



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**“PROTOTIPO DE DESBASTADORA DE BALSA PARA LA
OBTENCIÓN DE PALOS CILÍNDRICOS”**

Trabajo de grado previo a la obtención de título de Ingeniero en Mecatrónica

Línea de investigación: Prototipos Industriales

Autor:

Lenin Steev Colimba Pupiales

Director:

Fernando Vinicio Valencia Aguirre

Asesor:

Víctor Alfonso Erazo Arteaga

Ibarra, febrero 2025



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004966428		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Colimba Pupiales Lenin Steev		
DIRECCIÓN:	Ibarra – La Esperanza		
EMAIL:	lscolimbap@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0980742806

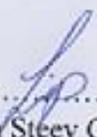
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Prototipo de desbastadora de balsa para la obtención de palos cilíndricos
AUTOR (ES):	Colimba Pupiales Lenin Steev
FECHA: DD/MM/AAAA	24 febrero de 2025
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mecatrónica
ASESOR /DIRECTOR:	Msc. Valencia Aguirre Fernando Vinicio

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 24 días del mes de febrero de 2025

EL AUTOR:

(Firma).....
Nombre: Lenin Steev Colimba Pupiales



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Ibarra, 24 de febrero de 2025

Msc. Fernando Vinicio Valencia Aguirre

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

Msc. Fernando Vinicio Valencia Aguirre
C.C.: 1003188669



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular "PROTOTIPO DE DESBASTADORA DE Balsa para la obtención de Palos Cilíndricos" elaborado por Lenin Steev Colimba Pupiales, previo a la obtención del título de INGENIERO EN MECATRÓNICA, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(Firma manuscrita)
.....

Msc. Fernando Vinicio Valencia Aguirre
C.C.: 1003188669

(Firma manuscrita)
.....
Msc. Víctor Alfonso Erazo Arteaga
C.C.: 1719188029
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
DOCENTE

DEDICATORIA

A Dios y a mis padres, Gonzalo Colimba y Lourdes Pupiales, por su apoyo incondicional, por su voluntad inquebrantable y por el enorme sacrificio que hicieron todo este tiempo a pesar de todas las adversidades, para que logre alcanzar otra meta más en mi vida.

A mis hermanos quienes todo este tiempo me dieron el ánimo y la fuerza de voluntad necesaria para ser el ejemplo a seguir.

AGRADECIMIENTO

Agradezco el acompañamiento y la guía brindada por el Msc. Fernando Valencia y el Msc. Víctor Erazo, quienes, con su capacidad de enseñanza y amplia experiencia en el área de diseño y creación de prototipos industriales, lograron hacer posible el desarrollo del trabajo de titulación con éxito.

RESUMEN

El proyecto se centra en la construcción de una máquina para obtener palos cilíndricos utilizando madera balsa ecuatoriana. Con el fin de crear material para la construcción de maquetas estructurales para los estudiantes de arquitectura y adaptar este tipo de maquinaria del extranjero a nuestro país con materiales accesibles y disponibles para su mantenimiento. Para cumplir el objetivo se diseñó un sistema de desbaste el cual comprende el uso de dos procesos el primero de ellos es el corte mediante el uso de cuchillas las que se pueden mover para variar la medida del diámetro del palo y el segundo se añadió un rectificado utilizando dos tipos de lijas para tener un acabado limpio, conjunto con ello incorporó componentes que mecánicos y eléctricos que se pueden encontrar en el mercado nacional. Se logró esto siguiendo una metodología de diseño de productos, analizando el material, explorando ideas, construyendo prototipos experimentales y validando cada resultado obtenido. Como resultado final se construyó una máquina adaptativa, funcional y que busca generar un producto nuevo para el mercado nacional.

Palabras clave: Ochorma Pyramidale, desbastadora, palos cilíndricos, balsa, cuchillas, lija.

ABSTRACT

The project focuses on the construction of a machine to obtain cylindrical sticks using Ecuadorian balsa wood. The aim is to create material for the construction of structural models for architecture students and to adapt this type of machinery from abroad to our country with accessible and available materials for maintenance. To achieve this goal, a deburring system was designed, comprising two processes. The first process is cutting using blades that can be adjusted to vary the diameter of the stick. The second process includes grinding, using two types of sandpaper to achieve a clean finish. Additionally, mechanical and electrical components available in the national market were incorporated. This achievement was reached by following a product design methodology, analyzing the material, exploring ideas, building experimental prototypes, and validating each obtained result. As a final result, an adaptive and functional machine was constructed, aiming to generate a new product for the national market.

Keywords: Ochorma Pyramidale, deburring machine, cylindrical sticks, balsa, blades, sanpaper.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA	ii
2. CONSTANCIAS	iii
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.....	iv
APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Objetivos	2
1.2.1 General.....	2
1.2.2 Específicos	2
1.3 Alcance y delimitación.....	2
1.4 Justificación	4
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes.....	6
2.2 Bases Teóricas.....	9
2.2.1 Madera Balsa	10
2.2.2 Desbastadora o bastonera	13
2.2.3 Sistema para la obtención de palos cilíndricos	14
2.2.4 Máquinas en el mercado internacional	15
2.2.5 Parámetros de corte de la madera	17
2.2.6 Fallos de la madera	18
2.2.7 Herramientas de corte	20
2.2.8 Máquina para desbastar	28
2.2.8.1 Componentes de la máquina	28

2.2.8.2	Seguridad	28
2.2.8.3	Transmisión	28
2.2.8.4	Estructura.....	30
2.2.8.5	Sistema de transporte.....	31
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO.....		33
3.1	Enfoque y tipos de investigación	33
3.2	Diseño de la investigación	35
3.2.1	Fase 1: Determinar las características de la balsa y los principales parámetros de corte	35
3.2.2	Fase 2: Diseñar un sistema semiautomático para el arrastre y corte de la madera	38
3.2.3	Fase 3: Construir el prototipo de la desbastadora mediante el uso de procesos de manufactura.....	39
3.2.4	Fase 4: Validar el funcionamiento de la máquina	41
3.3	Diagrama de Flujo.....	42
CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y ANÁLISIS		43
4.1.	Especificaciones del sistema a diseñar.....	43
4.2.	Planteamiento de las alternativas de solución.....	44
4.2.1	Solución 1	44
4.2.2	Solución 2	48
4.3.	Estudio comparativo entre las dos propuestas de solución	51
4.3.1	Pruebas de desbastado por cuchilla	51
4.3.2	Pruebas de desbastado con lijas	66
4.3.3	Pruebas de desbastado con dos cuchillas y un eje diseñado.....	75
4.4.	Solución seleccionada.....	82
4.5.	Especificaciones de la solución seleccionada	83
4.5.1	Motor	83
4.5.2	Análisis del para la selección del motor	83
4.5.3	Selección del motor	87
4.5.4	Estructura metálica	88
4.5.5	Análisis de la estructura	88
4.5.6	Selección del material para la estructura	92
4.5.7	Chumaceras.....	93

4.5.8	Análisis del tipo de chumacera	93
4.5.9	Selección de la chumacera	97
4.5.10	Eje	98
4.5.11	Análisis del eje.....	98
4.5.12	Selección del material del eje	102
4.5.13	Acoplamientos metálicos o bocines.....	103
4.5.14	Poleas	104
4.5.15	Análisis de las poleas	104
4.5.16	Selección de la polea	108
4.5.1	Lija.....	109
4.5.2	Rodamientos.....	109
4.5.3	Cuchillas	110
4.6.	Proceso de construcción.....	111
7.3.	Pruebas.....	116
7.4.	Resultados.....	118
7.5.	Conclusiones	122
7.6.	Recomendaciones.....	124
Referencias	125
Anexos	130

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 Madera balsa en la provincia de Pastaza [16]	11
Fig. 2.2 Proceso de torneado en madera [18]	13
Fig. 2.3 Proceso de cilindrado [20]	14
Fig. 2.4 Sistema de cilindrado [20]	14
Fig. 2.5 Máquina extranjera [21]	15
Fig. 2.6 Tejido de la madera blanda [13].....	18
Fig. 2.7 Médula incluida [26].....	19
Fig. 2.8 Grietas o rajaduras en tablones [26].....	20
Fig. 2.9 Ángulo de corte para cincel [27].	21
Fig. 2.10 Ángulo de inclinación para el corte adecuado [27].....	22
Fig. 2.11 Tipos de cuchillas [28]	23
Fig. 2.12 Cuchillas de acero de alta velocidad [29].	25
Fig. 2.13 Cuchilla de cepilladora con punta de tungsteno [30].....	26
Fig. 2.14 Lijas de diferente grano [32].	27
Fig. 2.15 Sistema de polea [34].	29
Fig. 2.16 Sistema de engranajes [34].....	30
Fig. 2.17 Rodillos Transportadores [36].....	32
Fig. 2.18 Caja negra del funcionamiento principal del prototipo.	32
Fig. 3.1 Diagrama de flujo de los tipos de investigación a seguir.	33
Fig. 3.2 Sistema para evaluación para el tipo de desbaste.....	36
Fig. 3.3 Diagrama de flujo para la selección de la herramienta para el proceso de desbaste.	37
Fig. 3.4 Diagrama de flujo del proceso de construcción.	42
Fig. 4.1 Vista isométrica solución uno.	45
Fig. 4.2 Vista extruida solución uno.	46

Fig. 4.3 Mecanismo para el desbaste por cuchillas.	47
Fig. 4.4 Vista isométrica de la segunda solución.	48
Fig. 4.5 Vista extruida de la segunda solución.	50
Fig. 4.6 Mecanismo para la segunda solución.	50
Fig. 4.7 Prototipo con cuchilla.	52
Fig. 4.8 Dimensiones del perforado para la guía.	53
Fig. 4.9 Primera forma de alineación de la cuchilla con la base.	54
Fig. 4.10 Segunda forma de alineación de la cuchilla con la base.	54
Fig. 4.11 Tercera forma de alineación de la cuchilla con la base.	55
Fig. 4.12 Cuarta forma de alineación de la cuchilla con la base.	55
Fig. 4.13 Quinta forma de alineación de la cuchilla con la base.	56
Fig. 4.14 Probetas de madera seike.	57
Fig. 4.15 Rango de medición en los palos cilíndricos.	63
Fig. 4.16 Palos cilíndricos con la velocidad máxima.	65
Fig. 4.17 Palos cilíndricos con la velocidad mínima.	65
Fig. 4.18 Plantillas circulares con lija.	67
Fig. 4.19 Guías de madera para el desbaste por lija.	67
Fig. 4.20 Desbaste de las aristas.	69
Fig. 4.21 Comparación de los tiempos.	71
Fig. 4.22 Calidad de astillado en los palos cilíndricos.	72
Fig. 4.23 Forma cilíndrica entre las diferentes probetas.	74
Fig. 4.24 Evaluación del error promedio (mm).	74
Fig. 4.25 Sistema de desbaste con dos cuchillas y un eje diseñado.	76
Fig. 4.26 Error de desbaste con el nuevo sistema.	78
Fig. 4.27 Probeta con la frecuencia de 60 Hz.	78
Fig. 4.28 Probeta con la frecuencia de 50 Hz.	79
Fig. 4.29 Probeta con la frecuencia de 40 Hz.	79
Fig. 4.30 Probeta con la frecuencia de 30 Hz.	80
Fig. 4.31 Herramienta de comprobación de la cilindridad.	80
Fig. 4.32 Diseño final de la máquina.	82
Fig. 4.33 Tabla motores Baldor [39].	87

Fig. 4.34	Análisis de desplazamientos.	90
Fig. 4.35	Factor de seguridad normal.	91
Fig. 4.36	Factor de seguridad con riesgo de fallo.....	92
Fig. 4.37	Tabla de las dimensiones del tubo estructural de DIPAC [41]	93
Fig. 4.38	Chumacera con cojinetes rígido de bola [44]	94
Fig. 4.39	Valores para el ajuste de vida [44].....	96
Fig. 4.40	Valores para el ajuste de vida [44]	96
Fig. 4.41	Chumaceras colocadas en la estructura.	97
Fig. 4.42	Eje de transmisión perforado.	98
Fig. 4.43	Espesor del eje perforado.	102
Fig. 4.44	Bocín anterior donde se coloca la lija	103
Fig. 4.45	Bocín posterior de guía.	104
Fig. 4.46	Correas trapezoidales clásicas [47].	105
Fig. 4.47	Sistema de transmisión de potencia.	107
Fig. 4.48	Poleas tipo A [48].	108
Fig. 4.49	Rodamientos para puertas corredizas [49].	109
Fig. 4.50	Cuchillas manufacturadas.	110
Fig. 4.51	Cuchillas estándares para cepilladoras eléctricas	111
Fig. 4.52	Estructura final.	111
Fig. 4.53	corte de las cuchillas.	112
Fig. 4.54	Lija colocada en el interior del bocín.	113
Fig. 4.55	Piezas colocadas en la estructura.	113
Fig. 4.56	Carcasa protectora.	114
Fig. 4.57	Conducto vista isométrica.	115
Fig. 4.58	Conducto vista superior.....	115
Fig. 4.59	Niveles del error con el primer lijado.	117
Fig. 4.60	Cilindricidad en los palos con dos lijados.....	121
Fig. 4.61	Diseño del sticker para el graduado del eje.....	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Propiedades físicas de la madera balsa en Ecuador.[17]	11
Tabla 2.2 Propiedades mecánicas de la balsa [17].....	12
Tabla 2.3 Dureza tipo Brinell según estudios con madera balsa colombiana [17]	12
Tabla 2.4 Características de las máquinas que son fabricadas en el extranjero [19], [21], [22], [23], [24], [25].....	15
Tabla 4.1 Elementos para la solución con cuchillas.	46
Tabla 4.2 Elementos para la solución con lijas.....	49
Tabla 4.3 Grados de inclinación de la cuchilla para realizar el desbaste.....	57
Tabla 4.4 RPM del taladro inalámbrico.	59
Tabla 4.5 Resultados en las probetas mediante visualización.	59
Tabla 4.6 Desbastado en las ocho probetas.	61
Tabla 4.7 Número de revoluciones en base al tiempo.	61
Tabla 4.8 Avance en base al tiempo.	62
Tabla 4.9 Desbastado en las ocho probetas.	62
Tabla 4.10 Dimensiones a lo largo del palo cilíndrico.	63
Tabla 4.11 Comparación del error obtenido versus la dimensión que se debería obtener.	64
Tabla 4.12 Resultados en base a la velocidad, tipo de lija y dimensiones.....	69
Tabla 4.13 Comparación entre los tiempos obtenidos.....	71
Tabla 4.14 Evaluación mediante la calidad del astillado.....	73
Tabla 4.15 Comparación del error con la medida que se esperaba obtener.....	75
Tabla 4.16 Variación de frecuencia y velocidades.	76
Tabla 4.17 Evaluación con las frecuencias más aceptables con las probetas.	77
Tabla 4.18 Tipo de mallado	89
Tabla 4.19 Características brindadas por la simulación.	90
Tabla 4.20 Tabla con las nuevas medidas.....	116

Tabla 4.21	Tabla con las nuevas medidas incluyendo el primer lijado.	117
Tabla 4.22	Tabla con las nuevas medidas incluyendo el segundo lijado.	118
Tabla 4.23	Tiempo de duración del proceso.	119
Tabla 4.24	Nuevo número de revoluciones.	119
Tabla 4.25	Nuevo avance.....	120

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

La madera de balsa (*Ochroma pyramidale*) producida en Ecuador tiene características muy especiales, en comparación con los otros tipos de madera, esta posee baja densidad, es muy ligera y también es moldeable para cualquier tipo de trabajo manual, por ello esta es una de las más comercializadas en el mercado nacional. El costo de producción dependerá del proceso que este conlleva, el cultivo, el transporte y el área de aserrado, a este último se le considera como una transformación secundaria [1]

En los centros de acopio o área de transformación secundaria existen máquinas secadoras, cepilladoras, aserradoras, cortadoras verticales y longitudinales, mediante estas se obtienen palos rectangulares, los productores de palos de escobas realizan aquel proceso mediante el uso de una sierra de mesa y guías a medida.

En el país no se dispone de aquella maquinaria por los costos muy elevados de producción e importación, en China son fabricantes, con precios que van desde los 1.500 - 4.900\$ sin tener en cuenta el costo de importación [2], siendo una limitante para la producción local. No se toma en cuenta aspectos fundamentales como el costo de mantenimiento y la existencia de repuestos a nivel nacional, en caso de existir alguna anomalía, estas también son barreras que se ponen a los productores. Una de las partes más importantes son los parámetros de cortes que necesita este tipo de madera, tal que los estudios realizados son escasos y no cuentan con las suficientes actualizaciones en métodos de corte y análisis de resistencia, por esto último es necesario la evaluación en base a las pocas fuentes que se obtienen en los casos de investigación de otros países.

Basado en lo anterior se propone la creación de un prototipo de desbastadora para cortes diametrales, para talleres o aserraderos y así proveer un producto con calidad y especificaciones similares a las máquinas del extranjero.

1.2 Objetivos

Se presentan cada uno de los objetivos a cumplir para el desarrollo del prototipo.

1.2.1 General

Desarrollar un prototipo de desbastadora de balsa para la obtención de palos cilíndricos.

1.2.2 Específicos

- Determinar las características de la balsa y los principales parámetros de corte.
- Diseñar un sistema semiautomático para el arrastre y corte de la madera.
- Construir el prototipo de desbastadora mediante el uso de procesos de manufactura.
- Validar el funcionamiento de la máquina.

1.3 Alcance y delimitación

El diseño y construcción del equipo con el que se logrará un aporte a la industria de la madera, en talleres y locales de aserraderos, como resultado generando una fuente adicional de dinero. Se buscará brindar un prototipo que esté al alcance de las personas involucradas en esta área de transformación secundaria de la madera. En el apartado económico, se plantea brindar una máquina que cumpla con la función semiautomática de corte y empuje del material, para ello se investigará materiales adecuados y componentes estandarizados que se encuentren en el mercado ecuatoriano, para así lograr un

mantenimiento y cambio de repuestos que se encuentren al alcance de los productores. Tomando en cuenta que las máquinas que existen en el mercado internacional son para otros 6 tipos de madera, la balsa al ser un material con una dureza mucho menor en comparación a otras, esto también ayudará a que los componentes no sean de características demasiadas altas. En el apartado técnico, la producción de palos cilíndricos ingresará al mercado de las papelerías ya que este tipo de madera es muy usada por los estudiantes de arquitectura para sus maquetas. De igual manera al mercado de la producción de estructuras pequeñas que no utilizan fijación por tornillos, se lo puede utilizar como tarugos que son otra manera de fijación. En el apartado de investigación se evaluarán métodos, parámetros de corte y calidad del producto final, esto se abordará mediante la elaboración de tablas y la comparación de resultados. En este apartado se tomará en consideración el uso de lijas y cuchillas para el desbastado de los palos de balsa, estas últimas se evaluarán en base al número de desbastados, el acabo y el tiempo de vida útil del material con el que se realiza.

1.4 Justificación

El diseño y la construcción del equipo están orientados a proporcionar un valor añadido a la industria de la madera, específicamente en talleres y aserraderos, al generar una fuente adicional de ingresos. El objetivo es ofrecer un prototipo accesible para las personas que trabajan en el área de la transformación secundaria de la madera.

Ecuador siendo uno de los países más favorables para el desarrollo de este tipo de árbol por sus condiciones ambientales, además de contar con un historial excelente en el área de exportación como lo fue en el 2008 con el 89% de venta al mercado internacional, siendo Asia, Europa y América del Norte sus mayores compradores y así generando ganancias netas que van desde los \$202 millones hasta los \$500 millones [3]

En el apartado económico, se plantea brindar una máquina que cumpla con la función semiautomática de corte y empuje del material, para ello se investigará materiales adecuados y componentes estandarizados que se encuentren en el mercado ecuatoriano, para así lograr un mantenimiento y cambio de repuestos al alcance de los productores. Tomando en cuenta que las máquinas que existen en el mercado internacional son para otros tipos de madera, la balsa al ser un material con una dureza mucho menor en comparación a otras, esto también ayudará a que los componentes no sean de características demasiadas altas.

En el apartado técnico, la producción del pequeño porcentaje que no ingresa al mercado de la exportación se usa de manera local en las áreas de arquitectura para la elaboración de maquetas es por ello que los palos cilíndricos ingresarán al mercado de las papelerías ya que este tipo de madera es muy usada por los estudiantes. De igual manera al mercado de la producción de estructuras pequeñas que no utilizan fijación por tornillos, se lo puede utilizar como tarugos que son otra manera de fijación.

En el apartado de investigación se evaluarán métodos, parámetros de corte y calidad del producto final, esto se abordará mediante la elaboración de tablas y la comparación de resultados. En este apartado se tomará en consideración el uso de lijas y cuchillas para el desbastado de los palos de balsa, estas últimas se evaluarán en base al número de desbastados, el acabo y el tiempo de vida útil del material con el que se realizara.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Villacís C., Moncayo G., Narváez C. 2018 en el estudio de la balsa ecuatoriana, probado por su ligereza y peculiaridades, fue un objeto de investigación experimental. Se evaluaron el módulo de elasticidad longitudinal (MOE), el módulo de refracción (MOR) y la resistencia a la compresión y al cizallamiento. Los modelos con una humedad del 12% se dividen en tres densidades internacionales. Se concluyó en MOE que el comportamiento y la resistencia aumentan la densidad linealmente, mientras que la resistencia al cizallamiento mostró un comportamiento no lineal [4]

Borrega M., Gibson L. 2015 en este estudio de la madera de balsa usada ampliamente en tableros sándwich estructurales para aplicaciones en palas de turbinas eólicas, embarcaciones y aeronaves. Se analizó su comportamiento mecánico en función de la densidad (60 a 380 kg / m³). Observándose que los módulos de flexibilidad y resistencia aumentan linealmente con la densidad en compresión axial, flexión y torsión. Sin embargo, en la compresión radial, existe una variación no lineal. Los modelos consideran mecanismos de deformación y falla [5]

Wargula L., Kukla M., Wiczorek B., Krawiec P. 2021 en el artículo cuyo objetivo es manifestar los resultados en la investigación de los mecanismos de corte para madera en máquinas de baja potencia. El diseño fue experimental ya que se lo realizó mediante el uso de rangos en las secciones transversales. Según el mecanismo de corte se puede reducir el valor de la energía consumida por hora y aumentar la productividad [6].

Amariei,S., Gutt G., Horodnic A., Todirica S. 2017 en un artículo, se presentaron dos dispositivos innovadores para la producción de barras de madera con una sección transversal circular. El primero produce barras cilíndricas con un diámetro de 6 a 12 mm y una longitud de 150 a 1000 mm utilizando barras cuadradas de madera y taladros manuales. Además, puede separar cilindros de tableros cuadrados de madera de 6 a 15 mm. La segunda máquina produce barras cilíndricas de madera con secciones cuadradas y una longitud mayor (de 10 a 50 mm). Dando como resultado que la vida útil es cuatro veces mayor que la vida útil de las herramientas de corte clásicas [7].

Albitres L. 2022 en su proyecto de titulación en el Valle del Mantaro, sobre la fabricación de tambores es una tradición donde la creación de baquetas es un proceso muy laborioso y largo. La falta de maquinaria barata para el mecanizado complicó este proceso. Se recomienda diseñar una máquina redondeadora de palos de madera para mejorar la eficiencia de la industria. A través de una investigación descriptiva, se identificaron los requisitos del cliente y se presentaron máquinas eficientes de acuerdo con el estándar IFDI 2221. La máquina tiene un sistema de corte de 3 caballos de fuerza y un sistema de alimentación de 0,75 caballos de fuerza, utilizando el perfil ASTM A36 [8]

Caballero A. 2018 en su tesis se evaluaron las propiedades físicas y mecánicas de las dos variedades piramidales de madera ochroma pyramidale son evaluadas por todos para determinar la afición de la publicidad de vitalidad. 143-09, mostraron diferencias significativas en propiedades mecánicas como contracción, contacto y Estado Verde, existen diferencias en el esfuerzo cortante máximo paralelo a las fibras. el resultado, de acuerdo con los estándares mexicanos, indicando su uso en diversas industrias [9].

Briones J. 2020 para su proyecto de grado que analiza el precio de la madera balsa en el Ecuador se dice que El cultivo de madera de balsa es crucial para la economía nacional debido a su alta demanda y rápido crecimiento en comparación con otras especies. Este estudio se realizó para determinar la comercialización promedio de la balsa, examinando 12 aserraderos en Quevedo, Buena Fe y Montalvo. El uso del eje vertical varía entre el 25 y el 35%, tomando medidas en vanos, con un diámetro mínimo de 21,25 cm y un valor de \$3,67. En el mercado, la madera se vende en listones de diferentes tamaños, con una longitud de 9,52 cm con longitud de 1,30 cm que destaca, se vende en Pie Plano (Bft), donde 424 BFT corresponden a un metro cúbico por \$1,20 el Bft. El costo promedio por metro cúbico es de \$88.34, lo que arroja una ganancia bruta de \$ 508,83 y una ganancia neta de \$ 420,49. Estos datos pueden impulsar proyectos empresariales debido al alto margen de beneficio [10]

Saquina C. 2011 para el proyecto de investigación en el que se busca estudiar un sistema torneado de madera que permita a la carpintería de Mayorga mejorar la calidad y uniformidad de sus productos. Para ello, se ha creado un sistema de copiado mecánico que aumenta la calidad de los productos y facilita la tarea de giro, proporcionando mayor comodidad y seguridad al operario. La copiadora incorpora un sistema de piñón cremallera, que facilita el movimiento longitudinal del vagón principal, transformando el giro de un nivel artesanal a uno semiindustrial, con la posibilidad de automatizar el movimiento longitudinal en el futuro. Este desarrollo impulsará las innovaciones y el progreso industrial al incorporar nuevas máquinas equipadas, facilitando y reconfortando las tareas [11]

Chiriboga C. 2013 en su trabajo de titulación sobre la *Ochroma pyramidale*, o balsa, tiene alta demanda internacional. Ecuador cultiva más de 20 mil hectáreas de esta especie. Este estudio evaluó dos métodos de corte en troncos de diferentes diámetros, utilizando sierra continua y motosierra, para medir su impacto en el rendimiento industrial. La sierra continua fue más eficiente, generando 0,03616 m³ de madera por metro lineal en el análisis global y 0,0296500 m³ en el análisis factorial [12]

Lima L., 2018 en esta investigación se habla sobre la madera en sistemas estructurales, describiendo acerca de las características de los diferentes tipos de madera, su comportamiento mecánico, las aplicaciones y su comportamiento de resistencia en cuerpos de madera, utilizando un estudio experimental mediante el uso de probetas y así obtener datos acerca la resistencia [13]

Kumar P., Ajit K., Varun J. 2024 en este artículo se investigaron las fallas de una viga sándwich con núcleo de balsa y pieles de fibra bajo flexión de 3 puntos. Se analizaron catorce especímenes, evaluando el grosor de la piel, la longitud del tramo y el grosor del núcleo en modos de falla como indentación y cizallamiento. Los resultados experimentales coincidieron con las predicciones analíticas, validando el estudio sobre estas estructuras asimétricas [14].

2.2 Bases Teóricas

La madera balsa ecuatoriana es conocida por su ligereza y resistencia, lo que la hace ideal para diversas aplicaciones industriales, desde modelos y artesanías hasta la fabricación de palas para aerogeneradores. Ecuador es el mayor productor mundial de esta madera, cuya demanda sigue creciendo. Actualmente, la industria enfrenta desafíos en sostenibilidad y manejo forestal, lo que resalta la necesidad de prácticas responsables para asegurar su futuro.

