

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	Documento F-AC-DBL-007	Código 30-09-2024	Fecha C
	Dependencia DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	Aprobado SUBDIRECTOR ACADEMICO	Pág. 1(1)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Andriow Fauricio Pabón Duran		
FACULTAD	Ingeniería		
PLAN DE ESTUDIOS	Ingeniería mecánica		
DIRECTOR	Leider Quintero Arias		
TÍTULO DE LA TESIS	Construcción de una maquina roladora de láminas para el servicio de los trabajadores de la empresa Industrias Oryoda.		
TITULO EN INGLES	Construction of a sheet metal rolling machine for the service of the workers of the Oryoda Industries company.		
RESUMEN			
La empresa Industrias oryoda enfrenta una problemática en el rolado de láminas, debido a que no cuenta con una roladora propia y debe recurrir a proveedores externos. Esto genera retrasos en la producción e incrementa los costos de procesamiento. El diseño y construcción de una roladora permitirá optimizar los procesos, considerando análisis de diseño mecánico, costos y especificaciones técnicas que se ajusten a las necesidades de la empresa.			
RESUMEN EN INGLES			
The oryoda Industries company faces a problem with sheet metal rolling because it lacks its own rolling machine and must rely on external suppliers. This causes production delays and increases processing costs. The design and construction of a rolling machine will optimize processes, considering mechanical design analysis, costs, and technical specifications that meet the company's needs.			
PALABRAS CLAVES	Diseño mecánico, análisis estático, mantenimiento, estudio económico		
PALABRAS CLAVES EN INGLES	Mechanical design, static analysis, maintenance, economic study		
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 156	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 56	CD-ROM:



**Construcción de una Máquina Dobladora de Láminas, para el Servicio de los
Trabajadores de la Empresa INDUSTRIAS ORYODA S.A.S**

Andriow Fauricio Pabón Duran

Facultad de Ingenierías, Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña

Ingeniería Mecánica

Esp. Leider Quintero Arias

04 junio 2025

Contenido

1. Construcción de una Máquina Dobladora de Láminas, para el Servicio de los Trabajadores de la Empresa INDUSTRIAS ORYODA S.A.S.....	13
1.1 Descripción de la Empresa.....	13
1.1.1 Misión.....	13
1.1.2 Visión.....	13
1.1.3 Objetivo de la Empresa	14
1.1.4 Estructura Organizacional de la Empresa	14
1.1.5 Descripción del Área de Diseño y Mantenimiento	15
1.2 Diagnóstico Inicial del Área de Diseño y Mantenimiento.....	15
1.2.1 Planteamiento del Problema.....	18
1.3 Objetivos de la Pasantía	19
1.3.1 Objetivo General.....	19
1.3.2 Objetivos Específicos.....	19
1.4 Descripción de las Actividades a Desarrollar	20
1.5 Cronograma de Actividades.....	21
2. Enfoque Conceptual.....	26
2.1 Diseño Mecánico	26
2.1.1 Software de Diseño Mecánico	26
2.1.2 Proceso de Rolado.....	27

2.1.3 Rolado de Láminas (Planas)	27
2.1.4 Equipos de Rolado.	28
2.1.5 Roladora Simétrica.....	28
2.1.6 Materiales para Doblado	29
2.1.7 Soldadura	29
2.1.8 Sistemas de Transmisión de Potencia	30
2.1.9 Transmisión de Potencia por Cadenas de Rodillos.....	31
2.1.10 Resistencia a la Tracción	31
2.1.11 Maquinas Eléctricas Rotativas	32
2.1.12 Mantenimiento	32
2.1.13 Mantenimiento Preventivo	32
2.1.14 Dureza	33
2.1.15 Tenacidad, Energía de Impacto.....	34
2.1.16 Conductividad Térmica.....	34
2.1.17 Resistencia a la Corrosión.....	35
2.2 Enfoque Legal	35
2.2.1 Regulaciones Laborales y Seguridad Ocupacional.....	35
2.2.2 Regulaciones Ambientales.....	36
2.2.3 Normativas de Diseño Mecánico	37
3. Informe del Cumplimiento del Trabajo	38

3.1 Presentación de Resultados	38
3.1.1 Selección de los Materiales Óptimos para la Fabricación de la Máquina Dobladora de Láminas Considerando Criterios como Resistencia Mecánica, Durabilidad, Capacidad de Conformado.....	38
Cálculos.....	63
3.1.2 Realizar el Diseño de la Máquina con la Ayuda de un Software de Dibujo Asistido por Computadora (CAD) Solidworks para Facilitar el Montaje de la Roladora. .	101
3.1.3 Construir la máquina dobladora de láminas siguiendo el diseño establecido, para ser implementada en la empresa asegurando una operación y mantenimiento óptimo.	126
4. Conclusiones	148
5. Referencias.....	150

Lista de Figuras

Figura 1 Organigrama De La Empresa	14
Figura 2 Diagrama de curvatura minuto teórico en el sistema de rolado	65
Figura 3 Teorema de Pitágoras.	65
Figura 4 Sección transversal de la lámina a rolar	67
Figura 5 Viga Triangular	68
Figura 6 Diagrama de cuerpo libre de la lámina al ingresar a la roladora	69
Figura 7 Corte 1- Viga Triangular	70
Figura 8 Corte 2- Viga Triangular	71
Figura 9 Corte 3- Viga Triangular	71
Figura 10 Diagrama de Fuerza Cortante y Momento Flector	72
Figura 11 Esquema de Fuerzas Aplicadas del Rodillo Superior	75
Figura 12 Grafica de fuerzas cortantes.	76
Figura 13 Grafica de momento flector.....	76
Figura 14 Diagrama de fuerzas existentes en viga	77
Figura 15 Análisis de Esfuerzo combinados de rodillo superior	89
Figura 16 Diagrama 3D de fuerzas en rodillos	90
Figura 17 Diagrama de esfuerzos combinados rodillo superior	92
Figura 18 Diagrama de esfuerzos combinados rodillo inferior	94
Figura 19 Tabla para selección de cadena	98
Figura 20 Plano general de la maquina roladora.	102
Figura 21 Plano Mesa (soporte roladora)	103

Figura 22 Plano Rodillo curvador.....	104
Figura 23 Plano rodillo de transmisión.....	105
Figura 24 Plano soporte lateral 1	106
Figura 25 Plano soporte lateral 2	107
Figura 26 Plano sujetador eje curvador	108
Figura 27 Plano eje roscado.....	109
Figura 28 Plano transmisión de potencia	111
Figura 29 Plano base motorreductor	112
Figura 30 Plano guardacadena.....	113
Figura 31 Análisis estático de tensión en la lámina.....	115
Figura 32 Análisis estático de tensión en la mesa	116
Figura 33 Análisis estático de desplazamiento en la mesa	117
Figura 34 Análisis de tensiones en rodillo superior.....	118
Figura 35 Evaluación de tensiones en el rodillo inferior	119
Figura 36 Corte de piezas para soportes laterales.....	130
Figura 37 Corte de piezas para soportes laterales.....	130
Figura 38 Corte de piezas para sujetador de eje curvador	131
Figura 39 Corte de piezas para rodillos	132
Figura 40 Corte de piezas para chumaceras.....	133
Figura 41 Puntas o ejes de rodillos	133
Figura 42 Torneado de chumaceras	134
Figura 43 Mecanizado de ejes de rodillos	135
Figura 44 Mecanizado de piñones de transmisión.....	136

Figura 45 Proceso de ensamblado de la mesa.....	138
Figura 46 Proceso de ensamblado de soportes laterales	139
Figura 47 Proceso de ensamblado de ejes y rodillos	140
Figura 48 Proceso de ensamblaje de rodamientos y chumaceras	141
Figura 49 Proceso de ensamblaje de rodamientos y chumaceras continuación	142
Figura 50 Proceso de ensamblaje de soporte de eje curvador.....	143
Figura 51 Proceso de ensamblaje general.....	144
Figura 52 Proceso de ensamblaje de sujetadores.....	144
Figura 53 Proceso ensamblaje de base motorreductor.....	145
Figura 54 Instalación del motorreductor.....	146
Figura 55 Instalación guarda de seguridad	147
Figura 56 Terminación y Aplicación de anticorrosivo	147

Lista de Tablas

Tabla 1 Matriz Dofa.....	16
Tabla 2 Tabla De Estrategias	17
Tabla 3 Descripción de las Actividades.....	20
Tabla 4 Cronograma de actividades.....	21
Tabla 5 Tabla propiedades físicas y mecánicas del acero A-36	43
Tabla 6 Composición química del Acero 1020.....	46
Tabla 7 Propiedades físicas del acero 1020	47
Tabla 8 Composición química del acero AISI 1045.....	49
Tabla 9 Características físicas del acero AISI 1045	49
Tabla 10 Composición química del acero AISI 4340	51
Tabla 11 Propiedades del acero AISI 4340.....	51
Tabla 12 Tabla comparativa: Ventajas y desventajas del acero A36 y A572 Grado 50..	53
Tabla 13 Tabla comparativa: Ventajas y desventajas del acero AISI 1045 y AISI 1050.	55
Tabla 14 Ventajas y desventajas del acero AISI 4140 y AISI 1045	57
Tabla 15 Tabla comparativa: propiedades físicas y mecánicas de aceros al carbono.....	60
Tabla 16 Tabla comparativa: Ventajas y desventajas de aceros al carbono	60
Tabla 17 Componentes críticos y mantenimiento requerido	120
Tabla 18 Formato de registro y control.....	124
Tabla 19 Cotización costos materiales 1.....	126
Tabla 20 Cotización costos materiales 2.....	127
Tabla 21 Cotización costos materiales 3.....	127

Tabla 22 Cotización costos materiales 4.....	127
Tabla 23 Cotización costos materiales 5.....	128

Resumen

Durante la pasantía participé activamente en la construcción de la máquina roladora de láminas, aplicando los conocimientos básicos adquiridos en la universidad. En este proceso, pude desarrollar el diseño mediante sistemas CAD por computadora y, a su vez, realizar cálculos de elementos de fijación y transmisión, los cuales son fundamentales para lograr un buen diseño.

Además, contribuí a resolver un problema importante que enfrentaba la empresa: la necesidad de contratar externamente los servicios de rolado. Gracias a este proyecto, dichos procesos pudieron ser asumidos internamente, lo que representó un beneficio técnico y económico.

Durante la etapa de diseño y construcción también se tuvieron en cuenta tanto el presupuesto disponible como las especificaciones técnicas definidas por la empresa. Para asegurar la precisión y confiabilidad del diseño, se realizaron estudios de elementos finitos mediante el software SolidWorks. Asimismo, en la fase de construcción se efectuó un análisis cuantificable del costo real de la máquina, considerando materiales y mano de obra.

El resultado final fue satisfactorio, ya que la máquina se fabricó a partir de los planos generados en la etapa de diseño, lo cual garantiza un equipo funcional que opera en óptimas condiciones.

Introducción

La industria metalmecánica constituye un sector fundamental para el desarrollo de elementos y máquinas que garantizan la sostenibilidad y el crecimiento de las grandes industrias. Equipos como roladoras, dobladoras y cortadoras cumplen un papel esencial, pues permiten optimizar los procesos de conformado y facilitar el manejo de los metales en diferentes aplicaciones.

En el marco de la pasantía realizada en Industrias Oryoda S.A.S., se estableció como objetivo apoyar a los trabajadores mediante el diseño y la construcción de una máquina roladora que prestara servicio dentro de la misma empresa. Esta iniciativa surgió debido a que, hasta el momento, los procesos de rolado debían realizarse en la ciudad de Bucaramanga, lo cual generaba retrasos en la producción y aumentaba los costos de operación. Con la implementación de la nueva máquina, se busca reducir significativamente los tiempos de fabricación, cumplir con los plazos de entrega acordados con los clientes y fortalecer la capacidad de la empresa para producir maquinaria dirigida al sector palmicultor, su principal mercado.

El proceso de diseño y construcción de la roladora implicó un estudio detallado para la selección de los componentes más adecuados, teniendo en cuenta criterios como funcionalidad, resistencia, costos y disponibilidad de materiales. Este trabajo incluyó el análisis de medidas, tolerancias y propiedades de los materiales, con el fin de garantizar la precisión en el ensamble de cada una de las piezas. Asimismo, se buscó que el diseño favoreciera la reducción de costos de producción y asegurara un óptimo rendimiento de la máquina.

Una vez finalizado el ensamblaje y puesta en funcionamiento la roladora, la empresa comenzó a obtener el retorno de la inversión proyectado desde la fase de planeación. Gracias a esta implementación, se eliminó la dependencia de servicios externos en Bucaramanga y se redujeron los costos de mano de obra asociados al rolado de piezas. Como resultado, la organización no solo optimizó sus tiempos de producción, sino que también logró una recuperación del capital invertido a corto plazo, fortaleciendo así su competitividad en el sector.

1. Construcción de una Máquina Dobladora de Láminas, para el Servicio de los Trabajadores de la Empresa INDUSTRIAS RYODA S.A.S

1.1 Descripción de la Empresa

INDUSTRIAS RYODA S.A.S, ubicada en el noreste del país, es una empresa contratista dedicada al diseño, fabricación y mantenimiento de equipos para el sector Palmicultor. Con más de una década en el mercado, ha brindado servicios a empresas extractoras de aceite de palma de renombre, como Palmas de Cesar. Además, se destaca por su labor en el sector metalmecánico.

1.1.1 Misión

En INDUSTRIAS RYODA S.A.S, se trabaja para satisfacer las necesidades y expectativas de nuestros clientes a través de la prestación de servicios y el desarrollo de proyectos para el sector palmero en las especialidades metalmecánica, mecánica de producción, mecánica industrial, diseño industrial y otros servicios con altos estándares de calidad, al menor costo y al menor tiempo, aplicando acciones medioambientales y de seguridad y salud en el trabajo.

1.1.2 Visión

En 2017, INDUSTRIAS RYODA S.A.S será reconocida a nivel nacional, como una empresa de calidad y líder en la prestación de servicios integrados de diseño, fabricación,

instalación mantenimiento, modificaciones y asesorías palmicultor; contribuyendo de esta forma al mejoramiento de los procesos productivos social y económico de las zonas de influencia.

1.1.3 Objetivo de la Empresa

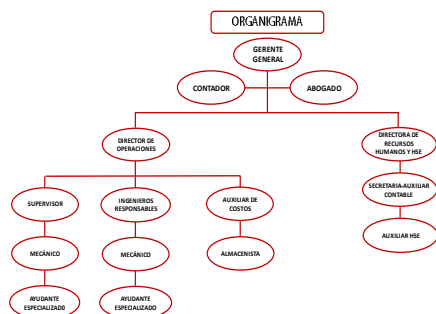
Ser una empresa líder en la región e industria metalmecánica brindando servicios de excelente calidad a un bajo precio y a un menor tiempo, a su vez proporcionando diseños y técnicas innovadoras a la hora de fabricación e instalación de estructuras piezas o maquinas utilizadas comúnmente en extractoras de aceite de palma.

1.1.4 Estructura Organizacional de la Empresa

La estructura organizacional de la empresa está constituida en primer lugar por la gerencia y luego por las diferentes direcciones, técnica, producción comercial, logística y gestión humana. Tal cual se puede evidenciar en la Figura 1.

Figura 1

Organigrama De La Empresa



Nota: El organigrama de la empresa fue proporcionado por la administración, 2025.

1.1.5 Descripción del Área de Diseño y Mantenimiento

La dependencia en la que está asignado el proyecto corresponde al área de diseño y mantenimiento, la cual está dirigida por el ingeniero Juan Pablo Bedoya, jefe del área de diseño y mantenimiento general de la empresa INDUSTRIAS ORYODA S.A.S, el cual está encargado de dirigir, supervisar e intervenir en los diferentes proyectos realizados en la empresa.

En este departamento se presentan diferentes proyectos en el área de fabricación, diseño e instalación de máquinas o estructuras.

1.2 Diagnóstico Inicial del Área de Diseño y Mantenimiento

El diseño del área de la máquina roladora de láminas se hará por medio de la matriz DOFA donde se representarán debilidades oportunidades fortalezas y amenazas, bajo la cual se pueden obtener elementos que brindarán una visión global e integral al respecto de la situación real de la empresa, (Amaya Correa , 2006). A continuación, se muestra la Tabla 1 con el análisis DOFA y la Tabla 2 con las estrategias FO, FA, DO, DA.

Tabla 1*Matriz Dofa*

FACTORES	DEBILIDADES	OPORTUNIDADES
INTERNOS	La falta De una máquina dobladora de láminas afecta directamente a la parte económica de la empresa	La implementación de la máquina dentro de la empresa ayudara a reducir tiempo de entrega de trabajos
EXTERNOS	Al no contar con una dobladora de láminas interna, la empresa puede tener menos control sobre la calidad del producto final, lo que podría afectar la satisfacción del cliente y la reputación de la empresa en el mercado.	Al tener el control directo sobre el proceso de doblado de láminas, la empresa puede optimizar la eficiencia operativa y maximizar la utilización de los recursos,
FACTORES	FORTALEZAS	AMENAZAS
INTERNOS	Tener una dobladora de láminas interna brinda a la empresa la capacidad de experimentar con nuevos diseños y materiales, lo que fomenta la innovación y el desarrollo de productos	La falta de compromiso por parte del sector de mantenimiento y diseño para la implementación de una

	nuevos y mejorados que pueden máquina roladora de	
	diferenciar a la empresa en el mercado. laminas	
EXTERNOS	La presencia de una dobladora de láminas interna puede permitir a la empresa ofrecer servicios integrados a sus clientes, que incluyan el diseño, la fabricación y el doblado de láminas. Esto puede aumentar el valor percibido por parte de los clientes y fortalecer las relaciones comerciales.	La disponibilidad, cambio y costo de las piezas necesarias para el mantenimiento y solución del problema que presente la máquina debido a un mal uso o proceso a la hora de un mantenimiento

Tabla 2*Tabla De Estrategias*

Estrategias FO	Estrategias FA
Desarrollar instructivos de mantenimiento para disminuir el tiempo de inactividad	Mediante el trabajo en equipo con ingenieros de distintas ramas formalizar la idea de diseño de la maquina
Estrategias DO	Estrategias DA
Desarrollar las capacidades y la destreza del personal para intervenir en la construcción de la maquina	El Objetivo es poder encontrar mayor cantidad de trabajo y poder hacerlo rápidamente

1.2.1 Planteamiento del Problema

Industrias Oryoda S.A.S, ubicada en San Alberto, sur del Cesar, es una empresa del sector metalmecánico que actualmente enfrenta un desafío importante: no cuenta con una dobladora de láminas propia, por lo que se ve obligada a subcontratar este proceso. Esta situación genera pérdidas tanto de tiempo como de dinero, ya que depender de terceros para realizar una tarea clave como el doblado de láminas no solo encarece la producción, sino que también la vuelve más lenta.

Esta dependencia externa ha traído varios problemas: demoras en los tiempos de entrega, aumento en los costos y, en algunos casos, fallas en la calidad del doblado. Si esta situación se mantiene, la empresa corre el riesgo de presentar productos con acabados inconsistentes, lo cual podría traducirse en la pérdida de clientes y en una disminución de su competitividad frente a otras empresas del sector.

Ante este panorama, una solución viable y urgente es el diseño e instalación de una dobladora de láminas dentro de la misma planta. Esto permitiría optimizar los procesos de fabricación, reducir costos significativamente y asegurar un control de calidad más preciso. Además, contar con esta máquina propia facilitaría el cumplimiento de los plazos de entrega y contribuiría a mejorar la eficiencia general de la empresa, reforzando su presencia en el mercado y aumentando la satisfacción de sus clientes.

1.3 Objetivos de la Pasantía

1.3.1 Objetivo General

Construir una máquina dobladora de láminas, para el servicio de los trabajadores de la empresa INDUSTRIAS ORYODA S.A.S.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Seleccionar los materiales óptimos para la fabricación de la máquina dobladora de Láminas considerando criterios como resistencia mecánica, durabilidad, capacidad de conformado y Costo.
- Realizar el diseño de la máquina con la ayuda de un software de dibujo asistido por computadora (CAD) SolidWorks para facilitar el montaje de la roladora.
- Construir la máquina dobladora de láminas siguiendo el diseño establecido, para ser implementada en la empresa asegurando una operación y mantenimiento óptimo.

1.4 Descripción de las Actividades a Desarrollar

Tabla 3

Descripción de las Actividades

Objetivo general	Objetivos específicos	Actividades
Diseño y fabricación de una máquina dobladora de láminas, para el servicio de los trabajadores de la empresa INDUSTRIAS RYODA S.A.S	Seleccionar los materiales óptimos para la fabricación de la máquina dobladora de Láminas considerando criterios como resistencia mecánica, durabilidad, capacidad de conformado, y Costo	• Recolectar información sobre las propiedades físicas y mecánicas de los materiales candidatos, incluyendo resistencia a la tracción, dureza, tenacidad, conductividad térmica, resistencia a la corrosión. • Comparar las propiedades de los diferentes materiales disponibles para evaluar su idoneidad en función de los criterios establecidos. • Establecer las especificaciones técnicas detalladas y cálculos necesarios que servirán como base para la etapa de diseño y selección de componentes.
	Realizar el modelamiento de la máquina en sistema CAD (SolidWorks) para facilitar el montaje de la roladora	• Utilizar el software SolidWorks para crear un modelo tridimensional preciso de la máquina dobladora de láminas, teniendo en cuenta las especificaciones requisitos establecidos anteriormente. • Realizar pruebas de verificación de análisis como elementos finitos para asegurar que el modelo CAD creado en SolidWorks cumpla con las especificaciones técnicas y requisitos de diseño establecidos. • Elaborar un análisis detallado de la Máquina para identificar los componentes Críticos que pueden requerir

[illegible]

2. Enfoque Conceptual

2.1 Diseño Mecánico

Los ingenieros mecánicos están involucrados en el proceso, la transformación de la energía, el suministro de medios de producción, el transporte y la tecnología que va más allá de las plantas de producción; sus habilidades y experiencia son amplias. La mecánica de los materiales, la mecánica de los fluidos, la transferencia de energía, los procesos de manufactura de plantas industriales y la teoría electrónica son los fundamentos disciplinarios de esta disciplina, y el diseño en el campo de la ingeniería mecánica se involucra en todas las áreas que componen esta disciplina. (G Budynas & J Keith, 2008)

Las dificultades reales se resisten a la información tecnológica; un rodamiento y bancada o su asiento involucra flujo de fluido, fricción, transferencia de calor, selección de materiales, descripciones estadísticas, estudio de fatiga, etc.; el avance de la industria debe primar la protección del medio ambiente. Actualmente, se habla de los diseños de calefacción, ventilación y acondicionamiento como si fueran departamentos independientes de ingeniería mecánica, lo cual es lo contrario. (G Budynas & J Keith, 2008).

2.1.1 Software de Diseño Mecánico

En la actualidad el diseño va más allá del papel, existe el software el cual es asistido mediante una computadora, esto permite el desarrollo de diseños tridimensionales, a partir del

cual se obtiene diferentes vistas a gusto del diseñador; muchas partes se pueden crear a partir de una base de datos (como una plantilla), esto ayuda a la creatividad de prototipos y manufactura sin papeles, esto a la vez agiliza los cálculos exactos como es masa, centro de gravedad, torque, área y muchas medidas que se le hace directamente. Existe una gran cantidad de software de CAD disponible como Aries, AutoCAD, CadKey, I-Deas, Unigraphics, Solid Works y ProEngineer, estos son algunos de los muchos que existen para el diseño en ingeniería mecánica. (G Budynas & J Keith, 2008).

