



UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

TEMA:

**DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE MECANIZADO PARA
MADERA CON FRESA DE CORTE.**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título en Ingeniería
Industrial

Autor(a)

Falconí Izurieta Jorge Alexander

Tutor(a)

Ing. Cruz Villacís Juan Serafín Mg.

AMBATO– ECUADOR
2023

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, Falconí Izurieta Jorge Alexander, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “Determinación de los parámetros de mecanizado para madera con fresa de corte”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 29 días del mes de marzo de 2023, firmo conforme:

Autor: Falconí Izurieta Jorge Alexander



Firma:.....

Número de Cédula: 0504238551

Dirección: Cotopaxi, Saquisilí, Saquisilí, El Calvario

Correo Electrónico: jorgeFalconí.i94@gmail.com

Teléfono: 0961215875

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “(DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE MECANIZADO PARA MEDERA CON FRESA DE CORTE)” presentado por Falconí Izurieta Jorge Alexander, para optar por el Título en Ingeniería Industrial,

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

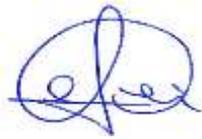
Ambato, 29 de marzo del 2023

.....
Ing. Cruz Villacís Juan Serafín Mg.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Ambato, 29 de marzo 2023



.....
Falconí Izurieta Jorge Alexander

0504238551

APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE MECANIZADO PARA MADERA CON FRESA DE CORTE previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Ambato, 29 de marzo de 2023.

.....

Ing. Cumbajín Alferez Myriam Emperatriz, Mg.

LECTOR(A)

.....

Ing. Thirumuruganandham Saravana Prakash, Mg.

LECTOR(A)

DEDICATORIA

A mi hija Verónica Lisseth Falconí Quinatoa, ser maravilloso que ha inspirado en mí grandes logros.

A mis padres, Mami Vero y Papá Jorge, que físicamente no se encuentran a mi lado, pero son la luz que iluminan mi camino.

AGRADECIMIENTO

La vida puede ser muy dura y más cuando perdemos a nuestros padres aun siendo niños, nadie nos enseña a vivir sin ellos, está en nosotros transformar todo ese dolor en fuerza y cumplir todas las metas que juntos soñamos, Jorge Alexander.

Son varias las personas que han contribuido en mi desarrollo personal, académico y profesional, quienes han aportado de manera significativa en este trabajo de integración curricular.

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por darme la vida, fortaleza, sabiduría y la oportunidad de creer en mí y en todas las capacidades y destrezas que poseo.

A mi compañera de vida Karlita, quien nunca ha soltado mi mano, su paciencia, bondad, solidaridad y ayuda nunca ha faltado, su amor es incondicional cada día, juntos lograremos cumplir todas las metas propuestas, esto es solo el principio de grandes logros juntos.

Mis hermanos Marilyn, Wendy y Luis sin duda la vida ha sido muy dura, nos ha tocado aprender a ser fuertes, juntos lograremos lo que nuestros padres querían para nuestras vidas, siempre estaré dispuesto a brindarles todo mi amor y mi apoyo incondicional.

A mis ñaños Fernando y Germánico, más que mis tíos han sido unos segundos padres, siempre han estado pendientes de mi persona y mi familia, nunca dejare de agradecerles por todo el amor que nos brindan.

A mi madrina Mary, mi primo Ismael y la Familia Chilla Izurieta, quienes han sido un pilar fundamental en mi vida, cada consejo que me brindan y apoyo se ve reflejado en este logro académico, gracias por todo su amor y solidaridad hacia mi persona y mi familia.

Mis angelitos Mami Nena, Mamá Concha y Peluche, nunca dejen de ser luz y guía en mi camino, la vida fue muy corta sin duda nos faltó mucho tiempo para compartir, siempre vivirán en mi corazón.

De igual manera quiero agradecer a la Ing. Diana, quien fue la persona que me impulso a iniciar este sueño, al Ing. Rene, la Ing. Esthela e Ing. Helena quienes en margen de todo lo posible me han brindado su apoyo personal y laboral para acudir a todas mis clases y tutorías sin ningún inconveniente.

Al Ing. Cruz Villacís Juan Serafín Mg., por permitirme ser parte del presente proyecto quien me brindo todo su apoyo personal y profesional para la culminación del mismo. A la Universidad Indoamérica y de manera especial a todos los docentes que formaron parte de mi proceso académico y a mis compañeros de aula con quienes compartí muchos momentos inolvidables.

Por último, quiero agradecer a un gran ser humano, sin duda la vida ha sido muy dura, pero ha sabido enfrentarla con fuerza, dedicación, responsabilidad y amor, Jorge Alexander que esta sea la primera de muchas dedicatorias y agradecimientos transcritos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN DE LECTORES.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	xii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPITULO I.....	1
1.1. Problematización.....	3
1.2. Antecedentes.....	4
1.3. Justificación.....	9
1.4. Objetivo general.....	10
1.5. Objetivos Específicos.....	10
CAPITULO II.....	11
2.1. Área de estudio.....	11
2.2. Tipo de Enfoque.....	11
2.3. Justificación de la metodología.....	12
2.3.1. Tipos de metodología.....	12

2.3.2.	Métodos de investigación.	12
2.4.	Diseño del trabajo.	12
2.4.1.	Operacionalización de las variables.	12
2.5.	Procedimiento para obtención y análisis de datos.	13
2.5.1.	Descripción de los métodos.	13
2.5.2.	Técnicas e instrumentos.	14
2.6.	Población y muestra.	15
2.7.	Hipótesis.	15
CAPITULO III	.....	16
3.1.	Resultados de la investigación.	16
3.1.1.	Análisis de la bibliografía.	16
3.1.2.	Análisis de la entrevista.	19
3.1.3.	Características de la madera para el proceso de mecanizado.	26
3.1.4.	Identificación de los parámetros de mecanizado.	33
3.1.5.	Ensayos realizados en el PINO-CEDRO-NOGAL.	35
CAPITULO IV	.....	129
4.1.	Interpretación de resultados.	129
4.1.1.	Creación de la Base de Datos.	129
4.1.2.	Contraste con otras investigaciones.	131
4.1.3.	Verificación de la hipótesis.	131
CAPITULO V	.....	134
LITERATURA CITADA	.....	136
ANEXOS	.....	139

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de las variables.	12
Tabla 2: Revisión bibliográfica	17
Tabla 3: Talleres madereros de la Parroquia Huambaló.....	19
Tabla 4: Talleres a entrevistar	20
Tabla 5: Identificación dueños de los talleres a entrevistar.....	22
Tabla 6: Propiedades Físicas de la madera.....	30
Tabla 7:Dureza de la madera	30
Tabla 8: Propiedades mecánicas de la madera.	30
Tabla 9: Propiedades de Mecanizado según bibliografía consultada	31
Tabla 10: Características de las fresas.....	32
Tabla 11: Ecuaciones de Mecanizado	33
Tabla 12: Ensayos velocidad de corte	50
Tabla 13: Avance de Pulgadas según proveedores.....	53
Tabla 14: Ensayo velocidad de avance.....	71
Tabla 15: Ensayo profundidad de corte	92
Tabla 16: Ancho de corte o profundidad radial.....	94
Tabla 17: Ensayo Volumen de viruta arrancada.....	114
Tabla 18: Ensayos de los parámetros de corte para madera (Pino, Cedro y Nogal)	117
Tabla 19: Base de datos parámetros de mecanizado maderas blandas (Pino, Cedro, Nogal)	130
Tabla 20: Cálculo de la Desviación estándar 1.....	132

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Árbol de problemas	4
Imagen 2: Método de la Investigación	14
Imagen 3: Criterios de la entrevista	24
Imagen 4: Conceptos de Trabajabilidad y maquinabilidad	27
Imagen 5: Factores que influyen en la suavidad de la madera	27
Imagen 6: Pino.....	28
Imagen 7: Cedro	28
Imagen 8: Nogal	29
Imagen 9: Fresas HSS	32
Imagen 10: Dimensiones de la fresa.....	33
Imagen 11: Recomendaciones del proveedor.....	34

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfico 1: Trabajos Investigativos revisados por países	18
Gráfico 2: Porcentaje de talleres dependientes e independientes	20
Gráfico 3: Número de talleres activos del centro artesanal CENARHU que cuentan con maquinaria CNC, los que consideran su implementación y los que no cuentan con maquinaria CNC.....	21
Gráfico 4: Número y porcentajes de talleres a entrevistar.....	22
Gráfico 5: Ishikawa	26
Gráfico 6: Gráfico de T-student.....	133

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

TEMA: DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE MECANIZADO PARA
MADERA CON FRESA DE CORTE.

AUTOR(A): Falconí Izurieta Jorge Alexander

TUTOR (A): Ing. Cruz Villacís Juan Serafín Mg.

