



**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PULIDOR PARA PREPARACIÓN DE
MUESTRAS METALOGRÁFICAS PARA LA UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
SEDE IBAGUÉ**

SERGIO HEMEL MARROQUIN BARRAGAN

CRISTHIAN HARLEY REYES PALMA

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Ibagué, Colombia

2023

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PULIDOR PARA PREPARACIÓN DE
MUESTRAS METALOGRÁFICAS PARA LA UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
SEDE IBAGUÉ**

SERGIO HEMEL MARROQUIN BARRAGAN

CRISTHIAN HARLEY REYES PALMA

**Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Mecánico**

Director (a):

LUIS FERNANDO PESCA ANGULO

Línea de Investigación:

Diseño mecánico

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Ibagué, Colombia

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado

_____, Cumple con

los requisitos para optar

Al título de _____.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

AGRADECIMIENTOS

"Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de este proyecto de grado. En primer lugar, a mi tutor/a Luis Fernando Pesca Angulo, por su guía, paciencia y apoyo incondicional durante todo el proceso. Sus valiosas sugerencias y consejos fueron fundamentales para alcanzar los objetivos propuestos.

También quiero agradecer a la Universidad Antonio Nariño por brindarme la oportunidad de desarrollar este proyecto y a todos los profesores que contribuyeron con su conocimiento y experiencia para mi formación académica.

Asimismo, agradezco a mi familia y amigos por su amor, motivación y confianza en mí. Su apoyo emocional y logístico fue esencial para enfrentar los retos que se presentaron.

Finalmente, agradezco a todos los participantes de este estudio por su colaboración y disposición para responder a las entrevistas y cuestionarios. Sin ellos, este trabajo no habría sido posible.

Nuevamente, mi gratitud a todos aquellos que contribuyeron de alguna manera a la realización de este proyecto de grado."

RESUMEN

Este documento incluye las especificaciones técnicas del equipo construido y los resultados de las pruebas realizadas. El equipo cumple con las prestaciones de uno comercial, pero a menor costo, lo que es beneficioso para la universidad Antonio Nariño sede Ibagué. También se enfatiza la importancia del uso adecuado de las muestras metalográficas y la necesidad de refrigeración durante el proceso de pulido. Este documento es útil para estudiantes y profesionales de la metalurgia interesados en diseñar y construir equipos de manera eficiente.

El proyecto de grado también presenta una revisión bibliográfica detallada del proceso de pulido metalográfico, sus aplicaciones y las técnicas utilizadas en la actualidad. Se describe la selección de materiales, componentes y sistemas de refrigeración; realizamos diseño y fabricación del pulidor garantizando un funcionamiento óptimo. El proyecto permitió a los estudiantes aplicar conocimientos teóricos en un proyecto práctico relevante en el campo de la metalografía y representa una contribución significativa a la investigación y desarrollo en esta área. La documentación y los resultados son valiosos para la comunidad académica y profesional.

ABSTRACT

This document includes the technical specifications of the equipment built and the results of the tests performed. The equipment meets the performance of a commercial one, but at a lower cost, which is beneficial for the Antonio Nariño University, Ibagué campus. The importance of proper use of metallographic samples and the need for cooling during the polishing process is also emphasized. This document is useful for students and professionals in metallurgy interested in designing and building equipment efficiently.

The degree project also presents a detailed literature review of the metallographic polishing process, its applications, and the techniques used today. The selection of materials, components, and cooling systems is described, and the design and manufacture of the polisher were carried out, ensuring optimal operation. The project allowed students to apply theoretical knowledge to a practical project relevant to the field of metallography and represents a significant contribution to research and development in this area. The documentation and results are valuable to the academic and professional community.

CONTENIDO

RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
INTRODUCCIÓN.....	12
1. OBJETIVOS.....	15
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
2. MARCO TEORICO.....	16
2.1. ACABADO SUPERFICIAL.....	16
2.2. VELOCIDAD DE ROTACIÓN DEL DISCO.....	17
2.3. TIPOS DE MATERIAL PARA DESBASTE.....	18
2.3.1. Aceros.....	18
2.3.2. Aleaciones de aluminio.....	19
2.3.3. Cobre y sus aleaciones.....	19
2.3.4. Vidrio.....	20
2.3.5. Cerámica.....	21
2.4. TIPOS DE MATERIALES PARA PULIDO.....	22
2.4.1. Discos de pulido.....	22
2.5. COMO ELEGIR EL DISCO ABRASIVO ADECUADO.....	28
2.6. RUEDAS Y PIEDRAS ABRASIVAS.....	29
2.6.1. Función de las ruedas abrasivas.....	30
2.6.2. Tres tipos principales de ruedas abrasivas.....	30
2.7. PASTAS ABRASIVAS EN EL PULIDO DE SUPERFICIES.....	33
2.8. PAPEL DE LIJA.....	34
2.9. MATERIALES DE SOPORTE.....	36
3. MARCO REFERENCIAL.....	37
3.1. SELECCIÓN DE COMPONENTES.....	42
3.1.1. Carcasa.....	42
3.1.2. Estructura.....	42
3.1.3. Discos Porta Lijas.....	43
3.1.4. Motor Eléctrico.....	43
3.1.5. Regulador de voltaje.....	44
3.1.6. Sistema De Refrigeración.....	44
3.1.7. Retenedores.....	45
3.1.8. Rodamientos.....	46

3.1.9.	Tubo cuadrado acero comercial	47
3.1.10.	Laminas en acero inoxidable.....	48
3.2.	CALCULO DE COMPONENTES	49
4.	METODOLOGIA.....	51
4.1.	DISEÑO DEL PULIDOR METALOGRAFICO.....	51
4.1.1.	Cálculos de componentes mecánicos	53
4.2.	SELECCIÓN DE MATERIALES Y COMPONENTES DEL PULIDOR	63
4.2.1.	Motor eléctricos marca Welling	63
4.2.2.	Estructura.....	65
4.2.3.	Disco porta lijas.....	66
4.2.4.	Soportes de lija	67
4.2.5.	Bandeja de depósito.....	68
4.2.6.	Dimmer regulador de voltaje.....	69
4.2.7.	Breaker	70
4.2.8.	Manguera modular ¼	71
4.2.9.	Manguera teflón ¼	72
4.2.10.	Pulidor metalográfico	74
4.3.	COMPROBACIÓN DE CONSUMO Y EFICIENCIA	74
4.3.1.	Consumo.....	74
4.3.2.	Eficiencia.....	75
5.	CONCLUSIONES.....	77
6.	REFERENCIAS.....	78

INDICE FIGURAS

Figura 1 <i>Acabado superficial</i>	16
Figura 2 <i>Rotación disco</i>	18
Figura 3 <i>Barra de acero</i>	18
Figura 4 <i>Barra en aleación de aluminio</i>	19
Figura 5 <i>Barras de cobre</i>	20
Figura 6 <i>Vidrio plano</i>	21
Figura 7 <i>Cerámica pintada a mano</i>	22
Figura 8 <i>Disco de corte</i>	23
Figura 9 <i>Disco rígido de desbaste</i>	24
Figura 10 <i>Disco de fibra</i>	25
Figura 11 <i>Disco de laminas</i>	26
Figura 12 <i>Discos de anclaje velour</i>	27
Figura 13 <i>Discos de cambio rápido</i>	28
Figura 14 <i>Ruedas abrasivas compacta</i>	31
Figura 15 <i>Ruedas abrasivas de lámina</i>	32
Figura 16 <i>Ruedas abrasivas de lámina con tela</i>	32
Figura 17 <i>Pastas abrasivas para pulido</i>	34
Figura 18 <i>Desbaste</i>	35
Figura 19 <i>Maquina de esmerilado y pulido bell-MaqPMM-3s</i>	37
Figura 20 <i>Pulidora y Polichadora</i>	39
Figura 21 <i>Maquina pulidora</i>	40

Figura 22 <i>Retenedor</i>	46
Figura 23 <i>Rodamientos</i>	47
Figura 24 <i>Tubo cuadrado</i>	48
Figura 25 <i>Acero inoxidable y sus especificaciones.</i>	49
Figura 26 <i>Planos de diseño del pulidor</i>	52
Figura 27 <i>Vista escalonada del pulidor metalográfico</i>	53
Figura 28 <i>Motor ref w 10006415 de 1/4 de Hp</i>	64
Figura 29 <i>Especificaciones técnicas del motor</i>	64
Figura 30 <i>Estructura del pulidor</i>	65
Figura 31 <i>Mecanizado del disco nylon o poliamida</i>	66
Figura 32 <i>Discos en nylon o poliamida acabado final</i>	67
Figura 33 <i>Soporte de lija</i>	68
Figura 34 <i>Bandeja en acero inoxidable</i>	69
Figura 35 <i>Dimmer regulador de voltaje</i>	69
Figura 36 <i>Breaker on/off 127 – 230 V</i>	71
Figura 37 <i>Manguera torno plástica</i>	72
Figura 38 <i>Manguera teflón</i>	73
Figura 39 <i>Pulidora metalográfica</i>	74

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Tabla de Selección de disco</i>	29
Tabla 2 <i>Características bell-MaqPMM-3s</i>	38
Tabla 3 <i>Especificaciones principales bell- MaqPMM 260</i>	41
Tabla 4 <i>Tipos de goteo</i>	55
Tabla 5 <i>Detalles de consumo por cada motor</i>	75

INTRODUCCIÓN

La metalografía es una disciplina fundamental en el estudio y análisis de los materiales. Para ello, se requiere de una serie de equipos y herramientas que permitan la preparación de muestras de manera adecuada. Entre estas herramientas, se encuentra el pulidor metalográfico, que permite obtener una superficie pulida y libre de daños en las muestras para su observación al microscopio. El presente proyecto de grado tiene como objetivo diseñar un pulidor metalográfico para la Universidad Antonio Nariño sede Ibagué, con el fin de mejorar la calidad de la enseñanza y la investigación en el área de la metalografía. En este proyecto, se ha tenido en cuenta las necesidades y requisitos de la universidad, así como las especificaciones técnicas del equipo.

La importancia de este proyecto radica en que la preparación de muestras metalográficas de alta calidad es fundamental en la investigación y control de calidad de diversos materiales. Además, la disponibilidad de un pulidor metalográfico adecuado y fácil de utilizar en la universidad mejoraría significativamente el proceso de aprendizaje de los estudiantes en este campo.

La falta de equipamiento para la preparación de muestras metalográficas en la Universidad Antonio Nariño sede Ibagué es un desafío para la formación práctica de los estudiantes. La construcción de un pulidor metalográfico para preparación de muestras tendría múltiples beneficios, incluyendo la aplicación de conocimientos teóricos en un ambiente seguro, el desarrollo de habilidades prácticas y destrezas en el manejo de equipos y herramientas de laboratorio, y el fomento de la investigación en el campo de la metalografía.

La investigación propuesta busca satisfacer la necesidad de un Pulidor metalográfico moderno y práctico para la preparación de muestras, lo que permitiría a los estudiantes adquirir habilidades prácticas y experimentar con diferentes aleaciones y materiales. Esto podría llevar al

descubrimiento y desarrollo de nuevos materiales más resistentes, eficientes y sostenibles para la construcción de estructuras en la vida cotidiana, lo que tendría un impacto significativo en la educación, la industria y la sociedad en general.

ANTECEDENTES

El estudio de la metalografía es esencial para comprender la estructura interna de los materiales y su aplicación en diferentes industrias. Sin embargo, la universidad Antonio Nariño sede Ibagué se enfrenta a un gran desafío. La falta de un pulidor para preparación de muestras para ensayos metalográficos que permitan a los estudiantes realizar prácticas mediante laboratorio y desarrollar sus habilidades de observación y análisis de la microestructura de los materiales. Pulidoras metalográficas, estos no están disponibles para los estudiantes debido a la falta de recursos y equipamiento. Esta situación genera la necesidad de diseñar y construir un pulidor para la preparación de muestras para ensayos metalográficos que permita a los estudiantes obtener una formación práctica enfocada en el área de materiales, y así formar profesionales altamente capacitados para enfrentar los desafíos del mundo moderno.

La construcción de un pulidor para preparación de muestras para ensayos metalográficos en la universidad Antonio Nariño sede Ibagué tendría múltiples beneficios. En primer lugar, permitiría a los estudiantes aplicar los conocimientos teóricos adquiridos en el aula a través de la realización de prácticas en un ambiente controlado y seguro. Además, los estudiantes tendrían la oportunidad de desarrollar habilidades prácticas y destrezas en el manejo de equipos y herramientas de laboratorio, lo que aumentaría su competitividad en el mercado laboral.

Un pulidor para preparación de muestras para ensayos metalográficos también sería beneficioso para la investigación en el área de materiales. Los profesores y estudiantes de posgrado podrían utilizar el pulidor para realizar investigaciones en el campo de la metalografía y contribuir al avance de la ciencia y tecnología de los materiales.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Diseño y construcción de pulidor para preparación de muestras metalográficas en la Universidad Antonio Nariño sede Ibagué.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las variables del equipo para su debida construcción y selección de componentes.
- Diseño y construcción de pulidor para preparación de muestras metalográficas.
- Verificar el funcionamiento del pulidor, eficiencia y consumos del mismo optando porque sea de muy bajo porcentaje.
- Diseñar guía de mantenimiento y guías didácticas que expliquen el funcionamiento del pulidor.

2. MARCO TEORICO

2.1. ACABADO SUPERFICIAL

En el ámbito de la ingeniería, es posible medir el acabado superficial de una pieza y se emplea una simbología particular para ello. Dependiendo del proceso de manufactura al que se someta la pieza, existirán ciertas especificaciones de calidad de superficie que se deben cumplir como producto final. Para garantizar que las especificaciones se cumplan, es necesario establecer una tolerancia adecuada. Esta información se registra en los planos de trabajo, los cuales definen los parámetros y límites que deben tener la superficie de la pieza ya terminada. Algunos de los conceptos básicos que se deben tener en cuenta incluyen la figura, así como la definición precisa de los parámetros y límites del acabado superficial.

