UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TEMA

Optimización del proceso para la obtención de muestras de superficie plana, empleadas en el análisis metalográfico para el laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato

---

Trabajo de Titulación, Modalidad: Trabajo de investigación previa a la obtención de título de ingeniero mecánico

AUTOR: Jhon Alexander Peñaloza Duarte

TUTOR: Ing. Wilson Henry Vaca Ortega

AMBATO – ECUADOR

2026

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental realizado por el estudiante Jhon Alexander Peñaloza Duarte de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema **"Optimización del proceso para la obtención de muestras de superficie plana, empleadas en el análisis metalográfico para el laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato".**

Ambato, enero 2026.

Para constancia firman:



Ing. Alejandra Marlene Lascano Moreta, Mg.

MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Segundo Manuel Espín Lagos, Mg.

MIEMBRO CALIFICADOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, enero 2026

.....

Jhon Alexander Peñaloza Duarte

C.C.: 1850758291

AUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Jhon Alexander Peñaloza Duarte**, con C.C.: **1850758291** declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente trabajo experimental con el tema **"Optimización del proceso para la obtención de muestras de superficie plana, empleadas en el análisis metalográfico para el laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato"**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, enero 2026

.....

Jhon Alexander Peñaloza Duarte

C.C.: 1850758291

AUTOR

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: "**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE MUESTRAS DE SUPERFICIE PLANA, EMPLEADAS EN EL ANÁLISIS METALOGRÁFICO PARA EL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.**", elaborado por el Sr. Jhon Alexander Peñaloza Duarte, portador de la cédula de ciudadanía C.C: 1850758291, estudiante de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que se presente el trabajo de titulación bajo la modalidad de Trabajo experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, enero de 2026

.....

Ing. Wilson Henry Vaca Ortega, Mg.

C.C: 1803729126

TUTOR

DEDICATORIA

La presente investigación la dedico principalmente a mi familia, por ser el pilar fundamental que me impulsó en cada uno de mis esfuerzos y por motivarme siempre a ser una mejor persona. Gracias por su apoyo incondicional en cada desvelo y por creer en mí aun en los momentos más difíciles.

Dedico este logro a ustedes, por cada avance, cada ejercicio y cada proyecto culminado en el camino hacia la formación como ingeniero, donde la paciencia, la constancia y el amor han sido esenciales. Este triunfo es tan suyo como mío.

Al final, somos una mezcla de todas las personas que han formado parte de nuestro camino, y me alegra saber que muchas de ellas son parte esencial de quien soy hoy.

Jhon

AGRADECIMIENTO

A Dios, por guiar cada uno de mis pasos y permitirme llegar hasta donde estoy hoy, por brindarme la sabiduría para no rendirme y la salud necesaria durante todo mi proceso de formación académica.

A mis padres, por su apoyo incondicional en cada etapa de este camino, por su confianza, sacrificio y motivación constante que me impulsaron a seguir adelante sin rendirme.

A la Universidad Técnica de Ambato, en especial a la Carrera de Mecánica, por brindarme los conocimientos necesarios para mi formación profesional y por ofrecerme un espacio académico donde cada experiencia contribuyó a mi crecimiento personal y académico.

Al Ing. Henry Vaca, por su orientación, dedicación y compromiso durante este proceso, los cuales fueron fundamentales para comprender, aprender y desarrollarme profesionalmente.

A mis profesores, por los momentos compartidos en las aulas y por los conocimientos impartidos que contribuyeron significativamente a mi formación.

Finalmente, y no menos importante, a mis hermanas, a quienes agradezco eternamente por su apoyo y esfuerzo; que Dios les pague todo lo entregado.

Jhon

Índice de Contenidos

PAGINAS PRELIMINARES

PORTADA……...i

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN ii

DERECHOS DE AUTOR..... iii

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO iv

DEDICATORIA..... v

AGRADECIMIENTO vi

RESUMEN EJECUTIVO..... 1

ABSTRACT..... 2

CAPITULO I. Marco Teórico 3

1.1. Antecedentes Investigativos..... 3

1.2. Planteamiento del problema y Justificación 4

1.3. Objetivos..... 5

1.3.1. Objetivo General..... 5

1.3.2. Objetivos Específicos..... 5

1.4. Metalografía..... 5

1.5. Revisión bibliográfica..... 6

1.6. Revisión Normas ASTM..... 19

1.7. Aplicación de la Normativa en el proyecto..... 20

1.7. Diagnóstico del proceso actual de metalografía 22

1.8. Propuestas Planteadas para la selección de máquina Lijadora 26

1.8.1. Sistema con Banda de Lija..... 26

1.8.2. Brazo Mecánico 27
1.8.3. Sistema de banda transportadora 29
1.9. Criterio de Selección de la máquina propuesta 31
CAPITULO II: METODOLOGÍA 32
2.1. Ubicación 32
2.2. Materiales (Descripción de equipos e instrumentos aplicados) 33
2.3. Memorias de Cálculo 38
2.4. Equipos del Laboratorio de Materiales 44
2.5. Tipo de Investigación 50
2.5.1 Tipo de investigación según la metodología 50
2.6. Enfoque 50
2.7. Población 50
2.8. Muestra 51
2.9. Procedimiento de construcción de la máquina Lijadora 51
2.10. Esquema Eléctrico 55
2.10.1. Precaución Importante 56
2.10.2. Prevención 56
2.12. Criterios de Selección de Material 58
2.12.1. Acero Galvanizado 58
2.12.2. Acero comercial AISI 1018 58
2.12.3. Banda de lija 58
2.12.4. NITAL 4% 59
2.13. Métodos 60
2.13.1. Análisis Técnico 60
2.13.2. Procedimiento 60

2.13.2.1. Cálculo de la Fuerza Tangencial 62
2.13.2.2. Cálculo de Ángulo de transmisión de la tensión para la Banda de Lija 63
2.13.2.3. Presión Admisible 64
2.14. Mantenimiento 65
2.15. Componentes Críticos 66
2.17. Variables 68
2.17.1. Variable independiente 68
2.17.2. Variable dependiente 68
2.18. Formulación de Hipótesis 68
2.18.1. Hipótesis de investigación Hi 68
2.18.2. Hipótesis nula H0 68
2.19. Recolección de la Información 69
2.19.1. Variables de Identificación 69
2.19.2. Variables Experimentales 70
2.19.3. Instrumentos de Precisión 70
2.19.4. Procedimiento estandarizado de medición 70
2.19.5. Variables respuesta 71
2.19.6. Presentación de Resultados 71
2.20. Variables respuesta o resultados esperados 71
2.20.1. Variables de Respuesta 71
2.20.2. Resultados Esperados 71
CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 72
3.1 Análisis y discusión de los resultados 72
3.2. Discusión de Resultados 74
3.2.1. Análisis Probeta 1 74

3.2.2. Análisis Probeta 2 76
3.3. Aprovechamiento de Tiempo 80
3.4. Comprobación de Hipótesis 81
3.5. Análisis de la Superficie por el tamaño de grano 82
CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 85
4.1. Conclusiones 85
4.2. Recomendaciones 86
BIBLIOGRAFÍA 87
ANEXOS 91
5.1. Tablas de Propiedades del material 92
5.2. Costos Directos 93
5.2.1. Costos Complementarios 94
5.2.3. Costo total 95
5.3. Anexos Complementarios 95
5.4. Planos Utilizados 97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1 Diagrama Hierro-Carbono 6
Figura. 2 Dirección de sentido para uso de probetas para análisis metalográfico 21
Figura. 3 Horno del Laboratorio de Metalografía 23
Figura. 4 Máquinas “Lijadora Manual” del Laboratorio de Metalografía 23
Figura. 5 Probeta obtenida posterior de ser ingresada al Horno 24
Figura. 6 Compuesto Alúmina diluida en agua 24
Figura. 7 Máquina adquirida para el proceso del paño 25
Figura. 8 Máquina Pulidora de doble Plato 25

Figura. 9 Reporte de Resultados de la Probeta de un Acero 1018 25
Figura. 10 Máquina Lijadora 26
Figura. 11 Diseño de un Brazo Mecánico 29
Figura. 12 Sistema de Transporte de Banda casero 31
Figura. 13 Conexión del motor de lavadora 51
Figura. 14 Corte de tubos 51
Figura. 15 Fabricación de la base del sistema soldado 52
Figura. 16 Fabricación de componentes 53
Figura. 17 Conformado del protector del motor de lavadora 53
Figura. 18 Fabricación del protector del motor de Lavadora 53
Figura. 19 Perforación de orificios pasantes para ajuste con pernos 54
Figura. 20 Montaje de la máquina lijadora por banda 54
Figura. 21 Máquina Lijadora por banda ajustable 54
Figura. 22 Primera capa de pintura de la estructura completa 55
Figura. 23 Esquema Eléctrico del Sistema de Bandas 55
Figura. 24 Soporte del sistema de Enfriamiento de la maquina lijadora 57
Figura. 25 Sistema de Enfriamiento 57
Figura. 26 Diagrama de Cuerpo Libre de la Orientación de la Banda de Lija 63
Figura. 27 Ángulo de Inclinación Utilizada 64
Figura. 28 Simulación de la Máquina Lijadora 71
Figura. 29 Primera probeta eje de acero AISI 1018 (1"x1") 74
Figura. 30 Primera probeta con ataque químico y con excelente acabado en la superficie 75
Figura. 31 Segunda probeta eje de acero AISI 1018 (1"x1") 76
Figura. 32 Probeta 2 con indicio un grano alterado dentro de la visión x500 77
Figura. 33 Probeta 2 con lija de banda #120 de grano fino 78
Figura. 34 Probeta 2 posterior al análisis micrográfico con falta de lijado en los contornos 78
Figura. 35 Microestructura del acero AISI 1010, 1018, 1045 y 1045 concentrado de Mn 79
Figura. 36 Propiedades del Acero AISI 1010 Galvanizado y Laminado en caliente 92
Figura. 37 Principales propiedades del Acero AISI 1018 Laminado en caliente 92

Figura. 38 Proceso de Lijado Convencional 95
Figura. 39 Peso de la máquina en lb 97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Trabajos de Titulación referenciales 7
Tabla 2. Artículos Científicos Referenciales 9
Tabla 3. Parámetros de Diseño Sistema de Banda 31
Tabla 4. Componentes Utilizados para la fabricación de la Lijadora 33
Tabla 5. Catálogo Prensa para metalografía 44
Tabla 6. Lijadora de bandas múltiples manual 45
Tabla 7. Características Pulidora metalográfica automática 46
Tabla 8. Pulidora metalográfica automática Doble Plato 47
Tabla 9. Secadora Automática para metalografía 48
Tabla 10. Equipo de Análisis para verificación en el microscopio 49
Tabla 11. Análisis de presiones para el estudio de metalografía 64
Tabla 12. Instrucciones para intercambio de Banda 65
Tabla 13. Tabla de Operacionalización de Variables 69
Tabla 14. Comparación microestructural de la probeta de Acero comercial SAE 1018 72
Tabla 15. Análisis de Hipótesis por numeración de grano Probeta 1 82
Tabla 16. Análisis de Hipótesis por numeración de grano por banda Probeta 2 84
Tabla 17. Costos de Materiales Utilizados 93
Tabla 18. Costos de mano de obra 94
Tabla 19. Costo total para fabricación de la máquina 95

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación muestra el estudio del proceso de obtención de muestras para el análisis de metalografía dentro del Laboratorio de Materiales de la Universidad Técnica de Ambato. El estudio se orienta en la comparación de dos probetas de un mismo material para analizar la fiabilidad de la incorporación de una unidad de lijado para las instalaciones de la Universidad. Para el desarrollo de la investigación se utilizó criterios técnicos sobre dimensionamiento y utilidad para el aprovechamiento de las bandas de lija para el desarrollo del proceso de lijado en el campo de la metalografía. El estudio se enfoca principalmente en esta área de trabajo debido al consumo de tiempo que conlleva el proceso actual para posterior culminarlo con un proceso de pulido con un buen acabado. Se determinó como solución al comportamiento sin la presencia de alteraciones en su estructura del acero al carbono AISI 1018 de transmisión debido a que es el más comercial y por disponibilidad en el mercado.

Además, de ser un material adecuado para verificar parámetros como temperatura, uniformidad y planicidad. Los beneficiarios de esta invención serán la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la carrera de mecánica, principalmente los estudiantes que se encuentren interesados en el estudio del lijado y/o pulido de las probetas metalográficas. La propuesta planteada de una máquina banda de lija garantizo una reducción de tiempo de lijado sin presentar una alteración notable en la microestructura del acero.

PALABRAS CLAVES: PROBETA, ANÁLISIS METALOGRÁFICO, LIJADO DE PROBETAS PARA METALOGRAFÍA, DESBASTE, MICROESTRUCTURA.

ABSTRACT

The present research describes the study of the process for obtaining samples for metallographic analysis within the Materials Laboratory of the Technical University of Ambato. The study focuses on comparing two specimens of the same material to analyze the reliability of incorporating a sanding unit into the university's facilities. For the development of the research, technical criteria on sizing and usefulness were applied to optimize the use of sanding belts for the sanding process in the field of metallography.

The study mainly concentrates on this area due to the amount of time required by the current process before completing it with a polishing stage to achieve a good surface finish. As a solution, it was determined that carbon steel AISI 1018 steel is suitable due to its commercial availability and its stable structural behavior without alterations during testing. Additionally, it is an appropriate material for verifying parameters such as temperature, uniformity, and flatness.

The beneficiaries of this innovation will be the Faculty of Civil and Mechanical Engineering, especially mechanical engineering students interested in the study of sanding and/or polishing metallographic specimens. The proposed sanding belt machine ensured a reduction in sanding time without causing any notable alteration in the steel's microstructure.

KEYWORDS: SPECIMEN, METALLOGRAPHIC ANALYSIS, SPECIMEN GRINDING FOR METALLOGRAPHY, ROUGH GRINDING, MICROSTRUCTURE.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TEMA: "OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE MUESTRAS DE SUPERFICIE PLANA, EMPLEADAS EN EL ANÁLISIS METALOGRÁFICO PARA EL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO"

AUTOR: Jhon Alexander Peñaloza Duarte

TUTOR: Ing. Wilson Henry Vaca Ortega

FECHA: Enero del 2026

CAPITULO I. Marco Teórico

1.1. Antecedentes Investigativos

El estudio de las muestras metalografías es una de las más importantes dentro del Laboratorio de Materiales de la Universidad Técnica de Ambato. En este estudio depende la determinación de las características del material seleccionado por medio de una revisión en su microestructura por medio de un microscopio. Dentro de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, este proceso presenta ciertas deficiencias en el proceso debido a las limitaciones existentes. La repetibilidad y precisión en el proceso difiere en la presentación de los resultados y la confiabilidad disminuye levemente en la detección del proceso del lijado.

El contar con equipos de calidad o con capacidad de estandarización es una opción viable. Dentro de algunas de las investigaciones como menciona [1] y [2] es necesario de establecer equipos capaces de parametrizar dentro del procedimiento en todo momento. También es necesario la revisión permanente de los equipos para generar confiabilidad del proceso reflejado en los resultados. Dentro de un estudio más amplio, existen universidades como la Universidad Politécnica Salesiana se encargaron de proyectos como [3] donde se resalta el uso de maquinarias

automatizadas. Con la finalidad de optimizar el proceso para la obtención de muestras metalográficas.

A nivel internacional, varias investigaciones presentadas en el presente documento como el estudio de las normas ASTM como la ASTM E3, ASTM E407, ASTM E112 y otros plantean criterios de carácter técnico para todo lo que es el montaje, lijado, pulido, ataque químico y revisión microestructural del elemento, que sustenta la incorporación de una optimización del proceso para el Laboratorio de Materiales de la Universidad Técnica de Ambato. Dentro de este contexto, esta investigación busca expandir toda la información recopilada, enfocándose en el proceso de obtención de muestras de superficie plana. El objetivo es presentar resultados eficientes y de calidad. Con la finalidad de fortalecer la formación académica, estudios sobre la metalografía y uso adecuado de los recursos entregados dentro del laboratorio de materiales.

1.2. Planteamiento del problema y Justificación

En el Laboratorio de Metalografía de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, la preparación de muestras para un análisis metalográfico es un proceso esencial para la caracterización microestructural de materiales metálicos. Sin embargo, se ha identificado que el procedimiento actual presenta limitaciones en términos de eficiencia, precisión y repetibilidad, lo que conlleva a una mala calidad de presentación de resultados obtenidos. Esta situación podría afectar el desarrollo de las actividades prácticas académicas y proyectos de investigación.

Las superficies planas obtenidas en la actualidad no siempre cumplen con el estándar requerido para una adecuada observación microscópica, debido al desgaste inadecuado de los discos abrasivos y/o la elección inadecuada de parámetros de pulido o el desconocimiento por parte de los usuarios. Esto genera trabajos redundantes, pérdida de tiempo y un uso ineficiente de los recursos materiales y humanos. La optimización del proceso de preparación de muestras metalográficas conforma un elemento fundamental para garantizar la calidad y confiabilidad de los análisis microestructurales dentro del campo de la ingeniería mecánica.

Este proceso no solo aporta al desarrollo de la formación práctica de los estudiantes, sino que impulsa a varias investigaciones con enfoque del estudio de las propiedades de los materiales. La obtención de superficies planas de alta calidad garantiza una confiabilidad en los análisis

metalográficos, al permitir una evaluación precisa de las características del material. Esto facilita la detección temprana de posibles fallas y permite estimar la eficiencia con exactitud en los procesos de fabricación, incluyendo los tratamientos térmicos en el material. De este modo, se contribuye a una gestión más eficiente del laboratorio, se fomenta el uso adecuado de los recursos institucionales y se fortalece el aprendizaje de forma significativa. Por estas razones, este proyecto no solo atiende a una necesidad técnica del Laboratorio, el cual es la obtención de muestras para el estudio metalográfico de superficies planas, sino que también aporta al mejoramiento continuo de la calidad académica y científica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Optimizar el proceso para la obtención de muestras de superficie plana, empleadas en el análisis metalográfico para el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar el proceso actual de obtención de muestras metalográficas en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, identificando sus limitaciones y áreas de mejora.
- Proponer mejoras en el procedimiento para la preparación de muestras, con el fin de incrementar precisión, eficiencia y repetibilidad del proceso.
- Elaborar una guía técnica para la obtención de superficies plana metalográficas, destinada al uso académico y profesional dentro del laboratorio.

1.4. Metalografía

Según la ESPOCH, la metalografía es una rama de la metalurgia, que se encarga de estudiar la composición de los metales como de sus aleaciones, en relación con sus propiedades mecánicas, físicas y químicas [4]. El análisis con un microscopio es necesario para la presentación de un análisis, así como disconformidades en el material. El material dependerá de la selección del operario, puede ser aluminio, acero y/u otros. Para el caso del acero, conocemos que tiene la presencia de carbono dentro de su estructura y que puede ser vista por medio de un diagrama

hierro-carbono. Estos pueden ser visto por diferentes fases las cuales son: ferrita, cementita, perlita, austenita, martensita, y bainita.

También existe la presencia de tratamientos térmicos que se realiza en el material como enfriar o calentar siendo controlable. Esto con la finalidad, de mejorar las propiedades del material. Estos, se clasifican en: temple, revenido, recocido y normalizado.

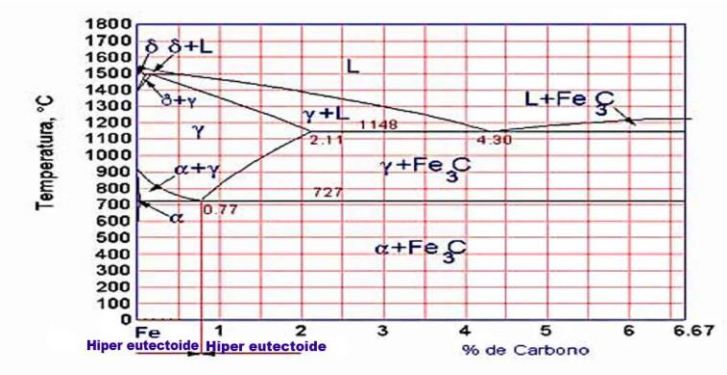


Figura. 1 Diagrama Hierro-Carbono [4]

Existen formas para medir los granos de los metales y las aleaciones. Esto se encuentra dentro de la norma ASTM E112. En ella detallan las siguientes técnicas: Método de comparación, método planimétrico y soluciones intercepción.

Dentro del estudio de la normativa, es necesario resaltar las posibles distorsiones durante el análisis microestructural que son:

- Rayaduras o marcas del abrasivo.
- Deformación residual.
- Contaminación en el cambio de etapas.
- Mal uso del ataque químico.
- Oxidación posterior al pulido por mal secado.
- Desgaste del abrasivo con uniformidad en la superficie.

1.5. Revisión bibliográfica

A continuación, muestro los enlaces de mayor interés para la investigación del tema, desde los procesos que se llevan a cabo para la presentación de la muestra, la forma de preparación de la

muestra, la selección de material, estudios y comportamientos para el material, para posterior hacer una comparación con el acero comercial, para ver las diferencias con lo indicado.

Tabla 1. Trabajos de Titulación referenciales

DOI URL	TÍTULO	AÑO	REVISTA / ISSN	OBJETIVO	RELACIÓN CON SU TEMA
https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/b858c262-1f3a-446d-9e58-528c4f093be3/content	Estudio de Sistemas de pulido de probetas metalográficas y su incidencia en la calidad de pulido en el laboratorio de materiales de la carrera de ingeniería mecánica de la Universidad Técnica de Ambato	2014	Trabajo de Titulación	Diseño y Construcción de una máquina pulidora de probetas metalográficas para el laboratorio de Materiales de la carrera de Ingeniería Mecánica y Civil de la Universidad Técnica de Ambato	Ambas investigaciones tienen el objetivo de presentar un proceso para pulir por medio de un elemento mecánico. En este caso esta tesis es un documento preliminar de lo que se pretende lograr en el presente [1].
http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/15755/1/85T00614.pdf	Diseño y Construcción de una pulidora metalográfica de 4 servicios automatizados a implementar en el Laboratorio de Ingeniería de Materiales de la	2021	Trabajo de Titulación	Diseñar y construir una pulidora de 4 servicios automatizados para la implementación en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de	Ambos estudios conllevan el estudio ce los puntos de pulido para realizar un análisis metalográfico de los materiales metálicos [5].

	Facultad de Mecánica			Mecánica de la Escuela Superior Tecnológica de Chimborazo	

DOI URL	TÍTULO	AÑO	REVISTA / ISSN	OBJETIVO	RELACIÓN CON SU TEMA
https://www.studocu.com/latam/document/universidad-de-el-salvador/ciencia-de-los-materiales/metalografia-cuantitativa-acero-1045/8577281	Metalografía de Aceros Estructurales al Carbono y Medición del tamaño de grano	2018	Informe Técnico	Describir sobre la rama de la metalografía, como se implica sobre los aceros, su composición y los diferentes comportamientos que puede presentar ante los diferentes tratamientos térmicos.	Los documentos por lo general se describen por medio de la parte teórica, explica cómo se realiza el proceso sobre las diferentes superficies y los métodos que implican. Teniendo presente eso, el presente busca reforzar dichos conocimientos teóricos [6].
https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/0eb5cb12-	Repotenciación de la máquina pulidora utilizada para ensayos	2019	Trabajo de Titulación	Repotenciar la máquina pulidora del laboratorio de	Ambos documentos contemplan el cumplimiento

4b38-4cf3-b997-7d1b01a2ab5f/content	metalográficos del laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato			materiales de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad técnica de Ambato	de los parámetros de operación con el fin de mejorar el proceso de pulido para un mejor análisis metalográfico de las probetas [2].
https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7808/6/UPS-KT00893.pdf	Diseño y Construcción de una pulidora de probetas con paño a implementar en el laboratorio de metalografía de la Universidad Politécnica Salesiana	2015	Trabajo de Titulación	Diseñar y construir una pulidora con paño, la misma constará de 3 velocidades y que el disco giratorio sea intercambiable para un acople rápido.	Este documento detalla el proceso del paño, el cual implica también al diseño del prototipo donde se evidencie una mejora en el proceso [3].

Tabla 2. Artículos Científicos Referenciales

DOI URL	TÍTULO	AÑO	REVISTA / ISSN	OBJETIVO	RELACIÓN CON SU TEMA
https://doi.org/10.3390/app14219849	El efecto de la preparación de la superficie en las desviaciones de los	2024	Artículo Científico	Presentar evidencia sobre las desviaciones	Tiene un enfoque sobre temas de rugosidad entre superficies y limpieza

	resultados durante las mediciones de rugosidad utilizando el método de contacto			presentadas sobre la rugosidad cuando se hace uso del método del contacto de superficies.	superficial que existe entre ambos elementos. En este caso se usó un acero 1.0503 donde se aplicó tratamientos con el refrigerante[7].
https://www.degruyterbrill.com/document/doi/10.1515/pm-2021-0024/html?utm_source=chatgpt.com	Optimización de la preparación metalográfica de muestras para la distinción de fases mediante AFM/SKPFM en aceros complejos de doble fase de alta resistencia	2021	Artículo Científico	Demostrar la importancia del uso de la microscopía de fuerza atómica (AFM) y la Microscopía de Sonda Kelvin de Barrido (SKPFM) mediante estudios de microestructura del acero.	Se examinan métodos para el estudio de la microestructura del acero. Desde la aplicación de técnicas como el electro pulido hasta terminologías de estabilidad de la superficie que se desea preparar [8].
https://arxiv.org/abs/2201.02501?utm_source	Optimización del pulido de haz de iones anchos de zircaloy-4 para el análisis de difracción de retrodispersión de electrones	2022	Artículo Científico	Implicar el uso de molienda de haz de iones para la preparación del zircaloy-4 para un mejor análisis de los granos presentados.	El uso de la molienda de haz de iones implica una aplicación furtiva de métodos de corte y de pulido para el estudio de la superficie plana y viendo los cambios de la rugosidad de se

					detallan como el zircaloy-4 [9].
https://www.researchgate.net/publication/267243760_Metallographic_Specimen_Preparation_for_Electron_Backscattered_Diffraction	Preparación de muestras metalográficas para difracción retro dispersada de electrones	2011	Artículo Científico	Demostrar que las muestras sin la aplicación adecuada de cuchillas provocan daños para estudios de metalografía del material seleccionado, en este caso se usó aleaciones de aluminio.	Se relaciona mucho en la parte de como se demostró que un buen esmerilado con unión del abrasivo permite un daño racional en un tiempo prudente donde se garantiza un mejor ciclo de trabajo. Además, incluyen datos reales de velocidades utilizadas para el pulido siendo necesario el uso de tablas comparativas para cada proceso utilizado [10].
https://arxiv.org/abs/1909.13659?utm_source	El efecto de la preparación de la superficie en la oxidación a alta temperatura de Ni, Cu y aleación de Ni-Cu	2019	Artículo Científico	Se busca analizar las superficies por medio de dos métodos: Perfilómetro y análisis fractal.	Mediante el uso de parámetros de medición de la rugosidad y el uso de arena se determinó que el último es el más efectivo, pero más contaminante con alúmina. De modo que, se hace uso del análisis SEM EDS donde se ven cambios en la estructura de la morfología del material con respecto

					a la oxidación del material [11].
https://doi.org/10.1007/s11661-025-07933-y	Estudio de la preparación metalográfica y tensiones residuales del acero TRIP 304L	2025	Artículo Científico	Investigar sobre el proceso de metalografía de una muestra de acero 304L junto con un análisis de tensiones posterior de ser sometido a un proceso de laminado caliente.	Toda la investigación se detalla el proceso de metalografía, con el fin de estudiar la concentración de martensita del acero. En mi caso, estos resultados representan un gran avance para en caso de ser similar, poder comparar resultados obtenidos con esta investigación [12].
https://doi.org/10.1016/j.ultramic.2021.113210	Métodos de preparación de muestras para un análisis HS-AFM óptimo: Acero inoxidable dúplex	2021	Artículo Científico	Por medio del uso del (AFM), se buscó captar varios fotogramas para obtener imágenes que se puedan utilizar para el estudio de la superficie, tomando en cuenta el tratamiento del material.	Dentro de la determinación de los fotogramas, se destaca el uso de algunas técnicas de preparación del material. Esto es necesario revisar porque analizan los grabados suaves que se le dio al material seleccionado. En este estudio se usó el acero inoxidable dúplex SAF 2205 [13].

https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2020.101226	Influencia del método de preparación de superficies en la cuantificación de austenita retenida	2020	Artículo Científico	Analizar los efectos de preparación y especificación del acero multifásico.	Con apoyo de [14], se pudo determinar que el mejor método de preparación de un acero es el pulido electrolítico donde las condiciones de superficie son menos afectadas. En relación a mi tema, se sugiere analizar las condiciones a las que se determinó para un análisis con respecto al acero que se usa.
https://doi.org/10.1002/srin.202200810	Mediciones por SKFM y modelado de elementos finitos de difusión y distribución de átomos de hidrógeno en ferrita y bainita contenidas en acero X80	2023	Artículo Científico	Se realiza un estudio sobre la distribución de átomos de hidrógeno en la ferrita y bainita en un acero X80. En ella destaca las micro fases metalográficas .	Por medio de este estudio se observó las diferentes concentraciones de H donde se destaca concentraciones en la soldadura. Con respecto a mi tema, se destaca las mediciones que se le dio al material y los resultados obtenidos podrían aprovecharse como un promedio para realizar análisis con respecto al acero utilizado [15].

https://doi.org/10.48550/arXiv.1909.13659	El efecto de la preparación de la superficie en la oxidación a alta temperatura de Ni, Cu y aleación de Ni-Cu	2019	Artículo Científico	Se centra en los procesos de preparación de un material cuando se encuentra a condiciones de una elevada temperatura y oxidación.	Se usó donde métodos: perfilómetro de contacto y análisis fractal, donde se destaca el uso de la arena. Con respecto a mi tema se destaca, que el uso de la arena no difiere con otros en gran relevancia, siendo un dato considerable al momento de realizar un análisis en la morfología del material [16].
https://doi.org/10.48550/arXiv.2011.08931	Efecto de la rugosidad de la superficie en el comportamiento de oxidación de la etapa temprana de la superaleación a base de Ni IN 625	2020	Artículo Científico	Describir los efectos de la rugosidad en una aleación Ni IN 625. En ella se observó incrustaciones en la oxidación misma del material donde se explica los comportamientos del material.	Se encontró en esta investigación que la preparación del material si altera morfológicamente en el material, visto por medio de un estudio de la microestructura [17].
https://doi.org/10.3390/met10081097	Avances recientes en la	2020	Artículo Científico	Se enfoca en el estudio de la técnica de	Dentro del contexto de la información [18], se enfoca en la aplicación

	caracterización de metales por EBSD			pulido por retrodispersión de electrones (EBSD). Con la aplicación de esta característica se describen características como tamaño, forma y distribución de granos.	del estudio EBSD, donde se busca revisar la estructura a nivel microestructural. Con respecto a mi tema se podría relacionar los ángulos de inclinación, análisis del grano del material como análisis de las propiedades del material para comprender mejor sobre las propiedades mecánicas del acero.
https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2021-0034	Procedimiento para la preparación mecánica para la caracterización mediante EBSD de la orientación cristalográfica en capas superficiales de aceros inoxidables austeníticos nitrurados por plasma	2021	Artículo Científico	Mediante el análisis termodinámicos y termoquímicos del material se aplica el proceso EBSD. Se aplican estándares para la preparación del material para que el análisis microestructural sea de	El estudio de [19], comprueba que el análisis de rayos XRD, es posiblemente más eficiente, pero a su vez, el análisis EBSD, es una de las más aplicables a nivel industrial, pero se puede analizar por fases. Dichas fases tienen cierta precisión de información que se puede aprovechar. Destaca el uso de capas nitruradas en ASS para mejorar las propiedades del rayado.

				carácter preciso.	
10.20965/ijat.2022.p0095	Efecto del tamaño de grano en el cambio en la rugosidad de la superficie de los aceros al carbono a través de procesos de pulido	2022	Artículo Científico	Determinar un estudio sobre el proceso de pulido para acabados de espejo revisando los porcentajes al carbono con estudio en los granos aplicando dureza Vickers y revisión del tamaño del grano.	Se destaca una cierta similitud con los procesos revisados en el laboratorio de la Universidad Técnica de Ambato. Se destaca el uso de diferentes lijas con diferentes tamaños de granos para eliminar las irregularidades de la superficie para mejorar el acabado superficial para el posterior análisis microestructural [20].
https://doi.org/10.3390/met13081353	Investigación de la microestructura y las propiedades del acero de ultra alta resistencia en componentes de motores aeronáuticos después de procesos de tratamiento térmico y deformación	2023	Artículo Científico	Se focaliza la atención en el estudio del acero C250, por sus propiedades de resistencia y tenacidad. Se comprimieron a temperaturas de 1015 C en ciclos de 1-2 veces con períodos de conservación de calor para	Se realiza un estudio para analizar su envejecimiento siendo necesario para aplicarla en un proceso de motor aeronáutico. Según se demuestra que el endurecimiento no implica mayores cambios en su estructura, pero a su vez, si altero en la dureza del acero martensítico. Sus altas exigencias en el

				analizar su envejecimiento.	campo industrial permiten comparar con el proceso actual de los laboratorios [21]
https://doi.org/10.3390/jcs9030132	Avances en las técnicas de EBSD: una revisión exhaustiva de la caracterización de compuestos y metales, preparación de muestras y parámetros operativos	2025	Artículo Científico	Se centra en la evaluación de métodos EBSD dentro del contexto de la preparación de muestras actualizado donde para el aprovechamiento de las investigaciones metalográficas del material.	Como indica [22], la existencia de investigación para mejorar la precisión y eficacia de los análisis de EBSD, busca un análisis detallado de las muestras para revisar las diferentes aplicaciones del material.
https://doi.org/10.1038/s41529-023-00361-6	Efectos de la microestructura y la austenita retenida/invertida sobre el comportamiento a la corrosión del acero de alta resistencia NiCrMoV/Nb	2023	Artículo Científico	Es una comparativa dentro de un estudio entre el acero NiCrMoV y uno Nb donde por medio de la microscopía determinan parámetros de importancia como fuerza	Como refuerza [23], se revelan estudios que son aprovechados para describir la microestructura del material con refuerzo del proceso de corrosión y con la formación de tratamientos térmicos de ambos aceros.

				atómica, morfología de hoyos ya naturaleza de la austenita retenida.	
https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2025.09.012	Una estrategia eficiente para evaluar la fragilización por hidrógeno mediante compresión de micro pilares en acero de alta resistencia en gradiente de composición	2025	Artículo Científico	El estudio breve de la fragilización del hidrógeno en el acero indica las propiedades mecánicas de los micro pilares con elementos de aleación de solución sólida. Se sugiere usar métodos de alte resistencia HE.	Como indica [24], el hidrógeno contenido en un acero permite propiedades de alta resistencia con respecto a otros materiales de carácter dulce. Por ende, es necesario indicar dichos comportamientos por medio del material.
https://doi.org/10.3390/mi14101970	Una investigación sobre la integridad de la superficie de las herramientas de corte de carburo de tungsteno y acero de alta velocidad micro mecanizadas	2023	Artículo Científico	Indicar que por el uso apropiado de las herramientas se permite un mejor acabado en la presentación de la probeta.	Como detalla [25], se puede optimizar el proceso realizando mantenimientos, limpieza de los materiales, donde la rugosidad es más limpia para su análisis microestructural.

https://doi.org/10.1007/s11665-024-10090-9	Electro pulido de tubos de acero inoxidable 316L de diámetro pequeño: rugosidad superficial reducida y resistencia a la corrosión mejorada	2025	Artículo Científico	Analizar el acero inoxidable 316L y verificar su fiabilidad para la industria farmacéutica, semiconductor o de procesamientos alimenticios.	Como señala [26], se busca determinar un estado del acero 316L, debido a las características que presenta para las industrias solicitadas que requieren de gran vigor por lo general.