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto se desarrolló para solucionar la problemática que ocasionaba el desgaste prematuro o la fractura de las herramientas de mecanizado CNC por el deficiente conocimiento de maquinaria moderna y la ineficiente utilización de los parámetros de mecanizado para maderas en los talleres de la parroquia de Huambaló, lo que traía consigo la deficiente calidad del procedimiento, el nulo aprovechamiento de la vida útil de las herramientas, así como la pérdida de tolerancia del mecanizado entre otros. En este sentido se planteó como objetivo del trabajo: determinar parámetros de mecanizado para madera con fresa de corte, apoyándonos en la hipótesis: las velocidades de corte identificadas se relacionan a las velocidades de corte recomendadas por el proveedor. El proyecto conto con un enfoque cuantitativo, utilizando la metodología descriptiva y el método bibliográfico documental. Se utilizaron técnicas de observación, entrevistas y herramientas como el diagrama de Ishikawa, el Microsoft Excel, tablas, gráfico e imágenes. Se desarrolló ensayos de velocidades de corte, profundidad de corte, velocidad de avance, volumen de viruta arrancada y ancho de corte para las siguientes maderas: Pino, cedro y nogal las mismas que conforman la clasificación de las maderas blandas, con 5 diferentes diámetros de fresas helicoidales positivas de 2 dientes (3mm, 4mm, 5mm, 6mm y 8mm) obteniendo como resultado los siguientes parámetros, ejemplo: En el Pino con una fresa de diámetro de 3mm la velocidad de corte es 11,31m/min, velocidad de avance de 192 mm/min, profundidad de corte de 6,66 mm, ancho de corte de 1,8 mm y un volumen de viruta arranca de 2,30 cm³/min, aplicando las respectivas formulas se calcularon los parámetros para los 3 tipos de maderas y para los 5 diámetros de fresas, con lo que se logra el objetivo de trabajo en función de optimizar el proceso de fresado de la madera en el área de estudio. Finalmente se comprueba la hipótesis rechazando H₀ ya que no se encuentra dentro de los grados de tolerancia.

DESCRIPTORES: fresas, madera, parámetros.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

TEMA: DETERMINATION OF THE MACHINING PARAMETERS FOR WOOD WITH CUTTING MILL.

AUTOR(A): Falconí Izurieta Jorge Alexander

TUTOR (A): Ing. Cruz Villacís Juan Serafín Mg.

ABSTRACT

The project was developed to solve the problem of premature wear and tear or breakage of CNC machining tools due to a lack of knowledge of modern machinery and the inefficient use of machining parameters for wood in the workshops in the parish of “Huambaló”. This resulted in the poor quality of the process, the non-use of the useful life of the tools, as well as the loss of machining tolerance, among others. In this sense, the objective of this job was: to determine the machining parameters for wood cutting with a milling cutter, based on the hypothesis: the cutting speeds identified are related to the cutting speeds recommended by the supplier. The project had a quantitative approach, using the descriptive methodology and the documentary bibliographic method. Observation techniques, interviews, tools such as the Ishikawa diagram, Microsoft Excel, tables, graphs, and images were used. Tests were carried out on cutting speeds, depth of cut, feed speed, the volume of chips removed, and width of cut for the following woods: pine, cedar, and walnut, which make up the classification of softwoods, with 5 different diameters of 2-tooth positive helical cutters (3mm, 4mm, 5mm, 6mm, and 8mm); obtaining the following parameters as a result, for example: In Pine with a 3mm diameter cutter, the cutting speed is 11.31m/min, feed rate of 192 mm/min, depth of cut of 6.66 mm, width of cut of 1.8 mm and a chip volume removed of 2.30 cm³/min. Applying the respective formulas, the parameters were calculated for the 3 types of wood and for the 5 milling cutter diameters, thus achieving the work objective in terms of optimizing the wood milling process in the study area. Finally, the hypothesis is tested by rejecting it as it is not within the degrees of tolerance.

KEY WORDS: milling cutter, parameters, wood.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

En el mecanizado de la madera en la industria se utilizan las máquinas con control numérico por computadoras (CNC), con el objetivo de automatizar, medir y controlar sus procesos, favoreciendo a la realización de la actividad de forma automática reduciendo tiempos de producción y disminuyendo errores humanos en la misma (1). Este tipo de máquinas están compuesta por las siguientes partes: Programa CNC, Accesorios de programación, Control de Movimiento y Controlador CNC.

A nivel mundial la maquinaria CNC es considerada como un aporte importante al desarrollo industrial debido a que se ha visto la necesidad de migrado del uso de máquinas-herramientas convencionales por el uso de maquinaria automatizada que no solo beneficia a la producción del proceso de mecanizado, sino que además genera seguridad en el recurso humano. Países como Japón, China, Estados Unidos, Brasil, México entre otros son pioneros en la utilización de maquinarias CNC que a través del tiempo se han ido potencializando.

En Latinoamérica existe un gran volumen de organizaciones que se dedican al rublo de la industria maderera y en función de mantenerse en la preferencia del cliente por sus servicios y productos de calidad han implementado con el paso del tiempo la mecanización de madera, logrando resultados esperados, minimizando los costos y tiempos de producción. Entre los países líderes del sector se encuentran Brasil, Perú, México, Colombia y Bolivia. En este sentido también han surgido empresas comercializadoras de máquinas-herramientas utilizadas en la fabricación, algunas de estas empresas son Quistom CNC en Perú, Maquinas CNC Colombia, SIDECO en México

entre otras, encargadas de suministrar la maquinaria con las características tecnológicas que favorecen el tratado de la madera (2).

En Ecuador sobresalen en este sector empresas como Madersec Ecuador, Mobliax, Nivic y Muebles Aguirre, empresas productoras de muebles y Felder Group como comercializadora de máquinas CNC, entre otras. Estas empresas aportan al mercado productos de calidad y acabados de los mismos de la preferencia del cliente, mediante el uso correcto de las máquinas-herramientas CNC y los parámetros de mecanizado necesario para cada materia prima, en este caso la madera.

En la provincia de Tungurahua dentro del ámbito de comercio y producción artesanal se encuentra la fabricación y producción de muebles que ocupa un lugar relevante ya que ha aportado significativamente al PIB, según el informe del Banco Central del Ecuador. La mayoría de estas empresas son micro y pequeñas empresas que generan grandes aportes económicos a la provincia, donde se ha hecho necesario mejorar sus procesos de manufactura para mantenerse en el mercado que cada vez es más competitivo. Producto de esto han implementado sistemas de mecanizado y fresado en el proceso de fabricación con la intención de ahorrar tiempo y recurso como primera instancia y desde luego también garantizar la seguridad del recurso humano.

La parroquia de Huambaló considerada como la “Capital del mueble” debido a que el 30% de su población se encuentran relacionada directamente con la producción y venta de muebles según el GAD Parroquial. Existen un total de 68 talleres artesanales de los cuales 41 pertenecen al centro de artesanos CENARHU fundado hace 26 años con el objetivo de brindar apoyo a las pequeñas microempresas, dando a conocer sus productos a través de espacios físicos y canales digitales que ayudan a facilitar la venta del producto. En este sentido se puede tomar como base el estudio realizado por (3), en la cual se evidencia que uno de los problemas existentes en la industria maderera en la región que afecta la productividad de muebles de madera, es el manejo de los equipos de producción y el poco conocimiento de los operadores de los mismos. Por lo que se ha visto la

necesidad de determinar los parámetros de corte de la madera en fresas de corte como un inicio a la mejora continua del proceso productivo en este ámbito.

1.1. Problematización.

La implementación de los sistemas de mecanizado en el proceso de manufactura sin duda genera grandes beneficios y oportunidades de mejora a las empresas, como es el aumento de producción y mejor calidad del bien debido a la precisión en el proceso, ya que mediante la automatización se realizan múltiples operaciones en una sola pieza, siempre y cuando se implementen de manera correcta. En la actualidad el sector manufacturero de la provincia de Tungurahua ha evidenciado que luego de haber puesto en funcionamiento la maquinaria de tipo CNC en la producción, surgen ciertos cuestionamiento sobre las fresas de corte como son; pérdida de materia prima debido a velocidades excesivas en el proceso, rotura de fresas que son originadas por una velocidad de avance mal identificada, materia prima quemada por evacuación deficiente de viruta, daños de herramientas por profundidad de pasada mal identificadas. Todo lo antes mencionado es ocasionado a que el conocimiento empírico del operario prevalece por tal razón prefieren utilizar herramientas manuales, además el recurso humano que maneja las mismas no cuenta con la capacitación necesaria para trabajarlas, así como también desconocen los materiales y las herramientas para cada uno de los procesos en la elaboración de muebles, ya que, para los procesos de corte, tallado 3D, grabado y forma, se utilizan diferentes tipos de fresas. Sumado la dirección de las organizaciones que no tienen cultura de calidad en cuanto al tratado de la materia prima y de cómo se puede aprovechar la automatización para lograr cortes más precisos y disminuir los tiempos de fabricación, trayendo consigo un desgaste acelerado en las máquinas, al no operarlas correctamente, perdiendo materia prima al no ejecutar los cortes con la precisión efectiva y causando un nulo aprovechamiento de la mecanización, también tienen que lidiar con miedo a transformarse tecnológicamente por desconocimiento o por simple conformismo. Lo que da origen a la siguiente problemática.

Problemática

¿Cómo los escasos conocimientos en maquinaria moderna y computarizada repercuten en la calidad y tiempo de manufactura del producto terminado?