En la ingeniería, se establecen parámetros y límites que definen la calidad del acabado superficial de una pieza ya terminada.

Figura 1 *Acabado superficial*

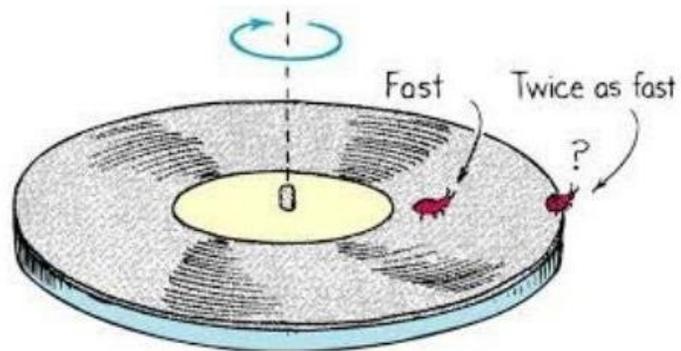
<i>Representación</i>	<i>Grado de Uniformidad</i>	<i>Grado de alisado</i>
	Malo	Malo
	Bueno	Malo
	Malo	Bueno
	Bueno	Bueno

En la ingeniería y la manufactura, el acabado superficial de un material es un aspecto crucial que puede tener un gran impacto en su rendimiento en diferentes aplicaciones. Una superficie con alta rugosidad, por ejemplo, puede afectar negativamente la resistencia a la fatiga de un componente, mientras que una superficie con porosidad puede comprometer la capacidad de sellado de una junta. Es por eso que el control del acabado superficial es una consideración vital en el diseño y fabricación de componentes metálicos, ya que garantiza que se cumplan los requisitos de calidad y rendimiento del producto final (Que es el acabado superficial y cual es su simbología, 2020).

2.2. VELOCIDAD DE ROTACIÓN DEL DISCO

En el proceso de pulido metalográfico, la velocidad de rotación del disco de pulido es un factor crítico que debe ser considerado cuidadosamente. La velocidad óptima dependerá tanto del tipo de material que se esté puliendo como del tipo de abrasivo o compuesto de pulido utilizado. En este sentido, es importante tener en cuenta que la información sobre la velocidad adecuada de rotación del disco se puede obtener de diferentes fuentes, como, por ejemplo, descripciones de equipos de pulido disponibles en el mercado. En el caso del pulidor diseñado, se ha establecido que la velocidad de rotación óptima se encuentra en el rango de 450 a 600 rpm, basándonos en la descripción del pulidor de la marca Testing Instruments modelo MP-2 (Microscopios y equipos especiales, s.f.).

Figura 2 Rotación disco



Fuente: (Brainly, 2020)

2.3. TIPOS DE MATERIAL PARA DESBASTE

2.3.1. Aceros

El acero se refiere a una serie de aleaciones de hierro (Fe) con otros elementos, como carbono (C), zinc (Zn), silicio (Si) o aluminio (Al). La presencia de estos elementos produce cambios en las propiedades del hierro puro, logrando un material con mayor resistencia o menos propenso a la oxidación.

Figura 3 Barra de acero



Fuente: Enciclopedia humanidades , (s.f.)

2.3.2. Aleaciones de aluminio

El aluminio y sus aleaciones son altamente valorados por su combinación única de propiedades, lo que los convierte en materiales extremadamente versátiles y económicos para una amplia variedad de aplicaciones. Desde la producción de papel aluminio hasta aplicaciones más exigentes en ingeniería, el aluminio se utiliza ampliamente. Los metales comúnmente utilizados en la creación de aleaciones de aluminio incluyen cobre, silicio, zinc, magnesio y manganeso, mientras que otros metales, como níquel, titanio, hierro, cromo y cobalto, se utilizan en menor medida. En casos especiales, se pueden agregar metales como plomo, cadmio, antimonio y bismuto a aleaciones con aplicaciones específicas y exclusivas (Perfiles de aluminio.net, 2023).

Figura 4 Barra en aleación de aluminio



Fuente: (Arqhys.com, s.f.)

2.3.3. Cobre y sus aleaciones

El acero es una mezcla de hierro y otros elementos, principalmente carbono, que se utilizan para mejorar sus propiedades físicas y químicas. Existen diferentes tipos de aceros, desde los aceros no aleados que contienen una concentración de carbono reducida, como los empleados en la construcción, hasta los aceros con aleaciones fuertes e incluso inoxidable, que pueden contener

altas concentraciones de elementos como el cromo o el níquel. La elección del tipo de acero a utilizar dependerá de las propiedades requeridas para la aplicación específica (Air liquide , s.f.).

Figura 5 *Barras de cobre.*

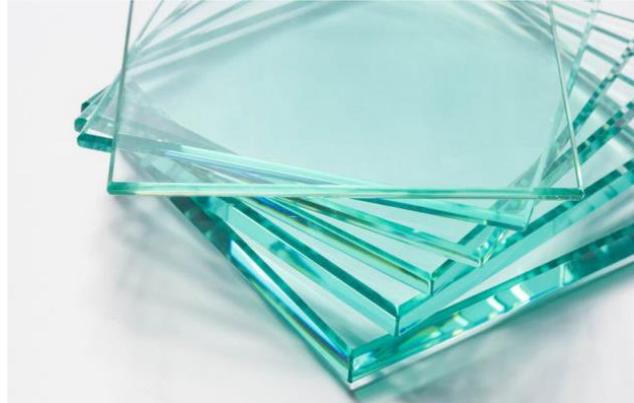


Fuente: (eurolab, 2023)

2.3.4. Vidrio

El vidrio es un material inorgánico de gran dureza, aunque a la vez muy frágil. Puede presentarse en distintas tonalidades, dependiendo de la composición química utilizada en su fabricación, siendo la más común la arena de sílice compuesta por Silicio y Oxígeno (SiO_2), carbonato de sodio, que contiene Sodio, Carbono y Oxígeno (Na_2CO_3) y caliza, compuesta por Calcio, Carbono y Oxígeno (CaCO_3). A diferencia de otros materiales sólidos, el vidrio se clasifica como un componente amorfo, sin una estructura molecular definida y con una estructura uniformemente deformada y desordenada. La composición química del vidrio puede variar dependiendo de su uso específico, como el color o la densidad requeridos, así como del método de fabricación utilizado. Hoy en día, existen numerosos tipos de vidrio, algunos de los cuales son decorativos y no transparentes, con distintas texturas y colores (Ecología hoy, 2023).

Figura 6 *Vidrio plano*



Fuente: (Enciclopedia humanidades , s.f.)

2.3.5. Cerámica

La cerámica es un arte milenario que consiste en crear objetos a partir de arcilla cocida. La arcilla es una roca sedimentaria compuesta de silicatos de aluminio hidratados, que varía en color según las impurezas que contenga, siendo blanca cuando es pura.

En la cerámica, los enlaces iónicos y covalentes se combinan para crear una estructura sólida y resistente. Los enlaces iónicos se producen entre un metal y un no metal y se basan en la transferencia de electrones, mientras que los enlaces covalentes se dan entre dos no metales y se basan en el intercambio de electrones. La fuerza de los enlaces depende del tamaño de la carga y del radio de los iones. Los enlaces iónicos y covalentes producen una alta elasticidad y dureza en la cerámica, lo que resulta en altos puntos de fusión, baja expansión térmica y buena resistencia química. Sin embargo, la cerámica también puede ser frágil y propensa a la fractura debido a su dureza y rigidez (fraquihogar , 2023).

Figura 7 *Cerámica pintada a mano*



Fuente: (Radio nacional de colombia , 2021)

2.4. TIPOS DE MATERIALES PARA PULIDO

El proceso de pulido requiere del uso de diversas herramientas y materiales específicos. Entre los materiales más utilizados se encuentran:

2.4.1. Discos de pulido

Los discos de pulido se utilizan para pulir superficies grandes y planas. Vienen en diferentes tamaños y materiales. A continuación, mostraremos algunos tipos de discos abrasivos y características que encontramos en el mercado.

Fuente: Autores

Tipos de discos abrasivos y sus características

El disco abrasivo funciona de manera sencilla: se fija en un eje de rotación y, en el caso de los discos flexibles, se utiliza un plato de soporte. Aprovechando la alta velocidad perimetral, el disco

corta la pieza de trabajo, mientras que en los sistemas orbitales realiza un movimiento circular no concéntrico para crear acabados no direccionales que son útiles en algunos procesos.

2.4.1.1. Discos de corte

El disco de corte se caracteriza principalmente por su delgadez y rigidez, lo que le permite concentrar la presión en un punto específico y lograr una eficaz eliminación de material a través de abrasión. Este proceso implica la eliminación del material mediante el desgaste, en lugar de cortarlo por cizallamiento. Es importante destacar que la selección del disco de corte adecuado permite trabajar con diferentes materiales, logrando así cortes precisos y limpios (VSM we know abrasives , 2023).

Figura 8 Disco de corte



Fuente: (Almacenes HJ, s.f.)

2.4.1.2. Discos rígidos de desbaste

Al contrario de los discos de corte, las herramientas de desbaste tienen un grosor mayor y están diseñadas para remover material superficialmente en lugar de cortarlo. Están hechas de un entramado sólido y resistente que contiene incrustaciones de granos abrasivos en toda su estructura. Debido a su rigidez, se pueden obtener tolerancias de trabajo muy reducidas y la forma de trabajar con la arista permite acceder a esquinas y zonas de difícil acceso. Sin embargo, su estructura sólida y aglomerada, con una disposición de granos aleatoria, limita su efectividad de corte y genera una alta carga térmica debido a la fricción durante el lijado (VSM we know abrasives , 2023).

Figura 9 Disco rígido de desbaste



Fuente: (3M , s.f.)

2.4.1.3. Disco de fibra

La composición de los discos de fibra es muy diferente a la de los discos rígidos, ya que están hechos con un soporte de fibra vulcanizada que se cubre con una capa de granos abrasivos parcialmente recubiertos con ligantes. Esta capa expone una gran cantidad de grano, lo que aumenta significativamente su capacidad de penetración en la pieza de trabajo. A diferencia de los discos rígidos, que solo actúan en la arista, los discos de fibra tienen una capa de grano en toda la parte plana del disco. Para utilizarlos, es necesario un plato de soporte que permita ajustar la flexibilidad y lograr un acabado más suave (VSM we know abrasives , 2023).

Figura 10 *Disco de fibra*



Fuente: (GLOBAL INDUSTRIAL PROTECTION , s.f.)

2.4.1.4. Disco de láminas

Los discos de láminas son el resultado de la combinación de un soporte rígido y láminas de abrasivo flexible superpuestas sobre soportes de tela. En comparación con los discos rígidos y de fibra, los discos de láminas ofrecen un comportamiento intermedio en términos de adaptabilidad

y agresividad. Además, no requieren un plato de soporte y pueden utilizarse con la arista en áreas de difícil acceso, aunque se recomienda utilizar un formato de disco específico para ello. Una de las principales ventajas de los discos de láminas es su gran versatilidad de uso en una variedad de aplicaciones (VSM we know abrasives , 2023).

Figura 11 *Disco de laminas*



Fuente: (tasol s.l. , s.f.)

2.4.1.5. Discos de anclaje velour o adhesivos

Los discos con sistema de auto fijación, ya sea de velour o adhesivo, son muy utilizados en maquinaria radial o roto orbital. Su fabricación se basa en un abrasivo flexible con soportes de papel, tela o film, y su principal ventaja radica en su sistema de cambio rápido, aunque siempre deben ser utilizados con un plato soporte. Estos discos permiten trabajar de manera plana, lo que los hace ideales para procesos que requieren un acabado fino y sin marcas o rasgaduras que puedan comprometer la calidad superficial de la pieza. Además, son especialmente útiles para crear patrones isotrópicos, es decir, sin dirección definida, en sistemas orbitales (VSM we know abrasives , 2023).

Figura 12 *Discos de anclaje velour*

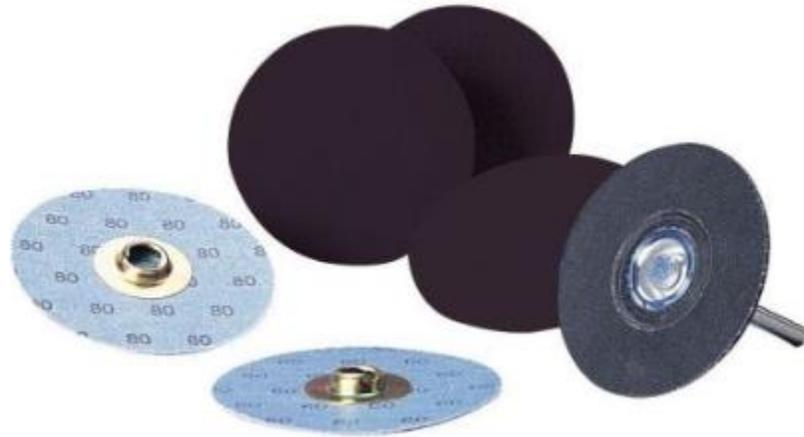


Fuente: (eximport, 2023)

2.4.1.6. Discos de cambio rápido

Los discos de tamaño miniatura son herramientas fabricadas a partir de un abrasivo flexible con soportes de tela o fibra que tienen un diámetro reducido (entre 30 y 75mm) para permitir el acceso a zonas de difícil alcance. Estos discos se fijan a un plato soporte mediante un inserto central y, aunque su duración es limitada debido a su pequeña superficie útil, su gran ventaja es la accesibilidad a lugares estrechos y complicados donde otras herramientas no pueden llegar (VSM we know abrasives , 2023).

Figura 13 Discos de cambio rápido



Fuente: (suministros suvain , s.f.)