2.2.1 Madera Balsa

La madera balsa es conocida por su ligereza y resistencia, en Ecuador es una de las especies más demandadas, este tipo se utiliza para la creación de artesanías, la marquetería y el aeromodelismo. Este es un árbol con un crecimiento rápido según se altura y la región ecuatoriana esta va desde los 1,24 m promedio por mes, si su cuidado es el adecuado y con la respectiva fertilización este puede llegar a alcanzar los 7,12 m en tan solo seis meses [15] . Por esto es por lo que Ecuador es uno de los principales exportadores al mercado internacional, por esto es por lo que la industria exporta bloques encolados, madera cepillada y tableros, por el hecho de que es muy rentable. Con respecto al crecimiento debido a que la ubicación geográfica es muy favorable para el crecimiento acelerado porque se dispone de 12 horas de luz del sol en las regiones amazónicas y costeras ecuatorianas, pero en varios países latinoamericanos como México, Costa Rica, Venezuela, Colombia, Perú, Bolivia, Brasil y Paraguay también son productores de este tipo de madera. Pero sus características varían por los requerimientos como las condiciones climáticas, en Ecuador la temperatura está entre 22-33 grados Celsius, con precipitaciones de 500-3.000 mm, un rango altitudinal 0-1.000 m.s.n.m., también otro apartado importante es el tipo de suelo (ver Fig.2.1).



Fig. 2.1 Madera balsa en la provincia de Pastaza [16]

Según la ficha técnica las características en base a la fisonomía del árbol, propiedades organolépticas: el color es blancuzca con transición a rosado o marrón pálido, tiene un vetado subvente satinado, también tiene un grano recto a entrecruzado. Con respecto a la durabilidad es baja y se pudre con la humedad, pero su preservación es fácil de igual manera con el secado ya que al colocarlo al aire libre se seca muy rápido, pero cuando se corta esta deberá ingresar a un horno para evitar las deformaciones. Las propiedades físicas y propiedades mecánicas dependerán de la fisonomía del árbol, ya que este alcanza hasta los 30 m de altura y 70 cm de DAP [17] (ver Tablas 2.1 - 2.2).

Tabla 2.1 Propiedades físicas de la madera balsa en Ecuador.[17]

	Verde	Secado al aire	Básica
Densidad (g/cm^3)	0,34	0,16	0,12
	Tangencial	Radial	Relación T/R
Contracción normal (%)	4,27	1,69	2,56

Tabla 2.2 Propiedades mecánicas de la balsa [17]

	Flexión Estática	Compresión Paralela	Compresión Perpendicular
ELP (kg/cm^2)	120,7	101,5	8,5
MOR (kg/cm^2)	213,5	133,7	
MOE (kg/cm^2)	43,7	53,7	1,75

ELP: Esfuerzo en el límite proporcional; MOE: Módulo de elasticidad; MOR: Módulo de ruptura

Según estudios realizados de dureza realizados en Colombia se midió la dureza de distintas maderas para evaluar la resistencia, por ello es por lo que se aplicó el método Brinell, cuando es aplicada a una carga esta fallara en base a la densidad y de esto se obtuvo (ver Tabla 2.3).

Tabla 2.3 Dureza tipo Brinell según estudios con madera balsa colombiana [17]

Especie	Dureza	
	Brinell perpendicular (kp/mm^2)	Brinell paralela (kp/mm^2)
Balsa	0,25	0,55

2.2.2 Desbastadora o bastonera

Este tipo de máquinas son equipos industriales diseñados para realizar el proceso de eliminación por capas superficiales y obteniendo una superficie plana y uniforme, mediante el uso de cuchillas rotatorias o bandas abrasivas que remueven el exceso de material. Pero para el proceso de desbaste circular a este tipo de máquinas se las conoce como bastoneras, su funcionamiento es idéntico a un torno de madera, es un proceso técnico que implica fijar una pieza de madera la cual gira a alta velocidad. Durante este proceso, el operario utiliza herramientas de corte especializadas, como cuchillas y gubias, para esculpir la madera de manera precisa, generando formas específicas o patrones de ranura (ver Fig. 2.2). Esta técnica es relativamente accesible para crear productos simples, además de ser versátil y esencial en la carpintería [18].

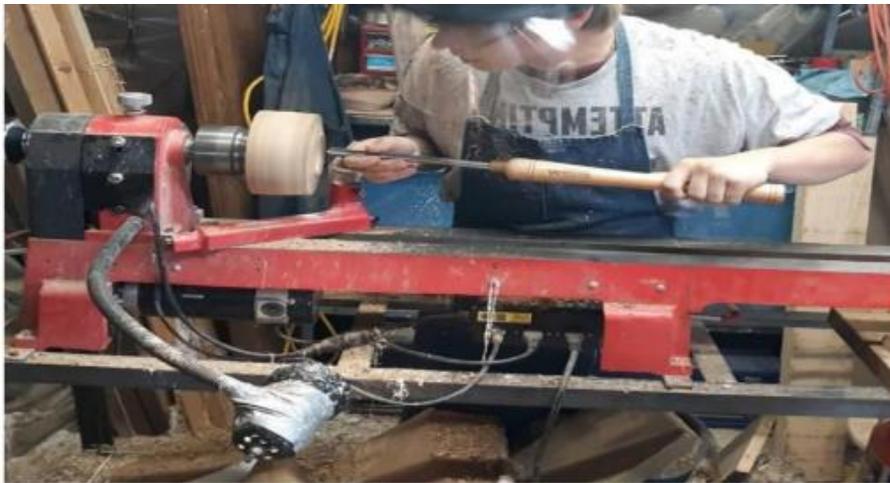


Fig. 2.2 Proceso de torneado en madera [18]

2.2.3 Sistema para la obtención de palos cilíndricos

En estudios previos realizados se dice que el sistema de desbastado se lo realiza mediante el uso de cuchillas, en el que el palo gira avanzando por un anillo cilíndrico (ver Fig. 2.3) [19].

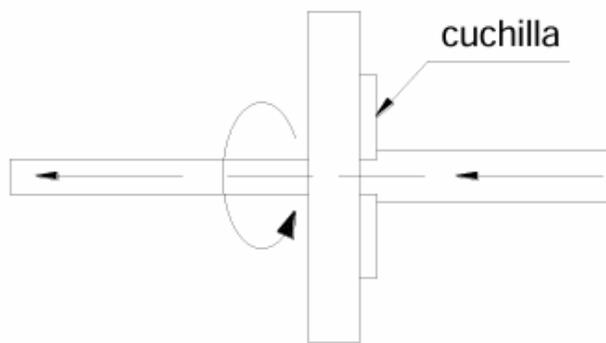


Fig. 2.3 Proceso de cilindrado [20]

El sistema de avance y el de corte se asemejan a las que son producidas en el exterior, cumpliendo con el sistema de avance automático, lo que cambia es el diámetro del palo que se producirá y el tiempo de operación (ver Fig. 2.4 y 2.5).

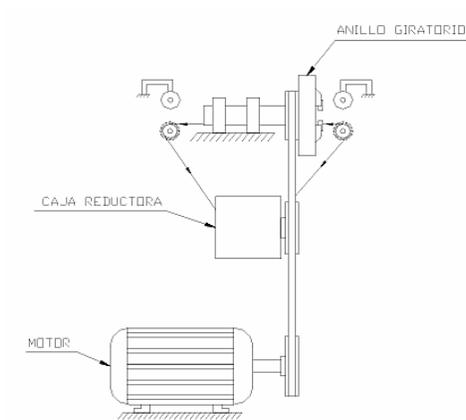


Fig. 2.4 Sistema de cilindrado [20]



Fig. 2.5 Máquina extranjera [21]

2.2.4 Máquinas en el mercado internacional

En la actualidad el proceso de desbastado se lo realiza automático por ello es por lo que este tipo de máquinas son fabricadas en países extranjeros y varían por sus especificaciones dependiendo de la industria, sus costos son muy elevados como se mencionó en el problema, pero es debido a las capacidades que estas soportan para ello se realizó una comparación entre sus características principales se puede encontrar (ver Tabla 2.4).

Tabla 2.4 Características de las máquinas que son fabricadas en el extranjero [19], [21], [22], [23], [24], [25].

Marca	Potencia del motor (HP)	Velocidad de giro del cabezal (RPM)	Velocidad de alimentación (m/min)	Diámetro de trabajo mínimo (mm)	Diámetro de trabajo máximo (mm)	Peso (kg)
Mahexa Forestal	15	18000	6-13	25,4	127,0	720
Maquinaria para madera en México	5	4500	12,0	12,7	50,8	260
Genérica	8	4375		25,4	25,4	300
Shanghai Win Star Woodworking Machinery Co.	1	4000	0,6	20,0	80,0	420
Zhengzhou Kovi Machinery Co.	4	4000	0,6	15,0	50,0	350
Zhengzhou Jiewei Machinery Equipment Co.	4	3000	2-12	15,0	60,0	350,0

2.2.5 Parámetros de corte de la madera

Para definir los parámetros de corte primero se toma en consideración los tipos de madera, entre ellas encontramos las maderas duras y maderas blandas, en esta investigación se toma a la madera blanda porque así es como se clasifica a la madera balsa, la clasificación viene por función de la resistencia, desde este punto de vista es importante tener en cuenta el tipo de tejido.

- Tejido traqueidas
- Tejidos fibrosos
- Tejido lignificado

El más importante es el tejido traqueidas que es la estructura del tronco constituida por largas fibras formadas por células tubulares con extremos puntiagudos que superponen y constituyen aproximadamente el 90% del volumen del tronco. Las funciones principales de las traqueidas longitudinales son la conducción de fluidos y la resistencia estructural. Los fluidos se transportan a través de orificios en las áreas superpuestas de los extremos de las células (ver Fig. 2.6). La superposición de estos extremos también proporciona resistencia a esfuerzos normales, desempeñando un papel crucial tanto en la resistencia y el transporte de fluidos [13].

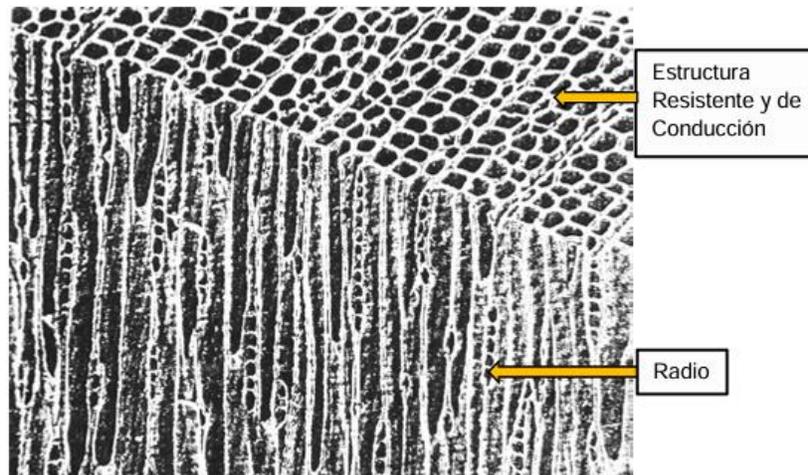


Fig. 2.6 Tejido de la madera blanda [13].

2.2.6 Fallos de la madera

Se sabe que la madera es de naturaleza orgánica, por ello es que existen varios factores, cuando este es aserrada se producen diversos defectos ya sea por agentes biológicos, mal almacenamiento, mal transporte, mal proceso de secado, entre otros factores. Estos producen una imperfección afectando directamente a las propiedades físicas, mecánicas y químicas, reduciendo así su tiempo de vida y valor. Según investigaciones se tienen tres tipos de clases que producen defectos en la madera.

- Defectos anatómicos o naturales.
- Ataques biológicos.
- Defectos durante el proceso de secado.

Para la madera balsa uno de los principales factores que pueden afectar son los naturales, durante el proceso de crecimiento del árbol, por ello es que se busca que material que no cuente con los siguientes defectos:

- Médula incluida: esto sucede cuando esa parte del tronco se encuentra dentro del tablón entonces refleja que es una zona muy débil y se degrada fácilmente (ver Fig. 2.7), se las reconoce por los anillos o las cabezas de la pieza.

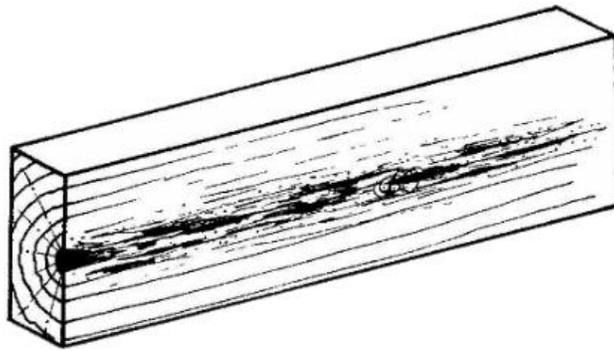


Fig. 2.7 Médula incluida [26]

- Grano: la distribución de las fibras durante el proceso de crecimiento o la forma en la que el productor corto los bloques, según esto se obtiene diferentes tipos de grano como el recto, inclinado y entrecruzado. Usualmente se utiliza un medidor para detectar el tipo de inclinación que tiene la fibra, pero los productores saben cuál es la mejor manera cortar y evitar este tipo de defecto.

- Rajaduras contra el crecimiento: esto es algo que no se puede controlar, se debe a la separación de elementos constitutivos de la madera, este es uno de los más vistos ya que la grieta no atraviesa por completo el tablón axial y longitudinalmente, pero afecta al espesor (ver Fig. 2.8).



Fig. 2.8 Grietas o rajaduras en tablonés [26].

2.2.7 Herramientas de corte

Para realizar el desbastado cilíndrico se toma en consideración que las esquinas cuadradas deberán desaparecer a medida que se desplaza el palo y la herramienta con un filo de corte adecuado despega las virutas e igual se puede ligar para que las esquinas se moldeen a un diámetro mediante el uso de lijas por ello se toma en consideración los dos tipos de herramientas.

1. Cuchilla: Las esquinas cuadradas en el vástago rectangular no rueda fácilmente sobre el soporte de la herramienta dificultando el deslizamiento suave y es necesario que este cuente con un ángulo. Los ángulos varían de 25° a 45° , un ángulo menor cortara más fácilmente la madera, pero le da un borde frágil que necesita ser afilado con frecuencia y uno mayor mantiene su filo, pero le resulta difícil cortar. Una buena regla es hacer que la longitud sea aproximadamente $1 \frac{1}{2}$ veces el grosos de la herramienta. (ver Fig.2.9).

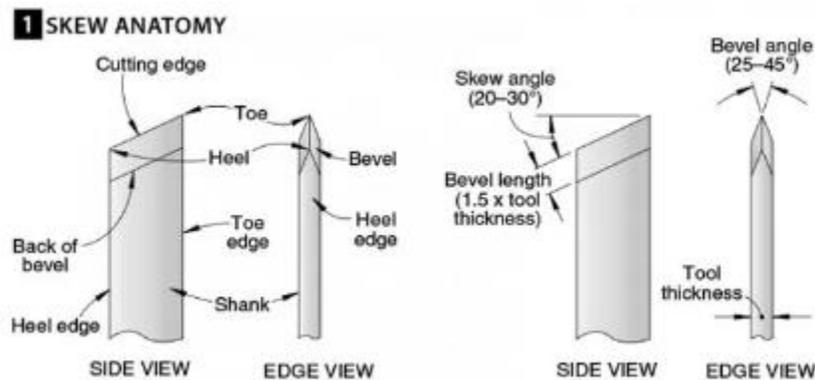


Fig. 2.9 Ángulo de corte para cincel [27].

Los cortes que se realizan con el centro de un tercio del filo de deberá estar a 45° con respecto a la pieza, si este se desvía el diámetro del cilindro varia y puede causar daños.

Para seleccionar el tipo de cuchilla que se utiliza en los procesos de corte y desbaste en la madera se toma en cuenta los diversos parámetros existentes entre ellos el tipo de corte, la forma de la cuchilla y la calidad.

Existen diversos tipos de cuchillas según función a realizar en la madera, entre ellas podemos encontrar (ver Fig.2.10):

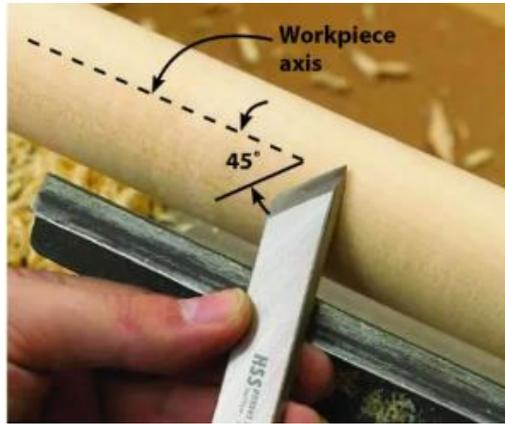


Fig. 2.10 Ángulo de inclinación para el corte adecuado [27].

- Cuchillas para la industria de la chapa y el contrachapado: este tipo de cuchillas son utilizadas para cortar y moldear madera en laminas delgadas muy precisas las cuales se utilizan en la fabricación de paneles.
- Cuchillas verticales para chapas: como su nombre lo menciona estas cuchillas permiten cortar troncos o bloques en hojas delgadas para obtener laminas verticales.
- Cuchillas guillotina de madera: son cuchillas grandes montadas sobre guillotinas que se utilizan para producir chapas en dimensiones específicas.
- Cuchillas rayadoras: cumplen con la finalidad de marcar antes de los procesos de corte, son utilizadas para hacer ranuras o líneas sobre la madera.

- Cuchillas mecanizado: cumplen con el propósito de dar forma, cortar o tallar la madera, estas son las utilizadas en máquinas como las fresadoras, cepilladoras que son máquinas de precisión para lograr perfiles, ranuras y corte superficial.



Fig. 2.11 Tipos de cuchillas [28]

Según el propósito que se quiere lograr conseguir se selecciona las cuchillas de mecanizado, pero entre ellas se seleccionara por su forma y filo de corte.

- Cuchillas reversibles: a nivel de precisión es adecuado usar este tipo de cuchillas, su nombre se debe a que este consta de dos filos de corte, su propósito es alisar bordes ásperos o en la fabricación de muebles finos maximizando la longevidad y el valor.
- Cuchillas perfiladas: Sirven para dar alguna forma o perfil al material a trabajar.

- Cuchillas para cepillas o planear: estas con rectas diseñadas para limpiar la madera.
- Cuchillas corrugadas o estriadas: de igual manera sirven para realizar perfiles o formas de gran tamaño como molduras, cenefas y palos redondos, estas pueden desbastar gran cantidad de madera con una sola pasada.
- Las cuchillas de mecanizado se pueden encontrar en el mercado en material HSS o acero rápido, HM o cuchillas de metal duro (ver Fig.2.11).

2. HSS (cuchillas de acero rápido)

- Es de los más comercializados a nivel nacional e internacional.
- El precio comercial es muy bajo dependiendo del porcentaje de aleación.
- Aquel material es recomendado para trabajos de cepillado, planeado y machihembrado. en maderas blandas y semiduras.
- Los acabados obtenidos son buenos.
- Su resistencia mecánica es elevada.
- Se utilizan para procesos de producción continua.



Fig. 2.12 Cuchillas de acero de alta velocidad [29].

3. HM (cuchillas de metal duro)

- Brinda una durabilidad extendida.
- Ideal para trabajos con volúmenes de producción de alto rendimiento.
- Son elevadoras de acero y traen un inserto o placa de tungsteno.
- Trabajan sobre cualquier tipo de material.
- Brinda excelentes acabados y una alta durabilidad.
- Su precio es muy elevado, en comparación con el otro material este es incluso supera doce veces su precio comercial.
- Si el inserto sufre algún golpe puede llegar a romperse y su vida útil se limita.



Fig. 2.13 Cuchilla de cepilladora con punta de tungsteno [30].

4. Gubias de desbaste: Es la herramienta principal al momento de utilizar el torno para madera, esto lo que hace es que transforma pieza de madera no circulares en cilindros con un arranque de viruta ancha, su filo de corte viene dado en forma de “U” o “V”, esta curvatura suele ser ancha con un bisel afilado con ello permite un corte más rápido y eficiente [31]

5. Lija: El uso de lijas en el proceso de obtención de palos redondos de madera es esencial para garantizar un acabado de alta calidad. Este proceso no solo mejora la estética y la suavidad de la superficie, sino que también prepara el palo para la aplicación de acabados, asegurando su durabilidad y funcionalidad. Según su grano eliminará el material rápidamente o dará un acabado mejor, por ello las lijas de grano (60–80) eliminan marcas de herramientas y las irregularidades prominentes, dando una forma más precisa y uniforme, las lijas de grano intermedio (120-150) sirven para suavizar las superficies y afinando la forma del palo, finalmente la lija de grano fino (220-230) para obtener un acabado asegurando una estética agradable al tacto. (ver Fig. 2.14).



Fig. 2.14 Lijas de diferente grano [32].

2.2.8 Máquina para desbastar

La función principal es mecanizar palos de madera rectangulares, eliminando las esquinas para dar forma a un palo circular con un acabado aceptable, esto hace referencia a que en las superficies que se desbasta no exista restos de astillas o imperfecciones que afecten a la estructura final.

2.2.8.1 Componentes de la máquina

Los componentes que conforman la máquina o equipos pueden ser piezas individuales o grupos constructivos, estos elementos son diferentes, pero cumplen una misma función [33].

2.2.8.2 Seguridad

Según la normativa ISO 12100 el concepto de seguridad de las máquinas abarca varios riesgos que se toman en cuenta para el diseño y la identificación por el tipo de peligro, entre ellos se toman en cuenta los mecánicos, eléctricos, y aquellos peligros derivados por vibraciones, para lograr reducirlos en el momento del diseño.

2.2.8.3 Transmisión

Cuando se habla de transmisión es igual al tipo de movimiento que se realiza, este puede ser rectilíneo y circular en una o más direcciones, con velocidades mayores o menores.

- Mecanismos por correa: estas se distinguen por abiertas, cruzadas y semi cruzadas, cada una de ellas cumplen funciones como invertir la dirección de giro o transmitir movimiento con dirección perpendicular. El material con el que se los fabrican son goma, cuero y materiales sintéticos, con diferentes formas trapezoidal o redonda (ver Fig. 2.15).

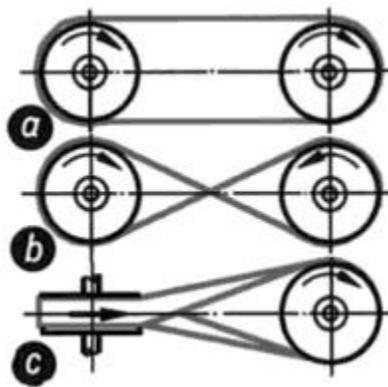


Fig. 2.15 Sistema de polea [34].

- Mecanismo por correa trapezoidales: resisten elevadas fuerzas de arrastre, por ello se emplean en máquinas debido a que los hilos son robustos embutidos en la masa del caucho.
- Mecanismo por correa contramarcha: el objetivo es duplicar el número de revoluciones y con una contramarcha adicional triplicarlas.

- Mecanismo de engranajes: se diferencian de las correas por ajustar la relación exacta del número de revoluciones, que se ajustan mediante palancas. Se distinguen por el tipo de engranaje y el tipo de diente porque pueden ser dentadas rectas, cónicas y helicoidales (ver Fig. 2.16) [34].

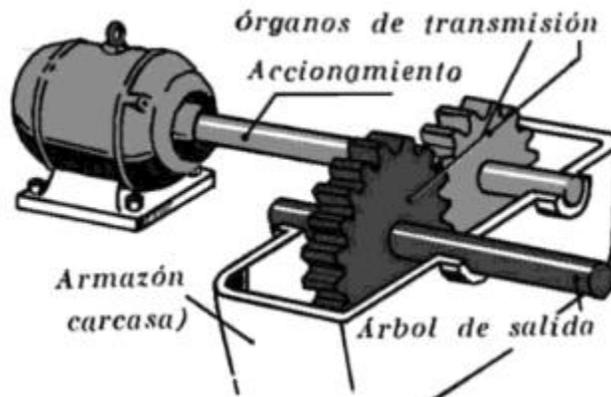


Fig. 2.16 Sistema de engranajes [34].

2.2.8.4 Estructura

La máquina requiere una base estructural donde se coloca el sistema de desbastado por ello se requiere de diversos componentes que aseguran la prevención de riesgos.

- Soporte: es el sistema estructural compuesto por tubos cuadrados con las medidas de altura adecuadas para realizar el trabajo más sencillo, por ello es necesario analizar el peso final del sistema de desbastado con el cual se elige el espesor correcto para evitar pandeos y vibraciones.

- Bastidor: la protección ante el sistema de desbastado, con esto se busca que el operario no pueda entrar en contacto con las lijas, cuchillas o partes del sistema que pueden afectar comportamiento de la máquina, por ello se toma en cuenta un aislamiento metálico que evite el salto de virutas y mantenga a los componentes lejos del usuario.

2.2.8.5 Sistema de transporte

Estos son aquellos que permiten que el material se pueda mover automáticamente a lo largo del área de trabajo, ya sea en un mismo o diferentes niveles. Para esta acción existen diversos tipos disponibles como rodillos, transportadores de listones, cintas transportadoras, vías de pantógrafo y toboganes que aprovechan la fuerza de gravedad, de toda esta variedad pueden adaptarse para cumplir con las necesidades de cada situación [35].

Rodillos transportadores

Estas son piezas que se utilizan para cintas transportadoras con el propósito de movilizar cargas, están fabricados de acero al carbono o acero inoxidable que a su vez ofrecen resistencia, durabilidad y capacidad de soportar cargas pesadas. Según su funcionalidad ayudan a mantener la tensión. Compuestos por un eje de rodamiento, rodamientos, cilindro y la tapa (ver Fig.2.17).



Fig. 2.17 Rodillos Transportadores [36].



Fig. 2.18 Caja negra del funcionamiento principal del prototipo.

CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque y tipos de investigación

En este capítulo se expone la metodología empleada en esta investigación, con el propósito de seguir un proceso organizado para alcanzar los objetivos relacionados con la construcción del prototipo para el desarrollo de estos se emplean cuatro tipos de investigación, que a continuación se explica mediante el uso de un diagrama de flujo (ver Figura 3.1.1):



Fig. 3.1 Diagrama de flujo de los tipos de investigación a seguir.

Investigación documental: Se enfoca en examinar un fenómeno mediante el análisis, la crítica y comparación de múltiples fuentes de información [37] por ello es necesario empaparse del conocimiento adecuado en investigaciones científicas del extranjero que analizan el comportamiento de la balsa y fichas técnicas en sitios oficiales del gobierno ecuatoriano.

Investigación de campo: Este tipo de investigación se obtiene nuevos conocimientos basados en la realidad nacional [37] se busca hacer una comparativa entre las máquinas del mercado internacional y alguna similar que se encuentre en Ecuador.

Investigación descriptiva: Consiste en especificar las características y las propiedades de cualquier tipo de fenómeno que se ponga a análisis [38] con base a esto se buscan describir los métodos que se aplican ya sean matemáticos o gráficos para encontrar una solución factible para resolver el problema planteado.

Investigación experimental: Está integrada por actividades metódicas y técnicas con el fin de obtener información y datos para resolver un problema [37] para este caso se busca analizar mediante pruebas la velocidad de corte para que los palos rectangulares con longitud de 30 cm de largo no fallen antes y después de realizar el proceso de desbastado.

3.2 Diseño de la investigación

Se describirán las actividades que se cumplen con los objetivos específicos. Se detalla de cada una de las etapas para el desarrollo y la construcción del prototipo de desbastadora de madera balsa.

3.2.1 Fase 1: Determinar las características de la balsa y los principales parámetros de corte

Actividad 1: Investigación de antecedentes y parámetros en informes técnicos de la balsa; se lleva a cabo una exhaustiva investigación de los antecedentes y parámetros relevantes, con el objetivo de compilar información precisa y actualizada es así que se recurre a los análisis de esta madera tan especial sobre los datos de sus propiedades físicas y mecánicas del extranjero y comparar con los datos del Ecuador.