1.6. Revisión Normas ASTM

Dentro de esta investigación, es necesario revisar la normativa con el que podemos establecer los parámetros iniciales y reconociendo los conceptos claves que nos servirán para conocer y desarrollar el presente estudio. Dentro de las normas ASTM seleccionadas podemos detallar las más relevantes:

- **ASTM E3:** "Guía estándar para la preparación de especímenes metalográficos"
  Contexto: Para [27], la metalografía es la base de los procesos que se llevan a cabo, instrucciones de como realizar el montaje, lijado, el pulido de la probeta y las consideraciones generales.
- **ASTM E1558:** "Guía estándar para el pulido electrolítico de metales y aleaciones con fines metalográficos"
  Contexto: Se basa en el proceso de pulido electrolítico, donde detalla como dejar un buen acabado y tener una rugosidad fina y eliminación de posibles deformaciones.
- **ASTM E407:** "Práctica estándar para micro ataque (micro grabado) de metales y aleaciones"
  Contexto: Se basa principalmente en las limitaciones del grano, fase e inclusiones. Esto con apoyo de ataques químicos posterior a haber realizado el pulido del material.

- **ASTM E45:** “Métodos de ensayo estándar para determinar el contenido de inclusiones en el acero”

  Contexto: Esta basado principalmente en el acero o en otras aleaciones que contienen inclusiones. Esta norma permite llevar la contabilidad de dichas inclusiones que no sean metálicos.
- **ASTM E112:** “Métodos de ensayo estándar para determinar el tamaño medio de grano”

  Contexto: Se detallan caracteres para llevar una medición adecuada del tamaño del grano del material seleccionado. Es necesario revisarla para poder estudiar la microestructura del material.
- **ASTM E1245:** “Práctica estándar para determinar el contenido de inclusiones o constituyentes de segunda fase de los metales mediante análisis automático de imágenes”

  Contexto: Se encarga de estudiar las imágenes presentadas para automatizar la cuantificación de fases y/o inclusiones del material o probeta.

1.7. Aplicación de la Normativa en el proyecto

Cabe mencionar que las normas principales seleccionadas serán las actuales y con contenido de acceso gratuito para el público. De ser necesario, es reforzado con el contenido brindado por parte de la biblioteca de la Universidad Técnica de Ambato.

Dentro del proceso de desbaste mecánico constituye una etapa de construcción metalográfica. La norma ASTM E3 establece sobre la eliminación del material debe ser regulado en relación con la temperatura generada, presión aplicada y velocidad relativa de remoción, ya que debido a que una superficie con mayor temperatura tiende a inducir deformación plástica, una mayor oxidación o directamente la presencia de alteraciones en el grano.

Dentro de los métodos manuales convencionales, la generación del calor es menor porque la velocidad depende directamente del operador. Para ser exactos, se tiene una velocidad relativa de 2-3 m/s. Aunque, el proceso es más demorado y la superficie no siempre será uniforme.

En contraste, en una lijadora por banda, la velocidad es constante y mayor, esto permite una reducción en la preparación, aunque existe mayor fricción y con ello, un incremento en la temperatura. Existe una probabilidad de encontrar recristalización localizada o deformación en los límites del grano si no se controla adecuadamente provocada por la energía térmica.

La norma ASTM E407 describe que cualquier modificación estructural producto del proceso de preparación quita validez parcialmente en la confiabilidad del análisis metalográfico. Por ende, el uso de sistemas automáticos o semiautomáticos debe acompañarse de sistemas de disipación y lubricación constante con el fin de ganar estabilidad térmica de la superficie y permitiendo conservar la superficie. Además, la misma norma establece que la preparación mecánica no debe inducir alteraciones microestructurales adicionales inherentes al material, recomendando controlar la fricción banda-probeta.



Figura. 2 Dirección de sentido para uso de probetas para análisis metalográfico [28]

- **Explicación Física**

La generación de calor por fricción puede aproximarse como:

$$\dot{Q} = \mu * N * v$$

Donde:

μ = Coeficiente de fricción abrasivo-metal

N = Fuerza Aplicada

$v =$ Velocidad superficial de lijado

En ella, la diferencia notable es la velocidad entre el procedimiento manual y el uso de la banda lijadora. En esta interpretación se deduce:

$$\dot{Q}_{manual} \ll \dot{Q}_{banda}$$

$$T_{banda} > T_{manual}$$

- **Efecto Térmico en la probeta**

El lijado manual presenta una temperatura baja, difusión térmica suficiente y la microestructura no es afectada. Mientras que la probeta usada en la lijadora por banda tiene un incremento de temperatura rápido por efecto termo-mecánico en la superficie. Si no existe el control en la temperatura, puede deformarse el grano superficialmente, existir la presencia de manchas térmicas y posibles distorsiones en su microestructura.

La refrigeración del sistema garantiza una reducción de la fricción, eliminación de carga térmica. Se encarga de mantener la estabilidad superficial. Con ello se prolifera una mayor vida útil del abrasivo. Esto se expresa como:

$$q''_{neto} = q'' - h(T_s - T_f)$$

Con dicha expresión a medida que h (refrigeración) aumenta, la variación de la temperatura disminuye.

1.8. Diagnóstico del proceso actual de metalografía

Dentro de los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato, existen máquinas de trabajo necesarios para llevar a cabo el estudio metalográfico de los materiales. Para la parte de la probeta es necesario establecer medidas 3,2 cm de diámetro x 1,2 cm de espesor de baquelita. La compactación de la baquelita se realiza con respecto de la probeta. En este caso, la probeta se recomienda que sea de medidas aproximadas de 1,2 cm x 1,0 cm x 0,8 cm de ancho. Esto con la finalidad de que exista una buena compactación con la baquelita. La baquelita cumple la función de recubrir la probeta para trabajar solo con la superficie de trabajo y tener un buen agarre para que pase en la máquina lijadora sin problemas y se acople al plato de la máquina pulidora. Cabe mencionar que el material es utilizado por ser un polímero termoestable, es decir, es un buen aislante térmico, eléctrico y es rígido y tiene resistencia química. El color característico es el negro.

Para que exista dicha compactación del material, es necesario pasarla por el compactador de baquelita. El horno una vez ingresado el material granulado y la probeta. Se trabaja a unas temperaturas de 175℃ aproximadamente, para poder compactar el material con la probeta sin fundirla en el proceso. Y trabaja a una presión de 200 psi para una buena compactación del material. El tiempo que conlleva para las probetas es de unos 10 min en promedio. Si se sobrepasa

dichas cifras, corremos con el riesgo de que se carbonice la baquelita y tenga aspectos quebrados que se rompen fácilmente y no sea rígido como se espera.



Figura. 3 Horno del Laboratorio de Metalografía

Cuando el material está preparado para ser pulido de forma manual es necesario realizar una serie de pasadas partiendo de las lijas convencionales de mayor numeración a la de menor por la cantidad de abrasivos que contiene la lija. Parten de la lija #240 y a medida que pasen por la siguiente lija, es necesario girar 90 grados para que el pulido sea unidireccional, que permite un mejor acabado del material reduciendo la rugosidad que contiene. La última lija que se ocupa convencionalmente es la #1500, por términos de facilidad de obtención y costos. A comparación de otras máquinas que permiten facilidad de manejo de lijas para acabados automáticos.



Figura. 4 Máquinas “Lijadora Manual” del Laboratorio de Metalografía



Figura. 5 Probeta obtenida posterior de ser ingresada al Horno

Es sumamente necesario pasar con el compuesto de la alúmina, en pequeños remojos para que el material vaya lubricándose sin afectar por otros factores como la temperatura de fricción ocasionada con la lija. Esto permite que el material dure más. Cabe mencionar que lo que más tiende a consumirse con las lijas hasta acabar su vida útil. Cuando se culmina con el proceso completo de pulido, es necesario pasarlo por la siguiente máquina enfocada en el paño. La maquinaria principal fabricada por otro estudiante tesista, entrego la máquina que se utilizó por una cierta cantidad de tiempo.



Figura. 6 Compuesto Alúmina diluida en agua

Con este enfoque, la máquina fue perdiendo funcionalidad con el tiempo, sea porque no estaba previsto ante las piezas intercambiables en su totalidad. Y el mantenimiento dado en su mayoría se enfocó en el paño (tela de billar). En este contexto, se adquirió recientemente dos máquinas que se encuentran en período de pruebas. Aunque sigue el mismo principio estudiado anteriormente por otro estudiante tesista.



Figura. 7 Máquina adquirida para el proceso del paño



Figura. 8 Máquina Pulidora de doble Plato

Para culminar brevemente con el diagnóstico, la probeta que paso por todo el proceso previamente mencionado es apto para realizar el conocido ataque químico. Con este ataque en el material, se plasma como huellas en el acero. Se realiza este procedimiento con el fin de analizarlo en un microscopio. En este objeto se puede plasmar la microestructura del material. Estas imágenes serán los resultados de la experimentación total de la probeta seleccionada. Cabe mencionar que cada material tiene un comportamiento diferente. El estudio microestructural del material permite determinar la aplicación que tendrá en la industria, como una forma de determinar si su uso es lo más optimo dentro de la industria.

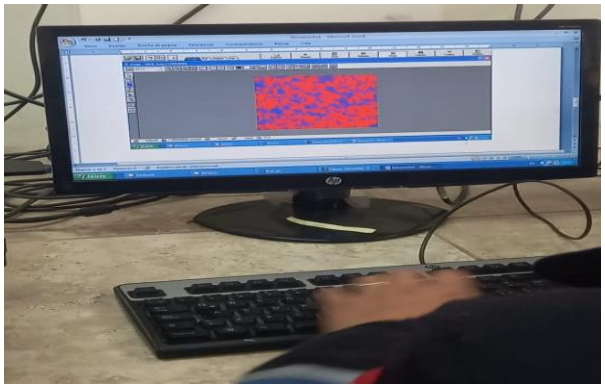


Figura. 9 Reporte de Resultados de la Probeta de un Acero 1018

1.9. Propuestas Planteadas para la selección de máquina Lijadora

1.9.1. Sistema con Banda de Lija

La banda de lija es una excelente opción ya que conserva los granos convencionales desde la lija gruesa hasta la más fina. Estas bandas usualmente lo ocupan en equipos electromecánicos con la finalidad de girar por medio de rodillos, donde la cantidad dependerá de la aplicación. El abrasivo contenido funciones para desbastar, alisar, pulir o con nuestra finalidad que es dar una superficie metálica adecuada. El principio básico que se le da a esta herramienta radica en la transformación de energía eléctrica en movimiento de rotación, actuando por fricción con respecto a la superficie seleccionada y no netamente hablando en probetas, sino en componentes.



Figura. 10 Máquina Lijadora [29]

Su funcionamiento radica básicamente en la continuidad que debe existir al impulsar la banda con un rodillo. La probeta o componente sometido se presiona contra la banda, lo que termina como consecuencia en la remoción del material controlable. La velocidad se maneja en unidades de m/S y la presión determina el desgaste como la rugosidad del acabado del material. Dentro de la aplicación de probetas en los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato permite tener un producto libre de defectos y detalle para superficies planas para un análisis con el microscopio posterior.

Consideraciones

Esta máquina son empleadas comúnmente en el área de las construcciones, sin embargo, sus aplicaciones se expanden dependiendo de la necesidad del usuario. Esto debido a las cargas como esfuerzos y temperaturas a las que se encuentra sometida para que le dé su acabado automático. Existen varios tipos de bandas a considerarse:

- **Banda de lija larga:** Tienen una longitud de unos 4500 mm de longitud. Son utilizados para robótica o cuando se tiene presente los lijados transversales. Son de multiuso porque son aplicables en metales, contrachapados o en la madera.
- **Banda de lija estrechas:** Son de unos 20 y 300 mm de ancho, dependiendo de la marca seleccionada. Son usadas más en materiales como madera o en metales. Su función radica más en un pulido intermedio.
- **Banda de lija ancha:** Superan los 600 mm de ancho y permiten correcciones de defectos en zonas planas para materiales como metales, madera y/o similares.
- **Mini bandas:** Son de tipo portable, sin superar el ancho de 600 mm. Son usadas para dar acabados en zonas que dificultan su accesibilidad, dando detalles o geometrías complejas independientemente del material.
- **Anillos o manguitos:** Son bandas reducidas y se ocupan en poleas. Se representan en forma de tubos de no gran dimensión con funciones de eliminar defectos o redimensionamiento.

La aplicación de las bandas de lija varía según su tipo, aunque representan una mejora en rendimientos y costes. Se pueden usar en máquinas de todo tipo gracias a su capacidad de adaptación. Su coste es independiente gracias a la versatilidad que representa.

Otras consideraciones a tener en cuenta es conocer que si hablamos de banda de lijas ahí que ver dimensiones, granulometría, soporte para la lija y el tipo de junta. Las dimensiones del grano rigen bajo la normativa. La misma aconseja:

- Lijados agresivos, desbaste y calibrado: 16,24,36 y 40.
- Lijado basto y cepillado: 50, 60 y 80.
- Lijado de repaso: 100, 120 y 150.
- Lijado Fino: 180, 220, 240, 320 y 400.
- Pulido y alto brillo: 500, 600, 800, 1000, 1500 y 2000.

1.9.2. Brazo Mecánico

El brazo mecánico es una de las invenciones más grandes de la historia. Es un dispositivo electromecánico, es de funcionamiento completo donde se debe considerar con referencia a las articulaciones del cuerpo humano. Cumple con las funciones que realiza el brazo humano como sujetar, ensamblar, soldar, pintar o el simple hecho de acción que conlleve manipular. Dentro de la industria es muy solicitado dependiendo de la función que se desee asignar. El mantenimiento es

un punto fuerte de la aplicación del brazo. Es usado también dentro de laboratorios y en proyectos de varios tipos. Es una opción viable dentro de los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato.

Los componentes que conlleva principalmente son las siguientes:

- **Soporte:** Se encarga de dar estabilidad y fijación ante la superficie siendo la base de la estructura.
- **Articulaciones:** También conocidas como juntas, se encargan de dar movimiento entre las uniones por acción de rotación o por linealidad. Cada alineación se toma en cuenta los grados de libertad.
- **Segmentos:** Son la parte exterior y las que entrelazan con las articulaciones. Son generalmente de aluminio, acero y/o otros materiales que se caractericen por la rigidez que conlleva.
- **Sistema de Transmisión:** Es el encargado de dar movimiento a los motores y estos accionen a las articulaciones. Esto mediante componentes claves como las correas, engranajes, tornillo de bolas y reductores.
- **Actuadores:** Son elementos que dan el movimiento. Son de tres tipos: Eléctricos, neumáticos e hidráulicos.
- **Sensores:** Se encargan de medir la posición, velocidad, temperatura y la fuerza. También se encargan de dar con el sistema de control.
- **Controlador:** Se encarga de interpretar las acciones que da el operador. Calcula las órdenes en forma de algoritmos interpretables.
- **Efector:** Es la mano o pinza del brazo, con funcionalidad de agarrar los componentes seleccionados por el operario, como también puede ser un dispositivo tipo sensor.

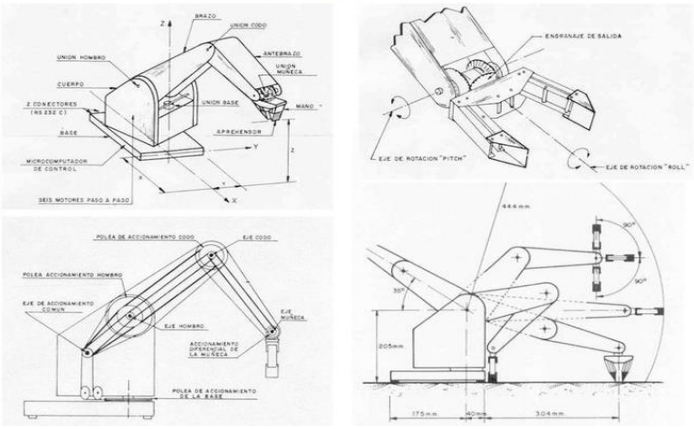


Figura. 11 Diseño de un Brazo Mecánico [30]

Se aprecia un diagrama ARMDROID con las partes detallas compuestos de cuatro ejes de movimiento: base, hombro, codo y muñeca. No necesariamente implica que todos los brazos se vean obligados a componer siempre de dichos componentes como primer diseño.

1.9.3. Sistema de banda transportadora

Un sistema de transporte de banda es un mecanismo armado encargado de dar transporte por medio de una banda de tipo flexible que son usualmente de goma para la adhesión del material u objeto a transportar. Es común ver la aplicación de este en las industrias de manufactura, alimentos, minera y dentro de laboratorios mecánicos. La implicación de este mecanismo se debe a su eficiencia al ser controlable por otras piezas. Dentro de los laboratorios, el principio es eficiente para las probetas, piezas a pulir o ya pulidas, o en sí para componentes metálicos para estaciones de trabajo. Los componentes principales de una banda transportadora vienen dados por:

- Banda (Cinta Transportadora): Es el elemento principal ya que se encarga del transporte del material. Son de diferentes tipos de material. Generalmente se encuentran reforzados de un material textil en la parte interna como forma de dar protección interna. Dependiendo de la rugosidad se encargará de dar transporte al material.
- Rodillos: Es el elemento consecuente que da accionamiento a la banda. Existen diferentes tipos de rodillos: Rodillo motriz, tensor y de soporte. Cada rodillo cumple una función específica del mismo como transmitir, ajustar y mantener la estructura.
- Bastidor: Es la base metálica que da soporte a la estructura.

- Motor: Puede ser de tipo monofásico y trifásico. Se encarga de dar movimiento mediante poleas, correas o reductores. La velocidad se puede ajustar con variadores de frecuencia.
- Sistema tensor: Permite ajustar la banda de modo que se evite deslizamientos innecesarios.
- Sistema de Control: Son los interruptores que dan accionamiento al sistema armado mediante retroalimentación.
- Tolvas de alimentación: Son los encargados de dirigir la dirección entrada – salida del objeto que se desee transportar.

El funcionamiento del sistema se encuentra como: El motor acciona el rodillo motriz, que se encarga de llevar la banda al sentido seleccionado para el transporte del objeto. El otro rodillo es receptor de continuar el movimiento, el sistema tensor permite que no se desarme el sistema y evitar complicaciones con la banda. La velocidad del sistema cuando es lineal se puede calcular como:

$$v = \pi D n$$

Donde:

D: Diámetro del rodillo (m)

n: Velocidad de rotación (rev/s)

Consideraciones de usar sistema de bandas

Existen varios tipos de bandas transportadoras, las cuales son:

- **Banda Plana:** Se encargan del transporte de materiales como cajas o piezas.
- **Banda Modular:** Es específico de la industria alimenticia por su facilidad de limpieza.
- **Banda con Listones:** Son para transporte en pendientes.
- **Banda Metálica:** Son para procesos que implique ambiente con alta temperatura.
- **Banda rugosa:** Son de caucho y son para transportar materiales que tienen geometría inclinada.
- **Banda con rodillo y motor:** Son para paquetería y clasificación.

Dentro de las consideraciones para tener en cuenta, tenemos:

Tabla 3. Parámetros de Diseño Sistema de Banda

Parámetro	Descripción	Rango	Unidad
Ancho de Banda	Es el encargado de determinar la capacidad de carga.	300 - 1200	mm
Velocidad del Sistema	Es dependiente del tipo de proceso seleccionado.	0,1 - 2,5	m/s
Potencia del motor	Es necesario revisar dependiendo de la carga y la longitud del sistema.	1/2 - 2,5	HP
Longitud total	Distancia entre los rodillos por donde va a pasar la banda.	1-30	m
Capacidad de Carga	Es el peso por metro lineal.	10-200	kg/m
Ángulo de inclinación máximo	Es para materiales granulares.	15-25	grados



Figura. 12 Sistema de Transporte de Banda casero

1.10. Criterio de Selección de la máquina propuesta

Dentro de la selección de la máquina, se optó por diseñar un sistema “banda de lija”, porque es el único de llevar a cabo dos tipos de procesos, que en este caso es el desbaste del material, y a su vez el de preparar la capa para el proceso de pulido.

Dentro de los criterios técnicos para esta selección, se debe:

- Principio de funcionamiento mecánico, por consideraciones como la transmisión de potencia, verificación del abrasivo utilizado, la fricción y por consecuente la remoción de rugosidades e imperfecciones del material seleccionado.
- La disposición de los componentes permite que el prototipo seleccionado cuente con los "piezas intercambiables", por si en caso de requerir mantenimiento, conocer que componentes tienden a desgastarse primero y que hacer en dichos casos.
- El control del sistema es clave, por ende, es aplicable componentes como los sensores, para determinar velocidades, vibraciones, temperaturas u otro criterio técnico. Esto con la finalidad de ajustar a las mediciones adecuadas para la aplicación del sistema.
- La seguridad establecida es determinada por criterios de la norma ISO, NTE, INEN y OSHA. Las mismas permiten garantizar un sistema rígido sin comprometer la integridad del usuario.
- El potencial de investigación sobre la aplicación de esta máquina dentro de la industria y la amplitud de asociación con materias de la carrera de ingeniería mecánica en términos de manufactura, mantenimiento, diseño mecánico y/o vibraciones mecánicas.
- El nivel de aplicación del sistema dentro de la industria permite no solamente centrarse en temas de preparación de metalografía, pulido o desbaste. Sino que permite aplicar en campos de aprovechamiento de eficiencia energética y se podría garantizar la mejora en términos de costo y beneficio viable a corto y medio plazo.

CAPITULO II: METODOLOGÍA

2.1. Ubicación

El desarrollo experimental del proyecto se realizará en un taller mecánico conocido por el autor, donde se llevará a cabo la fabricación de la máquina. Posteriormente, el estudio de las probetas para su preparación y visualización a través de un microscopio se efectuará en los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato. Específicamente en el Laboratorio de Materiales de la carrera de Ingeniería Civil y Mecánica.

2.2. Materiales (Descripción de equipos e instrumentos aplicados)

Tabla 4. Componentes Utilizados para la fabricación de la Lijadora

	Componente	Descripción	Función	Características
1	Motor LG (Doble Tina)	Componente electromecánico	Accionar el tambor de la lavadora para generar el movimiento necesario para el lavado, enjuague y centrifugado.	- Tipo de Motor: Motor Drive BLDC para reducción de desgaste y ruidos. - Potencia: en Lavado, 37 W, 50 W o 62 W. - En centrifugado: 340 W, 460 W o 530 W. - Velocidad: 500-1700 rpm. - Torque: 0,6 Nm - 1,0 Nm. - Voltaje: 110 V. Dimensiones: - Motor: 12 kg Diámetro Externo: 265 mm - Altura del Marco Plástico: 49 mm - Altura de bobina: 37 mm - Distancia entre fijación entre orificios: 153 mm
2	Cable TFF - TFN #16 AWF Flexible	Componente eléctrico	Implementar las conexiones del motor al capacitor y al tomacorriente.	- Tipo: TFF/TFN - Calibre: #16 AWG - Temperatura: 60 -90 C - Voltaje: 300 V - Aislante: PVC resistente
3	Terminal Hembra 1/4-AMAR CSC 12-10 (100U)	Componente eléctrico	Receptar la carga de corriente eléctrica que permite la unión	- Tipo: Terminal FASTON hembra 1/4" - Rango de cable: 12-10 AWG

			entre la señal del cable del motor hacia el capacitor y viceversa.	- Color: Amarillo - Material: Cobre electrolítico estañado, Reforzado con PVC.
4	Enchufe blanco Paralelo 15 AMP 2014DB BTICINO	Componente eléctrico	Enchufar con el tomacorriente permitiendo el paso de energía que permite la activación del sistema completo.	- Marca: BTICINO - Modelo: 2014DB - Tipo: Enchufe paralelo polarizado - Corriente: 15 A - Voltaje: 125 V - Material: ABS de alta resistencia.
5	Banda de Lija 4" x 36" (TRUPER)	Componente Abrasivo	Lijar, desbastar, pulir y dar un acabado superficial en la superficie de los materiales como metales, plásticos, madera o diferentes compuestos.	- Geometría: Es de tipo cerrado - Granulometría: Son de diferentes dimensiones de granos, desde el más grueso al más fino. - Velocidad de trabajo: 10 - 30 m/s, según el material. - Durabilidad: Depende del abrasivo, presión utilizado y refrigeración.
6	Lija Comercial	Componente Abrasivo	Pulir la probeta de forma uniforme sobre la superficie de trabajo para ser analizado en el microscopio.	- Base: Papel - Abrasivo: Óxido de aluminio o carburo de silicio - Granulometría: # (240-320-400-600-1000-1200-1500-2000)

				- Flexibilidad: Buena.
7	Eje de Acero SAE 1018 (20 cm x 3/4")	Componente de Rotación	Rotar en torno al sobresaliente del motor permitiendo la transmisión de la fuerza a la lija que transmitirá al rodillo posterior.	Longitud: 20 cm - Diámetro: 3/4" - Material: Acero SAE 1018 - Resistencia a la tracción: 440-470 MPa - Dureza: 126-179 HB.
8	Rodamiento RLS6-2RS	Componente de Transmisión	Soportar cargas radiales del tubo de acero galvanizado para conformar parte del rodillo de forma interna.	- Sellos: 2RS (Sellos de goma). - d= 3/4" - D = 1.7/8" - Ancho = 7/16" - Hecho de acero al cromo. - Lubricación = Sellado - Velocidad = 10.000-13.000 rpm. - Carga dinámica: 8-10 kN - Carga estática= 4-5 kN.
9	Tubo redondo 2*2 Galvanizado (60*2)	Componente de Rotación	Rotar la banda de lija permitiendo el lijado de la probeta seleccionada.	- Diámetro Exterior: 60 mm - Espesor: 2mm - Material: Acero al carbono galvanizado - Protección: Alta corrosión.
10	Tubo Cuadrado 11/2*2L/C (40*2)	Componente Estructural	Soportar las cargas del motor como del sistema de rodillos quienes permiten	- Material: Es una soldadura de componentes de acero galvanizado seleccionados

			que el sistema sea estable.	por la rigidez, ductilidad y bajo costo.
11	Platina 1*1/4 (25*6)	Componente Estructural	Reforzar la parte estructural del sistema de la máquina. Soportar cargas estáticas y de vibración. Es usada en uniones como soporte.	- Ancho = 25 mm - Espesor: 6 mm - Material: Acero A36 - Propiedades: Rígido, de buen soporte y soldable.
12	Platina 1/2*1/4 (12*8)	Componente Estructural	Abrazar la parte estructural. Es menos rígida que el anterior, pero cumple como abrazadera y es guía de soporte posterior.	- Ancho ≈ 12 mm - Espesor: 8 mm - Material: Acero A36 - Propiedades: Rígido y de buen soporte.
13	Ángulo 11/4*1/8 (30*3)	Componente Estructural	Reforzar la parte estructural, en este caso, ser soporte de la platina deformada para sujetar al motor en sentido horizontal sin dañar la estética del sistema.	- Alas: 30 mm x 30 mm - Espesor: 3mm - Material: Acero Estructural - Propiedades: Rígido a torsión y flexión.