2.1.2 Proceso de Rolado

En términos generales, el rolado es un proceso mecánico donde se hace pasar una pieza metálica a través de rodillos que ejercen presión para obtener una determinada forma según uno lo requiera. El proceso de rolado es empleado en las industrias, está considerado dentro del proceso de laminado (proceso que es reducir el espesor de una lámina), en el curvado de metales planos y no planos (proceso para curvar placas y perfiles) y en el moldeo de tubería metálicas. (Garcia Meza, 2019)

2.1.3 Rolado de Láminas (Planas)

El rolado, también conocido como laminado en caliente, es una técnica común en la fabricación de acero. En este proceso, una lámina, tubo, perfil o ángulo se da forma al pasarlo por rodillos que aplican presión para moldearlo según la forma deseada. (Aceromafe, s.f.).

El pre-curvado se puede realizar en una máquina muy diferente a la misma, en prensa roladora, en roladora de cuatro rodillos o de forma manual con martillo mediante golpes; Con cualquiera de estos métodos el objetivo es realizar el pre curvado en una o en ambos extremos de la plancha metálica. (Tigasi Guamani, 2020)

2.1.4 Equipos de Rolado.

En nuestro medio industrial las roladoras son de mucha utilidad para realizar el rolado ya sea de planchas metálicas o de perfiles metálicos, en la industria y en los pequeños talleres se puede encontrar máquinas roladoras de tres rodillos y de cuatro rodillos de cuya disposición depende la clasificación; para la presente investigación se hace el estudio de una máquina roladora de tres rodillos.

2.1.5 Roladora Simétrica

La diferencia con la roladora asimétrica es en la posición geométrica fija de un triángulo que forma los rodillos, su característica particular es que solo tiene un rodillo superior y dos inferiores; los dos rodillos inferiores son de arrastre y son del mismo diámetro, ambos rodillos están situados en plano horizontal; el rodillo superior que es el accionador del movimiento gira en sentido contrario a los rodillos inferiores y por medio de ajuste a la plancha metálica es que se obtiene el rolado; se señala que para obtener una figura apropiada en el rolado es necesario realizar el pre curvado en otra máquina o manualmente, al realizar en la misma máquina muchas veces no se obtiene el curvado requerido. (Garcia Meza, 2019).

2.1.6 Materiales para Doblado

Se pueden rolar perfiles, planchas, tubos, etc., de acuerdo al equipo, uso o requerimiento deseado. En el presente trabajo el material a estudiar para el rolado son las planchas delgadas de acero.

Lámina ASTM Anti Abrasiva Brinell 450. Acero al carbono de grano fino templado en agua, especial cuando se requiere una máxima resistencia al desgaste abrasivo por deslizamiento e impacto. Se utiliza para la fabricación de tolvas, cuchillas, partes para maquinaria amarilla, en la industria minera y cementera. (Aceros Mapa, s.f.)

2.1.7 Soldadura

La soldadura es un proceso de fijación de dos o más piezas (normalmente de metal) que mediante calor y/o presión se funde parte de dichas piezas o se añade un material de aporte, se juntan y al enfriarse se produce la unión de ellas.

Aunque el proceso general es el explicado anteriormente, existen distintos tipos de soldadura dependiendo del resultado que se quiera obtener. Algunos de estos tipos de soldadura son la TIG (gas inerte tungsteno), la MIG (metal inerte gas), y la SMAW (soldadura eléctrica por arco con electrodo revestido). (Rodríguez, 2013)

2.1.8 Sistemas de Transmisión de Potencia

La transmisión de potencia es un sistema que permite transferir energía de una fuente a otro mecanismo, ajustando la velocidad y el torque según sea necesario. En otras palabras, es un sistema que facilita el traslado de potencia de una fuente a un mecanismo diferente. (Stgroup, 2023)

Los sistemas de transmisión están diseñados para distribuir la potencia y el movimiento generados por un motor a los distintos componentes de una máquina, permitiendo así su funcionamiento y cumplimiento del propósito para el que fue creada.

La transferencia de fuerza y movimiento generada por un motor se realiza a través de cadenas cinemáticas, que consisten en conjuntos de elementos mecánicos interconectados adecuadamente para transmitir dicha fuerza y movimiento. Los componentes mecánicos más utilizados para transferir fuerza y movimiento mediante cadenas cinemáticas incluyen las transmisiones por correa, las transmisiones por cadena y los engranajes, dado que generalmente se transmite un movimiento circular. Estos componentes pueden estar montados sobre ejes de transmisión o árboles de transmisión. (Rojas Galvis & Rojas Galvis, 2013)

2.1.9 Transmisión de Potencia por Cadenas de Rodillos

Las características básicas de las transmisiones de cadena incluyen una relación constante puesto que no se involucra al deslizamiento ni el arrastre, vida larga y capacidad para impulsar varios ejes a partir de una sola fuente de potencia. (G Budynas & J Keith, 2008).

La ANSI ha estandarizado las cadenas de rodillos con respecto a sus tamaños. El paso es la distancia lineal entre los centros de los rodillos. El ancho es el espacio entre las placas de eslabón interiores. Estas cadenas se fabrican con torón sencillos, dobles, triples y cuádruples. (G Budynas & J Keith, 2008).

2.1.10 Resistencia a la Tracción

El punto más alto de la curva de tensión-deformación, conocido como cresta, se considera la resistencia máxima a la tracción. En este punto, se registran los valores de tensión aparente en una barra de prueba o probeta. Se observa en la imagen que la curva desciende después de la cresta. El diagrama se asemeja más a uno de carga versus deflexión, en lugar de uno de tensión real versus deformación real. La tensión aparente se calcula como la carga dividida por el área transversal de la barra o probeta. Se nota en el diagrama que, después de la curva de tensión, el diámetro de la probeta disminuye, lo que se llama adelgazamiento. Esto indica que la carga afecta un área más pequeña y la tensión continúa aumentando hasta que se produce la fractura. Es muy difícil estudiar el diámetro de adelgazamiento mientras se aplica

tensión a la probeta, por lo que se ha hecho común utilizar el valor de la cresta como la resistencia a la tracción. (Mott, González Pozo, Sánchez, Hernández, & Villaneuva, 2006)

2.1.11 Maquinas Eléctricas Rotativas

Maquinas eléctricas rotativas son aquella que permite la conversión en tres distintos tipos de energía, gracias a la combinación de los efectos de campos magnéticos y corrientes eléctricas. Mediante su utilización es posible obtener energía eléctrica a partir de energía mecánica, también permiten realizar proceso inversión, es decir obtener energía mecánica a partir de energía eléctrica: en este caso refiriéndose a motores. (Cabanas Fernández, 1998)

2.1.12 Mantenimiento

El mantenimiento es el conjunto de actividades destinadas a conservar o restablecer un estado en el cual un activo pueda cumplir con una función requerida. Estas actividades incluyen inspección, pruebas, medición, reemplazo, ajuste y reparación. (American National Standards Institute, 2016)

2.1.13 Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo se refiere a las acciones y actividades realizadas en un equipo para asegurar su funcionamiento continuo y efectivo, manteniéndolo en condiciones óptimas para cumplir con su propósito original. Después de la Segunda Guerra Mundial, se

observó que los sistemas, mecanismos o componentes tenían un período específico durante el cual operaban sin fallas. Los operadores y mantenedores de maquinaria notaron que este período se repetía cíclicamente, lo que llevó a la conclusión de que todos los elementos tienen una vida útil determinada. (Rocha Rocha, 2024)

En el contexto actual de los conceptos básicos de mantenimiento, el objetivo principal es mantener el equipo en operación. Anteriormente, se valoraba más el equipo como un activo en sí mismo, pero hoy en día, con los modelos de producción modernos, la prioridad es la función que el equipo desempeña dentro del sistema productivo. (Rocha Rocha, 2024)

2.1.14 Dureza

La dureza de un material se determina por su capacidad para resistir la penetración de un dispositivo. Existen varios métodos, aparatos y penetradores para medirla, siendo los más comunes el probador de dureza Brinell y el de Rockwell, especialmente en elementos de máquinas. En el durómetro Brinell, para aceros, se utiliza una bola de acero endurecido de 10 mm de diámetro con una carga de 3000 kg fuerza. Esta carga produce una indentación permanente en el material, y el diámetro de la indentación se relaciona con el número de dureza Brinell (BHN o HB). La medida real es la carga dividida por el área de la indentación. En aceros, el valor de HB varía desde 100 en un acero recocido de bajo carbono hasta más de 700 en aceros de alta resistencia y aleación recientemente templados. Para números mayores a HB 500, el penetrador suele ser de carburo de tungsteno o acero. Para metales más suaves, se usa una carga de 500 kg. (Mott, González Pozo, Sánchez, Hernández, & Villaneuva, 2006)

2.1.15 Tenacidad, Energía de Impacto

La tenacidad se refiere a la capacidad de un material para absorber energía sin romperse. Las piezas que están sujetas a cargas repentinas, choques o impactos requieren un alto nivel de tenacidad. Para determinar cuánta energía se necesita para romper una muestra de un material específico, se utilizan varios métodos. La energía absorbida en estas pruebas se conoce comúnmente como energía de impacto o resistencia al impacto. Es importante notar que el valor real de esta energía depende en gran medida de la naturaleza de la muestra, especialmente de su geometría. Los resultados de la prueba no se pueden utilizar de manera cuantitativa para cálculos de diseño. En su lugar, la energía de impacto de varios materiales candidatos puede compararse cualitativamente para evaluar su tenacidad. El diseño final debe probarse en condiciones reales de servicio para asegurar su capacidad de sobrevivir de manera segura durante el uso previsto. (Mott, González Pozo, Sánchez, Hernández, & Villaneuva, 2006)

2.1.16 Conductividad Térmica

La conductividad térmica es la propiedad de un material que expresa su capacidad de transferir calor. Cuando los elementos de máquinas funcionan en ambientes calientes, o donde se genera un calor interno de importancia, la capacidad de las piezas o de la caja de la máquina para retirar el calor puede afectar el funcionamiento de ésta. Por ejemplo, en forma típica, los reductores de velocidad con engrane sinfín generan calor por fricción, por el contacto con frotamiento entre el gusano y los dientes del piñón. Si no se retira en forma adecuada, el calor

hace que el lubricante pierda su eficacia y el desgaste de los dientes del engrane es rápido. (Mott, González Pozo, Sánchez, Hernández, & Villaneuva, 2006)

2.1.17 Resistencia a la Corrosión

La resistencia a la corrosión del acero viene dada por el tipo de aleaciones que contiene y la presencia de diversos componentes como el níquel o el cromo. Estos le aportan la dureza y ductilidad suficientes para soportar los efectos de todo tipo de ambientes. (Sider Aceros , s.f.)

2.2 Enfoque Legal

2.2.1 Regulaciones Laborales y Seguridad Ocupacional

En INDUSTRIAS RYODA S.A.S, ha adoptado las mejores prácticas en Seguridad, Salud en el Trabajo, Medio Ambiente y Gestión de la Calidad.

Para el diseño y construcción de una roladora de láminas en INDUSTRIAS ORYODA S.A.S se enmarca en diversas normativas nacionales y locales que regulan tanto el sector industrial como el ámbito de la salud ocupacional y el medio ambiente. En particular, se considera el cumplimiento del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), con base en la Ley 1566 de 2012, la Resolución 312 de 2019 y los Decretos 1072 de 2015 y 1507 de 2014, que establecen estándares mínimos y procedimientos para la seguridad en el trabajo.

A nivel local, se cumplen las regulaciones municipales de San Alberto en cuanto a permisos de construcción y uso de suelo. Además, se garantizará el cumplimiento de las políticas internas de INDUSTRIAS ORYODA S.A.S y las normas de calidad ISO 9001 vigentes en la empresa.

2.2.2 Regulaciones Ambientales

Así mismo, se tienen en cuenta las normativas nacionales y locales que regulan el impacto ambiental de las actividades industriales. En particular, se considera el cumplimiento de la Ley 99 de 1993, el Decreto 1076 de 2015, la Resolución 627 de 2006 y la Ley 430 de 1998, que establecen estándares para la gestión ambiental, control de emisiones y manejo de residuos peligrosos. Además, se garantiza el cumplimiento de las políticas internas de INDUSTRIAS ORYODA S.A.S, enfocadas en la sostenibilidad y reducción de la huella de carbono.

En lo que respecta a riesgos químicos y trabajos de soldadura. En particular, se considera el cumplimiento de la Ley 99 de 1993, el Decreto 1076 de 2015, la Resolución 627 de 2006 y la Ley 430 de 1998 para la gestión ambiental, así como la Ley 55 de 1993, la Resolución 2400 de 1979, la Resolución 1016 de 1989 y la Resolución 5018 de 2019 para la gestión de riesgos químicos y de soldadura.

2.2.3 Normativas de Diseño Mecánico

Además, con respecto al diseño se tiene en cuenta las normas ASTM y la ISO, en la cual la norma ISO TC60 corre a cargo de la Asociación Americana de Fabricantes de Engranajes Normalización en el campo de engranajes, incluyendo terminología, dimensiones nominales, tolerancias, y herramientas para la fabricación y control. Y la norma ASTM con las que se rigen los metales, como la lámina de acero y los perfiles, entre muchos otros, son aceptadas en la mayoría de las industrias del mundo, esto se debe al arduo trabajo de investigación y análisis de distintos tipos de aceros sometidos a numerosas pruebas. Par este trabajo se utiliza el acero A-36: que se refiere al acero que se utiliza generalmente para los componentes y estructuras de carbono en las construcciones.

3. Informe del Cumplimiento del Trabajo

3.1 Presentación de Resultados

3.1.1 Selección de los Materiales Óptimos para la Fabricación de la Máquina Dobladora de Láminas Considerando Criterios como Resistencia Mecánica, Durabilidad, Capacidad de Conformado.

El objetivo inicial es llevar a cabo un estudio detallado sobre los materiales frecuentemente empleados en la construcción de máquinas para rolar láminas, analizando sus propiedades y características mecánicas. Además, se realizará la elección definitiva de cada elemento a utilizar, basado en investigaciones detalladas sobre materiales utilizados en la industria metalmecánica, cálculos mecánicos exactos y en el estudio de historiales de máquinas roladoras parecidas, con el objetivo de asegurar un diseño sólido y eficiente.

Actividad 1. Recolectar información sobre las propiedades físicas y mecánicas de los materiales candidatos, incluyendo resistencia a la tracción, dureza, tenacidad, conductividad térmica, resistencia a la corrosión.

En la creación y edificación de este tipo de máquina roladora, es indispensable considerar el material que será más requerido en su estructura y otros elementos, y en la mayoría de las situaciones, este material es el acero. Este se ha vuelto el material más empleado en la

producción de maquinaria industrial debido a su mezcla de resistencia mecánica, durabilidad, sencillez de conformado y un costo relativamente asequible.

No obstante, no hay un solo tipo de acero que se emplee de manera universal. En el sector industrial existen diversas clases de aceros, cada uno con características físicas y mecánicas particulares que los convierten en más apropiados para determinados tipos de esfuerzos, entornos o procesos de producción. Estas características podrían abarcar su resistencia a la tracción, dureza, ductilidad, resistencia al desgaste, habilidad para soldar, resistencia a la corrosión, entre otras.

Por lo tanto, para elegir correctamente el tipo de acero que se empleará en la edificación de la máquina, es imprescindible llevar a cabo un estudio detallado que incluya los aceros más habitualmente utilizados. Esta investigación necesita respaldarse en fuentes técnicas fiables, tales como normas, guías de diseño mecánico, artículos científicos y catálogos de productores, que ofrezcan información numérica acerca de las características del material.

En esta investigación que se piensa hacer, es crucial tener en cuenta las condiciones laborales a las que se enfrentará la máquina roladora, tales como cargas repetitivas, entornos húmedos o abrasivos, temperatura de funcionamiento, entre otros elementos. Todos estos factores tienen un impacto directo en la selección del acero más apropiado, pues no solo se trata de escoger un material robusto, sino de optar por uno que pueda equilibrar el rendimiento técnico con la viabilidad financiera y la sencillez de producción.

En la construcción de máquinas rotativas, es fundamental utilizar aceros que presenten una alta ductilidad. Entre ellos se destacan los aceros estructurales al carbono, como el AISI 1020, AISI 1045 y el ASTM A-36, debido a su desempeño confiable en condiciones de carga dinámica.

Acero ASTM A-36. El ASTM A36, que cumple con las especificaciones de ASTM International, es un acero estructural de carbono normalizado, siendo uno de los aceros más empleados en la edificación y usos estructurales. Se distingue por su adaptabilidad, accesibilidad y sencillez en la producción.

El acero A 36, frecuentemente empleado en usos estructurales, ofrece una mezcla balanceada de dureza, resistencia y conductividad térmica debido a su baja aleación y contenido moderado de carbono.

En cuanto a la dureza, el A 36 generalmente se sitúa cerca de 140 HB, lo que equivale a aproximadamente 67 - 83 HRB (Rockwell B). Esto le proporciona una suficiente resistencia superficial para resistir las cargas mecánicas comunes en estructuras, al mismo tiempo que conserva cierta flexibilidad para prevenir fracturas débiles.

En relación a la tenacidad, diversas investigaciones han resaltado su habilidad para absorber energía antes de desintegrarse. Específicamente, estudios efectuados a través de pruebas Charpy en acero A 36 marino revelaron valores de energía de impacto de hasta 41,9 J (2,05 J/mm²), evidenciando una excelente resistencia al choque y habilidad para deformar plástico bajo carga. (Surojo, Aji, Raka , Triyono, Budiana, & Prabowo, 2021)

Además, estudios enfocados en procesos de reparación térmica y mecánica indicaron una dureza de fractura media de 182 J a 4,5 °C, muy por encima de los estándares mínimos para acero estructural según AASHTO, aunque puede disminuir tras múltiples ciclos de daño y reparación térmica. (Kowalkowski & Varma, 2007)

Un análisis reciente publicado en 2024 destaca el comportamiento del A-36 bajo impactos de alta velocidad, específicamente en sistemas de barreras escolares. El estudio revela que este acero, por su dureza (67–83 HRB) y tenacidad frente a cargas dinámicas, es capaz de distribuir esfuerzos y resistir fracturas dramáticas, haciéndolo adecuado para aplicaciones de seguridad y protección estructural. (Kowalkowski & Varma, 2007)

Una investigación sobre recubrimiento duro (hard-facing) han evaluado el efecto de electrodos como Zed Alloy 550 y Nikko Steel 600Hv en la mejora de la dureza superficial del A-36. El estudio concluye que estos recubrimientos endurecen notablemente la capa superficial, mejorando su resistencia al desgaste y ampliando su vida útil en maquinaria expuesta a frotos continuos. (Padhiar & Vincent, 2020)

Respecto a la conductividad térmica, la normativa generalmente establece valores cercanos a 50 W/(m·K), con variaciones dependiendo de la temperatura. Por ejemplo, MakeItFrom indica 50 W/(m·K), en contraste con MatWeb que registra 167 W/(m·K), probablemente alusión a la conductividad latente durante la fusión. El A 36 conduce el calor de manera superior a varios aceros inoxidables, lo que le facilita la disipación rápida de energía

térmica, un factor importante en procesos como la soldadura, el calentamiento o el enfriamiento acelerado. (MatWeb, 2006)

El acero A 36, norma ASTM A36/A36M, se distingue por su **versatilidad en aplicaciones estructurales, industriales y civiles**, gracias a su combinación de resistencia, ductilidad, soldabilidad y bajo coste. Varios estudios científicos han documentado su uso en entornos exigentes. (Hasan, 2016)

El acero A36 es principalmente empleado en la edificación de estructuras metálicas, tales como vigas, columnas, perfiles y marcos estructurales que constituyen edificios, puentes, instalaciones industriales, depósitos, plataformas y otras infraestructuras que necesitan resistencia y estabilidad. Además, es habitual en el sector manufacturero, donde se utiliza para edificar armazón, soportes, cimientos para maquinaria, y estructuras de equipos industriales, agrícolas y de edificación. (Hashemi & Presuel-Moreno, 2006)

En el ámbito marítimo y naval, el acero A36 se emplea en la producción de elementos estructurales de embarcaciones, muelles y plataformas. Sin embargo, cuando se encuentra en condiciones marinas, es aconsejable aplicar revestimientos protectores para prevenir la corrosión. Además, este tipo de acero suele ser utilizado en la producción de placas metálicas, perfiles, ángulos, canales y barras planas, además de en la creación de cajas metálicas, estructuras de apoyo y marcos. (Muir & Duncan, 2011)

Otra de sus aplicaciones habituales es en la edificación de infraestructuras civiles, tales como barandas, pasamanos, torres de telecomunicaciones, estructuras eléctricas, componentes de fijación y anclaje, además de en estructuras temporales o modulares debido a su sencillez para manejar y montar. (Budinski & Budinski, 1983)

Tabla 5

Tabla propiedades físicas y mecánicas del acero A-36

Composición química y propiedades mecánicas		
ASTM	A-36	A499-89/GR50
Composición química		
carbono	0,25-0,29	0,55-0,84
manganeso	-	0,60-1,10
fosforo	0,04 máx.	0,035-0,04
silicio	-	0,10-0,50
azufre	0,05 min	0,04-0,05
Propiedades mecánicas		
resistencia a la tensión ksi (Mpa)	58 (400) min	8 (550) min
limite fluencia, ksi (Mpa)	32 (220)	50 (345) min
elongación (%)	20-23	10, - 14
dureza (HB)	125-200	200-300

Acero AISI 1020. El acero AISI 1020 es un acero de bajo carbono con una composición química específica que incluye entre 0.17-0.23% de carbono, 0.30-0.60% de manganeso, un máximo de 0.040% de fósforo y 0.050% de azufre, siendo el resto hierro. (Marcuz, y otros, 2024)

Esta composición particular resulta en una microestructura compuesta principalmente de ferrita y perlita, donde la ferrita proporciona ductilidad y tenacidad, mientras que la perlita, formada por capas alternadas de ferrita y cementita, contribuye a la dureza y resistencia del material. (Hossain, Islam, & Bhuyan, 2014)

La dureza del acero AISI 1020 se caracteriza por presentar valores en la escala Brinell que oscilan entre 100 y 120 HB en su estado normal, lo que representa una dureza moderada. (QILU steel solution, 2025)

Esta propiedad puede ser significativamente modificada mediante diversos tratamientos térmicos. La tenacidad del material es particularmente notable debido a su bajo contenido de carbono, lo que le permite absorber energía y deformarse plásticamente antes de llegar a la fractura. El acero presenta una resistencia a la tensión que típicamente se encuentra en el rango de 380 a 420 MPa, lo que lo hace adecuado para aplicaciones que requieren cargas moderadas. (Kahraman, Külekci, & Küçük, 2019)

En cuanto a sus propiedades térmicas, el acero AISI 1020 exhibe una conductividad térmica moderada de aproximadamente 51.9 W/m-K, equivalente a 360 BTU-in/hr-ft²-°F por

ende esta característica es típica de los aceros al carbono y resulta beneficiosa para la disipación de calor durante el procesamiento y aplicación del material.