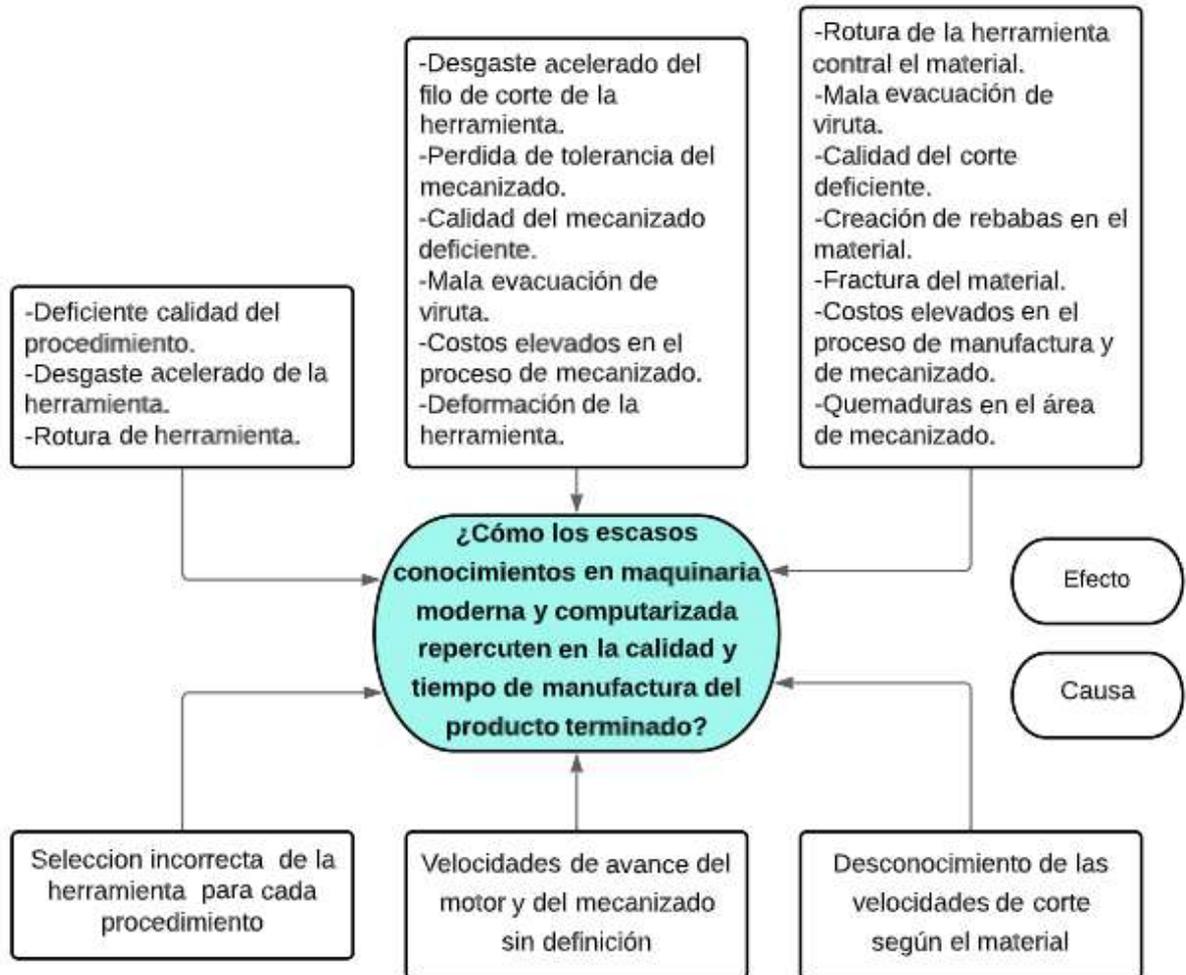


Imagen 1: Árbol de problemas

Elaborado por: Falconí, Jorge (2023).

1.2. Antecedentes.

Una vez revisando el repositorio digital de la Universidad Indoamérica, no se han encontrado estudios con similitud al tema de tesis, indagando en otras fuentes se hallaron documentos con aportes importantes que contribuyen a la investigación como es el caso de:

El estudio realizado por (4) donde se tuvo como objetivo realizar el proceso de automatización de una fresadora CNC, mediante el control del funcionamiento por computadora con programas como Matlab, una tarjeta Arduino Uno y el código G. Se logró resolver los problemas de fabricación del diseño de muebles, y alcanzar ventajas significativas en seguridad, tiempo y calidad de la producción en la empresa obteniendo como resultado lo siguiente:

- Se determinó la construcción de una máquina fresadora CNC a través de la utilización de una GUI de Matlab con el objetivo de controlar motores paso a paso con una tarjeta Arduino y de conexión serial.
- Se verificó el correcto desempeño en el desarrollo de las pruebas repetitivas en los procesos de corte y tallado de piezas de madera. Con las mismas se comprobó la reducción de tiempo en la producción de 5 minutos.
- Se logró un software de control mediante una GUI de Matlab que facilita al usuario la manipulación del proceso de forma remota a través de comunicación serial. Con esta interfaz gráfica se puede seleccionar una imagen para tallar o cortar en una pieza de madera.

También se revisó el (5), proyecto en el cual se diseña la construcción de un sistema mecánico electrónico y el control de una máquina router CNC de 3 ejes donde se pudo evidenciar los siguientes resultados:

- Se logró una máquina funcional con las características técnicas planteadas que facilitaron la realización de los procesos mecanizados con más calidad y eficiencia.

En cuanto a (3), en su estudio tuvo como premisa el correcto funcionamiento de un sistema integrado CAD/CAM, en este caso para torno CNC y una fresadora CNC:

- Se logró ampliar el conocimiento de diseño, además de determinar las formas y perspectivas de los modelados para poder ver con claridad los detalles del diseño y los posibles errores en las formas.

- Para la parte de CAM se logró poder llevar a cabo la programación de mecanizado de modelados para torno y fresadora, lo que permite ahorrar tiempo a comparación de la programación CNC manual y tener una simulación de las trayectorias de las herramientas de un proceso de un mecanizado real.

Por otro lado, (6), exponen un procedimiento para controlar los parámetros de maquinado de una fresadora CNC en base a los diagramas de lóbulos para establecer la reducción del chatter y la estabilidad y así mejorar la calidad y eficiencia del corte durante el proceso de mecanizado de piezas, obteniendo los siguientes resultados:

- Se logró utilizar un método pasivo para detectar la existencia de chatter durante el proceso en función de la dinámica del sistema.
- Se pudo definir que en las pruebas donde cambian las velocidades de avance y giro de la herramienta son cuando la herramienta se mueve hacia un punto coordinado diferente.

Por lo que refiere (7), en su trabajo de tesis tuvo como finalidad la selección del tipo de acero adecuado para cada componente de una matriz teniendo en cuenta los esfuerzos a los que son sometidos cada uno de ellos en operación, al ser un proyecto de avance tecnológico brindo los siguientes resultados:

- Se finalizó que es posible la producción de la matriz por métodos convencionales ya que esta no requiere de tolerancias mínimas ni acabados muy finos.
- El mecanizado convencional frente al del mecanizado por CNC es el más factible ya que la matriz no requiere de un acabado muy fino (espejo) porque el producto no necesita de medidas con tolerancias menores a $\pm 0,02$ mm por tanto es más económico.

Además, (8), tuvo como objetivo general el diseño de mecanismos y simulación del control automático del sistema de posicionamiento y desplazamiento en 3 dimensiones de la herramienta en una máquina CNC. En el proyecto se obtuvieron los siguientes efectos:

- El diseño de del control automático de los sistemas de desplazamiento y posicionamiento en 3 ejes.
- Se comprobó que los elementos que se obtuvieron del diseño mecanizo favorecen los requerimientos técnicos en todos los casos que se utilicen bajo las condiciones para los que fueron creados.

El estudio realizado por (9), donde mediante pruebas en la madera en la ciudad de Duitama, se identifican las características del mecanizado y acabado de la superficie en la fresadora CNC. Resultando en determinar los parámetros de corte según el tipo de madera, en función de la herramienta utilizada y al proceso a realizar, donde se pudieron visualizar grandes resultados:

- Se especificó el uso y la configuración de la máquina fresadora CNC con el software de control Mach3.
- Es importante prestar mucha atención a la identificación de la ubicación correcta de los ejes en el programa de mecanizado para una correcta ejecución de la pieza a mecanizar.

También se revisó a (10), en su investigación propone un modelo de corte ortogonal para evaluar el desgaste en fresas integrales de metal duro en el FAV del acero AISI H13 por el Método de Elementos Finitos, se pudo determinar los siguientes efectos:

- La obtención de un modelo que describe el comportamiento del desgaste de herramientas de corte de metal duro en el FAV del acero AISI H13.
- La combinación de parámetros más adecuada dentro de los regímenes estudiados, atendiendo al desgaste en la superficie de incidencia, es para el caso de estudio siete ($V_c=300$ m/min, $f_z=0,03$ mm/diente, $a_p=0,3$ mm)

(11), estudio en el cual se realizó un estudio y análisis de los factores que influyen en el acabado superficial obtenido mediante fresado de alta velocidad de componentes de moldes y matrices fabricados con aceros templados como resultado se obtuvo los siguientes efectos:

- Los defectos superficiales y variabilidad de la medida de rugosidad aparecidos con la tolerancia cordal mayor (0,01 mm) se eliminaron con la tolerancia cordal menor (0,001 mm). Estos defectos fueron más evidentes con el programa Powermill y en el centro de mecanizado Deckel Linear de la F. ASCAMM.
- Con el programa Hypermill, no existe diferencia apreciable de la rugosidad Ra, para las diferentes tolerancias cordales.

En la investigación realizada por (12), se estudiaron algunos de los parámetros de corte, como fueron la velocidad de corte y la relación de avance, llegando a la conclusión de que la velocidad de corte (rpm) tiene un impacto más directo en la rugosidad de la superficie que la relación de avance, donde se pudo obtener los siguientes resultados:

- Para velocidades (rpm) elevadas se obtienen mejor calidad en la superficie maquinada, pero se observa que los ciclos de corte disminuyen por desgastes prematuros de la herramienta. Por lo tanto, a menor velocidad (rpm) se incrementa el valor de la rugosidad, pero la vida de la herramienta se maximiza.
- Se verifica que existe una relación entre el desgaste de la herramienta de corte y la rugosidad de la superficie maquinada obtenida en el experimento.