14	Bisagra 5/8*3	Componente Estructural	Ofrecer movimiento de articulación en la compuerta que permite al rodillo moverse en un sentido específico, dentro del plano.	- Ancho: 5/8" - Largo: 3" - Material: Hierro Galvanizado - Tipo: Bisagra de hoja con pasador - Movimiento: Articulado.
15	Capacitor Motor LG	Componente Eléctrico	Recibir la información de energía al tomacorriente al motor. Soportar la carga eléctrica del motor.	- Un diámetro de 1 1/3 in. - Voltaje: 250 VAC. - Frecuencia: 50/60 Hz - Conexión: Dos terminales. - Vida Útil: 10.000 a 30.000 horas.
16	Eje de Acero SAE 1018 (1")	Componente Experimental	Analizar su composición estructural dentro del estudio de metalografía. De este eje se obtiene las dos probetas previo al estudio.	- Diámetro: 1" - Material: Acero SAE 1018 - Resistencia a la Tracción: 440-470 MPa - Dureza: 126-179 HB - Propiedades: Excelente mecanizado.

2.3. Memorias de Cálculo

DATOS CONOCIDOS:

Diámetro del Motor: ¾ in = 0,01905 m

Velocidad del motor: 1700 rpm

Potencia del motor: 0,5 HP ≈ **373 W**

Banda: 4" x 36"

Fuerza Aplicada: 101,3 N

- **Cálculo de la velocidad lineal de la Banda**

$$V = \pi * D * \frac{n}{60}$$

$$V = \pi * (0{,}01905\ \text{m}) * \frac{1700}{60}$$

$$V = 1{,}695\ \frac{m}{s} \rightarrow V = 1{,}7\frac{m}{s}$$

- **Fuerza Tangencial**

$$F = 101{,}3\ N$$

Es un estimado aplicando una presión de 0,02 MPa, que es la aplicada en promedio con apoyo de la mano.

- **Cálculo de Torque Requerido en el Tambor**

$$T = F * r$$

$$r = \frac{D}{2} = \frac{0{,}01905\ \text{m}}{2} \rightarrow r = 0{,}009525\ m$$

$$T = 101{,}3\ N * 0{,}009525\ m$$

$$T \approx 0{,}965\ N * m$$

- **Cálculo de Potencia Mecánica Requerida**

$$P = F * V$$

$$P = 101{,}3\ N * 1{,}695 \frac{m}{s}$$

$$P \approx 172\ \text{W}$$

- **Pérdidas Mecánicas**

$$P_{motor} = \frac{172}{0{,}8}$$

$$P_{motor} \approx 215\ W$$

- Con factor de servicio

$$FS = 2$$

$$P_{seleccionada} = 215 * 2$$

$$P_{seleccionada} \approx 430W$$

- **Selección del motor**

$$P_{motor} = 0{,}5\ HP\ \approx 373\ W$$

Si comparamos los resultados, obtuvimos que, con la selección de los diámetros, la potencia necesaria es de 215 W, la potencia seleccionada es de 430 W, mientras que el motor seleccionado nos ofrece 0,5 HP o 373W. Es decir, que el motor es adecuado y cumple con los requerimientos de diseño.

En forma resumida el motor tiene la capacidad suficiente, sin sobre esforzarse en el proceso, no tiene variaciones de carga, soporta el trabajo continuo y es compatible con la refrigeración.

Con los cálculos realizados, se determinó que el torque requerido del sistema es de 0,96 N.m y la potencia mecánica necesaria para el proceso de lijado es de 172 W. Considerando un factor de servicio considerable de 2, la potencia mínima requerida resulta de 0,43 kW.

El motor de 0,373 kW cumple con los requerimientos, siendo estable para el desarrollo del sistema, soportando las cargas y a funcionamiento continuo en el laboratorio. La selección es la adecuada y debidamente justificada.

- **Tensiones**

DATOS:

Fuerza Aplicada: F = 101,3 N

Velocidad de la Banda: V = 1,69 m/s

Potencia Requerida: P = 172 W

Ancho de banda: 4 in = 0,1016 m

Espesor de la Banda: 1mm = 0,001 m

Cálculo

- **Área resistente aproximada**

$$A = b * t = 0{,}1016\, m(0{,}001m)$$

$$A = 1{,}016\, x\, 10^{-4} m^2$$

- Relación de Tensiones de la Banda

$$P = (T_1 - T_2) * V$$

$$T_1 - T_2 = \frac{172}{1{,}69}$$

$$T_1 - T_2 \approx 101{,}8N$$

Si observamos detenidamente, la tensión calculada, coincide con la fuerza aplicada de 101,3 N, lo que permite entenderse que tiene una coherencia mecánica. Al estar, tensionada para que no resbale durante el proceso. Es necesario aplicar una relación conservadora:

$$T_2 \approx 2(T_1 - T_2)$$

$$T_2 \approx 2(101{,}8\, N) \rightarrow T_2 \approx 203{,}6\, N$$

$$T_1 = T_2 + 101{,}8$$

$$T_1 = 203{,}6\, N + 101{,}8\, N$$

$$T_1 = 305{,}4\, N$$

- **Cálculo de Esfuerzo o Tensión Mecánica de la Banda**

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

- Tensión del lado Ajustado

$$\sigma_{max} = \frac{F}{A} = \frac{T_1}{A}$$

$$\sigma_{max} = \frac{305{,}4\ N}{1{,}016\ x\ 10^{-4} m^2}$$

$$\sigma_{max} \approx 3\ MPa$$

- Tensión del lado Flojo

$$\sigma_{min} = \frac{F}{A} = \frac{T_2}{A}$$

$$\sigma_{max} = \frac{203{,}6\ N}{1{,}016\ x\ 10^{-4} m^2}$$

$$\sigma_{max} \approx 2\ MPa$$

- Comparativa con la capacidad real de Bandas

Las bandas abrasivas industriales trabajan a cargas de:

$$\sigma_{admisible} \approx 25\ MPa\ hasta\ 60\ MPa$$

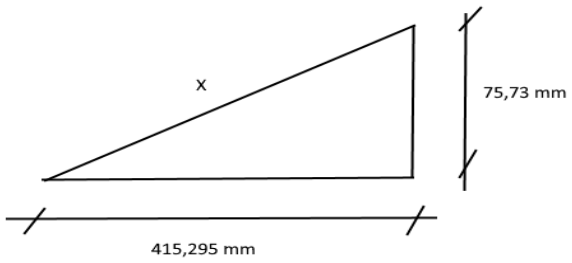
El esfuerzo máximo obtenido es de 3 MPA frente a la del material de 25 MPa

$$FS \approx \frac{\sigma_{admisible}}{\sigma_{trabajo}} = \frac{25}{3} = 8{,}3$$

- Interpretación

La banda trabaja con un factor de seguridad mayor a 8. El valor reducido representa que no hay riesgos de una posible ruptura, no hay deformaciones peligrosas. La tensión mecánica inducida de la banda es de 3 MPa frente a la típica de 25 MPa – 60 MPa. Es estable y el diseño es el correcto. El factor de seguridad amplio permite una mayor confiabilidad estructural y una operación segura del prototipo para llevar a cabo el lijado metalográfico.

- Cálculo de Esfuerzo por flexión del Eje



$$x = \sqrt{(0{,}415295)^2 + (0{,}07573)^2} \rightarrow x = 0{,}42214\ m$$

$$M = \frac{F_r * L}{4}$$

$$M = \frac{509 * (0{,}42214\ m)}{4} = 53{,}72\ N * m$$

- Módulo Resistente

$$I = \frac{\pi * d^4}{64} = \frac{\pi * (0{,}01905\ m)^4}{64}$$

$$I = 6{,}45x10^{-9} m^4$$

$$c = \frac{d}{2} = 0{,}009525\ m$$

$$c = 0{,}009525\ m$$

- Esfuerzo de Flexión

$$\sigma_b = \frac{Mc}{I} = \frac{(53{,}72)(0{,}009525\ m)}{6{,}45x10^{-9}}$$

$$\sigma_b = 79{,}6\ MPa$$

- Esfuerzo cortante por torque

$$\tau = \frac{16T}{\pi d^3} = \frac{16(0{,}965)}{\pi(0{,}01905)^3}$$

$$\tau \approx 14{,}2\ MPa$$

- Criterio de Falla – Von Mises

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_b{}^2 + 3\tau^2}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(79{,}6)^2 + 3(14{,}22\ )^2}$$

$$\sigma_{eq} \approx 83{,}3\ MPa$$

Comparando con el de dato

$$\sigma_y = 370\ MPa$$

- Factor de Seguridad

$$FS = \frac{\sigma_y}{\sigma_{eq}} = \frac{370}{83{,}3} \approx 4{,}4$$

$$FS \approx 4{,}4$$

- Carga en Rodamientos

La carga radial soportable es de:

$$F_r = 509\ N$$

El eje al estar apoyado simétricamente en 2 rodamientos se deduce:

$$F_b = \frac{F_r}{2} = \frac{509}{2} \rightarrow F_b \approx 255\ N$$

- **Interpretación**

Con el estudio del cálculo estructural del eje de transmisión con respecto al torque, la fuerza generada de la banda y la carga radial en los apoyos. El resultado de las tensiones es de 509 N aproximadamente, la que soporta los ¾ in.

Mientras que para el análisis de esfuerzos máximo por flexión de 79,6 MPa y el de torque de 14,2 MPa. Con el criterio de Von Mises, el esfuerzo resulta de 83,3 MPa, muy inferior al elástico. El factor de seguridad es cercano a 4,4, garantizando que opera dentro de condiciones seguras. El apoyo recibe unos 255 N, siendo una carga soportable con respecto a la serie seleccionada, dando estabilidad y vida útil al sistema.

Por ende, el sistema de apoyo cumple con los requerimientos estructurales y funcionales del prototipo. Esto garantiza que la selección geométrica es viable para la compra de los materiales.

2.4. Equipos del Laboratorio de Materiales

Tabla 5. Catálogo Prensa para metalografía

<table>
<tr><td colspan="6">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</td></tr>
<tr><td colspan="6">FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</td></tr>
<tr><td colspan="6">CARRERA DE INGENIRÍA CIVIL Y MECÁNICA</td></tr>
<tr><td>FICHA DE:</td><td>MÁQUINA</td><td>X</td><td>EQUIPO</td><td></td><td>SISTEMA</td></tr>
<tr><td colspan="3" rowspan="3"></td><td colspan="3">TALLER DE MATERIALES FICM</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>CÓDIGO</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="6">CARACTERÍSTICAS GENERALES</td></tr>
<tr><td colspan="3">Prensa metalográfica calefactora</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>SERIE</td><td>-</td><td>VOLTAJE</td><td colspan="3">220 V</td></tr>
<tr><td>MARCA</td><td>-</td><td>POTENCIA</td><td colspan="3">1000 - 1500 W</td></tr>
<tr><td>MODELO</td><td>-</td><td>VELOCIDAD</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td>PROCEDENCIA</td><td>Ecuador</td><td>AMPERIOS</td><td colspan="3">4,5 - 7 A</td></tr>
<tr><td>FRECUENCIA</td><td>50 / 60 Hz</td><td>TEMPERATURA</td><td colspan="3">150 - 200 ˚C</td></tr>
<tr><td colspan="6">COMPONENTES</td></tr>
<tr><td colspan="3">Palanca</td><td colspan="3">Cámara de Compresión</td></tr>
<tr><td colspan="3">Interruptor</td><td colspan="3">Válvula de Control</td></tr>
<tr><td colspan="3">Temporizador</td><td colspan="3">Manometro</td></tr>
<tr><td colspan="3">Indicador de Temperatura</td><td colspan="3">Conexión eléctrica posterior</td></tr>
<tr><td colspan="6">FUNCIÓN:</td></tr>
<tr><td colspan="6">Compactar la baquelita con la muestra.</td></tr>
<tr><td colspan="6">Calentar la baquelita para que cambie de estado.</td></tr>
</table>

Tabla 6. Lijadora de bandas múltiples manual

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIRÍA CIVIL Y MECÁNICA						
FICHA DE:	**MÁQUINA**		**EQUIPO**	X	**SISTEMA**	
			TALLER DE MATERIALES FICM			
			CÓDIGO	-		
			Pulidor metalográfico de bandas múltiples			
CARACTERÍSTICAS GENERALES						
SERIE	-		VOLTAJE	NA		
MARCA	-		POTENCIA	250 - 500 W		
MODELO	-		VELOCIDAD	NA		
PROCEDENCIA	Ecuador		AMPERIOS	NA		
FRECUENCIA	50 / 60 Hz		TEMPERATURA	Con enfriamiento de agua		
COMPONENTES						
Cuerpo Metálico			Depósito colectora de agua			
Superficie de Trabajo			Motor eléctrico de Accionamiento			
Rodillos guía			Sistema de Distribución			
Depósito de Agua			-			
FUNCIÓN:						
Desbastar la probeta metalográfica.						
Mejorar el acabado de rugosidad presente en la probeta.						

Tabla 7. Características Pulidora metalográfica automática

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIRÍA CIVIL Y MECÁNICA						
FICHA DE:	**MÁQUINA**	X	**EQUIPO**		**SISTEMA**	
			TALLER DE MATERIALES FICM			
			CÓDIGO	-		
			Pulidora metalográfica automática			
CARACTERÍSTICAS GENERALES						
SERIE	M24112301		VOLTAJE	220 V/1Phs		
MARCA	LAIZHOU LYRIC TESTING		POTENCIA	750 - 1000 W		
MODELO	METAPOL 1000X		VELOCIDAD	50 - 600 rpm		
PROCEDENCI	CHINA		PRESIÓN	20 -350 N		
FRECUENCIA	50 / 60 Hz		TEMPERATURA	AMBIENTE		
COMPONENTES						
Plato de Pulido			Panel de control inferior			
Brazo o cabezal automático			Stop de Emergencia			
Portamuestras			Depósito o drenaje			
Sistema de distribución de agua			Cubierta protectora			
FUNCIÓN:						
Pulir la probeta después de haber sido desbastado.						
Abrillantar la probeta para realizar un ataque químico sobre la superficie.						

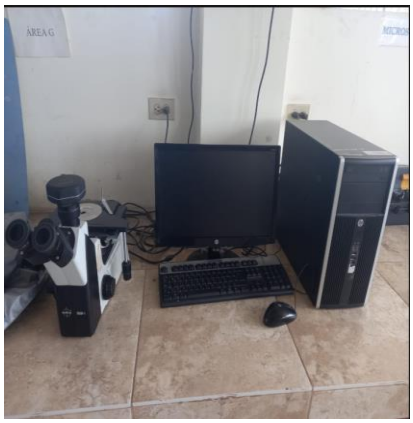
Tabla 8. Pulidora metalográfica automática Doble Plato

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIRÍA CIVIL Y MECÁNICA						
FICHA DE:	**MÁQUINA**	X	**EQUIPO**		**SISTEMA**	
			TALLER DE MATERIALES FICM			
			CÓDIGO	-		
			Pulidora metalográfica automática doble			
CARACTERÍSTICAS GENERALES						
SERIE	IMM014		VOLTAJE	220 V/1Phs		
MARCA	-		POTENCIA	250 - 500 W		
MODELO	PPM8		VELOCIDAD	50 - 400 rpm		
PROCEDENCI	CHINA		PRESIÓN	20 - 275 N		
FRECUENCIA	50 / 60 Hz		TEMPERATURA	AMBIENTE		
COMPONENTES						
Plato de Pulido			Estructura de Acero			
Manguera de Distribución			Depósito o drenaje			
Portamuestras			Cubierta protectora			
Sistema de distribución de agua			-			
FUNCIÓN:						
Pulir la probeta después de haber sido desbastado.						
Abrillantar la probeta para realizar un ataque químico sobre la superficie.						

Tabla 9. Secadora Automática para metalografía

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIRÍA CIVIL Y MECÁNICA						
FICHA DE:	**MÁQUINA**	X	**EQUIPO**		**SISTEMA**	
			TALLER DE MATERIALES FICM			
			CÓDIGO	-		
			Secadora de probetas metalográficas			
CARACTERÍSTICAS GENERALES						
SERIE	-		VOLTAJE	110 V		
MARCA	-		POTENCIA	1 - 3,3 kW		
MODELO	-		VELOCIDAD	2800 rpm		
PROCEDENCIA	Ecuador		PRESIÓN	-		
FRECUENCIA	50 / 60 Hz		TEMPERATURA	19 - 20 C		
COMPONENTES						
Carcasa de acero negro galvanizado			Placa de asentamiento			
Motor			Sistema de ventilación			
Enchufe			-			
Cable corriente 110V			-			
FUNCIÓN:						
Secar la probeta después del remojo de agua o alúmina para dejar un mejor acabado superficial.						
Indicar una superficie de alisado claro para la revisión con el microscopio.						

Tabla 10. Equipo de Análisis para verificación en el microscopio

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIRÍA CIVIL Y MECÁNICA						
FICHA DE:	**MÁQUINA**		**EQUIPO**		**SISTEMA**	X
			TALLER DE MATERIALES FICM			
			CÓDIGO	-		
			Microscopio metalográfico invertido			
CARACTERÍSTICAS GENERALES						
SERIE	-		VOLTAJE	110 V		
MARCA	-		POTENCIA	100 W		
MODELO	-		CÁMARA	Digital USB 5 MP		
PROCEDENCI	Ecuador		PRESIÓN	-		
FRECUENCIA	50 / 60 Hz		TEMPERATURA	AMBIENTE		
COMPONENTES						
Plato de Pulido			Estructura de Acero			
Manguera de Distribución			Depósito o drenaje			
Portamuestras			Cubierta protectora			
Sistema de distribución de agua			-			
FUNCIÓN:						
Observar la microestructura posterior a ser atacado por el químico en la probeta.						
Captar la imagen de la estructura del material seleccionado.						

2.5. Tipo de Investigación

Para el desarrollo de la presente investigación, se ha determinado dos tipos de investigación importantes para llevar este caso, las cuales son:

- **Descriptiva:** Dentro de esta investigación se busca determinar las características del proceso actual, como funciona y sus parámetros de los equipos de trabajo. Como la determinación sobre las probetas a selección.
- **Explicativa:** Este tipo de investigación busca correlacionar términos causa y efecto para determinar la calidad de la superficie de las probetas.

2.5.1 Tipo de investigación según la metodología

Según la metodología de la investigación, es un trabajo de investigación experimental con el uso de los parámetros para comparar resultados de una misma probeta seleccionada. Además, es de tipo transversal al enfocarse en un lapso previamente establecido, sin implicar que sea continua o regular.

2.6. Enfoque

El tipo de enfoque al cual se busca es cualitativo al comparar la microestructura de un mismo elemento, en este caso, acero no ferroso AISI 1018, de transmisión. En este se busca analizar parámetros como tiempos entre procesos, la planitud del elemento y la calidad de la probeta. Estas son medibles a través de la captura de imágenes con el microscopio.

2.7. Población

En este caso, se seleccionó el tipo de operación operativa, porque en términos de unidad, la probeta se evaluará la variabilidad entre los operadores. La población viene siendo la cantidad de probetas analizadas en un lapso de un año, sin mencionar que deben estar dentro del ciclo académico universitario. Todas las probetas de acero SAE 1018, para el desarrollo de un análisis metalográfico.

2.8. Muestra

La muestra es el eje de transmisión, seleccionada, cortada y establecida en dos probetas bajo tratamientos condicionados diferentes. Esta selección es parametrizada. Cada probeta es un análisis experimental.

2.9. Procedimiento de construcción de la máquina Lijadora

Para la selección de nuestro sistema de banda de lijadora una vez obtenido los materiales necesarios tanto como para la estructura como para el funcionamiento, se describe como se elaboró paso a paso:

1. Armar la conexión del motor: Es una medida de comprobación para saber que el motor obtenido se encuentre en operación para ser posible la realización de este proyecto.

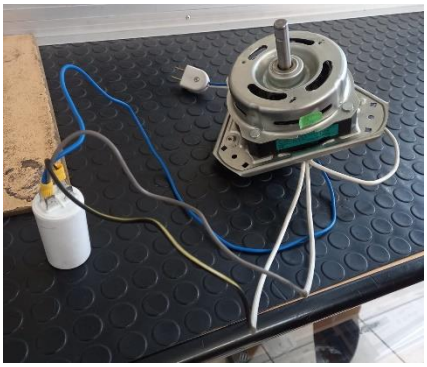


Figura. 13 Conexión del motor de lavadora

2. Corte de los Tubos Estructurales: Es el soporte de la estructura, se seleccionó un tubo de 2mm de espesor por la alta resistencia que tiene sin apoyo de otros materiales reforzados. Es bueno para el asentamiento de la máquina.



Figura. 14 Corte de tubos

3. Soldar la Estructura: Juntando cada recuadro según el diseño, dará el inicio del soporte del sistema y del motor.



Figura. 15 Fabricación de la base del sistema soldado

4. Fabricación de Componentes: Se crea con los materiales disponibles piezas como el guardamotor, el protector del motor, el plato por donde se asienta la probeta y la parte trasera donde se encuentra el eje receptor y la bisagra.





Figura. 16 Fabricación de componentes

5. Fabricación del Guardamotor: Para este componente fue necesario el uso del forjado para crea uno de los componentes con la finalidad de proteger el motor.



Figura. 17 Conformado del protector del motor de lavadora



Figura. 18 Fabricación del protector del motor de Lavadora

6. Perforación de los Componentes: Con los pernos y tuercas utilizados, se perfora bajo los planos y permite un aseguramiento con la estructura siendo desarmable.



Figura. 19 Perforación de orificios pasantes para ajuste con pernos

7. Montaje de la Maquinaria: Se establecen medidas de separación para respetar el orden con el que fue dibujado.



Figura. 20 Montaje de la máquina lijadora por banda

8. Comprobación: Es una medida para asegurar que todo esté en funcionamiento y seguro asentado sobre la estructura principal.



Figura. 21 Máquina Lijadora por banda ajustable

9. Pintado y detalles: Para el presente proyecto, se ha optado por pasar una primera capa de pintura de fondo, y posterior pasar una capa de pintura de azul marino y platinado, en representación a la carrera de Ingeniería Civil y Mecánica.



Figura. 22 Primera capa de pintura de la estructura completa

2.10. Esquema Eléctrico

Se describe la conexión eléctrica a través del siguiente esquema:

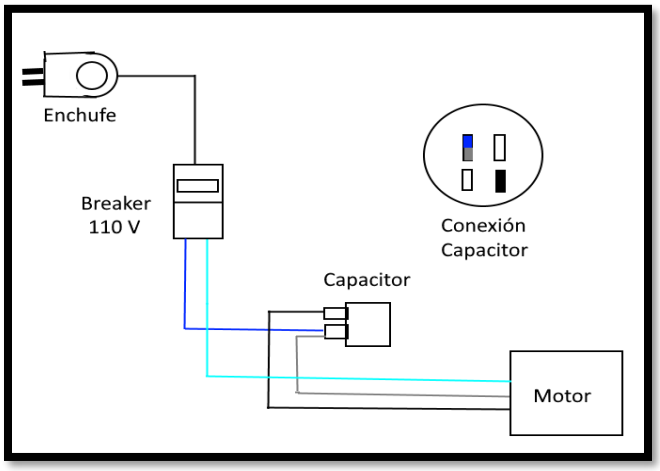


Figura. 23 Esquema Eléctrico del Sistema de Bandas

Donde:

Cable Azul → Línea viva (fase)

Cable Negro → Línea viva (fase)

Cable Turquesa = Cable Blanco → Cable neutro: Es el retorno hacia el motor y actúa como una línea hacia el capacitor. El color en el esquema es solo un alternativo al ser de fondo color blanco.

Cable Gris → Viene del bobinado auxiliar del motor. Recibe el impulso del capacitor.

Además, en la parte superior derecha dentro de un círculo vemos cuatro puntos donde en uno se conectan cable azul y gris que es línea viva y el bobinado auxiliar. El cable azul permite paso de corriente y el gris cumple con su respectiva función. Mientras que en la otra punta del capacitor se conecta el cable negro, que es otra línea viva hacia el motor, para permitir el respectivo accionamiento al interruptor.

2.10.1. Precaución Importante

Nunca conectar cables en paralelo entre la fase y el neutro como un foco o una resistencia. Esto debido a que actuaría como una carga reactiva pura. Quiere decir, que podría sobrecalentarse el capacitor o podría generar una explosión. Esto terminaría con la disminución de vida útil de forma significativa. Otra señal clara es que no va a encender el motor.

2.10.2. Prevención

La forma más clara de evitar inconvenientes al realizar conexión eléctrica es verificando que haya una conexión Fase con el bobinado auxiliar, que vendría siendo el cable gris en este caso. Ya que esta conexión en paralelo permite un arranque del motor adecuado, que vaya en el sentido correcto y se mantenga estable durante bastante tiempo.

2.11. Sistema de Enfriamiento

El sistema de enfriamiento es un mecanismo sencillo pensado en la intercambiabilidad de ser necesario. Esta se encuentra ubicado por encima del soporte del rodillo. Es pensado para que gotee desde la parte superior. El refrigerante suministrado será agua debido a sus propiedades para enfriar la probeta y no exista un sobrecalentamiento. Esta pasará por un tubo agujereado conocido como flautín. Se encuentra en un punto centrado para repartir de forma uniforme sin exceder la cantidad de refrigerante y es controlado por medio de mangueras conectadas al grifo. La cantidad de refrigerante será acorde de cuanto se abra el grifo. Es una medida controlable ideal para suministrar la cantidad necesaria. Además, se incluye una bandeja en la parte inferior, de modo, que los residuos que deja la alimaña del material como los residuos de la banda de lija no se dispersen y

ensucien. Sino que se junte en la bandeja el cual tiene un orificio y una manguera para así expulsar los residuos capturados posterior al proceso. No interviene en la geometría del sistema.



Figura. 24 Soporte del sistema de Enfriamiento de la maquina lijadora

Como se observa en la imagen, el flautín tiene acoples que conecten en la manguera para la distribución del agua. Dicho sistema esta conectado a la manguera con apoyo de abrazaderas para evitar cualquier riego. Sin mencionar que están enroscados y se hace uso de teflón para asegurar el sistema de refrigeración. La temperatura del agua es ambiente y bajo a las condiciones climatológicas del sector, favorece al sistema. De modo que la precaución de un calentamiento del agua es poca.



Figura. 25 Sistema de Enfriamiento

En la imagen se ve localizado el sistema de enfriamiento, tanto la bandeja que recibe los restos del sistema y la parte del flautín ubicada a una altura considerable sin estorbar en el proceso de lijado.

2.12. Criterios de Selección de Material

2.12.1. Acero Galvanizado

Es el acero más común existente. Dentro de esta categoría se encuentra el acero SAE 1010-1020. En sí se caracteriza principalmente por el recubrimiento del zinc (Zn) como una medida de protección ante la corrosión. Este tiene la función de protegerlo frente a agentes como la humedad del entorno. Su resistencia a la tracción depende del acero base a la que se encuentre recubierto, entre 350-550 MPa. Además de que su dureza se encuentra entre 80 – 100 HRB. Su alta resistencia para su bajo mantenimiento es un detalle que se puede destacar del material.

Con la muestra de la base de datos de MATWEB [31] las propiedades del material que podemos determinar sus ventajas se concentran en la resistencia, bajo coste y la vida útil para las condiciones de entorno abierto. A su vez, se observa que las temperaturas que superan considerablemente los 150˚C aproximadamente, alteran el recubrimiento del zinc. Cabe mencionar que, si se desea soldar el material, costara un poco más por la misma protección que se encuentra del zinc.

2.12.2. Acero comercial AISI 1018

Su contenido de carbono rodea principalmente el 0,18 % de carbono que es muy usado en ejes de transmisión, pernos, en componentes y partes estructurales. Según la misma base de datos [32], por la composición del material establecido, se puede determinar una buena maquinabilidad en el caso del torno y moldear. Tampoco requiere un precalentamiento siendo una considerable ventaja. Conserva una buena ductilidad. Es económico, tiene una alta tasa de disponibilidad y es excelente para este tipo de trabajo experimental que requiere de ejes pequeños o de tamaño comercial. Se seleccionó el acero comercial 1018 para la obtención de los resultados debido a sus propiedades como ductilidad y su resistencia considerable de 440 – 480 MPa. Su comportamiento frente a la temperatura y la deformación que se le puede dar frente al doblado y/o otros procedimientos.

2.12.3. Banda de lija

Dentro de las aplicaciones de las bandas de lija, se acostumbra a trabajar en el campo de la madera, por la capacidad de abrasivos que van puliendo la superficie sin complicaciones. Sin embargo, el uso del óxido del aluminio tiene sus ventajas como desventajas. Dentro de ellas, podemos observar la flexibilidad para acoplarse en la lijadora siendo de tela. La banda de lija marca “TRUPER”, es una gran opción por la alta resistencia y adaptación que presentan en su producto. Es ideal para

diferente tipo de superficies a considerarse. Dentro de sus presentaciones vemos sus propias numeraciones del tamaño del grano, pero diferente a la lija de agua. Siendo la numeración #120, el del grano más fino para alisar la superficie del material utilizado.

Es ideal para trabajar en madera, en materiales ferrosos y no ferrosos. En este caso, el material no ferroso permite dar las primeras señales de un buen uso de este. Cabe mencionar que, como cualquier lija, tiene un cierto límite a alcanzar dependiendo el uso que se le dé. Además, es usual la presencia de rebabas al ser un material consumible.

2.12.4. NITAL 4%

El NITAL proviene de una composición química de ácido nítrico (HNO_3), disuelto con un porcentaje de alcohol de tipo etanol, o en otros casos, el metanol. Esta mezcla resulta ser un reactivo muy utilizado en la industria de la metalografía para la "revelación" durante el análisis de la microestructura de los metales y aleaciones. Es más común aplicarlos en aceros al carbono de baja aleación. Se aplica sobre la superficie pulida para generar una capa que le de contraste. Esta capa permite una mayor visibilidad de lo que se desea obtener. Es decir, que cumple la función de corrosión controlada del material seleccionado, según la proporción dada. Gracias a su aplicación, es posible la observación de las fases a la que se encuentra los granos. Permite la observación de la ferrita, perlita, martensita, según el material. En ella se puede ver los comportamientos que tiene el material como el límite del grano y la presencia de defectos.

El uso del nital permite analizar no solo la fase en la que se encuentra la estructura, en adición, permite analizar la geometría de los granos dependiendo de la fase que nos encontremos evaluando. Esto perite dar criterios si es homogéneo, tiene deformaciones la estructura por las condiciones que fue sometida la probeta. Los tratamientos térmicos a la que se sometió, como el temple, forjado o revenido. Dentro de los procesos mencionados, es clave el factor del cambio de la temperatura que se le ha dado. Para culminar, el nital es uno de los reactivos más utilizados por su gama de obtención.

La concentración del nital, viene dada del 2% al 5% de HNO_3 sobre el alcohol. Esta cantidad de porcentaje varía según el acero estudiado, sea aleado o no. En algunos casos, es necesario suministrar hasta el 10% aproximadamente. Para la práctica, es necesario hacer un grabado con el

suministro de una gota del reactivo sobre la superficie ya trabajada y pulido. En cuestión de 3 segundos aproximadamente, se la lava con agua, se enjuaga y se lo seca [33]. Esto aplica para el acero AISI 1018, ya que dependiendo de ello el tiempo de suministro varía levemente. Todo depende de la concentración del carbono del material, lo que se espera obtener y el tema del análisis de los granos frente a un proceso de pulido y lijado. Cabe mencionar que la cantidad suministrada no supere ese porcentaje por la probabilidad de explotar por la concentración del reactivo. Por ello, cuando se busca los frascos, no proporcionan cantidades grandes de almacenamiento con el fin de prevenir. Además, se sugiere el uso de protección como guantes o gafas, cuando se maneje con los reactivos.

2.13. Métodos

Descripción de la aplicación de la metodología

2.13.1. Análisis Técnico

Dentro de los aspectos más importantes de consideración, son las aplicaciones a las que se encuentran sometidas la máquina lijadora en todo momento. Dentro de estas encontramos las tensiones sobre la lija seleccionada, la fricción existente entre el contacto de la superficie de la probeta con la lija previamente seleccionada y la fuerza aplicada por parte del usuario de forma manual.