Es importante mencionar que estas propiedades térmicas pueden verse influenciadas por la presencia de elementos de aleación como el carbono y el manganeso, los cuales afectan tanto la conductividad térmica como la capacidad calorífica específica del material. (QILU steel solution, 2025)

La resistencia a la corrosión del acero AISI 1020 varía significativamente según el ambiente al que está expuesto. En entornos ácidos y alcalinos, el material muestra una resistencia moderada que puede mejorarse mediante el uso de inhibidores naturales, como extractos de cáscara de *Arachis hypogaea*, que pueden aumentar la eficiencia de inhibición hasta un 96.4% en concentraciones del 30%.

En ambientes marinos, el acero es susceptible a la corrosión influenciada microbiológicamente, particularmente por bacterias reductoras de sulfato, que pueden acelerar el proceso de corrosión incluso bajo condiciones de protección catódica. (Liduino, Galvão, Brasil, & Sérvulo, 2021)

La corrosión atmosférica del acero AISI 1020 está fuertemente influenciada por factores ambientales como la humedad, temperatura y la presencia de contaminantes como cloruros y dióxido de azufre. Estudios realizados en diversos ambientes han demostrado que las condiciones atmosféricas afectan significativamente las propiedades mecánicas del acero, donde

el incremento en las tasas de corrosión lleva a una reducción en la ductilidad y resistencia mecánica. (Martínez, Briones, Villarroel, & Vera, 2018)

En ambientes de alta temperatura, como los encontrados en el procesamiento de petróleo crudo, el comportamiento corrosivo del acero está influenciado por la presencia de ácidos nafténicos y compuestos de azufre. Estas condiciones pueden llevar a la formación de capas de sulfuro de hierro en la superficie del acero, que inicialmente proporcionan cierta protección, pero eventualmente se degradan, llevando a un aumento en las tasas de corrosión.

El acero AISI 1020 tiene una presencia significativa en la industria automotriz, donde se utiliza extensivamente para la fabricación de componentes críticos. Su combinación de formalidad y resistencia moderada lo hace ideal para la producción de piezas como ejes, cadenas, remaches, tornillos, pernos, sujetadores, engranajes, piñones, piezas de maquinaria, pasadores de baja resistencia, prensas y levas.

Tabla 6

Composición química del Acero 1020

C	Mn	Si	S	P
0.15 - 0.20	0.60 - 0.90	0.15 - 0.30	Máx. 0.04	Máx. 0.05
0.18 - 0.23	0.30 - 0.60	0.15 - 0.30	Máx. 0.04	Máx. 0.05

Nota: Tomado de ficha técnica del Acero

Tabla 7*Propiedades físicas del acero 1020*

Estado de Suministro	Resistencia Tracción kg/mm²	Límite Elástico kg/mm²	Alargamiento %	Reducción de área %	Dureza HB
Laminado en Caliente	40	31	25	45	120 / 220
Laminado en Frío	55	38	15	40	180 / 220

Nota: Tomado de ficha técnica del Acero

Acero AISI 1045. AISI / SAE 1045 es un acero de medio carbono que posee baja soldabilidad y buena maquinabilidad, responde al tratamiento térmico para ser endurecido. Por su dureza y tenacidad es utilizado para la fabricación de componentes de maquinaria. (CGA, 2020)

La tenacidad del acero AISI 1045 es particularmente notable después del proceso de normalizado. Los estudios han demostrado que el enfriamiento rápido después del laminado en caliente mejora significativamente las propiedades de impacto del material.

La energía de absorción de impacto aumenta con la temperatura de laminado, y el acero enfriado rápidamente muestra una temperatura de transición dúctil-frágil más baja, lo que resulta en mejor resistencia al impacto. (Fan, y otros, 2023)

En cuanto a la resistencia a la corrosión, el comportamiento del acero AISI 1045 varía significativamente según las condiciones ambientales. Las investigaciones han demostrado que

su resistencia a la corrosión se ve afectada por diversos factores, incluyendo la presencia de microorganismos en ambientes marinos.

En estudios realizados en agua de mar con presencia de *Flavobacterium* sp., se observó que la tasa de corrosión varía con el tiempo de exposición, con períodos iniciales de protección seguidos por incrementos en la velocidad de corrosión. (Wu, Zhang, Chai, & Yu, 2020)

Debido a sus propiedades mecánicas y físicas, el acero 1045 se utiliza en una variedad de aplicaciones industriales. Se encuentra comúnmente en la fabricación de componentes automotrices, donde se requiere una combinación de resistencia y tenacidad. También se utiliza en la producción de herramientas de corte y maquinaria, donde la dureza y la capacidad de soportar cargas son esenciales. (Callister Jr & Rethwisch, 2020)

Por sus características de temple, el acero AISI / SAE 1045 tiene una amplia gama de aplicaciones automotrices y de maquinaria en general de resistencia media, tales como: ejes, cigüeñales, engranajes, piñones, cuñas, tornillos, pernos, pasadores, partes de maquinaria y herramientas agrícolas.

Este acero no es recomendable para cavidades y/o porta cavidad de molde, pulido o brillo por su tamaño de grano y posibles inclusiones o discontinuidades que puede presentar en el material, además de su servicio medio en propiedades mecánicas en comparación a un acero grado Herramientas. (CGA, 2020)

Tabla 8*Composición química del acero AISI 1045*

C	Mn	Si	S	P
0.43 - 0.50	0.60 - 0.90	0.20 - 0.40	Máx. 0.05	Máx. 0.04

Nota: Tomado de ficha técnica del Acero (CGA, 2020)**Tabla 9***Características físicas del acero AISI 1045*

Estado de Suministro	Resistencia Tracción kg/mm ²	Límite Elástico kg/mm ²	Alargamiento %	Reducción de área %	Dureza HB
Laminado en Caliente	60	32	≥ 16	≥ 40	180 / 220
Calibrado	60	42	≥ 16	≥ 40	180 / 220

Nota: Tomado de ficha técnica del Acero (CGA, 2020)

Acero AISI 340. AISI / SAE 4340 Es un acero de medio carbono aleado con Cr-Ni-Mo. Posee buena resistencia a la fatiga, alta templabilidad, excelente tenacidad, regular maquinabilidad y baja soldabilidad. (CGA, s.f.)

La dureza del acero 4340 puede variar significativamente en función del tratamiento térmico aplicado. Los valores típicos son:

- En estado recocido: Dureza de aproximadamente 217 HB (Brinell). Después de tratamiento térmico (templado y revenido):
- Puede alcanzar hasta 50-55 HRC (Rockwell C), dependiendo del nivel de temple y del revenido aplicado.

- Este rango de dureza permite su uso en componentes que requieren alta resistencia al desgaste y a la deformación plástica.

La tenacidad es una de las propiedades más destacadas del acero 4340, sobre todo cuando se lo compara con otros aceros de alta resistencia. Gracias a su contenido de níquel, cromo y molibdeno, presenta:

Alta resistencia al impacto, incluso en condiciones de carga dinámica o a bajas temperaturas, buen comportamiento en aplicaciones donde se requiere resistencia a la fractura o rotura frágil. La tenacidad también se optimiza con tratamientos térmicos controlados, logrando un equilibrio entre resistencia y ductilidad. (Callister Jr & Rethwisch, 2020)

Aunque el acero AISI 4340 incluye componentes de aleación como el níquel, cromo y molibdeno, no muestra una resistencia notable ante la corrosión. Estos componentes potencian sus características mecánicas y su capacidad de conformado, pero no bastan para establecer una película pasiva estable que lo resguarde en entornos agresivos. Por esta razón, este acero no tiene la misma resistencia a la corrosión que los aceros inoxidables. (Andapiña Lombana, 2025)

Por su resistencia restringida, la utilización del acero 4340 en situaciones corrosivas necesita de protección extra como revestimientos orgánicos, galvanizado, fosfatado, o métodos de endurecimiento superficial como la nitruración. Sin estas acciones, el material puede degradarse con rapidez, poniendo en riesgo su integridad estructural. (Cotell, Sprague, & F.A. Smidt, 1994).

Se utiliza generalmente en la industria automotriz para la fabricación de piezas que requieran una dureza y tenacidad elevadas como por ejemplo: tornillería de alta resistencia (grado 8) templada y revenida de gran sección, levas de mando, engranajes para maquinaria templados por inducción, ejes para carros y camiones, cárdenas, bielas para motores, árboles para trituradores, árboles excéntricos, árboles para carros y camionetas, ejes de transmisión de grandes dimensiones, mandriles, portaherramientas, etc. Repuestos de maquinaria como tornillos extrusores, ejes de bombas, brazos de dirección, discos de embrague, bujes, columnas.

Tabla 10

Composición química del acero AISI 4340

C	Mn	Si	Cr	Mo	Ni	S	P
0.38-0.43	0.60-0.80	0.15-0.35	0.70-0.90	0.20-0.30	1.65-2.0	Máx. 0.040	Máx. 0.035

Nota: Tomado de ficha técnica del Acero (CGA, s.f.)

Tabla 11

Propiedades del acero AISI 4340

Estado de Suministro	Resistencia Tracción kg/mm²	Límite Elástico kg/mm²	Alargamiento %	Reducción de área %	Dureza HB
Laminado en Caliente	65 / 75	44	20	50	210 / 240
Calibrado	75 / 85	63	10	30	240 / 260
Bonificado	85 / 110	78	16	45	260 / 320

Nota: Tomado de ficha técnica del Acero (CGA, s.f.)

Actividad 2. Comparar las propiedades de los diferentes materiales disponibles para evaluar su idoneidad en función de los criterios establecidos.

La evaluación de materiales para un diseño específico es fundamental para asegurar que se elijan las alternativas más apropiadas y se consiga un diseño fiable. Este procedimiento no solo requiere examinar las características físicas y químicas de los materiales, sino también tener en cuenta el ambiente donde se emplearán. El análisis de cada material debe tener un enfoque integral que no solo considere las propiedades de los materiales, sino también su interacción con el ambiente, tales como temperaturas extremas, elevada humedad y exposiciones a sustancias químicas. Además de tener en cuenta las características del material y del entorno, resulta crucial tener en cuenta las necesidades de la máquina, lo que abarca factores como el costo, la sostenibilidad y la accesibilidad de los materiales. Un material puede ser técnicamente apropiado, sin embargo, si no cumple con el presupuesto de la empresa Industrias Oryoda o no es sustentable, su elección se ve afectada.

Teniendo en cuenta la investigación previa sobre los materiales más utilizados en la industria metalmecánica para la fabricación de máquinas roladoras de láminas, y considerando la disponibilidad de diversas opciones, el siguiente paso consiste en realizar una comparación detallada entre ellos. Este análisis debe incluir las ventajas, desventajas, propiedades mecánicas, físicas, y costos asociados, con el fin de seleccionar el material más adecuado para cada componente crítico de la máquina.

La comparación se llevará a cabo para cada una de las piezas principales del sistema, tales como los ejes, los rodillos, las chumaceras, los piñones y la estructura general de la máquina. Esta etapa es esencial para garantizar un excelente diseño que asegure el buen desempeño y la durabilidad del equipo en condiciones de trabajo reales.

Selección de Material para Estructura General. Entre los materiales utilizados para la estructura de la máquina se pueden encontrar perfiles estructurales, tubería, láminas, entre otros. Lo fundamental es determinar el tipo de acero que se tiene previsto seleccionar. En la industria, para este tipo de aplicaciones, es común el uso de aceros como el ASTM A36 o el ASTM A572, debido a sus propiedades mecánicas, facilidad de fabricación y disponibilidad en el mercado.

Tabla 12

Tabla comparativa: Ventajas y desventajas del acero A36 y A572 Grado 50

CRITERIO	ACERO ASTM A36	ACERO ASTM A512
Límite elástico (Fy)	250 MPa (36 ksi)	345 MPa (50 ksi)
Resistencia a la tracción (Fu)	400–550 MPa	450–620 MPa
Tenacidad	Buena (en condiciones normales)	Superior, especialmente a bajas temperaturas.
Soldabilidad	Excelente	Buena
Maquinabilidad	Alta (fácil de cortar, perforar, mecanizar)	Buena, aunque ligeramente más dura.
Disponibilidad	Alta en el mercado	Alta en el mercado
Costo	Bajo	Moderado (10–20% más costoso que el A36 aprox.)
Aplicaciones comunes	Estructuras generales, bastidores, marcos	Puentes, vigas pesadas, estructuras con alta carga

Densidad	~7.85 g/cm ³	~7.85 g/cm ³
Ventajas	Bajo costo y alta disponibilidad	Mayor resistencia mecánica (hasta un 40 % más que A36)
	Excelente soldabilidad	Mejor resistencia a fatiga
	Buena maquinabilidad	Buena relación peso/resistencia
	Fácil de conformar y cortar	Buen comportamiento en ambientes exigentes
Desventajas	Resistencia limitada frente a cargas elevadas	Costo más alto (10–20 %)
	- Menor resistencia a la fatiga	Menor facilidad de conformado
	- No ideal para estructuras críticas de carga	Puede requerir mayor control en soldadura
	Bueno para estructuras de cargas moderadas	(precalentamiento y elección de electrodos adecuados) estructuras principales
Recomendaciones		maquinaria de alta capacidad o con ciclo prolongados de trabajo.

Según la tabla anterior, donde se muestran las comparativas entre estos dos aceros candidatos, se puede sugerir que, para la selección del material idóneo que hará parte de la estructura de la máquina, cualquiera de los dos aceros podría ser utilizado, ya que ambos cumplen con el propósito requerido. No obstante, el acero A572 presenta mejores propiedades físicas y mecánicas, lo que lo convierte en una opción superior desde el punto de vista del

rendimiento estructural. Sin embargo, debido a que su costo es considerablemente mayor, se decide optar por el acero A36, dado su menor precio en comparación con el A572, manteniendo un equilibrio entre costo y beneficio.

Material para los Ejes. Para esta aplicación donde se necesita alta resistencia mecánica (torsión y tracción) y buena resistencia al desgaste los dos aceros que mejor cumple esos requisitos son el acero AISI 1020, AISI 1045 y 1050, sabiendo esto se procede a realizar la comparación de sus propiedades físicas, mecánicas, entre otras.

Tabla 13

Tabla comparativa: Ventajas y desventajas del acero AISI 1045 y AISI 1050.

Propiedad / Característica	Acero AISI 1045	Acero AISI 1050
Composición química (%C)	0.43 – 0.50 % C	0.48 – 0.55 % C
Contenido de Mn (%)	0.60 – 0.90 % Mn	0.60 – 0.90 % Mn
Dureza (Brinell)	170 - 210 HB	180 - 220 HB
Resistencia a la tracción	570 – 700 MPa	620 – 760 MPa
Límite elástico (yield strength)	~450 MPa	~500 MPa
Alargamiento (en 50 mm)	~16 %	~14 %
Tenacidad al impacto	Buena	Moderada

Maquinabilidad	Buena	Moderada a buena
Soldabilidad	Buena con precauciones	Menor que 1045, se requieren mayores cuidados
Templabilidad	Moderada	Mejor que 1045
Costo	Moderado	Ligeramente más caro que el 1045
Tratamientos térmicos comunes	Temple, revenido, normalizado	Temple, revenido, normalizado
Aplicaciones típicas	Ejes, engranajes, pernos, bielas	Muelles, cuchillas, ejes con mayor dureza

En consecuencia, y según las comparaciones mostradas anteriormente, a la máquina y a la empresa les favorece elegir el acero AISI 1050, ya que ofrece una mayor resistencia a la tracción y a la torsión, lo cual es indispensable para soportar mayores esfuerzos y cargas axiales.

Sin embargo, este acero tiene como desventaja que su maquinabilidad no es la mejor, debido a su dureza. Aun así, considerando que en el taller e industrias Oryoda se encuentran disponibles ejes fabricados en este acero y con medidas que pueden servir para el diseño de los nuevos ejes, se concluye que es la mejor elección.

De esta manera, no será necesario invertir en la compra de nuevo material, ya que se reutilizarán barras redondas de AISI 4340 que se encuentran almacenadas y que anteriormente

fueron utilizadas en otras aplicaciones, pero que aún conservan buenas propiedades y una vida útil adecuada.

Material para las Chumaceras. Las chumaceras se pueden fabricar con distintos aceros o incluso con fundición gris. El propósito de la empresa es fabricarlas, y no comprar chumaceras comerciales, ya que estas pueden resultar más costosas que mandarlas a fabricar. Para este tipo de aplicaciones, se requieren chumaceras que puedan soportar altas cargas mixtas y axiales, además de operar a bajas velocidades. Por ello, es necesario utilizar aceros como el AISI 1045 o el AISI 4140, que son materiales muy comunes en la industria para este tipo de aplicaciones, y que además se ajustan al presupuesto disponible para la fabricación de la máquina.

Tabla 14

Ventajas y desventajas del acero AISI 4140 y AISI 1045

Propiedad / Característica	Acero AISI 1045	Acero AISI 4140
Tipo de acero	Acero al carbono medio	Acero aleado al cromo-molibdeno
Composición química (%C)	0.43 – 0.50 % C	0.38 – 0.43 % C
Contenido de Mn (%)	0.60 – 0.90 % Mn	0.75 – 1.00 % Mn
Contenido de Cr (%)	—	0.80 – 1.10 % Cr
Contenido de Mo (%)	—	0.15 – 0.25 % Mo
Dureza (Brinell)	170 - 210 HB	200 - 270 HB
Resistencia a la tracción	570 – 700 MPa	850 – 1000 MPa
Límite elástico (yield strength)	~450 MPa	~655 MPa

Alargamiento (en 50 mm)	~16 %	~20 %
Tenacidad al impacto	Buena	Muy buena
Maquinabilidad	Buena	Buena
Soldabilidad	Buena con precauciones	Moderada (requiere precalentamiento)
Templabilidad	Moderada	Alta
Costo	Moderado	Más caro que 1045
Tratamientos térmicos comunes	Temple, revenido, normalizado	Temple, revenido, normalizado, nitrurado
Aplicaciones típicas	Ejes, pernos, engranajes	Ejes de transmisión, cigüeñales, engranajes de alto rendimiento
ventajas	Más económico que aceros aleados como el 4140.	Alta resistencia mecánica y al desgaste Buena resistencia a la fatiga y al impacto.
desventajas	Menor resistencia al desgaste y fatiga que aceros como el 4140.	Soldabilidad limitada, necesita precalentamiento y pos tratamiento para evitar grietas. Más difícil de maquinar.

Como resultado del análisis de los datos investigados anteriormente, y tras realizar una comparación detallada entre los aceros candidatos para este tipo de aplicaciones, se concluye que la opción más adecuada es el acero AISI 1045. Este material, además de ser más accesible comercialmente que el AISI 4140, presenta un costo considerablemente menor, lo cual lo hace más conveniente desde el punto de vista económico.

Teniendo en cuenta el propósito funcional de la roladora, el AISI 1045 cumple satisfactoriamente con los criterios de eficiencia y relación beneficio–costo, tanto en términos de

diseño como de conveniencia para la empresa. Por otro lado, el eje requerido para realizar la chumacera debe ser mecanizado en torno para darle su forma final, y en este aspecto, el AISI 1045 ofrece una superior maquinabilidad, lo que facilita el proceso de fabricación y reduce tiempos de trabajo.

Aunque el uso del AISI 4140 también podría ser viable, este presenta algunas desventajas: su mayor costo, su menor disponibilidad en el mercado y una maquinabilidad complicada. Por estas razones, y considerando el equilibrio entre desempeño mecánico, facilidad de mecanizado y optimización de recursos, la mejor opción para esta aplicación es el acero AISI 1045.

Materiales para los Piñones. Los aceros más habituales para la producción de estos engranes son los de medio carbono, que operan bajo condiciones de carga de moderada a pesada. Proporciona un adecuado equilibrio entre la resistencia mecánica y la facilidad de producción. Se emplea ampliamente en reductores de velocidad y transmisiones mecánicas de uso general. Los piñones suelen estar estandarizados según normas internacionales, lo que facilita su selección y adquisición para distintos diseños de transmisión. Esto es muy útil porque permite elegir piñones con características conocidas y compatibles, sin necesidad de fabricar uno a medida en cada caso.

Tabla 15

Tabla comparativa: propiedades físicas y mecánicas de aceros al carbono

AISI/SAE	Porcentaje de Carbono (%)	Límite elástico (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Dureza Brinell (HB)	Tenacidad	Tratamiento térmico aplicable
1020	~0.20	305–350	420–450	111–130	Alta	Cementado / Nitrurado
1030	~0.30	350–400	500–550	140–170	Alta	Temple superficial
1040	~0.40	450–500	620–680	170–200	Buena	Temple y revenido
1045	~0.45	530–600	630–750	180–220	Buena	Temple y revenido
1050	~0.50	600–670	700–820	200–240	Media	Temple y revenido
1060	~0.60	650–720	800–900	220–260	Baja–Media	Temple y revenido
1075	~0.75	700–800	900–1000	240–280	Baja	Temple y revenido

Tabla 16

Tabla comparativa: Ventajas y desventajas de aceros al carbono

Ventajas	Desventajas
Muy fácil de maquinar y soldar. Bajo costo. Buena tenacidad.	Baja resistencia. No resiste desgaste. Requiere tratamiento superficial.
Mejor resistencia que el 1020. Buena maquinabilidad.	Resistencia aún limitada. No recomendable sin tratamiento.
Buena resistencia mecánica. Apto para temple.	Menor maquinabilidad. Requiere control en tratamiento.
Excelente balance entre dureza, tenacidad y costo.	Puede requerir temple. No es el más duro ni más tenaz.
Mayor dureza y resistencia al desgaste.	Menor tenacidad. Difícil de maquinar. Riesgo de fractura.
Alta dureza. Buena resistencia al desgaste.	Baja tenacidad. Difícil de maquinar. Riesgo de agrietamiento.
Excelente dureza. Útil para contacto deslizante sin impacto.	Muy frágil. Baja tenacidad. No recomendable para cargas variables.

Después de analizar las comparativas en términos de ventajas, desventajas y características físicas y mecánicas, se determina que el acero AISI 1045 es la elección más apropiada. En contraste con aceros como el 1020 o el 1030, que tienen una baja resistencia mecánica y necesitan tratamientos superficiales como el cementado para incrementar su eficiencia, el 1045 proporciona un equilibrio superior entre resistencia, dureza y resistencia.

Por otro lado, aceros con un mayor contenido de carbono, como el 1060 o el 1075, a pesar de ofrecer una dureza superior, suelen deteriorarse, lo que los convierte en menos adecuados para piñones expuestos a impactos o cargas variables. Esta vulnerabilidad puede poner en riesgo la durabilidad del componente en usos rigurosos como los de una roladora.

Además, el acero 1045 no solo tiene un precio asequible, sino que también es muy comercial, lo que simplifica la compra de piñones estandarizados hechos con este material, reduciendo así los tiempos y costos de producción.

Actividad 3. Establecer las especificaciones técnicas detalladas y cálculos necesarios que servirán como base para la etapa de diseño y selección de componentes.