El autor (13), diseñaron e implementaron un prototipo de fresadora para la madera de acuerdo a los procedimientos del diseño moderno, de bajo costo y fácil manejo. Logrando así incrementar la productividad de la misma sin tener que hacer grandes inversiones que llegaron a dar los siguientes resultados:

- Se evidenció el excelente funcionamiento de los sistemas eléctrico, electrónico y mecánico, durante la utilización del software Mach3Mill.
- Se pudo comprobar que se puede realizar el mecanizado de varios diseños con la utilización del diseño asistido por computador.

(14), demuestran en su estudio la importancia de determinar los parámetros de corte y como estos, bien implementados aseguran alargar la vida útil de la máquina, además de

la calidad y precisión del corte. Por último, (15), realizó un estudio donde se puede apreciar que uno de los factores que más influencia tienen en el desgaste de las herramientas de corte es realizar incorrectamente el cálculo de los parámetros de corte, afectando drásticamente a la máquina, como resultado del desarrollo se obtuvo lo siguiente:

- Se generó las estrategias de producción para disminuir el tiempo de maquinado y emplearlo en la fase de medición.

1.3. Justificación.

Con la realización del estudio se pretende evidenciar **la importancia** de identificar los parámetros de mecanizado en madera con fresas de corte, ya que con la determinación de parámetros estándar y utilización de los mismos se logrará aprovechar 100% las fresas, mejorando la productividad, generando un **impacto** positivos en la optimización los tiempos de producción y preservando la vida útil de la máquina, generando mejores ingresos económicos a los talleres madereros, además facilitara al recurso humano el manejo de la maquina CNC realizando el mecanizado deseado y brindando a las piezas mejor calidad obteniendo un buen producto terminado que supere las exceptiva del cliente. Los **beneficiarios** principales son el cliente, ya que con el uso de los parámetros se realizarán los cortes de la madera con mayor precisión, y esto dará como resultado un producto con mayor calidad, atractivo a la vista del consumidor. Por otro lado, también es de gran **utilidad** para el trabajador que labora directamente con la máquina porque se reduce el trabajo manual, por lo que el desarrollo de la actividad será más fácil y sin riesgos laborales. Finalmente, la empresa ya que con el aprovechamiento adecuado de las fresas de corte se asegurará una reducción de los costos en la producción derivados de tiempo, aprovechamiento de la materia prima y del uso de la fresa de corte, todo lo que conlleva a mayores ingresos para la misma, haciendo de la investigación un proyecto **factible** ya que se busca perfeccionar la calidad en la producción y aumentar la competitividad en función de mejorar la posición de la empresa en el mercado.

1.4. Objetivo general.

Determinar las velocidades de corte específicas para madera con fresa de corte HSS.

1.5. Objetivos Específicos.

- Diagnosticar la situación actual del proceso de mecanizado CNC en los talleres artesanales de la parroquia Huambaló.
- Determinar las velocidades de corte para la madera (Pino, cedro, nogal) a través de las pruebas de ensayo utilizando una fresadora de corte CNC, con herramienta HSS.
- Desarrollar una base de datos, para identificación de los parámetros de corte CNC por diámetro y tipo de madera definidas en la situación actual.

CAPITULO II METODOLOGÍA

2.1. Área de estudio.

Área de estudio:	Producción
Dominio:	Ingeniería
Línea de investigación:	Automatización y Redes
Campo:	Ingeniería Industrial
Área:	Maquinaria (fresa de corte)
Objetos de estudio:	Parroquia Huambaló - CENARHU
Periodo de análisis:	2022-2023

2.2. Tipo de Enfoque

En función de lo expresado por (16), el enfoque cuantitativo se basa en medir las peculiaridades de los fenómenos sociales, por lo que el problema analizado se deriva de un marco conceptual y en la comprobación de la teoría a partir de filosofías previamente estudiadas. Por otro lado, el enfoque cualitativo está orientado a indagar casos específicos y no a expandir para delinear el fenómeno social en base a los atributos concluyentes a través de recopilación de información no numérica. En este sentido la investigación tiene enfoque mixto, considerando que en el aspecto cuantitativo se busca determinar los parámetros idóneos de mecanizado para madera con fresas de corte en base a los ensayos realizados a un número de muestras determinadas, mientras que en el enfoque cualitativo se hace referencia a la observación de los sujetos de estudio para sacar datos cómo características, cualidades y opiniones.

2.3. Justificación de la metodología.

2.3.1. Tipos de metodología

El tipo de metodología a desarrollar es descriptivo, ya que lo definido por (16), en la misma se destacan los rasgos o las características de la situación o el fenómeno a estudiar, y de campo debido a que se observa el sitio de estudio para recolectar información de la situación actual para obtener mayor conocimiento y determinar los parámetros necesarios que serán aplicados en la máquina.

2.3.2. Métodos de investigación.

(16), plantea que el método bibliográfico documental no es más que analizar información sobre un tema en particular para entablar diferencias, relaciones, y posturas en comparación con lo expresado con otros autores. En este sentido esta investigación será de este carácter ya que se pretende en base a lo expuesto por otros autores, analizar la información y el método correcto para determinar los parámetros de mecanizado en madera con fresa de corte y aplicarlo en la realidad.

2.4. Diseño del trabajo.

Variable dependiente: Fresa de corte

Variable independiente: Parámetros de mecanizado para madera.

2.4.1. Operacionalización de las variables.

Tabla 1: Operacionalización de las variables.

Variable		Nivel de medición	Definición Operacional
Independiente	Parámetros de mecanizado para madera.	1. Velocidad de corte. 2. Velocidad de giro de la herramienta. 3. Velocidad de avance. 4. Profundidad de pasada. 5. Anchura de corte.	Son los parámetros de mecanizado en general, se debe tener 4 factores para establecer los parámetros.

Dependiente	Fresa de Corte	<ol style="list-style-type: none"> 1. % de desgaste de las herramientas. 2. Vida útil de la máquina. 3. Fuerza de corte. 	Herramienta de corte variables en cuanto a materiales, tamaños y formas según el tipo de fresado que se requiera.
-------------	----------------	---	---

Elabora por: Falconí, Jorge (2023).

2.5. Procedimiento para obtención y análisis de datos.

2.5.1. Descripción de los métodos.

A continuación, se detalla el método de cómo se desarrollará la tesis, dándole respuesta a cada objetivo específico del estudio.

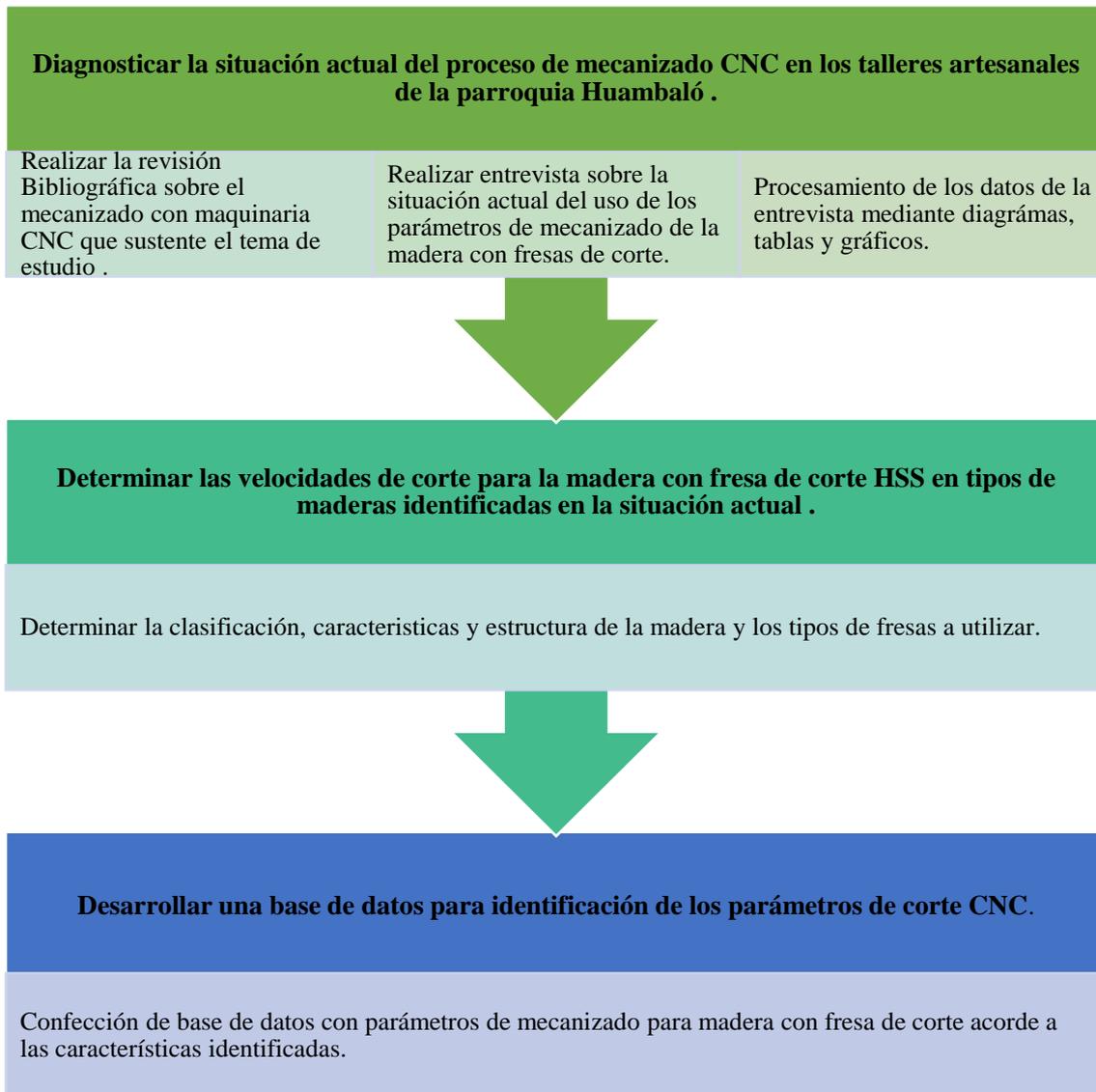


Imagen 2: Método de la Investigación

Elaborador por: Falconí, Jorge (2023).