Actividad 2: Evaluación de las velocidades para el desbastado por cuchillas y lijas; esta actividad se centra en la evaluación de las velocidades óptimas con el objetivo de que maximice la eficiencia y la calidad, minimizando el desgaste de la herramienta. Teniendo en cuenta los dos tipos de variables se establece un diseño experimental para comparar los resultados bajo diferentes velocidades para esto se emplea un sistema en el que la cuchilla y la lija se mantienen en una posición la cual ayude al desbaste y el palo cuadrado gire mediante el uso de un taladro que disponga de cambio de velocidades, este es un proceso similar al sacar punta a un lápiz. (ver Fig. 3.2).

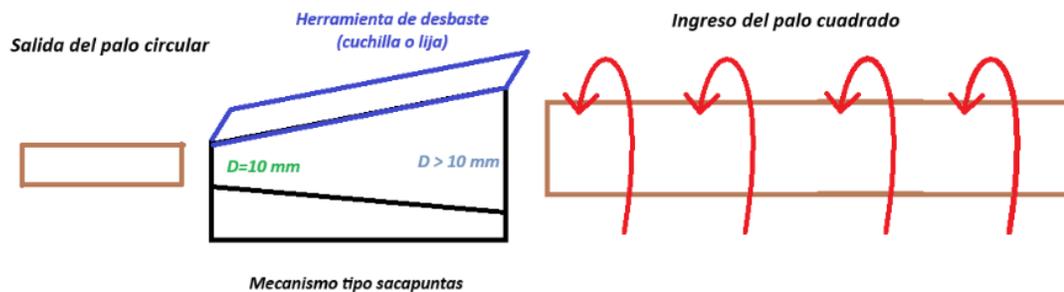


Fig. 3.2 Sistema para evaluación para el tipo de desbaste.

Actividad 3: Especificaciones del sistema a diseñar; se define las especificaciones técnicas y funcionales con el objetivo de cumplir con los requerimientos que se buscan alcanzar, para ello se implementa un diagrama de flujo el cual nos mostrará el camino adecuado a seguir y en caso de no conseguir lo deseado se podrá evaluar el aspecto donde se encuentra el posible error y en base a toma de decisiones se podrá solucionarlo (ver Fig. 3.3).

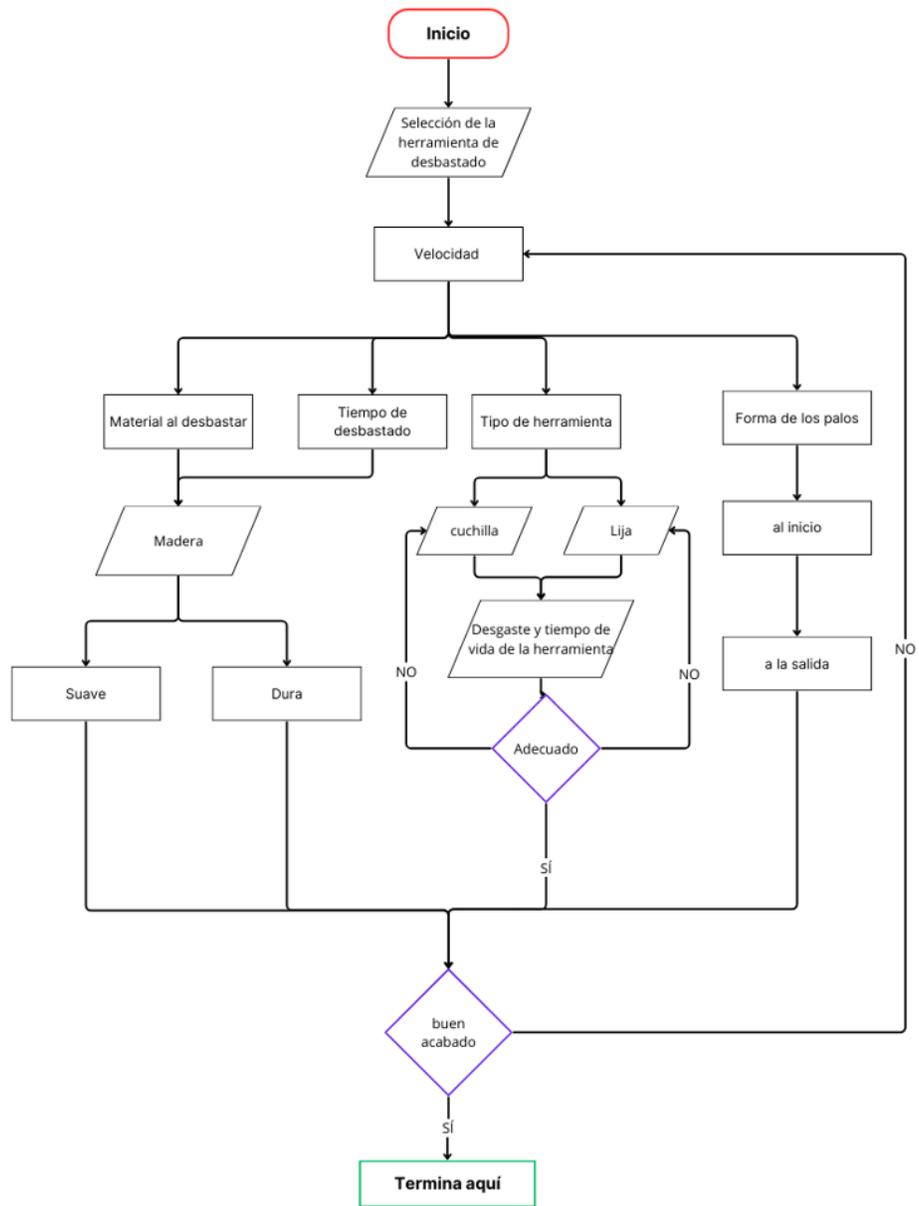


Fig. 3.3 Diagrama de flujo para la selección de la herramienta para el proceso de desbaste.

3.2.2 Fase 2: Diseñar un sistema semiautomático para el arrastre y corte de la madera

Actividad 4: Planteamiento de posibles soluciones y selección de la mejor; se explora diferentes técnicas para la ejecución del proceso, tratando de considerar los precios, el tiempo de ejecución, facilidades de ensamble, materiales estandarizados y que se puedan encontrar en el mercado nacional, con ello se toma una decisión adecuada con un análisis comparativo de las alternativas y criterios.

Actividad 5: Selección de materiales; esta es una parte crucial para asegurar la funcionalidad y eficiencia del sistema por ello se identifican las propiedades mecánicas necesarias de igual manera en el apartado eléctrico. Por aquello la investigación de materiales que se encuentran en el mercado de la mano con la evaluación de costos y disponibilidad.

Actividad 6: Diseño Mecánico; se desarrolla un modelo del sistema con los componentes principales y los ensambles necesarios, para que con ellos se realice el análisis estructuras con simulación de las diferentes cargas que actuaran. Basándome en estudios posteriores para tratar de optimizar el diseño en aspectos de resistencia y reducción de componentes.

Actividad 7: Diseño CAD-CAM; una vez que se realiza los cálculos se procede a el dibujo de cada componente necesario para así evaluar mediante el uso del programa de SolidWorks donde puede ocurrir posibles fallas con la reducción de estas se crean los modelos detallados y en el caso de manufacturar alguna de las piezas se realiza el código para la maquinaria CNC para asegurar una fabricación segura y de precisión.

Actividad 8: Elaboración de planos del prototipo; para el proceso de elaboración de planos de igual manera se utiliza SolidWorks para hacer los planos necesarios en base a la normativa INEN, a fin de ello se toma en cuenta que las piezas sean estandarizaras y en caso contrario estas se las dibujarlas con los parámetros adecuados y para luego pasar a manufacturarlos.

3.2.3 Fase 3: Construir el prototipo de la desbastadora mediante el uso de procesos de manufactura

Actividad 9: Adquisición o fabricación de la herramienta de desbastado; cuando se cumpla la evaluación de los parámetros de corte se selecciona entre lijas o cuchillas, para ello es necesario comparar precios y tiempo de vida que tendrá cada una de las dos opciones, también se toma en cuenta el diseño del portaherramientas. Y se podrá adquirir o fabricar las ambas herramientas para el desarrollo del prototipo.

Actividad 10: Construcción de la estructura del dispositivo; mediante el uso de los conocimientos de manufactura se realiza los cortes del material, la

soldadura, la rectificación, la pintada de toda la estructura que soportara el motor, y el sistema de desbastado.

Actividad 11: Integración de elementos mecánicos y electrónicos; para este punto solo se requiere analizar, la mejor forma de ensamble se tiene en cuenta que deberá cumplir con las normativas de trabajo como son la altura adecuada de trabajo, sistemas de protección para el usuario y una buena instalación eléctrica para que se vea afectado el diseño.

3.2.4 Fase 4: Validar el funcionamiento de la máquina

Actividad 12: Realización de pruebas de funcionamiento; es esta actividad se procede a realizar un análisis del funcionamiento en base al tiempo y tipo de acabado que se obtendrá mediante el proceso, en caso en no cumplir con alguno de los requerimientos se procede a modificar los parámetros de corte. Este último sin que afecte considerablemente al diseño del prototipo.

Actividad 13: Ajustes del sistema; se revisará detalles que puedan causar fallos o demora en los tiempos del desbastado, se busca que la estructura sea lo más compacta y que no ocupe espacio innecesario en un sitio de aserrado o carpintería.

Actividad 14: Redacción del documento; una vez concluido todas las pruebas se elaboran los resultados mostrándolos en gráficos estadísticos, tablas, fórmulas, cálculos, planos, fotografías, cumpliendo con la norma. Se elaborará en recomendaciones y conclusiones claras y concisas para a futuro realizar mejoras al prototipo.

3.3 Diagrama de Flujo

Se presenta mediante una figura el proceso de fabricación el cual se seguirá en base a las actividades antes mencionadas para tener un orden y control de este, comenzado por las investigaciones hasta llegar a al prototipo completo. (ver Figura. 3.2.3)

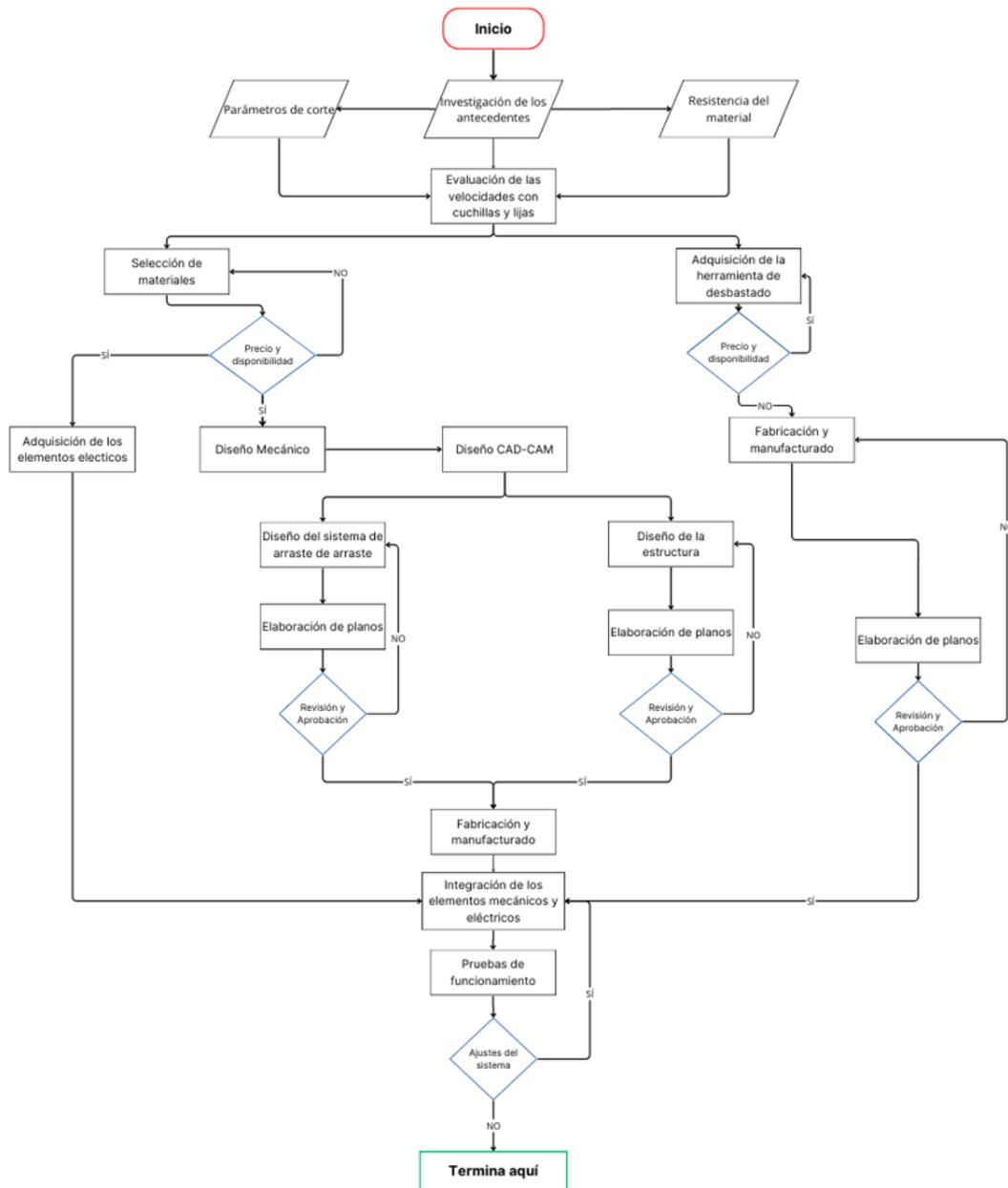


Fig. 3.4 Diagrama de flujo del proceso de construcción.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para este capítulo se presentan cada uno de los componentes que se usaron para el desarrollo del prototipo, como también los diseños conceptuales y las pruebas experimentales que se realizaron para determinar los parámetros necesarios y elegir la mejor solución al problema.

4.1. Especificaciones del sistema a diseñar

Se presenta los parámetros esenciales para realizar el diseño de la desbastadora de madera balsa.

Dimensiones de la estructura: La estructura metálica debe ser de pequeño tamaño, no tendrá que superar el metro cuadrado, incluyendo el sistema de desbaste.

Dimensiones de los palos: Los palos deberán ser cuadrados al inicio del proceso con dimensiones de 10 mm y 300 mm de longitud, de igual manera para el producto final el diámetro debe ser de 10 mm y 300 mm de longitud, con un error del 0.50 mm máximo.

Desmontable: Para el mantenimiento de las cuchillas, chumaceras, bandas o cadenas, la máquina deberá ser desmontable en los componentes más importantes y que se puedan reemplazar con facilidad si sufre algún daño.

Trabajo: La máquina debe tener tiempos de trabajo entre los 4 a 5 horas, con tiempos de ejecución cortos para aumentar el número de palos producidos y debe ser de fácil manejo para el operario.

Acabado: debe ser capaz de lograr acabados superficiales buenos, sin dejar un rastro de astillas o espigas a lo largo de todo el palo, todo aquello deberá ejecutarse en una sola pasada.

Accesibilidad: Los componentes y herramientas de corte deben estar al alcance tanto para la adquisición y construcción, con ello se busca que con el tiempo los reemplazos de estos puedan comprarse en el país.

4.2. Planteamiento de las alternativas de solución

A continuación, se muestran las ideas de las posibles soluciones a implementar, basado en los mecanismos utilizados en las máquinas extranjeras.

4.2.1 Solución 1

Una de las soluciones es usar un sistema de corte por cuchilla, basado en el mecanismo de las máquinas extranjeras que cuentan con un sistema de transmisión por polea y cadena para el sistema de arrastre de la madera, que cuenta con dos motores, el primero para el sistema de corte que tiene gran potencia mecánica y el segundo motor de menor potencia, ya que solo se dedica a conducir el palo al inicio y fin del proceso. Consta de un eje perforado o un tubo que se conecta con el husillo de corte, este también conectado a una polea conducida mediante el primer motor, el tubo gira gracias a las poleas y a las chumaceras (Ver Fig.4.1).

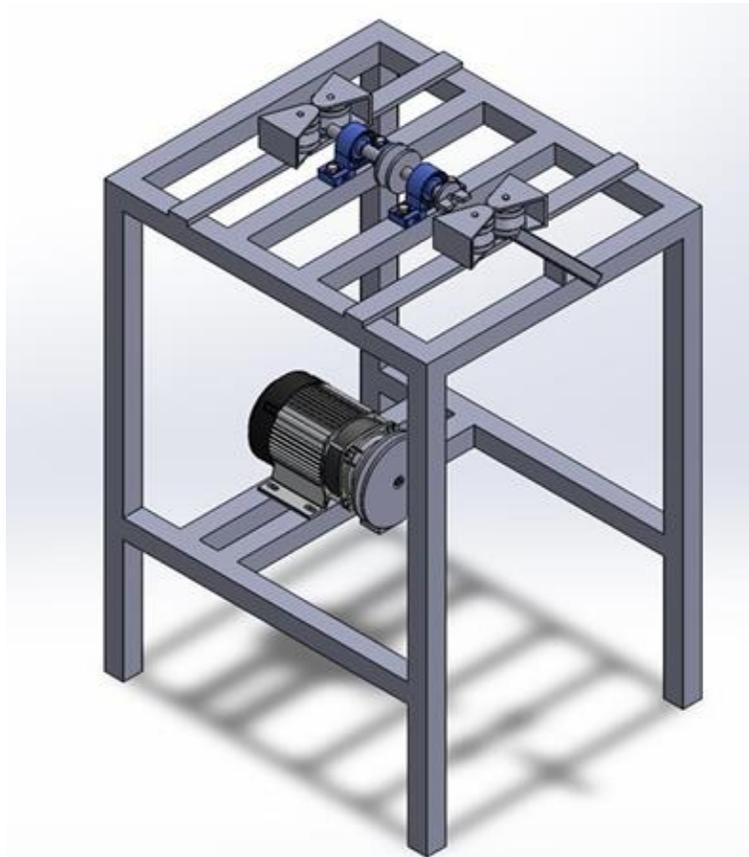


Fig. 4.1 Vista isométrica solución uno.

Para el sistema de avance que consta de otro sistema de transmisión por cadena que va conectado a ejes con su respectiva chumacera y al final a un trompo granallado, en este caso se evidencian 2 pares de trompos y 2 pares de chumaceras.

En consideración de este tipo de máquinas, se plantea tomar en cuenta el sistema de corte que consta de herramienta de corte con su respectivo eje de guía, chumacera, polea conducida, chumacera. (ver Tabla 4.1).

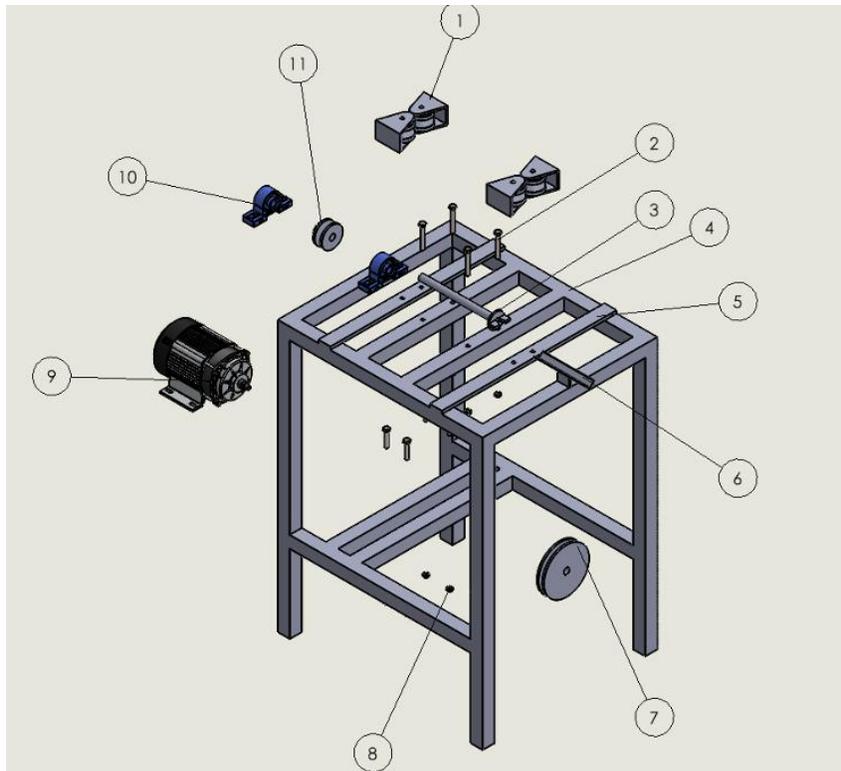


Fig. 4.2 Vista extruida solución uno.

Tabla 4.1 Elementos para la solución con cuchillas.

Devastadora por cuchillas		
Elementos	Cantidad	Número del elemento
Chumaceras	2	10
Eje guía perforado	1	3
Rodamientos/Trompos	4	1
Correa V	1	-
Motor monofásico	1	9
Tubo estructural cuadrado	-	4
Pernos	12	2
Tuercas	12	8
Cuchillas de acero	2	-
Polea conductora	1	7
Polea Conducida	1	11
Guía de ingreso metálica	1	6
Tubo metálico soporte de los rodamientos/Trompos	1	5

Con respecto al sistema de arrastre se pueden utilizar trompos sin la necesidad utilizar un motor adicional porque se producirán palos de menor medida diametral y longitud, en comparación de las máquinas extranjeras que su cadena de producción está diseñada para palos de gran longitud y grandes diámetros. (Ver Fig. 4.2).

Entonces el usuario deberá ingresar el palo cuadrado de forma manual mediante una guía inicial que conduzca el palo hacia los trompos que ajustaran el material, para evitar movimientos laterales o verticales, entonces a medida que empuja el palo ingresa a la cuchilla o las cuchillas las cuales desbastaran él seguirá su camino mediante el eje perforado hasta el final del mismo, seguido de salir este ingresara al otro par de trompos de salida que evitaran que exista movimientos que afecten al proceso de desbaste, por último el usuario deberá jalar el palo cilíndrico y terminando el proceso (ver Fig. 4.3).

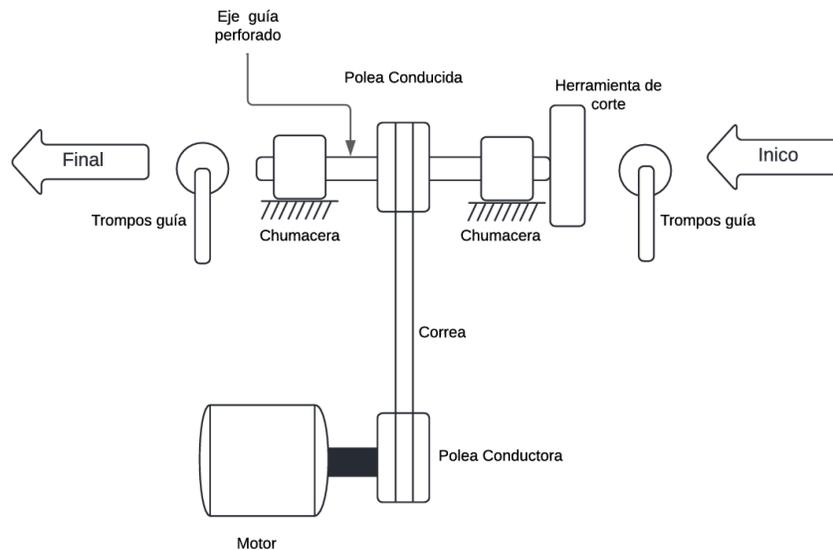


Fig. 4.3 Mecanismo para el desbaste por cuchillas.

4.2.2 Solución 2

Se plantea utilizar lijas para el proceso de desbastado, en este caso de igual manera consta de un guía al ingreso y salida, en este caso me baso en los sistemas de lijado por rodillos que constan de dos rodillos, el primero donde se coloca la lija y el segundo que es de hule, entonces estos pueden girar en sentidos contrarios y con velocidades diferentes, lo que produce que exista un arrastre automático. (Ver Fig. 4.4).

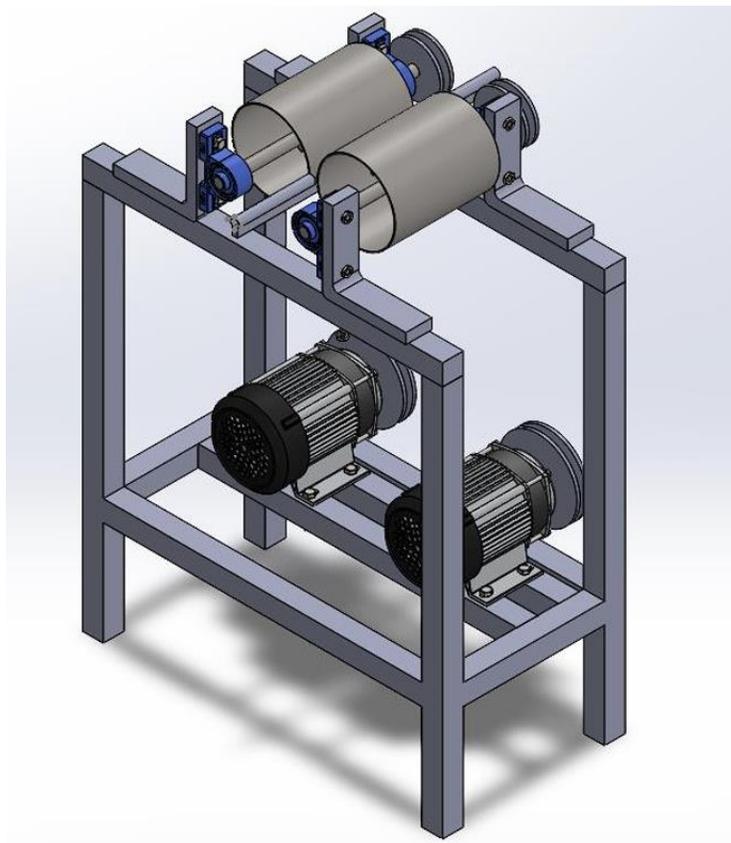


Fig. 4.4 Vista isométrica de la segunda solución.

Este sistema consta de dos motores que transmiten la potencia, a cada uno de los tambores mediante correas y sistemas de reducción por poleas, también cuenta con un par de chumaceras y un eje para el movimiento de un tambor.

El usuario ingresa el palo por la guía tubular hasta llegar a cierta medida de los tambores donde se lija y conduce el palo hasta que salga el material sin tanta velocidad (ver Fig. 4.5).