2.5. COMO ELEGIR EL DISCO ABRASIVO ADECUADO.

-Uso: A parte del disco de corte, que tiene una función clara, podemos clasificar los tipos de discos en función de su necesidad de desbaste, acabado y accesibilidad. La tabla siguiente muestra la eficacia de cada tipo de disco en relación a estos aspectos, así como otras características importantes a considerar (VSM we know abrasives , 2023).

-Tamaño de grano: El tamaño del grano abrasivo, también conocido como "granulometría", se refiere al volumen de cada grano abrasivo que forma parte del disco. Cuanto más grande sea el grano, mayor será la profundidad del surco que se genera sobre la pieza trabajada (lo que se traduce en una mayor rugosidad) y mayor será la cantidad de material extraído (mayor agresividad). Los tamaños de grano suelen clasificarse mediante una numeración, que indica los orificios por pulgada cuadrada que debe tener el tamiz utilizado para filtrar el grano. Curiosamente, esta numeración es más baja cuanto más grande sea el grano (VSM we know abrasives , 2023).

-Tipo de grano: Los tipos de grano abrasivo más comunes en la industria son el carburo de silicio, la zirconio alúmina (circonio) y el óxido de aluminio (corindón), en su versión estándar o en su variante obtenida mediante un proceso Sol-Gel (corindón cerámico). Cada uno de estos tipos de grano presenta diferentes grados de dureza y tenacidad, por lo que será más o menos adecuado dependiendo del material que se esté trabajando. A continuación, se detallará cada uno de ellos (VSM we know abrasives , 2023).

Tabla 1

Tabla de Selección de disco

	Desbaste	Acabado	Accesibilidad	Temperatura	Duración	Vibraciones
Disco de desbaste	Adecuado	Deficiente	Muy adecuado	Excesiva	Larga	Altas
Disco de fibra	Idóneo	Bueno	Poco adecuado	Baja	Larga	Bajas
Disco de láminas	Poco adecuado	Bueno	Muy adecuado	Media	Larga	Medias
Disco velour	Nada adecuado	Muy bueno	Poco adecuado	Media	Media	Bajas
Disco cambio rápido	Poco adecuado	Bueno	Muy adecuado	Baja	Corta	Bajas

Fuente: (VSM we know abrasives , 2023)

2.6. RUEDAS Y PIEDRAS ABRASIVAS

Estos dispositivos abrasivos circulares se caracterizan por su desgaste uniforme y su capacidad para adaptarse a contornos y formas complejas, lo que los convierte en una herramienta ideal para el lijado con un acabado constante. A diferencia de los abrasivos flexibles tradicionales, las ruedas abrasivas tienen una construcción tridimensional que consta de un soporte de fibras de nylon no tejidas entrelazadas y impregnadas con minerales abrasivos y resinas sintéticas. Mediante la combinación de diferentes componentes, se pueden crear ruedas abrasivas con diversas densidades y durezas, así como diferentes capacidades de corte y acabado. De esta manera, se puede controlar

la acción amortiguadora de la rueda y ajustar la presión de lijado al tipo de material que se desea lijar (Abracom , 2023).

2.6.1. Función de las ruedas abrasivas

Las ruedas abrasivas son herramientas indispensables en la industria para el tratamiento de superficies mediante procesos mecánicos. Su uso se extiende tanto en máquinas automáticas o semiautomáticas como en herramientas portátiles eléctricas, neumáticas y de eje flexible, para llevar a cabo procesos de rectificado, limpieza y acabados satinados. En el ámbito industrial, es esencial contar con una amplia variedad de productos que se adapten a cada tipo de material y aplicación específica, proporcionando un poder de corte constante, larga vida útil y acabado uniforme en todo momento.

A nivel industrial, es imprescindible contar con una variedad de herramientas abrasivas que se ajusten a las características específicas de cada tipo de material y a las distintas tareas a realizar (Abracom , 2023).

- Lapeado, desbarbado, rectificado y recorte.
- Lijado, acabado y pulido.
- Satinado.
- Limpieza.

2.6.2. Tres tipos principales de ruedas abrasivas

2.6.2.1. Ruedas abrasivas compactas “convolute”

Las ruedas abrasivas compactas, también llamadas "convolute", se fabrican mediante la envoltura de material de fibra no tejido, conocido como abrasivo "non-woven", alrededor de un núcleo

central. Luego, se adhieren las capas entre sí para crear una muela abrasiva uniforme y resistente (Abracom , 2023).

Figura 14 *Ruedas abrasivas compacta*



Fuente: (Abrastar , s.f.)

2.6.2.2. Ruedas abrasivas de lámina “flap”

Las ruedas abrasivas "flap" se componen de una serie de láminas de fibra abrasiva no tejida dispuestas en torno a un eje central. Esta disposición permite que la rueda se adapte con facilidad a las diferentes formas y contornos de las piezas, lo que la convierte en una herramienta muy versátil en la industria (Abracom , 2023).

Figura 15 Ruedas abrasivas de lámina



Fuente: (rosver , 2023)

2.6.2.3. Ruedas abrasivas de láminas con tela o papel: “FLAP MIXTAS”

Se pueden encontrar ruedas abrasivas flap que combinan láminas de fibra abrasiva con láminas de papel o tela abrasiva. Estas ruedas son más potentes que las que solo cuentan con fibras abrasivas, permitiendo cortes más intensos. La proporción entre las láminas de lijado y las de fibra puede ajustarse según la aplicación específica. Aunque son menos adaptables, su rigidez les permite eliminar material de forma rápida. Es importante seguir la dirección de la flecha indicada en la etiqueta del producto al utilizarlas (Abracom , 2023).

Figura 16 Ruedas abrasivas de lámina con tela.



Fuente: (M caseros , s.f.)

2.7. PASTAS ABRASIVAS EN EL PULIDO DE SUPERFICIES

Las soluciones abrasivas, tanto sólidas como líquidas, son herramientas esenciales para la industria y los profesionales que buscan eliminar defectos, arañazos, pulverización excesiva y marcas de desgaste en superficies. Los compuestos líquidos abrasivos, también conocidos como pastas de pulir, tienen una amplia gama de aplicaciones y se utilizan en diversos sectores industriales y técnicos, como la aeronáutica, el automóvil, la joyería, la relojería, el menaje del hogar, el mobiliario y el sector sanitario. Estas soluciones abrasivas se utilizan en todas las etapas del proceso de preparación, pulido, acabado y supe acabado de la superficie para eliminar marcas de lijado y proporcionar un acabado industrial impecable (Abracom, 2021).

Son muy versátiles y se usan sobre una amplia variedad de materiales:

- aluminio, zamak, estaño, titanio, cobre, latón (metales no férreos)
- acero inoxidable, cromo (metales férreos)
- oro, plata, platino (metales preciosos)
- y otros materiales como vidrio, plástico, composites, resina, laca y madera barnizada.

Figura 17 Pastas abrasivas para pulido.

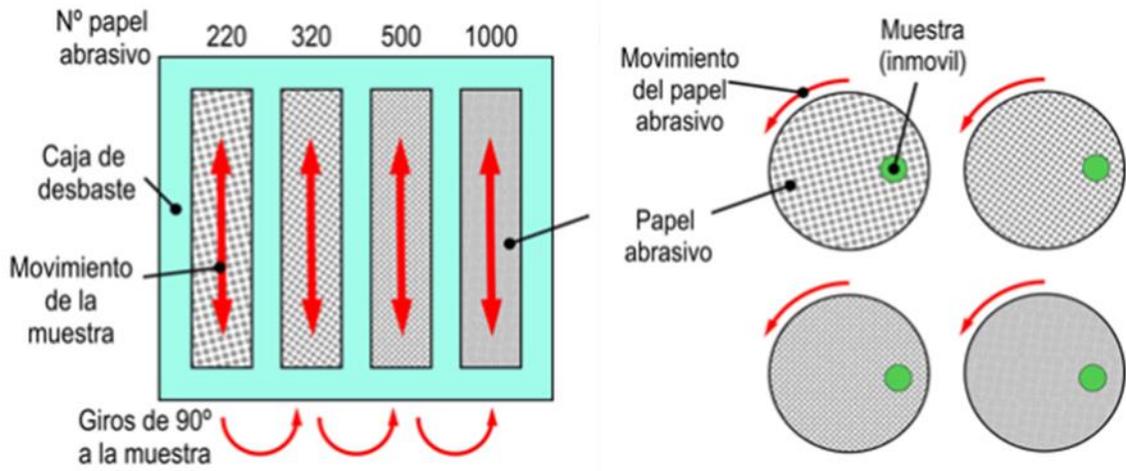


Fuente: (Abracom, 2021)

2.8. PAPEL DE LIJA

Para lograr una superficie suave y uniforme, es común emplear papel de lija para desgastar los materiales. El tipo de papel de lija más utilizado incluye partículas de SiC como elemento abrasivo, y está disponible en diferentes numeraciones en el mercado: 60, 120, 180, 220, 320, 500, 1000, 2400 y 4000. La numeración indica la cantidad de partículas de abrasivo por pulgada cuadrada, por lo que un papel con un número bajo poseerá partículas de abrasivo de mayor tamaño, lo que se conoce como papel basto, mientras que los papeles con numeraciones altas incluirán partículas más finas.

Figura 18 *Desbaste*



Se puede llevar a cabo el proceso de desbaste manualmente, utilizando cajas de desbaste, o de forma asistida mediante desbastadoras. En el método manual (Figura 19), se comienza frotando la muestra sobre la lija más gruesa, con movimientos lineales. Una vez que se ha logrado un rayado uniforme con una de las lijas, se gira la muestra 90° y se comienza a frotar sobre una lija más fina. Al girar la muestra, se elimina el rayado generado por la lija más gruesa y es fácil controlar cuándo se elimina completamente. Al final del proceso, la muestra debería presentar una superficie plana con un rayado uniforme y fino, procedente del último papel de lija utilizado. Es importante realizar el lijado con un refrigerante (normalmente agua), ya que no solo evita el calentamiento de la muestra, sino que también ayuda a retirar los restos de material desprendidos durante el proceso. En el desbaste asistido (Figura 19), los papeles de lija son circulares y se montan sobre un plato giratorio. Para lograr un rayado uniforme en la muestra, en lugar de moverla linealmente como en la caja de desbaste, se mantiene inmóvil sobre el papel de lija. Al cambiar de papel de lija, la muestra también debe girarse 90° (Derematerialia practicas metalograficas , s.f.).

2.9. MATERIALES DE SOPORTE

En el proceso de pulido, se requiere el uso de accesorios especializados que permitan sujetar y asegurar las piezas mientras se lleva a cabo la tarea. Estos accesorios pueden variar desde mordazas y abrazaderas hasta almohadillas de soporte. Es crucial seleccionar los materiales más apropiados según el tipo de material a pulir y el resultado final deseado. Además, se debe tener un cuidadoso control sobre todo el proceso de pulido para prevenir daños no deseados en la superficie del material y lograr los objetivos de pulido deseados.

3. MARCO REFERENCIAL

Para llevar a cabo el diseño del pulidor para preparación de muestras metalográficas para la universidad Antonio Nariño sede Ibagué, se tienen en cuenta 3 diseños ya existentes en el mercado y se toman en cuenta las especificaciones técnicas para la su debida construcción.

Máquina de esmerilado y pulido de muestras metalográficas automáticas bell-MaqPMM-3s

Figura 19 *Maquina de esmerilado y pulido bell-MaqPMM-3s*



Fuente: (Cotecno, s.f.)

Aplicación

La Bell-MaqPMM-s es un equipo de alta precisión para la automatización del proceso de esmerilado y pulido de muestras. Se trata de una máquina de escritorio de doble disco que cumple con las normas internacionales y utiliza tecnología avanzada a nivel internacional. Sus características incluyen la dirección de rotación arbitraria del disco parabólico de molienda, la

facilidad de sustitución rápida del disco, el probador de múltiples muestras y la carga neumática de un solo punto. Además, cuenta con un sistema de control de microprocesador avanzado que permite ajustes continuos en la velocidad rotacional del cabezal de esmerilado y pulido, la presión de preparación de la muestra y los tiempos de ajuste. La máquina es fácil de utilizar, ya que sólo se necesita cambiar el disco de esmerilado o el papel de lija y la tela para completar el proceso de esmerilado y pulido, lo que amplía su campo de aplicación. Además, la Bell-MaqPMM-s presenta características como una rotación estable, seguridad y finalidad, bajo nivel de ruido y el uso de aluminio fundido para aumentar la rigidez de la molienda y pulido (Cotecno, s.f.) .

Tabla 2
Características bell-MaqPMM-3s

MODELO	MAQPMM-3S
Código SKU	B-01-25-0200-0115
Diámetro del disco de esmerilado y pulido	φ300mm personalizable
Cantidad de muestras	6
Modo de control	Disco doble / Control simple
Velocidad de rotación del disco de esmerilado y pulido	400/600/800/1000r/min (velocidad fija de cuatro etapas)
Velocidad de rotación del cabezal de pulido	5-150 R/Min (velocidades variables)
Rango de carga	Ajustable 0.2-0.4 Mpa es optimo
Tiempo de preparación de la muestra	0-3000s
Diámetro De las muestras	φ45mm
Voltaje del motor	220V,50Hz
Potencia de la máquina	900W
Tamaño de la máquina	755*815*690mm
Peso (Kg)	52KG

Fuente: (Cotecno, s.f.)

Pulidora y polichadora metalográfica marca testing instruments modelo mp-2

Figura 20 Pulidora y Polichadora.



Fuente: (Microscopios y equipos especiales, s.f.)