2.5.2. Técnicas e instrumentos.

En la obtención de los datos para desarrollar la investigación se utilizaron varias técnicas, según lo expresado por (16): la observación, técnica a través de la cual se recolecta información, en este sentido se observaron y analizaron las características y situación actual de las fresas de corte. La entrevista, técnica muy utilizada en las investigaciones de carácter social, donde se obtiene la información mediante las preguntas orales o escritas. Se entrevistó a los trabajadores directos de la producción para conocer los

problemas que ocasionan no mecanizar el proceso y por último documentos y registros, que no es más que examinar documentos, bases de datos, actas, entre otros para documentarnos sobre el objeto de estudio.

Para el procesamiento de datos en la investigación los instrumentos, dicho por (16) se utilizan para analizar y procesar la información de fenómenos y problemas que son la base de las investigaciones, siguiendo lo antes expuesto por el autor se utilizó la entrevista. Además, para procesar la información se empleó el diagrama de Ishikawa para determinar los problemas existentes, el Microsoft Excel, tablas, gráfico e imágenes.

2.6. Población y muestra.

De acuerdo a lo afirmado por (16), la población es el número de unidades muestrales, en cambio la muestra es la parte de la población seleccionada para la investigación, en la cual se observa y miden las variables del estudio. El tipo de muestreo empleado en el estudio es no probabilístico por conveniencia fundamentado en la accesibilidad y proximidad del sitio de estudio, tomándose como población los 68 talleres de la Parroquia de Huambaló, información suministrada por la Tenencia Política Parroquial, de los cuales 41 talleres pertenecen al Centro Artesanal Huambaló (CENARHU), y se toma 3 como muestra para el estudio ya que son empresas que poseen una máquina CNC para el proceso de producción.

2.7. Hipótesis.

Las velocidades de corte identificadas se relacionan a las velocidades de corte recomendadas por el proveedor.

Se van a comprobar en el trabajo la aceptación de hipótesis mediante el uso de la herramienta T-student.

- H_0 = Las velocidades de corte calculadas en el proyecto no se relacionan a las velocidades de corte recomendadas por el proveedor.
- H_1 = Las velocidades de corte calculadas en el proyecto se relacionan a las velocidades de corte recomendadas por el proveedor.

CAPITULO III

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Resultados de la investigación.

3.1.1. Análisis de la bibliografía.

Se realizó la revisión bibliográfica que da soporte y credibilidad al estudio, el mismo desarrollo de acuerdo al análisis de 14 tesis y 2 artículo de diferentes países de Latinoamérica relacionado con el tema de los parámetros de corte en fresas de corte CNC, los mismos se detallan a continuación especificando el año, el autor, el título y el país donde se realizó el estudio

Tabla 2: Revisión bibliográfica

No.	País	Título	Año	Autor	Documento
1	Guatemala	Evaluación del desgaste en herramientas de corte, mediante sensores, control inteligente y análisis de confiabilidad.	2014	López, M	Tesis
2	Ecuador	Estudio, diseño e implementación de una máquina herramienta de control numérico computarizado, caso práctico prototipo de fresadora para madera.	2014	Llerena, A; Coronel, M	Tesis
3	Colombia	Modificación de parámetros de maquinado de un sistema CNC para evitar la aparición de chatter en un proceso de fresado.	2021	Martínez, C; Ruiz, S	Tesis
4	Colombia	Diseño e implementación de un control CNC para crear modelos y esculturas en tercera dimensión a partir de un diseño CAD.	2009	García, I., Lagos, J. G., Urrego, L. F., & Delgado, P. Y	Tesis
5	Cuba	Tecnología de fabricación de una fresa angular para el mecanizado de los brazos de barrido de los hornos de reducción.	2012	Batista, Y.	Tesis
6	Cuba	Determinación de indicadores tecnológicos y parámetros de corte en el mecanizado de alta velocidad en aceros por métodos experimentales, de simulación numérica y de inteligencia artificial.	2020	Pérez, R	Artículo
7	Ecuador	Automatización e implementación de un sistema CNC para una fresadora vertical tipo torreta.	2015	Pérez, M. A	Tesis
8	Colombia	Configuración de parámetros, forma de uso y utilidad de la maquina fresadora CNC en la fabricación de aspas y moldes en madera, en el taller de máquinas y herramientas de la UPTC, seccional Duitama.	2021	Aguilar, L.	Tesis
9	Ecuador	Diseño de una maquina fresadora CNC para mecanizado de prototipos de barcos en madera.	2015	Maldonado, F. A	Tesis
10	El Salvador	Diseño y construcción de una fresadora con control numérico por computadora para uso didáctico.	2014	Cruz, O. A., Guerra, E. R., Herrera, R. A., & Meza, N. O	Tesis
11	Cuba	Obtención de los parámetros de corte para la operación de planeado de forma automatizada.	2011	León, E.	Tesis
12	Ecuador	Diseño y Construcción de un prototipo de Fresadora CNC para piezas de madera para el A.E.I.R.N.N.R	2012	Loaiza , L. F., Estrella , G. R., & Chauvin, A.	Tesis
13	México	Estudio de los Parámetros de Mecanizado para Maximizar la Vida Útil de una Herramienta de Corte Tipo C-Bore en un Centro de Maquinado de 12 Estaciones.	2021	Castañeda, J. G., & Cípriano, F. R.	Artículo
14	México	Caracterización del acabado superficial utilizando el VMC del ICN de la UNAM.	2015	Chávez, R., & Rojas, M.	Tesis
15	Ecuador	Automatización de una fresadora CNC para el tallado de piezas de madera en la empresa post – formados del valle.	2018	Pilatuña, Y., & Pillajo, I.	Tesis
16	República Dominicana	Diseño y construcción de un prototipo de máquina ROUTER CNC de 3 ejes para el mecanizado de piezas de madera moldeadas en 3D.	2019	Julon, N	Tesis

Elaborado por: Falconí, Jorge (2023).

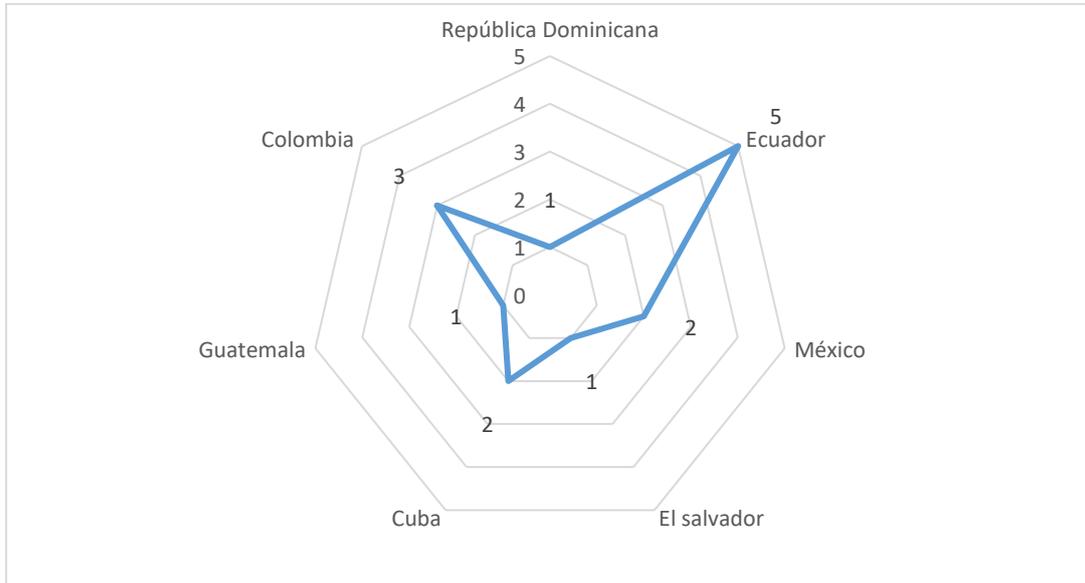


Gráfico 1: Trabajos Investigativos revisados por países

Elaborado por: Falconí, Jorge (2023).

A partir del estudio de los trabajos investigativos se pudo definir los principales problemas que genera la no utilización de los parámetros de mecanizado en las fresas de corte en las industrias del sector de la madera, algunos de estos problemas son:

- Imposibilidad de realizar operaciones de conformado de estructuras esféricas y en 3D.
- Número innecesario de máquinas utilizadas en el proceso de mecanizado aumentando los costos de producción.
- Tiempos de producción mayores en máquinas convencionales.
- Desgaste de las herramientas de corte, disminuyendo la vida útil de la máquina.
- Existencia de riesgos laborales para los trabajadores que operan las máquinas manualmente.

Estos problemas justifican la necesidad de la implementación del mecanizado en la producción para mejora de la misma en cuanto a productividad, optimización de los

tiempos de fabricación, reducción de los costos y buen manejo de la maquinaria de manufactura.