Tabla 4.2 Elementos para la solución con lijas

Devastadora por lija		
Elementos	Cantidad	Número del elemento
Ejes	2	11
Motor Trifásico	2	8
Correas	2	-
Polea reductora	1	4
Polea conducida	1	3
Polea conductora	1	4
Tambor de hule	1	6
Tambor de lija	1	11
Chumacera	4	2
Pernos	16	1
Tuercas	16	5
Tubo estructural cuadrado	-	7
Tubo guía	1	9
Placas metálicas de soporte	4	10

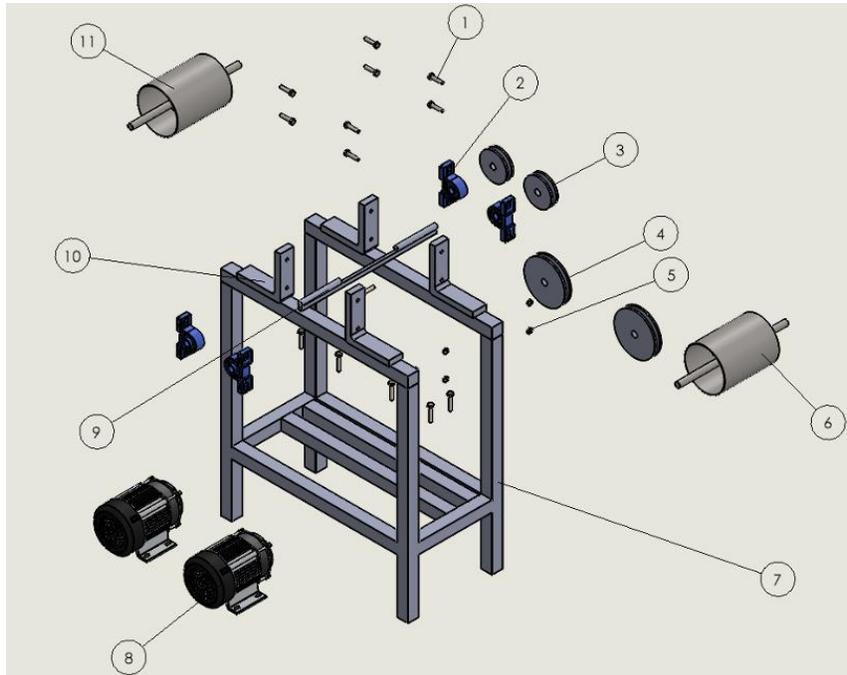


Fig. 4.5 Vista extruida de la segunda solución.

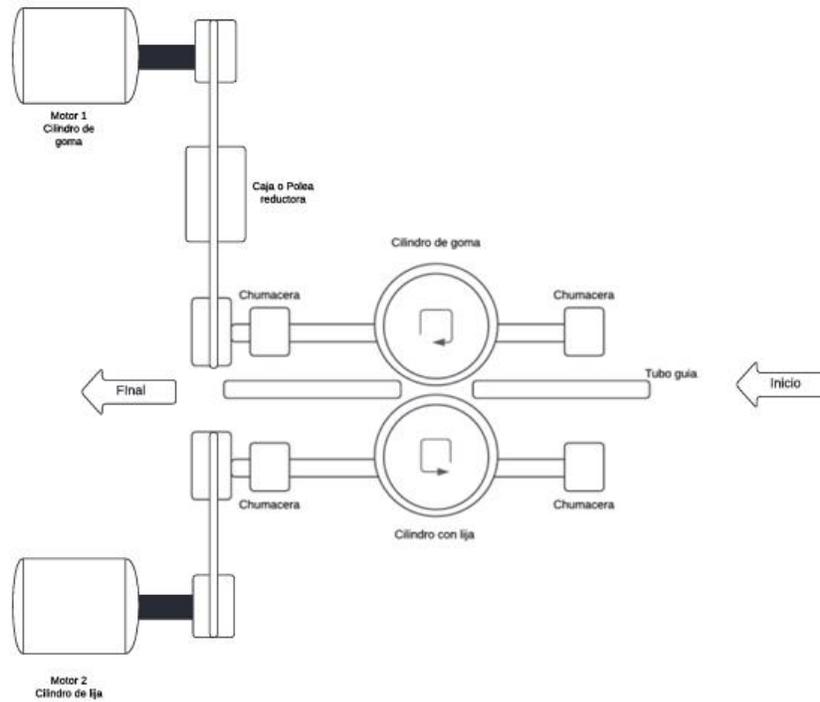


Fig. 4.6 Mecanismo para la segunda solución.

4.3. Estudio comparativo entre las dos propuestas de solución

Para evaluar los métodos de desbaste se realizó ensayos experimentales los cuales están basados en los diseños de las posibles soluciones en un taller de carpintería para determinar cuál es la mejor manera de obtener palos cilíndricos, para ello se evalúa el tiempo, acabado y dimensiones.

4.3.1 Pruebas de desbastado por cuchilla

Para este ensayo experimental se utilizó los siguientes materiales

- Taladro BP inalámbrico (velocidad 0 a 1500 rpm)
- Cuchilla de cepillo de madera (ángulo de incidencia 25 -30 °)
- Madera balsa de 9,5 x 9,5 mm y 30 cm de largo
- Broca de 9,5 mm
- Pala de 12,7 mm
- Base de madera

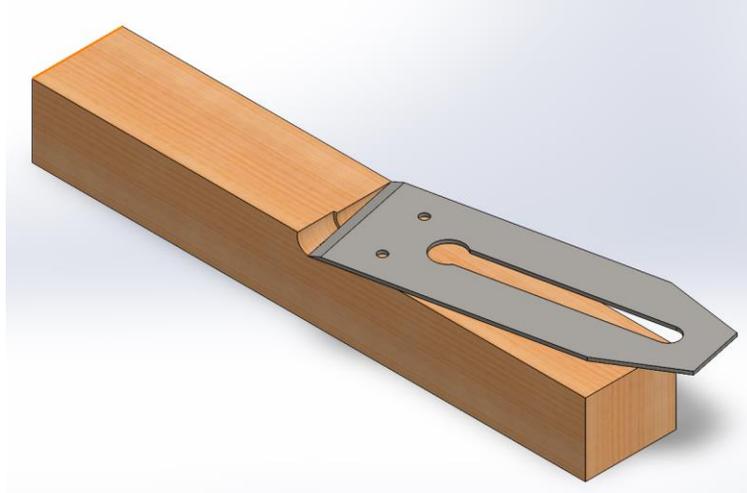


Fig. 4.7 Prototipo con cuchilla.

Proceso

Con base al mecanismo del sacapuntas se realizó un prototipo mucho más grande de madera, debido a que el plástico se calentaba y llegaba a romperse por la fuerza ejercida por el taladro, para ello se utilizó madera de 50 x 305 mm (ver Fig. 4.7).

Se procede a señalar el centro de la base y a perforar con una broca de 9,5 mm por todo el material, luego se realizó la siguiente perforación con una pala de 12,7 mm con 20 mm de profundidad (ver Fig. 4.8).

Una vez perforado se señaló el extremo superior de la perforación de 9,5 mm de diámetro y se procedió a cortar todo lo que está por encima de la perforación, luego se lija hasta conseguir un canal donde se colocara la cuchilla.

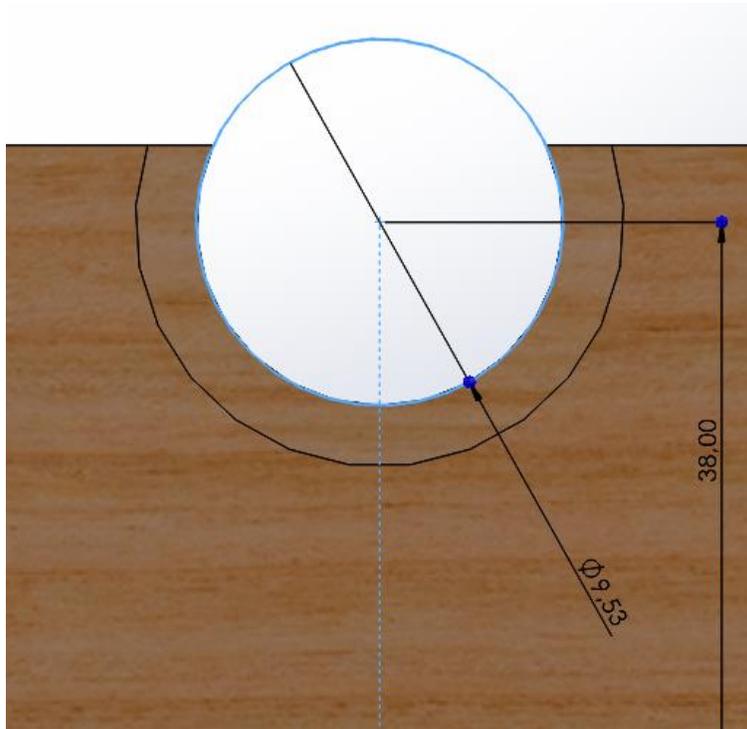


Fig. 4.8 Dimensiones del perforado para la guía.

Luego se escoge una cuchilla de madera con un ángulo de incidencia de 30° , desde la fábrica el ángulo es de 25° , pero la ficha técnica nos dice que se debe rectificar a 30° cuando se vaya a afilar la cuchilla.

Entonces se buscó maneras en la que se coloca la cuchilla entre ellas:

- La cuchilla alineada con el canal con un excedente en el inicio y al final al ras de la base (ver Fig. 4.9).

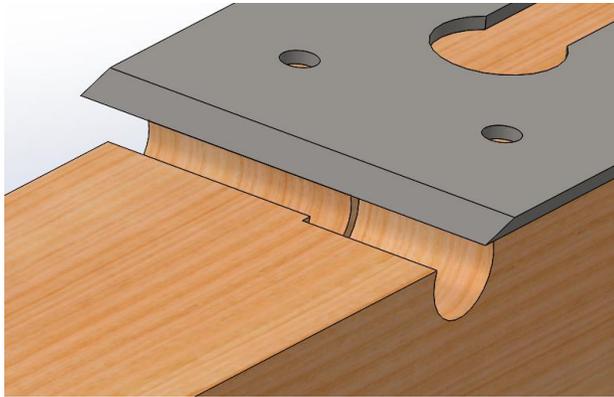


Fig. 4.9 Primera forma de alineación de la cuchilla con la base.

- La cuchilla alineada con el canal con un excedente en el final y al inicio al ras de la base (ver Fig. 4.10).

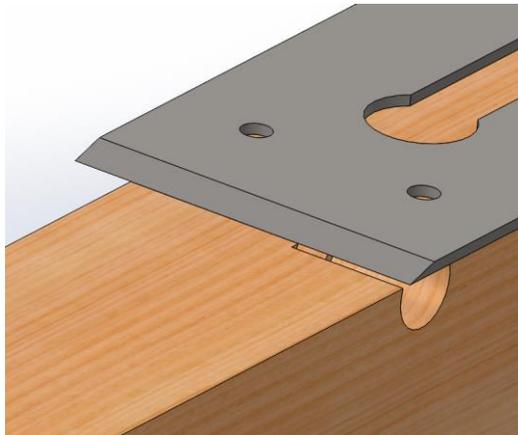


Fig. 4.10 Segunda forma de alineación de la cuchilla con la base.

- La cuchilla colocada a la mitad del canal (ver Fig. 4.11).

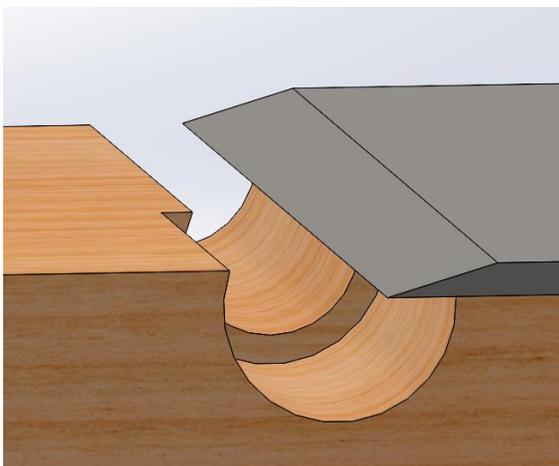


Fig. 4.11 Tercera forma de alineación de la cuchilla con la base.

- La cuchilla colocada de forma inclinada coincidiendo con el otro lado del canal (ver Fig. 4.12).

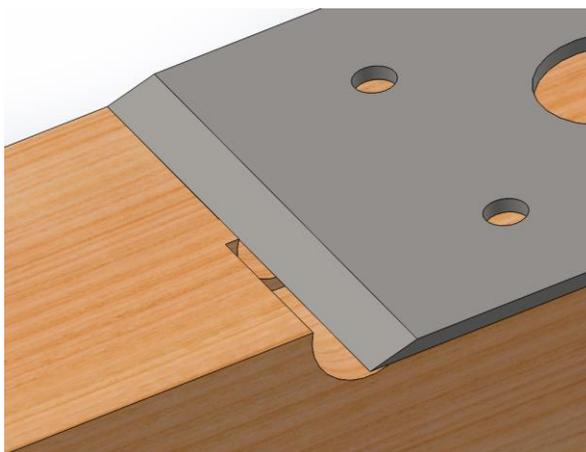


Fig. 4.12 Cuarta forma de alineación de la cuchilla con la base.

- La cuchilla colocada de forma inclinada coincidiendo con los dos lados del canal (ver Fig. 4.13).

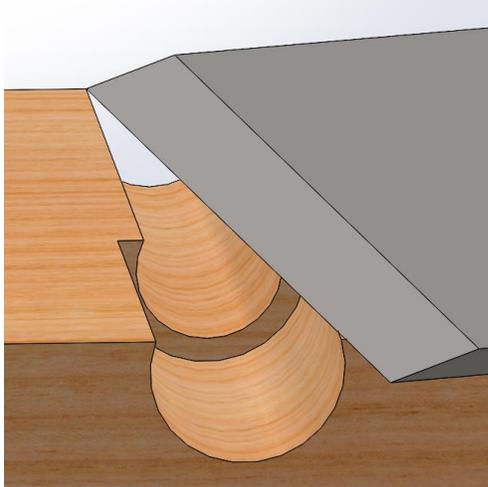


Fig. 4.13 Quinta forma de alineación de la cuchilla con la base.

De todas las formas desbaste sin considerar la última, no realizaron el desbaste adecuado causando que se rompa el palo al inicio del proceso, al final o no desbastaba. Por eso se escoge de la última forma en que la cuchilla colocada esta forma inclinada coincidiendo con los dos lados del canal y con un excedente al inicio.

Pero influye mucho el ángulo que se coloca la cuchilla para ello se realizaron pruebas con probetas de madera seike, palos cuadrados de 9,5 mm x 300 mm de largo, estos necesitaban requisitos para poder realizar el desbastado (ver Fig. 4.14)

- Tener un desbastado en la punta del palo para evitar que se rompa
- Tener un desbastado de en los vértices a lo largo de todo el palo



Fig. 4.14 Probetas de madera seike.

Por ello se prueba con diferentes ángulos de inclinación como se muestra en la siguiente tabla, con ayuda de un graduador y varias probetas se logra conseguir que solo se necesite un desbastado en la punta que ayude al ingreso del palo (ver Tabla 4.3).

Tabla 4.3 Grados de inclinación de la cuchilla para realizar el desbaste.

Grados	Proceso
0	No ejecuta el desbastado
2	No ejecuta el desbastado
4	No ejecuta el desbastado
6	No ejecuta el desbastado
8	Rompe el material al inicio del desbastado
10	Desprendimiento de viruta, pero se rompe al inicio del desbastado
12	Desprendimiento de viruta adecuado y desbaste correcto
14	Desprendimiento de viruta, pero al inicio realiza un desprendimiento mínimo en forma de punta
16	Desprendimiento de viruta, pero al inicio realiza un desprendimiento en forma de punta mucho mayor
18	No ejecuta el desbastado
20	No ejecuta el desbastado
22	No ejecuta el desbastado
>24	No ejecuta el desbastado

Entonces después de varios ensayos se logró detectar que el ángulo de corte adecuado es el de 12°, una vez que obtuvo un buen desbaste y desprendimiento de viruta sin que se caliente demasiado la cuchilla o se rompa el palo, se tomaron en cuenta las velocidades del taladro.

(Ver Ecuación 1)

$$V_{\text{inicial}} = \text{Área de la sección} \times \text{largo} \quad (1)$$

$$V_{\text{final}} = \pi r^2 \times \text{largo}$$

$$V_{\text{viruta}} = V_{\text{inicial}} - V_{\text{final}}$$

Donde:

V_{inicial} = volumen inicial (mm³)

V_{final} = volumen final (mm³)

V_{viruta} = volumen inicial (mm³)

r = radio del palo a obtener

La cantidad de viruta es igual a 12,73 cm³ por una pasada por la cuchilla. El taladro que se utiliza es de la marca BP inalámbrico con cambio de velocidades, las velocidades van desde 0 - 1500 rpm según la ficha técnica, este taladro cuenta con un selector de velocidades. Entonces se obtiene los rpm y se coloca para cada uno de los selectores (ver Tabla 4.4).

Tabla 4.4 RPM del taladro inalámbrico.

Ajuste del selector	RPM
0	0
1	60
3	180
5	300
7	420
9	540
11	660
13	780
15	900
17	1020
19	1140
21	1260
23	1380
25	1500

Con esto se prueba con la velocidad mínima de 60 a máxima de 1500 para ver los resultados de desbaste y el tiempo que tomaba realizar cada pasada, una vez que se comprobó el correcto desbastado se utilizaron las 8 probetas de madera balsa de medidas 9,5 mm x 300 mm de largo. Con las 11 probetas de madera seike, sin tener en cuenta las anteriores 30 probetas para determinar el correcto ángulo de la cuchilla, se obtuvieron los siguientes resultados (ver Tabla 4.5).

Tabla 4.5 Resultados en las probetas mediante visualización.

Probeta	Velocidad RPM	Tiempo (s)	Cantidad de viruta en el desbaste (cm ³)	Calidad
1	1500	8,69	12,73	Aceptable
2	1500	9,30	25,46	Aceptable
3	1500	7,08	38,19	Aceptable
4	1500	13,86	50,92	Aceptable
5	1500	7,08	63,65	Aceptable
6	60	28,43	76,38	Aceptable
7	60	20,55	89,11	Aceptable
8	60	18,32	101,8	Se rompió la punta
9	60	16,84	114,6	Aceptable
10	60	15,62	127,3	Se rompió la punta
11	60	14,67	140,0	Aceptable

Para saber el avance para que se obtuvo mediante los dos tipos de velocidades es necesario calcular el número de revoluciones en base al rpm y el tiempo en minutos.

(Ver Ecuación 2)

$$N = \frac{\text{Segundos}}{\text{Minutos}} * \text{RPM del taladro} \quad (2)$$

(Ver Ecuación 3)

$$f = \frac{\text{longitud del palo}}{\text{Revoluciones}} \quad (3)$$

Se utilizan los dos tipos para comparar el tipo de acabado que se obtiene a base de una sola pasada. Para ello se utiliza 8 probetas, la mitad se desbasta con la velocidad mínima y la otra restante con la máxima. En base a la observación del proceso se mide la calidad que se basa en que no sufrió ningún daño el palo durante el proceso (ver Tabla 4.6).

Tabla 4.6 Desbastado en las ocho probetas.

Probeta	Velocidad RPM	Tiempo (s)	Cantidad de viruta en el desbaste (cm ³)	Calidad
1	1500	4,71	12,73	Aceptable
2	1500	6,30	25,46	Aceptable
3	1500	5,26	38,19	Aceptable
4	1500	6,21	50,92	Aceptable
5	60	12,00	63,65	Aceptable
6	60	7,93	76,38	Aceptable
7	60	7,40	89,11	Aceptable
8	60	7,60	101,8	Aceptable

Luego se calculó el número de revoluciones y el avance para saber que con que parámetros se trabaja (ver Tablas 4.7 y 4.8).

Tabla 4.7 Número de revoluciones en base al tiempo.

Probeta	Velocidad	Tiempo (s)	N
1	1500	4,71	117,75
2	1500	6,30	157,50
3	1500	5,26	131,50
4	1500	6,21	155,25
5	60	12,00	12,00
6	60	7,93	7,93
7	60	7,40	7,40
8	60	7,60	7,60

Tabla 4.8 Avance en base al tiempo.

Probeta	Velocidad RPM	Tiempo (s)	f
1	1500	4,71	2,55
2	1500	6,30	1,90
3	1500	5,26	2,28
4	1500	6,21	1,93
5	60	12,00	25,00
6	60	7,93	37,83
7	60	7,40	40,54
8	60	7,60	39,47

Resultado visual, con más rpm existes más número de vueltas y el avance es mucho menor, pero el tiempo de trabajo es menor pero las espigas son notorias, y caso contrario pasa con la mínima velocidad el tiempo aumenta, pero no es significativo y las espigas son menos notorias como se muestra a continuación (ver Tabla 4.9).

Tabla 4.9 Desbastado en las ocho probetas.

Probeta	Velocidad	Tiempo (s)	probeta	Velocidad	Tiempo (s)	Diferencia
1	1500	4,71	5	60	12,00	7,29
2	1500	6,30	6	60	7,93	1,63
3	1500	5,26	7	60	7,40	2,14
4	1500	6,21	8	60	7,60	1,39
	promedio	5,62		promedio	8,73	3,11

Como se observa en la tabla existe una diferencia de 3,11 segundos entre las dos velocidades.

Para el siguiente análisis se realizó la toma de medidas en cinco puntos diferentes para saber si la superficie es uniforme a lo largo de toda la probeta, para ello se utilizó un calibrador digital y estas son las medidas obtenidas (ver Fig. 4.15).

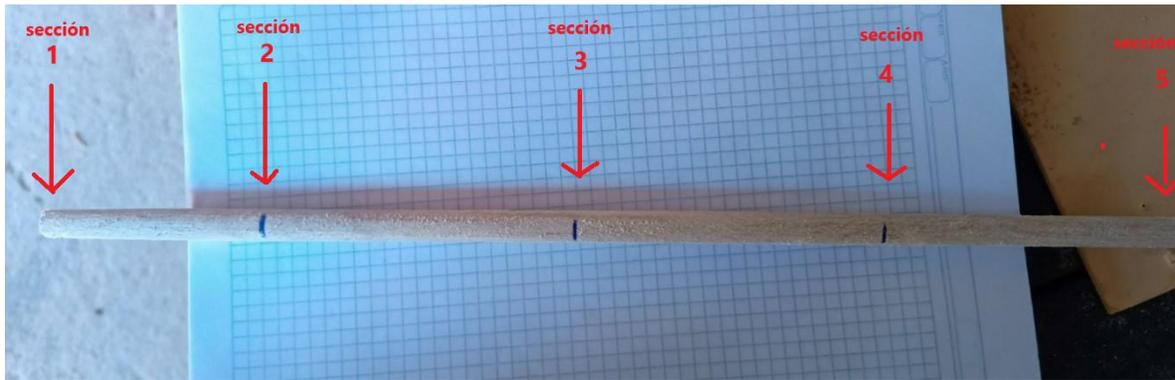


Fig. 4.15 Rango de medición en los palos cilíndricos.

Tabla 4.10 Dimensiones a lo largo del palo cilíndrico.

Probeta	Dimensiones (mm)				
	Sección 1	Sección 2	Sección 3	Sección 4	Sección 5
1	8,91	8,63	8,65	8,46	8,76
2	8,50	8,45	8,48	8,46	8,60
3	8,21	8,60	8,53	8,56	8,45
4	8,55	8,66	8,70	8,20	8,46
5	7,79	8,14	8,21	8,32	7,50
6	8,04	8,26	8,25	8,26	8,28
7	8,50	8,15	8,10	8,30	8,05
8	8,25	8,25	8,21	8,26	8,29

También se obtiene el error en cada uno de los segmentos, comparándolos con la dimensión real que es 9,5 mm y las dimensiones obtenidas.

Tabla 4.11 Comparación del error obtenido versus la dimensión que se debería obtener.

Error en comparación a la medida real 9,5 mm						
Dimensión real vs. Dimensión obtenida						
Probeta/Ensayo	Sección 1	Sección 2	Sección 3	Sección 4	Sección 5	Promedio
1	0,59	0,87	0,85	1,04	0,74	0,82
2	1,00	1,05	1,02	1,04	0,90	1,00
3	1,29	0,90	0,97	0,94	1,05	1,03
4	0,95	0,84	0,80	1,30	1,04	0,99
5	1,71	1,36	1,29	1,18	2,00	1,51
6	1,46	1,24	1,25	1,24	1,22	1,28
7	1,00	1,35	1,40	1,20	1,45	1,28
8	1,25	1,25	1,29	1,24	1,21	1,25

Estos resultados son en base a las siguientes características:

- Por las velocidades la perforación tiende a expandirse.
- Es necesario utilizar, una guía porque al momento de desbastar si no se lo realiza adecuadamente existen partes que se desbastan mucho más.
- Se toma en cuenta la distancia que existe entre la cuchilla y la perforación.
- El desbaste comienza en la mitad de la cuchilla

- Para la corrección de la superficie con astillas es recomendable pasar de 5-8 veces con la lija 150 que es para acabados de forma manual.



Fig. 4.16 Palos cilíndricos con la velocidad máxima.



Fig. 4.17 Palos cilíndricos con la velocidad mínima.

4.3.2 Pruebas de desbastado con lijas

Para realizar estas pruebas se utiliza los siguientes materiales.

- Motor 1 HP a 1730 rpm
- Taladro inalámbrico BP
- Lijas 40-60-100
- Plantillas circulares de MDF
- Guia de madera
- Probetas de madera seike
- Probetas de madera balsa

Proceso

En base al proceso de desbaste que se realiza en la carpintería se utilizó una lijadora de mesa con un motor diseñado para una sierra circular. Se dibuja y corta dos plantillas circulares de MDF de medidas 150 mm de diámetro y 9 mm de grosor y de igual manera se cortó del mismo diámetro las lijas 40-60-100, estas iban colocadas en la mesa y en el eje, se toma en cuenta esa medida de la plantilla para que la distancia entre la mesa y el disco sea de 30 mm para evitar daños y principalmente no se levante el palo y se rompa (ver Fig. 4.18).



Fig. 4.18 Plantillas circulares con lija.

Luego se corta la guía de madera de las siguientes dimensiones 250 mm de largo, 25 mm de ancho y 15 mm de alto, esta guía se colocó a una distancia de la lija de 10 mm para que los palos salgan desbastados de esa medida, esta se atornilla a la mesa (ver Fig. 4.19).



Fig. 4.19 Guías de madera para el desbaste por lija.

Para el primer ensayo se cortaron probetas de madera seike de 300 mm de largo y cuadradas de 10 mm y la lija giro en sentido horario.

Entonces se probó con la lija número 40 haciéndole girar de manera manual el palo a entre la guía y la lija, pero el palo no entraba y necesitaba un desbaste adicional en la punta y en los vértices a lo largo de todo el palo y al girar para que se desbaste, los palos no se desbastaban en forma circular y existía partes en la que la lija desbastaba más de lo necesario en diferentes partes y el resultado no era el esperado.

Entonces se optó por mover la guía al inicio a 14 mm y desde la mitad a 11 mm para que el palo logre ingresar y comience el desbaste desde la mitad de la lija comience el proceso, pero se realizó varios intentos de manera manual y no resulto porque desbastaba de muy brusco el material.

Para ello se optó por utilizar el taladro a la velocidad máxima de 1500 rpm y en sentido horario, entonces se notó que seguía y no se levantaba, a una velocidad mínima el palo tendía a romperse y a levantarse y salirse de la guía.

Una vez se comprobó el correcto funcionamiento se cortaron probetas de madera balsa de 11 mm y 300 mm de largo, y con un desbaste en las aristas para que pueda el palo girar adecuadamente, pero no se necesitaba un desbaste en la punta (ver Fig. 4.20).



Fig. 4.20 Desbaste de las aristas.

Se utilizaron 12 probetas, las cuales se dividieron para las lijas y se obtuvieron 4 probetas para cada lija, a continuación, se muestra la tabla con los tiempos y las 5 medidas que se tomaron con ayuda del calibrador digital (ver Tabla 4.12).

Tabla 4.12 Resultados en base a la velocidad, tipo de lija y dimensiones.

