (1981). *Elementos de máquinas*. Munich: Edgard Blucher.
- Norton. (1999). *Diseño de elementos de máquina*. México D.F: Pearson Educación.
- Perez, C. (1999). *Fundamentos de mecanismos y máquinas para ingenieros*. Madrid: Aravaca.
- Roll Forming, C. (2005). *Roll forming*. Alemania: COPRA® RF.
- Ruiz, C. (1999). *Fundamentos de resistencia de materiales y cálculo de estructuras*. Barcelona: Ingeniero de caminos, canales y puertos.
- Sarkar, B. J. (2011). *Dilución como criterio de falla durante el conformado de chapa*. Journal of Practical Failure.

Shen, H. Y. (2009). *Diseño de optimización de perfiles de rollo para conformado en frío basado en el método de superficie de respuesta*. Materials and Design.

Shigley. (2008). *Diseño de Ingeniería Mecánica*. México D.F : Mc Graw Hill.

Timoshenko. (2002). *Resistencia de materiales*. Paraninfo.

Weber, H. (2003). *Tubos perfilados a medida para adaptarse a necesidades personalizadas*.

Wilfried, H. (1996). *New developments in sheet metal forming*. Elsevier-JMPT.

7. Anexos