Descripción

Máquina de lijado y pulido a máquina está equipada con discos dobles, y puede acabarla de amolar o pulir con dos velocidades diferentes. La velocidad de rotación del disco izquierdo (disco de pre-molienda) es 450 rpm y el disco derecho (pulido de disco) es de 600 rpm. Con doble disco y diferente de rectificado y pulido de materiales, se puede realizar el proceso de rectificado de desbaste, molienda fina, el pulido áspero y pulido de acabado. Esta máquina tiene un funcionamiento sencillo y económico de aplicar. Es la muestra de ideales Preparación del aparato para su uso en fábricas, institutos de investigación científica y laboratorios de las universidades (Microscopios y equipos especiales, s.f.).

Especificaciones técnicas

- **Diámetro del disco de amolar:** Ø230mm, la velocidad de rotación de 450 rpm (o personalizada)

- **Diámetro del disco de pulido:** Ø200mm, la velocidad de rotación de 600 rpm (o personalizada)
- **Potencia del motor:** 370W
- **Fuente de alimentación:** monofásico, 220V, 50Hz
- **Dimensiones:** 70×60×28cm
- **Peso neto:** 40 Kg

Fuente: (Microscopios y equipos especiales, s.f.)

Maquina pulidora de muestras metalográficas bell – maqPMM – 260

Figura 21 *Maquina pulidora.*



Fuente: (Cotecno , s.f.)

Aplicación

La pulidora de muestras metalográficas Bell-MaqPMM-260 es un dispositivo práctico y económico diseñado para la preparación de muestras metalográficas que satisface las necesidades de los clientes en cuanto a la preparación de muestras se refiere. Este modelo ha sido creado y producido con tecnología internacional avanzada de preparación de muestras y cuenta con una carcasa de plástico reforzado con fibra de vidrio y piezas de acero inoxidable para prevenir la oxidación. Cuenta con discos de trabajo dobles y ofrece dos niveles de velocidad constante para el disco de trabajo, el cual se puede cambiar y reemplazar de manera rápida. Hay dos opciones disponibles para la Bell-MaqPMM-260, discos de trabajo de 200mm o 250mm (Cotecno , s.f.).

Tabla 3

Especificaciones principales bell- MaqPMM 260

MODELO	BELL-MAQPMM-260
Código SKU	B-01-25-0200-0106
Diámetro del disco de esmerilado y pulido	203mm (O 250mm Personalizado)
Velocidad de rotación	300/600rpm (Dos pasos de velocidad estacionaria) (O 50/1000rpm 150/300rpm Puede ser ordenado)
Diámetro del papel abrasivo	Φ200mm (Φ250mm Puede ser ordenado)
Motor	Yc713, 550W
Fuente de alimentación	3 fases AC 380V 50Hz
Dimensión	710*680*330
Peso	50KG

Fuente: (Cotecno , s.f.)

3.1. SELECCIÓN DE COMPONENTES

Para seleccionar los componentes adecuados para un pulidor metalográfico, se deben considerar factores como el tipo de muestra, el objetivo de la preparación metalográfica, la capacidad financiera y la disponibilidad de los componentes en el mercado; Los componentes del pulidor metalográfico cuentan con sistemas eléctricos y mecánicos para su correcto funcionamiento.

3.1.1. Carcasa

La carcasa en un pulidor metalográfico se utiliza para proteger al operador y evitar la exposición a los componentes internos del equipo. La carcasa se coloca alrededor del plato de pulido y los discos abrasivos, y generalmente está hecha de materiales resistentes, también ayuda a reducir las vibraciones y el ruido.

3.1.2. Estructura

La estructura del equipo es la parte que le da forma y soporte a los componentes internos, y su diseño debe ser lo suficientemente fuerte para resistir las vibraciones y fuerzas que se generan durante el proceso de pulido. En la estructura se anclan los sistemas eléctricos y mecánicos, como los motores que impulsan el plato de pulido y los discos abrasivos.

La estructura del pulidor metalográfico es una parte fundamental del equipo, ya que le da soporte y rigidez para que pueda operar de manera eficiente y precisa. Además, debe ser lo suficientemente robusta para resistir las vibraciones y fuerzas generadas durante el proceso de pulido y mantener todos los componentes internos seguros y estables.

3.1.3. Discos Porta Lijas

Los discos utilizados en el pulido metalográfico están fabricados a partir de un material conocido como poliamida o nylon, el cual se clasifica como un termoplástico debido a sus características específicas. La poliamida (PA) es un tipo de plástico que puede ser producido mediante una reacción química que involucra un compuesto de polímero, y que se compone de fibras tanto naturales como sintéticas.

Este material es reconocido por su gran durabilidad, ya que presenta una resistencia mecánica y rigidez excepcionales, además de una dureza considerable y una tenacidad media. También es importante destacar que la poliamida presenta una alta capacidad de absorción de humedad y funciona como un aislante térmico gracias a su capacidad de impedir el paso del aire a través de ella (Aceromafe , 2023).

3.1.4. Motor Eléctrico

Los motores eléctricos son dispositivos que convierten la energía eléctrica en energía mecánica con el fin de generar movimiento en los sistemas de una máquina. Su uso es muy común en una amplia variedad de equipos, como bandas transportadoras, ventiladores, bombas de agua, compresores y otros dispositivos similares.

El funcionamiento de estos motores se logra gracias a la circulación de corriente eléctrica en el embobinado de cobre del estator, lo que produce un campo magnético. Cuando este campo interactúa con el rotor, que es la parte móvil del motor, se genera el movimiento de giro que impulsa los mecanismos del equipo en cuestión. En definitiva, los motores eléctricos son una pieza

clave en el funcionamiento de cualquier dispositivo que requiera energía mecánica para su operación.

En un pulidor metalográfico, los motores eléctricos son los encargados de impulsar el movimiento del plato de pulido y de la rueda de pulido, que son dos de los componentes principales del equipo (Mcb, 2022).

3.1.5. Regulador de voltaje

Un dispositivo eléctrico conocido como regulador de voltaje cumple la función de proveer un voltaje estable y salvaguardar los equipos eléctricos y electrónicos que se encuentran conectados a una línea de tensión. Dicho dispositivo previene que se presenten fenómenos tales como sobrevoltaje, caída de tensión y variaciones de voltaje. Cada equipo eléctrico y maquinaria está diseñado para trabajar dentro de ciertos parámetros de voltaje preestablecidos de fábrica. En caso de que los valores máximos o mínimos de alimentación eléctrica sean excedidos, hay un peligro latente de fallas debido a condiciones de operación anormales (New line, s.f.).

3.1.6. Sistema De Refrigeración

Durante el pulido, la muestra puede calentarse y deformarse si se aplica demasiada presión o si se utiliza un disco abrasivo demasiado abrasivo. Para evitar esto, se puede utilizar un sistema de enfriamiento que suministre agua o un líquido refrigerante al plato de pulido.

Durante la preparación de muestras metalográficas, es esencial emplear un método de refrigeración adecuado para evitar que el calor generado durante el proceso de pulido afecte la estructura de la muestra. Para lograr esto, se utiliza un sistema de refrigeración en húmedo que permite mantener

la muestra a una temperatura constante y controlada, evitando que se produzcan cambios en su estructura.

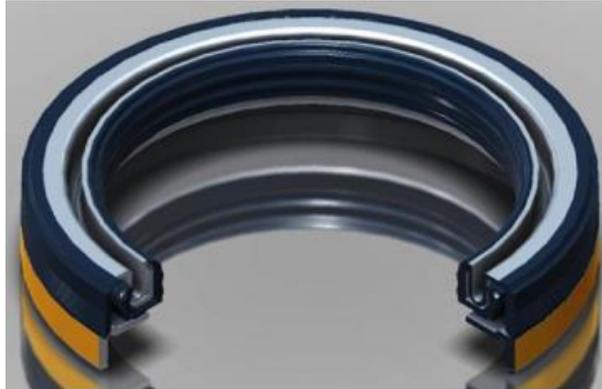
Además de su función de enfriamiento, el sistema de refrigeración en húmedo también tiene la tarea de retirar las limaduras generadas durante el proceso de pulido, evitando que se acumulen en la muestra y afecten su calidad final.

3.1.7. Retenedores

En la mayoría de los montajes mecánicos que involucran fluidos, es esencial prevenir la fuga de estas sustancias fuera del sistema. Para lograr esto, se utilizan dispositivos conocidos como retenedores, los cuales son diseñados para contener los fluidos, excluir contaminantes y en algunos casos, resistir la presión o separar diferentes tipos de fluidos.

Los retenedores se integran en el diseño mecánico de los sistemas para evitar fugas en los puntos donde convergen distintas partes del mismo, conocidos como superficies de contacto, y que pueden presentar espacios de holgura. La función principal de los retenedores es bloquear estos espacios de holgura para que nada pueda pasar a través de ellos, evitando la fuga de fluidos y garantizando la integridad del sistema. En resumen, los retenedores son dispositivos esenciales en el diseño de montajes mecánicos que involucran fluidos para prevenir fugas y garantizar su correcto funcionamiento (VDC, 2023).

Figura 22 *Retenedor*



Fuente: (Curso de maquinas mecanicas, 2023)

3.1.8. Rodamientos

Los rodamientos tienen una función crucial en los sistemas mecánicos, ya que permiten el movimiento entre diferentes componentes al reducir la fricción. Estos componentes pueden ser muy pesados y los rodamientos facilitan su movimiento en varias direcciones. Además, transmiten fuerza y la dirigen hacia un carril para evitar desplazamientos no deseados. Los rodamientos tienen un bajo par inicial y la diferencia entre el par inicial y el de funcionamiento es mínima. Gracias a la estandarización a nivel mundial, se pueden encontrar fácilmente en cualquier lugar y son intercambiables. Además, pueden soportar una amplia gama de temperaturas. Es posible precargar los rodamientos para obtener holguras negativas y una mayor rigidez en los sistemas mecánicos (Ducansse , 2022).

Figura 23 Rodamientos



Fuente: (Ducansse , 2022)

3.1.9. Tubo cuadrado acero comercial

El acero comercial es un material ampliamente utilizado en la fabricación de una gran variedad de productos, desde componentes hasta perfiles estructurales. Debido a su alta demanda en el mercado, existen diversas presentaciones de este material que se adaptan a las necesidades específicas de cada aplicación.

El acero comercial es una aleación de hierro y carbono que puede incluir otros elementos como silicio, fósforo, azufre y oxígeno. Esta composición le otorga al acero una alta capacidad para brindar soporte estructural en diferentes contextos. A partir de este material se pueden diseñar perfiles y barras que ofrecen resistencia y estabilidad en diversas estructuras (Aceropedia , s.f.).

Figura 24 *Tubo cuadrado*

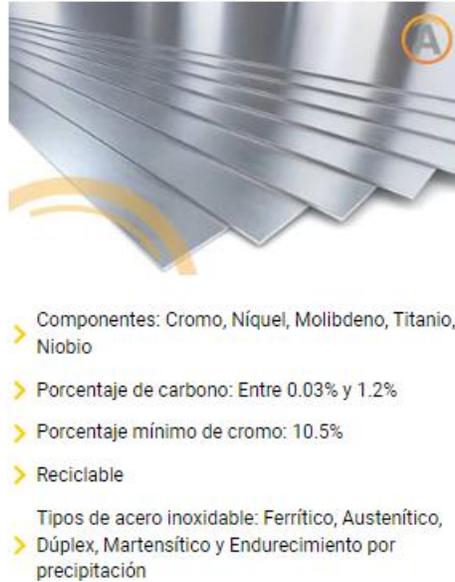


Fuente: (Ferriobras , 2023)

3.1.10. Laminas en acero inoxidable

El acero inoxidable es un tipo de acero que se distingue por su alta resistencia a la corrosión gracias a la adición de elementos de aleación. Se considera una familia de alrededor de 200 aleaciones de acero con propiedades únicas de resistencia al calor y la corrosión. La cantidad de carbono que contienen varía entre el 0.03% y el 1.2%, y su composición puede incluir otros elementos como níquel, cromo, molibdeno y titanio. Debido a su resistencia a la oxidación y a la corrosión, el acero inoxidable se utiliza comúnmente en la fabricación de utensilios de cocina, electrodomésticos, maquinaria industrial y estructuras arquitectónicas (Aceropedia, 2023).

Figura 25 Acero inoxidable y sus especificaciones.