2.13.2. Procedimiento

Cálculo del Diámetro del Eje Motriz

Motor: $\frac{1}{2}HP = 0{,}5\ HP \rightarrow P = 0{,}5 * 746 = 373\ W$

Velocidad del Motor: 1700 rpm

Alimentación: 110 V (monofásico)

Para pulidos metalográficos conocemos que debemos evitar que se sobrecaliente la probeta para poder acabados finos sin generar considerables

Podemos considerar las siguientes fórmulas como para seleccionar un criterio para determinar el diámetro a la que va a estar conectado el eje de nuestro motor.

$$V = \pi D n_{rps}$$

$$n_{rps} = \frac{n}{60}$$

Entonces:

$$D = \frac{V}{\pi * n_{rps}} = \frac{60V}{\pi n}$$

$$V = 2{,}5\frac{m}{s}\ ; n_{motor} = 1700\ rpm$$

$$n_{rps} = \frac{1700\ rpm}{60} \rightarrow n_{rps} = 28{,}33\ rps$$

$$D = \frac{1{,}5\frac{m}{s}}{\pi * 28{,}33\ rps} = 0{,}01685\ m = 16{,}9\ mm$$

$$D \approx 17\ mm$$

En este caso, el diámetro de 17 mm aproximado entregaría una velocidad de 1,5 m/s directos. El diámetro seleccionado fue de 3/4 in o 19,05 mm.

Par resistente entregado por el motor:

$$P = T * \omega \rightarrow T = \frac{P}{\omega}$$

Donde:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

$$P = 373\ W$$

$$\omega = 1700 * \frac{2\pi}{60} = 178\frac{rad}{s}$$

$$T = \frac{373\ W}{178\frac{rad}{s}} \rightarrow T = 2{,}095\ Nm$$

$$T = 2{,}10\ Nm$$

Para el eje secundario se recomiendo un diámetro de 50,8 mm aproximados que es el equivalente a 2 in donde se lo puede encontrar en el mercado, aquí la demostración:

$$C = \pi D$$

$$v = \frac{\pi D.n}{60}$$

Para 2 in = 50,8 mm

$$C = \pi D \rightarrow C = \pi(0{,}058\ m) \rightarrow C = 0{,}1822\ m$$

$$v = \frac{\pi D.n}{60} = \frac{0{,}1822m(1700\ rpm)}{60} \rightarrow v = 5{,}1623\ m/s$$

$$v = 5{,}1623\ x\ 60 = 309{,}74\ m/min$$

$$v = \ 309{,}74\ m/min$$

Dentro de la industria, las lijadoras manejan una velocidad aproximada de 15 – 25 m/s para lijadoras industriales para fines de desbaste en madera como en metales duros, requiriendo motores de gran capacidad y una nueva medición de los rodillos. Para el estudio de metalografía, la velocidad de 5 – 8 m/s, es un rango moderado y/o bajo.

- Dentro de las ventajas de esto es tener un mayor control para lijados con acabados más finos, menor temperatura de fricción y menor desgaste de las probetas, para garantizar la seguridad del operario.
- El par útil del rodillo permite dar un mayor par en el punto de contacto para una salida del motor al hablar de una relación 1:1. Permite ayudar a tener una menor carga sobre la banda que permite mayor movilidad sin generar deslizamientos no deseados.
- Mayor posibilidad de mecanizar al momento de montar cojinetes que encajen en bancada. El diseño al ser compacto, es adecuado para el laboratorio de materiales.
- La tensión es menor, debido al tamaño de los ejes y la banda puede tener una curvatura adaptable por el ancho que no son tan grandes. Es ideal para el uso de probetas dentro del laboratorio de materiales de la Universidad Técnica de Ambato.

2.13.2.1. Cálculo de la Fuerza Tangencial

Datos:

T = 2,1 Nm

N = 1700 rpm

$D_{2\ in} = 50{,}8\ mm \rightarrow 0{,}058\ m$

r = D/2

$v = \ 5{,}1623\ m/s$

$$F = \frac{T}{r} = \frac{2{,}1\ Nm}{\left(\frac{0{,}058\ m}{2}\right)}$$

$$F = 72{,}41\ N$$

$$P = T\omega$$

$$P = 2{,}1\ Nm\left(\frac{2\pi(1700\ rpm)}{60}\right) \rightarrow P \approx 373{,}849\ W$$

$$P = 374\ W$$

2.13.2.2. Cálculo de Ángulo de transmisión de la tensión para la Banda de Lija

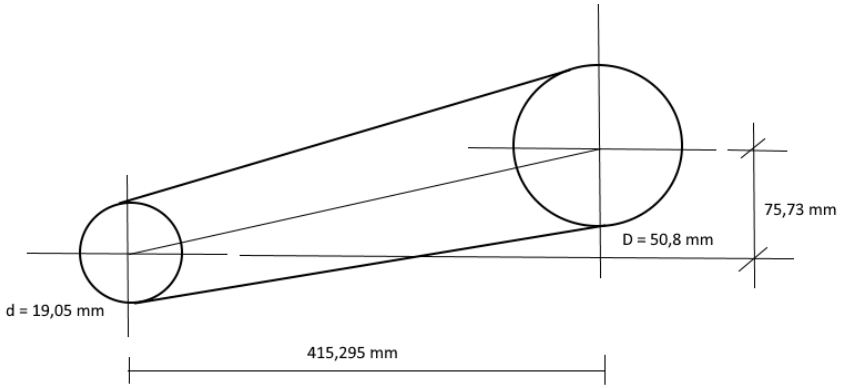


Figura. 26 Diagrama de Cuerpo Libre de la Orientación de la Banda de Lija

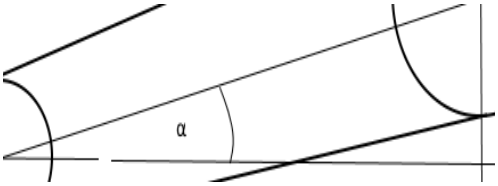


Figura. 27 Ángulo de Inclinación Utilizada

$$\tan\alpha = \left(\frac{h}{L}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{75{,}73}{415{,}205}\right) \rightarrow \alpha = 10{,}33^{\circ}$$

Se dice que:

- Es una potencia estable, que proporciona los 72,41 N para un diámetro de rodillo de 2 in.
- Esa misma fuerza multiplicada con la velocidad tangencial entrega 374 W de trabajo continúo moderado, dentro del rango de servicio que ofrece el motor.
- La fuerza tangencial provoca un movimiento de la banda a bajo carga aceptable para términos de lijado al igual que la tensión.

2.13.2.3. Presión Admisible

Para las probetas utilizadas se conoce el área

$$A = \pi\left(\frac{D}{2}\right)^2$$

$$A = \pi\left(\frac{0{,}0254\ m}{2}\right)^2$$

$$A = 506{,}7\ mm^2$$

Para analizar la presión aplicada se estudia con la fórmula de Pascal

$$F = P * A$$

Donde se analiza diferentes valores de presiones que se pueden considerar en este estudio:

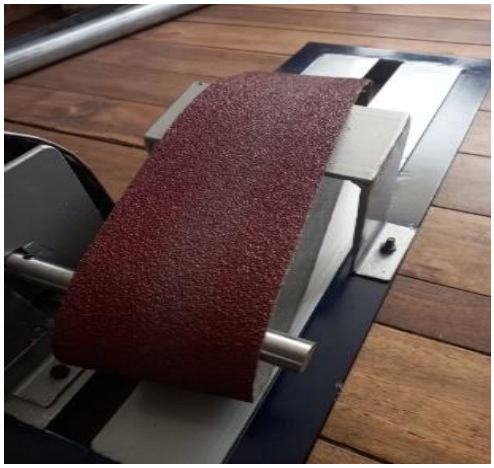
Tabla 11. Análisis de presiones para el estudio de metalografía

Presión (MPa)	Presión (psi)	Fuerza (F)	Fuerza (kgf)
0,05 MPa	7,25 psi	25,335 N	2,584 kgf
0,10 MPa	14,50 psi	50,67 N	5,167 kgf
0,20 MPa	29,01 psi	101,34 N	10,335 kgf
0,30 MPa	43,51 psi	152,01 N	15,502 kgf
0,50 MPa	72,52 psi	253,35 N	25,839 kgf

Para una probeta de 1”x1”, para evitar sobrecalentamiento y posibles deformaciones, se pueden considerar cargas de presión moderadas, un rango recomendado por el autor es de 0,05 – 0,20 MPa. Donde la fuerza máxima aplicada es de 101,3 N. Con apoyo de la norma ASTM E3 y el autor, se recomienda aumentar la presión levemente solo en caso de un bajo desbaste por el comportamiento del material seleccionado.

2.14. Mantenimiento

Tabla 12. Instrucciones para intercambio de Banda

Pasos	Descripción	Imagen Representativa
1	Dentro de la selección previa de la banda, se pasa la primera sujeción al eje motriz, posterior poner el plato de modo que quede como en la imagen. Por siguiente, poner los pernos de sujeción del plato.	
2	Montar la parte de la bisagra y/o manija trasera compuesto por dos componentes. Cabe mencionar que debe montarse en el mismo sentido presentado en la imagen. Es decir, la parte de la bisagra, delante de la sujeción. Para evitar un sobre templado de la banda dañando posiblemente la parte del eje motriz del motor.	

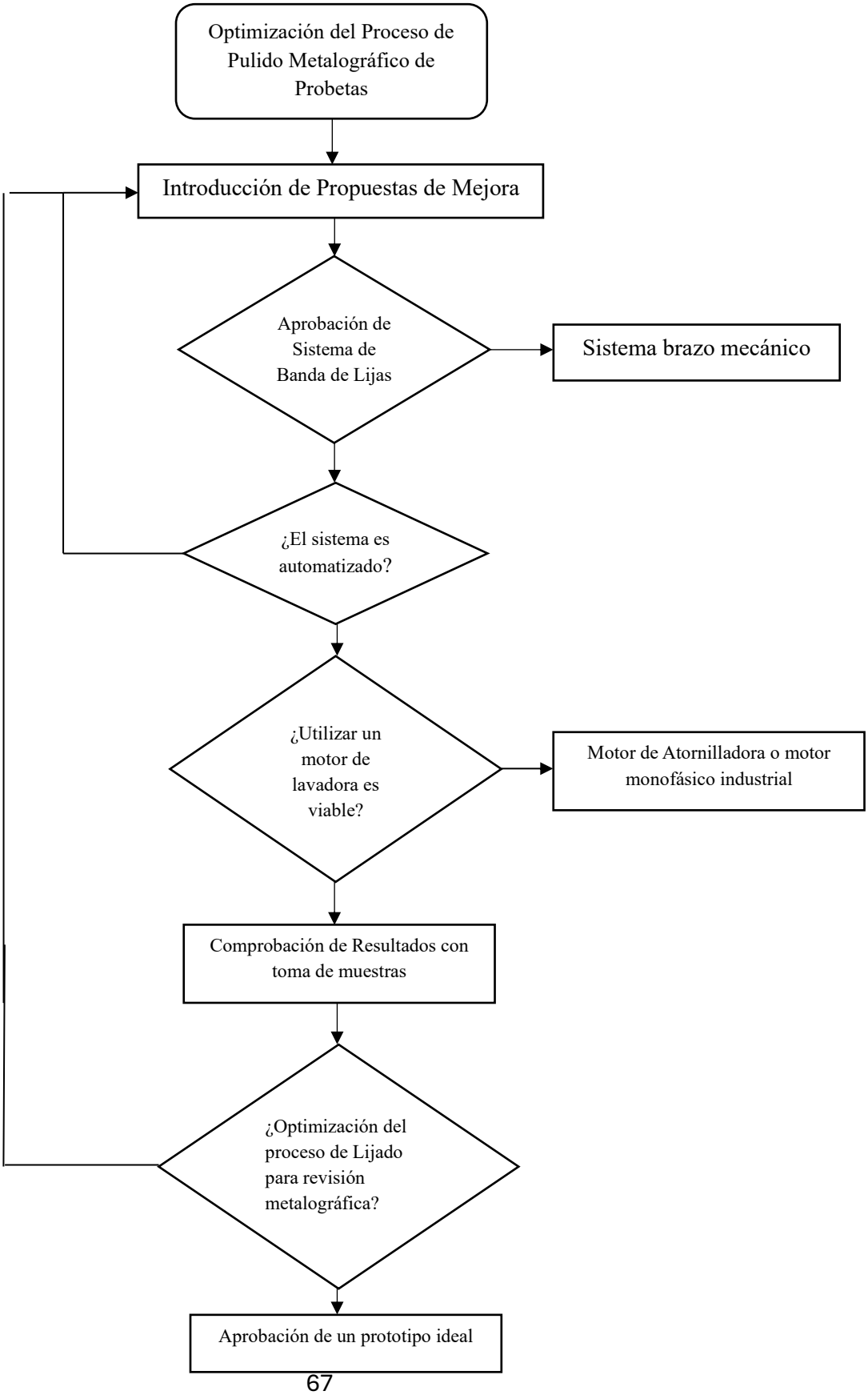
3	Una vez sujetado la bisagra, ajustar a la altura e inclinación deseada. De forma que quede levemente templado. La comprobación de que el sistema esté funcionando antes de entrar en operación es mover manualmente de forma delicada el eje motriz. Si se observa que la banda no patina y gira con respecto al eje, es una clara señal de un buen funcionamiento. Finalmente, se pone todos los pernos de sujeción necesarios.	

2.15. Componentes Críticos

Dentro de los componentes críticos encontramos:

- **Banda de Lija:** La duración promedio de uso de la banda es de un ciclo de 3 a 8 probetas como máximos aprovechamiento. Es necesario intercambiar una vez visto el claro desgaste de la banda. Esto considerando el material utilizado, en mi caso, hablo usando solo aceros. El desgaste es mayor si la presión aplicada es mayor sobre la muestra, las velocidades elevadas sin refrigeración y posible desalineación del eje. Es importante, llevar un buen aseo de la máquina para prolongar la vida útil de la máquina.
- **Rodamientos:** Dentro del eje posterior, es necesario garantizar una alineación adecuada. En este caso el modo de prevención claro es el sonido y la desalineación evidente. El ciclo de vida del rodamiento seleccionado es de 1 a 3 años por la calidad del material. Si requiere un intercambio, cortar los puntos de suelda a la rodela e intercambiar ambos rodamientos. Soldar nuevamente en los puntos clave de sujeción y poner las rodelas para tener una sujeción adecuada para el eje secundario.

2.16. Diagrama de Flujo



2.17. Variables

2.17.1. Variable independiente

Abrasivo

El abrasivo hace referencia a los granos que se presenta durante el proceso de pulido. Es el encargado de presentar el tipo de acabado al finalizar el pulido. El tipo de grano dependerá de la selección del tipo de lija que determina el usuario, así como de la cantidad de lijas utilizadas. Esto permite observar el tipo de acabado que se presenta en los resultados de la investigación.

2.17.2. Variable dependiente

Planicidad

En este caso, la planicidad hace referencia al resultado obtenido por medio del proceso de pulido, donde el resultado será estudiado para determinar el comportamiento de los granos. La planicidad sugiere ser evaluado con apoyo de los equipos que cuentan dentro de la Universidad. En este caso, se sugiere realizar un análisis comparativo sobre la microestructura con respecto a las lijas que se utilizan las maquinarias nuevas.

2.18. Formulación de Hipótesis

2.18.1. Hipótesis de investigación Hi

Una selección adecuada del grano presentado en las lijas garantiza una optimización del proceso de forma significativa para la obtención de muestras de superficie plana, empleadas en el análisis metalográfico para el laboratorio de materiales. Esto debido, al desgaste continuo de la probeta de forma equitativa donde se observa un acabado liso de mejor calidad.

2.18.2. Hipótesis nula H0

La selección del grano que se encuentra en las lijas no produce una mejora dentro del proceso del pulido o lijado, por ende, no existe una optimización del proceso para la obtención de muestras de superficie plana para un análisis metalográfico.

Tabla 13. Tabla de Operacionalización de Variables

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala/ Unidad
Abrasivo	Es el material ocupado para ser pulido. Esto con la finalidad de generar un acabado para el análisis de metalografía.	Conjunto de granos que son aplicados durante un proceso de esmerilado. Es un conjunto preparado de granos.	- Granulometría - Tipo de Abrasivo	- Lija de carburo de silicio #180, #320, #500, etc. - Pasta diamantada 1 µm, 3 µm, 6 µm.	Ordinal / Nominal
Planicidad	Es una medida para determinar qué tan uniforme se encuentra una superficie. Entre más es la uniformidad, mejor es el acabado de la superficie de la muestra.	Es un indicador cuando se desee estudiar una superficie. Mientras el acabado sea más equitativo, se determinará los resultados para un posterior análisis.	- Rugosidad - Carencia de rayas - Uniformidad en la superficie.	- Indicador de rugosidad (Ra, µm). - Verificación del rayado por microscopio. - Nivel de uniformidad de la superficie.	Intervalo / Razón

2.19. Recolección de la Información

El objetivo principal es la obtención de datos viables que permitan la comparación entre los productos seleccionados, por medio de parámetros como rugosidad, planitud y la calidad metalográfica. A continuación, se lista las variables planteadas para el presente proyecto:

2.19.1. Variables de Identificación

- ID de muestra: P0001
- Fecha y hora de preparación: Ambato, miércoles 19 de noviembre de 2025 (11:00 am – 17:00 pm)
- Operador: Jhon Peñaloza (JP)
- Material Seleccionado: Eje de Acero SAE 1018

- Dimensiones de las piezas: Probetas de 1” x 1”
- Estado superficial inicial: Superficie rugosa con corte de sierra convencional

2.19.2. Variables Experimentales

- Secuencia de Abrasivos:

- Primera Probeta:

  Lija de Agua → #240 – #320 – #400 - #600 - #1000 - #1200 - #1500 - #2000

- Segunda Probeta:

  Lija en Banda → #40 (Grano Grueso); #80 (Grano medio); #120 (Grano Grueso)

  Lija de Agua → #1000 - #1200 - #1500 - #2000

- Tiempo por etapa: Minutos
- Presión Aplicada: Newtons
- Velocidad de la máquina: rpm / m/s
- Uso de Lubricantes: No
- Accesorios: Panel de control
- Temperatura: Ambiente

2.19.3. Instrumentos de Precisión

- Microscopio metalográfico con cámara digital.
- Balanza con peso estandarizado del acero AISI 1018.
- Cronómetro: Medición del Tiempo entre procesos.

2.19.4. Procedimiento estandarizado de medición

1. Registro de los datos de identificación previamente mencionado.
2. Verificación de los instrumentos y calibración de ser necesario.
3. Preparación de las muestras bajo una secuencia normado.
4. Limpiar la zona de la medición de la probeta.
5. Medir de la planitud a través del desprendimiento de escoria.
6. Utilizar la pulidora previa al montaje metalográfico.
7. Realizar un ataque químico (nital 4%) con protocolo de seguridad para el acero no ferroso.
8. Toma de resultados de las probetas
9. Observación e interpretación de resultados.

2.19.5. Variables respuesta

- Un prototipo de una máquina lijadora con capacidad de soportar una presión aproximada de 200 psi y temperaturas moderadas para que no presente alteraciones en su estructura durante el proceso de lijado.
- Una guía técnica del proceso de pulido para probetas de algún material seleccionado.

2.19.6. Presentación de Resultados

- Los resultados se presentarán alternando entre tablas con imágenes complementarias y posterior breves descripciones para el análisis de los resultados.

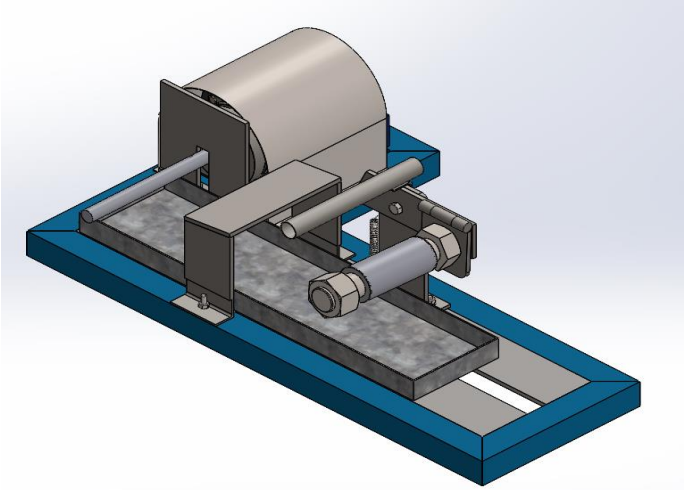


Figura. 28 Simulación de la Máquina Lijadora

2.20. Variables respuesta o resultados esperados

2.20.1. Variables de Respuesta

- Rugosidad Superficial: Buena
- Espesor: 1”
- Imagen metalográfica: Medición del Microscopio
- Índice de calidad: Mediciones en diferentes tamaños de escala.
- Estado de Calidad: Aceptable

2.20.2. Resultados Esperados

- Acabados buenos de superficie en la probeta sometida con máquina lijadora, sin la presencia de alteraciones en su estructura.

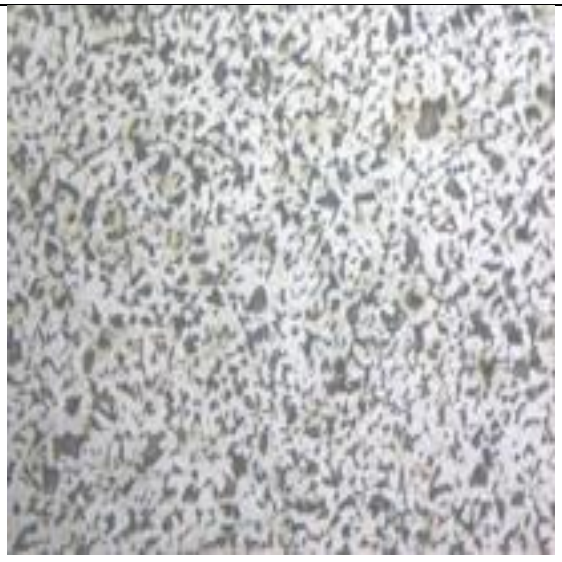
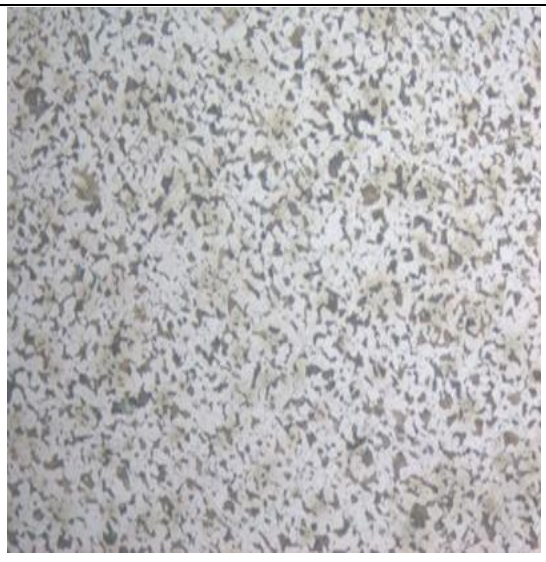
- La correcta selección de las bandas de lija como abrasivo.
- Tiempos de trabajo ≈ 5 – 20 min por numeración de la banda de lija para solo la parte de lijado tipo desbaste de la probeta, sin incluir el tiempo de montaje de la máquina.
- Tiempo de montaje de la máquina ≈ 1 – 5 min por lija que se encuentre sometida, asegurando una buena tensión de la lija para evitar que el eje del motor gire a la banda.
- Mayor rendimiento en la detección de defectos localizado planteando, siendo que ≤ 5% sea un rango aceptable para el análisis del estudio.

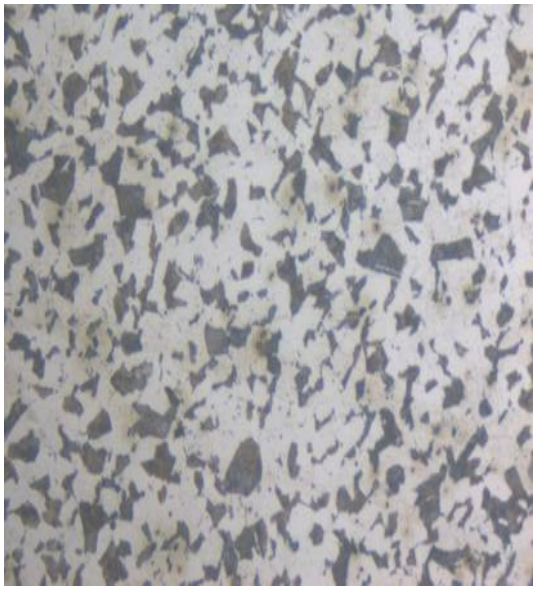
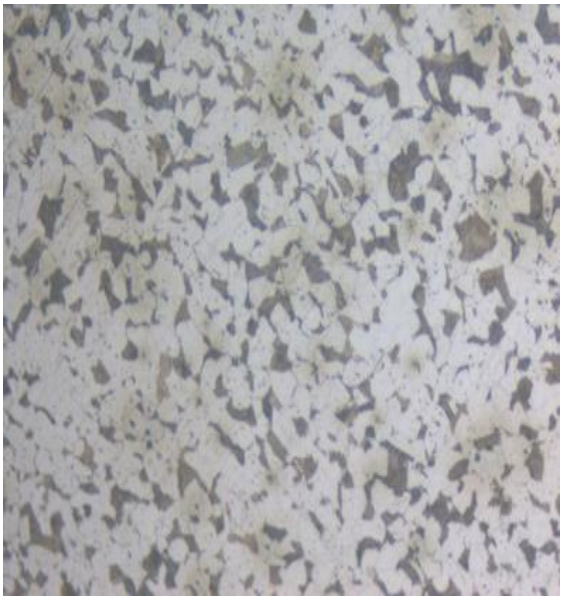
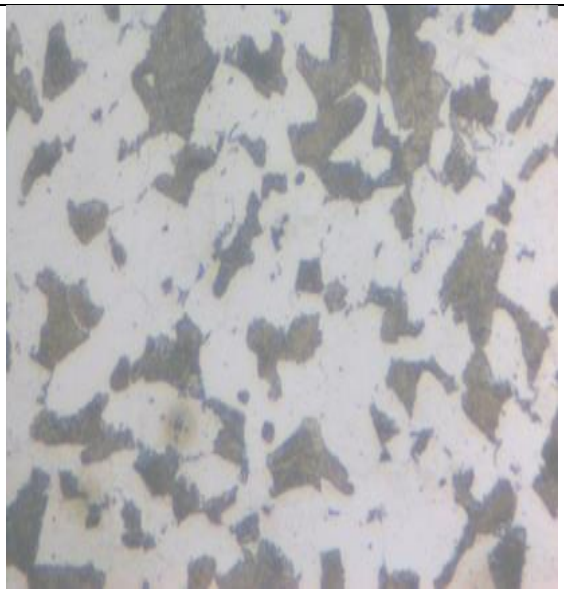
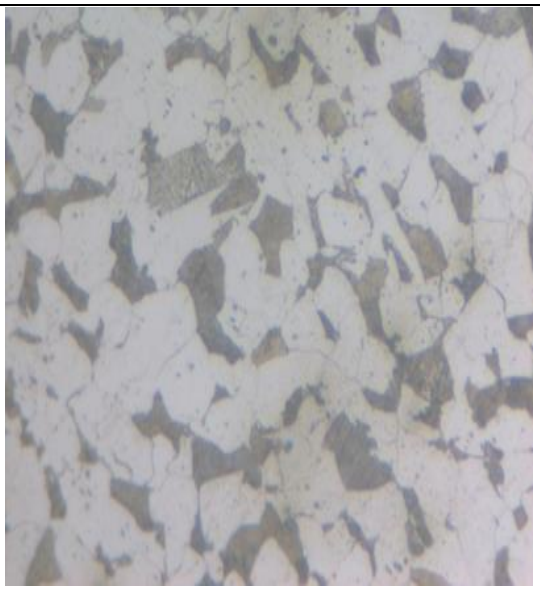
CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

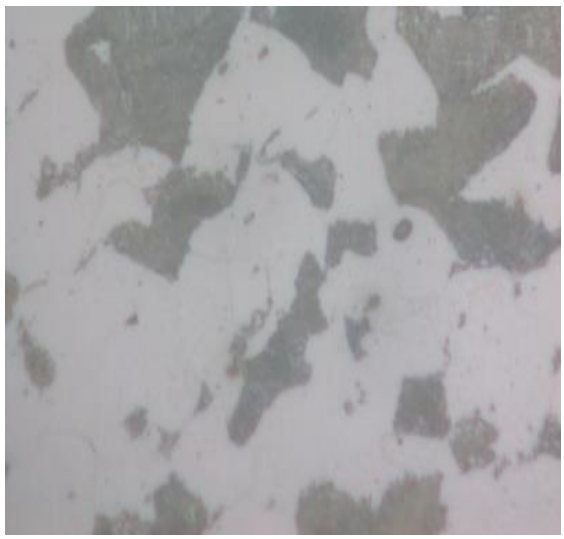
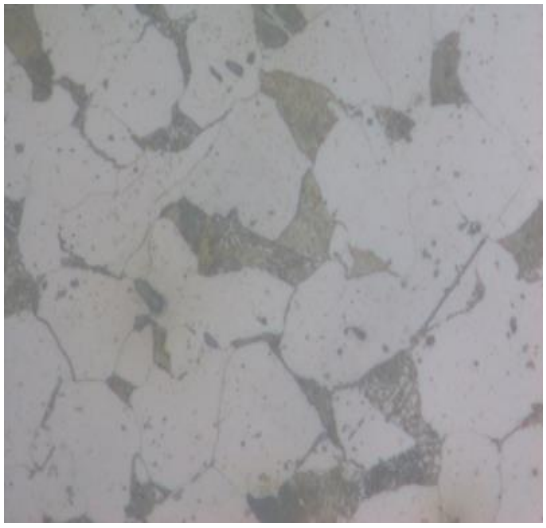
3.1 Análisis y discusión de los resultados

Análisis obtenido del microscopio

Tabla 14. Comparación microestructural de la probeta de Acero comercial SAE 1018

	RESULTADOS	
	PROBETA SIN LA MÁQUINA	**PROBETA CON LA MÁQUINA**
	TIEMPO DE LIJADO: 4 horas 2 min	**TIEMPO DE LIJADO:** 2 horas 56 min
	TIEMPO DE PULIDO: 4 min	**TIEMPO DE PULIDO:** 5 min
X100		

X200		
X500		

X1000		

3.2. Discusión de Resultados

3.2.1. Análisis Probeta 1

En esta medición se observa la preparación del proceso actual que nos ofrece los equipos del Laboratorio de materiales.



Figura. 29 Primera probeta eje de acero AISI 1018 (1"x1")

Previo al análisis de micrografía

Tras la primera capa de pulido con la lija de agua #240, podemos decir que esta probeta estuvo mejor tratada debido a la calidad del material que se compró. Cabe mencionar que es la parte superior de la probeta, por ende, es la parte más conservadora en bruto ya que no se requirió un corte adicional para la obtención de la probeta.

Micrografía x100

En esta se observan un pulido eficiente para la revisión en su última etapa sin alteraciones dentro de su microestructura. El ataque químico es aceptable y no se observan zonas blancas. Tiene excelente uniformidad.

Micrografía x200

La presencia de ferrita y perlita son de fácil distinción. Los contornos del grano son buenos. Y no se presencia líneas de lijado. Tampoco se evidencia restos de escoria por el abrasivo.

Micrografía x500

Se evidencia la presencia de perlita evidente. La ferrita también sin la presencia de deformaciones. Y se garantiza que no existe defectos durante la preparación de la muestra.