No lija	Probeta	Velocidad RPM	Tiempo (s)	Dimensiones (mm)				
				Sección 1	Sección 2	Sección 3	Sección 4	Sección 5
40	1	1500	35,57	10,08	9,96	9,30	9,88	9,59
40	2	1500	30,05	10,24	10,23	10,60	10,26	10,25
40	3	1500	25,26	10,73	10,56	10,30	10,46	10,66
40	4	1500	23,12	10,17	10,55	10,27	10,12	10,24
60	5	1500	20,31	9,93	9,64	9,83	10,14	10,05
60	6	1500	19,94	10,34	10,21	10,36	10,15	10,08
60	7	1500	20,63	10,31	10,33	10,25	9,98	10,00
60	8	1500	20,11	10,25	10,13	10,33	10,47	10,30
100	9	1500	19,57	10,05	10,22	10,37	10,30	10,27
100	10	1500	16,99	10,34	10,27	10,38	10,35	10,39
100	11	1500	19,88	10,03	10,07	10,14	10,05	10,18
100	12	1500	20,99	10,23	10,24	10,47	10,50	10,22

Se realiza la comparación entre el tiempo promedio que se demora en desbastar, con una sola pasada (ver Fig. 4.21, ver Tabla 4.13).

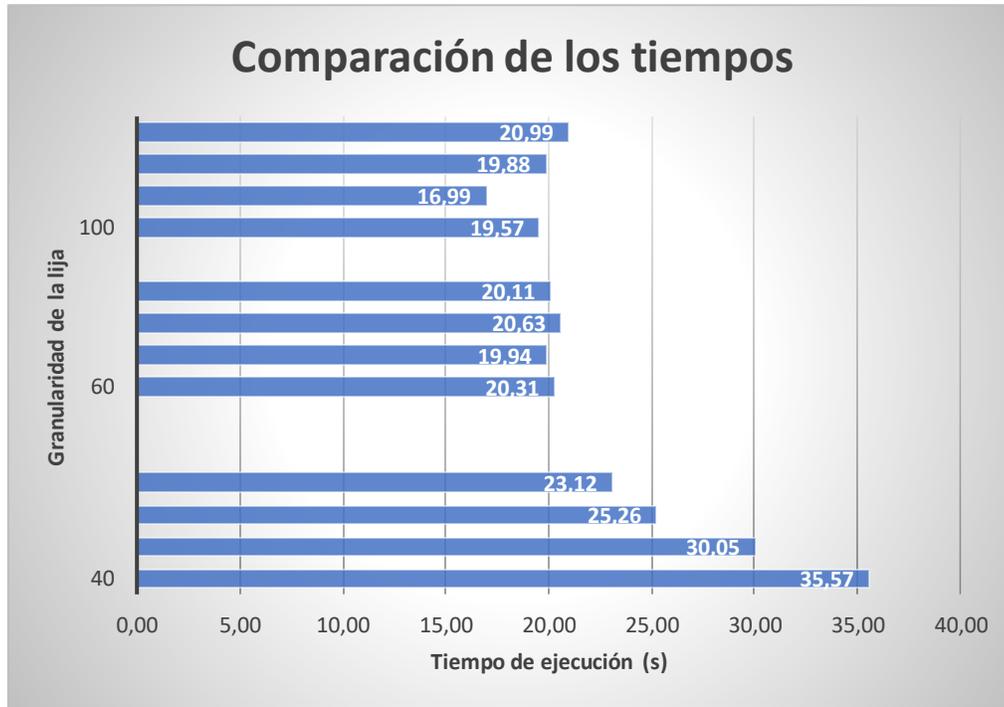


Fig. 4.21 Comparación de los tiempos.

Tabla 4.13 Comparación entre los tiempos obtenidos.

No. lija (1)	Probeta	Tiempo (s)	No. lija (2)	Probeta	Tiempo (s)	No. lija (3)	Probeta	Tiempo (s)
40	1	35,57	60	5	20,31	100	9	19,57
40	2	30,05	60	6	19,94	100	10	16,99
40	3	25,26	60	7	20,63	100	11	19,88
40	4	23,12	60	8	20,11	100	12	20,99
	Promedio	28,50		Promedio	20,25		Promedio	19,36

También se realiza mediante inspección visual cual era el resultado en base al acabado (ver Fig. 4.22 y ver Tabla 4.14), en base a ello se lo clasifica por la calidad del astillado en niveles:

- Nivel 0 (sin astillado). - la superficie esta lisa y uniforme.
- Nivel 1 (mínimo astillado). – indica que existen pequeñas fibras en los bordes.
- Nivel 2 (moderado). – las astillas son completamente visibles, pero no afecta en la forma.
- Nivel 3 (alto). – las astillas son notables y a lo largo de todo el palo conservando la forma cilíndrica.
- Nivel 4 (extremo). – las astillas son muy grandes que se desprenden y debilita el palo, además que no tienen forma cilíndrica.



Fig. 4.22 Calidad de astillado en los palos cilíndricos.

Tabla 4.14 Evaluación mediante la calidad del astillado.

No lija	Probeta	Calidad de astillado
40	1	Nivel 3
40	2	Nivel 3
40	3	Nivel 3
40	4	Nivel 3
60	5	Nivel 2
60	6	Nivel 2
60	7	Nivel 2
60	8	Nivel 1
100	9	Nivel 1
100	10	Nivel 1
100	11	Nivel 1
100	12	Nivel 1

Pero también se notó que mientras la lija disminuía su grano el desbaste era menor como se puede ver a continuación, para ello se escogió una probeta de cada grupo que va desde la lija 40 hasta la 100 (ver Fig. 4.23).

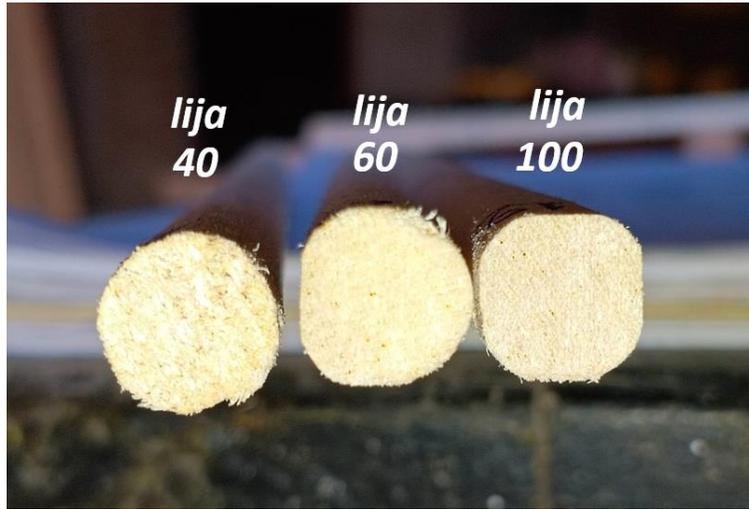


Fig. 4.23 Forma cilíndrica entre las diferentes probetas.

Con respecto a las dimensiones a lo largo de los palos se realiza la comparación del error obtenido con la medida que se esperaba obtener (ver Tabla 4.15).

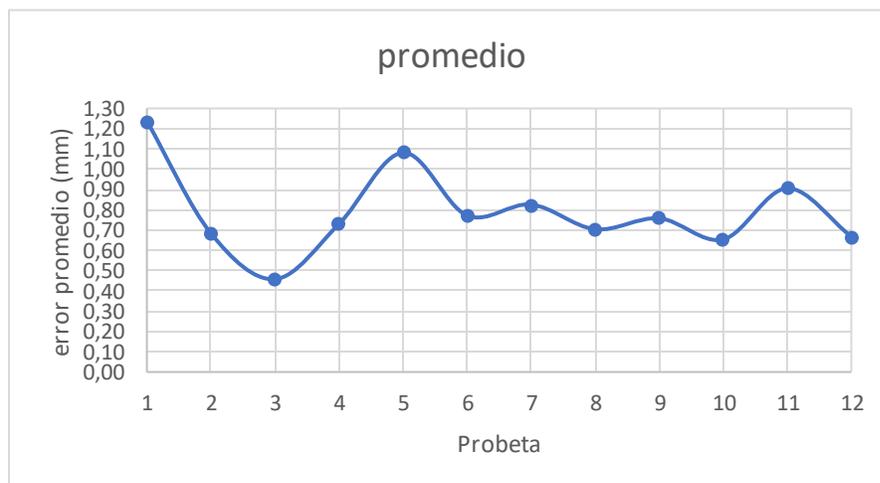


Fig. 4.24 Evaluación del error promedio (mm).

Tabla 4.15 Comparación del error con la medida que se esperaba obtener.

Error en comparación a la medida real 11 mm						
Dimensión real vs. Dimensión Obtenida						
Probeta	Sección 1	Sección 2	Sección 3	Sección 4	Sección 5	promedio
1	0,92	1,04	1,70	1,12	1,41	1,24
2	0,76	0,77	0,40	0,74	0,75	0,68
3	0,27	0,44	0,70	0,54	0,34	0,46
4	0,83	0,45	0,73	0,88	0,76	0,73
5	1,07	1,36	1,17	0,86	0,95	1,08
6	0,66	0,79	0,64	0,85	0,92	0,77
7	0,69	0,67	0,75	1,02	1,00	0,83
8	0,75	0,87	0,67	0,53	0,70	0,70
9	0,95	0,78	0,63	0,70	0,73	0,76
10	0,66	0,73	0,62	0,65	0,61	0,65
11	0,97	0,93	0,86	0,95	0,82	0,91
12	0,77	0,76	0,53	0,50	0,78	0,67

4.3.3 Pruebas de desbastado con dos cuchillas y un eje diseñado

Con un desbaste con dos cuchillas y dos filos de corte ayudan a que el palo quede centrado en la guía del eje, con una sola cuchilla el palo tiende a romperse durante el proceso de desbaste, debido a que la fuerza transversal debido a que no cuenta con una guía que evite este tipo de movimiento, para ello se utilizaron los siguientes materiales.

- Motor trifásico WEG 1 Hp a 1730 RPM jaula de ardilla 220 V
- Variador de Frecuencia
- Cuchillas con dos filos de corte
- Eje de plástico
- Chumacera de piso

Se realiza pruebas con el cambio de velocidades en el motor trifásico, con el propósito de conseguir una velocidad adecuada para el desbaste, también se incluyó un sistema de polea conectado a un eje que se diseñó con el ángulo de corte de 12° , el cual es el adecuado para evitar que el palo se rompa durante el proceso. Además de ello se incluyó dos cuchillas manufacturadas en acero HSS las cuales ayudan al desbaste de las esquinas y a su vez centran el palo por la guía interna del eje de PLA (ver Fig. 4.25).



Fig. 4.25 Sistema de desbaste con dos cuchillas y un eje diseñado.

Se pueden obtener mediante el variador de frecuencia los siguientes resultados (ver Tabla 4.16).

Tabla 4.16 Variación de frecuencia y velocidades.

Frecuencia (Hz)	Velocidad (RPM)	Tiempo (s)	Resultado
10	288.33	-	Astillado
20	576.67	-	Astillado
30	865.00	45.45	Astillado
40	1153.33	33.79	Astillado
50	1441.67	29.17	Astillado
60	1730.00	27.91	Astillado

Los resultados que se obtuvieron es que si la frecuencia está por debajo de los 30 Hz el palo tiende a fallar y a romperse al inicio del proceso. En cuestión de calidad, El astillado dependerá de la dirección de la fibra que tenga madera, si en caso de desbastar en el lado contrario a la fibra, el astillado es mucho más notable como se puede ver en la probeta de 50 Hz.

Por los resultados de la frecuencia se optó por probar con las tres frecuencias que brindan resultados aceptables, para ello se utilizaron 7 probetas de madera balsa cuadradas y se obtuvo los siguientes resultados (ver Tabla 4.17).

Tabla 4.17 Evaluación con las frecuencias más aceptables con las probetas.

Probeta	Frecuencia	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Medida 5	Promedio	Error 10
1	30	10,11	10,11	10,08	10,07	10,10	10,09	5%
2	40	10,08	10,07	10,07	10,09	10,07	10,08	4%
3	45	10,01	10,01	10,03	10,07	10,03	10,03	1%
4	50	10,07	10,00	10,03	10,01	10,00	10,02	1%
5	60	10,04	9,89	10,00	10,07	10,03	10,01	0%
6	60	10,00	10,07	10,01	10,00	10,00	10,02	1%
7	60	10,00	9,98	10,01	10,03	9,93	9,99	0%

También se comparó el error obtenido con las diferentes frecuencias con el valor que se esperaba obtener durante el proceso.

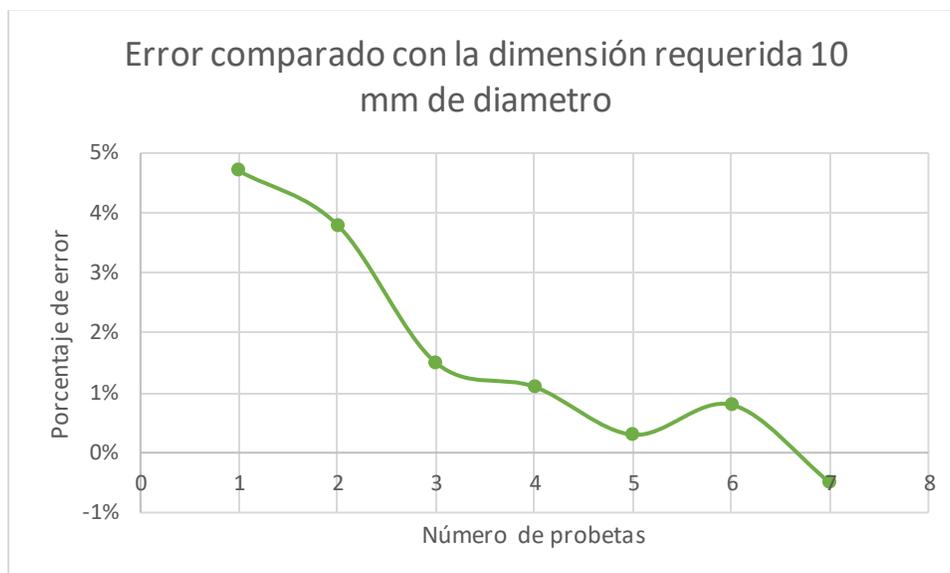


Fig. 4.26 Error de desbaste con el nuevo sistema.

A medida que sube la velocidad el error de medida a lo largo de todo el palo es reducido y se acerca a lo más esperado, pero aún requiere en las esquinas que las astillas desaparezcan para ello se propone que se utilice la lija como proceso de rectificado.



Fig. 4.27 Probeta con la frecuencia de 60 Hz.



Fig. 4.28 Probeta con la frecuencia de 50 Hz.



Fig. 4.29 Probeta con la frecuencia de 40 Hz.



Fig. 4.30 Probeta con la frecuencia de 30 Hz.

Para medir la cilindridad del palo se diseña en impresión 3D una base con perforaciones desde los 12 mm de diámetro hasta los 8 mm y con esta herramienta se puede visualizar y buscar una forma de corregir los errores.

Entonces en base a los resultados anteriores se toman 4 probetas y se las colocaron en la base para verificar si tienen forma cilíndrica. (ver Fig. 4.31)



Fig. 4.31 Herramienta de comprobación de la cilindridad.

Como se puede ver las probetas no llenan por completo los agujeros, evidenciando que no están completamente cilíndricos, esto demuestra que los palos no están completamente cilíndricos, debido a que existe una superficie uniforme en conjunto con las astillas que se marcan en las probetas causan que las medidas a lo largo del palo no sean las mismas. El otro error se debe a que las cuchillas no se encuentran completamente alineadas a la medida correcta causando que en ciertas esquinas desbaste más material y en la otra esquina desbaste menos.

Por ello se opta de añadir el proceso de lijado incluido en el propio eje perforado, este debe tener una forma cilíndrica y elimine el astillado a lo largo de todo el palo obteniendo un acabado más limpio, además de ello se opta por colocar en el eje una graduación ayudando que las cuchillas estén alineadas y ambas desbasten la misma cantidad de material.

4.4. Solución seleccionada

Para seleccionar la solución, se realizó pruebas de desbaste de forma tradicional. En base al análisis experimental se determinó que es necesario que el prototipo cuente con ambos sistemas, las cuchillas realizan el corte de los filos cuadrados y la lija rectificara aquellos filos, todo esto con el propósito de obtener un acabado limpio, de igual manera se opta por guías manuales utilizando rodamientos que no marquen la madera y que a su vez sirvan para evitar movimientos axiales (ver Fig. 4.32).

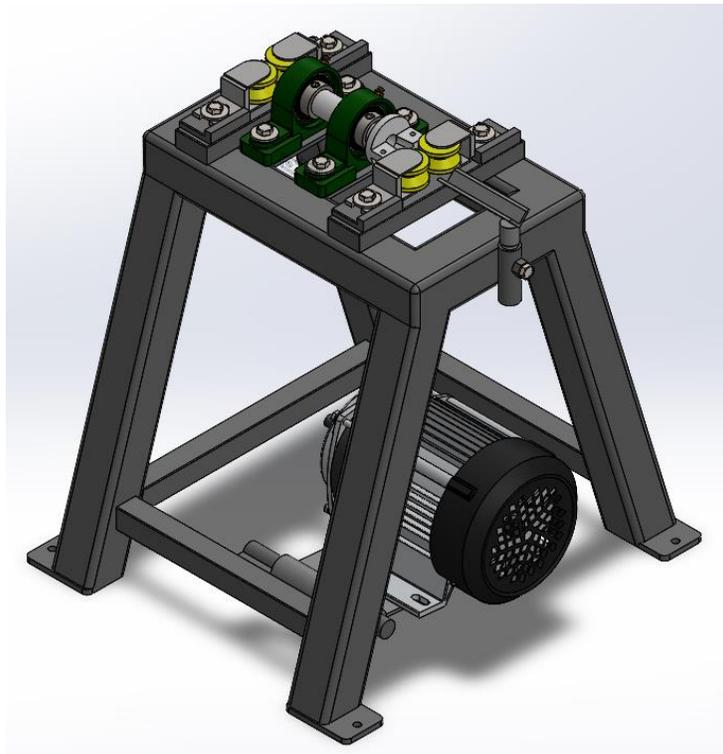


Fig. 4.32 Diseño final de la máquina.

4.5. Especificaciones de la solución seleccionada

A continuación, se muestra cada una de las partes que conforman la máquina, especificando su diseño, análisis y justificación de la selección en cada elemento.

4.5.1 Motor

El corazón de la máquina, este será el que provee de la potencia, la corriente, la velocidad, necesaria para realizar el proceso de desbastado.

4.5.2 Análisis del para la selección del motor

En base a estimaciones de tiempo de trabajo se propone que el motor deberá trabajar de 5 a 7 horas diarias, para el avance se tomó en cuenta a los valores obtenidos en los ensayos de desbaste por cuchilla con un avance promedio igual a 2,165 mm y con un ancho de la herramienta de 3 mm. Así se calcula el avance por revolución se utiliza la siguiente fórmula, dando como resultado 6 mm.

(Ver Ecuación 4) [8]

$$af = fz * z \quad (4)$$

$$af = 6$$

Donde

af = avance por revolución (mm)

fz = avance por diente (mm/diente)

z = número de dientes

La sección de viruta que este realiza es en base al avance por revolución multiplicado por la profundidad de pasada que para este caso es igual a 4,14 mm.

(Ver Ecuación 5) [8]

$$S = af * p \quad (5)$$
$$S = 24,84$$

Donde

S = sección de viruta (mm²)

p = profundidad de pasada (mm)

Es necesario saber el valor de la fuerza de corte que tendrá que ver la dureza que tiene la madera balsa en este caso se utiliza 267 kg/cm², para saber el esfuerzo de corte que es igual a 26,19 N/mm², entonces permitiendo resolver la ecuación.

(Ver Ecuación 6) [8]

$$Fc = S * fc \quad (6)$$
$$Fc = 26,19$$

Donde:

$F_c = \text{fuerza de corte (N)}$

$f_c = \text{esfuerzo de corte (N/mm}^2\text{)}$

Se calcula la velocidad de corte para ello es necesario saber el valor de las RPM que se utilizó con el motor de 1 HP marca WEG, que es igual a 1750, y el diámetro que es igual a 10 mm.

(Ver Ecuación 7) [8]

$$V_c = \frac{\pi * N * D}{1000} \quad (7)$$

Donde: $V_c = 0,923$

$V_c = \text{velocidad de corte (m/s)}$

$N = \text{RPM}$

$D = \text{diámetro mayor de la herramienta a mecanizar (mm)}$

Una vez obtenidos los valores necesarios, se calcula la potencia que requiere el motor.

(Ver Ecuación 8) [8]

$$Pot = F_c * V_c \quad (8)$$
$$Pot = 600,5 = 0,805 \text{ HP}$$

Donde:

Fc= fuerza de corte (N)

Pot= potencia requerida (Watts)

Fc= fuerza de corte (N)

Se asume una eficiencia mecánica del 90%

(Ver Ecuación 9) [8]

$$Pot_{motor} = \frac{Pot_{teorica}}{n_{mecanica}} \quad (9)$$
$$Pot_{motor} = 0,895$$

Donde:

Pot_{teorica} = potencia teorica

Pot_{motor} = potencia del motor (HP)

n_{mecanica} = eficiencia

Entonces según los resultados se escogerá un motor de 1 HP de potencia, se toma en cuenta que estos si existen en el mercado nacional y que la marca puede variar, pero se utiliza uno de la marca Baldor (ver Fig. 4.33).

Datos de Desempeño: Motor TEFC - Totalmente Cerrado, Enfriado por Ventilador; Base Rígida; 230/460 Voltios; Trifásico; 1 a 7.5 Hp

Hp	kW	RPM	Carcasa	No. de Catálogo	Amperios 460V ①		Par a Pl. Carga Lb. Pie	% Eficiencia			% Factor Pot.			Cojinetes		Cód. Volt.	Dim. "C"	Diag. Con. No.
					Plena Carga	Rotor Bloq.		1/2	3/4	Plena Carga	1/2	3/4	Plena Carga	DE	ODE			
1	0.75	3450	56	EM3545	1.3	13.5	1.5	71.7	77.1	78.5	74	84	89	6206	6203	E1	12.25	CD0005
1	0.75	1750	56	EM3546	1.4	14	3.0	83.8	86.2	86.5	58	72	78	6206	6203	E	13.25	CD0005
1	0.75	1750	143T	EM3546T	1.4	14	3.0	83.8	86.2	86.5	58	72	78	6206	6203	E	13.31	CD0005
1	0.75	1750	143T	EM3581T	1.4	14	3.0	83.8	86.2	86.5	58	72	78	6206	6203	E	12.55	CD0005
1	0.75	1150	56	EM3556	1.7	9.9	4.5	80.1	82.9	82.5	42	54	63	6206	6203	E	14.12	CD0005
1	0.75	1150	145T	EM3582T	1.8	9.6	4.5	82.3	84.0	82.5	42	55	63	6206	6203	E1	12.55	CD0005
1 1/2	1.1	3450	56	EM3550	2.0	20.1	2.3	81.3	84.3	85.5	68	78	83	6206	6203	E	13.25	CD0005
1 1/2	1.1	3450	143T	EM3550T	2.0	20.1	2.3	81.3	84.3	85.5	68	78	83	6206	6203	E	13.31	CD0005
1 1/2	1.1	3450	143T	EM3583T	2.0	20.1	2.3	81.3	84.3	85.5	68	78	83	6206	6203	E	12.55	CD0005
1 1/2	1.1	1750	56	EM3554	2.0	16.8	4.5	86.4	87.6	86.5	61	73	80	6206	6203	F	13.25	CD0005
1 1/2	1.1	1740	145T	EM3554T	2.0	16.8	4.5	86.4	87.6	86.5	61	73	80	6206	6203	F	13.31	CD0005
1 1/2	1.1	1740	145T	EM3584T	2.0	16.8	4.5	86.4	87.6	86.5	61	73	80	6206	6203	E	12.55	CD0005
1 1/2	1.1	1170	182T	EM3667T	2.6	14.7	6.8	86.0	88.3	87.5	41	53	61	6206	6205	E	15.24	CD0005
2	1.5	3450	56	EM3555	2.5	30	3.0	83.8	86.2	86.5	70	80	85	6206	6203	E	14.12	CD0005
2	1.5	3450	145T	EM3555T	2.5	30	3.0	83.8	86.2	86.5	70	80	85	6206	6203	E	14.19	CD0005
2	1.5	3450	145T	EM3586T	2.5	30	3.0	83.8	86.2	86.5	70	80	85	6206	6203	E	12.55	CD0005
2	1.5	1725	56	EM3558	2.7	19.6	6.0	87.9	88.3	86.5	64	76	82	6206	6203	E	14.12	CD0005
2	1.5	1725	145T	EM3558T	2.7	19.6	6.0	87.9	88.3	86.5	64	76	82	6206	6203	E	14.19	CD0005
2	1.5	1725	145T	EM3587T	2.7	20.8	6.0	87.3	88.2	86.5	65	77	82	6206	6203	E	12.55	CD0005
2	1.5	1170	184T	EM3664T	3.5	20.9	9.0	86.7	88.6	88.5	41	52	61	6206	6205	E	15.24	CD0005
3	2.2	3500	182T	EM3610T	3.4	32	4.5	87.5	89.1	88.5	83	89	92	6206	6205	E	16.55	CD0005
3	2.2	3500	182T	EM3660T	3.4	32	4.5	87.5	89.1	88.5	83	89	92	6206	6205	E1	15.24	CD0005
3	2.2	1760	182T	EM3611T	4.1	32	9.0	89.1	90.0	89.5	58	71	77	6206	6205	E	16.55	CD0005
3	2.2	1760	182T	EM3661T	4.0	32	9.0	89.1	90.0	89.5	58	71	80	6206	6205	E1	15.24	CD0005
3	2.2	1160	213T	EM3704T	5.0	32	13.5	88.3	89.9	89.5	45	57	64	6307	6206	E1	19.02	CD0005
3	2.2	1160	213T	EM3764T	5.0	32	13.5	88.3	89.9	89.5	45	57	64	6307	6206	E1	18.45	CD0005
5	3.7	3500	184T	EM3613T	5.6	62.5	7.5	89.0	89.9	89.5	85	92	95	6206	6205	F	16.55	CD0005
5	3.7	3500	184T	EM3663T	5.7	62	7.5	88.2	89.8	89.5	77	86	90	6206	6205	F	15.24	CD0005
5	3.7	1750	184T	EM3615T	6.5	54	15	89.7	90.7	90.2	62	74	80	6206	6205	E1	18.05	CD0005
5	3.7	1750	184T	EM3665T	6.5	54	15	89.7	90.7	90.2	62	74	80	6206	6205	E1	15.24	CD0005
5	3.7	1160	215T	EM3708T	8.0	54	22.7	89.2	90.2	89.5	48	60	64	6307	6206	E1	19.02	CD0005
5	3.7	1160	215T	EM3768T	8.0	54	22.7	89.2	90.2	89.5	48	60	64	6307	6206	E1	18.45	CD0005
7 1/2	5.6	3525	213T	EM3709T	8.9	75	11.2	88.0	89.8	91.0	75	84	87	6307	6206	F	17.89	CD0005
7 1/2	5.6	3525	213T	EM3769T	8.6	75	11.2	88.0	89.8	91.0	75	84	90	6307	6206	E1	18.45	CD0005
7 1/2	5.6	1770	213T	EM3710T	10.2	72	22.2	90.5	91.8	91.7	56	68	76	6307	6206	E1	19.02	CD0005
7 1/2	5.6	1770	213T	EM3770T	9.8	67	22.2	90.7	91.9	91.7	56	68	76	6307	6206	E1	18.45	CD0005
7 1/2	5.6	1180	254T	EM2276T	10.7	70.1	33.3	90.6	91.8	91.7	53	65	71	6309	6208	E1	23.16	CD0005

Fig. 4.33 Tabla motores Baldor [39].

4.5.3 Selección del motor

El motor que seleccionado tipo jaula de ardilla monofásico cuenta con las siguientes características: 1HP, 1730 RPM, con un capacitor de arranque, la marca es BALDOR, pero también se puede ocupar un motor de la marca WEG que cuenta con las mismas características y son los más vendidos en el mercado.