Fuente: (Aceropedia, 2023)

3.2. CALCULO DE COMPONENTES

Ecuaciones de flujo:

$$\text{flujo} = \text{masa}/\text{tiempo} \text{ o } \text{flujo} = Gp \text{ (gasto * densidad)} \quad (1)$$

$$\left(\frac{\text{nlitros}}{\text{s}}\right) \left(\frac{1\text{m}^3}{1000\text{l}}\right) = \left(\frac{\text{nlm}^3}{\text{s l}}\right) = G \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$F = Gp \quad (2)$$

Calculo por gotas

$$1 \text{ mililitro} = 20 \text{ gotas} \text{ (Ángel,2014)}$$

Cálculos de componente de la maquina

Potencia:
$$p = T \cdot w \quad (3)$$

Donde: T = Torque, expresado en N.m

w = Velocidad angular, expresada en $\frac{rad}{s}$

Torque:
$$T = Fr * r \quad (4)$$

Donde se tiene $F_F =$ Fuerza de fricción

r = Radio maxio del disco en metros

Fuerza de fricción:
$$F_f = \mu * F \quad (5)$$

Se tiene $\mu =$ coeficiente de fricción

F = Fuerza aplicada al disco en newtons

Potencia máxima del motor:
$$P_{max} = T \cdot w \quad (6)$$

Donde: T = Torquemax, expresado en N.

w = Velocidadmax angular, expresada en $\frac{rad}{s}$

4. METODOLOGIA

4.1. DISEÑO DEL PULIDOR METALOGRAFICO

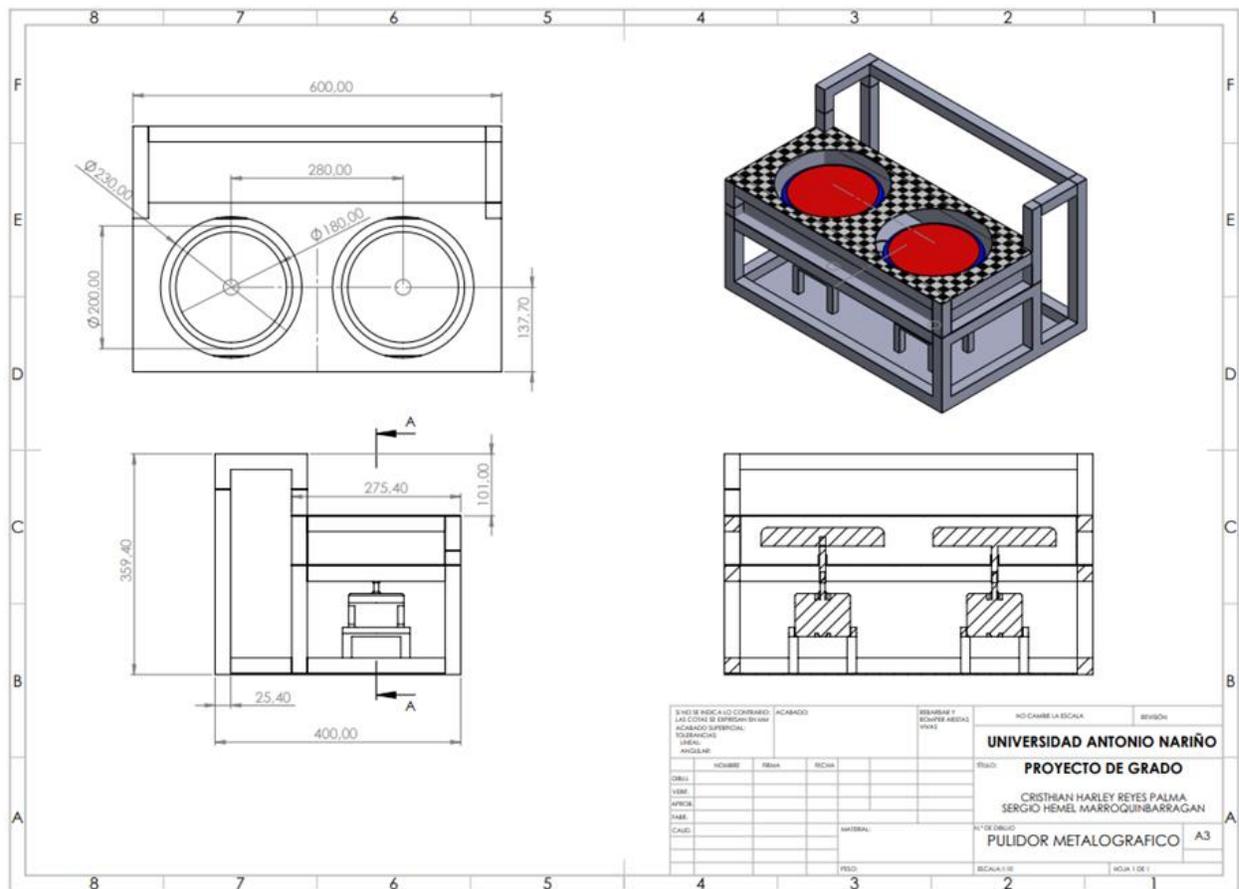
Se llevó a cabo la recolección de información necesaria para el estudio de la metalografía, incluyendo su uso y campos de aplicación. Es importante tener en cuenta las siguientes características:

- El pulidor se va a construir con dos discos giratorios.
- Con el fin de regular la velocidad de rotación de los discos, se debe utilizar un variador de frecuencia.
- La máquina pulidora debe contar con una fuente de refrigeración
- Se van a utilizar dos motores para controlarlos independientemente.
- La carcasa de la estructura debe ser en material ligero y resistente para evitar la corrosión.
- Debe llevar una bandeja para depósito de agua y residuos de limado

Modelo y dimensiones de la pulidora metalográfica

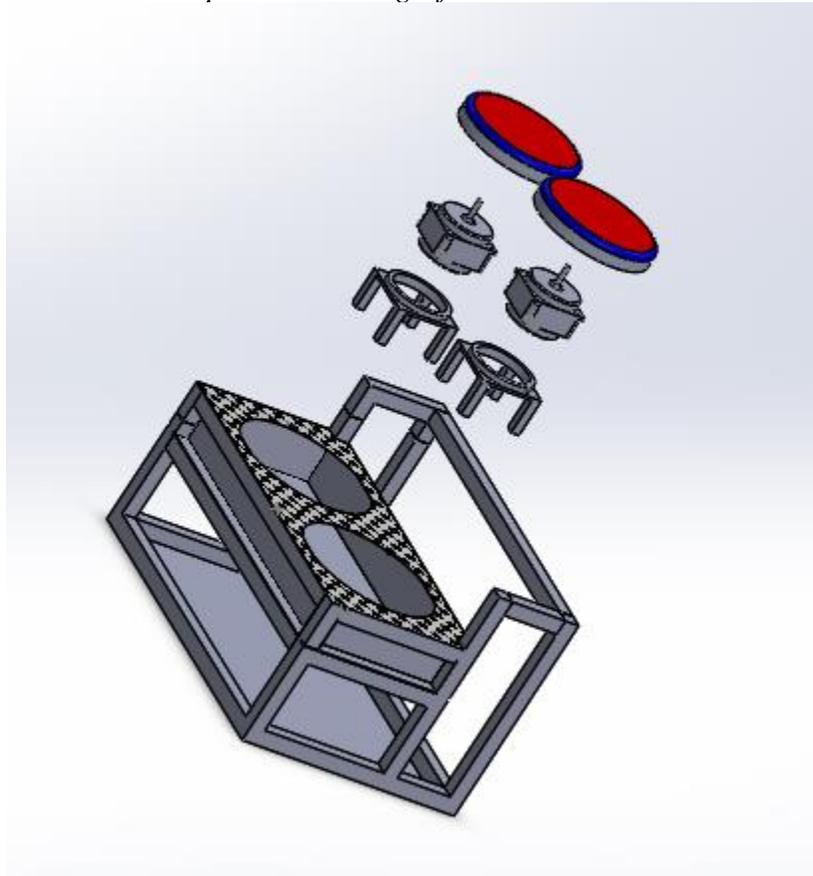
Este modelo de la maquina se obtuvo de la recolección de datos obtenidos en el marco referencial y tomando como muestra una maquina ya existente en el mercado, llevamos a cabo el diseño del pulidor metalográfico en el programa SolidWorks. (Ver figura 26)

Figura 26 Planos de diseño del pulidor



Fuente: Autores

Figura 27 Vista escalonada del pulidor metalográfico



Fuente: Autores

4.1.1. Cálculos de componentes mecánicos

Se utilizaron las siguientes ecuaciones para seleccionar los componentes necesarios para desarrollar la máquina.

Para determinar la potencia del motor requerida en la máquina de pulido metalográfico, es necesario realizar varios cálculos que incluyen valores tales como torque, fuerza de fricción, velocidad angular y fuerza aplicada.

En términos de la selección del motor, se deben realizar cálculos para encontrar el torque mínimo necesario, que dependen de variables y datos que se detallarán a continuación.

Cálculo de flujo

Con el propósito de prevenir que el agua rebase el nivel máximo de los bujes de los ejes, se realizó un experimento para calcular el tiempo que tarda en ingresar un litro de agua al platero, utilizando diferentes tipos de goteos(gotas)

Según la ecuación (1)

$$flujo = \frac{masa}{tiempo} \text{ o } flujo = Gp \text{ (gasto * densidad)}$$

Sus unidades son $\frac{kg}{seg}$

Calculo por gotas

$$1 \text{ mililitro} = 20 \text{ gotas}$$

Con el objetivo de calcular el tiempo que tarda en entrar un litro de agua al platero, se efectuaron una serie de cálculos utilizando tres valores distintos de goteo: 4,5 gotas, 5 gotas, 5,5 gotas.

Tiempo que tarda en entrar el agua al platero a 4,5 gotas en 1 segundo

Convertimos las unidades para obtener el resultado en $\frac{gotas}{minuto}$

$$\frac{4,5 \text{ gotas}}{1 \text{ seg}} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} = 270 \frac{gotas}{min}$$

Con la información que hay en un litro, se realizó un cálculo para conocer el tiempo que tomo para que el litro de agua ingresara al platero.

$$\frac{20000 \text{ gotas}}{270 \frac{gotas}{min}} = 74.07 \text{ minutos}$$

El resultado de la ecuación es 74,07 minutos. Tiempo que tarda en entrar 1 litro de agua al platero. Hacemos conversión de unidades para resolver la ecuación gasto de agua.

1 hora, 14 minutos, 07 segundos tarda un litro de agua en entrar al platero.

Tabla 4

Tipos de goteo

	$\frac{\text{gotas}}{\text{min}}$	Tiempo
4,5 gotas por segundo	$270 \frac{\text{gotas}}{\text{min}}$	1 hora, 14 minutos, 07 segundos
5,5 gotas por segundo	$330 \frac{\text{gotas}}{\text{min}}$	60 minutos y 60 segundos
6,5 gotas por segundo	$390 \frac{\text{gotas}}{\text{min}}$	51 minuto y 28 segundos

Fuente: Autores

Con los datos anteriormente obtenidos los reemplazamos en la siguiente formula

Donde: $1m^3 = 1000 \text{ Litros}$

Entonces decimos,

Que el valor obtenido corresponde al gasto durante 4,5 gotas por segundo

$$\left(\frac{1l}{4444,4s}\right)\left(\frac{1m^3}{1000l}\right) = \left(\frac{1lm^3}{4444400s l}\right) = 2.25 * 10^{-6} \frac{m^3}{s}$$

El valor obtenido corresponde al gasto durante 5,5 gotas por segundo

$$\left(\frac{1l}{3636s}\right)\left(\frac{1m^3}{1000l}\right) = \left(\frac{1lm^3}{3636000s l}\right) = 2.75 * 10^{-7}$$

El valor obtenido corresponde al gasto durante 6,5 gotas por segundo

$$\left(\frac{1l}{3076,8s}\right)\left(\frac{1m^3}{1000l}\right) = \left(\frac{1lm^3}{3076800s l}\right) = 3.25 * 10^{-7}$$

Al estar calculados el valor del gasto, lo reemplazamos en la siguiente formula

Según la ecuación (2),

$$F = Gp$$

Reemplazamos los valores obtenidos del gasto para cada goteo

Tenemos para 4,5 gotas por segundo,

$$F = \left(2.25 * 10^{-6} \frac{m^3}{s}\right) \left(1000 \frac{kg}{m^3}\right) = 2,5 * 10^{-3} \frac{kg}{s}$$

Tenemos para 5,5 gotas por segundo,

$$F = (2.75 * 10^{-7}) \left(1000 \frac{kg}{m^3}\right) = 2.75 * 10^{-4} \frac{kg}{s}$$

Tenemos para 6,5 gotas por segundo,

$$F = (3.25 * 10^{-7}) \left(1000 \frac{kg}{m^3}\right) = 3,25 * 10^{-4} \frac{kg}{s}$$

Estos valores encontrados representan el flujo gastado por cada tipo de goteo y esta expresado en $\frac{kg}{s}$

Para determinar la potencia del motor requerida en la máquina de pulido metalográfico, es necesario realizar varios cálculos que incluyen valores tales como torque, fuerza de fricción, velocidad angular y fuerza aplicada.

En términos de la selección del motor, se deben realizar cálculos para encontrar el torque mínimo necesario, que dependen de variables y datos que se detallarán a continuación.

Potencia: Según la ecuación (3)

$$P = T * w$$

Donde: T = Torque, expresado en N. m

Se tiene w = Velocidad angular, expresada en $\frac{rad}{s}$

$\left(400 \frac{rev}{min}\right)$, valor aproximado en el disco para el buen funcionamiento.

$$w = \left(400 \frac{rev}{min}\right) * \left(\frac{2\pi}{rev}\right) * \left(\frac{1min}{60 s}\right)$$

Como resultado tenemos que $w = 41,88 \frac{rad}{s}$

Torque:

Según la ecuación (4)

$$T = F_f * r$$

Donde se tiene F_f = Fuerza de fricción

También r = Radio maxio del disco en metros

Fuerza de fricción:

Según la ecuación (5)

$$F_f = \mu * F$$

Se tiene μ = coeficiente de fricción

También F = Fuerza aplicada al disco en newtons

Cuando calculamos la ecuación de la fuerza de fricción, “empleamos un coeficiente de 0,94” (LOPEZ & TORRES, 1999) Este valor representa el límite máximo que se conecta en la máquina y corresponde a la relación de fricción entre la lija de desbaste y el acero. Para expresar el mínimo esfuerzo que el disco debe soportar, utilizamos una fuerza de 20N, que equivale a 2 kilogramos de fuerza.

Reemplazamos valores en la ecuación (5):

$$F_f = (0.94) * (20N)$$

Resultado de ecuación

$$F_f = 18.8 N$$

El resultado obtenido será la fuerza de fricción máxima que soportará el disco

Radio: r , en el caso del disco 0.0875m ya que el diámetro es 0.175m

Ya obtenido los valores los sustituimos en la ecuación (4)

$$T = F_f * r$$

$$T = (18.8N) * (0,0875m)$$

Resultado de la ecuación

$$T = 1.645 \text{ N. m}$$

El resultado obtenido es el torque mínimo a soportar en el disco.

Después obtener los valores de velocidad angular y torque los reemplazamos en la ecuación (3) que son necesarios para determinar la potencia.