3.1.2. Análisis de la entrevista

Para conocer la situación actual en las empresas respecto a la utilización de los parámetros de mecanizado en la producción se desarrolló una entrevista en los talleres, la misma se realizó en dos etapas:

1. Aplicación de la entrevista
2. Análisis de la información obtenida en los encuentros.

Para la primera etapa se procede a identificar el número total de talleres madereros de la parroquia Huambaló obteniendo como resultado un total de 68 talleres, información suministrada por la Tenencia Política Parroquial, de los cuales 41 talleres pertenecen al Centro Artesanal CENARHU y 27 talleres son independientes, debido a que el número de talleres más alto pertenece al Centro Artesanal, se toma como objeto de estudio para el desarrollo de la investigación, donde se determinó el número de talleres a entrevistar. La entrevista (Anexo No.1) se realizó directamente a los propietarios de los talleres.

Tabla 3: Talleres madereros de la Parroquia Huambaló

Dependencia	# Talleres	%
Talleres pertenecientes al centro CENARHU	41	60,29%
Talleres independientes	27	39,71%
Talleres totales de la parroquia Huambaló	68	100%

Elaborado por: Falconí, Jorge (2023).

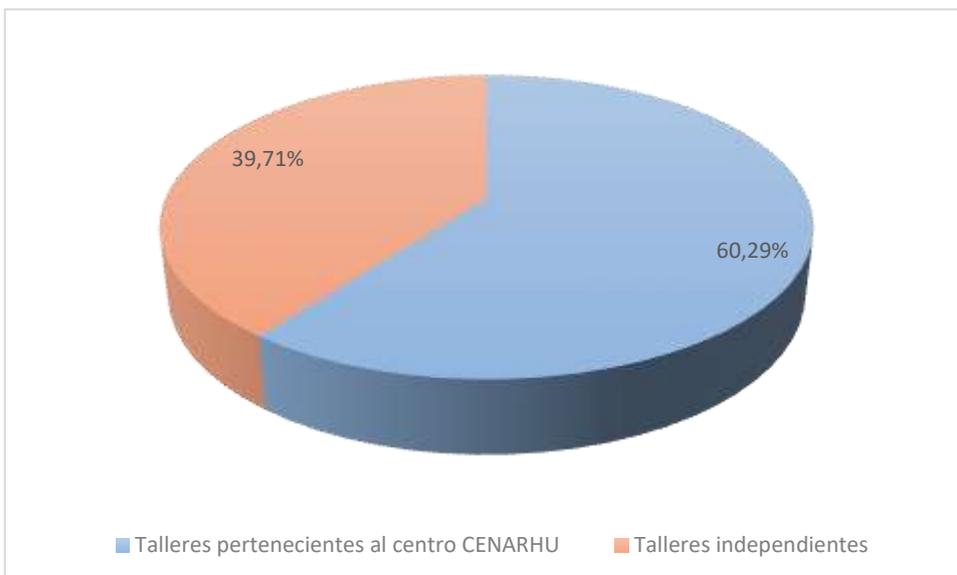


Gráfico 2: Porcentaje de talleres dependientes e independientes

Elaborado por: Falconí, Jorge (2023).

El Centro Artesanal CENARHU se encuentra ubicado en la parroquia de Huambaló perteneciente al cantón Pelileo de la Provincia de Tungurahua, con 26 años de experiencia se dedica al acopio y distribución de muebles de madera como salas, comedor, dormitorio, etc., dependiendo de la exigencia del consumidor. Hoy en la actualidad CENARHU cuenta con 41 socios artesanos dedicados al trabajo en madera. (Anexo No.2)

Como primera instancia se procede a un dialogo previo a ejecutar la entrevista con el representante legal del centro de artesanos CENARHU donde se idaga la siguiente información, de los 41 talleres identificados, entre ellos 21 talleres cuentan con una producción frecuente y los 20 restantes trabajan según el pedido que tengan indistintamente. De los 21 talleres activos ,12 no consideran la necesidad de trabajar con máquinas CNC, 6 están en consideración de adquirir las máquinas- herramientas, y solo 3 trabajan con fresas CNC, por lo que la encuesta se aplicó solo a esos 3 talleres. Lo que representa un 14% del total de talleres activos.

Tabla 4: Talleres a entrevistar

Talleres	Cantidad	%
Talleres que no tienen máquinas CNC	12	57,14%

Talleres que consideran comprar máquinas CNC	6	29,57%
Talleres con máquinas CNC	3	14,29%

Elaborado por: Falconí, Jorge (2023).

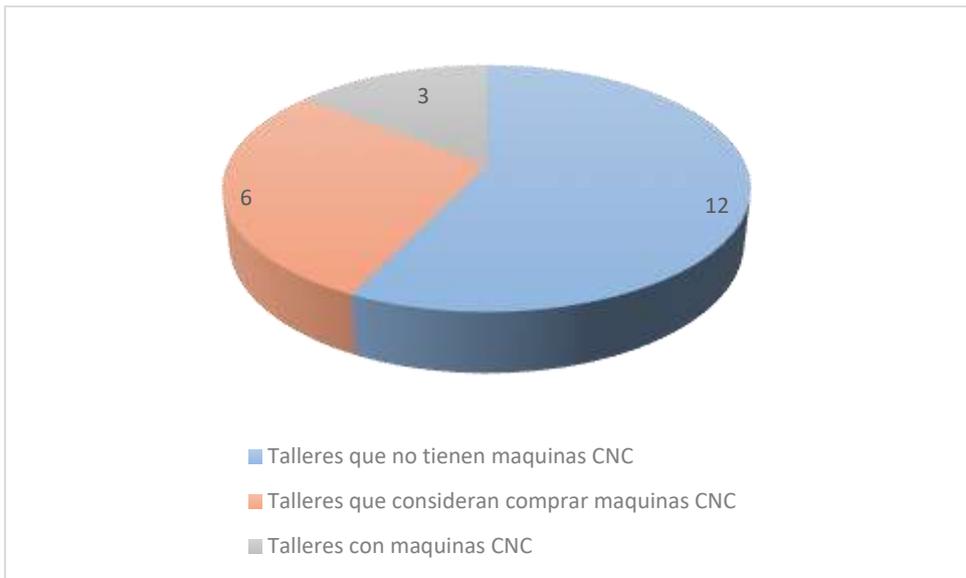


Gráfico 3: Número de talleres activos del centro artesanal CENARHU que cuentan con maquinaria CNC, los que consideran su implementación y los que no cuentan con maquinaria CNC.

Elaborado por: Falconí, Jorge (2023).

Para la segunda etapa del levantamiento de información se identificó a los dueños de los talleres con producción frecuente, donde se clasificó los talleres que cuenta con CNC, quienes se encuentran considerando la compra y los talleres que no cuentan con maquina CNC.

Tabla 5: Identificación dueños de los talleres a entrevistar

TALLERES ENTREVISTADOS	TALLERES CON CNC	TALLERES SIN CNC	POSIBLE ADQUISICIÓN DE CNC
	Mauricio Morales	Barreto Efraín	Gómez Roberto
	Luis Cruz	Benavides Abelardo	Guachambala Marcelo
	Jorge Martínez	Carrasco Mesías	Jerez Estuardo
		Carrasco Milton	Llerena Klever
		Carrasco Simón	Rodríguez Saúl
		Chiliquinga Marco	Morales Nelson
		Cholonchano David	
		Cisneros Mario	
		Coca Carlos	
		Espinoza Joffre	
		Leguizamo John	
	Sánchez Ariel		
TOTAL	3	12	6
PORCENTAJE	14,29%	57,14	28,57

Elaborado por: Falconí, Jorge (2023).

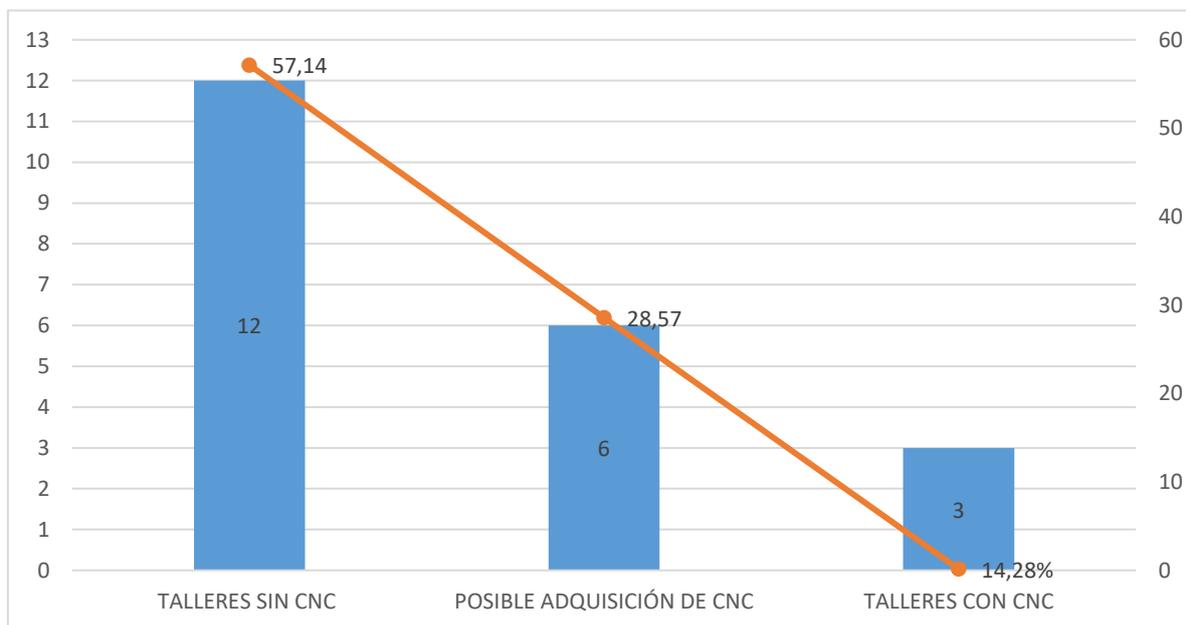


Gráfico 4: Número y porcentajes de talleres a entrevistar

Elaborado por: Falconí, Jorge (2023).