Micrografía x1000

Tanto la lámina de ferrita como perlita son evidentes sin la presencia de deformaciones. El proceso de preparación fue exitoso, pero no compensa el tiempo tomado para obtener lo obtenido.



Figura. 30 Primera probeta con ataque químico y con excelente acabado en la superficie

3.2.2. Análisis Probeta 2

En esta medición se aplicó inicialmente la máquina lijadora planteada previamente. En ella se usó la banda #40 sobre una superficie realizada con parte de una de las platinas con mayor espesor para la buena sujeción de la probeta a la superficie.

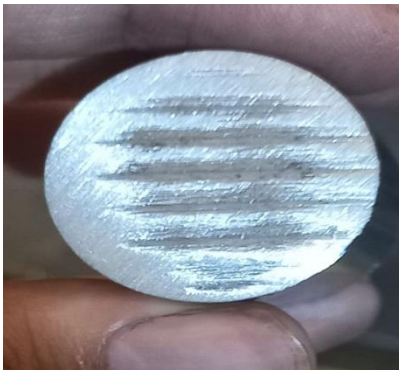


Figura. 31 Segunda probeta eje de acero AISI 1018 (1"x1")

Previo al análisis de micrografía

Tras la primera capa de pulido con la lija de banda #40 de grano grueso, vemos que tiene la presencia de más líneas de partición inicial, esto debido a que la pieza es cortada por ambos extremos a comparación de la primera probeta. Sin embargo, no se descarta tampoco un peor resultado por lo que se observa previamente.

Micrografía x100

En esta se observan un pulido excelente, pero con leves rayones en los extremos de la probeta para la revisión en su última etapa sin alteraciones dentro de su microestructura. El ataque químico es aceptable al igual que la anterior probeta y no se observan zonas blancas evidentes. Tiene buena uniformidad, pero con una zona de trabajo menor para la revisión micrográfica.

Micrografía x200

La presencia de ferrita y perlita son de fácil distinción. Los contornos del grano son buenos. Y no se presencia líneas de lijado. Tampoco se evidencia restos de escoria por el abrasivo. Es similar al caso anterior, así que a simple vista no hay una distinción clara de alteración en su microestructura.

Micrografía x500

Se observa la presencia de ferrita y perlita, además, se puede apreciar un granito con tendencia a alterarse, aunque solo presenta indicio, esto se debe al calentamiento sometido de la probeta constante durante el proceso con la máquina lijadora. La microestructura es buena debido a que no se evidencia a simple vista así que no interrumpe en el análisis.



Figura. 32 Probeta 2 con indicio un grano alterado dentro de la visión x500

La estructura de la ferrita como perlita en su forma pura se representa pequeñas irregularidades donde, ese grano en específico se evidencia una leve alteración donde se evidencia líneas de partición. Posiblemente efecto de residuos de escoria y/o una alteración por sobrecalentamiento de la probeta.

Micrografía x1000

Tanto la lámina de ferrita como perlita son evidentes sin la presencia de deformaciones. El proceso de preparación fue exitoso, compensando el tiempo tomado con la máquina para obtener la probeta casi lista para el proceso de pulido. Cabe mencionar, que la probeta posterior a la lija #120 no es suficiente para tener buenos acabados, por ende, si o si, es necesario realizar pasadas manuales con la lijadora manual para darle el acabado para pasar al pulido. En este caso, posterior a usar la banda de lija #120 de grano fino, se realizó pasadas con la lija de agua a partir de la #1000 a la #2000. Mencionado eso se obtuvo un resultado esperado.

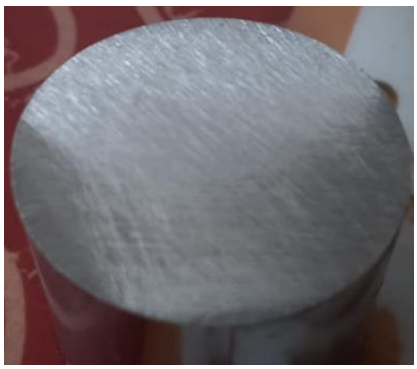


Figura. 33 Probeta 2 con lija de banda #120 de grano fino



Figura. 34 Probeta 2 posterior al análisis micrográfico con falta de lijado en los contornos

Discusión de Resultados

Durante el desarrollo del proceso experimental, al ser de las primeras veces que se manipula la máquina, se evidenció en la segunda probeta una ligera distorsión microestructural. Una de las causas es el incremento de temperatura continuo por la banda abrasiva al estar sometido a una velocidad considerable. Este tipo de comportamiento es coherente y esperado, ya que los procesos de lijado a fricción tienden a inducir calentamiento.

El calor generado provocó una afectación termo-mecánica superficial que alteraría la estructura ferrita-perlita del acero AISI 1018. Se evidencio zonas con deformación plástica en los límites del grano. Es decir, la calidad del lijado aceleró el proceso, pero a su vez se puede comprometer la calidad superficial del material tratado siempre que no se controle térmicamente, sea posiblemente el no usar un sistema de enfriamiento adecuado.

Cabe mencionar que la observación no implica que se haya producido un cambio estructural profundo ni una transformación en la metalografía del material. La señalización en el presente es

una advertencia de lo que podría ocurrir si el proceso no se realiza con un control de temperatura adecuado, por encima de la parte estructural. Posterior, la implementación de un sistema de refrigeración, en este caso hablando como refrigerante el agua, permitió estabilizar la superficie ante el sobrecalentamiento de la superficie. Además, evita la presencia de mucha escoria o alimaña del material, ya que cae sobre el recipiente.

Acorde la norma ASTM E3 como la norma ASTM E407, se menciona que las probetas no deben inducir cambios estructurales. Por ende, el fenómeno indica la necesidad de controlar las velocidades de trabajo como del sistema de enfriamiento. En este sentido, se dice que la señal térmica presentada no se interpreta como una falla del sistema, sino que resultaría ser un indicador técnico, permitiendo la validación experimental permitiendo destacar la importancia del control de la temperatura. Con la incorporación en el sistema, se logra un equilibrio para la preparación y preservación de la calidad metalográfica cumpliendo con las normativas anteriormente mencionadas.

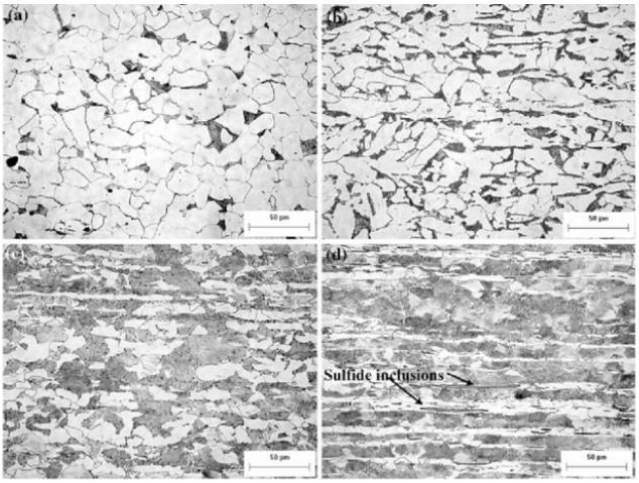


Figura. 35 Microestructura del acero AISI 1010, 1018, 1045 y 1045 concentrado de Mn [34]

Como se observa, dentro del estudio de este campo, la composición de estudios realizados determina la formación de los granos. En ella, podemos asimilar con el estudio desarrollado para reforzar los resultados obtenidos.

3.3. Aprovechamiento de Tiempo

Se realizó la toma de tiempo cronometrado para deducir el aprovechamiento del tiempo durante el ciclo de trabajo en el proceso de lijado y pulido. En estos ensayos se obtuvo:

- Primera Probeta: 4 horas y 2 minutos
- Segunda Probeta: 2 horas y 56 min

Hacemos una conversión para obtener el porcentaje del aprovechamiento, considerando que la primera toma es parte del proceso actual, mientras que la segunda probeta hace uso de la máquina para detallar con las últimas lijas y ambos determinar su microestructura.

$$242\ \text{min} \rightarrow 100\%$$

$$176\ \text{min} \rightarrow x$$

$$x = \frac{176\ \text{min}(100\%)}{242\ min}$$

$$x = 72{,}727\ \%$$

Al ser considerablemente menor porcentaje, el porcentaje faltante es equivalente al porcentaje que se aprovechó para el estudio, en este caso se determina que ahí un 27,272% de aprovechamiento para realizar un estudio de metalografía. Es decir, casi el 30% de reducción de tiempo que se puede aprovechar. Cabe mencionar, que los tiempos obtenidos consideran tiempos de reposo para el análisis continuo de la probeta y momentos de intercambio de banda para el uso de la máquina.

Para el proceso de pulido, ambas probetas obtuvieron tiempo de trabajo equivalente a los 5 a 10 min, dependiendo de la decisión del usuario. Así que se puede decir que no hay aprovechamiento debido a que no estamos interviniendo directamente en dicho proceso, más que dejar preparada la superficie de trabajo antes de realizar el ataque químico.

3.4. Comprobación de Hipótesis

La definición de la hipótesis Hi es acertada, debido a que la implementación de una máquina lijadora por si sola, no garantiza que el resultado tenga los mejores acabados, sino que queda una superficie de trabajo lista para otro tipo de operación y/o uso. La correcta selección de los granos permite un mejor acabado superficial. La evidencia más clara se encuentra en el estudio de la primera probeta donde se hizo uso de las lijas de agua, partiendo desde la numeración más baja #240 para dejar una capa que se pueda desbastar y para alisar la superficie de trabajo. A medida que va aumentando la numeración de la lija, se ve que los granos son más pequeños y son poco perceptibles para el sentido humano. Pero se lo puede apreciar a simple vista con el efecto espejo, quien determina un buen acabado para posterior ser llevado a un proceso de pulido. Dentro del estudio de la segunda probeta con el uso de la banda de lija se pudo evidenciar:

- Las medidas de los granos son contrarias a comparación de la lija de agua. La lija de agua parte desde las numeraciones más pequeñas a las más grandes. Mientras que, en la banda de lija, las numeraciones son más pequeñas con las que se identifican los granos más gruesos #40 y la numeración #120 utilizado como la de grano fino.
- La máquina lijadora por si sola deja un acabado con rayas, dejándolo en una comparación a cuando terminamos de usar una lija #400 o #600, donde existe la presencia de rayas poco perceptibles a simple vista. Si dejamos el estudio con las bandas de lija, se podría decir que el acabado es malo. Por ende, no serviría para la proyección del proyecto. Sin embargo, el tiempo compensa esa deficiencia, debido que para que entonces, no se lleve ni una cuarta parte de lo que se realiza de forma manual. Entonces, el usar el lijado con lijas de agua partiendo desde la recomendación personal de la lija #1000 a la #2000, garantiza no solo mejores acabados, sino una superficie de trabajo alisada y regular.
- El acabado de la segunda probeta es regularmente bueno, aunque la superficie de trabajo es irregular generando efectos de ola, debido a que, al ser modificable, permite que un cambio en el grado de inclinación frecuente hasta encontrar una óptima para llevar a cabo el lijado. Esta tendencia hace que el aprovechamiento sea menor en sus extremos.
- El desgaste de la banda de la lija es pasable, aunque la presencia de escoria es mayor a comparación de la forma tradicional. Para este caso, al momento de realizar el cambio de la lija de banda, se recomienda una breve limpieza de polvos y restos de la banda como del

acero para evitar que el sistema se dañe con el tiempo o que, a su vez, evitar que se empolve y afecte al operario.

3.5. Análisis de la Superficie por el tamaño de grano

Primera Probeta

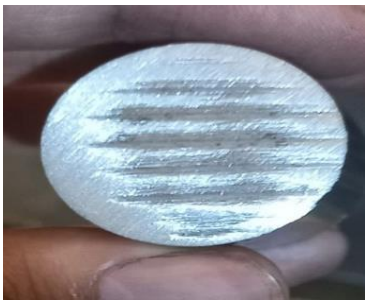
Tabla 15. Análisis de Hipótesis por numeración de grano Probeta 1

Acabados con Lija de Agua	
#240 Es la lija más gruesa, donde al pasar la probeta se presenta una evidente superficie irregular y con notables deformaciones.	
#320 Es una lija que consumió bastante la superficie y elimino un poco las deformaciones superficiales.	
#400 Se presenta una menor evidencia de líneas y los picos de deformaciones son nulas, su superficie es regular.	
#600 Se presenta eliminaciones de los rayones que sobresalían en la superficie, generando una base un poco alisada.	

#1000 Se elimino las imperfecciones superficiales y la presencia de rayas son casi nulas. La superficie es opaca, pero sin presencia de rayas.	
#1200 La superficie es totalmente lisa, sin la presencia de deformaciones y empieza a tener el acabado de espejo.	
#1500 Se observa una superficie casi lista para el análisis en el microscopio, donde el efecto espejo es evidente en casi toda la superficie a excepción de las esquinas.	
#2000 Se obtiene una superficie espejo sin presencia de deformaciones, además de verse reflejado la cámara del celular utilizado.	

Segunda Probeta

Tabla 16. Análisis de Hipótesis por numeración de grano por banda Probeta 2

Acabados con Lija de Banda	
#40 La probeta presenta una evidente superficie de trabajo con rayones, los rasgos son claros y son largos en sentido horizontal.	
#80 Se evidencia un menor acabado de la superficie, aunque la presencia de las rayas es evidente. Las rayas van interponiéndose a medida que se rota la probeta 90˚ con el fin de que se trabaje en toda la superficie.	
#120 El desbaste continuo permitió una eliminación total de las rayas sobresalientes. Sin embargo, la superficie tiene rasgos a comparación del lijado de agua. Se encuentra en medio del #600 y #1000. Así que se opta repasar de forma manual desde la lija #1000.	

CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- El proceso de metalografía presenta una optimización de tiempo durante el proceso de lijado que es donde más tiempo se lleva para pasar al pulido de la muestra. Para la primera probeta para el proceso de lijado duró 4 horas y 2 min para obtener una superficie de trabajo adecuada para llevarlo al proceso de pulido, en el proceso de pulido duro 4 min sometido a la máquina con uso de alúmina para dejar una superficie con la menor cantidad de imperfecciones. Para la segunda probeta se controló un tiempo de 2 horas y 56 min durante el proceso de lijado para obtener una superficie de acabado ideal para llevarlo al proceso de pulido. El proceso de pulido duró 5 min para obtener una superficie adecuada por la forma irregular que se tenía previamente debido a la inclinación del plato de la máquina.

- La segunda probeta presentada tiene un excelente acabado a comparación de la forma tradicional donde se aplica presión de forma manual reduciendo tiempos de trabajo. Se evidenció la presencia de un grano con tendencia a deformarse debido a la temperatura sometida con la máquina lijadora. Esto se evidencia como efecto de la fricción entre la superficie de trabajo y la lija en banda. Por ello, durante el proceso de lijado de la segunda probeta se trabajó lijado intermitente de 1 min aproximado y descansos de unos 30 segundos y remojo en agua y limpieza con paño para ir obteniendo la superficie adecuada de trabajo para el pulido durante un ciclo de 2 horas y 56 min. Con ello, se evidenció una microestructura adecuada.

- Se indica un mejor entendimiento por parte del operario como de los señores estudiantes que se encuentran en la formación académica sobre el proceso de muestras de superficie plana. El uso adecuado de los implementos de trabajo como el reactivo “NITAL” son necesarios para una mejor observación en el análisis de resultados.

- La optimización del proceso no debe enfocarse únicamente en la reducción del tiempo, sino que también debe generar estabilidad térmica del material para preservar la confiabilidad del proceso del análisis metalográfico. Con esto, podemos decir que el prototipo es funcional y técnicamente viable para su desarrollo en este campo. Sin embargo, debemos parametrizar correctamente para tener un control adecuado de variables

críticos como la velocidad o la temperatura ocasionada por la fricción de la banda hacia la probeta utilizada.

- Los costos del prototipo son bajos con respecto al tiempo de uso, son valores considerables y esto podría ser el inicio de una posible inversión si se desea mejorar. Cabe mencionar que las bandas lijadoras actuales se basan más en la industria de la madera con el fin de entregar mejores acabados. La implementación del sistema de refrigeración líquida permitió controlar la temperatura durante el proceso, eliminando posibilidad de deformaciones del material y garantizando superficies respetando normas de suma importancia para el estudio del caso como la norma ASTM E3 y la ASTM E407. Con ello el prototipo, no solo garantiza mejor optimización en tiempos, sino que asegura calidad de superficie para el estudio metalográfico.

4.2. Recomendaciones

- Hay que considerar que al presentar el prototipo no es necesario la aplicación de presión de la muestra con la lija en largas jornadas de forma directa porque se refleja con el cansancio de brazos o de la mano a la que se encontraba en contacto con la máquina manual. En este caso, se trató con el acero comercial AISI 1018, donde a temperaturas fueron consideradas correctamente. El uso superior del minuto y medio se refleja en una probeta calentada donde dicho calor se transmite al contacto físico afectando levemente al usuario. Aunque, esto se solventa en gran parte con la inserción del sistema de enfriamiento usando como refrigerante el agua con un poco de alúmina para alisar la superficie de la probeta. Por ello, es necesario utilizar dicho sistema durante el proceso de lijado.
- En la industria del acero, este prototipo abre muchas puertas ya que no solo se encarga de lijar, sino que puede cumplir la función de afilar instrumentos de uso como tijeras, filos de cuchillas u otros instrumentos de trabajo que requieran afilar. Mejora la capacidad de usos de la maquinaria beneficiando al estudio de varias ramas relacionadas al análisis de microestructura como otros. La garantía de enseñanza de este tipo de sistemas regulables permite ampliar conocimientos y reforzarlos como en el área del estudio dinámico como estático de los elementos.

- La lijadora desarrollada presenta una velocidad uniforme, la cual resultó adecuada para el proceso de obtención de superficies planas en probetas metalográficas. No obstante, la inserción de un control de velocidades constituye una mejora técnica viable en un futuro siempre que se consideren estudiar rangos óptimos de velocidades para cada uno de los materiales considerando un comportamiento distinto así que es de suma importancia estudiar sobre velocidades reguladas de banda de lija, estudiar cuanto refrigerante suministrar y si es posible analizar sobre la rugosidad superficial. Desde el punto de vista operativo el prototipo fue diseñado para facilitar el mantenimiento y está pensado para intercambiar componentes cuando sea necesario. Principalmente cuando se necesite intercambiar las bandas de lija para obtener una superficie de trabajo adecuado.

BIBLIOGRAFÍA

[1] «content.pdf». Accedido: 26 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/b858c262-1f3a-446d-9e58-528c4f093be3/content

[2] «PDF». Accedido: 26 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/0eb5cb12-4b38-4cf3-b997-7d1b01a2ab5f/content

[3] «UPS-KT00893.pdf». Accedido: 26 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7808/6/UPS-KT00893.pdf

[4] «Snapshot». Accedido: 26 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.studocu.com/latam/document/universidad-de-el-salvador/ciencia-de-los-materiales/metalografia-cuantitativa-acero-1045/8577281

[5] «PDF». Accedido: 26 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/15755/1/85T00614.pdf

[6] D. López, «Metalografia cuantitativa acero 1045 - Metalografía de Aceros Estructurales al Carbono y Medición - Studocu», ESPOCH, Riobamba, Educativo Metalografía de Aceros Estructurales al Carbono y Medición del tamaño de grano. Accedido: 26 de abril de 2025. [En

línea]. Disponible en: https://www.studocu.com/latam/document/universidad-de-el-salvador/ciencia-de-los-materiales/metalografia-cuantitativa-acero-1045/8577281

[7] M. Tagowski y I. P. Chmielik, «The Effect of Surface Preparation on Result Deviations During Roughness Measurements Using the Contact Method», Appl. Sci., vol. 14, n.º 21, p. 9849, ene. 2024, doi: 10.3390/app14219849.

[8] I. Traxler et al., «Optimization of Metallographic Sample Preparation for AFM/SKPFM Based Phase Distinction of Complex and Dual Phase High Strength Steels», Pract. Metallogr., vol. 58, n.º 6, pp. 308-331, jun. 2021, doi: 10.1515/pm-2021-0024.

[9] N. Fang, R. Birch, y T. B. Britton, «Optimizing broad ion beam polishing of zircaloy-4 for electron backscatter diffraction analysis», 30 de marzo de 2022, arXiv: arXiv:2201.02501. doi: 10.48550/arXiv.2201.02501.

[10] «(PDF) Metallographic Specimen Preparation for Electron Backscattered Diffraction», ResearchGate, ago. 2025, doi: 10.3139/147.110151.

[11] D. Serafin, «El efecto de la preparación de la superficie en la oxidación a alta temperatura de Ni, Cu y aleación de Ni-Cu», vol. 2, nov. 2020, doi: https://doi.org/10.48550/arXiv.1909.13659.

[12] J. M. Alves, «Estudio de la preparación metalográfica y tensiones residuales del acero TRIP 304L», 2025, sep. 2025, doi: https://doi.org/10.1007/s11661-025-07933-y.

[13] S. Moore, «Métodos de preparación de muestras para un análisis HS-AFM óptimo: Acero inoxidable dúplex», vol. 222, mar. 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.ultramic.2021.113210.

[14] L. Á. Pinto, «Influencia del método de preparación de superficies en la cuantificación de austenita retenida», vol. 24, 2020, doi: https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2020.101226.

[15] H. Quing, «Mediciones por SKFM y modelado de elementos finitos de difusión y distribución de átomos de hidrógeno en ferrita y bainita contenidas en acero X80», vol. 94, ene. 2023, doi: https://doi.org/10.1002/srin.202200810.

[16] D. Serafin, W. J. Nowak, y B. Wierzba, «The effect of surface preparation on high temperature oxidation of Ni, Cu and Ni-Cu alloy», Appl. Surf. Sci., vol. 476, pp. 442-451, may 2019, doi: 10.1016/j.apsusc.2019.01.122.

[17] N. Wojciech, «Efecto de la rugosidad de la superficie en el comportamiento de oxidación de la etapa temprana de la superaleación a base de Ni IN 625», nov. 2020, doi: https://doi.org/10.48550/arXiv.2011.08931.

[18] Í. Carneiro, «Avances recientes en la caracterización de metales por EBSD», vol. 10, n.º 8, 2020, doi: https://doi.org/10.3390/met10081097.

[19] R. R. Fischer, «Procedimiento para la preparación mecánica para la caracterización mediante EBSD de la orientación cristalográfica en capas superficiales de aceros inoxidables austeníticos nitrurados por plasma», vol. 24, n.º 4, nov. 2021, doi: https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2021-0034.

[20] M. Matsuzawa, «Efecto del tamaño de grano en el cambio en la rugosidad de la superficie de los aceros al carbono a través de procesos de pulido», 05/01/2022, vol. 16, n.º 1, pp. 95-103, jul. 2021, doi: 10.20965/ijat.2022.p0095.

[21] R. Yin, «Investigación de la microestructura y las propiedades del acero de ultra alta resistencia en componentes de motores aeronáuticos después de procesos de tratamiento térmico y deformación», 27/07/2023, vol. 13, n.º 8, p. 1353, doi: https://doi.org/10.3390/met13081353.

[22] S. Doddapanemi, «Avances en las técnicas de EBSD: una revisión exhaustiva de la caracterización de compuestos y metales, preparación de muestras y parámetros operativos», 13/03/2025, vol. 9, n.º 3, feb. 2025, doi: https://doi.org/10.3390/jcs9030132.

[23] «Efectos de la microestructura y la austenita retenida/invertida sobre el comportamiento a la corrosión del acero de alta resistencia NiCrMoV/Nb», 7, vol. 40, may 2025, doi: https://doi.org/10.1038/s41529-023-00361-6.

[24] H. Dong, «Una estrategia eficiente para evaluar la fragilización por hidrógeno mediante compresión de micro pilares en acero de alta resistencia en gradiente de composición», vol. 38, pp. 5856-5965, doi: https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2025.09.012.

[25] M. Dang, «Una investigación sobre la integridad de la superficie de las herramientas de corte de carburo de tungsteno y acero de alta velocidad micro mecanizadas», vol. 14, n.º 10, oct. 2023, doi: https://doi.org/10.3390/mi14101970.

[26] K. Feng, 17/09/2024, vol. 34, pp. 13697-13709, jun. 2025, doi: https://doi.org/10.1007/s11665-024-10090-9.

[27] B. Cwb, «Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens», 2017, p. 12, doi: 10.1520/E0003-11R17.

[28] «Metallography Lab Techniques Overview», Accedido: 8 de enero de 2026. [En línea]. Disponible en: https://es.scribd.com/document/787867469/MSE311-Metallography-I-II-Lab-Manuel-2?

[29] E. Virhuez, «Examen de suficiencia profesional Res. N°0854-2018-D-FATEC», 2018, 2018, Accedido: 25 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.une.edu.pe/server/api/core/bitstreams/24bd4886-27f0-4fab-81d4-56e2afdcc491/content

[30] A. Usategui, Robótica Práctica: Tecnología y Aplicaciones, vol. 13. Madrid, España: Paraninfo S.A., 2005. Accedido: 15 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.abebooks.com/9788428313773/Rob%C3%B3tica-pr%C3%A1ctica-tecnolog%C3%ADa-aplicaciones-Jos%C3%A9-8428313776/plp

[31] «Material Property Data», Descriptivo. Accedido: 25 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=b58ee61a3745453a9232f7864abba74f&ckck=1

[32] «Material Property Data». Accedido: 25 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=e589db903f884e619e18888723fa0ebd

[33] Buehler, «Metallographic Preparation of Tool Steels», vol. 5, p. 4. Accedido: 22 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.buehler.com/assets/solutions/technotes/Metallographic-Preparation-of-Tool-Steels-TechNote-Volume-5-Issue-3.pdf?

[34] E. Indacochea, «Microstructures of steels: (a) Hot-rolled AISI 1010, (b) AISI 1018, (c) AISI 1045, and (d) AISI 1045-High Mn/stress-proof», Accedido: 8 de enero de 2026. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/figure/Microstructures-of-steels-a-Hot-rolled-AISI-1010-b-AISI-1018-c-AISI-1045-and_fig3_225689889

ANEXOS

5.1. Tablas de Propiedades del material

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.87 g/cc	0.284 lb/in³	Typical for steel

Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Brinell	105	105	
Hardness, Knoop	123	123	Converted from Brinell
Hardness, Rockwell B	60	60	Converted from Brinell
Hardness, Vickers	108	108	Converted from Brinell
Tensile Strength, Ultimate	365 MPa	52900 psi	
Tensile Strength, Yield	305 MPa	44200 psi	
Elongation at Break	20 %	20 %	in 50 mm
Reduction of Area	40 %	40 %	
Modulus of Elasticity	200 GPa	29000 ksi	Typical for steel
Bulk Modulus	160 GPa	23200 ksi	Typical for steel
Poissons Ratio	0.29	0.29	Typical For Steel
Machinability	55 %	55 %	Based on AISI 1212 steel = 100%. Group I bar, rod, and wire products machinability can be improved by cold drawing.
Shear Modulus	80.0 GPa	11600 ksi	Typical for steel

Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity	0.0000143 ohm-cm	0.0000143 ohm-cm	condition unknown

Thermal Properties	Metric	English	Comments
CTE, linear	12.2 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 100 °C	6.78 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 212 °F	

Figura. 36 Propiedades del Acero AISI 1010 Galvanizado y Laminado en caliente *[31]*

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.87 g/cc	0.284 lb/in³	Typical for steel

Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Brinell	116	116	
Hardness, Knoop	135	135	Converted from Brinell
Hardness, Rockwell B	66	66	Converted from Brinell
Hardness, Vickers	120	120	Converted from Brinell
Tensile Strength, Ultimate	400 MPa	58000 psi	
Tensile Strength, Yield	220 MPa	31900 psi	
Elongation at Break	25 %	25 %	in 50 mm
Reduction of Area	50 %	50 %	
Modulus of Elasticity	200 GPa	29000 ksi	
Bulk Modulus	159 GPa	23100 ksi	Estimated from elastic modulus
Poissons Ratio	0.29	0.29	Typical for steel
Shear Modulus	78.0 GPa	11300 ksi	Estimated from elastic modulus

Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity	0.0000159 ohm-cm @Temperature 0.000 °C	0.0000159 ohm-cm @Temperature 32.0 °F	annealed condition
	0.0000219 ohm-cm @Temperature 100 °C	0.0000219 ohm-cm @Temperature 212 °F	annealed condition
	0.0000293 ohm-cm @Temperature 200 °C	0.0000293 ohm-cm @Temperature 392 °F	annealed condition

Thermal Properties	Metric	English	Comments
CTE, linear	11.5 µm/m-°C @Temperature 20.0 °C	6.39 µin/in-°F @Temperature 68.0 °F	Typical steel

Figura. 37 Principales propiedades del Acero AISI 1018 Laminado en caliente *[32]*

5.2. Costos Directos

Tabla 17. Costos de Materiales Utilizados

COMPONENTES			
	Componente	**Cantidad**	**Costo Unitario**
1	Motor LG (Doble Tina)	1	45,50
2	Cable TFF - TFN #16 AWF Flexible	1	0,52
3	Terminal Hembra 1/4-AMAR CSC 12-10 (100U)	4	0,22
4	Capacitor motor LG	1	6,00
4	Enchufe blanco Paralelo 15 AMP 2014DB BTICINO	1	0,96
5	Banda de Lija 4" x 36" Pack x 3	3	22,98
6	Lija Comercial diferentes numeraciones	8	4,06
7	Eje de Acero SAE 1018 (20 cm x 3/4")	1	1,05
8	Rodamiento RLS6-2RS	2	14,00
9	Tubo redondo 2*2 Galvanizado (60*2)	1	4,11
10	Tubo Cuadrado 11/2*2L/C (40*2)	1	3,04
11	Platina 1*1/4 (25*6)	1	1,73
12	Platina 1/2*1/4 (12*8)	1	0,97
13	Ángulo 11/4*1/8 (30*3)	1	1,55
14	Bisagra 5/8*3	1	0,82
15	Eje de Acero SAE 1018 (1") x 5cm	1	0,46
16	Mariposa 3/8	1	0,52
17	Perno 1/4x1"" Rosca Fina Grado 5	4	1,00

18	Perno 3/4 x 7"" Acero Rosca Fina Grado 5	1	3,30
19	Envase Plástico	1	0,13
20	Resorte semirrígido de sujeción	1	5,00
21	Esmalte Sintético color Plateado	1	2,32
22	Esmalte Sintético color Azul Marino	1	2,32
23	Prisioneros 1/4	2	0,25
24	Tornillos 1/4 x 1	4	1,00
25	Switch 2x30 W	1	1,60
26	Diluyente Laca Estándar	1	1,12
27	Multi Primer Universal	1	1,83
28	Cable Gemelo SPT 2x14 AWG x 1m	3	2,86
29	Arandelas para perno 7"	2	1,00
30	Perno Inoxidable 3/8 x 1"	2	1,00
		TOTAL	133,22

5.2.1. Costos Complementarios

Tabla 18. Costos de mano de obra

MANO DE OBRA			
Ocupación	**Horas de Trabajo**	**Costo Hora**	**Costo Total**
Maestro	240	2,10	500
Lugar de Ocupación	240	0,30	72
Imprevistos	-	-	48
		TOTAL	620

5.2.3. Costo total

Tabla 19. Costo total para fabricación de la máquina

COSTO TOTAL	
Costo de Componentes	133,22
Costos Mano de Obra + Costos Indirectos	620
TOTAL	753,22