Donde esta expresada como: $P = T * w$

Reemplazamos valores

$$P = (1.645N. m) * (w = 41,88 \frac{\text{rad}}{\text{s}})$$

Resultado de la ecuación

$$P = 68,89 \text{ watts}$$

Para saber la potencia del motor en caballos de fuerza (hp) es necesario hacer conversión de unidades.

$$\text{Resolvemos: } (68.89 \text{ watts}) * (\frac{1\text{hp}}{745,7 \text{ watts}})$$

Como resultado: 0,092 Hp

El valor obtenido será la mínima fuerza requerida para el motor.

Potencia máxima del motor: según la ecuación (3)

$$P = T * w$$

Donde: T = Torque, expresado en N. m

Se tiene $w =$ Velocidad angular, expresada en $\frac{\text{rad}}{\text{s}}$

$\left(400 \frac{\text{rev}}{\text{min}}\right)$, valor aproximado en el disco para el buen funcionamiento.

según fabricantes de pulidoras metalográficas.

$$\omega = \left(400 \frac{\text{rev}}{\text{min}}\right) * \left(\frac{2\pi}{\text{rev}}\right) * \left(\frac{1\text{min}}{60 \text{ s}}\right)$$

Como resultado tenemos que $\omega = 41,88 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$

Torque:

Según la ecuación (4)

$$T = F_f * r$$

Donde se tiene F_f = Fuerza de fricción

También r = Radio máximo del disco en metros

Fuerza de fricción:

Según la ecuación (5)

$$F_f = \mu * F$$

Se tiene μ = coeficiente de fricción

También F = Fuerza aplicada al disco en newtons

Cuando calculamos la ecuación de la fuerza de fricción, “empleamos un coeficiente de 0,94” (LOPEZ & TORRES, 1999). Este valor representa el límite máximo que se conecta en la máquina y corresponde a la relación de fricción entre la lija de desbaste y el acero. Para expresar el máximo esfuerzo que el disco debe soportar, utilizamos una fuerza de 55 N, que equivale a 5,5 kilogramos de fuerza.

Reemplazamos valores en la ecuación (5):

$$F_f = (0.94) * (55\text{N})$$

Resultado de ecuación

$$F_f = 51,7 \text{ N}$$

El resultado obtenido será la fuerza de fricción máxima que soportará el disco

Radio: r, en el caso del disco 0.0875m ya que el diámetro es 0.175m

Ya obtenido los valores los sustituimos en la ecuación (4)

$$T = F_f * r$$

$$T = (51,7\text{N}) * (0,0875\text{m})$$

Resultado de la ecuación

$$T = 4,52 \text{ N.m}$$

El resultado obtenido es el torque máximo a soportar en el disco.

Después obtener los valores de velocidad angular y torque los reemplazamos en la ecuación (3) que son necesarios para determinar la potencia.

Donde esta expresada como: $P = T * w$

Reemplazamos valores

$$P = (4,52\text{N.m}) * (w = 41,88 \frac{\text{rad}}{\text{s}})$$

Resultado de la ecuación

$$P = 189.29 \text{ watts}$$

Para saber la potencia del motor en caballos de fuerza (hp) es necesario hacer conversión de unidades.

$$\text{Resolvemos: } (189,29 \text{ watts}) * \left(\frac{1\text{hp}}{745,7 \text{ watts}}\right)$$

Como resultado: 0,25 Hp

Buscamos en el mercado un motor que cumpla con los parámetros calculados y encontramos un motor marca Welling de referencia W10006415, de ¼ HP (187W) y 1625 RPM.

Ahora calculamos de la velocidad lineal para tres (3) tipos de radio diferentes. Esto lo hacemos para encontrar una zona apta en el disco para el pulido de las muestras.

Para hallar la velocidad lineal tenemos la siguiente formula:

$$V = w * r \quad (7)$$

Dónde w = velocidad angular cuyas unidades son $\frac{\text{rad}}{\text{s}}$

r = radio, en el caso de la pulidora emplearemos 3 radios (1,5cm, 3,5cm y 7cm)

Las medidas de los radios previamente mencionados corresponden a tres (3) áreas de pulido distintas, las cuales afectaran la muestra de manera diferenciada.

Con el fin de darle solución a la ecuación (7) es necesario convertir la velocidad máxima en el disco de acuerdo a una relación de transmisión de 1:3.

Formula: $n = \frac{1625 \frac{\text{rev}}{\text{min}}}{3} = 541,66 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$, Estas fueron las rpm para trabajar

Tenemos:

$$\left(541,66 \frac{\text{rev}}{\text{min}}\right) * \left(\frac{1\text{min}}{60\text{s}}\right) = 9,02 \frac{\text{rev}}{\text{s}}$$

Como tenemos las unidades en $\frac{\text{rev}}{\text{s}}$, las vamos a convertir en $\frac{\text{rad}}{\text{s}}$, de este modo se determina la velocidad angular:

$$w = \left(9,02 \frac{\text{rev}}{\text{s}}\right) * \left(\frac{2\pi\text{rad}}{1\text{rev}}\right)$$

Resultado de la ecuación:

$$w = 56,67 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Antes de poder emplear los radios en la ecuación (7), es necesario expresarlos en unidades de metros (m) en lugar de centímetros (cm). Este radio se ubicó del centro al borde de la muestra.

$$\text{Radio 1. } \left(1,5 \frac{\text{cm}}{1}\right) * \left(\frac{1\text{m}}{100\text{cm}}\right) = 0,015\text{m}$$

$$\text{Radio 2. } \left(3,5 \frac{\text{cm}}{1}\right) * \left(\frac{1\text{m}}{100\text{cm}}\right) = 0,035\text{m}$$

$$\text{Radio 3. } \left(7 \frac{\text{cm}}{1}\right) * \left(\frac{1\text{m}}{100\text{cm}}\right) = 0,07\text{m}$$

Reemplazamos los valores en la ecuación (7)

$$V = w * r$$

Para el radio 1 (0.015m):

$$V = \left(41,88 \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right) * (0,015\text{m})$$

Resultado de la ecuación:

$$V = 0,6282 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Para el radio 2 (0.035m):

$$V = \left(41,88 \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right) * (0,035\text{m})$$

Resultado de la ecuación:

$$V = 1,4658 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Para el radio 3 (0.07m):

$$V = \left(41.88 \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right) * (0,07\text{m})$$

Resultado de la ecuación:

$$V = 2,9316 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Con el propósito de identificar la zona más adecuada para el pulido de muestras metalográficas, se midieron las velocidades en distintas zonas. Los resultados indican que la zona dos (2) es la más apropiada, ya que la velocidad en este punto permite un proceso uniforme de pulido que asegura una superficie adecuada para los estudios a realizar. En cambio, no se recomienda el pulido en la zona uno (1), donde la velocidad puede dañar el material y generar colas no deseadas en la probeta, mientras que en la zona tres (3) se observaría daño en la probeta debido a los residuos sobrantes del material, lo que resultaría en una superficie de pulido no apta para materiales blandos.

4.2. SELECCIÓN DE MATERIALES Y COMPONENTES DEL PULIDOR

4.2.1. Motor eléctricos marca Welling

Este motor son los que se encargan de proporcionar la energía necesaria para hacer girar el plato de pulido y la muestra que se está puliendo. Dependiendo del modelo de pulidor, pueden utilizarse uno o varios motores para controlar la velocidad de rotación y la dirección del plato de pulido. Además, los motores también pueden estar equipados con sistemas de frenado para detener el movimiento del plato de manera segura y rápida. En resumen, los motores eléctricos son esenciales en el proceso de pulido y su correcto funcionamiento asegura un acabado preciso y uniforme en la muestra metalográfica.

Figura 28 Motor ref w 10006415 de 1/4 de Hp



Figura 29 Especificaciones técnicas del motor



4.2.2. Estructura

La elección del material y las dimensiones utilizadas para la estructura son esenciales para garantizar la resistencia y la estabilidad de la pieza final. El tubo cuadrado de acero de 1 pulgada (25,4 milímetros) con un espesor de calibre 18. Las dimensiones generales de la estructura, de 40 cm de ancho, 60 cm de largo y 35.94 cm de alto.

Por otro lado, la elección de una lámina de acero de calibre 14 (1.90 milímetros) para la base y la soldadura 6013 de 1/8 para unir las piezas proporcionan una base sólida y estable para la estructura. El uso de un calibre más grueso para la base ayuda a garantizar la estabilidad y la resistencia de la estructura en su totalidad. La soldadura 6013 de 1/8 es un tipo de soldadura que proporciona una fuerte unión entre las piezas de acero y es capaz de soportar cargas significativas. En general, la elección cuidadosa de los materiales y los métodos de unión es esencial para asegurar la calidad y la fiabilidad de la estructura final.

Figura 30 *Estructura del pulidor*



4.2.3. Disco porta lijas

Este material se encuentra en el mercado como barras cilíndricas en medidas estándar, para este caso utilizamos una barra de 8 pulgadas (20.32 centímetros). Donde se hicieron dos cortes de 3 centímetros de espesor cada uno, seguidamente se mecanizan en un torno donde se realizará el acabado final como se muestra en la figura 32. Queda con dimensiones de 17.5 centímetros de diámetro x 2.5 centímetros de espesor.

Figura 31 Mecanizado del disco nylon o poliamida

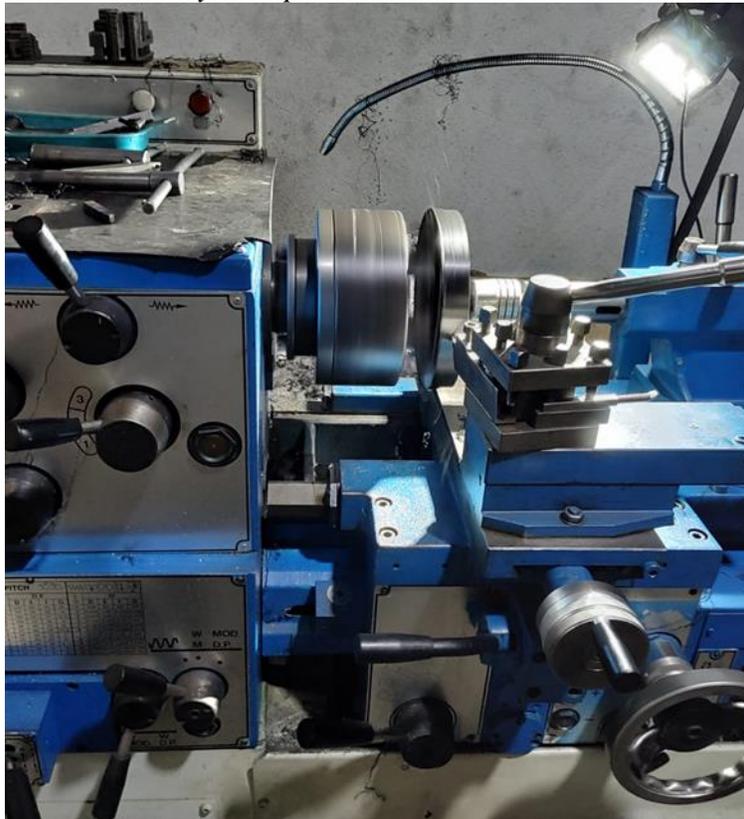


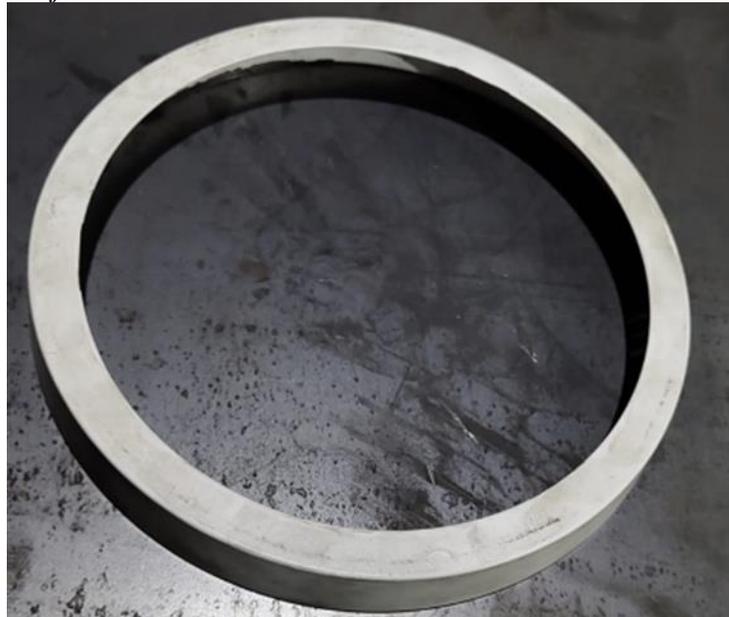
Figura 32 *Discos en nylon o poliamida acabado final*



4.2.4. Soportes de lija

El soporte para lijas está diseñado para ser utilizado con lijas de tamaño estándar, generalmente de 9 x 11 pulgadas (22.86 x 27.94 centímetros) donde se deben recortar a medida del disco. El soporte se compone de una base plana con una superficie de agarre fina, que sujeta la lija firmemente en su lugar. La parte superior del soporte tiene una superficie curvada o de forma ergonómica que se adapta cómodamente a la mano del usuario y facilita el movimiento de la lija durante el lijado. Además, el soporte para lijas también puede tener un mecanismo de ajuste para permitir la utilización de diferentes grosores de lija.

Figura 33 *Soporte de lija*



4.2.5. Bandeja de depósito

Este recipiente fabricado en acero inoxidable de alta calidad y espesor calibre 18 (1.10 milímetros). Además de su resistencia a la corrosión, el acero inoxidable también es conocido por su capacidad para resistir altas temperaturas y su bajo mantenimiento, lo que lo hace ideal para su uso en entornos de laboratorio. La superficie lisa y fácil de limpiar de la bandeja permite una limpieza rápida y eficiente después de su uso, lo que es importante para mantener un ambiente limpio y estéril. Además, el diseño de la bandeja permite un fácil manejo y transporte, lo que facilita su uso.