Las especificaciones técnicas de los materiales candidatos para la construcción de la máquina es una parte importante antes de la etapa de diseño y son fundamentales para que el diseño en software sea preciso y pueda implementarse correctamente, algunas de las especificaciones técnicas que se tendrán en cuenta a la hora del diseño de la máquina son:

Dimensiones de las Máquinas y Capacidad de Trabajo. En esta especificación técnica, se consideran las dimensiones generales de la máquina, su capacidad de trabajo con espesores específicos de lámina y el ancho máximo de operación. INDUSTRIAS ORYODA requiere una máquina roladora que pueda manejar láminas de un espesor mínimo de 1/8" hasta un máximo de 1/2". Además, debe tenerse en cuenta el ancho de trabajo, es decir, la longitud máxima de la lámina que la máquina puede enrollar.

Dado que en la empresa se fabrican vagonetas para el transporte de fruto de aceite de palma, con una medida estándar de longitud de 2 metros, es necesario que la máquina roladora tenga una bancada mínima de aproximadamente 2 metros. Esto asegurará que la máquina esté plenamente adaptada a las necesidades de producción de vagonetas, permitiendo una operación eficiente y una precisión adecuada en el conformado de láminas de diversos espesores.

Especificaciones del Material y Acabado. El material seleccionado para la estructura de la máquina es el acero ASTM A36, el cual soporta cargas pesadas sin comprometer la seguridad. Además, este acero es fácilmente soldable mediante métodos comunes como MIG, TIG y soldadura de arco.

Otra ventaja del A36 es su disponibilidad en una amplia gama de formas y tamaños, tales como tubos, perfiles, platinas y vigas, lo que lo convierte en un material ideal para aplicaciones estructurales de este tipo.

Para proteger la máquina de la corrosión y la oxidación, es fundamental aplicar acabados adecuados. Por ello, una vez completado el ensamblaje, se recomienda añadir dos capas de pintura anticorrosiva a todo el cuerpo estructural, asegurando así una mayor durabilidad.

Componentes Mecánicos. Para la construcción de una máquina roladora simétrica, que requiere tres rodillos dispuestos en forma de triángulo, se seleccionarán tubos de acero al carbono de 4" SCH 80 disponibles en el taller de la empresa INDUSTRIAS ORYODA. Estos tubos serán utilizados tanto para el rodillo curador, ubicado en la parte superior, como para los rodillos de presión inferiores, de medidas 2 metros respectivamente.

Especificaciones de Mantenimiento. Como en toda máquina, es fundamental realizar mantenimientos periódicos. Por ello, al momento de diseñarla, es esencial considerar puntos de lubricación de fácil acceso a los componentes críticos, tales como rodamientos, cadena y motor. Esto permite realizar el mantenimiento sin necesidad de desmontar toda la estructura de la máquina

Cálculos

Los cálculos son esenciales para determinar y optimizar las dimensiones, la resistencia, las tensiones, las deformaciones, las fuerzas y la potencia de la máquina. Estos cálculos permiten un análisis preciso de los requisitos técnicos y operativos para garantizar el funcionamiento correcto del sistema. Sin estos análisis, es imposible seleccionar correctamente las piezas críticas de la máquina que pueden afectar el rendimiento, la durabilidad y la seguridad.

Análisis de material de lámina: ASTM A-36

- $\sigma_y = 250 \text{ MP}$
- $\sigma_u = 400 \text{ MP a } 550 \text{ MP}$
- $E = 200 \text{ GPA}$
- $\rho = 7,85 \text{ g/}$

Distancia entre centros de rodillos inferiores:

$$C=245\text{mm}$$

$$D < C < 3($$

$$114 < C < 3(2) (114,2\text{mm})$$

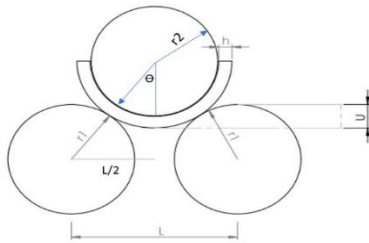
$$114 < C < 685,2 \text{ mm}$$

El valor de la distancia entre centros puede oscilar entre un rango de 114mm a 685mm, por consiguiente, $C= 245 \text{ mm}$ cumple con la recomendación de diseño.

Análisis radio de curvatura mínimo teórico ()

Figura 2

Diagrama de curvatura minuto teórico en el sistema de rolado



Donde:

R = radio interior de curvatura

h = espesor de lamina

r_1 = radio rodillo inferior

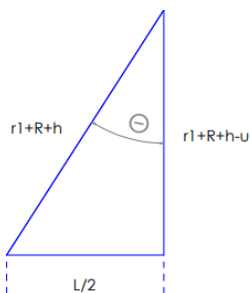
L = distancia entre rodillos inferiores

U = desplazamiento rodillo superior

Teorema de Pitágoras

Figura 3

Teorema de Pitágoras.



$$\frac{-}{-}$$

$$\frac{-}{-}$$

$$- \quad -$$

Derivando en función de U se tiene:

$$- \quad - \quad -$$

$$-$$

$$-$$

$$- \quad -$$

Sustituyendo en la ecuación

— —

Cálculo de fuerza necesaria para que exista una deformación permanente

Datos:

H = espesor de lámina = 9.53 mm

b = ancho de lámina = 1200mm o 1900mm

L = distancia entre centros

R_c = radio de curvatura = 60 mm

Momento plástico =

Se piensa trabajar los rodillos como una viga con una carga distribuida de forma triangular.

Figura 4

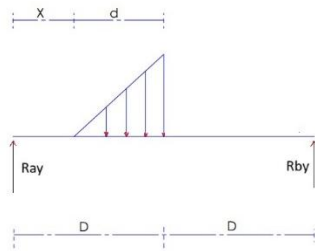
Sección transversal de la lámina a rolar



Cuando $b = 1900 \text{ mm}$

Figura 5

Viga Triangular



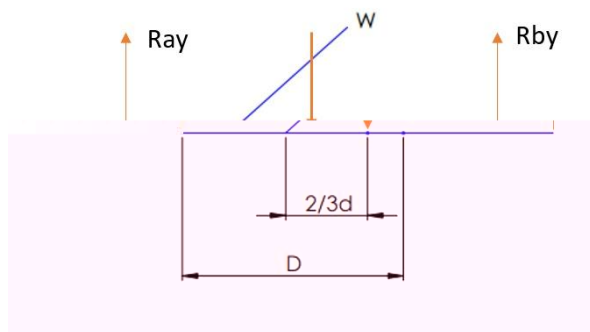
De la Figura 2, se puede determinar que:

Dimensiones de la viga triangular:

Ahora se procede con el análisis de la viga triangular:

Figura 6

Diagrama de cuerpo libre de la lámina al ingresar a la roladora



Donde: —

—

—

—

Importante:

Análisis de la viga triangular en fuerza cortante y momento flector.

Tramo 1 (

Figura 7

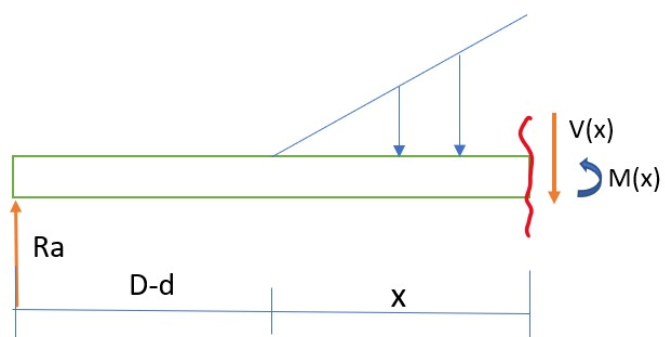
Corte 1- Viga Triangular



Tramo 2 (

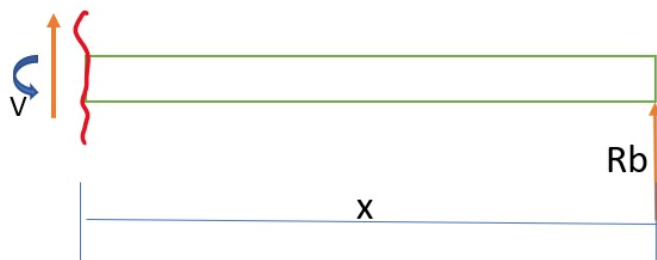
Pendiente de la recta: — , por lo tanto la ecuación de la recta de la carga triangular

es: — .

Figura 8*Corte 2- Viga Triangular*

Donde:

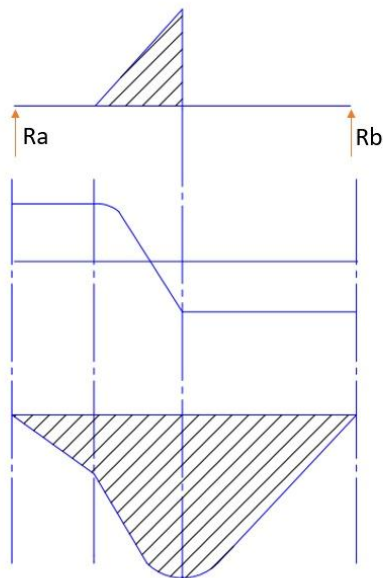
Tramo 3 (

Figura 9*Corte 3- Viga Triangular*

En la Figura 10, se puede observar los diagramas de cortante y momento flector

Figura 10

Diagrama de Fuerza Cortante y Momento Flector



Se sabe que el momento máximo, se encuentra cuando $V(x)=0$ por lo que se analiza el tramo 2.

Se sabe que: _____ y _____

$$\frac{P}{2} \left(\frac{L}{2} - x \right) - \frac{P}{2} \left(\frac{L}{2} - x \right) = 0$$

El valor de x es el punto donde se encuentra el momento flector máximo.

Ahora, la expresión de x la reemplazamos en la ecuación de momento flector y obtenemos:

$$\frac{P}{2} \left(\frac{L}{2} - \frac{L}{4} \right) - \frac{P}{2} \left(\frac{L}{2} - \frac{L}{4} \right) = 0$$

Se sabe:

$$\frac{P}{2} \left(\frac{L}{2} - \frac{L}{4} \right) - \frac{P}{2} \left(\frac{L}{2} - \frac{L}{4} \right) = 0$$

Ahora al despejar la fuerza de curvado (P) se obtiene:

$$\frac{P}{2} \left(\frac{L}{2} - \frac{L}{4} \right) - \frac{P}{2} \left(\frac{L}{2} - \frac{L}{4} \right) = 0$$

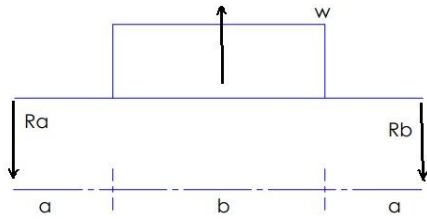
Se muestra un resumen de todo lo analizado:

Sustituyendo y hallando Rb y Ra

Diagrama de cuerpo libre rodillo superior

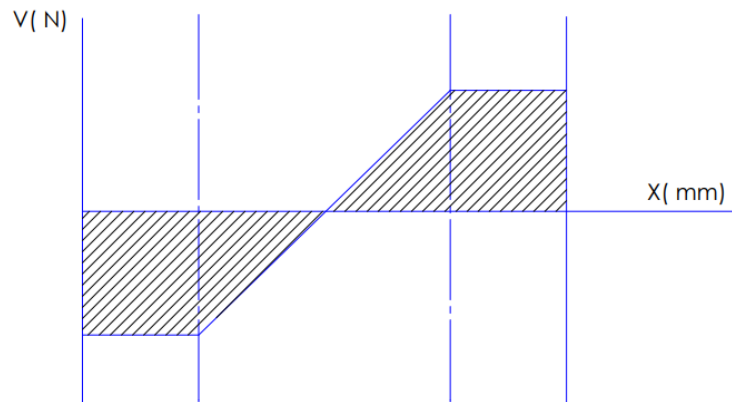
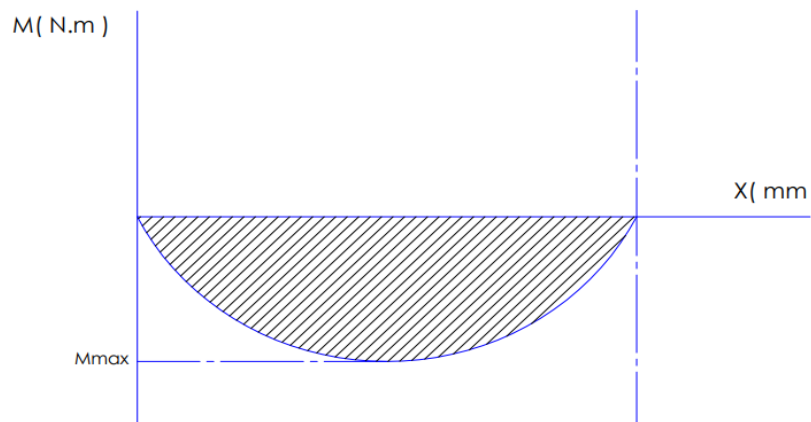
Figura 11

Esquema de Fuerzas Aplicadas del Rodillo Superior

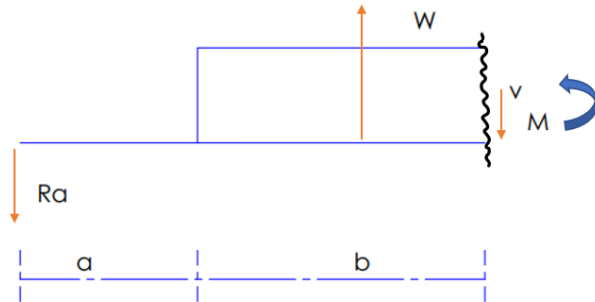


—

—

Figura 12*Grafica de fuerzas cortantes.***Figura 13***Grafica de momento flector.*

Cuando $V(x) = 0$ pero como la viga es simétrica el se encuentra en el centro de la viga.

Figura 14*Diagrama de fuerzas existentes en viga*

Reemplazando en la ecuación de

— — —

Cálculo de esfuerzos por flexión

—

— —

Cuando es el eje hueco:

$$D = 114,3 \text{ mm}$$

$$d = 97,13 \text{ mm}$$

— —

Análisis de viga cuando:

$$L = \text{longitud de viga} = 2270$$

$$b = 1900 \text{ mm} = \text{área de rolado}$$

$$a = 185 \text{ mm}$$

Análisis de rodillo superior

—

—

—

Sustituyendo en la formula general

— — —

Encontrando el esfuerzo por flexión real

—

—

Calculando el factor de seguridad se tiene:

$$\frac{1}{6,25} = \frac{1}{6,25}$$

este factor de 6,25 cumple para el análisis del rodillo superior garantizando que la máquina no falle durante condiciones reales de uso.

Análisis de rodillo inferior

$$\frac{1}{6,25} = \frac{1}{6,25}$$

Sustituyendo en la formula general

$$= \frac{1}{1000} \left(\frac{1}{1000} \right) \left(\frac{1}{1000} \right)$$

Encontrando el esfuerzo por flexión real

$$= \frac{1}{1000} \left(\frac{1}{1000} \right) \left(\frac{1}{1000} \right)$$

Calculando el factor de seguridad se tiene:

$$= \frac{1}{1000} \left(\frac{1}{1000} \right) \left(\frac{1}{1000} \right)$$

Este factor de 2,414 cumple y garantiza que los rodillos inferiores no fallen durante condiciones reales de uso.

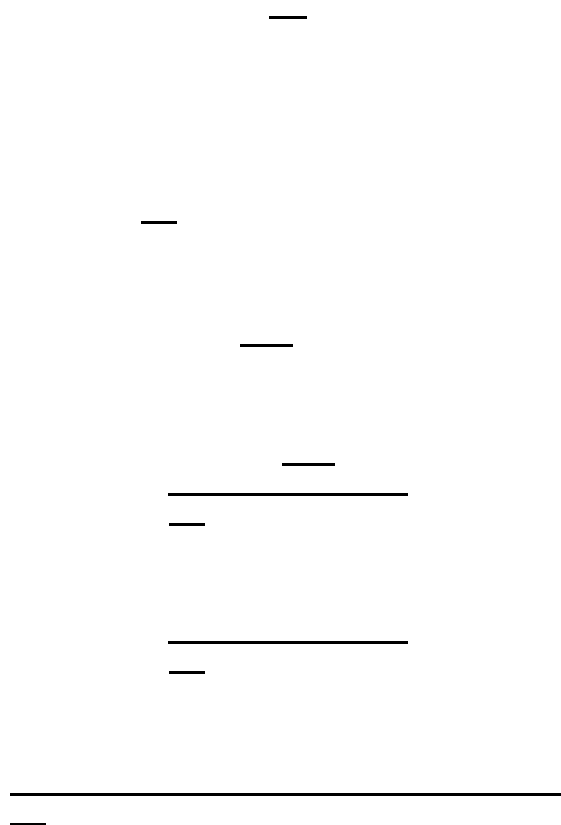
Análisis de torque requerido del sistema

Análisis de torque para el rodillo superior

Análisis de torque para los rodillos inferiores

Resistencia de viga a la torsión

Rodillo superior



Rodillo inferior

Torque. $T=1333,695\text{N}\cdot\text{m}$

Cálculo de diámetro de ejes.

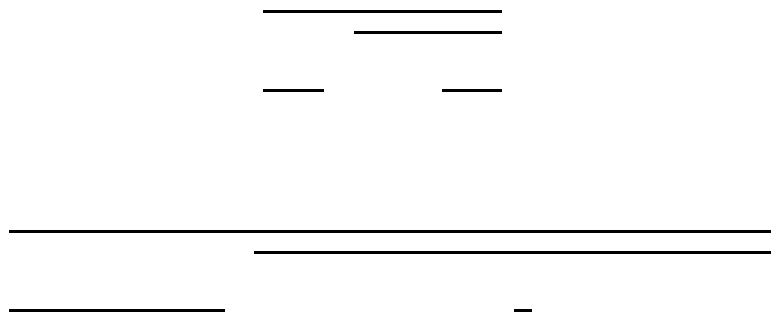
Eje de rodillo superior

Tenido en cuenta que el material seleccionado para los ejes es el acero 1050 se tiene que:

Se selecciona un diámetro de eje estándar más cercano al resultado pero que este por encima del mismo por eso se decide

Eje de rodillo inferior

Tenido en cuenta que el material seleccionado para los ejes es el acero 4140 se tiene que:



Se selecciona un diámetro de eje estándar, que sea el más cercano al resultado pero que esté por encima del mismo por eso se decide , además garantizar un factor de seguridad superior a 2.

Teoría concentración de esfuerzos

Rodillo superior

Datos:

$d = 75 \text{ mm}$

$D = 114,3$

$r = 15 \text{ mm}$

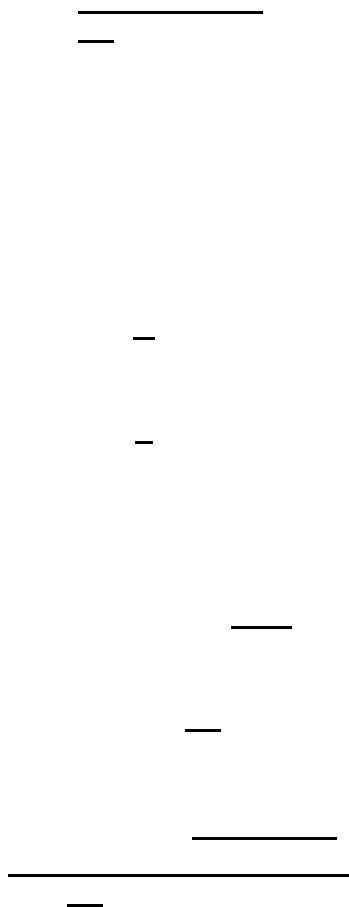
Análisis en flexión

—

—

—

Análisis a torsión



Rodillo inferior

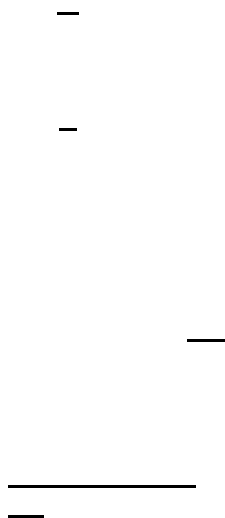
Datos:

$d = 75 \text{ mm}$

$D = 114,3$

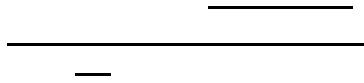
$r = 15 \text{ mm}$

Análisis en flexión



Análisis a torsión





Análisis de combinación de esfuerzos máximo en los rodillos

Análisis de Esfuerzo combinados de rodillo superior

Figura 15

Análisis de Esfuerzo combinados de rodillo superior

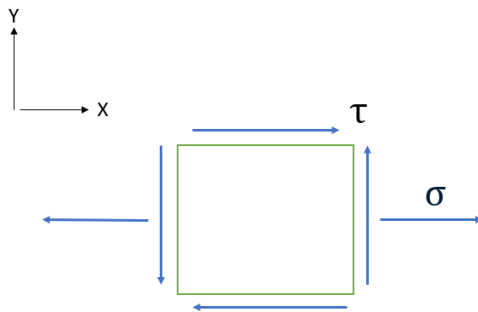
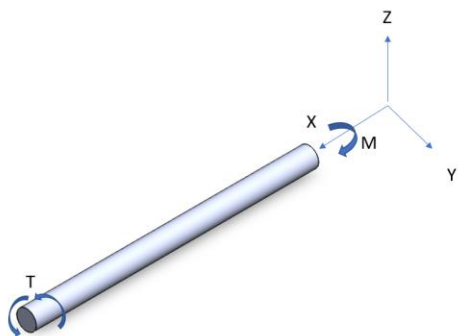
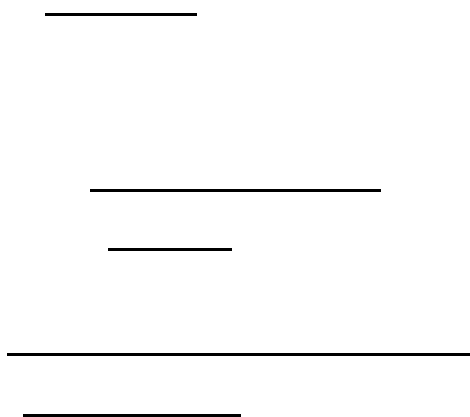


Figura 16*Diagrama 3D de fuerzas en rodillos*

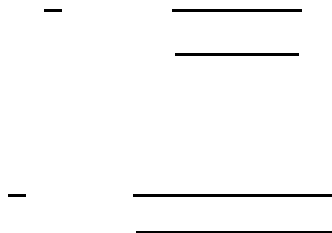
Esfuerzo máximo:

Esfuerzo mínimo:

Esfuerzo cortante máximo:



Dirección en que actúa esfuerzo principal máximo:

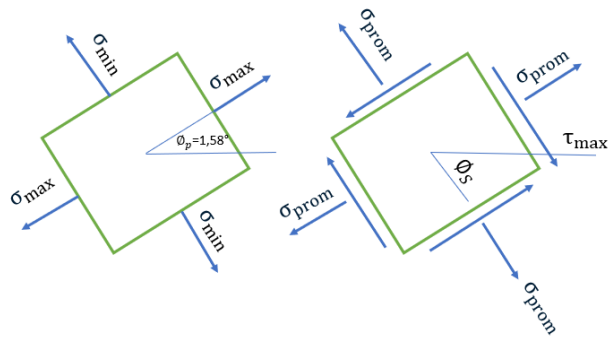


Dirección en que actúa esfuerzo cortante máximo:



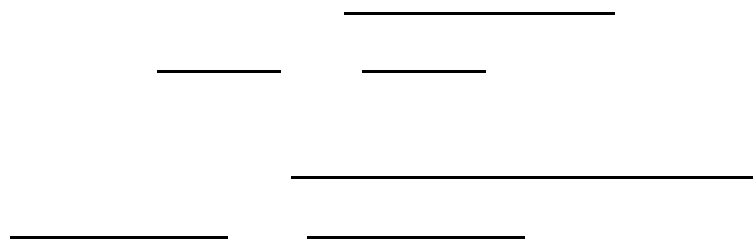
Figura 17

Diagrama de esfuerzos combinados rodillo superior

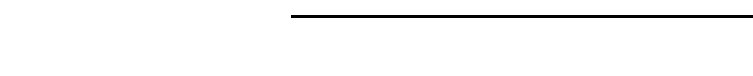


Análisis de Esfuerzo combinados máximo de rodillos inferiores

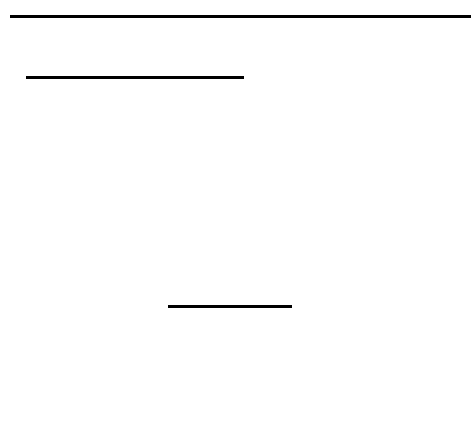
Esfuerzo máximo



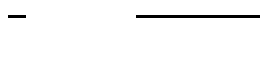
Esfuerzo mínimo:



Esfuerzo cortante máximo:



Dirección en que actúa esfuerzo principal máximo (rodillo superior):



— _____

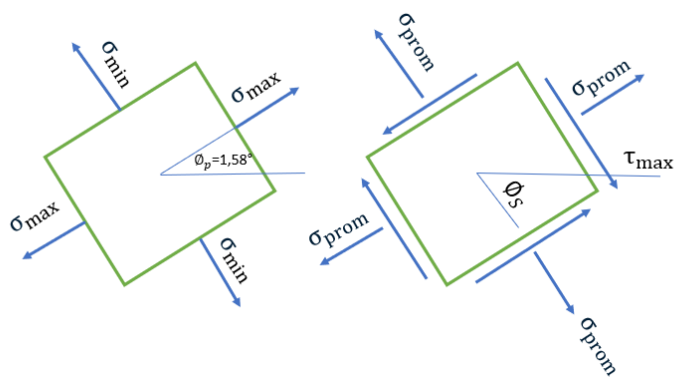
Dirección en que actúa esfuerzo cortante máximo (rodillo inferior):

— _____

 — _____

Figura 18

Diagrama de esfuerzos combinados rodillo inferior



Análisis de potencia mecánica del motor. Por lo general en rolado se manejan bajas RPM, además se sabe que en la salida del motor reductor es de 36 rpm y se piensa reducirla a 12 rpm para que en el sistema haya mayor torque, por lo que la potencia necesaria es:

Donde

T =torque

W =velocidad angular

n = eficiencia del motor

Esta potencia de 5,02 HP está por debajo de la potencia del motor que se tiene en la empresa que es de 7 HP, esto garantiza que el motor no va manejar sobrecargas mecánicas de la que puede soportar.

Selección de Rodamiento

Datos:

Diámetro de eje: 75mm

Velocidad angular: 12 rpm

Carga Rodamiento: 72,9313 KN

Fiabilidad deseada: 90%

Basado en el catálogo de SKF por el tipo de aplicación, se selecciona un rodamiento Rígido de bolas debido a que este es sometido únicamente a carga radial.

Datos del Rodamiento:

Diámetro: 75 mm

Capacidad Dinámica: 153 KN

Rpm: 8000

Vida nominal en millones de Revoluciones

—

Donde:

L_{10} = vida nominal básica (con una confiabilidad del 90%) [millones de revoluciones]

C = capacidad de carga dinámica básica (kN)

P = carga dinámica equivalente del rodamiento (kN)

n = velocidad de giro (rpm)

p = exponente de la ecuación de la vida útil – para los rodamientos de bolas, $p = 3$ para los rodamientos de rodillos, $p = 10/3$

Ahora vamos a calcular P teniendo en cuenta un factor de seguridad de 1,25.

Se procede a calcular vida nominal básica del rodamiento

Vida del Rodamiento expresado en Horas

La máquina se trabaja 3 horas al día, se sabe que el rodamiento va a tener una vida útil de 2188,5 días lo que equivale alrededor de 6 años lo cual es un tiempo idóneo.

Selección de la Cadena

La selección de la cadena será la misma entre el sistema de transmisión entre el motor reductor y el eje principal de la roladora y entre los dos rodillos.

Selección de Numero de dientes de la Catarina

Se sabe que la relación de velocidad es: $M_g=3$

Con Base a la tabla se selecciona: Número de cadena ANSI 120 con un paso 1 ½ in 0 1,5 in.

Figura 19

Tabla para selección de cadena

Número de cadena ANSI	Paso, pulg (mm)	Ancho, pulg (mm)	Resistencia mínima a la tensión, lbf (N)	Peso promedio, lbf/pie (N/m)	Diámetro del rodillo, pulg (mm)	Espaciamento de torones múltiples, pulg (mm)
25	0.250 (6.35)	0.125 (3.18)	780 (3 470)	0.09 (1.31)	0.130 (3.30)	0.252 (6.40)
35	0.375 (9.52)	0.188 (4.76)	1 760 (7 830)	0.21 (3.06)	0.200 (5.08)	0.399 (10.13)
41	0.500 (12.70)	0.25 (6.35)	1 500 (6 670)	0.25 (3.65)	0.306 (7.77)	—
40	0.500 (12.70)	0.312 (7.94)	3 130 (13 920)	0.42 (6.13)	0.312 (7.92)	0.566 (14.38)
50	0.625 (15.88)	0.375 (9.52)	4 880 (21 700)	0.69 (10.1)	0.400 (10.16)	0.713 (18.11)
60	0.750 (19.05)	0.500 (12.7)	7 030 (31 300)	1.00 (14.6)	0.469 (11.91)	0.897 (22.78)
80	1.000 (25.40)	0.625 (15.88)	12 500 (55 600)	1.71 (25.0)	0.625 (15.87)	1.153 (29.29)
100	1.250 (31.75)	0.750 (19.05)	19 500 (86 700)	2.58 (37.7)	0.750 (19.05)	1.409 (35.76)
120	1.500 (38.10)	1.000 (25.40)	28 000 (124 500)	3.87 (56.5)	0.875 (22.22)	1.789 (45.44)
140	1.750 (44.45)	1.000 (25.40)	38 000 (169 000)	4.95 (72.2)	1.000 (25.40)	1.924 (48.87)
160	2.000 (50.80)	1.250 (31.75)	50 000 (222 000)	6.61 (96.5)	1.125 (28.57)	2.305 (58.55)
180	2.250 (57.15)	1.406 (35.71)	63 000 (280 000)	9.06 (132.2)	1.406 (35.71)	2.592 (65.84)
200	2.500 (63.50)	1.500 (38.10)	78 000 (347 000)	10.96 (159.9)	1.562 (39.67)	2.817 (71.55)
240	3.00 (76.70)	1.875 (47.63)	112 000 (498 000)	16.4 (239)	1.875 (47.62)	3.458 (87.83)

Nota: Tabla extraída del libro Shigley's Mechanical Engineering Design (G Budynas & J Keith, 2008).

Ahora se calcula, la potencia nominal H_1 , limitada por placa del eslabón que se calcula con la siguiente ecuación:

Donde:

N_1 = Es el número de dientes en el piñón menor

n_1 = velocidad del piñón, rpm

p = paso de la cadena en in

K_r = 29 para números de cadena 25, 35; 3.4 para cadena de 41; y 17 para cadenas 40-240

Luego, se procede a calcular la potencia nominal H_2 , limitada por los rodillos.

Cálculo de la Potencia Permisibles:

Donde:

$K_1=1,06$

$K_2=1,7$ Debido a que se va a usar dos hileras

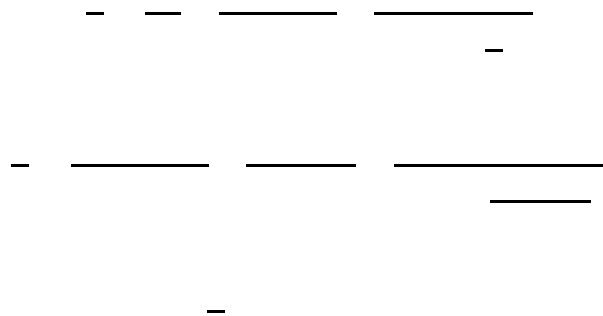
Entonces Ha:

Ahora se calcula la potencia nominal teniendo en cuenta un factor de seguridad de 1,5

El tipo de lubricación de la cadena es Tipo A es decir lubricación manual o por goteo.

Longitud de las cadenas

Se sabe que la distancia entre centros (C) es de 467 mm o 18,4 in



Se utilizaron 62 pasos

3.1.2 Realizar el Diseño de la Máquina con la Ayuda de un Software de Dibujo Asistido por Computadora (CAD) Solidworks para Facilitar el Montaje de la Roladora.

Toda máquina lleva un proceso de diseño antes de llegar a construirla por eso importante utilizar software asistido por computadora para llegar a dimensionar verdaderamente la máquina y poder llevar acabo pieza por pieza en diseño total, esto ayuda calcular cantidades de materiales realizar estudios para contemplar durabilidad de sus componentes además de reducir costos en la fabricación , sacar bocetos o planos que también puede ayudar al ensamble de cualquier maquina en este caso una roladora de láminas. El software asistido por computadora líder en la industria de la metalmecánica y usado para la elaboración de esta máquina es SolidWorks.

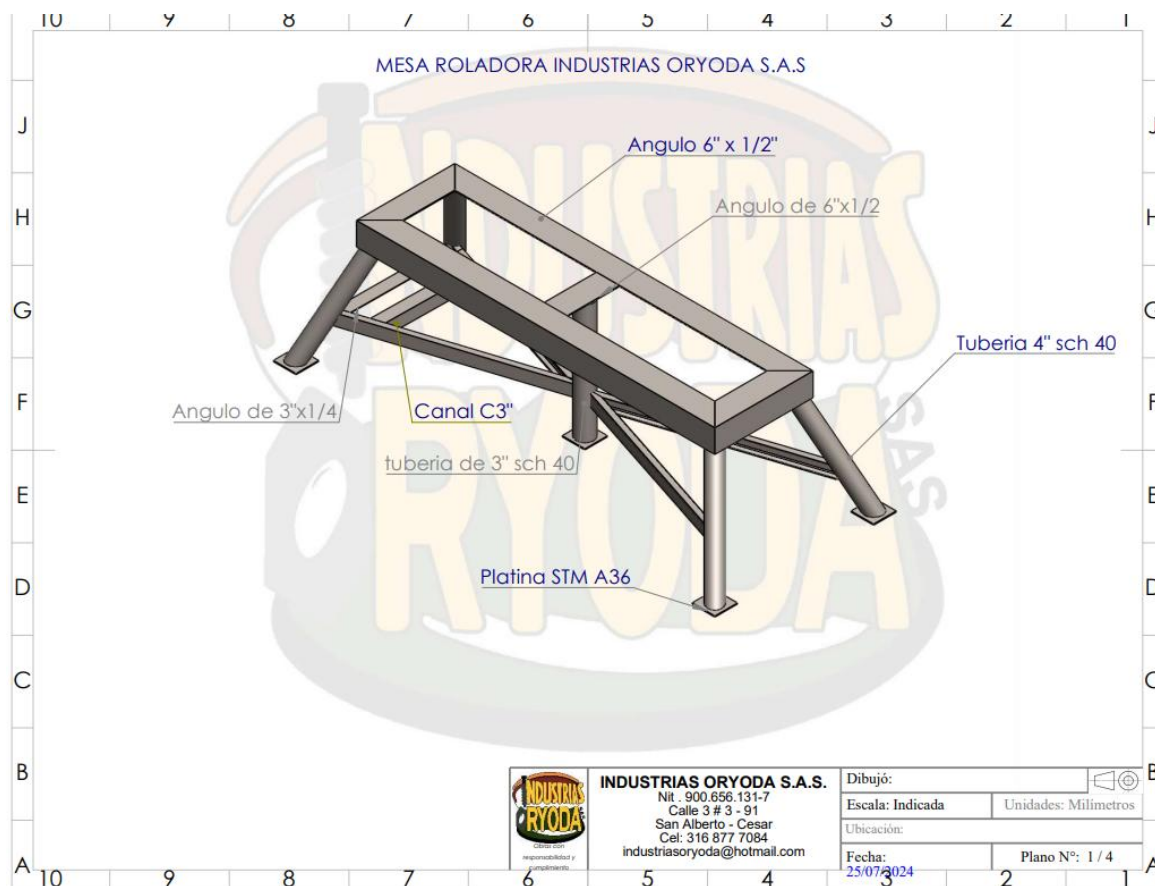
Actividad 1. Utilizar el software SolidWorks para crear un modelo tridimensional preciso de la máquina dobladora de láminas, teniendo en cuenta las especificaciones requisitos establecidos anteriormente.

El diseño de la máquina roladora de láminas, completamente desarrollado en SolidWorks, abarca todos los componentes requeridos para su construcción. Para cada procedimiento de corte, torneado y montaje, es esencial disponer de un esquema o plano minucioso que indique con exactitud las dimensiones de cada elemento. Esto facilita la optimización y aceleración del trabajo del mecánico responsable del montaje, garantizando una

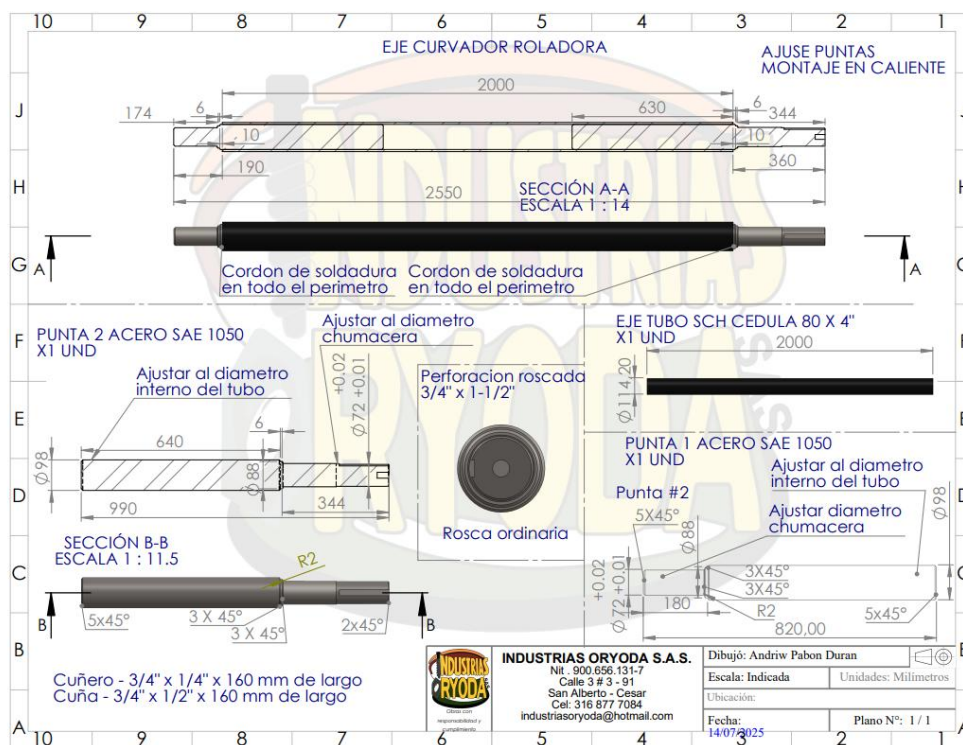
En el programa para dibujar la mesa se utilizó el comando piezas soldadas (Weldments) permite diseñar estructuras de perfiles soldados de manera eficiente.

Figura 21

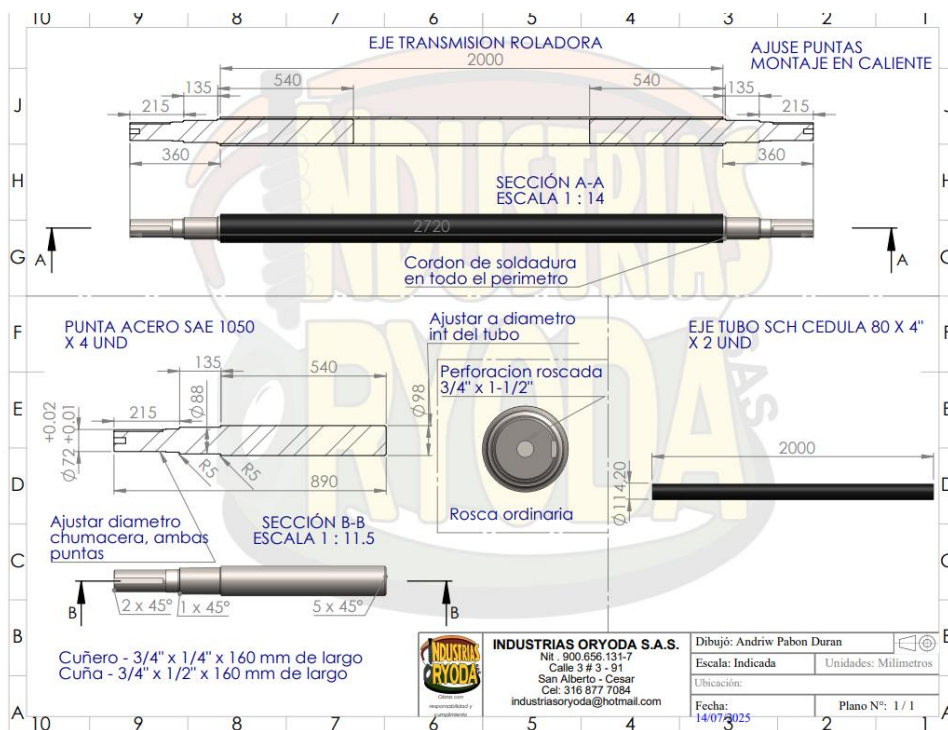
Plano Mesa (soporte roladora)



Rodillo Curvador. Elemento cilíndrico diseñado con la función de curvar las láminas, de los tres rodillos es el superior, está constituido por un tubo en acero al carbono y por dentro en cada punta se encuentran alojados los ejes en acero 1050. En el software para su dibujo se utilizaron herramientas como cortar extruir, saliente extruir y chaflan.

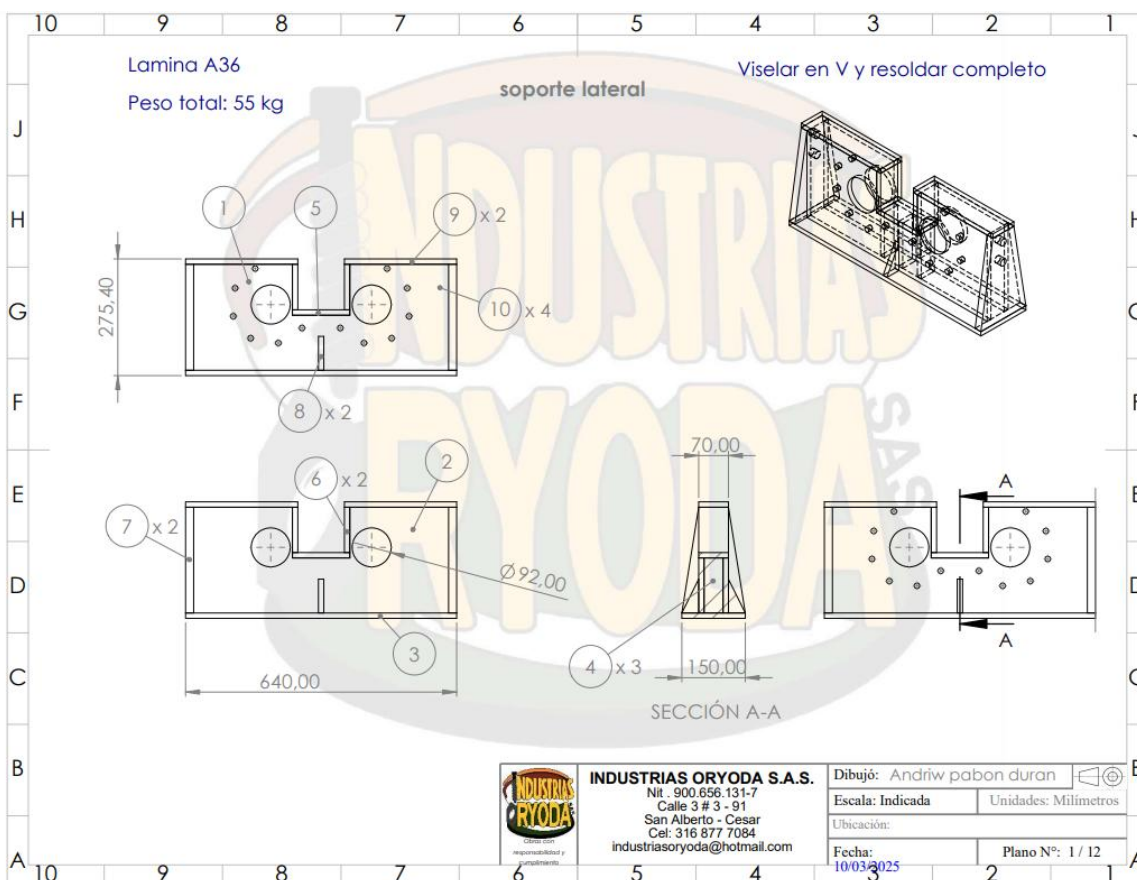
Figura 22*Plano Rodillo curvador*

Rodillo de Transmisión. Los rodillos de transmisión o rodillos inferiores son dos y su función principal es soportar, alimentar y deformar la lámina mientras se ejerce presión a través del rodillo curvador. El rodillo fue dibujado en SolidWorks con las herramientas extruir corte, saliente extruir y chaflan también del mismo material y diámetro que el rodillo curvador, lo único que se diferencia entre si es que el diseño del curvador tiene en la punta izquierda el eje más corto.

Figura 23*Plano rodillo de transmisión*

Soporte Lateral 1. Pieza diseñada para soportar los rodillos de la transmisión. Está dibujada bipartida, lo que significa que se compone de dos partes: la parte superior, que sostiene el sujetador del rodillo curvador, y la parte inferior, que soporta los dos rodillos de la transición. Se diseña bipartida para que, cuando se tenga que sacar una lámina rolada totalmente cerrada, se pueda desarmar el soporte y así extraer la lámina de forma más rápida y sencilla.