5.3. Anexos Complementarios



Figura. 38 Proceso de Lijado Convencional



Figura. 35 Prueba de la Máquina Lijadora Planteada

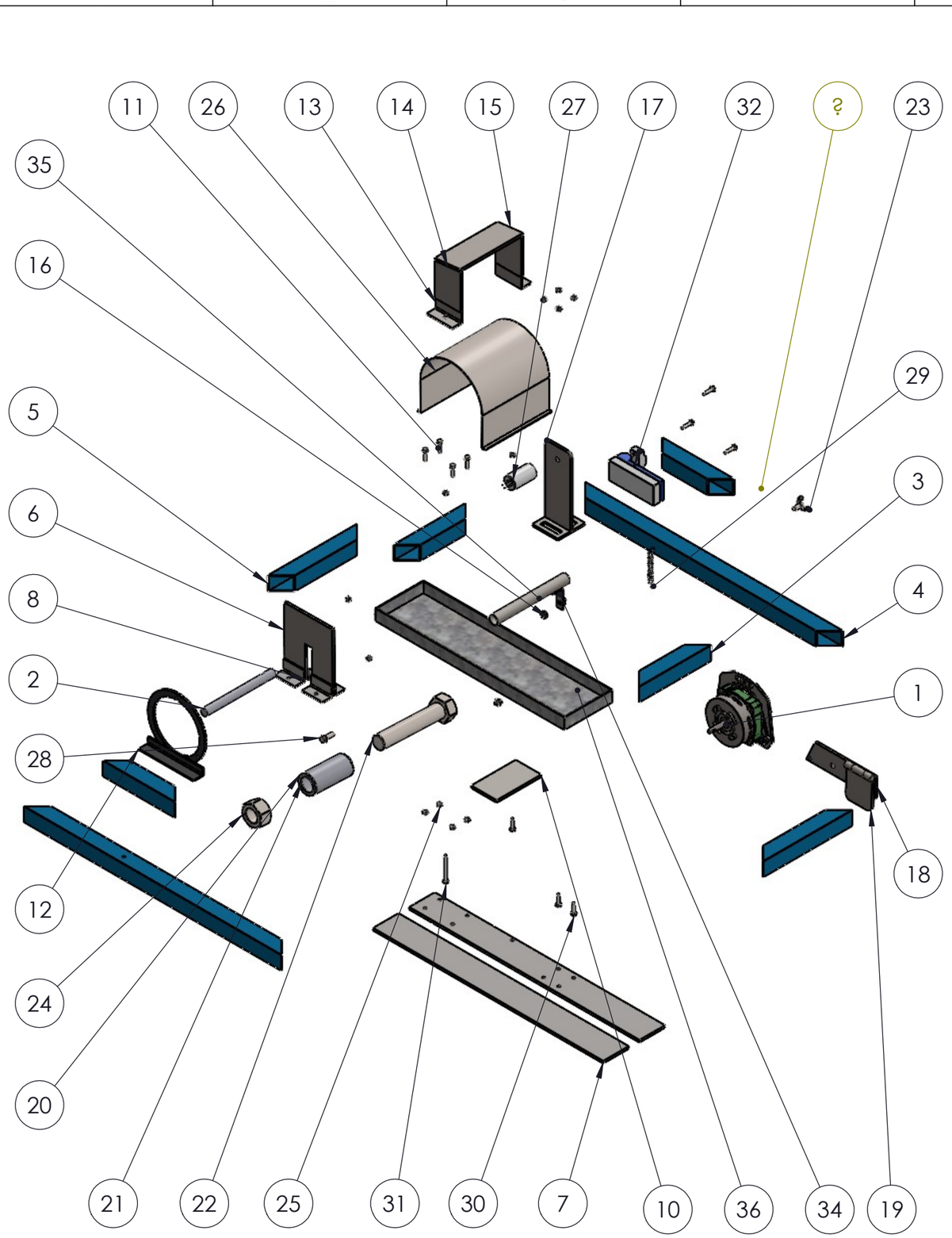


Figura. 36 Presentación de la Máquina Lijadora



Figura. 39 Peso de la máquina en lb

5.4. Planos Utilizados



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
36	Bandeja	1
35	Flautin	1
34	Soporte Flautin	1
32	Breaker	1
31	HBOLT 0.2500-20x2.5x0.75-N	1
30	HBOLT 0.2500-20x1x0.75-N	8
29	Resorte	1
28	HBOLT 0.3750-24x1x1-N	1
27	Capacitor Motor LG	1
26	Protector de Polvo	1
25	HNUT 0.2500-20-D-N	13
24	HNUT 1.3750-12-B-N	1
23	Light-0.375-16x0.75,Wing Screws,Type A,Cone Point-N	1
22	HBOLT 1.3750-12x7x3.25-N	1
21	Arandela de Eje	2
20	Rodillo Receptor	1
19	Puertita Manija	1
18	Manija Trasera 2	1
17	Manija Trasera	1
16	Anillo de Resorte	1
15	Placa base de Probeta	1
14	Soporte Plato	2
13	Ángulo de Sujeción 2	2
12	Guarda Motor	1
11	HBOLT 0.2500-20x1x0.75-N	4
10	Placa Estructura del Motor	1
9	HNUT 0.3750-24-D-N	2
8	Ángulo de Sujeción	4
7	Estructura Principal	2
6	Parte Estructural	1
5	Soporte del Sistema Corto	2
4	Soporte del Sistema	2
3	Soporte del Motor	4
2	Rodillo Motriz	1
1	Motor LG	1

Edición	Modificación	Fecha	Nombre

Tolerancia: ±0.5

(Peso): 20,534 Kg

Materiales: Varios

	Fecha	Nombre
Dibujó:	08/11/25	Peñaloza J.
Revisó:	24/11/25	Ing. Vaca H.
Aprobó:	24/11/25	Ing. Vaca H.

UTA
Ingeniería Mecánica

Denominación:
Máquina Lijadora por Banda

Escala: 1:10

Número del dibujo: 01/01

(Sustitución)

1	2	3	4

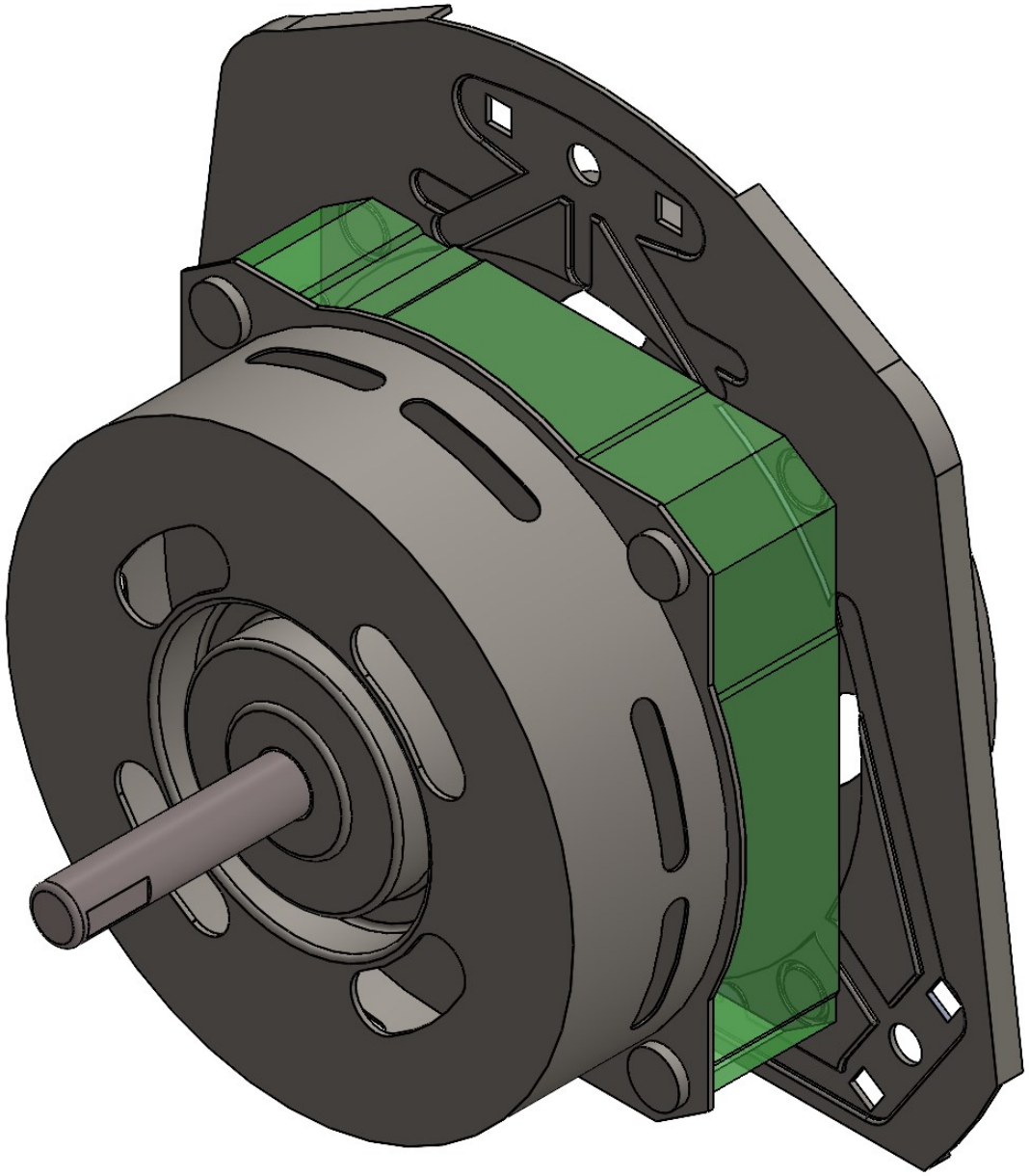
A

B

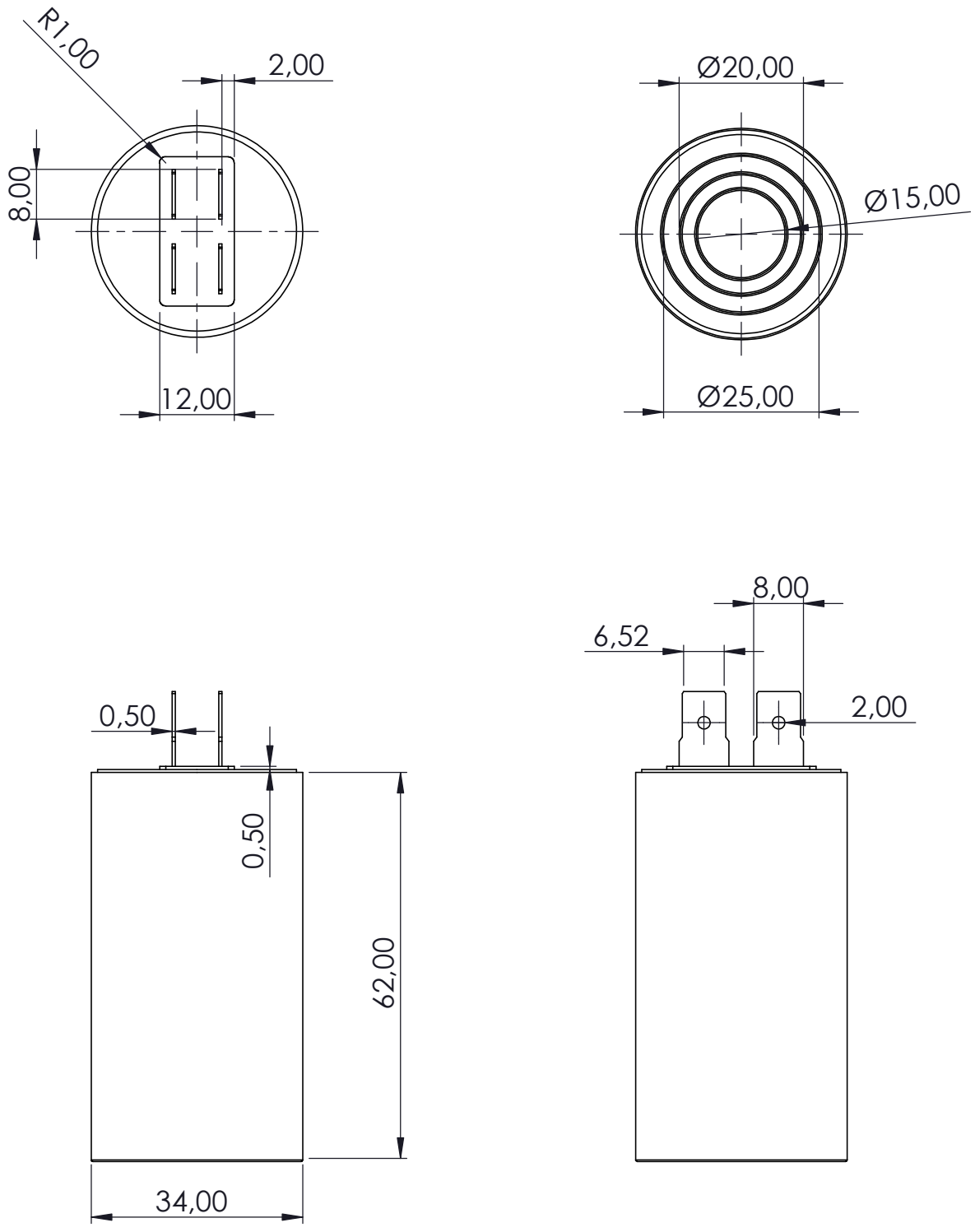
C

D

E



				Tolerancia		(Peso)	Materiales:
				±0,5		5 Kg	Varios
					Fecha	Nombre	Denominación: / Escala:
				Dibujó:	02/11/25	Peñaloza J.	Motor LG Direct Drive / 1:1
				Revisó:	24/11/25	Ing. Vaca H.	
				Aprobó:	24/11/25	Ing. Vaca H.	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ingeniería Mecánica			Número del dibujo: 01/23 (Sustitución)



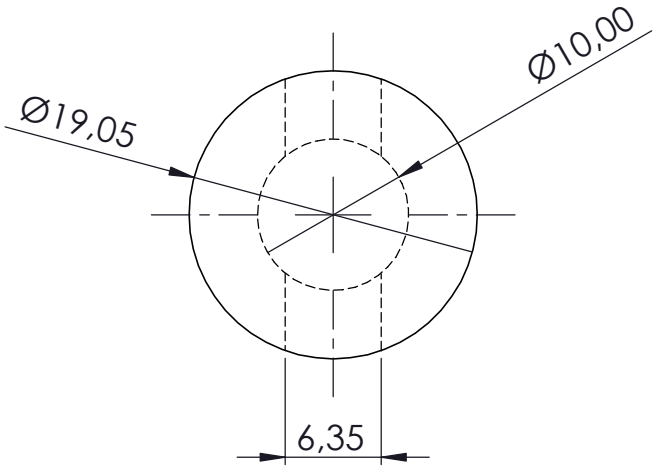
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:
				±0,5	0,099 Kg	Película de Polipropileno
					Fecha	Nombre
				Dibujó:	07/11/25	Peñaloza J.
				Revisó:	24/11/25	Ing. Vaca H.
				Aprobó:	24/11/25	Ing. Vaca H.
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ingeniería Mecánica		

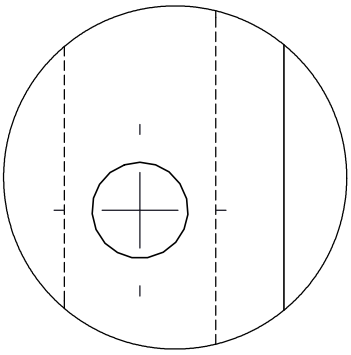
Denominación: Capacitor 12 UF Lavadora Asia

Escala: 1:1

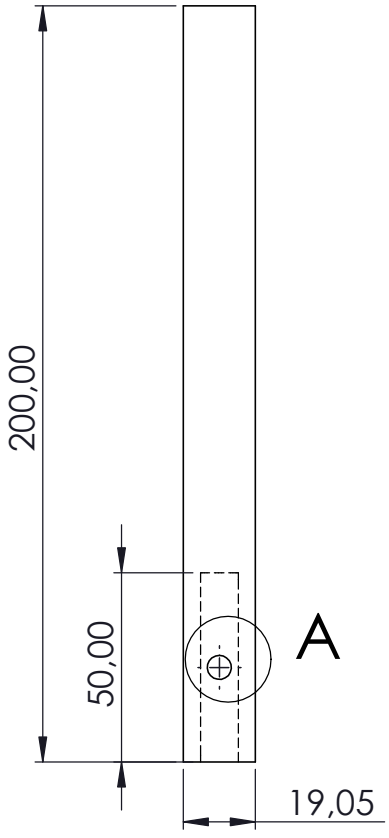
Número del dibujo: 02/23

(Sustitución)

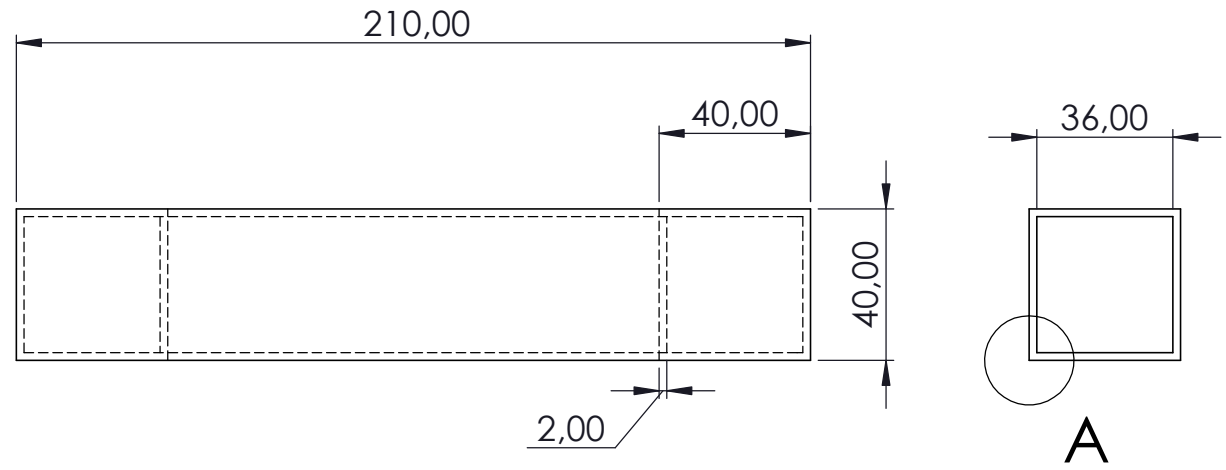


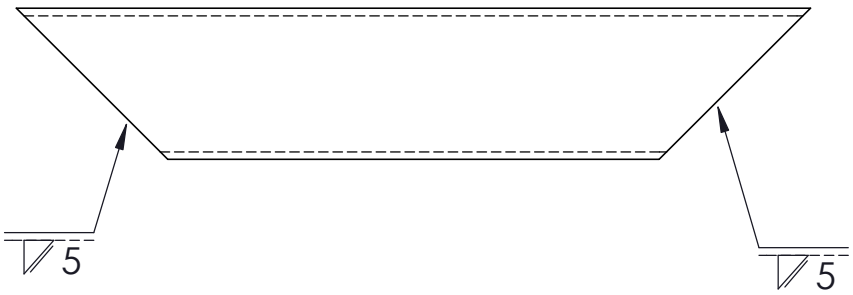


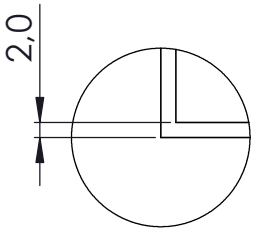
DETALLE A
ESCALA 2 : 1



				Tolerancia		(Peso)	Materiales:
				±0,1		0,414 Kg	Acero AISI 1018
					Fecha	Nombre	Denominación: / Escala:
				Dibujó:	04/11/25	Peñaloza J.	Eje Motriz / 1:2
				Revisó:	24/11/25	Ing. Vaca H.	
				Aprobó:	24/11/25	Ing. Vaca H.	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ingeniería Mecánica			Número del dibujo: 03/23
							(Sustitución)



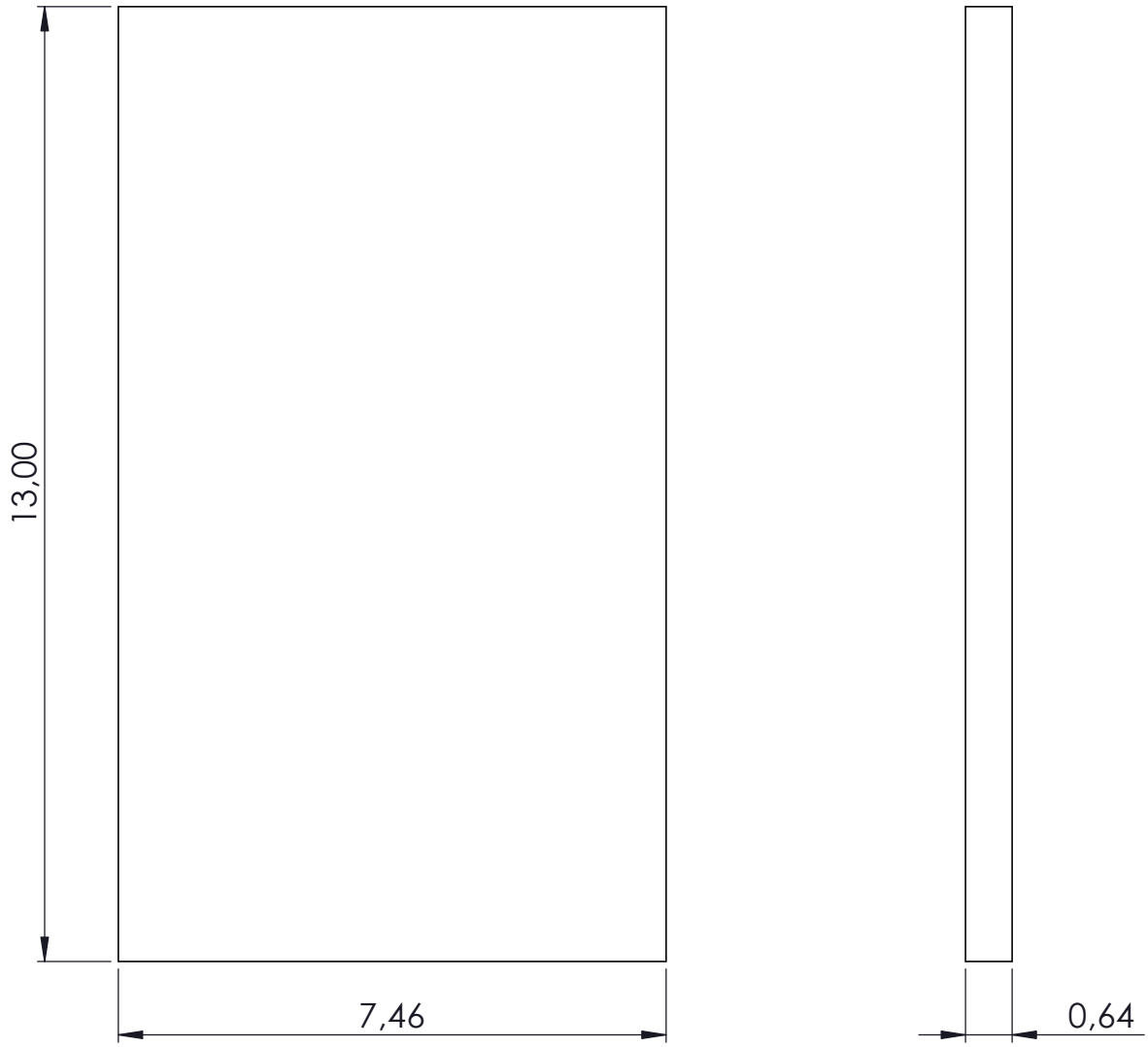




DETALLE A

ESCALA 1 : 1

				Tolerancia		(Peso)	Materiales:
				±0,1		0,406 Kg	Acero Galvanizado
					Fecha	Nombre	Denominación: Soporte del Motor — Escala: 1:2
				Dibujó:	06/11/25	Peñaloza J.	
				Revisó:	24/11/25	Ing. Vaca H.	
				Aprobó:	24/11/25	Ing. Vaca H.	
				UTA Ingeniería Mecánica			Número del dibujo: 04/23
5	Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)



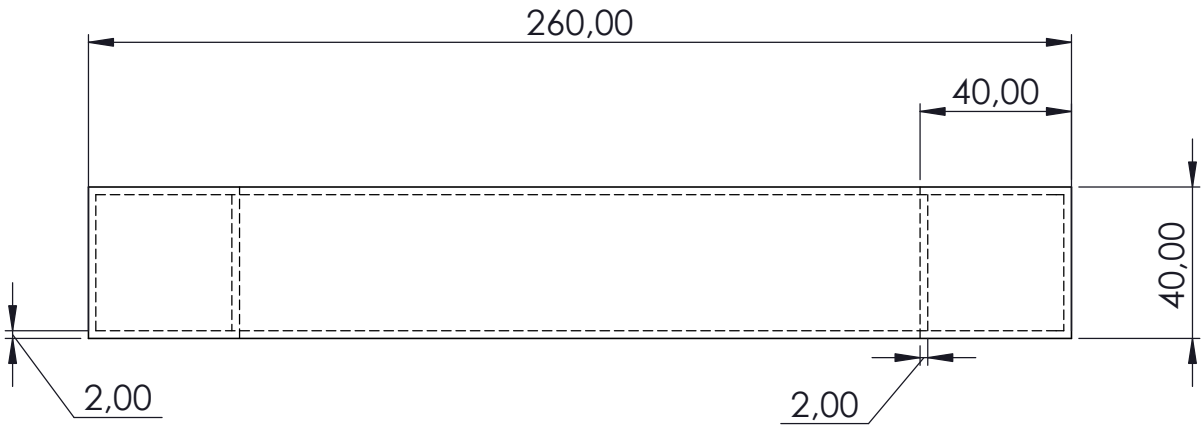
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:
				±0,1	0,483 Kg	Acero ASTM A36
					Fecha	Nombre
				Dibujó:	06/11/25	Peñaloza J.
				Revisó:	24/11/25	Ing. Vaca H.
				Aprobó:	24/11/25	Ing. Vaca H.
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ingeniería Mecánica		

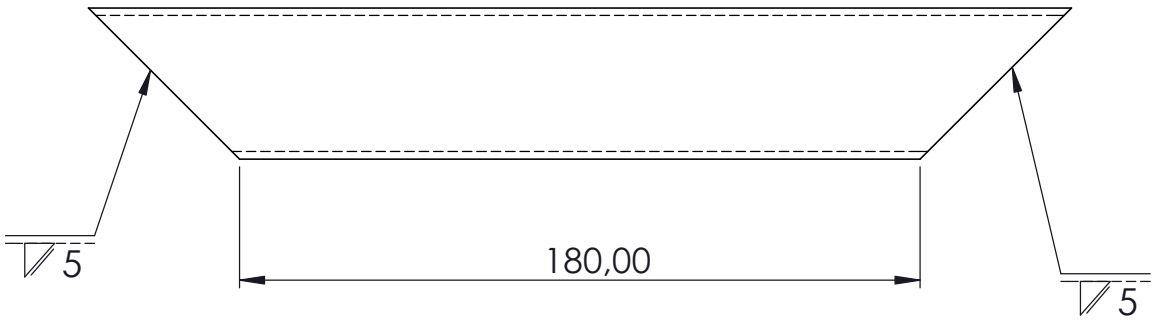
Denominación: Placa Estructura del Motor

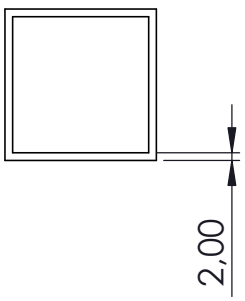
Escala: 1:1

Número del dibujo: 05/23

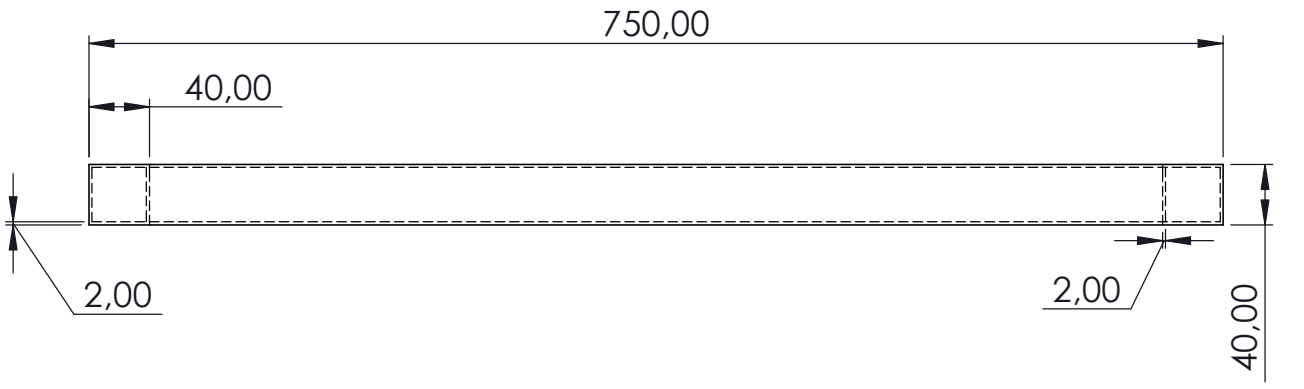
(Sustitución)

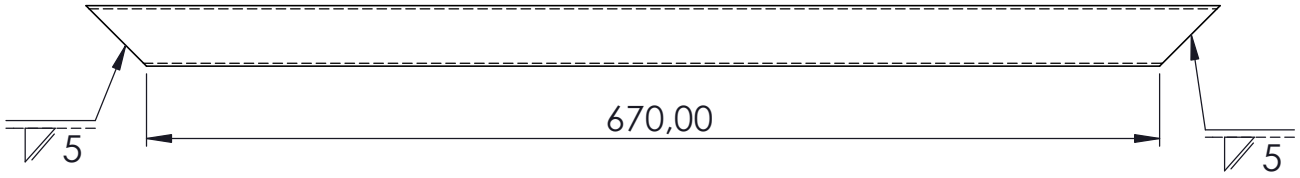


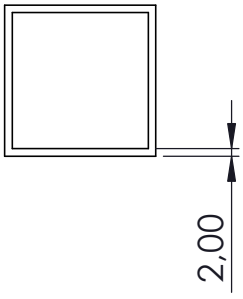




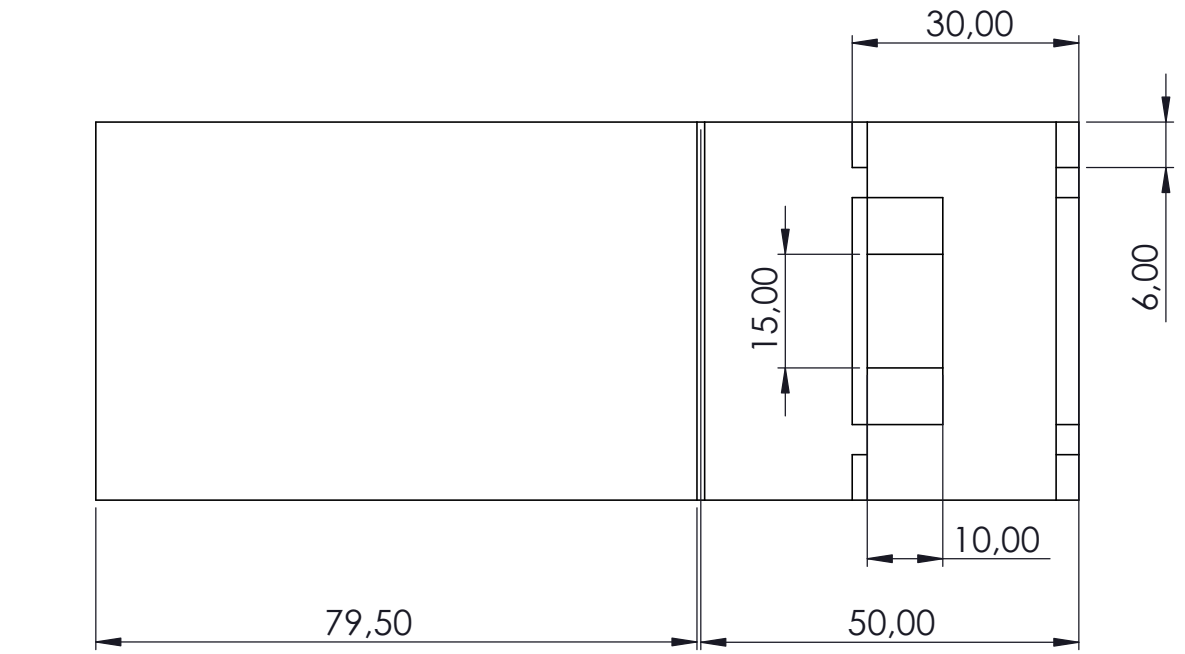
				Tolerancia		(Peso)	Materiales:
				±0,1		0,526 Kg	Acero Galvanizado
					Fecha	Nombre	Denominación: / Escala:
				Dibujó:	06/11/25	Peñaloza J.	Soporte del Sistema Corto / 1:1
				Revisó:	24/11/25	Ing. Vaca H.	
				Aprobó:	24/11/25	Ing. Vaca H.	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ingeniería Mecánica			Número del dibujo: 06/23 (Sustitución)