4.5.4 Estructura metálica

El sistema de desbaste y lijado son soportados por una estructura metálica el cual soporta las cargas axiales, vibraciones y el peso que provocan de los demás componentes que conforman la máquina.

4.5.5 Análisis de la estructura

Se presenta el análisis de convergencia de la estructura se realiza con acero estructural negro, aplicando una carga la que se efectuá mediante las siguientes ecuaciones:

(Ver Ecuación 10) [8]

$$\begin{aligned} Torque &= \frac{63000 * P}{n} \\ Torque &= 72 \text{ lb pulg} \end{aligned} \quad (10)$$

Donde

P= diámetro máximo del eje (mm)

n= RPM

El diámetro del eje máximo es igual a 50,8 mm y las revoluciones a 1750, obteniendo así el torque el cual es necesario para saber la fuerza de impulsión.

(Ver Ecuación 11) [8]

$$FN = \frac{Torque}{(4,5/2)} \quad (11)$$

$$FN = 32 \text{ lb}$$

Donde

FN= fuerza neta (lb)

Con la fuerza neta se obtiene la fuerza flexionante mediante:

(Ver Ecuación 12) [8]

$$FA = 1,51 * FN \quad (12)$$

$$FA = 48,32 \text{ lb}$$

Esta fuerza es necesario multiplicarlo por el peso del motor que es equivalente a 25 kg, y por la gravedad 9,81 para obtener el peso total del sistema, en este caso es igual a 235.44 N o a 24 kgf, esta fuerza es la que se aplica en el análisis en el programa de SolidWorks para obtener los siguientes resultados en un material de acero estructural negro con las dimensiones de 50 mm con un espesor de pares de 2 mm para ello en la siguiente tabla se muestra las distintas mallas aplicadas desde la más gruesa hasta la más fina (ver Tabla 4.18).

Tabla 4.18 Tipo de mallado

Acero Negro	Malla 1	Malla 2	Malla 3	Malla 4	Malla 5
Número de elementos	24270	36727	46416	83079	145424
Número de nodos	48729	73161	92628	166883	290613
Factor de seguridad	25	18	14	10	8,9

Con respecto a los desplazamientos producidos, se puede observar que son mínimos, debido a que las restricciones se encuentran al final de las patas y también se debe al peso general de la estructura (ver Fig. 4.34).

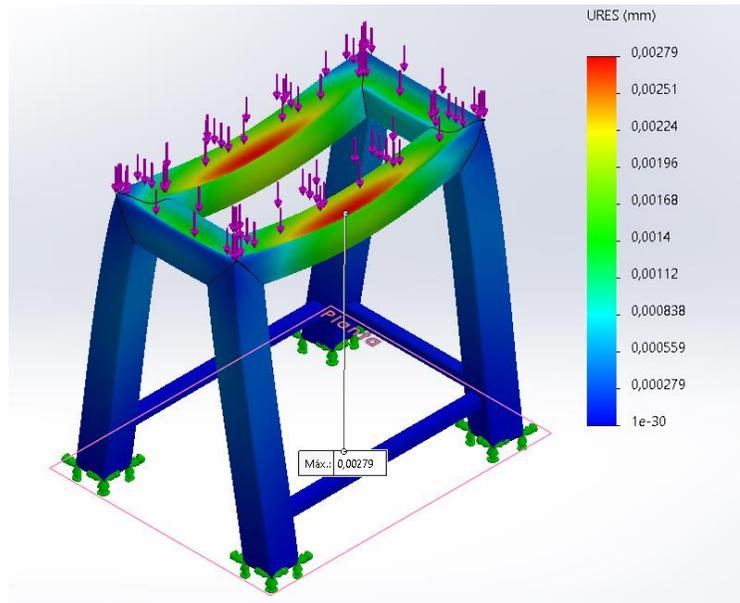
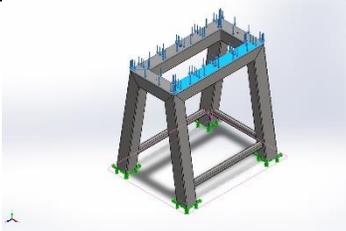
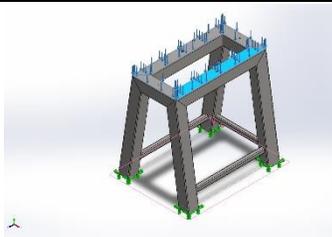


Fig. 4.34 Análisis de desplazamientos.

Tabla 4.19 Características brindadas por la simulación.

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 4 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-0,00233388	941,454	-0,000691265	941,454
Momento de reacción (N.m)	0	0	0	0
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		

Fuerza-1



Entidades: 4 cara(s), 1
plano(s)
Referencia: Planta
Tipo: Aplicar fuerza
Valores: ---; ---; -24 kgf

Como se puede observar con el mallado se obtiene un factor de seguridad de 8,99 el cual nos indica que es completamente seguro para la carga que se aplicara, pero si se aplican cargas mediante simulación iguales a las 250 kgf el factor de seguridad se reduce al 3,43 indicando que fallara si se aumenta la carga. (Ver Fig. 4.35 y Fig. 4.36).

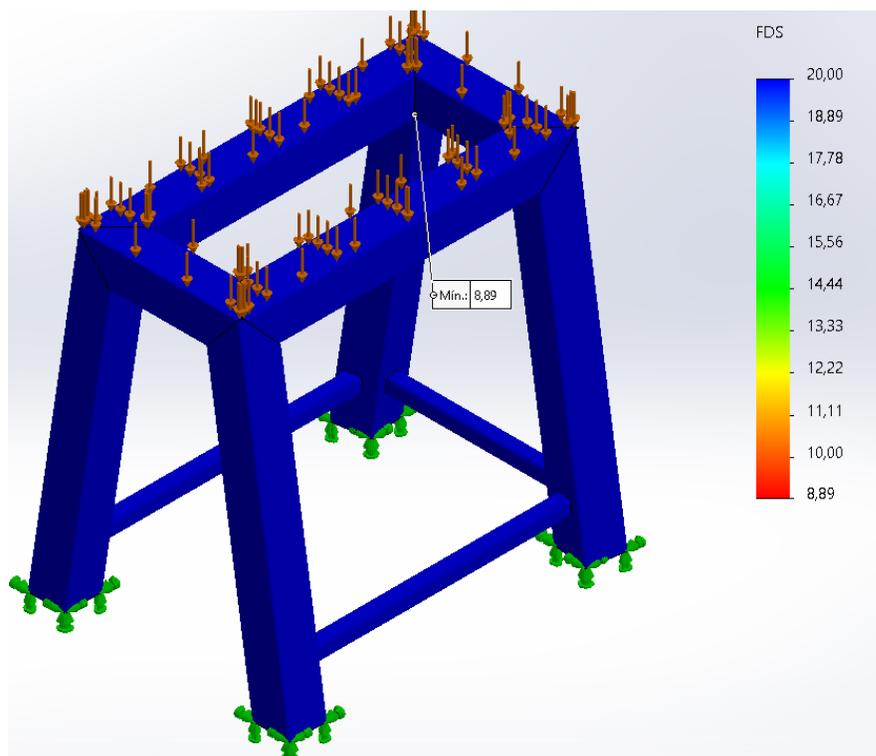


Fig. 4.35 Factor de seguridad normal.

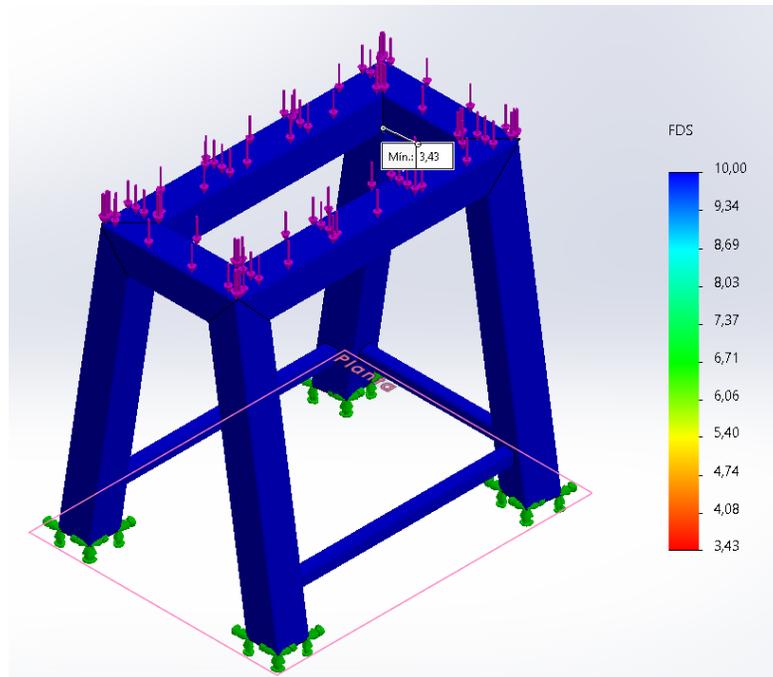
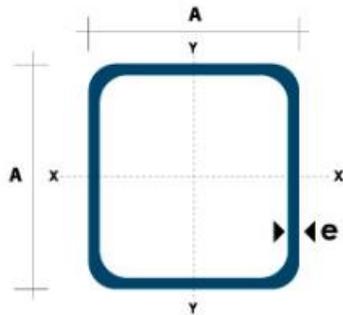


Fig. 4.36 Factor de seguridad con riesgo de fallo.

4.5.6 Selección del material para la estructura

Con base a los anteriores análisis se puede seleccionar el tipo de material, teniendo en cuenta de que exista en los distribuidores cercanos, para este caso se opta por usar un acero estructural negro bajo la norma INEN 2415, este consta de un acabado en negro del proveedor DIPAC MANTA. La estructura cuenta con dimensione un área de 50 mm y un espesor de 1,5 con una altura de 430 mm, largo de 455 mm, con un área de trabajo de 350 mm como se muestra en los planos (ver Anexo 6) (ver Fig. 4.37).



Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	I cm ³
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	4.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.81	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92
75	4.0	8.59	10.95	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	226.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84

Fig. 4.37 Tabla de las dimensiones del tubo estructural de DIPAC [41]

4.5.7 Chumaceras

Son rodamientos que sirven para el apoyo de ejes de rotación y el manejo de cargas, Para el diseño se tomaron en cuenta que son dos chumaceras idénticas, con accesibilidad si se requiere realizar cambios o mantenimientos de ellas, se toma en cuenta aspectos como el área de trabajo, material, dimensiones del eje y las condiciones de operación [42].

4.5.8 Análisis del tipo de chumacera

Para poder realizar un análisis es necesario definir el tipo de cojinete que poseen las chumaceras como se explica a continuación:

- Rodamientos rígidos de bolas. - están diseñados para cargar moderadas y altas velocidades soportando 4600 MPa.
- Rodamientos rodillos. – diseñadas para cargas pesadas y bajas velocidades soportando 4200 MPa.
- Rodamientos deslizamiento. – para cuando el movimiento generado es lento y necesitan de precisión soportando 4000 MPa.

En base a lo anterior mencionado se opta por los cojinetes rígidos de bolas y son los que se pueden encontrar en el mercado nacional (ver Fig. 4.38).

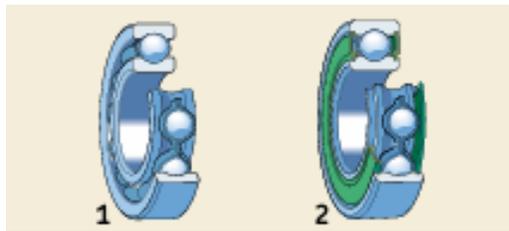


Fig. 4.38 Chumacera con cojinetes rígido de bola [44] .

La carga estática influye en la selección del tamaño en base a su capacidad estática que se representa con las siguiente formula, todos los datos de obtienen del Anexo 4.

(Ver Ecuación 13) [8]

$$s_0 = \frac{C_0}{P_0} \quad (13)$$

$$s_0 = 9,769$$

Donde

C_0 = capacidad de carga estática (kN)

P_0 = carga estática equivalente (kN)

s_0 = factor de seguridad estático

La vida nominal se calcula mediante la norma ISO 281:1990, el cual nos dice que si la velocidad es constante es mejor expresarla en las horas de funcionamiento en este caso son 8 horas constantes con el motor que genera 1750 rpm [44].

(Ver Ecuación 14) [8]

$$L_{8h} = \frac{10^6}{60 n} L_{10} \quad (14)$$

$$L_{7h} = 20000 \text{ horas}$$

Donde

L_{10} = vida nominal con 99% de fiabilidad

n = velocidad de giro (RPM)

Para saber el nivel de fiabilidad nos basamos los siguientes valores presentados (ver Fig. 4.39).

Valores para el factor de ajuste de la vida a_1			
Fiabilidad %	Probabilidad de fallo n %	Vida nominal SKF L_{nm}	Factor a_1
90	10	L_{10m}	1
95	5	L_{5m}	0,62
96	4	L_{4m}	0,53
97	3	L_{3m}	0,44
98	2	L_{2m}	0,33
99	1	L_{1m}	0,21

Fig. 4.39 Valores para el ajuste de vida [44]

Los parámetros de selección de tamaño dependen de la vida nominal según la clase de máquina para ello se evalúa según las horas que nos brinda el factor S_0 , con ello se puede confirmar que está dentro del área pertinente (ver Fig. 4.40).

Valores orientativos de vida nominal requeridos para diferentes clases de máquinas	
Clase de máquinas	Vida nominal Horas de funcionamiento
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, equipos técnicos de uso médico	300 ... 3 000
Máquinas usadas intermitentemente o por cortos periodos: herramientas eléctricas portátiles, aparatos elevadores en talleres, máquinas y equipos para la construcción	3 000 ... 8 000
Máquinas para trabajar con alta fiabilidad de funcionamiento por cortos periodos o intermitentemente: ascensores (elevadores), grúas para mercancías embaladas o eslingas de tambores, etc.	8 000 ... 12 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario, no siempre totalmente utilizadas: transmisiones por engranajes para uso general, motores eléctricos de uso industrial, machacadoras rotativas	10 000 ... 25 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario totalmente utilizadas: máquinas herramientas, máquinas para trabajar la madera, máquinas para la industria de ingeniería, grúas para materiales a granel, ventiladores, cintas transportadoras, equipos para imprentas, separadores y centrifugas	20 000 ... 30 000
Máquinas para trabajo continuo, 24 horas al día: cajas de engranajes para tornadores, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresores, tornos de extracción para minas, bombas, maquinaria textil	40 000 ... 50 000
Máquinas para la industria de energía eólica, esto incluye el eje principal, la orientación, los engranajes, los rodamientos del generador	30 000 ... 100 000
Maquinaria para el abastecimiento de agua, hornos giratorios, máquinas cableadoras, maquinaria de propulsión para transatlánticos	60 000 ... 100 000
Maquinaria eléctrica de gran tamaño, centrales eléctricas, bombas y ventiladores para minas, rodamientos para la línea de ejes de transatlánticos	> 100 000

Fig. 4.40 Valores para el ajuste de vida [44] .

4.5.9 Selección de la chumacera

Se opta por usar chumaceras de piso debido a que en el diseño los soportes están colocados de manera horizontal permitiendo un acople con pernos de forma vertical, con inserción de bolas que son las adecuadas para soportar altas velocidades también permite (ver Fig.4.41) (ver Anexo 4). Mediante el anterior análisis se opta por usar unas chumaceras P205 que cuenta con las siguientes características:

- Diámetro de tornillos: 9,525 mm
- Diámetro del eje: 25,4 mm
- Capacidad de carga: 14 kN
- Velocidad límite: 5850 rpm
- Material: Acero para rodamientos
- Lubricante: Grasa
- Peso neto: 0.8 kg

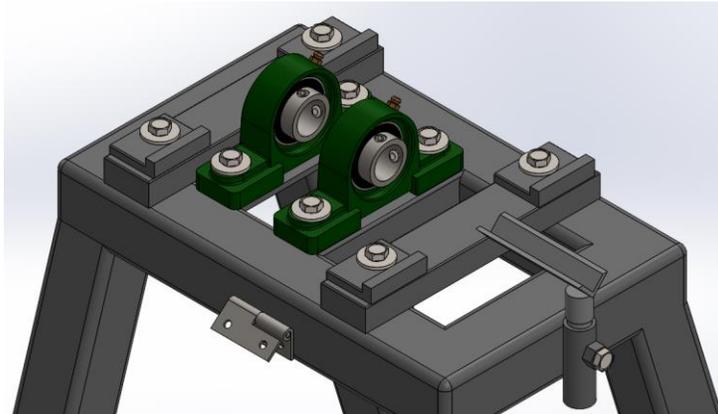


Fig. 4.41 Chumaceras colocadas en la estructura.

4.5.10 Eje

Es la parte fundamental de la máquina porque esta contendrá las cuchillas y el tubo de lijado interno, además de ello es que sirve como una guía para los palos cilíndricos, esta deberá soportar cargas axiales porque se conecta con la polea conducida (ver Fig. 4.42).

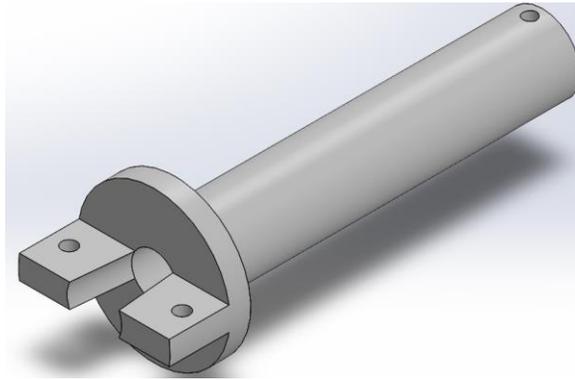


Fig. 4.42 Eje de transmisión perforado.

4.5.11 Análisis del eje

Es necesario saber el torque que genera en base a los rpm reales.

(Ver Ecuación 15) [8]

$$Torque = \frac{63000 - P}{n} \quad (15)$$

$$Torque = 36 \text{ lb/pulg}$$

Donde:

P= diámetro máximo del eje (mm)

n= RPM real

Se propone un eje hueco el cual sirve de guía para que los palos, evitando que el palo vibre y se rompa en el proceso de desbaste, para ello es necesario verificar que el espesor sea el adecuado.

(Ver Ecuación 16) [8]

$$\tau_e = 0,25 * \sigma_{max} \quad (16)$$

$$\tau_e = 11,22$$

Donde:

$$\tau_e = \text{límite a la fatiga} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2} \right)$$

$$\sigma_{max} = \text{esfuerzo máximo} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2} \right)$$

De igual manera es necesario saber el torsor máximo para ello es necesario emplear la siguiente ecuación.

(Ver Ecuación 17) [8]

$$Torsor = \frac{P}{W} \quad (17)$$

$$Torsor = 4,502$$

Donde:

W= velocidad de rotación

Torsor= Torsor máximo (N/m)

Es necesario saber el factor de seguridad para ello se aplica la formula del esfuerzo cortante máximo y el momento polar de inercia, donde es necesario saber que el diámetro exterior es de 25,4 mm y el diámetro interno es de 15 mm.

(Ver Ecuación 18) [8]

$$\tau_{\max} = \frac{T * r}{J} \quad (18)$$

$$J = \frac{\pi}{32} * (d^{4ext} - d^{4int})$$

Donde:

τ_{\max} = esfuerzo cortante máximo (MPa)

J= momento polar de inercia (mm⁴)

Entonces se con el valor de inercia de 2243 y el resultado del esfuerzo cortante es igual a 23,15, ahora se puede calcular el factor de seguridad (ver Anexo 5), este nos provee el dato Sy que es igual a 275 MPa [45].

(Ver Ecuación 19) [8]

$$FS = \frac{\tau_{\text{permisible}}}{\tau_{\max}} \quad (19)$$

$$\tau_{\text{permisible}} = 0,577 * Sy$$

Donde:

FS= factor de seguridad

τ permisible = esfuerzo cortante permisible (MPa)

Los resultados obtenidos del con respecto al esfuerzo cortante permisible es igual a 135,6 y el factor de seguridad mínimo de 5,86. Entonces se opto por un eje de transmisión AISI 1018 de 1 pulgada o 25,4 mm diametral y para el portaherramientas de 2 pulgadas o 50,8 mm, con un factor de seguridad de 5,86.

(Ver Ecuación 20) [8]

$$\tau_{max} = -\frac{T * C}{\frac{\pi}{2} [r_e^4 - r_i^4]} \quad (20)$$

$$r_i^4 = 0,0109$$

Para asegurar que el espesor que se emplea es el adecuado sin que sufra alguna rotura o daño al momento de ejecutar el desbaste, se emplea la ecuación de verificación (ver Fig. 4.43).

Donde:

e= espesor (mm)

Para asegurar la resistencia, el espesor debe ser mayor a e.

(Ver Ecuación 21) [8]

$$e = r_e - r_i$$

$$e = 1,8 \quad (21)$$

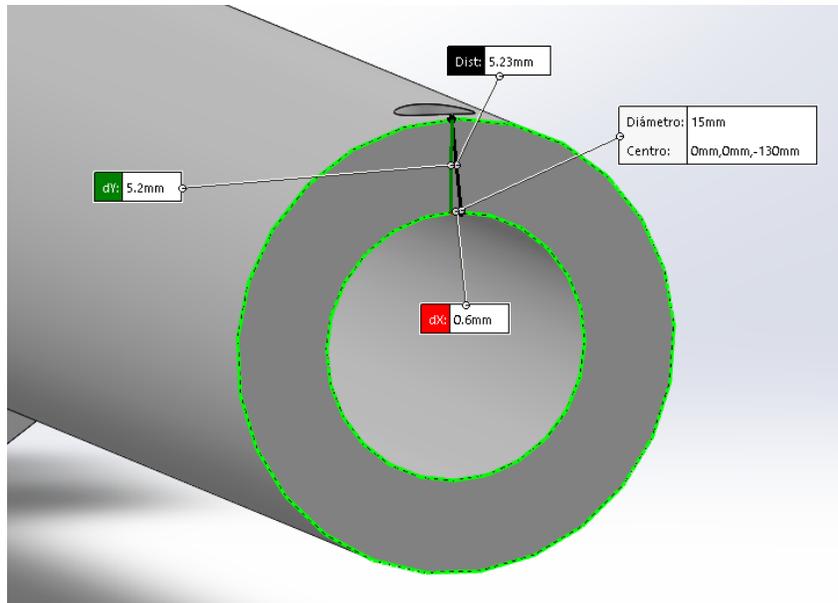


Fig. 4.43 Espesor del eje perforado.

4.5.12 Selección del material del eje

Según el análisis antes presentado se opta por usar un acero de transmisión AISI 1018, el cual se puede encontrar en el mercado ecuatoriano, por ello el diámetro necesario es de 50 mm y un largo 115 mm, para luego pasar por el torno, la fresa y el taladro, obteniendo la herramienta de desbaste este posee las siguientes características mecánicas.

- Resistencia mecánica (N/mm^2) = 410 hasta 520
- Punto de fluencia = 235
- Elongación % mínima = 20
- Dureza Rockwell B = 143

Los parámetros que se mencionan son los que se pueden encontrar en el país con un acabado en negro, siendo un acero de cementación no aleado según el proveedor DIPAC MANTA [46].

4.5.13 Acoplamiento metálicos o bocines

Son los encargados de controlar el movimiento dentro del eje guía, para ello se cuenta con dos partes, la primera que va al inicio del eje, en aquel se colocara la lija para que realice el rectificado de las marcas producidas por las cuchillas (ver Fig. 4.44).

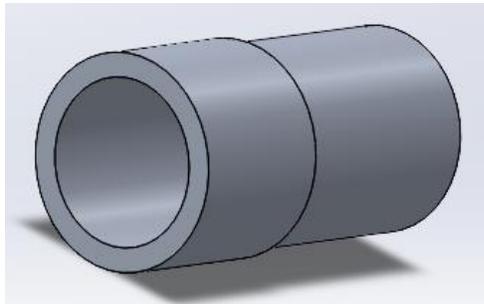


Fig. 4.44 Bocín anterior donde se coloca la lija

El segundo será la guía adicional, en caso de cambiar el diámetro del palo, este se podrá intercambiar por otro de menor diámetro de perforación, permitiendo que eviten golpes a lo largo de la guía y se rompa durante el proceso de desbaste (ver Fig. 4.45).

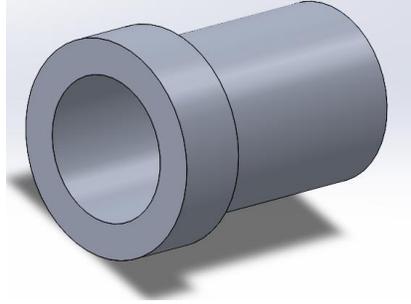


Fig. 4.45 Bocín posterior de guía.

4.5.14 Poleas

Estas son las encargadas de transmitir la potencia del motor hacia el sistema de desbaste, para ello se utiliza dos tipos una que será la conductora la cual va conectada al motor y transmitirá la potencia y la otra es la conducida que está conectada al eje

4.5.15 Análisis de las poleas

La potencia nominal en rendimiento al 100% es de 70,3%, con una potencia del 0,75 KW con 1750 rpm, según la tabla de la marca Baldor el factor de servicio es de 1,1 ya que el motor trabajara de 6 a 8 horas por día.

(Ver Ecuación 22) [8]

$$PD = Pn * Ks \quad (22)$$

$$PD = 0,825 = 1,106 \text{ HP}$$

Donde:

PD= potencia del diseño (KW)

Pn= potencia nominal (KW)

Ks=factor de servicio

Es necesario acudir a la tabla de fajas trapezoidales para saber en qué lugar se encuentra, por ello el lugar en que se encuentra es la zona Z/10. Establecemos un diámetro de referencia de 100 mm y se propone 2000 rpm (ver Fig.4.46).

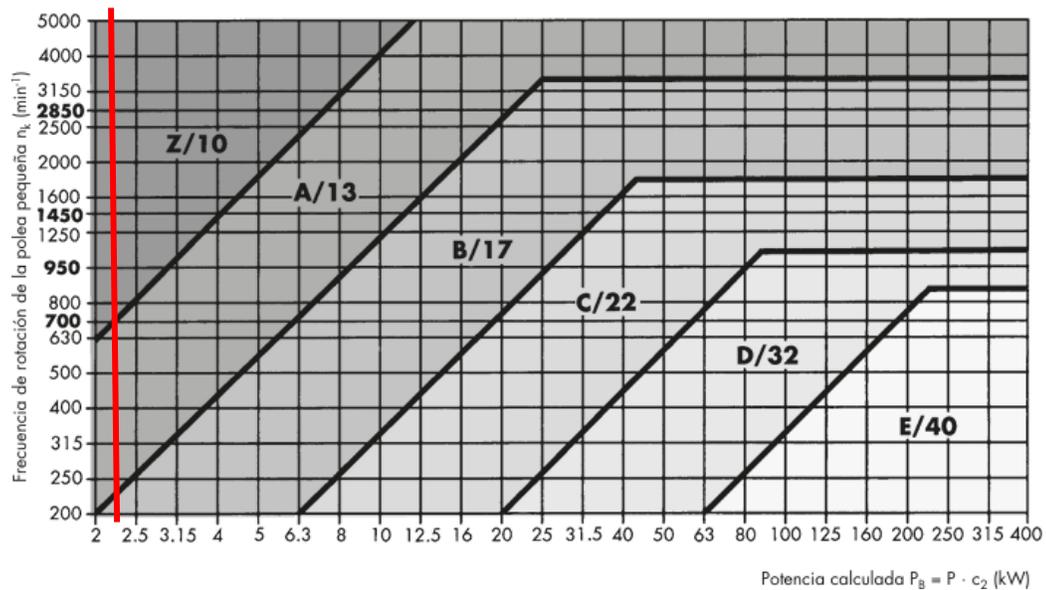


Fig. 4.46 Correas trapezoidales clásicas [47].