En la tabla y gráfico expuesto anteriormente se determinó 3 talleres que trabajan con máquinas CNC, 12 talleres que no tienen máquina CNC y 6 talleres que desean adquirir la máquina CNC en el futuro para lo cual se encuentran en proceso de implementación los mismos que también se verán beneficiados con el resultado del trabajo de investigación.

De los 3 talleres que trabajan actualmente con máquinas CNC, a continuación, se expresa en grafico el % de utilización de los tipos de madera con los que se trabajan (Pino, Cedro y Nogal)

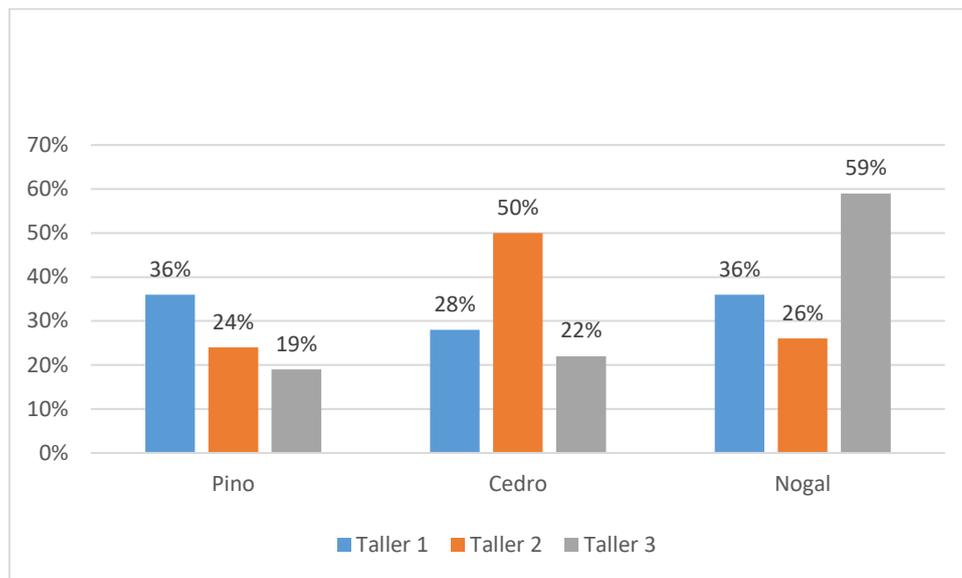


Gráfico 5. Utilización de la madera según los talleres que trabajan con máquinas CNC

Elaborado por: Falconí, Jorge (2023).

Para el análisis de las preguntas de la entrevista se enfocó en los siguientes criterios, arrojando la siguiente información:



Imagen 3: Criterios de la entrevista

Elaborado por: Falconí, Jorge (2023).

En lo referente al criterio del nivel de conocimiento en maquina CNC, el Sr. Morales posee un conocimiento medio debido a que es capacitado y asistido por un familiar, en cuanto al Sr. Cruz su formación académica esta enlazada con el proceso de mecanizado, por otro lado, el Sr. Martínez busca medidas alternativas como talleres y capacitaciones que ayudan a enriquecer su conocimiento.

En el ítem de tipo de fresas y tiempo de vida útil los tres actores concuerdan que existen diferentes tipos de fresas y su utilidad depende mucho del trabajo a mecanizar, en cuanto a la vida útil los señores Morales y Martínez mencionan que realizan el cambio cuando la herramienta de corte se encuentra averiada o la calidad del trabajo se ve afectada, el Sr. Cruz argumenta que el cambio se realiza alineado a las recomendaciones del fabricante. Para los apartados de parámetros de mecanizado empleados y especificaciones de uso de las fresas los tres actores coinciden, que se enfocan en utilizar las recomendaciones generales por parte del proveedor ya sean estas de manera física o digital, las cuales no determinan un parámetro exacto o el tipo de madera a mecanizar, además que cada uno de los autores varían las especificaciones en base a su experiencia adquirida a través del tiempo, desembocando en despilfarros en el proceso.

En cuanto al enunciado de tipos de madera utilizada los tres actores apuntan que la madera principal que se utiliza en el mecanizado CNC es la madera de características suaves, posicionándose en una de las mejores para el trabajo gracias a sus atributos.

Mientras que en el criterio de tabla de parámetros estandarizada los actores mencionan que al contar con una especificación sustentada bajo un estudio aportará de manera positiva al desenvolvimiento de la persona encargada de la operación, además que beneficiará a los talleres que a futuro deseen implementar la maquinaria CNC en sus procesos de fabricación, tomando en cuenta que las recomendaciones brindadas por el proveedor no se encuentran en el idioma que habla la población.

Por lo se puede concluir que las principales causas de porque no se utilizan los parámetros de mecanizado en las maquinas en este caso las fresas de corte. Las mismas son:

- Bajo nivel de conocimiento de los obreros sobre como operar con las máquinas CNC.
- No existe conocimiento sobre los parámetros de mecanizado por parte de los operarios.
- No se hacen capacitaciones sobre las máquinas, en este caso las fresas de corte cuando son entregadas al operario.

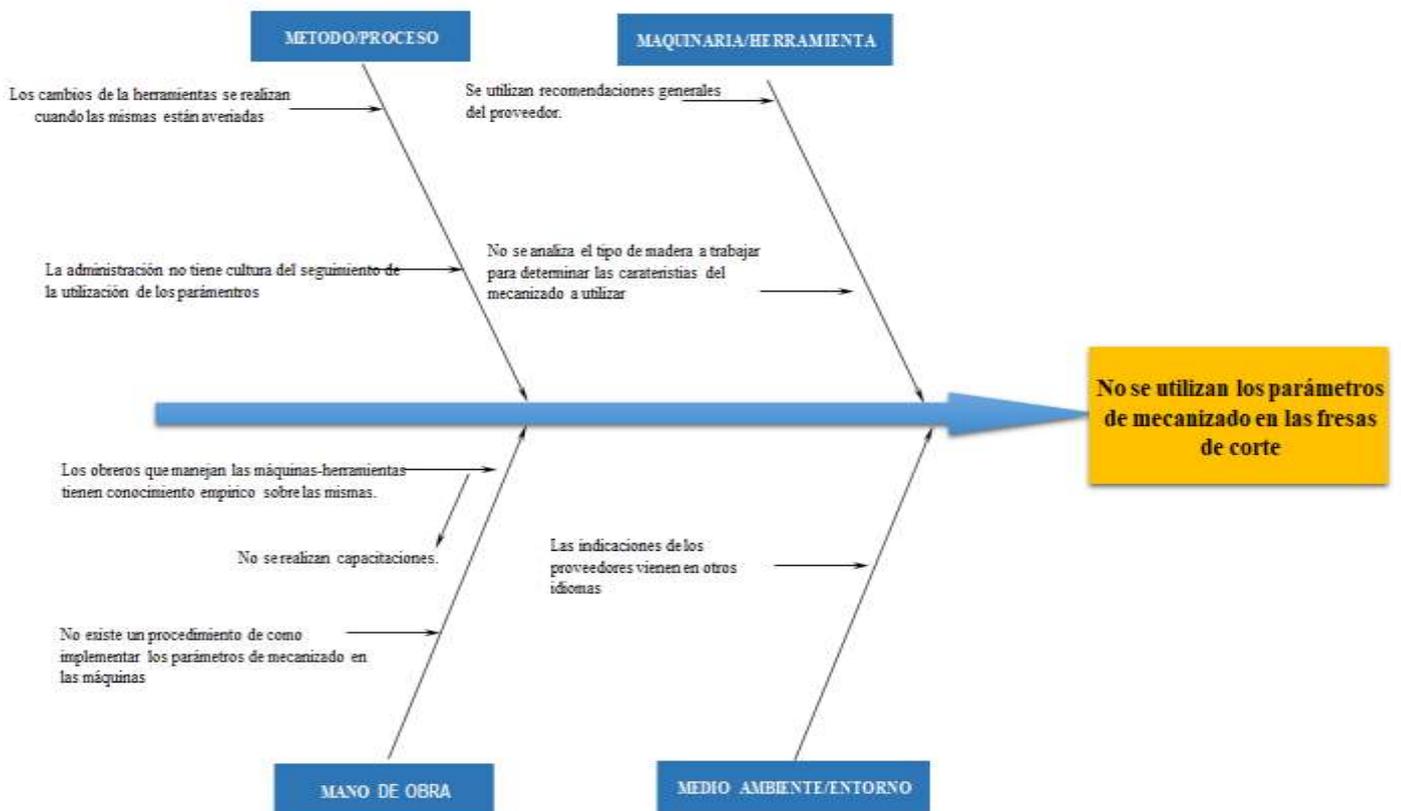


Gráfico 6: Ishikawa

Elaborado por: Falconí, Jorge (2023).

3.1.3. Características de la madera para el proceso de mecanizado.

Para analizar las características correspondientes del tipo de madera con que se trabaja en el proceso de mecanizado primero se hace necesario conocer los conceptos de trabajabilidad y maquinabilidad, los mismos se detallan a continuación según lo expresado por (17):

Trabajabilidad	Maquinabilidad
<ul style="list-style-type: none"> • Es posible obtener diferentes forma y tamaños. 	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad de tratar la madera con una herramienta de corte en base a la gravedad específica de la misma.

Imagen 4: Conceptos de Trabajabilidad y maquinabilidad

Elaborado por: Falconí, Jorge (2023).