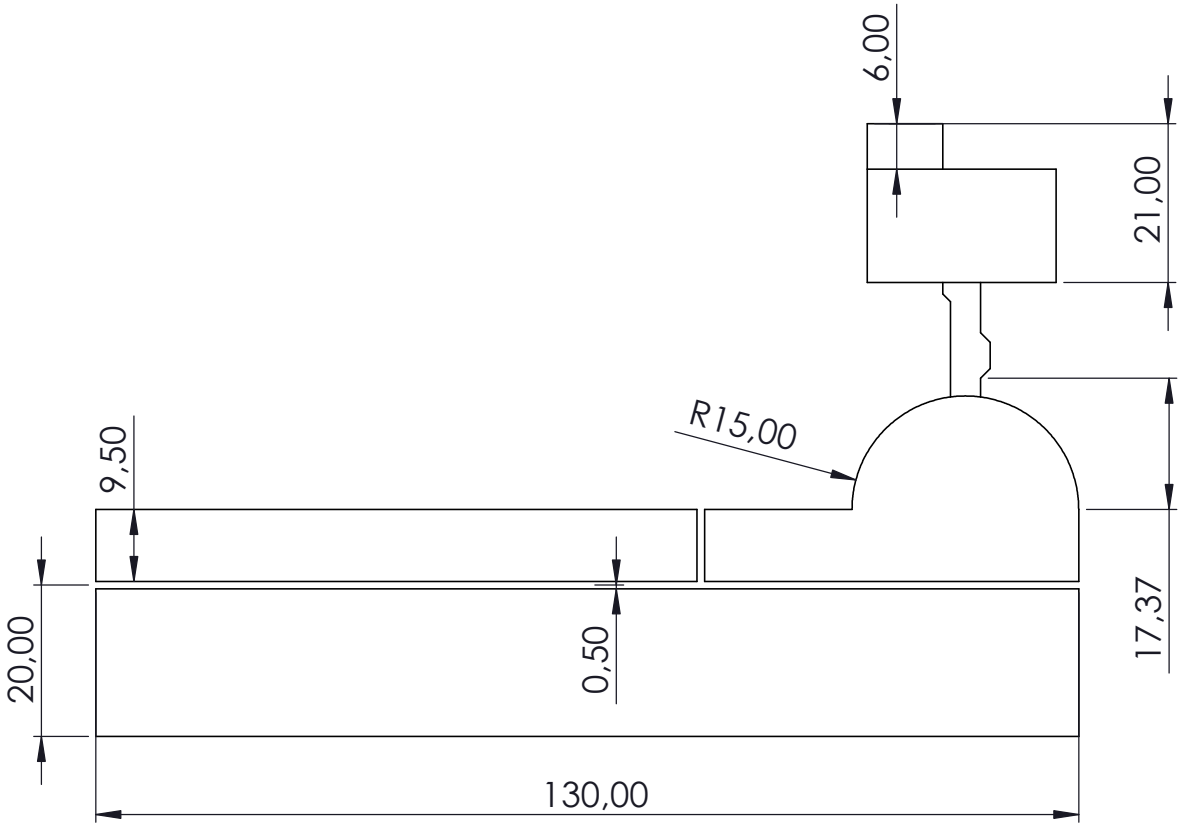




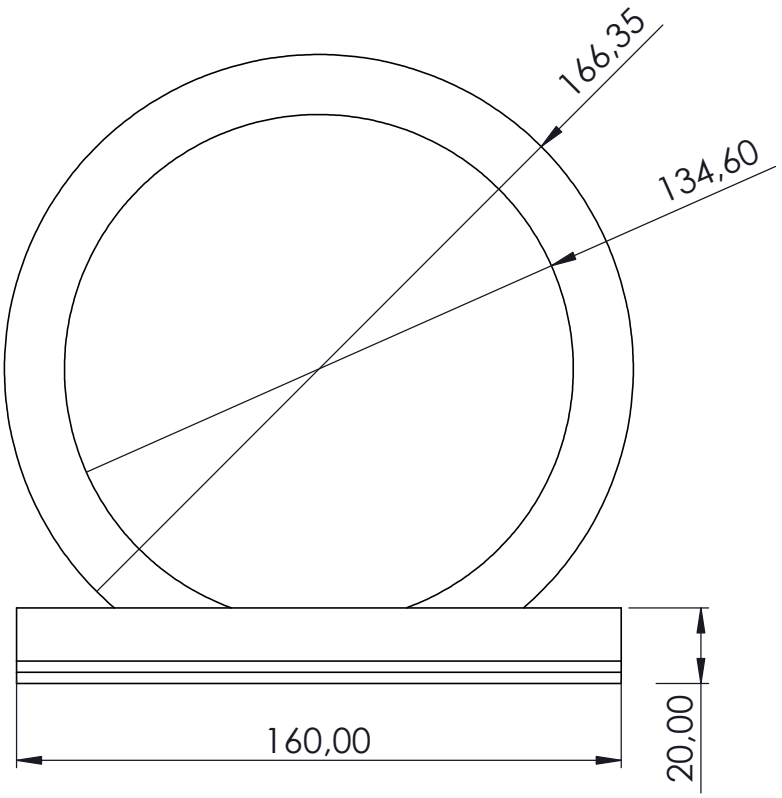


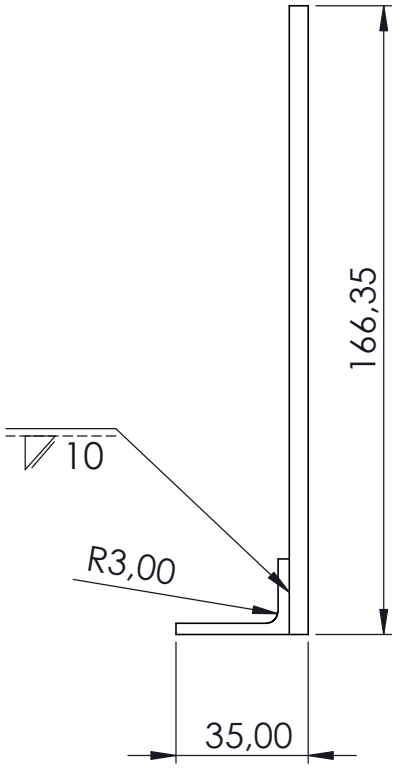
				Tolerancia		(Peso)	Materiales:
				±0,1		1,698 Kg	Acero Galvanizado
					Fecha	Nombre	Denominación: / Escala:
				Dibujó:	06/11/25	Peñaloza J.	Soporte del Sistema / 1:5
				Revisó:	24/11/25	Ing. Vaca H.	
				Aprobó:	24/11/25	Ing. Vaca H.	
				UTA Ingeniería Mecánica			Número del dibujo: 07/23
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				(Sustitución)

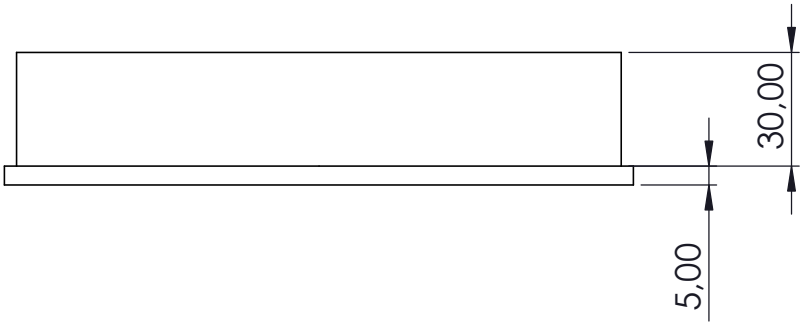




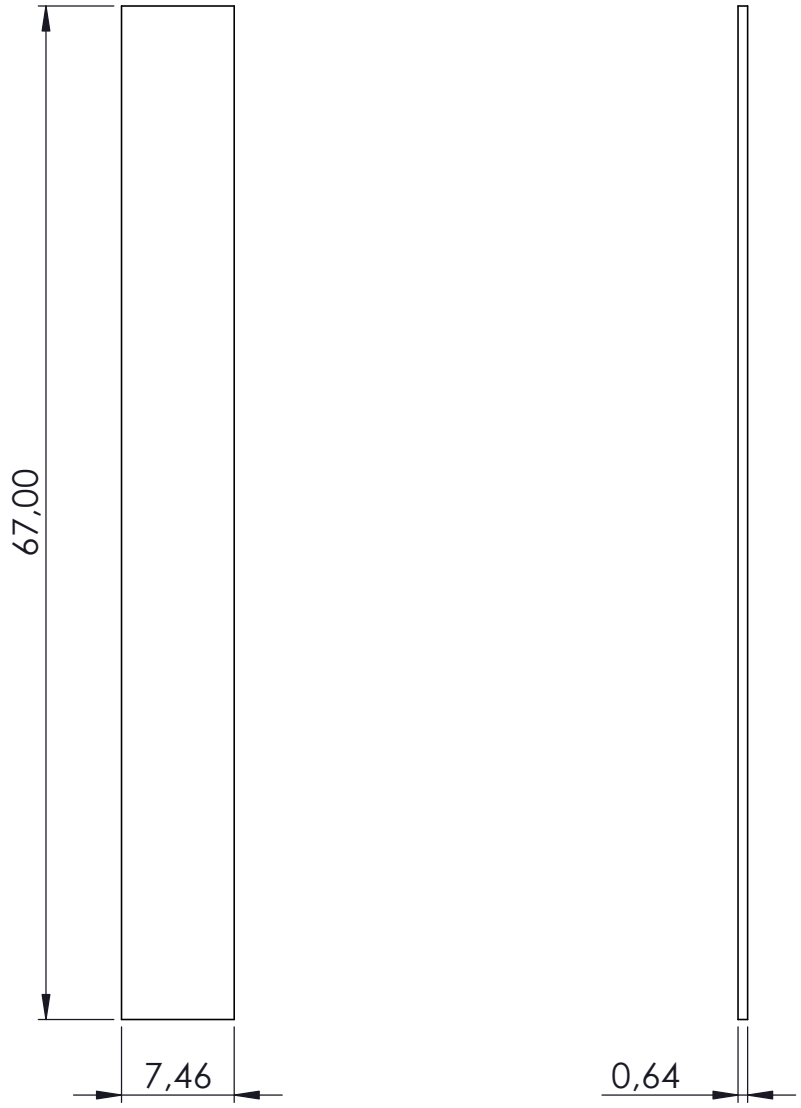
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:
				±0,1	0,45 Kg	Varios
					Fecha	Nombre
				Dibujó:	07/11/25	Peñaloza J.
				Revisó:	24/11/25	Ing. Vaca H.
				Aprobó:	24/11/25	Ing. Vaca H.
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ingeniería Mecánica		Denominación: Switch 2x30 W Escala: 1:1 Número del dibujo: 08/23 (Sustitución)







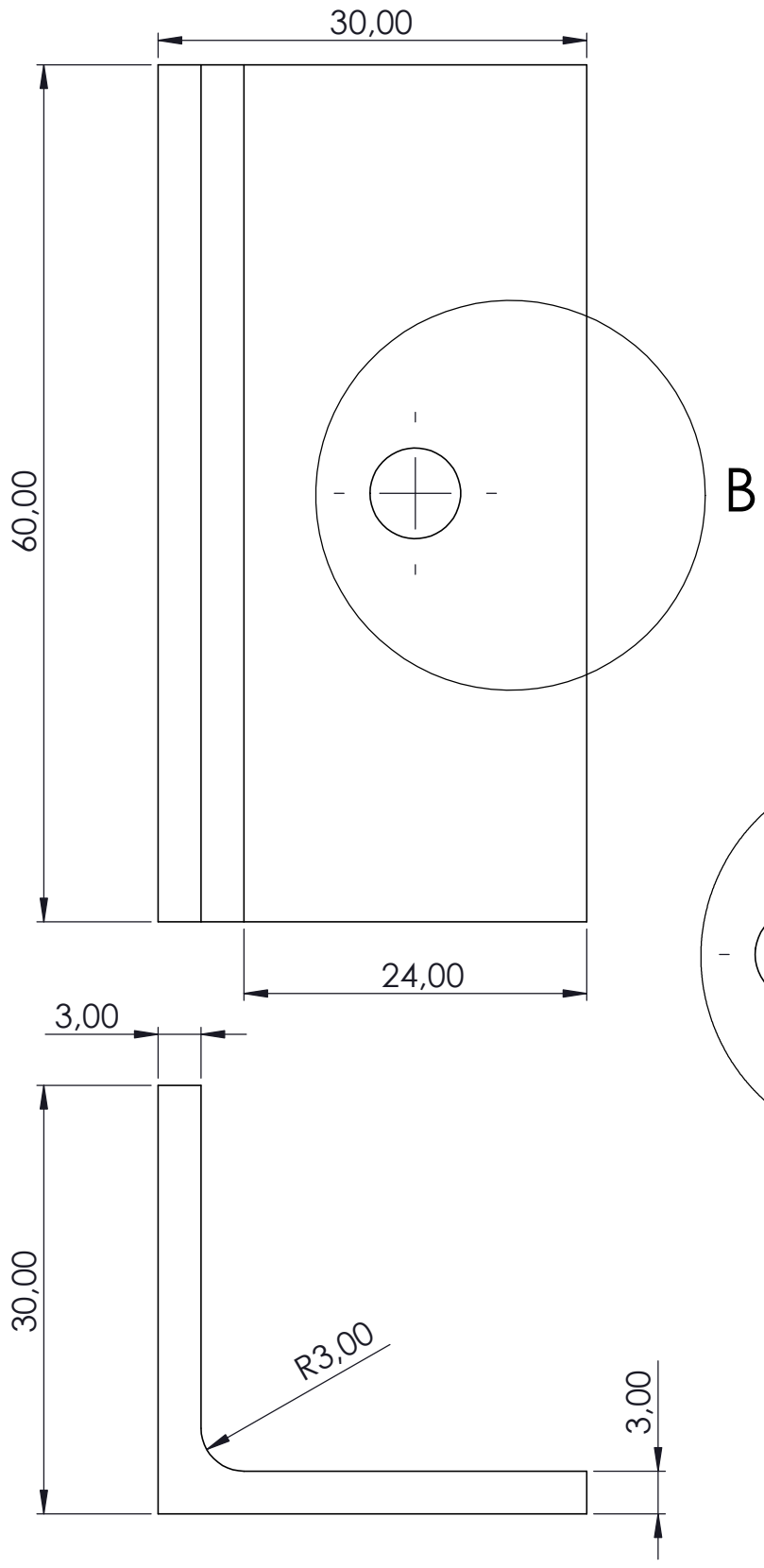
				Tolerancia		(Peso)	Materiales:
				±0,5		0,434 Kg	Fundición Gris
					Fecha	Nombre	Denominación: / Escala:
				Dibujó:	07/11/25	Peñaloza J.	Sujeción del Motor / 1:2
				Revisó:	24/11/25	Ing. Vaca H.	
				Aprobó:	24/11/25	Ing. Vaca H.	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ingeniería Mecánica			Número del dibujo: 09/23 (Sustitución)

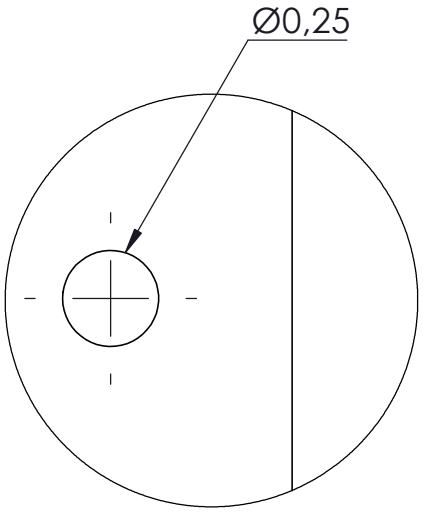


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:
				±0,1	2,491 Kg	Acero ASTM A36
					Fecha	Nombre
				Dibujó:	06/11/25	Peñaloza J.
				Revisó:	24/11/25	Ing. Vaca H.
				Aprobó:	24/11/25	Ing. Vaca H.
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 10/23 (Sustitución)

Denominación: Base Soporte del Sistema

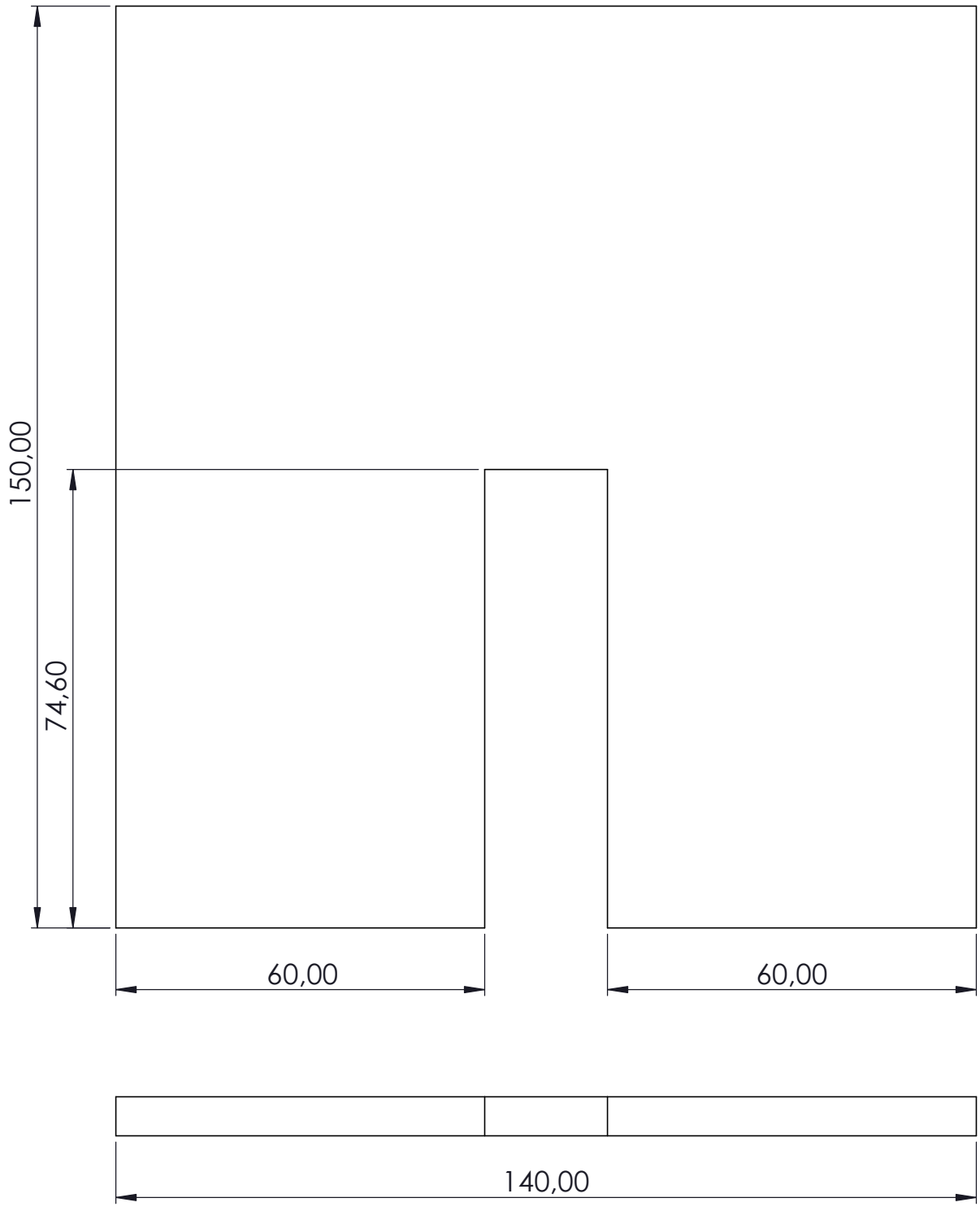
Escala: 1:5





DETALLE B
ESCALA 2 : 1

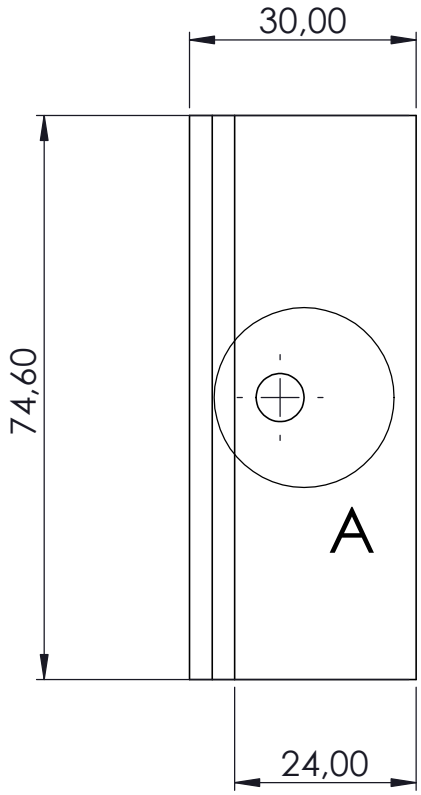
				Tolerancia		(Peso)	Materiales:
				±0,1		0,0812 Kg	Acero ASTM A36
					Fecha	Nombre	Denominación: / Escala:
				Dibujó:	07/11/25	Peñaloza J.	Ángulo de Sujeción / 2:1
				Revisó:	24/11/25	Ing. Vaca H.	
				Aprobó:	24/11/25	Ing. Vaca H.	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ingeniería Mecánica			Número del dibujo: 11/23 (Sustitución)

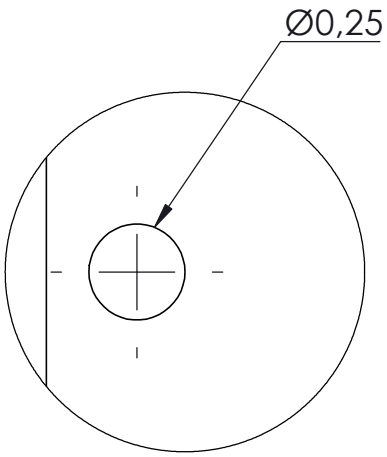


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:
				±0,1	0,972 Kg	Acero ASTM 36
					Fecha	Nombre
				Dibujó:	06/11/25	Peñaloza J.
				Revisó:	24/11/25	Ing. Vaca H.
				Aprobó:	24/11/25	Ing. Vaca H.
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 12/20 (Sustitución)

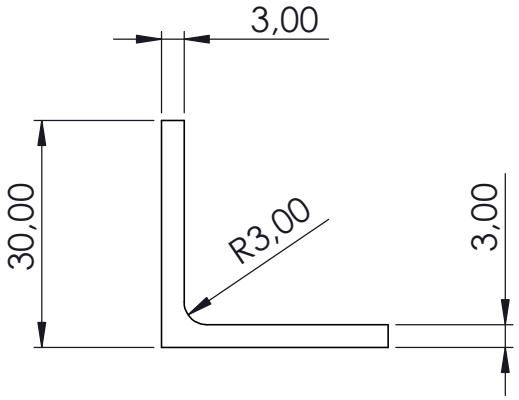
Denominación: **Soporte Delantero Motor**

Escala: 1:1

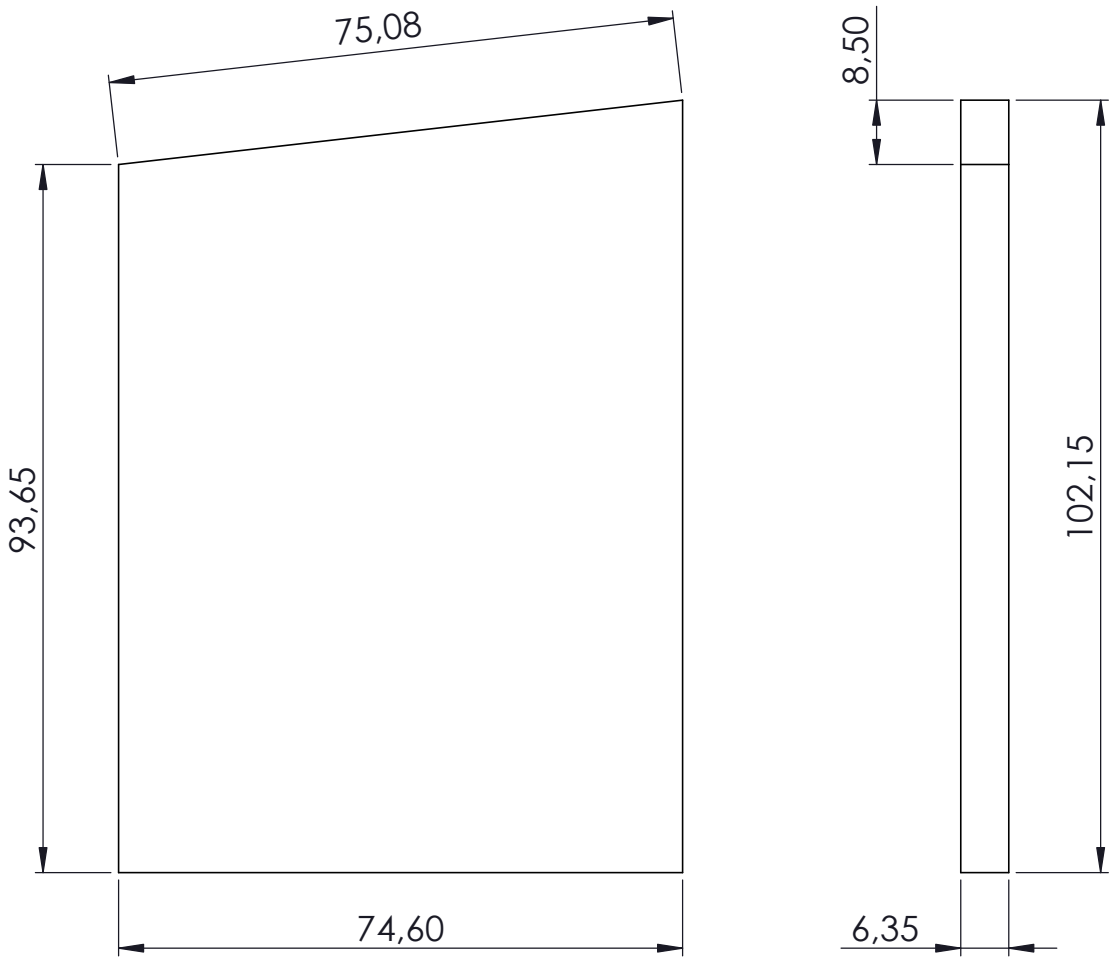




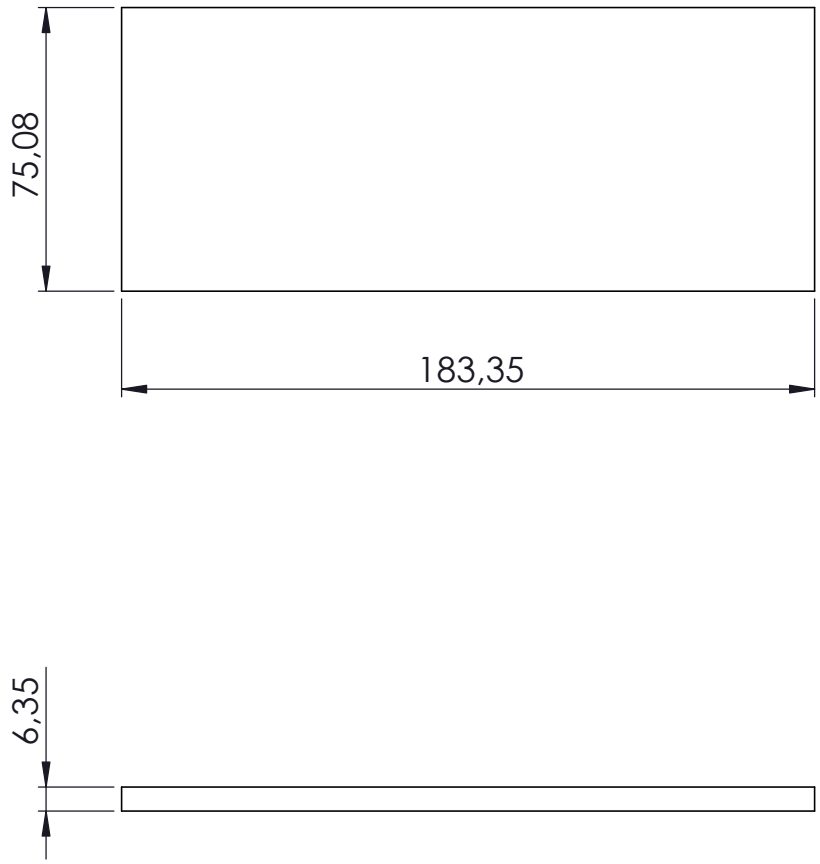
DETALLE A
ESCALA 2 : 1



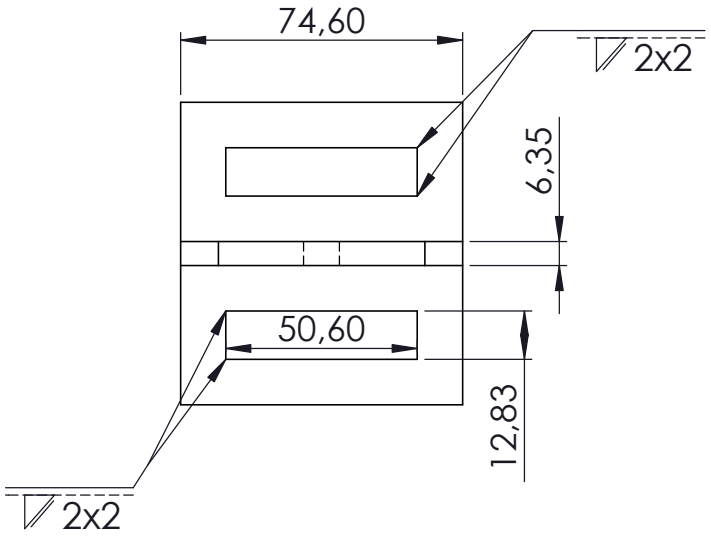
				Tolerancia		(Peso)	Materiales:
				±0,1		0,10052 Kg	Acero ASTM A36
					Fecha	Nombre	Denominación: Ángulo Sujeción de Plato — Escala: 1:1
				Dibujó:	07/11/25	Peñaloza J.	
				Revisó:	24/11/25	Ing. Vaca H.	
				Aprobó:	24/11/25	Ing. Vaca H.	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ingeniería Mecánica			Número del dibujo: 13/23 (Sustitución)