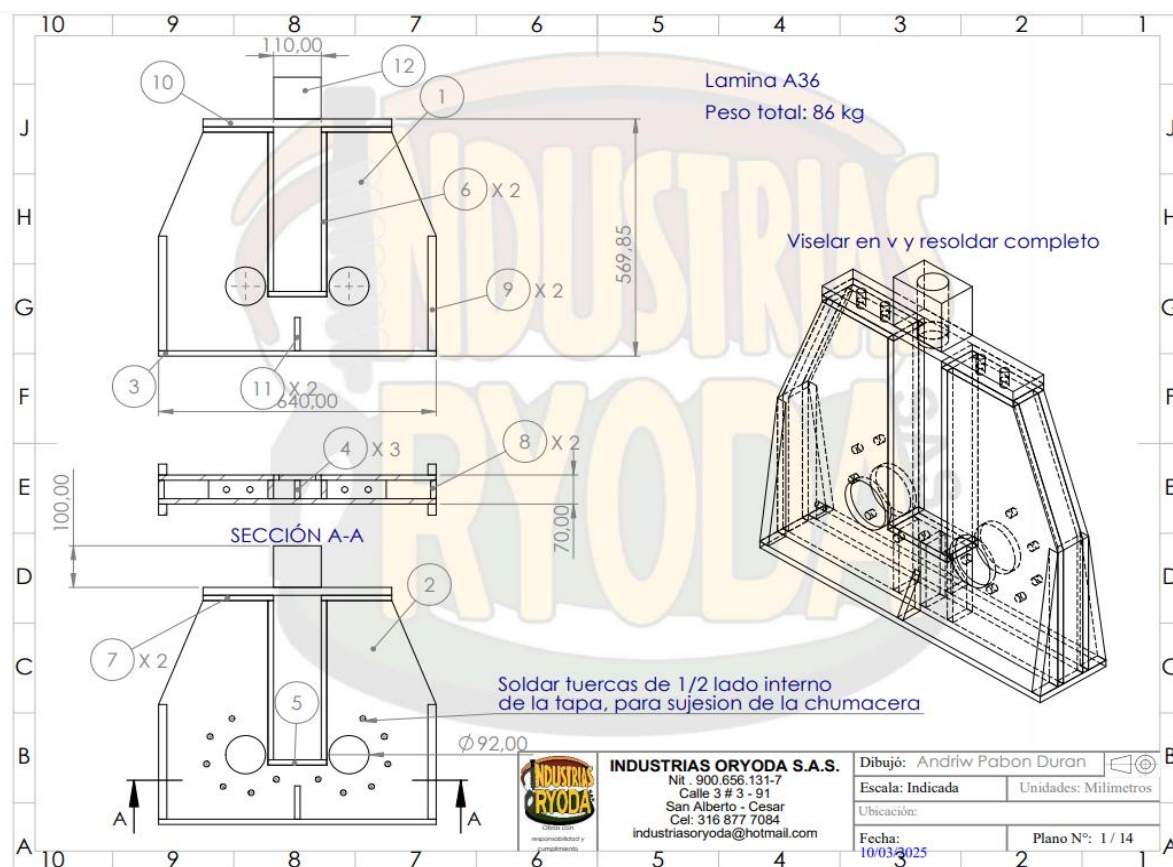
Toda esta pieza se realizó con herramientas de SolidWorks, como "Extruir corte", "Saliente extruir" y "Simetría". Está compuesta completamente de lámina de diferentes espesores de acero A-36.

Figura 24*Plano soporte lateral 1*

Soporte Lateral 2. Este soporte está diseñado de forma completa, a diferencia del lateral 1. Tiene las mismas dimensiones generales que el lateral 1, pero no es bipartido. Soporta los ejes de la transmisión y está diseñado para construirse en lámina de diferentes espesores en acero A36.

Figura 25

Plano soporte lateral 2



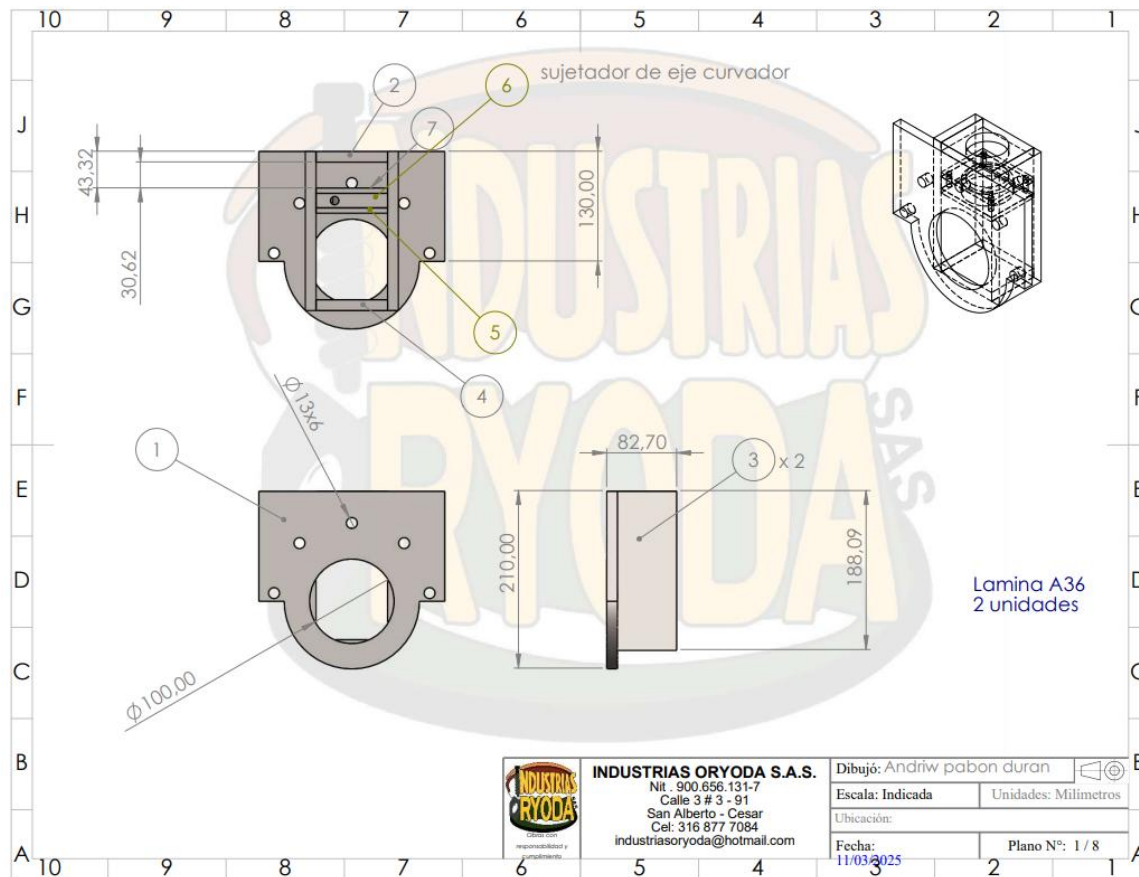
Está dibujado en SolidWorks con la ayuda de herramientas del software, tales como "Extruir corte", "Saliente extruir" y "Simetría"

Sujetador de Eje Curvador. Parte indispensable para el eje curvador realiza el trabajo de desplazar vertical mente el rodillo superior, está diseñado para construirlo con lamina en acero A-36 de diferentes espesores, lleva una perforación de 100mm de diámetro en el centro para que pueda entrar eje del rodillo, también tiene 6 perforaciones de 9/16" con el propósito de sostener atornillado la chumacera que sostendrá el rodillo.

Herramientas como saliente extruir, extruir corte y taladrado fueron necesarias para el dibujo en SolidWorks.

Figura 26

Plano sujetador eje curvador



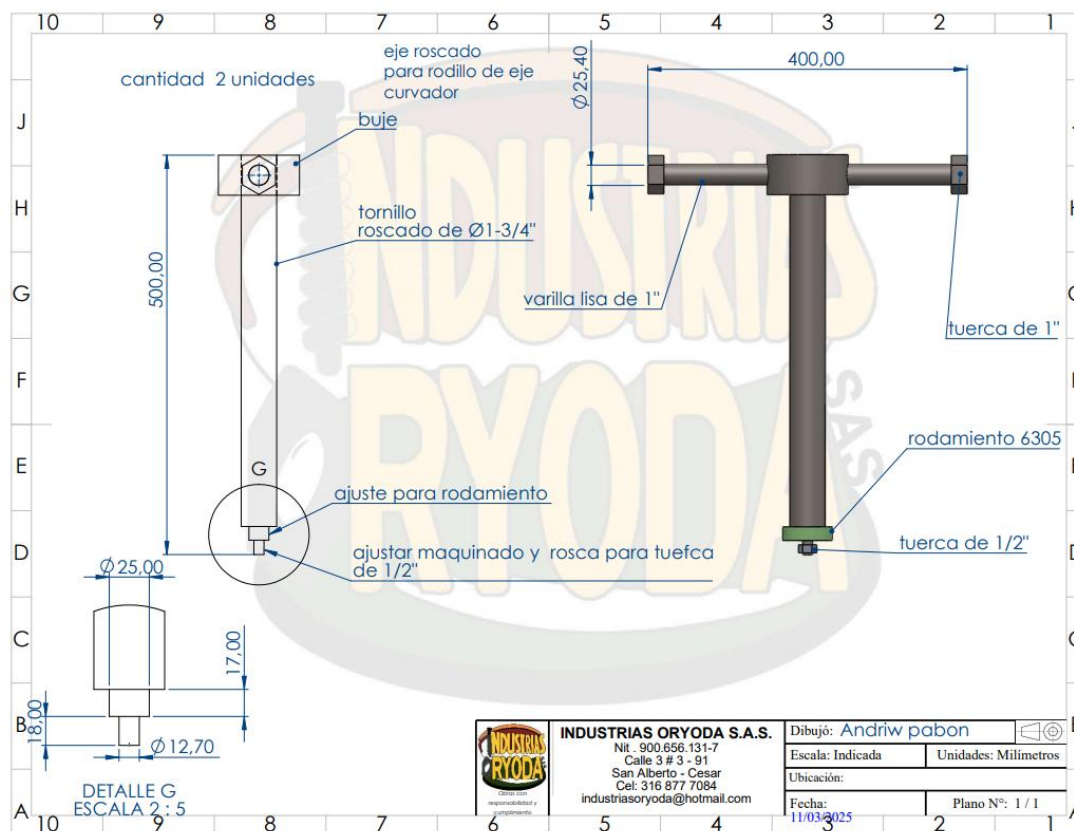
Eje Roscado. Este eje se encuentra alojado en el sujetador por medio de un rodamiento y una tuerca roscada en la parte inferior del eje, dotado de un pin de seguridad todo esto para que el eje no se salga del sujetador del eje curvador, este eje roscado tiene un paso de 8 hilos por pulgada y en su parte superior tiene un buje atravesado de una varilla lisa de 1" que ayudan a

realizar torque a la hora de apretar y desapretar el eje roscado, el eje convierte un movimiento circular en lineal por medio de una tuerca de un mismo paso de hilos.

Dibujada en SolidWorks por medio de las herramientas “revolución saliente”, “saliente extruir”, “extruir corte”.

Figura 27

Plano eje roscado



Transmisión de Potencia. El sistema mecánico de transmisión de potencia de la roladora está diseñado por un motor eléctrico que convierte la energía eléctrica en energía mecánica, la

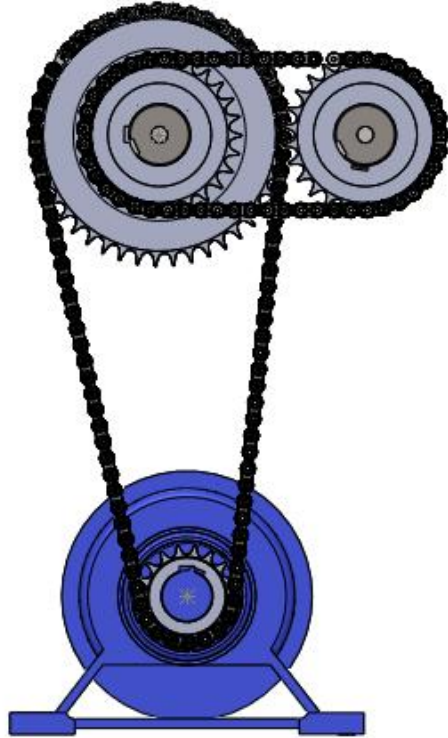
cual es luego transferida a la máquina. En el eje del motor se encuentra acoplado un piñón doble conductor de 17 dientes, que utiliza una cadena de paso de 3/4" para transferir el movimiento a un piñón conducido de mayor diámetro. Este diseño permite ajustar tanto el torque como la velocidad necesarios para el proceso de cilindrado de láminas.

Dado que la roladora cuenta con dos ejes, se ha incorporado un segundo sistema de transmisión que se alinea con el piñón conducido. Para ello, se ha instalado un piñón en el mismo eje, que, al girar a las mismas revoluciones por minuto (RPM), actúa como piñón conducido. Desde este componente, otra cadena de paso de 3/4" transmite el movimiento a un piñón de tamaño idéntico, que a su vez pone en marcha el segundo eje de la máquina, garantizando así un desplazamiento sincronizado y uniforme del material durante el proceso de rolado.

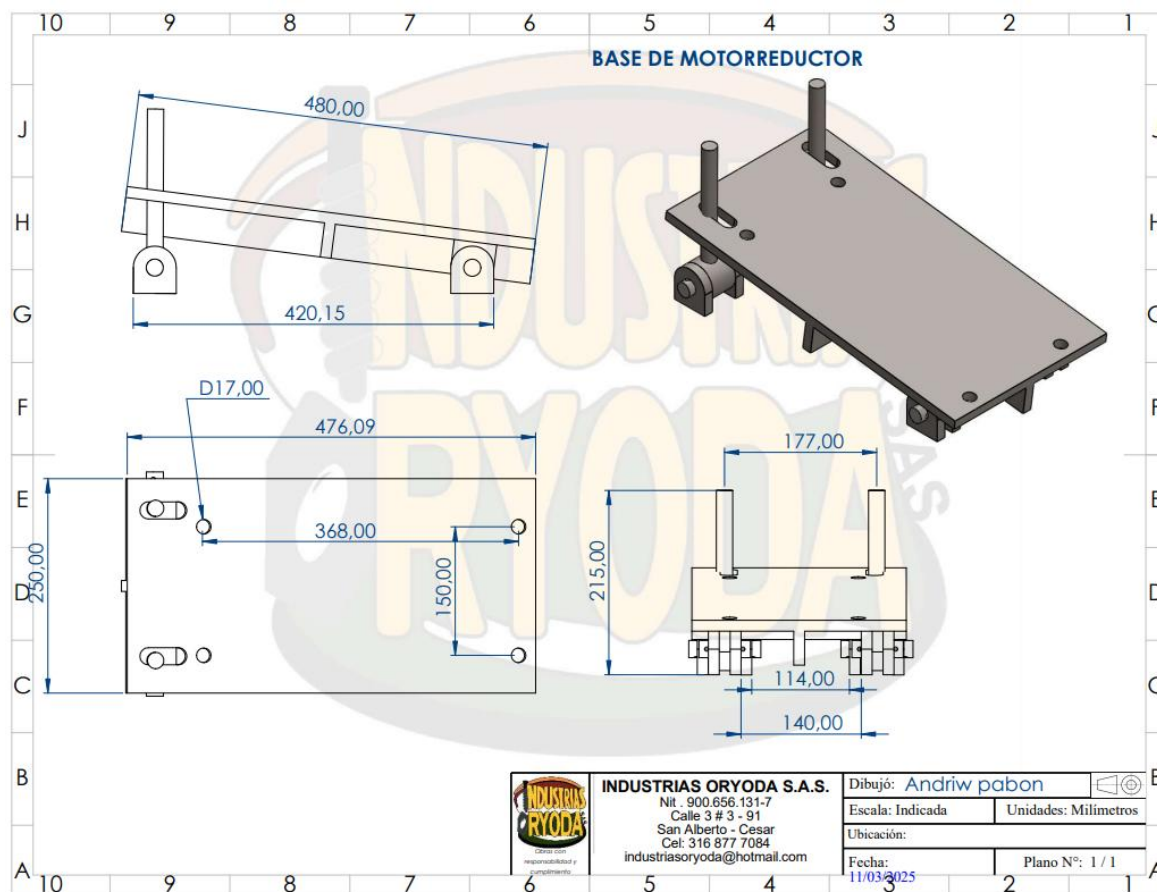
Los piñones ANSI que se utilizan en este sistema son aceros SAE 1045 de doble hilera de dientes lo que garantiza una mayor capacidad de carga. El Sistema fue dibujado en SolidWorks utilizando herramientas como “cortar extruir”, “saliente extruir” y “matriz de cadena.

Figura 28

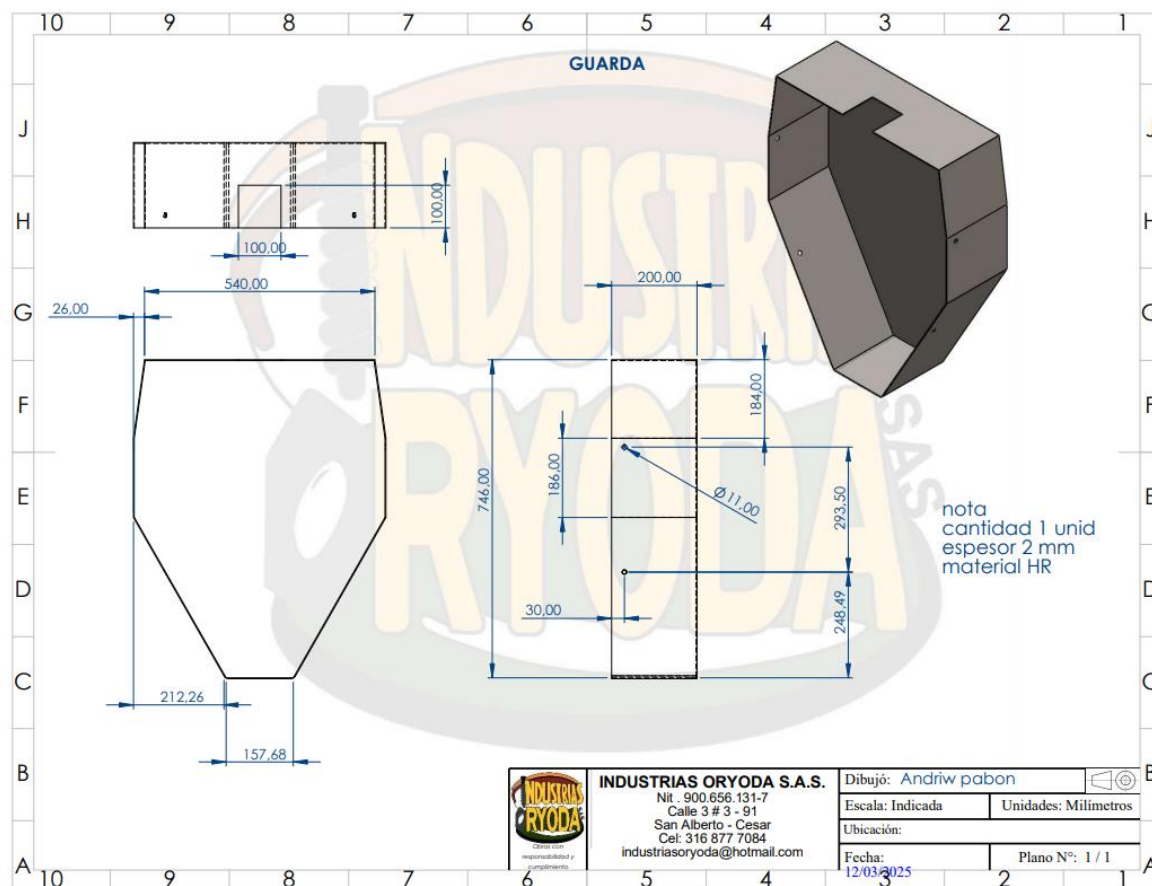
Plano transmisión de potencia



Base Motorreductor. Estructura que da estabilidad y alineación al motor, tiene un sistema de tensionamiento para cadena dotado de bujes, pasadores, tuercas, varilla roscada y pines. está diseñada para construirse en lámina A-36 de espesor 5/8" con refuerzos en lámina de 1/2", se utilizó herramientas en SolidWorks como "cortar extruir", "saliente extruir" y "redondeo".

Figura 29*Plano base motorreductor*

Guarda Cadena. Pieza mecánica que está situada en sistema de transmisión, hace la función de proteger a cualquier persona de cualquier accidente, diseñada en lámina de espesor 2mm para que sea fácil quitar a la hora que se quiera hacer mantenimiento. Dibujada en SolidWorks utilizando herramientas como “chapa metálica”.

Figura 30*Plano guardacadena*

Actividad 2. Realizar pruebas de verificación de análisis como elementos finitos para asegurar que el modelo CAD creado en SolidWorks cumpla con las especificaciones técnicas y requisitos de diseño establecidos

El enfoque de elementos finitos (FEM) es un procedimiento numérico empleado para solucionar problemas de ingeniería, implementando la discretización en unidades reducidas conocidas como elementos. SolidWorks dispone de instrumentos de simulación que facilitan la evaluación del comportamiento estructural de los modelos bajo distintas condiciones de carga.

Este software permite efectuar análisis estáticos, dinámicos, de pospandeo, térmicos, modales y de fatiga. Estos estudios son imprescindibles en todo diseño de equipos ya que contribuyen a rectificar desplazamientos y deformaciones no deseadas en estructuras metálicas. Basándose en esto, se puede optimizar el diseño estructural para prevenir cargas que pueda afectar estabilidad y el rendimiento de estructuras metálicas.

Análisis de los Componentes con Mayor Fluencia. Realizar análisis estático a los componentes con mayor fluencia de la roladora es necesario para saber en qué punto el material comienza a deformarse cuando se aplica una carga puntual o distribuida, se hará análisis estático a elementos como lamina a rolar, rodillos, soporte de rodillos, estructura y base de motorreductor.

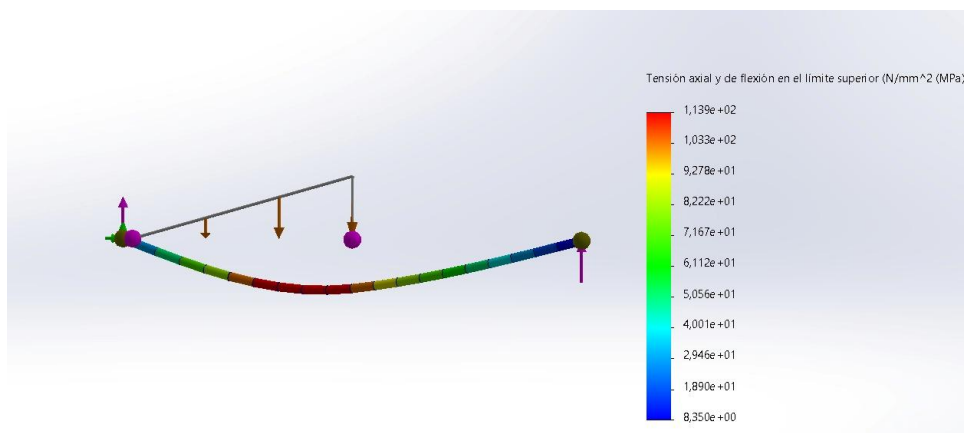
Análisis Estático a la Lámina. Se realizó un estudio estático a lámina con un espesor de 9.5 mm, que corresponde a la capacidad máxima de la máquina, obviamente empleando toda la bancada de la máquina de 1900 milímetros. La longitud de la lámina, por ejemplo, es 1900mm por 530mm que es la medida que alcanza a hacer contacto con los rodillos inferiores, por lo que se considera como ejemplo esta medida, pero con un espesor de 9.5mm. Teniendo en cuenta que el material ASTM A36 posee un límite elástico, Si la presión aplicada es menor al límite elástico, la lámina se doblará elásticamente, pero al suprimir la presión, volverá a su estado original inicial.