Esta bandeja se utiliza como un contenedor versátil y confiable para almacenar y transportar o contener el agua utilizada para la refrigeración de las muestras.

Figura 34 *Bandeja en acero inoxidable*



4.2.6. Dimmer regulador de velocidad

Este dispositivo se conoce como regulador de velocidad o controlador de velocidad. Su principal función es mantener un el amperaje constante en el motor o circuito eléctrico, lo que ayuda a prolongar su vida útil y a mejorar su rendimiento. En este caso, se utilizarán dos reguladores de velocidad, uno para cada motor del pulidor, con el fin de controlar la velocidad de forma independiente para cada uno. Esto permitirá ajustar la velocidad de cada motor y obtener diferentes niveles de pulido según las necesidades del usuario.

Figura 35 *Dimmer regulador de velocidad*



Fuente: Autores

4.2.7. Breaker

El pulidor llevará este breaker como dispositivo de protección eléctrica que se utiliza para interrumpir la corriente eléctrica en caso de una sobrecarga o cortocircuito en la máquina. Su función es evitar que se produzcan daños en la pulidora o en otros equipos eléctricos, así como prevenir posibles lesiones a las personas que están utilizando la máquina.

El breaker actúa como un interruptor automático que se dispara cuando detecta una sobrecarga en el circuito eléctrico de la pulidora. Cuando esto ocurre, el breaker corta la corriente eléctrica para evitar que se dañen los componentes eléctricos de la máquina o que se produzca un cortocircuito que pueda causar un incendio.

Figura 36 Breaker on/off 127 – 230 V



Fuente: (Homecenter, 2023)

4.2.8. Manguera modular 1/4

Es una manguera flexible que está diseñada para conectarse fácilmente con otros componentes del sistema sin necesidad de herramientas especiales. Esta manguera se compone de varios módulos que se ensamblan de manera sencilla y segura para formar la longitud deseada.

Los módulos de la manguera modular suelen ser de diferentes colores para facilitar su identificación y permitir una conexión rápida y precisa de los componentes del sistema. Cada

módulo tiene conexiones en ambos extremos que se conectan fácilmente con otros módulos o con otros componentes del sistema.

Las mangueras modulares se utilizan comúnmente en sistemas hidráulicos, neumáticos y de líquidos, y son populares en aplicaciones en las que se requiere un fácil mantenimiento o se necesita una rápida reconfiguración del sistema.

Figura 37 *Manguera torno plástica*



Fuente: (Suministros Hidraulicos S.A.S., 2015)

4.2.9. Manguera teflón ¼

Utilizamos manguera teflón de ¼ para conducir el agua hasta los discos para refrigerar las muestras.

Figura 38 *Manguera teflón*



Fuente: Autores

4.2.10. Pulidor metalográfico

Observamos el pulidor metalográfico sin sus tapas laterales

Figura 39 Pulidora metalográfica



Fuente: Autores

4.3. COMPROBACIÓN DE CONSUMO Y EFICIENCIA

4.3.1. Consumo

Para calcular el consumo del pulidor verificamos las características del motor y obtenemos la siguiente información (ver tabla 5)

Tabla 5*Detalles de consumo por cada motor*

Motor	Potencia en W	Potencia en Kw	Horas diarias de uso	Kwh	Kwh/mes	Costo mensual promedio
Operaciones	P	P/1000	t	Kw * t	Kwh*30	Valor Kwh
Motor 1	187	0,187	1,5 horas	0,0280	8,4	\$6.458,17
Motor 2	187	0,187	1, horas	0,0280	8,4	\$6.458,17
Total						\$12.916,34

Fuente: Autores

Según los datos de la tabla podemos evidenciar que el pulidor tiene un consumo mínimo de energía, lo que es de gran ventaja para la universidad Antonio Nariño sede Ibagué a la hora de utilizar el equipo.

4.3.2. Eficiencia

La eficiencia se refiere a la capacidad de un motor eléctrico para utilizar de manera efectiva la energía eléctrica suministrada desde la fuente, transformándola en energía útil (Conuee, 2009).

4.3.2.1. Disminución de eficiencia

Cuando un motor recibe energía eléctrica, no toda se convierte en energía mecánica, ya que se producen pérdidas durante el proceso de conversión. Por lo tanto, la eficiencia no alcanzará el 100%. Si las condiciones de funcionamiento del motor no son las adecuadas, estas perderán y se reducirá la eficiencia del motor (Conuee, 2009).

4.3.2.2. Cálculo de la eficiencia

Este cálculo se lleva a cabo al comparar la potencia mecánica con la potencia eléctrica y expresarlo como un porcentaje (Conuee, 2009).

$$Eficiencia = \frac{potencia\ mecánica}{potencia\ eléctrica} * 100 \text{ (Conuee, 2009)}$$

La potencia eléctrica la expresamos en (kW)

La potencia mecánica en caballos de potencia (HP)

Para cálculo de la eficiencia del pulidor según las especificaciones técnicas del motor tenemos los siguientes datos.

Potencia mecánica: 0,25 hp x

Potencia eléctrica: 187 w o 0,187 kW

La potencia de salida que genera en los discos del pulidor son 167 w, entonces decimos que:

$$Eficiencia = \frac{0,167\ kW}{0,187\ kW} * 100 = 89,30\%$$

Resultado obtenido es la eficiencia del motor del pulidor 89,30%

Calculamos las pérdidas de la potencia:

$$0,187 - 0,167 = 0,02$$

5. CONCLUSIONES

- A partir de la elaboración del diseño, se pudieron establecer las especificaciones para la construcción de la máquina de pulido metalográfico.
- Las prestaciones técnicas del equipo construido son equiparables a las de un equipo comercial, con la ventaja de que su costo es menor.
- Los sistemas de transmisión y control de la máquina son esencial para un óptimo desempeño, ya que evita posibles daños a corto plazo.
- Es necesario contar con un sistema de refrigeración para las muestras, ya que sin él podrían producirse daños en la superficie por la fricción directa con el papel abrasivo.
- Luego de analizar diversas alternativas, se puede concluir que siempre existen oportunidades para mejorar los equipos de metalografía, de manera que se facilite su uso y se obtengan resultados más dinámicos.
- Los resultados obtenidos en las pruebas de funcionamiento de la máquina de pulido metalográfico han confirmado la similitud entre los datos teóricos y los obtenidos experimentalmente mediante el uso de instrumentos de medición de velocidad y flujo.
- El uso adecuado de las muestras de metalografía es fundamental para garantizar el correcto funcionamiento de la máquina de pulido.
- Se realizaron pruebas de funcionamiento, utilizando una barra de acero 1020 con un diámetro de 2,5 pulgadas; se evidencia que el pulidor se desempeña de muy buena manera, luego de pasar la muestra por diferentes tipos de papel abrasivo, se le da un acabado tipo espejo que es lo que se buscaba.
- Según el análisis de eficiencia se logro establecer que cumple con los parámetros al ser un equipo eficaz y de bajo consumo.

6. REFERENCIAS

- 3M . (s.f.). Obtenido de Disco de Desbaste 3M™ Silver 51750, T27, 180 mm x 6 mm x 22.23 mm, 10/Paquete Interno, 20/Caja: https://www.3m.com.bo/3M/es_BO/p/d/v100569053/
- Abracom . (2023). Obtenido de Usos de las ruedas abrasivas :
<https://www.abracom.es/es/blog/post/45-usos-ruedas-abrasivas.html>
- Abracom. (12 de mayo de 2021). *Las pastas abrasivas en el pulido de superficies*. Obtenido de <https://www.abracom.es/es/blog/post/140-las-pastas-abrasivas-en-el-pulido-de-superficies.html>
- Abrastar . (s.f.). *Muela abrasiva ruedas* . Obtenido de <https://abrastar.com/es/producto/muela-abrasiva-ruedas/>
- Aceromafe . (2023). *Que es la poliamida y para que sirve* . Obtenido de <https://www.aceromafe.com/poliamida-usos-propiedades/>
- Aceropedia . (s.f.). Obtenido de Acero comercial : <https://aceropedia.com/tipos-de-acero/acero-comercial/>
- Aceropedia. (2023). Obtenido de Lamina de acero inoxidable :
<https://aceropedia.com/materiales/lamina-de-acero-inoxidable/#:~:text=Este%20nombre%20se%20refiere%20a,composici%C3%B3n%20real%20es%20muy%20diferente.>
- Air liquide . (s.f.). Obtenido de Cobre y aleaciones :
<https://es.airliquide.com/soluciones/soldadura-industrial/cobre-y-aleaciones>

Almacenes HJ. (s.f.). Obtenido de Disco para corte de metal 14 X 7/64 X 1 pulgadas DW8001

Dewalt: <https://www.almaceneshj.com/item->

[disco_para_corte_de_metal_14_x_764_x_1_pulgadas_dewalt_dw8001-340378](https://www.almaceneshj.com/item-disco_para_corte_de_metal_14_x_764_x_1_pulgadas_dewalt_dw8001-340378)

Ángel, E. D. (Noviembre de 2014). Obtenido de Hidronamica :

<https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16715/LECT147.p>

[df?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16715/LECT147.pdf?sequence=1&isAllowed=y).5

Arqhys.com. (s.f.). Obtenido de Usos de las aleaciones de aluminio:

<https://www.arqhys.com/decoracion/usos-de-las-aleaciones-de-aluminio.html>

automotriz, I. y. (03 de junio de 2020). Obtenido de Que es el acabado superficial y cual es su

simbologia: [https://www.ingenieriamecanicaautomotriz.com/que-es-el-acabado-](https://www.ingenieriamecanicaautomotriz.com/que-es-el-acabado-superficial-y-cual-es-su-simbologia/)

[superficial-y-cual-es-su-simbologia/](https://www.ingenieriamecanicaautomotriz.com/que-es-el-acabado-superficial-y-cual-es-su-simbologia/)

Brainly, U. d. (01 de diciembre de 2020). *Brainly*. Obtenido de <https://brainly.lat/tarea/30963566>

Conuee. (octubre de 2009). *Motores electricos* . Obtenido de

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/93849/Motores_02.pdf

Cotecno . (s.f.). *Maquina pulidora de muestras metalográficas bell – maqPMM – 260*. Obtenido

de [https://www.cotecno.cl/maquina-pulidora-de-muestras-metalograficas-bell-maqpmm-](https://www.cotecno.cl/maquina-pulidora-de-muestras-metalograficas-bell-maqpmm-260e/)

[260e/](https://www.cotecno.cl/maquina-pulidora-de-muestras-metalograficas-bell-maqpmm-260e/)

Cotecno. (s.f.). *Máquina de esmerilado y pulido de muestras metalográficas automáticas bell-*

MaqPMM-3s . Obtenido de [https://www.cotecno.cl/maquina-de-esmerilado-y-pulido-de-](https://www.cotecno.cl/maquina-de-esmerilado-y-pulido-de-muestras-metalograficas-automatica-bell-maqpmm-3s/)

[muestras-metalograficas-automatica-bell-maqpmm-3s/](https://www.cotecno.cl/maquina-de-esmerilado-y-pulido-de-muestras-metalograficas-automatica-bell-maqpmm-3s/)

Curso de maquinas mecanicas. (2023). Obtenido de Retenedor de aceite:

https://portalelectromecanico.com/CURSOS/MaquinasMecanicas/retenedores_de_aceite.html

Derematerialia praticas metalograficas . (s.f.). Obtenido de desbaste :

<http://www.derematerialia.com/praticas-metalograficas/desbaste/>

Ducasse . (2022). *Que es un rodamiento o cojinete* . Obtenido de

<https://ducasse.com.pe/blog/que-es-un-rodamiento-o-cojinete/>

Ecologia hoy. (2023). Obtenido de Vidrio: https://www.ecologiahoy.com/vidrio#google_vignette

Enciclopedia humanidades . (s.f.). Obtenido de vidrio : <https://humanidades.com/vidrio/>

eurolab. (2023). *Laboratorio de prueba de metales*. Obtenido de Cobre y aleaciones de cobre -

Selección y preparación de muestras para análisis químico - Muestreo de productos

forjados y piezas fundidas: [https://www.laboratuvar.com/es/testler/metal-test-](https://www.laboratuvar.com/es/testler/metal-test-laboratuvvari/iso-1811-2-bakir-ve-bakir-alasimlari---kimyasal-analiz-icin-numunelerin-secimi-ve-hazirlanmasi---dovme-urunlerden-ve-dokumlerden-numune-alinmasi/)

[laboratuvvari/iso-1811-2-bakir-ve-bakir-alasimlari---kimyasal-analiz-icin-numunelerin-](https://www.laboratuvar.com/es/testler/metal-test-laboratuvvari/iso-1811-2-bakir-ve-bakir-alasimlari---kimyasal-analiz-icin-numunelerin-secimi-ve-hazirlanmasi---dovme-urunlerden-ve-dokumlerden-numune-alinmasi/)

[secimi-ve-hazirlanmasi---dovme-urunlerden-ve-dokumlerden-numune-alinmasi/](https://www.laboratuvar.com/es/testler/metal-test-laboratuvvari/iso-1811-2-bakir-ve-bakir-alasimlari---kimyasal-analiz-icin-numunelerin-secimi-ve-hazirlanmasi---dovme-urunlerden-ve-dokumlerden-numune-alinmasi/)

eximport. (2023). *Disco Scotch-Brite Velour*. Obtenido de

<https://www.eximport.es/producto/disco-scotch-brite-velour/>

Ferriobras . (2023). Obtenido de TUBO CUADRADO 1" CAL 18:

https://www.ferriobras.tiendasonline.com.co/index.php?id_product=656&rewrite=tubo-cuadrado-1-cal-18&controller=product&id_lang=3

fraquihogar . (2023). Obtenido de La ceramica : <https://franquihogaronline.com/la-ceramica/>

GLOBAL INDUSTRIAL PROTECTION . (s.f.). Obtenido de 3M DISCO DE FIBRA 982C 7" X 7/8" (178 X 22 MM) G-36: <https://www.segutecnica.com/3m-disco-de-fibra-982c-7-x-7-8-178-x-22-mm-g-36--det--014961>

Homecenter. (2023). Obtenido de Mini Breaker Easy9, 1 Polo, 40 A, 10 kA, 127-230 V AC, Curva C, Riel DIN: https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/136008/mini-breaker-easy9-1-polo-40-a-10-ka-127-230-v-ac-curva-c-riel-din/136008/?kid=goosho_1161562&shop=googleShopping&gclid=CjwKCAjwge2iBhB BEiwAfXDBR75PIPMxGNiUvP-l-PKx2tkg1mqpoAT-FO9HUoMrNDdTFs0NbRGv

LOPEZ, A., & TORRES, Y. (1999). *DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA DESBASTADORA DE METALES PARA LA PREPARACION DE PROBETAS METALOGRAFICAS*.