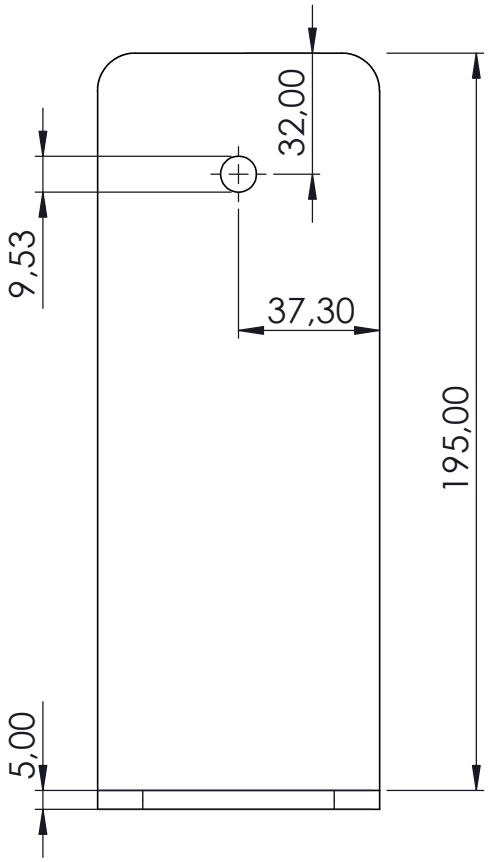


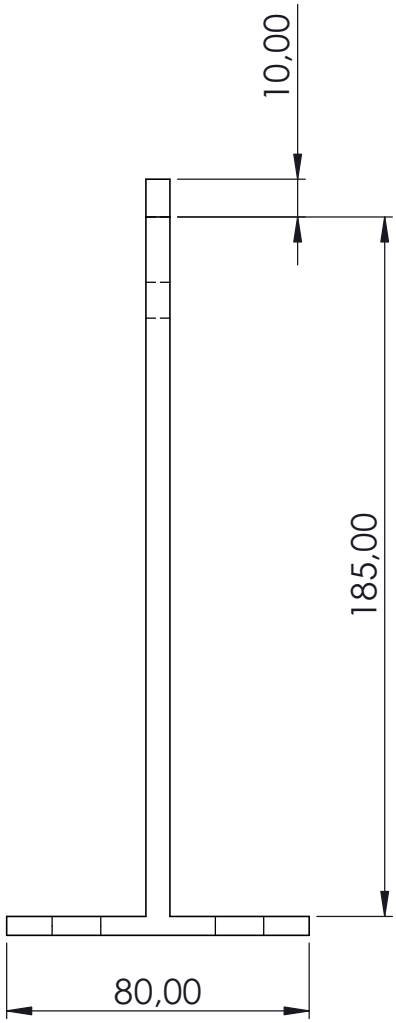
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:
				±0,1	0,364 Kg	Acero ASTM A36
					Fecha	Nombre
				Dibujó:	06/11/25	Peñaloza J.
				Revisó:	24/11/25	Ing. Vaca H.
				Aprobó:	24/11/25	Ing. Vaca H.
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ingeniería Mecánica		Denominación: Soporte del Plato Escala: 1:1 Número del dibujo: 14/23 (Sustitución)



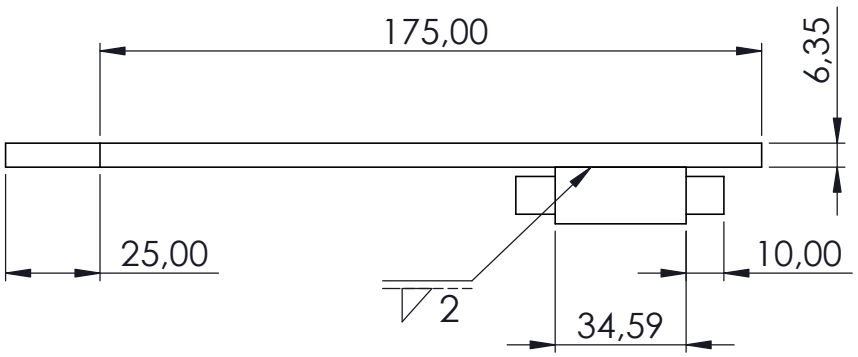
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:
				±0,1	0,686 Kg	Acero ASTM A36
					Fecha	Nombre
				Dibujó:	06/11/25	Peñaloza J.
				Revisó:	24/11/25	Ing. Vaca H.
				Aprobó:	24/11/25	Ing. Vaca H.
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ingeniería Mecánica		Denominación: Placa base de Probeta
						Escala: 1:2
						Número del dibujo: 15/23
						(Sustitución)

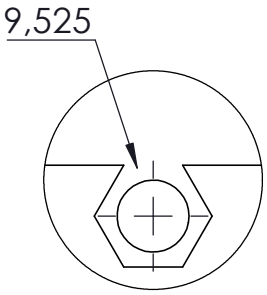






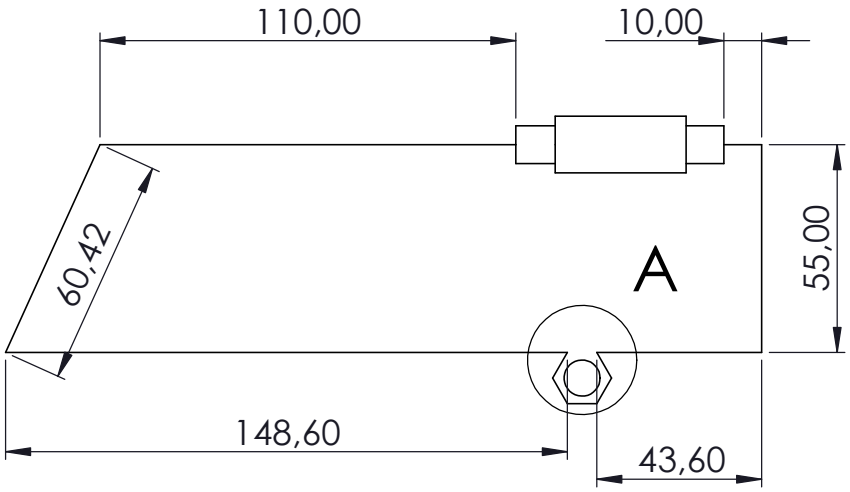
				Tolerancia		(Peso)	Materiales:
				±0,1		0,902 Kg	Acero ASTM A36
					Fecha	Nombre	Denominación: / Escala:
				Dibujó:	06/11/25	Peñaloza J.	Soporte Manija Trasera / 1:2
				Revisó:	24/11/25	Ing. Vaca H.	
				Aprobó:	24/11/25	Ing. Vaca H.	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ingeniería Mecánica			Número del dibujo: 16/23 (Sustitución)

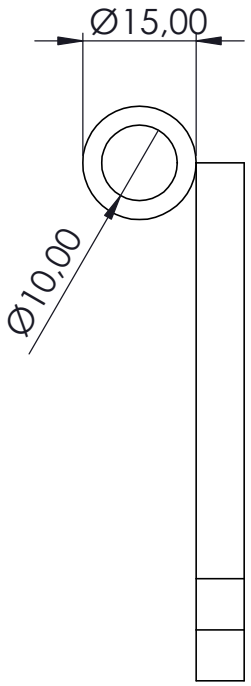




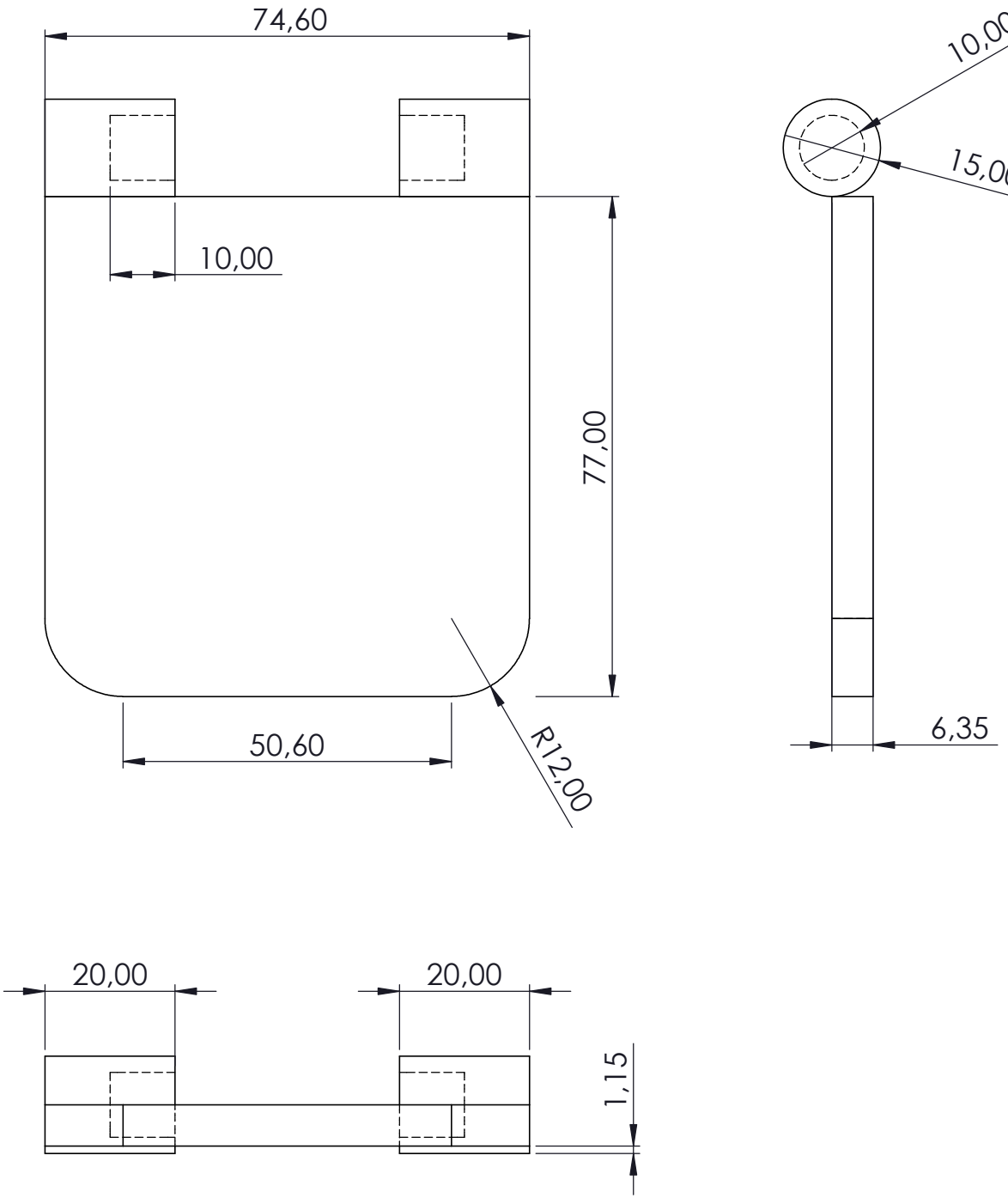
DETALLE A

ESCALA 1 : 1





				Tolerancia		(Peso)	Materiales:
				±0,1		5,778 Kg	Acero ASTM 36
					Fecha	Nombre	Denominación: / Escala:
				Dibujó:	06/11/25	Peñaloza J.	Manija con bisagra / 1:2
				Revisó:	24/11/25	Ing. Vaca H.	
				Aprobó:	24/11/25	Ing. Vaca H.	
				UTA Ingeniería Mecánica			Número del dibujo: 17/23
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				(Sustitución)



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:
				±0,1	0,326 Kg	Acero ASTM A36
					Fecha	Nombre
				Dibujó:	06/11/25	Peñaloza J.
				Revisó:	24/11/25	Ing. Vaca H.
				Aprobó:	24/11/25	Ing. Vaca H.
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ingeniería Mecánica		

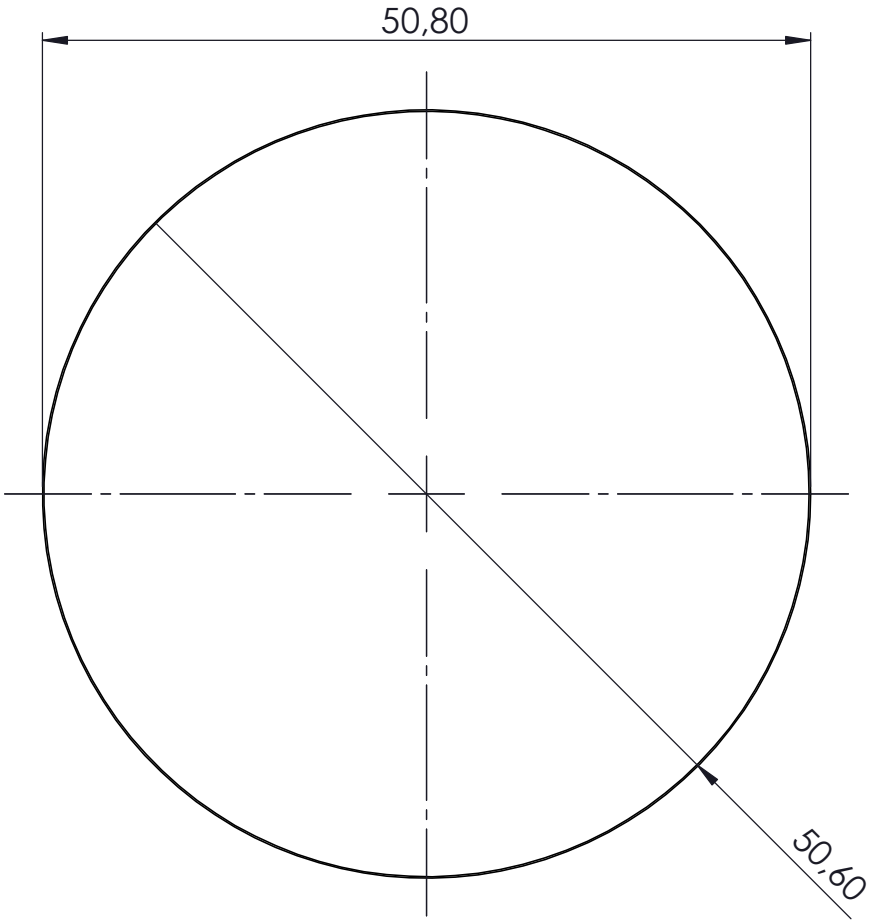
Denominación:

Abertura de la Manija

Escala: 1:1

Número del dibujo: 18/20

(Sustitución)





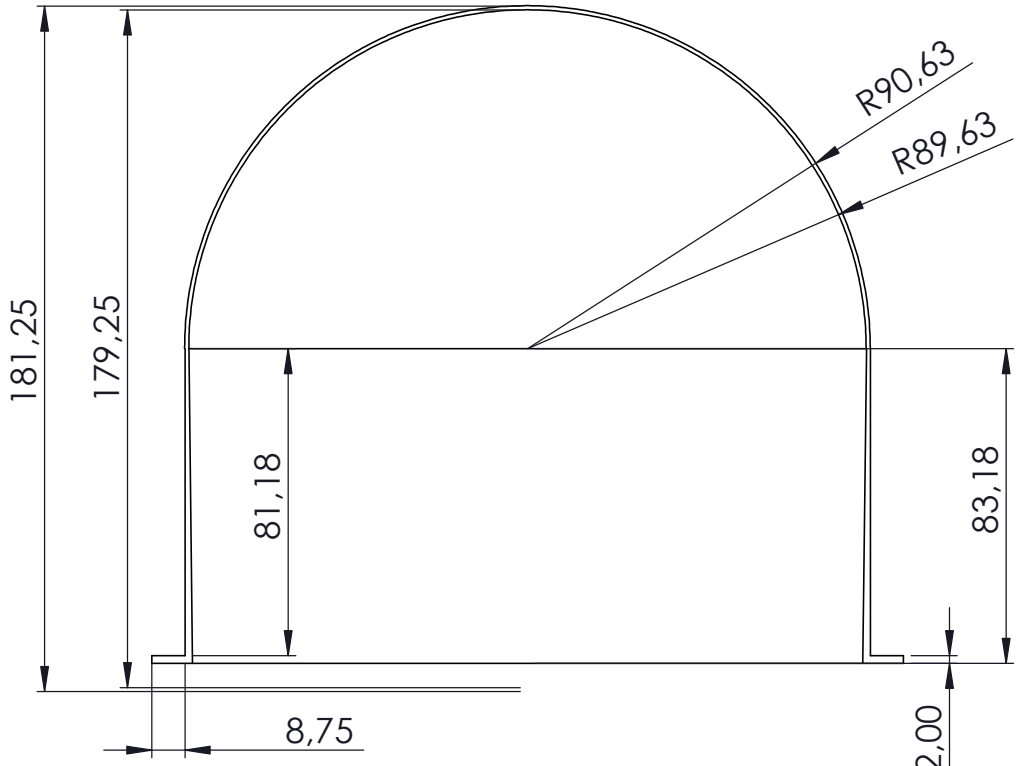
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:
				±0,1	0,01375 Kg	Acero AISI 1018
					Fecha	Nombre
				Dibujó:	06/11/25	Peñaloza J.
				Revisó:	24/11/25	Ing. Vaca H.
				Aprobó:	24/11/25	Ing. Vaca H.
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ingeniería Mecánica		

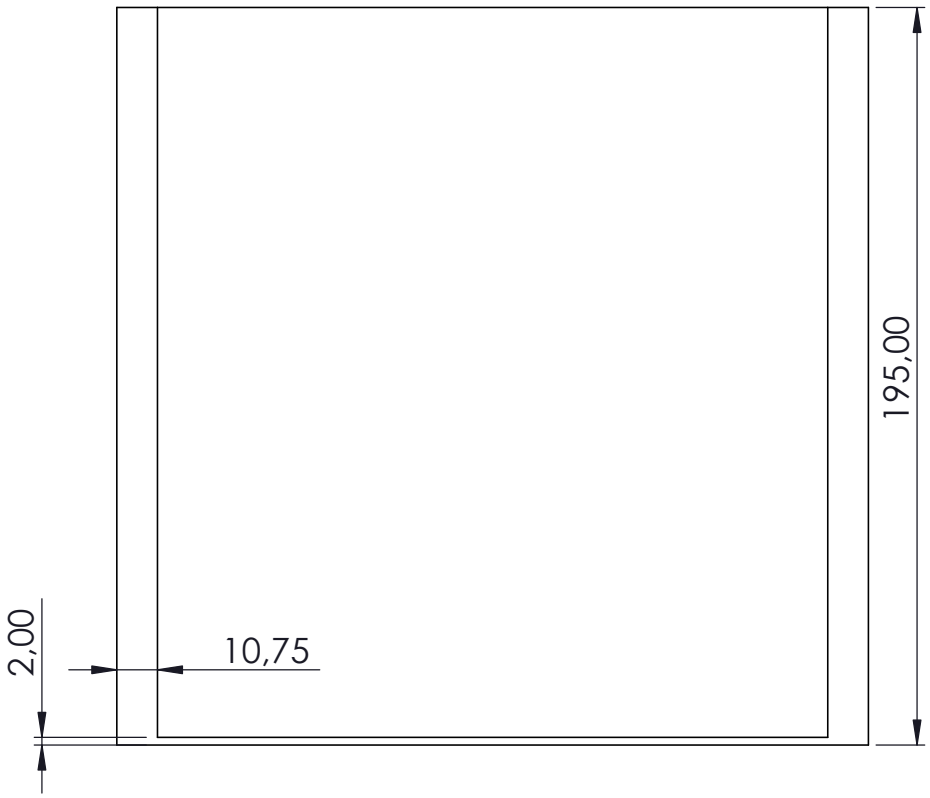
Denominación: Rodillo Receptor

Escala: 1:1

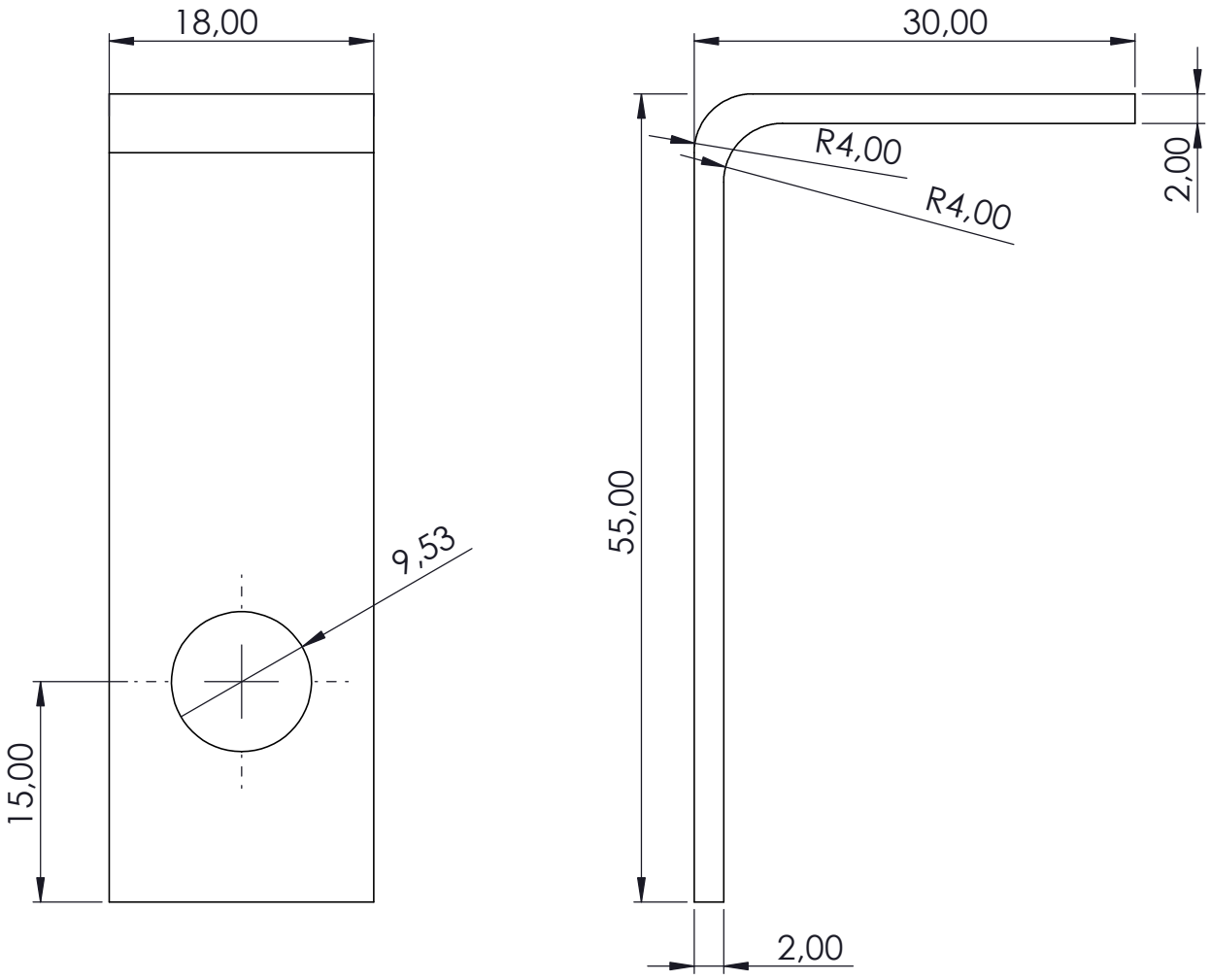
Número del dibujo: 19/23

(Sustitución)





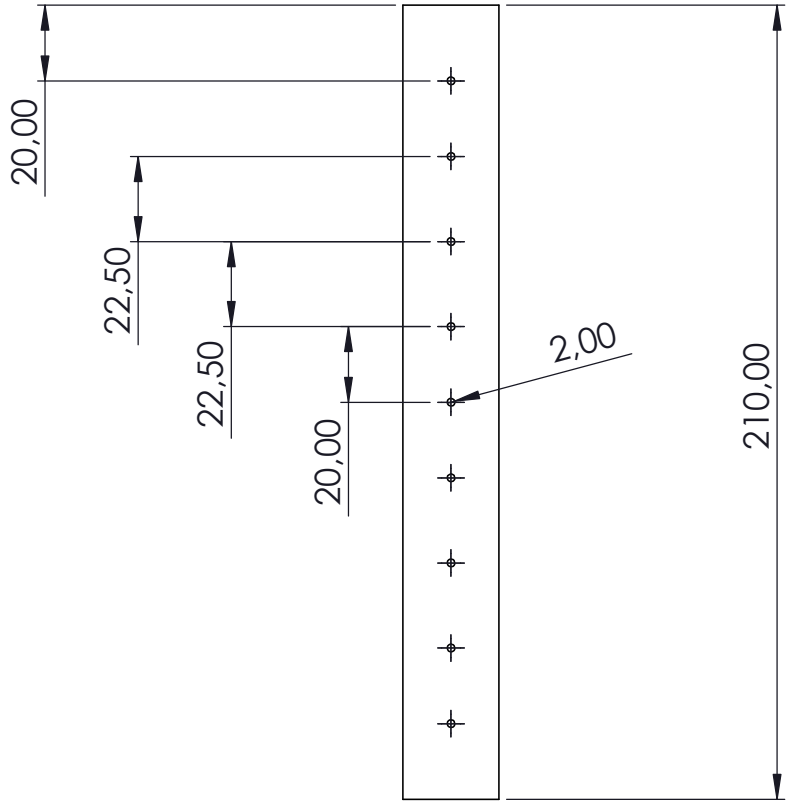
				Tolerancia		(Peso)	Materiales:
				±0,1		1,104 Kg	Acero Galvanizado
					Fecha	Nombre	Denominación: / Escala:
				Dibujó:	06/11/25	Peñaloza J.	Protector de Polvo / 1:2
				Revisó:	24/11/25	Ing. Vaca H.	
				Aprobó:	24/11/25	Ing. Vaca H.	
				UTA Ingeniería Mecánica			Número del dibujo: 20/23
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				(Sustitución)

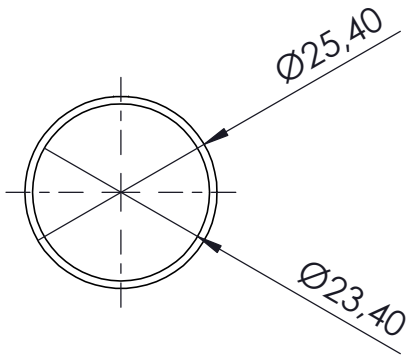


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:
				±0,1	0,02239 Kg	Acero Galvanizado
					Fecha	Nombre
				Dibujó:	06/11/25	Peñaloza J.
				Revisó:	24/11/25	Ing. Vaca H.
				Aprobó:	24/11/25	Ing. Vaca H.
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 21/23
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)

Denominación: Soporte del Flautín

Escala: 2:1

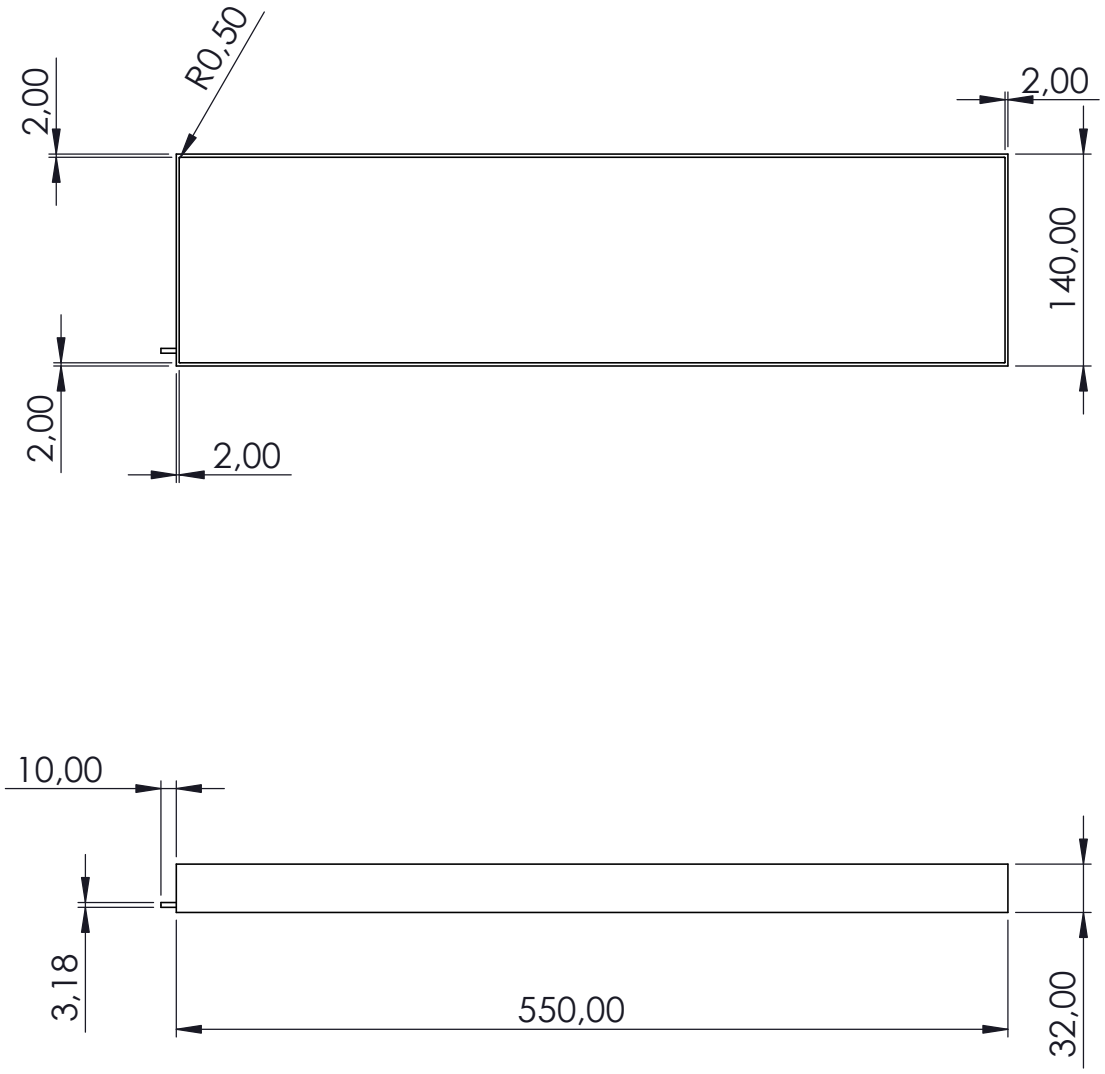




				Tolerancia	(Peso)	Materiales:
				±0,1	0,12614 Kg	Acero ASTM A36
					Fecha	Nombre
				Dibujó:	06/11/25	Peñaloza J.
				Revisó:	24/11/25	Ing. Vaca H.
				Aprobó:	24/11/25	Ing. Vaca H.
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 22/23 (Sustitución)

Denominación: Flautín

Escala: 1:2



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:
				±0,1	1,8601 Kg	Acero Galvanizado
					Fecha	Nombre
				Dibujó:	06/11/25	Peñaloza J.
				Revisó:	24/11/25	Ing. Vaca H.
				Aprobó:	24/11/25	Ing. Vaca H.
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ingeniería Mecánica		

Denominación: Bandeja

Escala: 1:5

Número del dibujo: 23/23

(Sustitución)