Se elaboró un sólido haciendo referencia a la lámina y se suministró en el comando de análisis estático las fuerzas de la carga triangular w .

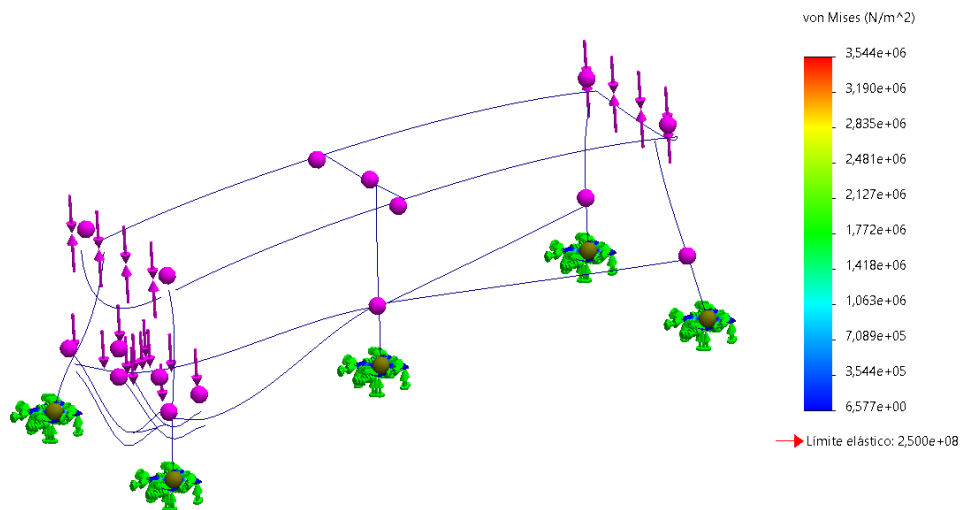
Análisis de Tensiones (Von Mises). Las tensiones se utilizó el criterio de Von mises que ayuda a determinar si un material fallará bajo carga combinada. Dado que el límite elástico es de 800 MPa, la fuerza ejercida por el rodillo sobre la lámina debe ser superior a este valor para garantizar la deformación plástica.

Figura 31

Análisis estático de tensión en la lámina



Análisis Estático a Mesa o Soporte. Es un elemento de mayor fluencia en la máquina es la mesa, que soporta todos los componentes de la roladora. Realizar un análisis estático ayuda a determinar cuánto se puede desplazar o deformar la estructura a causa de los esfuerzos y reacciones provocados por la fuerza de laminado o por el peso de los soportes, rodillos y motor.

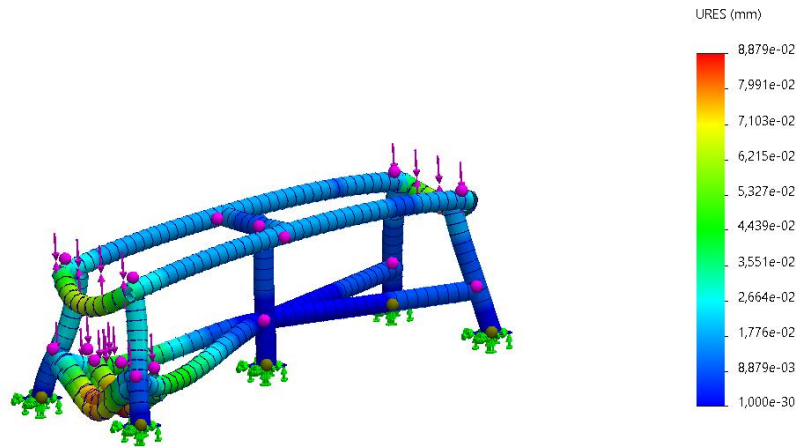
Figura 32*Análisis estático de tensión en la mesa*

A continuación, se observa el análisis estático de la mesa, comenzando por el análisis ara el desplazamiento de la estructura se observa que es un valor despreciable por ende la estructura no va a sufrir ningún problema y no afectará la precisión del laminado ni el funcionamiento de la máquina.

El valor máximo de desplazamiento como se muestra en la tabla es de 0,0879mm, es un valor que indica que la mesa es bastante rígida y resiste las cargas aplicadas, como se ve a continuación.

Figura 33

Análisis estático de desplazamiento en la mesa



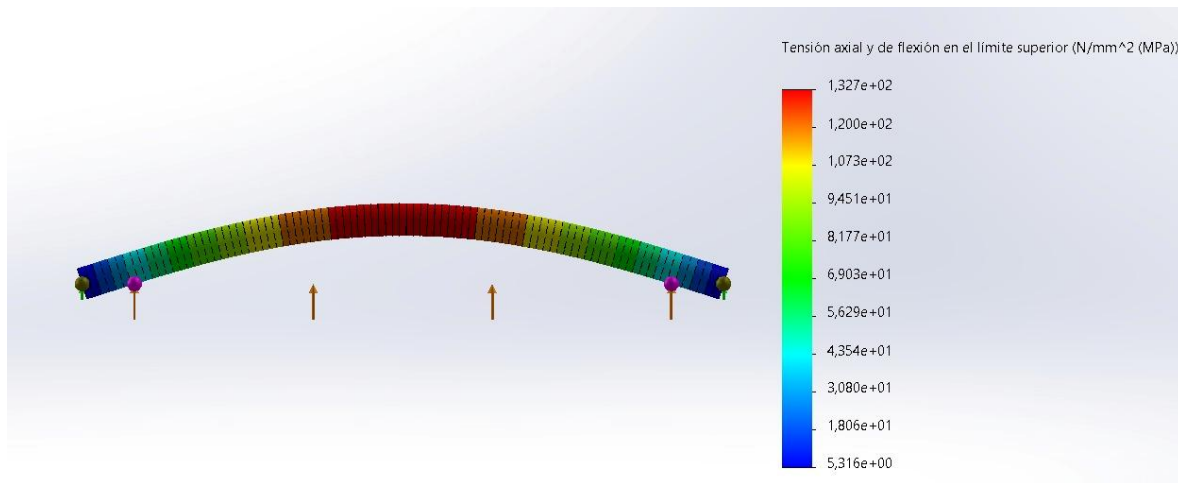
Análisis Estático de Rodillo Superior. Para el rodillo superior se tiene en cuenta al material del tubo es acero estructural y el material de los ejes o puntas que es acero 1050, para las fuerzas que actúan en él, se tiene en cuenta la carga distribuida rectangular w o fuerza necesaria para que haya un rolado permanente.

Se efectúa la simulación con los datos calculados anteriormente para encontrar la tensión máxima del rodillo superior, como se puede observar no se notan tensiones elevadas siendo el color rojo en grafica un valor crítico, así que el rodillo superior y su material no cederá bajo carga combinadas.

El valor que más se acerca al límite elástico del material del rodillo es 137 Mpas que es un color rojo el cual está muy lejos de los 800 Mpa del material en cuestión.

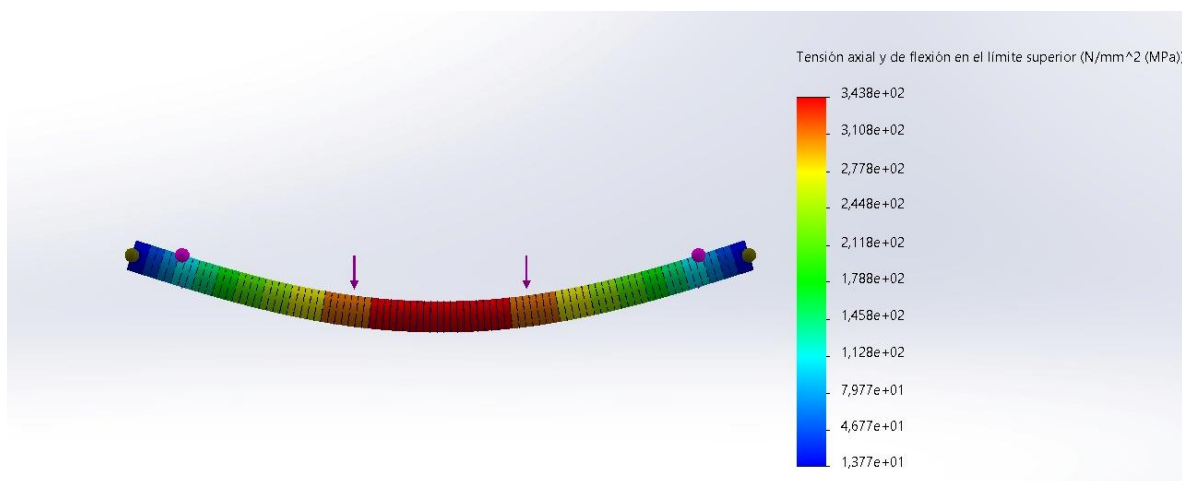
Figura 34

Análisis de tensiones en rodillo superior



Análisis Estático de Rodillo Inferior. A diferencia del rodillo superior, este rodillo tiene otra fuerza calculada anteriormente y llamada R_a que es la fuerza que contrarresta a la fuerza P para que haya un rolado continuo y sin problemas, al igual que el rodillo superior se analiza como una viga fija.

Como se puede ver, donde hay mayores tensiones es el centro, según la gráfica de escalas el mayor resultado es demasiado menor a límite elástico del material del rodillo que es de 800 Mpa, no hay inconveniente por el resultado obtenido ya que se encuentra por debajo del límite elástico del material, garantizando de buen diseño del rodillo.

Figura 35*Evaluación de tensiones en el rodillo inferior*

Actividad 3. Elaborar un análisis detallado de la máquina para identificar los componentes críticos que pueden requerir mantenimiento periódico o que tienen una alta probabilidad de falla.

En base a los análisis estáticos realizados a los componentes con mayor fluencia, estos también se tienen en cuenta para un mantenimiento periódico. Sabiendo que la roladora es una máquina, y que toda máquina necesita un mantenimiento periódico se procede a laborar un instructivo para el almacenista de la empresa INDUSTRIAS ORYODA, que al final es el que está encargado del mantenimiento de las demás máquinas. La idea de este instructivo es que el almacenista tenga claro un paso a paso de las actividades a realizar en la máquina, todo esto para llevar acabo un mantenimiento correcto y a tiempo. Este instructivo abarca inspecciones, limpieza, lubricación y ajustes mecánicos.

A continuación, se muestra una tabla de los componentes críticos a tener en cuenta con la frecuencia correspondiente de mantenimiento que se le debe hacer a cada elemento.

Tabla 17*Componentes críticos y mantenimiento requerido*

Componentes	Posibles fallas	Mantenimiento preventivo	Frecuencia
Rodillos de curvado	Desgaste, corrosión, fisuras	Inspección visual y lubricación	Semanal
Motor	Sobrecalentamiento, fallas eléctricas	Verificaciones de temperaturas y conexiones	Mensual
Reductor de velocidad	Desgaste de engranes, fugas de aceite	Revisión de aceite y nivel de aceite	Trimestral
Piñones y cadena	Desgaste, falta de tensión	Lubricación y ajuste de tensión	Mensual
Sistema eléctrico	Conexiones flojas	Inspección de conexión y limpieza	Mensual
Estructura	Fisuras, aflojamiento de tornillos	Inspección y ajuste de tornillería	Semestral
Caja eléctrica	Fallo de pulsadores o cables	Revisión de funcionamiento	Mensual
Limpieza general	Acumulación de polvo o suciedad	Limpieza con trapos o aire comprimido	Semanal

Teniendo en cuenta la tabla anterior, donde se muestra la frecuencia del mantenimiento preventivo para cada elemento crítico, y siendo la limpieza general la actividad más frecuente a realizar, se procede a detallar las actividades de cada elemento según su frecuencia.

Para un mantenimiento preventivo de limpieza general y la inspección visual de los rodillos, se deben seguir los siguientes pasos:

- El operario o almacenista debe portar los elementos de seguridad personal (gafas, guantes, tapa oídos etc.)
- Como segunda actividad alistar las herramientas necesarias para el mantenimiento.
- Tercera actividad se debe bloquear el equipo desde la unidad de mando o simplemente desconectar de conexión eléctrica.
- Revisión visual de rodillos y chumaceras, verificar desgaste o fisuras, de encontrar alguna anotar en hoja de informe de anomalías de la máquina y entregar al jefe inmediato.
- Limpieza general de la máquina, remover mugre o polvo de toda la maquina con la ayuda del aire del compresor.
- Por último, alimentar el formato registro y control de la maquina donde se anota la actividad, día, mes y frecuencia.

Cuando el mantenimiento tiene una frecuencia mensual e incluye la revisión o inspección del motor, piñones, cadena y caja eléctrica, el operario debe incorporar estas tareas a las actividades previamente descritas.

- Revisión de ajuste de cadena: el operario, con la ayuda de la llave, debe remover los tornillos que sostienen el guardacadena. Posteriormente, verificar la tensión y lubricación de la cadena. Si la cadena necesita lubricación, aplicar aceite.

- Revisión de motor: El operario, con la ayuda de un termómetro, debe verificar la temperatura del motor para detectar posibles sobrecalentamientos. Luego, debe inspeccionar la integridad del cableado eléctrico, medir el voltaje y la corriente con un multímetro para identificar variaciones, revisar el nivel de aceite y, por último, realizar una limpieza general, prestando especial atención a las rejillas de ventilación.
- Sistema eléctrico: posterior a la revisión del motor, sigue la labor de revisar la caja eléctrica, donde se encuentra el sistema eléctrico, el operario encargado debe hacer una limpieza general a la caja quitando polvo o suciedad. Luego Inspeccionar el estado de las conexiones y terminales eléctricas. Y por último verificar la tensión y corriente en los terminales.
- El operario tiene que registrar en el formato de registro y control las actividades realizadas, el mes en que se hizo el mantenimiento y por último si encuentra alguna anomalía debe anotarla en el ítem de observaciones para hacer un seguimiento detallado al elemento que presente algún problema.

Cuando el mantenimiento se hace trimestral se debe tener en cuenta la revisión de la caja reductora de velocidad el operario tiene que realizar las actividades anteriores descritas, solo si corresponde con las fechas que se lleva en el formato de registro y control.

- Verificar si hay fugas de aceite.
- Inspeccionar el estado de los ellos.
- Revisar el estado de los tornillos de fijación y soportes.

- Realizar cambio de aceite
- Quitar toda suciedad que este adherida
- Encender equipo y monitorear si se escucha algún ruido anormal para eso el operario utilizar un analizador de vibraciones.
- recoger herramientas utilizadas en el mantenimiento.
- documentar en el formato de registro y control lo realizado en el mantenimiento.

Para llevar a cabo el mantenimiento de forma eficiente y sin contratiempos, es esencial tener a mano un listado detallado de las herramientas necesarias antes de comenzar cualquier actividad. De esta manera, se optimiza el tiempo de trabajo y se evitan interrupciones innecesarias que puedan surgir por la búsqueda de herramientas inadecuadas o ausentes.

Listado general de herramienta:

- Llave de $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{9}{16}$ ", $\frac{15}{16}$ "
- Porra metálica y de goma
- Flexómetro
- Analizador de vibraciones
- Destornillador
- Multímetro
- Inyector de grasa.
- Calibrador
- Aceitera
- Compresor
- Trapos
- Nivel digital

3.1.3 Construir la máquina dobladora de láminas siguiendo el diseño establecido, para ser implementada en la empresa asegurando una operación y mantenimiento óptimo.

Actividad 1. Calcular el costo asociado con la adquisición de los materiales, así como los costos de Procesamiento.

Antes de proceder con la construcción de la máquina roladora, es fundamental realizar una cotización detallada de los materiales seleccionados para su ensamblaje. Este análisis permitirá evaluar si el proyecto se ajusta a las expectativas económicas de la empresa y determinar si el costo de fabricación resulta competitivo frente a las máquinas similares disponibles en el mercado. A continuación, se presentarán una serie de tablas que detallan el tipo de material utilizado, sus respectivos precios y el proveedor al que se adquirió cada uno; Así como el costo asociado con la mano de obra.

Tabla 19

Cotización costos materiales 1

ELEMENTOS	CANTIDAD (UNID)	MEDIDAS (mm)	PROVEDOR	PRECIO(COP)
retenedor	6	105x75x10	grandes marcas	71.400
rodamiento 22215-E1 NTN	6	130X75X31	grandes marcas	720.000
cadena doble de paso 3/4” ref60-1	1	400	grandes marcas	249.900
piñón grande z=45	1	Ø305	grandes marcas	833.000
piñón mediano z=27	2	Ø190	grandes marcas	499.800
piñón pequeño z=13	1	Ø100	grandes marcas	89.250
PRECIO TOTAL				2.462.050

Tabla 20*Cotización costos materiales 2*

ELEMENTO	CANTIDAD (UNID)	MEDIDAS	PROVEDOR	PRECIO(COP)
varilla resacada de 2"	1	1 m	mundial del tornillo	248.993
varilla lisa de 3/4"	1	1 m	mundial del tornillo	15.000
varilla lisa de 1"	1	1 m	mundial del tornillo	25.000
tornillo de 1/2"x2" con tuerca	10	1/2"x2"	mundial del tornillo	10.742
rodamiento 6305 fag	2	62X15X17 (mm)	grandes marcas	39.984
tuerca 2h	4	3/4"	mundial del tornillo	2.768
PRECIO TOTAL				342.487

Tabla 21*Cotización costos materiales 3*

ELEMENTO	CANTIDAD	MEDIDAS	PROVEDOR	PRECIO (COP)
lamina A36 de 1/2"	35	varias	ferresanchez	1.100.000
lamina A36 de 3/4"	30	varias	ferresanchez	900.000
tubo sch 80x 4"	3	2	steckerl aceros	840.000
tubo 1.5" sch 40	4	1	steckerl aceros	80.000
tubo 3" sch 40	1	1	steckerl aceros	160.000
canal c 3"	4	1.4	steckerl aceros	174.000
ángulo de 6"x1/2"	1	6	steckerl aceros	500.000
PRECIO TOTAL				3.754.000

Tabla 22*Cotización costos materiales 4*

ELEMENTO	CANTIDAD	MEDIDA (mm)	PROVEDOR	PRECIO (COP)
chumacera eje transmisión	4	130x70	torno John	714.000
chumacera eje curador	2	130x70	torno John	357.000
buje de tornillo	2	110x100	torno John	285.600
buje de fijación	2	102x50	torno John	119.000
ejes acero 1020	6	75	torno John	1.000.000
tornillo de 1-1/4"	2	500	Torno John	47.600
PRECIO TOTAL				2.523.200

Tabla 23*Cotización costos materiales 5*

ELEMENTO	CANTIDAD	MEDIDAS (mm)	PROVEDOR	PRECIO (COP)
buje cuadrado para fijación de tornillo	2	100x70x111	todo bronce	220.000
buje redondo para tornillo de fijación	2	102x62x50	todo bronce	80.000
eje perforado para chumacera	6	160X132X80	todo bronce	444.000
PRECIO TOTAL				744.000

Sumando todo el valor asociado a los componentes que tiene la máquina daría un valor aproximado de \$9.825.487 pesos colombianos, a eso se le suma el costo del motorreductor nuevo el cual ya se encontraba en la empresa, se le da el precio de \$6.000.000 el cual es el precio actual en el mercado. la mano de obra para la construcción de la máquina donde se requiere un mecánico soldador cuyo valor cuesta por los servicios durante un mes \$ 2.000.000.

Al final sumando todo daría un valor de \$ 16.7825.487 de pesos colombianos, que en comparación con las maquinas comerciales que se pueden encontrar en el mercado con las mismas capacidades de rolado de lámina, es un precio inferior.

Actividad 2. Corte y torneado de materiales escogidos garantizando que todos los componentes, tales como rodillos, ejes y soportes, se elaboren con las dimensiones y tolerancias establecidas en el diseño.

En esta actividad se realizan los trazos y cortes del material necesario para la estructura y los soportes de la roladora, siguiendo los planos técnicos de corte.

El proceso de corte se lleva a cabo utilizando herramientas manuales y eléctricas como pulidora, escuadra, metro y tiza para un marcado preciso de cada pieza, a cargo de un mecánico especializado de la empresa con amplia experiencia en el manejo de materiales y herramientas. Para garantizar una mayor precisión en los cortes, varias piezas fueron trabajadas en una máquina de corte con láser, servicio realizado por un especialista externo contratado para este propósito.

El objetivo principal de este proceso es asegurar que cada corte se ajuste con precisión a las dimensiones y especificaciones establecidas en los planos técnicos de la máquina.

En la figura 36 y 37 se aprecian las piezas cortadas destinadas a los soportes laterales, encargados de sostener del rodillo curvador. para esta labor, algunas piezas fueron cortadas internamente en las instalaciones de INDUSTRIAS ORYODA, mientras que otras se realizaron externamente en un lugar especializado llamado Ferre Sánchez, ubicado en la ciudad de Bucaramanga. El material que se utilizó Para piezas del soporte laterales fue lamina A-36 de diferentes espesores.

Figura 36

Corte de piezas para soportes laterales

**Figura 37**

Corte de piezas para soportes laterales



El corte de las piezas que conforman el sujetador del eje curvador también se realizó utilizando diferentes métodos según las características de cada componente. Algunas piezas fueron cortadas con pulidora, mientras que aquellas con cortes más complejos o irregulares se trabajaron en una máquina de corte láser, asegurando una precisión acorde con las especificaciones del plano. A Continuación, en la imagen se puede observar el material cortado.

Figura 38

Corte de piezas para sujetador de eje curvador



El corte de los tubos designados para el rodillo curvador y los rodillos de apoyo se realizó utilizando una tronzadora dentro de las instalaciones de la empresa. Cada tubo fue cortado a una longitud de 2 metros, empleando material de acero al carbono previamente seleccionado por sus propiedades mecánicas y su durabilidad. En total, se cortaron tres unidades para cumplir con las especificaciones.

Figura 39

Corte de piezas para rodillos



Para la fabricación de las chumaceras o cojinetes, se utilizó acero AISI 1045, previamente seleccionado por sus propiedades mecánicas. El corte de las piezas, conforme a las medidas establecidas en los planos, se realizó utilizando una máquina de corte láser. Este servicio fue contratado externamente, dado que en el taller no se dispone de este tipo de equipos. Debido a la naturaleza circular del corte requerido, fue indispensable emplear una máquina láser para garantizar la precisión y calidad del acabado.