Obtenido de PROYECTO DE GRADO:

<https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0057990.pdf>

M caseros . (s.f.). *Muelas Mixtas Flap Papel – Paño Abrasivo*. Obtenido de

<https://mcaseros.com/productos/repuestos/abrasivos-repuestos/muelas-mixtas-flap-lijapano-abrasivo/>

Mcb. (17 de octubre de 2022). *Cuáles Son Las Partes De Un Motor Eléctrico Y Sus Funciones*.

Obtenido de <https://www.mcb.com.mx/cuales-son-las-partes-de-un-motor-electrico-y-sus-funciones/>

Microscopios y equipos especiales. (s.f.). Obtenido de PULIDORA Y POLICHADORA

METALOGRAFICA MARCA TESTING INSTRUMENTS MODELO MP-2:

<https://www.microespeciales.com/producto/pulidora-y-polichadora-metalografica-marca-testing-instruments-modelo-mp-2/>

New line. (s.f.). Obtenido de Que es un regulador de voltaje :

<https://corpnewline.com/reguladores.htm>

Perfiles de aluminio.net. (2023). Obtenido de Aleaciones de Aluminio: importancia y tipos:

<https://perfilesdealuminio.net/articulo/aleaciones-de-aluminio-importancia-y-tipos/8>

Radio nacional de colombia . (18 de Diciembre de 2021). Obtenido de El Carmen de Viboral,

más de 100 años de piezas únicas pintadas a mano:

<https://www.radionacional.co/regiones/antioquia/ceramica-el-carmen-de-viboral-tradicion-de-mas-de-100-anos>

rosver . (2023). *cepillos de laminas con vastago* . Obtenido de

<https://www.rosver.com/es/producto/cepillos-de-laminas-con-v%C3%A1stago/>

Suministros Hidraulicos S.A.S. (2015). Obtenido de MANGUERA TORNO PLASTICA:

<http://www.suministroshidraulicos.net/portfolio/manguera-torno-plastica>

suministros suvain . (s.f.). Obtenido de DISCOS CAMBIO RÁPIDO SILICON CARBIDE 2

CAPAS - SOCATT: <https://www.anserjo.com/producto/1018486/1004775/std-abrasives-discos-cambio-rapido-silicon-carbide-2-capas-socatt>

tasol s.l. . (s.f.). Obtenido de Discos de Laminas: [https://suministrostasol.com/producto/discos-](https://suministrostasol.com/producto/discos-de-laminas/)

[de-laminas/](https://suministrostasol.com/producto/discos-de-laminas/)

VDC. (2023). *Informacion tecnica* . Obtenido de que es un retenedor :

<https://www.vdc.com.co/site/productos/informacion-tecnica/>

VSM we know abrasives . (2023). Obtenido de TIPOS DE DISCOS ABRASIVOS Y SUS

CARACTERÍSTICAS: <https://vsmabrasivos.com/latam/tipos-discos-abrasivos-caracteristicas/>

Anexo A: Manuales usuario pulidora metalográfica

MANUALES USUARIO PULIDORA METALGRÁFICA

En este manual encontraremos la información necesaria para el uso y recomendaciones para el adecuado funcionamiento de la pulidora metalográfica.

NOTA: El operario de la pulidora debe contar con los elementos de protección adecuados (gafas, guantes, overol, botas de seguridad, tapa oídos) para el uso de la máquina y para evitar cualquier riesgo que pueda afectar su integridad.

RECOMENDACIONES

- Antes de operar la maquina realice una inspección visual y evidencie que cuente con todos sus componentes.
- No exceder la abertura de la válvula de flujo para evitar salpicaduras y gasto innecesario de agua.
- Si escucha ruidos extraños internamente durante una prueba, pare la máquina y notifíquelo.
- Al finalizar el uso del equipo colocar el breaker en modo off y desconectarlo de la alimentación eléctrica.
- Verificar cuando esté en funcionamiento que no existan goteos de agua por la parte inferior de la máquina.
- Puede elegir en que disco trabajar o si lo requiere puede hacerlo en los dos al mismo tiempo.
- Verificar que los puntos guías trazados en el disco queden alineados con los del anillo de sujeción de las lijas.
- Al terminar el proceso realice una limpieza del equipo.

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

- Evite manipular los componentes eléctricos y mecánicos si no está autorizado para dicha labor.
- Usar implementos de seguridad al momento de utilizar el equipo (guantes, gafas, tapa oídos).
- Al momento de someter la muestra evite rozar el material con los anillos de sujeción de las lijas ya que puede crear fracturas en el mismo o romperlo.
- Evite cualquier tipo de distracción cuando este puliendo una muestra
- Si eres nuevo en el uso de la máquina, solicita la supervisión de un experto hasta que te sientes cómodo y seguro.

Pasos para iniciar la pulidora

- Paso 1: Conectar la maquina a una fuente eléctrica a 110V
- Paso 2: Conectar la maquina a la fuente de agua y fijar el flujo deseado con la llave
- Paso 3: Accionar el breaker a modo encendido(on) para dar paso de corriente a los motores
- Paso 4: Para poner a girar el disco accione el Dimmer regulador y aumente a la velocidad requerida en este caso puede iniciar a una velocidad recomendable que son 400 rpm y máximo a 800 rpm.
- Paso 5: Al finalizar cada prueba devuelva la perilla nuevamente y espere que paren los discos.
- Paso 6: Cierre el flujo de agua de la llave.
- Paso 7: Baje el breaker a off y desconecte la alimentación eléctrica a 110V.

Anexo A.1: Manual de mantenimiento de pulidora

MANUAL DE MANTENIMIENTO DE PULIDORA METALOGRAFICA

Se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones para realizar un adecuado mantenimiento y cuidado de la máquina.

NOTA: El operario de la pulidora debe contar con los elementos de protección adecuados (gafas, guantes, overol, botas de seguridad, tapa oídos) para el uso de la máquina y para evitar cualquier riesgo que pueda afectar su integridad.

RECOMENDACIONES

- Verificar que el equipo se encuentre desconectado de la fuente de alimentación eléctrica 110V.
- Asegúrese de contar con las herramientas necesarias (destornilladores pala y estrella, pinzas, alicates, llaves, etc) para realizar el mantenimiento adecuado bien sea del sistema eléctrico o mecánico.

ADVERTENCIAS

- Antes de realizar cualquier tarea de mantenimiento, asegúrese de desconectar la fuente de alimentación de la pulidora. No toque componentes eléctricos de la máquina mientras esta conectada a la corriente.
- La pulidora metalográfica tiene partes móviles que pueden causar lesiones graves si se manipulan incorrectamente.
- Para realizar estos tipos de mantenimiento es recomendable contar con los elementos de protección personal adecuados (gafas, guantes, overol, botas de seguridad)

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

- Es importante realizar el mantenimiento preventivo de la pulidora metalográfica para evitar problemas futuros. No ignorar las señales de desgaste o daños de los componentes de la maquina y reemplaza las piezas de manera oportuna.
- La limpieza es una parte importante del mantenimiento. Limpia la superficie de trabajo y los componentes de la maquina con un paño suave y limpio. Asegúrate de eliminar cualquier resto de muestra, limaduras o pastas para pulir.
- Cuando evidencie desgaste en las lijas procurar cambiarlas para evitar rayar los discos con las muestras.
- Verifica el sistema de refrigeración y la bandeja del platero limpiarlas con abundante agua.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Este se realiza para solucionar un problema específico que ha surgido en la máquina. A continuación, se presenta los siguientes pasos a seguir para realizar el mantenimiento correctivo en la pulidora metalográfica.

- Identificar el problema: Antes de comenzar cualquier tarea de mantenimiento, es importante identificar el problema específico que está afectando el funcionamiento de la pulidora. Esto puede incluir problemas mecánicos, eléctricos, o relacionados con el sistema de enfriamiento.
- Inspeccionar la pulidora: Realizar una inspección visual detallada de la pulidora para detectar el origen del problema. Busca signos de desgaste, daños o mal funcionamiento en los componentes de la máquina.
- Realizar las reparaciones necesarias: Una vez que se ha identificado el problema, es hora de realizar las reparaciones necesarias. Esto puede incluir reemplazar las piezas dañadas, ajustar los componentes de la maquina o reparar los sistemas eléctricos o de enfriamiento.

- Probar la pulidora: Después de realizar las reparaciones necesarias, es importante probar la pulidora para asegurarse de que el problema se ha solucionado y la maquina esta funcionando correctamente.

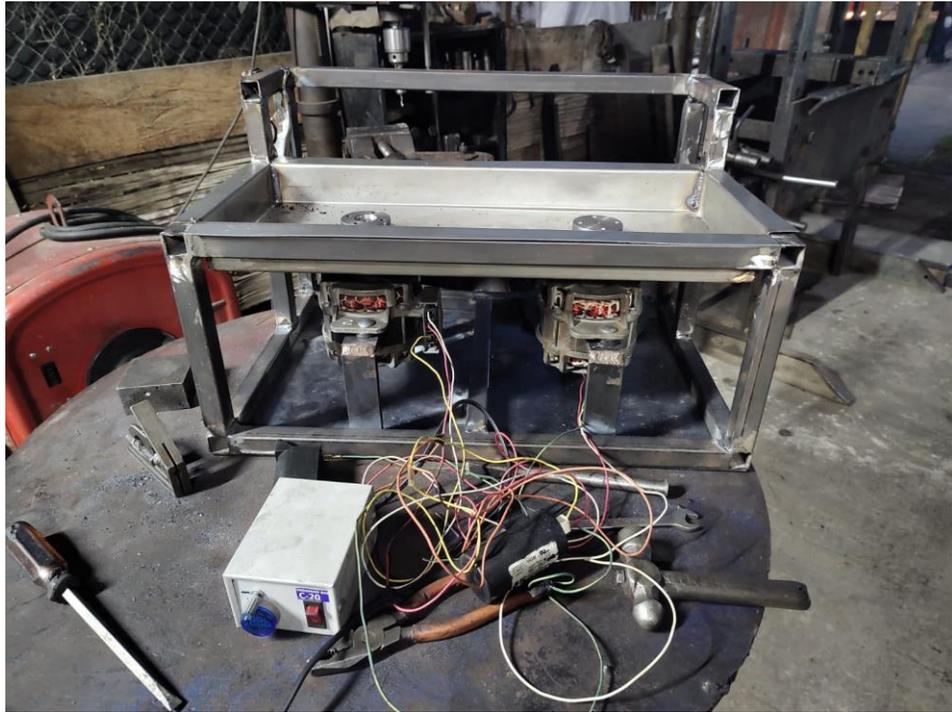
NOTA: Siguiendo estas Advertencias, podrás garantizar un mantenimiento adecuado y de manera efectiva y garantizar un funcionamiento óptimo de la máquina. Es importante tener en cuenta que, si no estas seguro de como realizar cualquier tarea de mantenimiento busca ayuda o apoyo en personal técnico especializado.

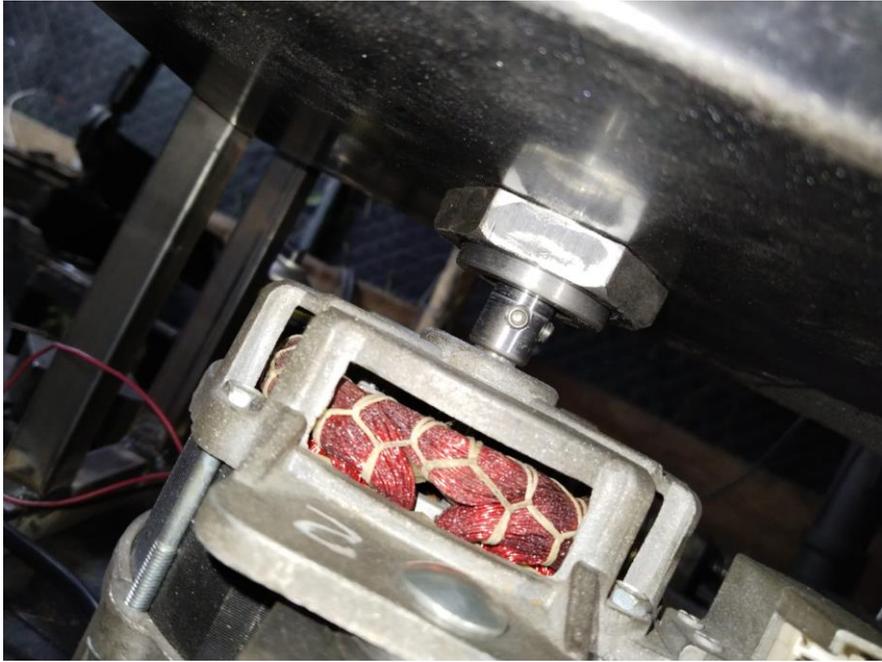
PROCESO DE FABRICACION DEL PULIDOR METALOGRAFICO













PRUEBAS REALIZADA