(Ver Ecuación 23) [8]

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_{d2}}{d_{d1}} \quad (23)$$

$$d_{d2} = 114,3 \text{ mm}$$

Donde:

d_{d1} = diametro referencial (mm)

n_1 = RPM referencial

n_2 = RPM real

Con base al anexo de las poleas que existen en el país, se escoge una polea conductora de 114,3 mm o 4 ½ pulgadas del tipo A y la polea conducida será de 76,2 mm o 3 pulgadas.

Para determinar la distancia entre centros se considera una distancia referencial de 300 mm.

(Ver Ecuación 24) [8]

$$Lt = 2C + 1,57(d2 + d1) + \frac{(d2+d1)^2}{4C} \quad (24)$$
$$Lt = 986,6$$

Donde:

Lt= longitud teórica (mm)

C= distancia referencial

Según el anexo de correas de Mitsubishi se escoge la polea A-99 con un a distancia de 990 mm, con esto se logra calcular la distancia real entre centros (ver Fig. 4.47)

(Ver Ecuación 25) [8]

$$Cr = Ct - \frac{Lt - Lr}{2} \quad (25)$$

$$Cr = 331,7$$

Donde:

Cr=distancia real entre centros (mm)

Lr= longitud real (mm)

Ct= distancia teórica (mm)

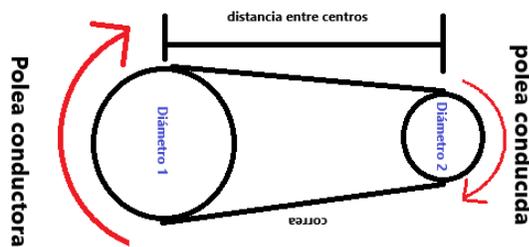


Fig. 4.47 Sistema de transmisión de potencia.

También es necesario determinar los ángulos de contacto como se muestra en las siguientes ecuaciones.

(Ver Ecuación 26) [8]

$$\theta_1 = 180^\circ - 2 \sin^{-1} \left[\frac{d_2 - d_1}{2C} \right] \quad (26)$$

$$\theta_1 = 173,4^\circ$$

(Ver Ecuación 27) [8]

$$\theta_2 = 180^\circ + 2 \sin^{-1} \left[\frac{d_2 - d_1}{2C} \right] \quad (27)$$

$$\theta_2 = 186,6^\circ$$

4.5.16 Selección de la polea

Mediante los cálculos se opta por utilizar de diámetro de la polea conductora será 114,5 mm y la polea conducida son 76,2 mm, con un solo canal ya que no es necesario generar más transmisión de potencia a algún otro elemento mecánico, es de tipo A las más usuales para este tipo de poleas se las obtienen fabricadas en aluminio (ver Fig. 4.48) (ver Anexo 2).



Fig. 4.48 Poleas tipo A [48].

4.5.1 Lija

El tipo de lija que se utilizara en el acople anterior tiene una granularidad número 100, esto hace referencia al tipo al tamaño de grano abrasivos, mientras sea más bajo será la numeración el tamaño del grano aumenta quitando aun más material por pasada para en la madera, su función es rectificar las esquinas que se desbastan y mejorar el acabado del palo cilíndrico.

4.5.2 Rodamientos

Para el avance horizontal del palo se utilizan cuatro rodamientos o también conocidos como ruedas para puertas corredizas, para esta máquina son necesarios cuatro, dos van al inicio del proceso y dos al final del proceso, su función es de ayudar al usuario a que el palo este completamente centrado y evite que existan vibraciones bruscas, produciendo que se rompa o cause algún accidente. Las medidas con las que se trabaja son de 38 mm de diámetro, su concavidad en "V", este tipo de rodamientos se los encuentra en las ferreterías (ver Fig. 4.49).



Fig. 4.49 Rodamientos para puertas corredizas [49].

4.5.3 Cuchillas

Para la elaboración de los primeros prototipos de opto por manufacturarlas, para ello se utiliza acero rápido siendo este el más adecuado para maderas blandas, estas tienen un ángulo de corte de 20° y un afilado manual el cual no es el adecuado. Pero cumple con el desbaste para las primeras pruebas (ver Fig.4.50).



Fig. 4.50 Cuchillas manufacturadas.

Sin embargo, las cuchillas deben ser estándar de igual manera el material de acero rápido con el que son fabricadas, por consecuente se optó por buscar cuchillas similares. Las cuchillas seleccionadas para este proceso son dos hojas de una cepilladora eléctrica, con las siguientes dimensiones $82 \times 29 \times 3$ mm, las que mas se asemejan en forma, espesor y ángulo de corte de 30° , de la marca TOTAL HERRAMIENTAS. Permitiendo así que en caso de fallar o desgastarse el filo de corte sea fácil de cambiar y comprar (ver Fig. 4.51).



Fig. 4.51 Cuchillas estándares para cepilladoras eléctricas.

4.6. Proceso de construcción

1. **Construcción de la estructura:** es necesario cortar cada tubo para darle forma a la estructura con base a las medidas mostradas en los planos, a continuación, se realizó el perforado para la colocación de las chumaceras y los rodamientos, se utilizó un taladro de mesa con una broca M8, seguido de eso se procedió a soldar cada parte, para ello se utilizó soldadura tipo MIC en un taller especializado (ver Fig. 4.52).



Fig. 4.52 Estructura final.

2. **Manufacturado y fresado del eje:** debido a que no se cuenta con un torno con fresado y perforado se optó por enviar el eje a manufacturarlo en un taller especializado, cumpliendo con las medidas establecidas por los planos.

3. **Corte de las cuchillas:** es necesario realizar un corte de las cuchillas debido a que las planchas son largas y es necesario tener las medidas adecuadas para colocarlo en el eje, este proceso se lo realiza con una amoladora con un disco de corte para metales y unas prensas (ver Fig. 4.53).



Fig. 4.53 corte de las cuchillas.

4. **Colocación de la lija:** la lija de granularidad número 100 se la corta en tres pedazos rectangulares de 10 x 30 mm, se coloca cemento de contacto industrial en la parte posterior de la lija y por dentro de bocín anterior, se lo deja secar por 5 minutos máximo, y se procede a pegarlo en el interior del bocín (ver Fig. 4.54).



Fig. 4.54 Lija colocada en el interior del bocín.

5. **Colocación de piezas:** Una vez que tenemos todos los componentes listos se colocan las chumaceras, rodamientos, eje, polea conducida por la parte superior de la estructura, mientras que el motor, la polea conductora y la banda se colocan en la parte inferior. Para sujetar la estructura se utilizan pernos de cabeza hexagonal y arandelas, a continuación, se coloca la carcasa protectora y el canal mediante pernos. (ver Fig. 4.55).

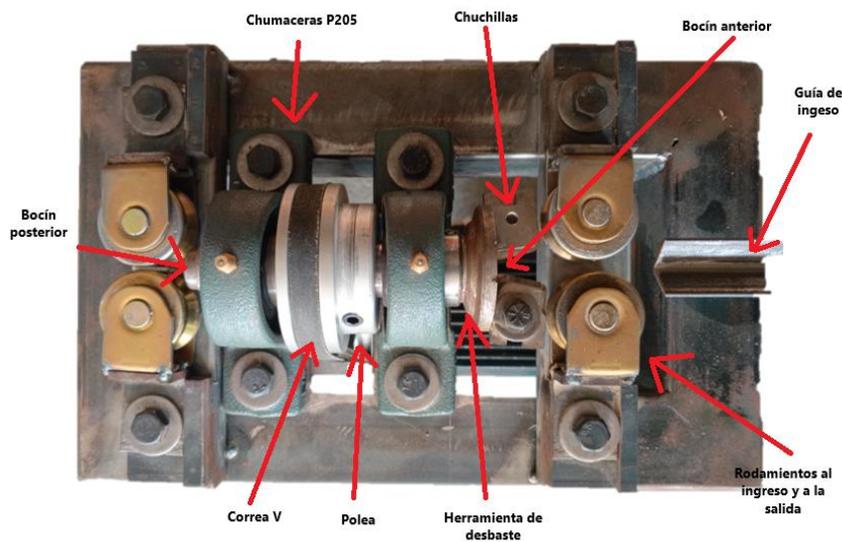


Fig. 4.55 Piezas colocadas en la estructura.

6. Colocación de la carcasa protectora: Para evitar que el usuario sufra algún daño y en base a las normas de seguridad INEN 216, se diseña una carcasa que consta de dos partes, la primera es la que va atornillada a la base y la segunda es la tapa que está conectada a la otra mediante dos bisagras la que se puede levantar para poder revisar el estado de las cuchillas y demás elementos. Ambas partes son completamente desmontables y son construidas con latón de 1 mm de espesor. (ver Fig. 4.56).

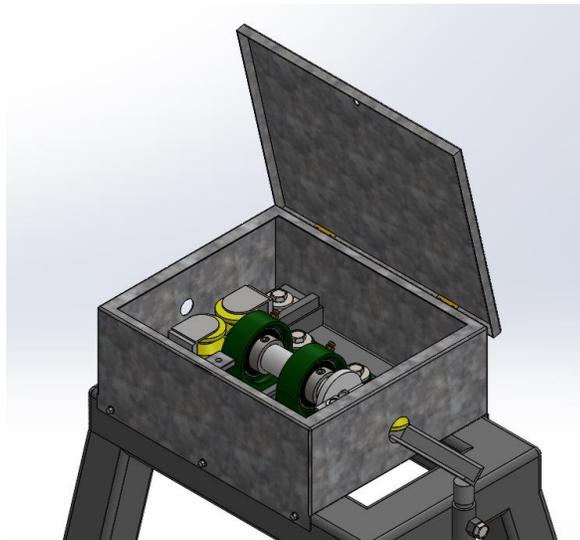


Fig. 4.56 Carcasa protectora.

7. Colocación del conducto: Este cumple con el propósito de sacar el material restante como son el polvo y las espigas cuando las cuchillas desbastan las esquinas del material, también se lo construyo de latón de 1 mm de grosor, está montada a la base mediante tornillos de cabeza hexagonal (ver Fig. 4.57) y se ubica debajo del ingreso del palo y al inicio del proceso de corte (ver Fig. 4.58).



Fig. 4.57 Conducto vista isométrica.

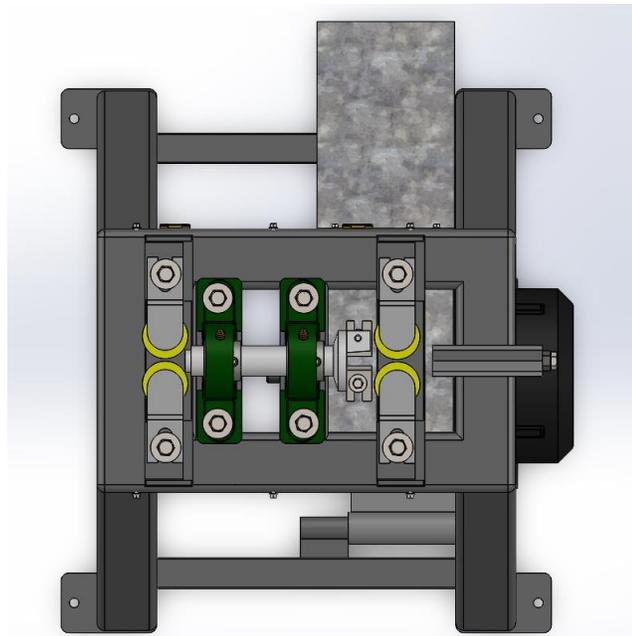


Fig. 4.58 Conducto vista superior.

7.3. Pruebas

En este apartado se utiliza 9 probetas cuadradas de balsa seca, están tienen medidas de 11 x 11 mm, se eligen este tipo de medida ya que el material que ingresa a las cuchillas debe ser cercano al que se desea obtener y evita que se aplique fuerza al empujar el palo. Sin incluir el proceso de lijado y se obtienen las siguientes medidas, para ello se secciono nuevamente en 5 segmentos y haciendo uso del calibrador pie de rey digital se toma medidas en cada segmento.

Tabla 4.20 Tabla con las nuevas medidas

Probeta	Tiempo (s)	Dimensiones (mm)				
		1	2	3	4	5
1	14,05	10,51	10,50	10,49	10,54	10,52
2	15,69	10,53	10,54	10,48	10,51	10,52
3	16,57	10,48	10,46	10,52	10,54	10,48
4	12,9	10,47	10,50	10,48	10,49	10,53
5	23,53	10,48	10,50	10,52	10,49	10,47
6	12,11	10,48	10,52	10,53	10,54	10,50
7	13,12	10,51	10,52	10,51	10,52	10,5
8	13,18	10,51	10,53	10,51	10,56	10,49
9	14,57	10,51	10,50	10,49	10,49	10,53

Estas medidas muestran que existe un valor promedio de 0,51 mm, este valor representa que las dos lijas deben rectificarse y dar un acabado para ello debe pasar por el primer bocín en que va colocado la lija de granularidad 100, deja el palo con medidas promedio de 0,16 mm de error (ver Fig. 4.59).



Fig. 4.59 Niveles del error con el primer lijado.

Tabla 4.21 Tabla con las nuevas medidas incluyendo el primer lijado.

Probeta	Dimensiones					
	Tiempo (s)	Sección 1	Sección 2	Sección 3	Sección 4	Sección 5
1	14,05	10,16	10,15	10,14	10,19	10,17
2	15,69	10,18	10,19	10,13	10,16	10,17
3	16,57	10,13	10,11	10,17	10,19	10,13
4	12,9	10,12	10,15	10,13	10,14	10,18
5	23,53	10,13	10,15	10,17	10,14	10,12
6	12,11	10,13	10,17	10,18	10,19	10,15
7	13,12	10,16	10,17	10,16	10,17	10,15

8	13,18	10,16	10,18	10,16	10,21	10,14
9	14,57	10,16	10,15	10,14	10,14	10,18

7.4. Resultados

Una vez que se implementa la lija de granularidad 150 en el bocín posterior esta lo que realiza es rectificar la superficie para darle un acabado más fino y también lija el material en un promedio de 0,01 mm a 0,16 mm de error.

Tabla 4.22 Tabla con las nuevas medidas incluyendo el segundo lijado.

Probeta	Tiempo (s)	Dimensiones (mm)				
		1	2	3	4	5
1	14,05	10,01	10,00	9,99	10,04	10,02
2	15,69	10,03	10,04	9,98	10,01	10,02
3	16,57	9,98	9,96	10,02	10,04	9,98
4	12,9	9,97	10,00	9,98	9,99	10,03
5	23,53	9,98	10,00	10,02	9,99	9,97
6	12,11	9,98	10,02	10,03	10,04	10,00
7	13,12	10,01	10,02	10,01	10,02	10,00
8	13,18	10,01	10,03	10,01	10,06	9,99
9	14,57	10,01	10,00	9,99	9,99	10,03

Para el desarrollo de este apartado se tomaron 15 probetas cuadradas de 11 mm y con una distancia de 300 mm. El tiempo promedio de pasada por todo el proceso de corte y lijado es de 15,57 segundos por palo.

Tabla 4.23 Tiempo de duración del proceso.

Probeta	Tiempo (s)
1	17,19
2	14,69
3	17,41
4	17,15
5	15,09
6	16,37
7	14,05
8	15,69
9	16,57
10	12,9
11	23,53
12	12,11
13	13,12
14	13,18
15	14,57
promedio	15,57

Se aplica la formula del número de revoluciones obteniendo un promedio de 452,2 revoluciones por minuto.

Tabla 4.24 Nuevo número de revoluciones.

Probeta	Tiempo (s)	RPM
1	17,19	501,3
2	14,69	428,4
3	17,41	507,7
4	17,15	500,2

5	15,09	440,1
6	16,37	477,4
7	14,05	409,7
8	15,69	457,6
9	16,57	483,2
10	12,9	376,2
11	23,53	686,2
12	12,11	353,2
13	13,12	382,6
14	13,18	384,4
15	14,57	424,9
promedio		454,2

También se aplica la formula del avance en el cual se obtiene que es de 0,68 mm por segundo para el palo de 300 mm de longitud.

Tabla 4.25 Nuevo avance.

Probeta	Tiempo (s)	Avance (mm)
1	17,19	0,60
2	14,69	0,70
3	17,41	0,59
4	17,15	0,60
5	15,09	0,68
6	16,37	0,63
7	14,05	0,73
8	15,69	0,66
9	16,57	0,62
10	12,9	0,80
11	23,53	0,44
12	12,11	0,85
13	13,12	0,78
14	13,18	0,78
15	14,57	0,71
promedio		0,68

Se puede rectificar el apartado de la cilindridad, añadiendo el lijado que rectifica y ayuda a dar la forma cilíndrica corrigiendo los errores antes presentados, además de ello el acabado es lo más limpio y listo para la venta. (ver Fig. 4.60).



Fig. 4.60 Cilindridad en los palos con dos lijados.

También influye mucho el graduar para que las cuchillas estén completamente alineadas evitando que existan esquinas que no se corten, esto se lo realizo mediante adhesivos para metal, se lo gradúa mediante el filo anterior a la inclinación de la cuchilla con las líneas mostradas (ver Fig. 4.61).

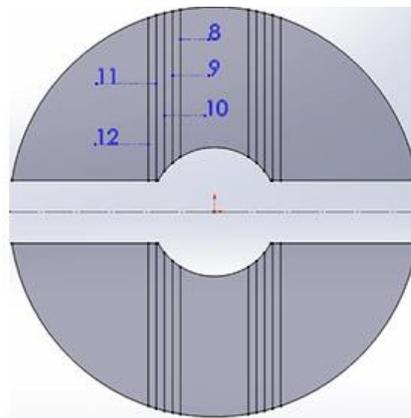


Fig. 4.61 Diseño del sticker para el graduado del eje.

7.5. Conclusiones

Se identificaron las características de la madera balsa en el Ecuador, como las propiedades físicas, la dureza y resistencia mecánica mediante el uso de documentos técnicos. También se determinaron los parámetros para el desbaste, como son la velocidad de 1750 rpm, el ángulo de desbaste de 12 grados, el número de cuchillas necesarias es dos de acero rápido estandarizadas, que son los involucrados en el método de corte evitando que los palos se rompan durante el proceso con el que se obtenga la medida deseada y el acabado más cercano al comercial.

Se diseñó el sistema de corte y lijado que permite al usuario que de una sola pasada se obtenga ambos procesos y evitando que se realicen por separado, esto mediante el uso de dos cuchillas y dos bujes con lijas una para rectificar el desbaste de las esquinas y la otra para dar el acabado más fino. Además de ello se implementó guías para el empuje y arrastre del material de forma manual aplicando la menor fuerza posible y así evitando que el palo se mueva y golpee contra las paredes del eje.

Se construyó la máquina mediante el uso de materiales existentes en el país, utilizando cuchillas estandarizadas que son la parte fundamental para el desbaste, siendo cada componente intercambiable en caso de daño y mantenimiento. Se aplicó los procesos de soldadura, corte, impresión 3D, torneado y fresado, para obtener una máquina lo más cercana a las importadas, con un costo cercano a los 600 USD.

Se validó desde el inicio del proceso de investigación y construcción con el uso de más 100 probetas entre madera balsa y madera seike del que se obtuvo los resultados esperados implementado dos procesos en una sola máquina.

7.6. Recomendaciones

Para aumentar la ergonomía de la máquina es necesario añadir más altura a la estructura y además de ello se puede ampliar el área de desbaste para que se pueda trabajar con palos con longitud mayores a los 40 cm y añadiendo un sistema de arrastre automático para que el proceso sea de manera continua.

Se recomienda que todo el sistema no sea móvil, debido a que en la industria existirá tiempo desperdiciado y no se opera a la máxima capacidad porque se necesita parar el proceso, levantar la tapa de seguridad, desajustar las tuercas de las cuchillas, cambiar los bocines, colocar la lija, mover las cuchillas a la medida deseada, mover las guías del inicio y el final. Para ello se opta por tener una máquina desbastadora para cada medida de palo que se vaya a fabricar.

Es recomendable que se busquen nuevas alternativas de lijado debido a que resulta medianamente complicado cambiar las lijas y colocar las nuevas, porque la vida útil es muy baja y se requiere que el cambio constante y sea lo más rápido posible.

Para la producción de palos con diámetros menores a los 8 mm es necesario cambiar el sistema de corte o buscar nuevas alternativas con aumento de cuchillas, o que todo el sistema sea automatizado para evitar que los palos se rompan durante el proceso.

Referencias

- [1] J. Illanes, T. Kawarim, C. Samaniego, and R. Sierra, “Análisis del Sistema de Explotación de la Balsa y sus Impactos Socio Económicos y Ambientales en Territorios Indígenas de Amazonía,” 2022.
- [2] Made in China .com, “Máquinas de varillas de madera.” Accessed: May 07, 2024. [Online]. Available: <https://es.made-in-china.com/companySearch?inputkeyword=M%C3%A1quina+De+Varillas¤tTab=¤tPage=¤tCat=¤tRegion=¤tProp=&submitPageUrl=&parentCat=&otherSearch=¤tAllCatalogCodes=&sgsMembership=&memberLevel=&topOrder=&size=&more=m%C3%A1s&less=less&staticUrl50=&staticUrl110=&staticUrl30=&type=Company&keyword=M%C3%A1quina+De+Varillas+de+madera>
- [3] R. J. Herrera-Feijoo, “Explorando el Futuro Sostenible de la Balsa (*Ochroma pyramidale*) en la Amazonía Ecuatoriana: Modelado del Nicho Ecológico para la Rehabilitación de Áreas Degradadas,” vol. 4, Jun. 2023, [Online]. Available: <https://orcid.org/0000-0003-3205-2350>.
- [4] C. N. Villacís Núñez, G. Moncayo, C. Narváz Muñoz, and J. G. Melo, “Caracterización de las propiedades mecánicas de la madera de balsa (*Ochroma Pyramidale*) Ecuatoriana,” *Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE*, vol. 13, no. 1, Jun. 2018, doi: 10.24133/cctespe.v13i1.788.
- [5] M. Borrega and L. J. Gibson, “Mechanics of balsa (*Ochroma pyramidale*) wood,” *Mechanics of Materials*, vol. 84, pp. 75–90, 2015, doi: 10.1016/j.mechmat.2015.01.014.
- [6] Ł. Warguła, M. Kukla, B. Wiczorek, and P. Krawiec, “Energy consumption of the wood size reduction processes with employment of a low-power machines with various cutting mechanisms,” 2021, doi: 10.1016/j.renene.2021.09.039.
- [7] S. Amariei, G. Gutt, S.-A. Horodnic, and F.-S. Todirica, “TEHNOMUS-New Technologies and Products in Machine Manufacturing Technologies MILLING DEVICES FOR WOODEN CYLINDRICAL RODS,” 2017.
- [8] L. Albitres, “Diseño de una máquina para redondear palos de madera en la industria musical del Vallo del Mantaro,” Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, 2022.
- [9] A. Caballero, “Caracterización física y mecánica de la madera de dos variedades de *Ochroma pyramidale* provenientes de Lacanjá Chansayab, Chiapas.,” El Colegio de la Frontera Sur , Chiapas, 2018.
- [10] J. Briones, “DIÁMETROS MINÍMOS Y MÁXIMOS DE APROVECHAMIENTO EN PLANTACIONES DE *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. (BALSA) EN

LA PROVINCIA DE LOS RÍOS,” UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES, Quevedo, 2020.

- [11] C. Saquinga, “ESTUDIO DE SISTEMAS DE TORNEADO DE MADERA PARA MEJORAR CALIDAD EN LA CARPINTERÍA MAYORGA DEL CANTÓN PÍLLARO,” Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2011.
- [12] C. Chiriboga, “Tipos de corte en la madera verde de balsa (*Ochroma pyramidale*), y su efecto en el rendimiento industrial para la obtención de madera aserrada y otros productos,” Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, 2013.
- [13] L. Lima, *La madera como material estructural*. 2018.
- [14] P. Kumar, K. P. Ajit, and J. P. Varun, “Fabrication and failure characteristics of asymmetric balsa-core based fibre composite sandwich beams under 3-point bending test,” *Heliyon*, vol. 10, no. 5, Mar. 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e26502.
- [15] H. V. Vallejos Alvarez, I. Sánchez de Céspedes, and J. Ramírez - López, “Comportamiento de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. en sistemas agroforestales, de la zona de Intag, noroccidente del Ecuador,” *Bosques Latitud Cero*, vol. 13, no. 1, pp. 1–10, Jan. 2023, doi: 10.54753/blc.v13i1.1609.
- [16] Nacionalidad Sapara, “madera balsa en la provincia de Pastaza.” Accessed: Jun. 29, 2024. [Online]. Available: <https://es.mongabay.com/2021/07/madera-balsa-ecuador-deforestacion-amazonia/>
- [17] Ecuador Forestal, “Ficha Técnica No.5 Balsa.” Accessed: Jun. 27, 2024. [Online]. Available: <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/08/BALSA.pdf>
- [18] “Manual de iniciación a la carpintería y al torneado de madera - Google Books.” Accessed: Jun. 29, 2024. [Online]. Available: https://www.google.com.ec/books/edition/Manual_de_iniciaci%C3%B3n_a_la_carpinter%C3%ADa/AZB6EAAAQBAJ?hl=es&gbpv=0
- [19] Made in China, “Máquina Barra redonda automática de madera de MOP haciendo barra de madera de escoba .” Accessed: Jun. 29, 2024. [Online]. Available: https://es.made-in-china.com/co_kovimachine/product_Automatic-Wood-Mop-Round-Rod-Bar-Making-Wood-Broom-Stick-Machine_ysisusesry.html
- [20] D. Carranza, “DISEÑO Y CALCULO DE UNA MAQUINA CILINDRADORA PARA MADERA PARA LA PRODUCCIÓN DE MANGOS DE UTENSILIOS DE LIMPIEZA,” Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, 2003.
- [21] Made in China, “Palo de escoba de madera redonda haciendo Bar Fresadora de varilla de pulido.” Accessed: Jun. 29, 2024. [Online]. Available: <https://es.made-in->

china.com/co_jiweimachinery/product_Round-Wood-Broom-Stick-Making-Bar-Polishing-Rod-Milling-Machine_uooghngigy.html

- [22] Made in China, “Mc9080b Máquina de fresado de varillas redondas de madera Máquina para hacer palos de fregona de madera.” Accessed: Jun. 29, 2024. [Online]. Available: https://es.made-in-china.com/co_winstarmachinery/product_Mc9080b-Wood-Round-Rod-Milling-Machine-Wooden-Mop-Stick-Making-Machine_ehgnsyhiy.html
- [23] Machinio, “Bastonera 1/2" -2" .” Accessed: Jun. 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.machinio.es/anuncios/53573444-bastonera-1-2-2-en-chihuahua-mexico>
- [24] Mercado Libre, “Bastonera una pulgada.” Accessed: Jun. 29, 2024. [Online]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-1923317697-maquina-bastonera-75-hp-1-maquinas-para-madera-_JM#position=1&search_layout=grid&type=item&tracking_id=5a953b28-4a84-4084-9c07-1643b29dda7e
- [25] Mahexa Forestal, “Máquina bastonera.” Accessed: Jun. 29, 2024. [Online]. Available: <https://mahego.com/productos/bastonera-redondeadora-para-palos-redondos-de-1-a-5-omega-machinery-om-rm150/>
- [26] S. L. Tableros y Moldura Felix Bermejo, “DEFECTOS NATURALES DE LA MADERA.” Accessed: Jun. 29, 2024. [Online]. Available: <https://tmolduras-fbermejo.es/content/42-defectos-naturales-de-la-madera>
- [27] Wood, “Aprende a armar tu cincel sesgado.” Accessed: Jun. 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.woodmagazine.com/woodworking-how-to/woodworking-scrolling-carving/learn-to-love-your-skew-chisel>
- [28] ETW cloud, “Hojas de corte de formas especiales y cuchillas para maquinaria .” Accessed: Nov. 09, 2024. [Online]. Available: <https://mx.etwinternational.com/special-shaped-blade-45750.html>
- [29] Revista M&M, “Cuchillas para afilar.” Accessed: Nov. 09, 2024. [Online]. Available: <http://revista-mm.com/herramientas/cuchillas-para-afilar-cortar-o-perfilar/>
- [30] Findbuy Tool, “Que tipos de cuchillas de cepilladora se debería elegir.” Accessed: Nov. 09, 2024. [Online]. Available: <https://www.findbuytool.com/es/blogs/universidad/que-tipos-de-cuchillas-de-cepilladora-deberias-elegir?srsltid=AfmBOoobhnm9EKXjdV-Q85DXdnl7NFCt9zRn644Ccvpv9LwyagNRqh-6>
- [31] F. Nicolás PERALTA and J. Oscar, “Proyecto y Diseño Final ‘Estudio, Cálculos y Diseño de Torno para Madera,’” UniversidadNacionalde laPalma, 2022. Accessed: Aug. 28, 2024. [Online]. Available:

<https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/8291/itg-limest022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- [32] Norton Saint Gobain, “Tipos de lijas.” Accessed: Jun. 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.nortonabrasives.com/es-pe/blog/cuales-son-los-tipos-y-grosos-de-lijas>
- [33] Gunt Hamburg, “Elementos de máquina.” Accessed: Jul. 05, 2024. [Online]. Available: https://www.gunt.de/images/download/machine_elements_spanish.pdf
- [34] W. Bartsch, *Herramientas.Máquinas.Trabajo*. Reverter, 2020. Accessed: Jul. 05, 2024. [Online]. Available: https://www.google.com.ec/books/edition/Herramientas_M%C3%A1quinas_Trabajo/D-0FEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=elementos+de+transmisi%C3%B3n&pg=PA207&printsec=frontcover
- [35] Comesaña Costas Pablo, *Montaje e instalación de sistemas de transporte por cinta continua*. España: IdeaspropiasEditorial, 2004.
- [36] AJ Transmisiones, “Rodillos Transportadores.” Accessed: Aug. 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.ajtransmisiones.com/blog/como-funcionan-rodillos-en-bandas-transportadoras>
- [37] S. Chasipanta, D. Jazmin, O. Vergara, M. Stayner Métodos, and Y. T. De Investigación, *Métodos y Técnicas de investigación*, Primera edición. Guayaquil-Ecuador: Ediciones Grupo Compás, 2017.
- [38] M. E. Cortés, C. Miriam, and I. León, “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARMEN Colección Material Didáctico 10 Generalidades sobre Metodología de la Investigación,” 2004.
- [39] Baldor, “Motores de eficiencia premium super-E.” Accessed: Dec. 25, 2024. [Online]. Available: <https://www.baldordistribuidor.com.mx/wp-content/uploads/2020/07/MOTORES%20EFICIENCIA%20PREMIUM.pdf>
- [40] eBay, “Motor Baldor 1HP.” Accessed: Nov. 27, 2024. [Online]. Available: <https://www.ebay.com/p/527369014?iid=126617201083>
- [41] DIPAC, “Tubo estructural cuadrado negro.” Accessed: Nov. 16, 2024. [Online]. Available: <https://dipacmanta.com/producto/tubos/tubo-estructural/tubo-estructural-cuadrado-negro/>
- [42] BRR Refacciones Industriales, “Chumaceras (Rodamientos Montados).” Accessed: Nov. 16, 2024. [Online]. Available: <https://brr.mx/chumaceras/>
- [43] Forja Ferreta, “Chumacera de piso P205.” Accessed: Nov. 16, 2024. [Online]. Available: <https://forjaferreatienda.com/producto/chumacera-de-piso->

p205/?srsltid=AfmBOorXJQMaNcz8x2sU_pJSC7nvEpwcBndgQaZhyUiy19F5G0nXejU8

- [44] SKF, “Catalogo general SKF.”
- [45] Matweb, “Datos acero AISI 1018 Matweb.” Accessed: Feb. 12, 2025. [Online]. Available: <https://matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=e60983fcde914b278ceffebb946995e6>
- [46] DIPAC, “Eje AISI 1018 (transmisión).” Accessed: Nov. 16, 2024. [Online]. Available: <https://dipacmanta.com/producto/ejes/aisi-1018-transmision/eje-aisi-1018-transmision/>
- [47] Optibelt, “Correas trapeciales.” Accessed: Dec. 25, 2024. [Online]. Available: <https://www.rodaunion.es/media/imagenes/Catalogos/Transmision/Optibelt/Manual%20tecnico%20correas%20trapeciales.pdf>
- [48] Ecuasierras, “Catálogo general polea reductoras platos.”
- [49] Made in China, “Rodamientos de doble puerta corrediza de acero.” Accessed: Nov. 27, 2024. [Online]. Available: https://es.made-in-china.com/co_sdjoinwin/product_Double-Bearing-Steel-Sliding-Gate-Wheel-with-Exterior-Bracket_uohhnyery.html

1.-Ficha técnica del motor Baldor



Motores TEFC Super-E® de Eficiencia Premium



Los motores TEFC Super-E® de Baldor cumplen o exceden la eficiencia NEMA Premium® en una selección de carcasas de lámina de acero o de hierro fundido, ideales para aplicaciones industriales severas. La caja TEFC protege al motor contra los ambientes severos porque impide que el aire pase libremente a través del motor. Un ventilador externo accionado por el eje hace circular aire sobre la carcasa. Algunas de las características estándar de estos motores son el alambre ISR®, el aislamiento Clase F, el Factor de Servicio de 1.15, y la grasa Exxon Polyrex®EM. Los motores TEFC están disponibles en una o tres fases, base rígida o brida-C (con o sin base).



Datos de Desempeño: Motor TEFC - Totalmente Cerrado, Enfriado por Ventilador; Base Rígida; 230/460 Voltios; Trifásico; 1 a 7.5 Hp

Hp	kW	RPM	Carcasa	No. de Catálogo	Amperios 460V ①		Par a Pl. Carga Lb. Pie	% Eficiencia			% Factor Pot.			Cojinetes		Cód. Volt.	Dim. "C"	Diag. Con. No.
					Plena Carga	Rotor Bloq.		1/2	3/4	Plena Carga	1/2	3/4	Plena Carga	DE	ODE			
1	0.75	3450	56	EM3545	1.3	13.5	1.5	71.7	77.1	78.5	74	84	89	6205	6203	E1	12.25	CD0005
1	0.75	1750	56	EM3546	1.4	14	3.0	83.8	86.2	86.5	58	72	78	6205	6203	E	13.25	CD0005
1	0.75	1750	143T	EM3546T	1.4	14	3.0	83.8	86.2	86.5	58	72	78	6205	6203	E	13.31	CD0005
1	0.75	1750	143T	EM3581T	1.4	14	3.0	83.8	86.2	86.5	58	72	78	6205	6203	E	12.55	CD0005
1	0.75	1150	56	EM3556	1.7	9.9	4.5	80.1	82.9	82.5	42	54	63	6205	6203	E	14.12	CD0005
1	0.75	1150	145T	EM3582T	1.8	9.6	4.5	82.3	84.0	82.5	42	55	63	6205	6203	E1	12.55	CD0005
1 1/2	1.1	3450	56	EM3550	2.0	20.1	2.3	81.3	84.3	85.5	68	78	83	6205	6203	E	13.25	CD0005
1 1/2	1.1	3450	143T	EM3550T	2.0	20.1	2.3	81.3	84.3	85.5	68	78	83	6205	6203	E	13.31	CD0005
1 1/2	1.1	3450	143T	EM3583T	2.0	20.1	2.3	81.3	84.3	85.5	68	78	83	6205	6203	E	12.55	CD0005
1 1/2	1.1	1750	56	EM3554	2.0	16.8	4.5	86.4	87.6	86.5	61	73	80	6205	6203	F	13.25	CD0005
1 1/2	1.1	1740	145T	EM3554T	2.0	16.8	4.5	86.4	87.6	86.5	61	73	80	6205	6203	F	13.31	CD0005
1 1/2	1.1	1740	145T	EM3584T	2.0	16.8	4.5	86.4	87.6	86.5	61	73	80	6205	6203	E	12.55	CD0005
1 1/2	1.1	1170	182T	EM3667T	2.6	14.7	6.8	86.0	88.3	87.5	41	53	61	6206	6205	E	15.24	CD0005
2	1.5	3450	56	EM3555	2.5	30	3.0	83.8	86.2	86.5	70	80	85	6205	6203	E	14.12	CD0005
2	1.5	3450	145T	EM3555T	2.5	30	3.0	83.8	86.2	86.5	70	80	85	6205	6203	E	14.19	CD0005
2	1.5	3450	145T	EM3586T	2.5	30	3.0	83.8	86.2	86.5	70	80	85	6205	6203	E	12.55	CD0005
2	1.5	1725	56	EM3558	2.7	19.6	6.0	87.9	88.3	86.5	64	76	82	6205	6203	E	14.12	CD0005
2	1.5	1725	145T	EM3558T	2.7	19.6	6.0	87.9	88.3	86.5	64	76	82	6205	6203	E	14.19	CD0005
2	1.5	1725	145T	EM3587T	2.7	20.8	6.0	87.3	88.2	86.5	65	77	82	6205	6203	E	12.55	CD0005
2	1.5	1170	184T	EM3664T	3.5	20.9	9.0	86.7	88.6	88.5	41	52	61	6206	6205	E	15.24	CD0005
3	2.2	3500	182T	EM3610T	3.4	32	4.5	87.5	89.1	88.5	83	89	92	6206	6205	E	16.55	CD0005
3	2.2	3500	182T	EM3660T	3.4	32	4.5	87.5	89.1	88.5	83	89	92	6206	6205	E1	15.24	CD0005
3	2.2	1760	182T	EM3611T	4.1	32	9.0	89.1	90.0	89.5	58	71	77	6206	6205	E	16.55	CD0005
3	2.2	1760	182T	EM3661T	4.0	32	9.0	89.1	90.0	89.5	58	71	80	6206	6205	E1	15.24	CD0005
3	2.2	1160	213T	EM3704T	5.0	32	13.5	88.3	89.9	89.5	45	57	64	6307	6206	E1	19.02	CD0005
3	2.2	1160	213T	EM3764T	5.0	32	13.5	88.3	89.9	89.5	45	57	64	6307	6206	E1	18.45	CD0005
5	3.7	3500	184T	EM3613T	5.6	62.5	7.5	89.0	89.9	89.5	85	92	95	6206	6205	F	16.55	CD0005
5	3.7	3500	184T	EM3663T	5.7	62	7.5	88.2	89.8	89.5	77	86	90	6206	6205	F	15.24	CD0005
5	3.7	1750	184T	EM3615T	6.5	54	15	89.7	90.7	90.2	62	74	80	6206	6205	E1	18.06	CD0005
5	3.7	1750	184T	EM3665T	6.5	54	15	89.7	90.7	90.2	62	74	80	6206	6205	E1	15.24	CD0005
5	3.7	1160	215T	EM3708T	8.0	54	22.7	89.2	90.2	89.5	48	60	64	6307	6206	E1	19.02	CD0005
5	3.7	1160	215T	EM3768T	8.0	54	22.7	89.2	90.2	89.5	48	60	64	6307	6206	E1	18.45	CD0005
7 1/2	5.6	3525	213T	EM3709T	8.9	75	11.2	88.0	89.8	91.0	75	84	87	6307	6206	F	17.89	CD0005
7 1/2	5.6	3525	213T	EM3769T	8.6	75	11.2	88.0	89.8	91.0	75	84	90	6307	6206	E1	18.45	CD0005
7 1/2	5.6	1770	213T	EM3710T	10.2	72	22.2	90.5	91.8	91.7	56	68	76	6307	6206	E1	19.02	CD0005
7 1/2	5.6	1770	213T	EM3770T	9.8	67	22.2	90.7	91.9	91.7	56	68	76	6307	6206	E1	18.45	CD0005
7 1/2	5.6	1180	254T	EM2276T	10.7	70.1	33.3	90.6	91.8	91.7	53	65	71	6309	6208	E1	23.16	CD0005

NOTA: Código de Voltaje: E = 208-230/460 voltios; E1 = 230/460 voltios usable a 208V; F = 230/460 voltios.

① Amperios a 460V – el doble para 230V.

Ver los planos de dimensiones en las páginas 36-38. Ver los diagramas de conexiones en página 52.

Las eficiencias que se muestran son nominales. Datos sujetos a cambios sin aviso previo. Para datos certificados, comuníquese con Baldor.

Los valores en sombreado corresponden a motores con carcasa de hierro fundido.

2.-Poleas tipo A de un canal de Ecuasierras

TIPO A "UN CANAL"

TIPO	MEDIDA	MATERIAL
Tipo A	1 1/2"	ALUMINIO
Tipo A	2"	ALUMINIO
Tipo A	2 1/2"	ALUMINIO
Tipo A	3"	ALUMINIO
Tipo A	3 1/2"	ALUMINIO
Tipo A	4"	ALUMINIO
Tipo A	4 1/2"	ALUMINIO
Tipo A	5"	ALUMINIO
Tipo A	5 1/2"	ALUMINIO
Tipo A	6"	ALUMINIO
Tipo A	6 1/2"	ALUMINIO
Tipo A	7"	ALUMINIO
Tipo A	7 1/2"	ALUMINIO
Tipo A	8"	ALUMINIO
Tipo A	9"	ALUMINIO
Tipo A	10"	ALUMINIO
Tipo A	11"	ALUMINIO
Tipo A	12"	ALUMINIO
Tipo A	13"	ALUMINIO
Tipo A	14"	ALUMINIO
Tipo A	15"	ALUMINIO
Tipo A	16"	ALUMINIO
Tipo A	17"	ALUMINIO
Tipo A	18"	ALUMINIO
Tipo A	19"	ALUMINIO
Tipo A	20"	ALUMINIO



TIPO A "DOS CANALES"

TIPO	MEDIDA	MATERIAL
Tipo A	1 1/2"	ALUMINIO
Tipo A	2"	ALUMINIO
Tipo A	2 1/2"	ALUMINIO
Tipo A	3"	ALUMINIO
Tipo A	3 1/2"	ALUMINIO
Tipo A	4"	ALUMINIO
Tipo A	4 1/2"	ALUMINIO
Tipo A	5"	ALUMINIO
Tipo A	5 1/2"	ALUMINIO
Tipo A	6"	ALUMINIO
Tipo A	6 1/2"	ALUMINIO
Tipo A	7"	ALUMINIO



www.ecuasierras.com

ecuasierras@gmail.com

3.- Bandas Tipo V de Ecuasierras

TIPO A

MARCA	TIPO	MEDIDA
MITSUBOSHI	A	A-20
MITSUBOSHI	A	A-21
MITSUBOSHI	A	A-22
MITSUBOSHI	A	A-23
MITSUBOSHI	A	A-24
MITSUBOSHI	A	A-25
MITSUBOSHI	A	A-26
MITSUBOSHI	A	A-27
MITSUBOSHI	A	A-26
MITSUBOSHI	A	A-28
MITSUBOSHI	A	A-29
MITSUBOSHI	A	A-30
MITSUBOSHI	A	A-31
MITSUBOSHI	A	A-32
MITSUBOSHI	A	A-33
MITSUBOSHI	A	A-34
MITSUBOSHI	A	A-35
MITSUBOSHI	A	A-36
MITSUBOSHI	A	A-37
MITSUBOSHI	A	A-38
MITSUBOSHI	A	A-39
MITSUBOSHI	A	A-40
MITSUBOSHI	A	A-41
MITSUBOSHI	A	A-42
MITSUBOSHI	A	A-43
MITSUBOSHI	A	A-44
MITSUBOSHI	A	A-45
MITSUBOSHI	A	A-46
MITSUBOSHI	A	A-47
MITSUBOSHI	A	A-48
MITSUBOSHI	A	A-49
MITSUBOSHI	A	A-50
MITSUBOSHI	A	A-51
MITSUBOSHI	A	A-52
MITSUBOSHI	A	A-53
MITSUBOSHI	A	A-54
MITSUBOSHI	A	A-55
MITSUBOSHI	A	A-56
MITSUBOSHI	A	A-57
MITSUBOSHI	A	A-58
MITSUBOSHI	A	A-59
MITSUBOSHI	A	A-60
MITSUBOSHI	A	A-61
MITSUBOSHI	A	A-62
MITSUBOSHI	A	A-63
MITSUBOSHI	A	A-64
MITSUBOSHI	A	A-65
MITSUBOSHI	A	A-66
MITSUBOSHI	A	A-67



www.ecuasierras.com

ecuasierras@gmail.com

4.- Chumaceras de Piso P205

SKF

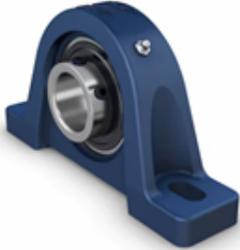


Image may differ from product. See technical specification for details.

UCP 205-16

Unidad de rodamientos de bolas con soporte de pie con aro interior prolongado y fijación con tornillos, fundición, normas japonesas

Las unidades de rodamientos de bolas con soporte de pie están formadas por un rodamiento de inserción montado en un soporte de fundición que puede atornillarse a una superficie de apoyo. Esta versión es fuerte y rígida, y es adecuada para aplicaciones con sentidos de giro constantes y alternados. Tiene un aro interior prolongado en ambos lados, / se fija en el eje ajustando un tornillo de fijación en el aro interior, lo que la hace fácil de montar.

- Fuertes
- Diseñados para una rotación constante y alternada
- Listos para montar
- Rodamiento lubricado y sellado
- Fijación rápida en el eje
- Rentables

Descripción general

Dimensiones

Diámetro de los tornillos de fijación	9.525 mm
Diámetro del eje	25.4 mm
Altura del centro (soporte de pie)	36.5 mm
Ancho total del soporte	38 mm
Distancia del centro entre los orificios para tornillos	105 mm
Ancho del rodamiento, total	34 mm

Rendimiento

Capacidad de carga dinámica básica	14 kN
Capacidad de carga estática básica	7.8 kN
Velocidad límite	5 850 r/min
Nota	Velocidad límite con tolerancia de eje h6

Propiedades

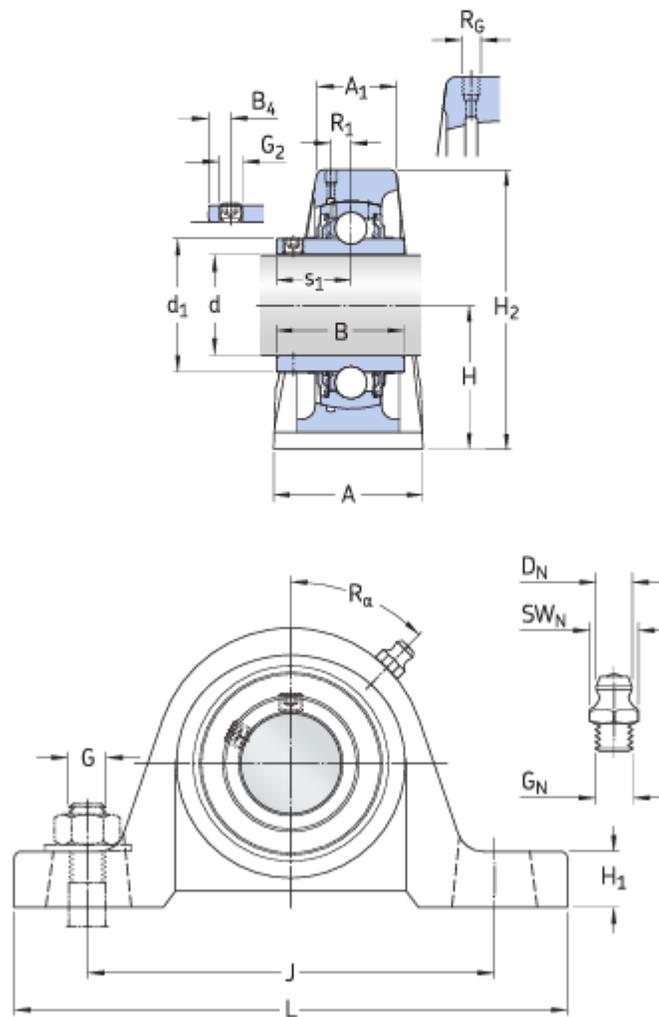
Tipo de soporte	Soporte de pie
Cantidad de agujeros para tornillos de fijación	2
Tipo de orificio para tornillos de fijación	Plano
Elemento de retención, aro interior	Tornillos de fijación
Tipo de agujero	Cilíndrico
Aro de asiento de caucho	Sin
Material, soporte	Fundición
Material, rodamiento	Acero para rodamientos
Recubrimiento	Sin
Sellado, rodamiento	Sello y aro deflector en ambos lados
Tipo de sellado	Contacto estándar
Sellado, unidad	Sin
Lubricante	Grasa
Orificio de relubricación	Con
Boquilla de relubricación	Con

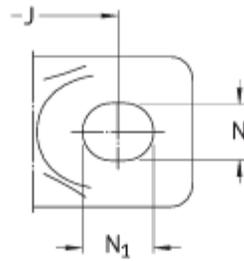
Logística

Peso neto del producto	0.8 kg
Código eClass	23-05-16-02

Especificación técnica

Cumplimiento con el estándar	JIS
Para un propósito específico	Para aplicaciones de manipulación de materiales
Material, soporte	Fundición
Sellado, rodamiento	Sello y aro deflector en ambos lados
Tipo de sellado, rodamiento	Contacto estándar
Sellado, unidad	Sin
Recubrimiento	Sin





Dimensiones

d	25.4 mm	Diámetro del agujero
d_1	≈ 33.7 mm	Diámetro del resalte del aro interior
A	38 mm	Ancho de la base
A_1	23 mm	Ancho superior
B	34 mm	Ancho del aro interior
B_4	5.5 mm	Distancia de la cara lateral del dispositivo de fijación al centro de la rosca
H	36.5 mm	Altura del centro del asiento esférico
H_1	16 mm	Altura del pie
H_2	70.5 mm	Altura total
J	105 mm	Distancia entre los tornillos de fijación
J	max. 110 mm	Distancia entre los tornillos de fijación
J	min. 100 mm	Distancia entre los tornillos de fijación
L	139.5 mm	Longitud total
N	13 mm	Diámetro del agujero del tornillo de fijación
N_1	18 mm	Longitud del agujero del tornillo de fijación
s_1	19.7 mm	Distancia de la cara lateral del dispositivo de fijación al centro del camino de rodadura

ORIFICIO ROSCADO

R_{α}	1/4-28 UNF	Rosca del soporte para la boquilla engrasadora
R_1	1.5 mm	Posición axial de la rosca del soporte
R_{α}	45°	Posición angular de la rosca del soporte

BOQUILLA ENGRASADORA

D_N	6.6 mm	Diámetro de la cabeza esférica de la boquilla engrasadora
SW_N	7.94 mm	Tamaño de la llave hexagonal para la boquilla engrasadora
G_N	1/4-28 UNF	Rosca de la boquilla engrasadora

Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica	C	14 kN
Capacidad de carga estática básica	C_0	7.8 kN
Carga límite de fatiga	P_u	0.335 kN
Velocidad límite		5 850 r/min
		Velocidad límite con tolerancia de eje h6

Información de montaje

Tornillo de fijación	G_2	1/4-28 UNF
Tamaño de llave hexagonal para tornillo de fijación		3.225 mm
Par de apriete recomendado para el tornillo de fijación		4 N·m
Diámetro recomendado para los tornillos de fijación, mm	G	10 mm
Diámetro recomendado para los tornillos de fijación, pulgadas	G	0.375 in

Tolerancias y juegos

Los valores dependen del rodamiento incluido:

- Tolerancia del diámetro del agujero → tabla 1
- Juego radial interno → tabla 2
- Ajuste recomendado → tabla 3
- Tolerancia del eje → tabla 4

5.-Datos del material AISI 1018 por Matweb

AISI 1018 Steel, hot rolled, quenched, and tempered

Categories: [Metal](#); [Ferrous Metal](#); [Carbon Steel](#); [AISI 1000 Series Steel](#); [Low Carbon Steel](#)

Material Medium low-carbon steel, has good weldability and slightly better machinability than lower carbon grades.

Notes:

Key Words: carbon steel, AMS 5069, ASTM A108, UNS G10180, AS 1442 K1018 (Australia), AS 1443 K1018, CSN 12020 (Czech), CSN 12022, AFNOR NF A33-101 AF42C20, DIN 1.0453, DIN C16.8, DGN B-301 1018 (Mexico), COPANT 331 1018 (Pan America), COPANT 333 1018, MST.T (Russia), ST.20A, ST.3, ST.3T, GOST M18S, GOST 23570 18ps, GOST 23570 18sp, GOST 5520 18K, GOST 5521 S, NBN 629 D37-2 (Belgium), NBN 630 E37-1, NBN 630 E37-2, NBN A21-221 C17KD, BDS 9801 S (Bulgaria), GB 715 ML3 (China), TS 302 Fe35.2 (Turkey), TS 346 Fe35, BS 970 080A17, DEF STAN95-1-1 C1018

Vendors: No vendors are listed for this material. Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.87 g/cc	0.284 lb-in ³	
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Brinell	143	143	
Hardness, Knoop	163	163	Converted from Brinell
Hardness, Rockwell B	78	78	Converted from Brinell
Hardness, Vickers	149	149	Converted from Brinell
Tensile Strength, Ultimate	475 MPa	68900 psi	
Tensile Strength, Yield	275 MPa	39900 psi	
Elongation at Break	38 %	38 %	In 50 mm
Reduction of Area	62 %	62 %	
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
Machinability	52 %	52 %	Based on AISI 1212 steel = 100%
Shear Modulus	78.0 GPa	11300 ksi	Estimated from elastic modulus
Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity 	0.0000159 ohm-cm	0.0000159 ohm-cm	annealed condition
	@Temperature 0.000 °C	@Temperature 32.0 °F	
	0.0000219 ohm-cm	0.0000219 ohm-cm	annealed condition
	@Temperature 100 °C	@Temperature 212 °F	
	0.0000293 ohm-cm	0.0000293 ohm-cm	annealed condition
	@Temperature 200 °C	@Temperature 392 °F	
Thermal Properties	Metric	English	Comments
Specific Heat Capacity	0.486 J/g-°C	0.116 BTU/lb-°F	annealed
	@Temperature >=100 °C	@Temperature >=212 °F	
Thermal Conductivity	49.8 W/m-K	346 BTU-in/hr-ft ² -°F	Typical steel
Component Elements Properties	Metric	English	Comments
Carbon, C	0.14 - 0.20 %	0.14 - 0.20 %	
Iron, Fe	98.81 - 99.26 %	98.81 - 99.26 %	As remainder
Manganese, Mn	0.60 - 0.90 %	0.60 - 0.90 %	
Phosphorus, P	<= 0.040 %	<= 0.040 %	
Sulfur, S	<= 0.050 %	<= 0.050 %	

References for this datasheet.

Some of the values displayed above may have been converted from their original units and/or rounded in order to display the information in a consistent format. Users requiring more precise data for scientific or engineering calculations can click on the property value to see the original value as well as any conversions to equivalent units. We advise that you only use the original value or one of its own conversions in your calculations to minimize rounding error. We also ask that you refer to MatWeb's [terms of use](#) regarding this information. [Click here](#) to view all the property values for this datasheet as they were originally entered into MatWeb.

6.- Planos