Figura 40

Corte de piezas para chumaceras



Los ejes destinados a alojarse dentro de los rodillos y chumaceras fueron fabricados con acero AISI 1050, un material reutilizado seleccionado por sus propiedades mecánicas. Para garantizar la precisión en las medidas, los ejes fueron cortados con una sierra automática en un taller externo, asegurando el cumplimiento exacto de las dimensiones especificadas en los planos. En total, se prepararon seis ejes, cada uno con una longitud de 90 cm.

Figura 41

Puntas o ejes de rodillos



Además del corte de material, fue necesario realizar un trabajo de mecanizado para garantizar ajustes precisos en los componentes clave de la máquina roladora, como los ejes de rodillos, chumaceras, piñones y bujes. Este trabajo se llevó a cabo en un torno manual, asegurando que cada pieza cumpliera con las tolerancias y ajustes requeridos para un desempeño óptimo.

Una vez seleccionado y adquirido el material, se inició el mecanizado comenzando con las chumaceras. El material, originalmente con un diámetro de 7 pulgadas, fue mecanizado hasta alcanzar un diámetro exterior de 160 mm. Para el ajuste del rodamiento en el alojamiento de la chumacera, fue necesario proporcionar el rodamiento al tornero, permitiendo que el trabajo se realizara con mayor precisión. Se buscó un ajuste por interferencia, asegurando que el rodamiento quedara firmemente sujeto en el alojamiento, evitando que se girara durante el funcionamiento la máquina. Las siguientes imágenes se pueden observar el antes y el después de la pieza tras ser mecanizada, evidenciando la transformación del material en bruto hasta alcanzar las especificaciones requeridas.

Figura 42

Torneado de chumaceras



El mismo tornero que llevó a cabo el mecanizado de las chumaceras también realizó el torneado de los ejes, los cuales ya habían sido cortados previamente a la longitud especificada en el plano. En este caso, fue necesario trabajar ambos extremos de los ejes. Un extremo se mecanizó para alojar las chumaceras y los piñones, mientras que el otro extremo se preparó para encajar dentro de los rodillos, asegurando que quedara a la misma medida interna del tubo con el fin de que entrara con un ajuste considerable, en total se maquinaron 6 unidades.

Figura 43

Mecanizado de ejes de rodillos



Para el sistema de transmisión, se realizó el mecanizado de los piñones para ajustarlos al diámetro externo de los ejes. Este trabajo se llevó a cabo utilizando un torno manual, siguiendo las especificaciones necesarias para garantizar un ajuste preciso entre los piñones y los ejes. En total, se mecanizaron cuatro piñones.

Se optó por un ajuste deslizante ajustado, correspondiente a la tolerancia H7/g6 según la norma ISO, con un rango de 0.022 a 0.082 mm. Esta tolerancia fue seleccionada para permitir un ensamblaje manual, sin necesidad de herramientas adicionales, asegurando que los piñones encajen fácilmente y queden firmemente ajustados al eje sin generar holguras.

Con base en estas especificaciones, los piñones se mecanizaron con un diámetro de $\varnothing 75.05$ mm

Figura 44

Mecanizado de piñones de transmisión



Actividad 3. Integrar todos los componentes cortados y torneados, junto con el motor y otros accesorios, para construir la máquina roladora, asegurando que todas las partes estén correctamente ensambladas y funcionando.

Después de la adquisición, corte y torneado de los componentes que conformarán la máquina roladora de láminas, el siguiente paso es el ensamblaje dibujado por medio del software SolidWorks. Para esta etapa, los planos de ensamblaje son indispensables, ya que servirán como guía principal para llevar a cabo la construcción. Es crucial que los cortes y mecanizados se hayan realizado de acuerdo con el diseño establecido, de manera que no surjan inconvenientes durante el proceso de armado.

Esta actividad se llevará a cabo en las instalaciones de Industrias OYODA, que cuentan con las herramientas necesarias para realizar el ensamblaje de manera eficiente. El trabajo será ejecutado por un operario, por lo que será esencial socializar previamente cada plano con él, asegurando así una comprensión adecuada y evitando problemas durante el armado de la máquina.

El primer paso en el ensamblaje es construir la base o mesa que soportará los demás componentes, incluidos los soportes. Para este ensamblaje, los tubos y ángulos ya han sido cortados a las dimensiones requeridas. Dado que la base es considerablemente larga y los largueros, que están fabricados con tubos, tienen un ángulo de inclinación específico, el operario necesitará asistencia adicional para manejar las piezas durante el proceso.

El ensamblaje requerirá el uso de un equipo de soldadura, empleando electrodos 7018, conocidos por su resistencia y calidad de acabado. Inicialmente, las piezas se ensamblarán de manera provisional. Una vez verificadas y rectificadas las medidas generales de la base, se procederá a soldar completamente la estructura para garantizar su estabilidad y durabilidad.

Además del equipo de soldadura, será necesario contar con herramientas como una pulidora, reglas largas, un flexómetro y tiza para marcar las piezas. Es fundamental que el operario utilice los elementos de protección personal (EPP) adecuados, tales como guantes, careta de soldar, gafas de seguridad, protectores auditivos.

Figura 45

Proceso de ensamblado de la mesa



Como segundo paso posterior al ensamblaje de la mesa, se procede al ensamblaje de los soportes laterales, los cuales son los encargados de sostener los rodillos. Estos soportes están fabricados con material A-36 de diferentes espesores, predominando el de $\frac{1}{2}$ pulgada.

Con las láminas previamente cortadas a las medidas indicadas, se realiza un ensamblaje inicial mediante puntos de soldadura. Una vez verificadas las medidas y el correcto alineamiento, se procede a soldar de manera definitiva utilizando soldadura 7018.

Para realizar este ensamblaje, el mecánico soldador requiere las siguientes herramientas: equipo de soldadura, pulidora, flexómetro, regla, nivel, escuadra y tiza para realizar las marcas necesarias.

Cabe destacar que uno de los dos soportes laterales es bipartido, lo que permite retirar la lámina una vez ha sido rolada.

Figura 46

Proceso de ensamblado de soportes laterales



El tercer paso en el proceso consiste en el ensamblaje de los rodillos, que están formados por tubos con ejes internos insertados en ambos extremos.

Este ensamblaje requiere la colaboración de una segunda persona para facilitar el ensamble de los ejes dentro de los tubos.

Para lograr un ajuste adecuado, se utiliza un gato hidráulico, lubricación en los ejes y una cadena que permite introducir los ejes con precisión y fuerza. Este procedimiento asegura que los ejes entren a presión elevada, garantizando una unión sólida.

Una vez posicionados los ejes, se procede a soldarlos por todo el perímetro donde el tubo y el eje se encuentran. Se utiliza un cordón continuo de soldadura con electrodos E7018, asegurando una unión fuerte y resistente. Este mismo proceso se realiza para los tres rodillos, soldando ambos extremos para completar el ensamblaje.

Figura 47

Proceso de ensamblado de ejes y rodillos



El cuarto paso del proceso es el ensamblaje de la chumacera o cojinete, que consiste en una media luna diseñada para actuar como soporte y ser fijada mediante pernos a los soportes laterales.

Con el material previamente maquinado y la media luna perforada según las especificaciones, se procede a unir las piezas mediante un cordón continuo de soldadura. Es fundamental asegurar que la superficie de la media luna que recibirá el rodamiento quede al ras (a cero) con una de sus caras, siguiendo el diseño establecido.

Posteriormente, se ensambla el rodamiento en la chumacera aplicando presión continua, ya que el maquinado está diseñado para un ajuste apretado. Este tipo de ajuste garantiza que la pista externa del rodamiento no gire, evitando complicaciones durante la rotación del eje, además se machuelo la chumacera para introducir una graser de 1/4" NPT, la cual permitirá la lubricación periódica del rodamiento, asegurando su correcto funcionamiento y prolongando su vida útil.

Figura 48

Proceso de ensamblaje de rodamientos y chumaceras



Figura 49

Proceso de ensamblaje de rodamientos y chumaceras continuación



En quinto lugar, se procede con el ensamble del soporte del eje curvador, diseñado para desplazarse verticalmente. Este ensamblaje puede ser realizado por una sola persona, preferiblemente un mecánico. El material previamente seleccionado y cortado, que consiste en lámina A-36 de 3/8" de espesor, se ensambla utilizando soldadura con electrodo 7018. Para este proceso, basta con un equipo de soldadura, una escuadra y un flexómetro. Cada soporte, de los cuales se requieren dos unidades, se ensambla con precisión para garantizar su funcionalidad. Estas piezas se fijan mediante un tornillo roscado, el cual es responsable del movimiento vertical que permite el desplazamiento del rodillo curvador.

Figura 50

Proceso de ensamblaje de soporte de eje curvador



Por ultimo. Una vez que todas las piezas estuvieron listas, se procedió al ensamble general de la máquina. El proceso comenzó ensamblando la mesa, que constituye la base de todo el equipo. A esta se unieron los soportes laterales, cuya función principal es sostener los rodillos. Es fundamental que estos soportes queden completamente alineados y nivelados para evitar movimientos incorrectos en los rodillos durante la operación.

Primero se ensambló uno de los soportes laterales. Posteriormente, se montaron los rodillos, asegurándose de que los ejes de los rodillos inferiores pasaran correctamente a través de las perforaciones diseñadas para este propósito. Luego, se instaló el otro soporte lateral, introduciendo las otras puntas de los rodillos en las aberturas correspondientes. En este punto, se procedió a ensamblar las chumaceras en las puntas de los rodillos que sobresalían de los soportes laterales. Estas chumaceras se fijaron con pernos de $\frac{1}{2}$ " a la base lateral, lo que permitió centrar y nivelar los rodillos superiores a lo largo de toda la mesa.

Figura 51

Proceso de ensamblaje general



El siguiente paso fue ensamblar los sujetadores del eje curvador en sus extremos, para facilitar su instalación en los soportes laterales. Con la ayuda de un puente grúa, se levantó el rodillo curvador junto con sus soportes en cada extremo y se posicionó cuidadosamente sobre la mesa. A medida que descendía, se colocó en las aberturas de los soportes laterales, lo que permitió su desplazamiento vertical cuando se manipula el tornillo roscado, diseñado para soportar grandes esfuerzos.

Figura 52

Proceso de ensamblaje de sujetadores



El ensamblaje continuó con la instalación de la base del motorreductor, fabricada conforme a los planos del diseño. Esta base se ubicó en la parte inferior de la mesa y soporta al motor mediante dos perfiles tipo canal en "C" de 3", empotrados para mayor rigidez. Además, se incorporó un sistema de tensión de cadena, compuesto por varillas de $\frac{3}{4}$ " y tuercas con pequeños bujes, que permite ajustar la cadena según sea necesario.

Figura 53

Proceso ensamblaje de base motorreductor



Seguidamente, se ensambló el sistema de transmisión. En el eje derecho se instaló un piñón grande, el cual es el conducido acompañado de un piñón pequeño con menor número de dientes que transmite la potencia y la velocidad necesarias para mover el rodillo izquierdo mediante una cadena. Para garantizar un funcionamiento adecuado, ambos piñones fueron alineados con precisión, evitando problemas de transmisión, desgaste prematuro de los dientes o sobrecarga del sistema.

Montaje de motorreductor a la base, se instaló el piñón conductor en motor, asegurando su alineación con el resto de los piñones para evitar interferencias en el movimiento del sistema. Luego, se instaló la cadena, que cuenta con el mismo paso de dientes que los piñones, garantizando un ensamble sin inconvenientes. Todos los piñones empleados en el sistema son dobles para optimizar el rendimiento.

Figura 54

Instalación del motorreductor



Ensamble de guarda: para prevenir accidente de atrapamiento se decide ensamblar una guarda de seguridad al sistema de transmisión, se montó cuatro orejas al soporte lateral por la parte trasera para que sirva brida y se pueda sostener la guarda por medio de tornillos 3/8" UNC.

Figura 55

Instalación guarda de seguridad



Para proteger la parte estructural de la máquina se aplicó pintura anticorrosiva color negro para evitar corrosión desgaste, garantizando así una mayor durabilidad y resistencia mecánica.

Figura 56

Terminación y Aplicación de anticorrosivo



4. Conclusiones

Durante el proceso de ensamble se presentaron dificultades relacionadas con la tolerancia asignada al eje respecto al tubo. El inconveniente surgió porque la cota definida consideraba un margen de ajuste demasiado reducido, expresado en pocas centésimas de milímetro. Esta condición complicó el mecanizado durante el torneado y, como consecuencia, al momento de introducir el eje en el tubo, la unión resultó demasiado ajustada. Este detalle generó un retraso en el ensamble, puesto que fue necesario realizar correcciones adicionales para lograr un acople adecuado entre las piezas.

De acuerdo con los cálculos y los materiales seleccionados fueron esenciales para asegurar la viabilidad y eficacia de la roladora. Mediante estos métodos, se consiguió dimensionar correctamente los componentes estructurales, mejorar el sistema de transmisión y potencia. La comprobación teórica de estos hallazgos puede garantizar que la roladora podrá funcionar de forma segura y fiable.

En base al estudio estático llevado a cabo confirmó la resistencia y estabilidad estructural de la roladora ante las cargas previstas. Se verificó que los esfuerzos y deformaciones permanecen dentro de los límites de seguridad definidos para los materiales empleados, garantizando un funcionamiento fiable y reduciendo el peligro de averías mecánicas.

En conclusión, se logró diseñar y construir la máquina roladora para la empresa INDUSTRIAS ORYODA de acuerdo con los criterios establecidos en el proyecto, Los

componentes principales fueron ensamblados correctamente, asegurando que el equipo cumple con las especificaciones técnicas planteadas.

Podemos evidenciar a lo largo del desarrollo del proyecto, se obtuvo un conocimiento importante en términos de diseño mecánico, elección de materiales adquisición de materiales y procesos de fabricación. Además, se presentaron inconvenientes en la organización y administración del tiempo, que deben tenerse en cuenta en proyectos futuros para mejorar su ejecución

5. Referencias

- Hasan, M. (2016). Analysis of mechanical behavior and microstructural characteristics change of ASTM A-36 steel applying various heat treatment. *Journal of Material Science & Engineering*. Obtenido de <https://www.hilarispublisher.com/open-access/analysis-of-mechanical-behavior-and-microstructural-characteristics-change-of-astm-a36-steel-applying-various-heat-treatment-2169-0022-1000227.pdf>
- Rocha Rocha, J. A. (2024). *Manual de mantenimiento*. Obtenido de Monografias: <https://www.monografias.com/trabajos-pdf5/manual-mantenimiento-reparacion/manual-mantenimiento-reparacion>
- Aceromafe. (s.f.). *Proceso de rolado: qué es y cómo optimiza tu proceso de fabricación*. Obtenido de <https://www.aceromafe.com/proceso-de-rolado/>
- Aceros Mapa. (s.f.). *Lámina Brinell NM450*. Obtenido de <https://acerosmapa.com.co/producto/lamina-brinell-nm450/>
- Amaya Correa , J. (2006). El método DOFA. *EL MÉTODO DOFA*. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/46792218/MetodoDOFA-libre.pdf?1466903027=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEL_METODO_DOFA.pdf&Expires=1755551461&Signature=gl3A4hxG7LJm~jell6uPzMv9qCEsfknwRNkeGhfbyqgCvLQs~fsy0-Tv13pGQx4dxJqixaYmSpkPt
- American National Standards Institute. (10 de Octubre de 2016). *ISO 14224:2016 – Petroleum and Natural Gas Industries – Collection and Exchange of Reliability and Maintenance*

Data. Obtenido de <https://blog.ansi.org/ansi/iso-14224-2016-collection-maintenance-data/>

Andapiña Lombana, S. A. (2025). Caracterización mecánica y microestructural del acero AISI-SAE 4340 en estado de entrega y con tratamientos térmicos. *Fundación Universidad de América*.

Budinski, M., & Budinski, K. (1983). *Engineering materials*. Pearson Education.

Cabanas Fernández, M. (1998). *Técnicas para el mantenimiento diagnóstico de máquinas eléctricas rotativas*. Marcombo. Obtenido de [https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=X3p4bZfoqgEC&oi=fnd&pg=PA1&dq=maquinas+electricas+\(CABANAS+et+al,+1998\).&ots=xGZzkVgb-r&sig=XypQnqJ6KmsTz2vcQxlgE6Cjj_c&redir_esc=y#v=onepage&q=maquinas%20electricas%20\(CABANAS%20et%20al%2C%201998\).&f=false](https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=X3p4bZfoqgEC&oi=fnd&pg=PA1&dq=maquinas+electricas+(CABANAS+et+al,+1998).&ots=xGZzkVgb-r&sig=XypQnqJ6KmsTz2vcQxlgE6Cjj_c&redir_esc=y#v=onepage&q=maquinas%20electricas%20(CABANAS%20et%20al%2C%201998).&f=false)

Callister Jr, W., & Rethwisch, D. (2020). *Materials science and engineering: an introduction*. John wiley & sons.

CGA. (2020). *ACERO INGENIERÍA AISI / SAE 1045*. Obtenido de <https://www.cga.com.co/producto/acero-aisi-sae-1045/>

CGA. (s.f.). *ACERO INGENIERÍA AISI / SAE 4340*. Obtenido de <https://www.cga.com.co/producto/acero-aisi-sae-4340/>

Cotell, C., Sprague, J., & F.A. Smidt, J. (1994). *ASM Handbook Volume 5: Surface Engineering*. doi:<https://doi.org/10.31399/asm.hb.v05.9781627081702>

Fan, K., Yang, B., Liu, B., Liu, T., Ji, P., Yin, F., & Luo, Z. (2023). Bioinspired fibrous microstructure breaks strength and toughness trade-off in plain carbon steel. *Journal of Materials Research and Technology*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.07.116>

- G Budynas, R., & J Keith, N. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. México DF.
- Garcia Meza, F. S. (2019). *Diseño de una máquina roladora para el Distrito de Pichanaki*. Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6396>
- Hashemi, J., & Presuel-Moreno, F. (2006). *Foundations of materials science and engineering*. McGraw-hill New York. Obtenido de <https://studentebookhub.com/wp-content/uploads/2024/preview/9781260721492.pdf>
- Hossain, S., Islam, M., & Bhuyan, M. (2014). A case study of heat treatment on AISI 1020 steel. *Global Journal of Researches in Engineering: A Mechanical and Mechanics Engineering*. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/35924262/5-A-Case-Study-of-Heat-libre.pdf?1418396310=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DA_Case_Study_of_Heat_Treatment_on_AISI_1.pdf&Expires=1755650173&Signature=Ojatpb9h96-Rld7s0ccnIai9fo2jiET1MHrM3bA
- Kahraman, F., Külekci, M., & Küçük, M. (2019). Experimental Investigation of Stretchability and Bendability Characterization of AISI 1020 Steel. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*. Obtenido de <https://dergipark.org.tr/tr/pub/cukurovaummfd/article/608976>
- Kowalkowski, K., & Varma, A. (2007). Structural properties of steels subjected to multiple cycles of damage followed by heating repair. *Journal of Structural Engineering*. Obtenido de [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(2007\)133:2\(283\)](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-9445(2007)133:2(283))
- Liduino, V., Galvão, M., Brasil, S., & Sérvulo, E. (2021). SRB-mediated corrosion of marine submerged AISI 1020 steel under impressed current cathodic protection. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*,. doi:<https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2021.111701>

Marcuz, N., Ribeiro, R., Rangel, E., Cruz, N., Possato, L., Coan, , K., . . . Correa, D. (2024).

Exploiting the effect of PEO parameters on the surface of AISI 1020 low-carbon steel treated in a TaOH-rich electrolyte. *Surface and Coatings Technology*.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2024.130374>

Martínez, C., Briones, F., Villarroel, M., & Vera, R. (2018). Effect of atmospheric corrosion on the mechanical properties of SAE 1020 structural steel. *Materials*. Obtenido de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5951475/#:~:text=Resistance%20to%20atmospheric%20corrosion,corrosivity%20categories%20at%20each>

MatWeb. (2006). *The Online Materials Database*. Obtenido de https://www.west-point.org/academy/ce300/docs/matweb_material_data.pdf?utm_source=chatgpt.com

Mott, R. L., González Pozo, V., Sánchez, S., Hernández, Á., & Villaneuva, J. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. Pearson educación. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/113370537/Diseno_de_Elementos_de_Maquinas_4ed_Mott-libre.pdf?1713202632=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDiseno_de_Elementos_de_Maquinas_4ed_robe.pdf&Expires=1755630965&Signature=AdT91snUB7tVyeuKKAXM

Muir, L., & Duncan, C. (2011). *The AISC 2010 specification and the 14th edition steel construction manual*.

Padhiar, S., & Vincent, S. (2020). Effect of hard facing processes on Mild steel A-36 by arc welding. *Materials Today: Proceedings*. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785319342439?utm_source

QILU steel solution. (2025). *Unveiling the Properties of 1020 Steel: Everything You Need to Know*. Obtenido de <https://qilusteelgroup.com/pt/unveiling-the-properties-of-1020-steel->

everything-you-need-to-

know/#:~:text=For%20example%2C%20with%20proper,components%2C%20machinery
%20parts%2C%20and

Rodríguez, P. C. (2013). *Manual de Soldadura*. TECNIBOOK EDICIONES. Obtenido de
[https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=EyiXDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=soldadura+\(RODRIGUEZ,+2013\).&ots=ZANJ1mGQL4&sig=1P7AWMjC_9IaTRWlIgvYI_cel1uU&redir_esc=y#v=onepage&q=soldadura%20\(RODRIGUEZ%2C%202013\).&f=false](https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=EyiXDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=soldadura+(RODRIGUEZ,+2013).&ots=ZANJ1mGQL4&sig=1P7AWMjC_9IaTRWlIgvYI_cel1uU&redir_esc=y#v=onepage&q=soldadura%20(RODRIGUEZ%2C%202013).&f=false)

Rojas Galvis, M. A., & Rojas Galvis, M. A. (2013). *Banco de pruebas de sistemas de transmisión de potencia*. Universidad Pontificia Bolivariana. Obtenido de
<https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/1095>

Sider Aceros . (s.f.). *Qué aceros resisten a la corrosión*. Obtenido de
<https://www.sideraceros.com/blog/91-que-aceros-resisten-a-la-corrosion#:~:text=La%20resistencia%20a%20la%20corrosi%C3%B3n,de%20todo%20tipo%20de%20ambientes>

Stgroup. (15 de Mayo de 2023). *La Transmisión de Potencia*. Obtenido de
<https://www.stgroup.es/2023/05/15/que-es-la-transmision-de-potencia-2/#:~:text=La%20transmisi%C3%B3n%20de%20potencia%20es,a%20otro%20tipo%20de%20mecanismo.>

Surojo, E., Aji, Raka , R., Triyono, T., Budiana, E. P., & Prabowo, A. (2021). Mechanical and microstructural properties of A36 marine steel subjected to underwater wet welding. *Metals*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2075-4701/11/7/999>

Tigasi Guamani, L. F. (2020). *Diseño y construcción de una máquina baroladora de láminas y perfiles metálicos.*

Wu, J., Zhang, W., Chai, K., & Yu, A. (2020). *Frontiers in Microbiology.*

doi:<https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00303>