Es importante tener en cuenta que, sumada a la gravedad específica, existen tres factores que actúan sobre la suavidad del acabado mediante el proceso de mecanizado, los mismos son: madera de reacción, depósitos duros en el grano y grano entrelazado y variable.

Madera de reacción	Depósitos duros	Grano entrelazado y variable
<ul style="list-style-type: none"> • Madera de tensión en maderas duras. • Madera de comprensión en maderas blandas 	<ul style="list-style-type: none"> • Desafían los bordes constantes rápidamente, sobre todo en maderas que se ha secado al contenido de humedad habitual. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estructura del grano que causa dificultad para cepilar tablas aserradas.

Imagen 5: Factores que influyen en la suavidad de la madera

Elaborado por: Falconí, Jorge (2023).

En función de lo expresado por los operadores a los que se le realizaron las entrevistas, se puede conocer que las maderas suaves y prefabricadas son las más usadas ya que son procedentes de árboles de rápido crecimiento, fácil de trabajar y baratas en el mercado

(pino y cedro) y maderas duras como el nogal, este último más resistente, utilizándose para para fabricar muebles de calidad y gran durabilidad, los muebles de maderas suaves son fabricados para interiores y los muebles de maderas duras para exteriores dado su resistencia. En este sentido se analizarán algunas de las propiedades mecánicas y físicas de las maderas utilizadas.



Imagen 6: Pino

Elaborado por: Falconí, Jorge (2023).

El pino es una madera de color claro con diferentes tonalidades marrones, fácil de trabajar y con un alto valor sostenible ya que es un árbol reprobable.



Imagen 7: Cedro

Elaborado por: Falconí, Jorge (2023).

Madera resistente, se puede utilizar en la fabricación de muebles tanto para exteriores como interiores.



Imagen 8: Nogal

Elaborado por: Falconí, Jorge (2023).

Su tonalidad esta entre el chocolate y matices amarillos, madera resistente a la humedad.

1- Propiedades físicas de las maderas.

- Peso específico: no es más que la relación entre el volumen y el peso, medidas en iguales condiciones de humedad.
- Humedad: relación entre la masa sin agua de la madera y la masa de agua que contiene la misma.
- Contracción e hinchamiento: resultado de la transferencia de agua con el medio ambiente, en función de lograr un equilibrio higroscópico.
- Tracción: Esfuerzo máximo al que se expone la madera cuando está sometida a dos fuerzas opuestas
- Flexión dureza: fuerza que ejerce la madera en contra de las tensiones de tracción y compresión de las fibras en forma paralela.
- Corte o Cizallaje: efectos producidos por la fuerza cortante en la madera.

2- Propiedades mecánicas de las maderas.

- Flexión estática: es la resistencia que ejerce la madera a la deformación.

- Compresión paralela a la fibra: no es más que el corte de la madera en el mismo sentido longitudinal.
- Compresión perpendicular a la fibra: el comportamiento de la madera se presenta en fibras alargadas, al ejercer una presión perpendicular a su eje longitudinal.

Tabla 6: Propiedades Físicas de la madera.

Clasificación de la madera	Nombre	Peso específico (Kg/m ³)	Contracción e hinchamiento	Tracción (kg/cm)
Maderas Blandas	Pino	466	14,50%	434
	Cedro	490	0,34%	950
	Nogal	660	0,35%	970

Elaborador por: Falconí, Jorge (2023).

Fuente: <https://fcf.unse.edu.ar/wp-content/uploads/2015/10/Propiedades-F%C3%ADsicas-y-Mec%C3%A1nicas-de-la-Madera.pdf>

Tabla 7: Dureza de la madera

Nombre	Clasificación	Dureza Brinell (kp/mm ²)	Dureza Janka (kp/mm ²)	Densidad (kg/m ³)	Humedad (%)
Pino	Maderas Blandas	1-2	140-350	500	12
Cedro				800	33,08
Nogal				670	75

Elaborador por: Falconí, Jorge (2023).

Fuente: <https://fcf.unse.edu.ar/wp-content/uploads/2015/10/Propiedades-F%C3%ADsicas-y-Mec%C3%A1nicas-de-la-Madera.pdf>

Tabla 8: Propiedades mecánicas de la madera.

Clasificación de la madera	Nombre	Flexión estática(kg/cm)	Compresión paralela(kg/cm ²)	Compresión perpendicular (kg/cm ²)
Madera Blandas	Pino	70-92	40-49	100-116
	Cedro	490	148,8	23,8

	Nogal	970	523	127
--	-------	-----	-----	-----

Elaborador por: Falconí, Jorge (2023).

Fuente: <https://fcf.unse.edu.ar/wp-content/uploads/2015/10/Propiedades-F%C3%ADsicas-y-Mec%A1nicas-de-la-Madera.pdf>

A continuación, se exponen algunas propiedades de mecanizado para las maderas que se han estado estudiando, los mismo han sido estudiados en la bibliografía que soporta la investigación. Estos parámetros de mecanizado han sido evaluados en fresas helicoidales, ya que es de interés porque son las fresas que se utilizan para la fabricación de muebles.

Tabla 9: Propiedades de Mecanizado según bibliografía consultada

Clasificación de la madera	Nombre	Diámetro de la fresa	Velocidad de Corte (m/min)	Velocidad de Avance (mm/min)	Profundidad (mm)	Velocidad de giro(rpm)
Madera Blandas	Pino	3 mm	28	540	3	600
		4 mm	30	720	10	580
		5 mm	32	900	8	740
		6 mm	30	600	6	900
		8 mm	28	750	10	1200
	Cedro	3 mm	12	540	3	600
		4 mm	10	720	10	580
		5 mm	20	900	8	740
		6 mm	23	600	6	900
		8 mm	25	750	10	1200
	Nogal	3 mm	12	540	3	600
		4 mm	10	720	10	580
		5 mm	20	900	8	740
		6 mm	23	600	6	900
		8 mm	25	750	10	1200

Elaborador por: Falconí, Jorge (2023).

Fuente: Configuración de parámetros, forma de uso y utilidad de la maquina fresadora CNC en la fabricación de aspas y moldes en madera, en el taller de máquinas y herramientas de la UPTC, seccional Duitama. Aguilar, L. (2021)

Características del tipo de fresas a utilizar.

Las fresas utilizadas para trabajar la madera en la fabricación de muebles son las fresas HSS helicoidales positivas, las mismas realizan cortes progresivos y el espacio entre los dientes va a depender de la dureza del tipo de madera que se esté trabajando (madera blanda= mayor espacio, madera dura= menor espacio).



Imagen 9: Fresas HSS

Fuente: <https://es.aliexpress.com/item/4000030165899.html>.

Tabla 10: Características de las fresas.

Tipo de Fresas	Material	Dureza	Numero de cortes	Rugosidad máxima
HSS	Brocas comunes-cobalto	Alta	2	0,1 mm
Fresas de alta precisión HSS, D1-32MM, 2,3,4 flautas, dientes, modelo HSS Milling Cutter				

Elaborador por: Falconí, Jorge (2023).

Fuente: <https://es.aliexpress.com/item/4000030165899.html>.

Las fresas HSS que sus siglas significan High Speed Steel (acero de alta velocidad), son utilizadas para el proceso de mecanizado en las actividades de corte y perforar a través del desbaste y acabado.

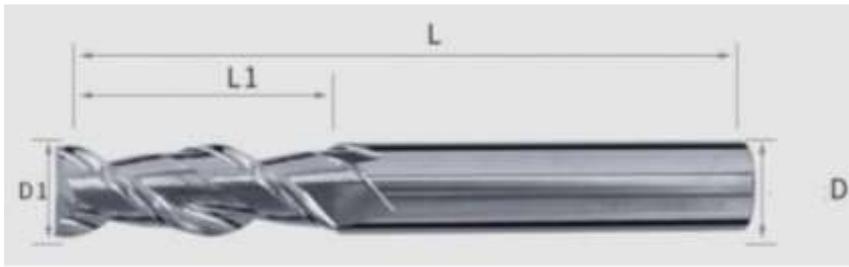


Imagen 10: Dimensiones de la fresa

Fuente: <https://es.aliexpress.com/item/4000030165899.html>.

Donde L es longitud total, L1 longitud de corte, D diámetro de corte y D1 diámetro de fresa.

3.1.4. Identificación de los parámetros de mecanizado.

En este apartado se definirá los parámetros de corte con los que se trabajará en el estudio.

Su definición y fórmulas de cálculo. Los mismos se exponen a continuación:

Tabla 11: Ecuaciones de Mecanizado

No.	PARÁMETROS	DEFINICIÓN	NOMECLATURA	FORMULA
1	Velocidad de corte	Es la velocidad aparente con que el filo realiza el proceso de mecanizado de la pieza	Vc: velocidad de corte N: velocidad de giro D: diámetro de la herramienta $\pi: 3,1416$	$Vc = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$
2	Velocidad de giro de la herramienta	Es la velocidad que depende del material de la pieza, del material de la herramienta, así como del diámetro de esta última	N: velocidad de giro Vc: velocidad de corte D: diámetro de la herramienta $\pi: 3,1416$	$N = \frac{1000Vc}{\pi D} \text{ rpm}$
3	Velocidad de avance	Velocidad que determina la distancia de sujeción de la herramienta en relación con la pieza de trabajo por unidad de tiempo	F: velocidad de avance en pulgadas o milímetros por minuto ft: avance en pulgadas o milímetros por diente Z: número de dientes o filos N: velocidad de giro	$F = ft * Z * N$
4	Profundidad de corte o de pasada	Distancia hasta dónde llega la herramienta de corte en la superficie de la pieza las veces que se pone en contacto con ella	p: profundidad de corte o de pasada la: longitud de corte efectiva Kr: ángulo de posición	$p = \frac{la}{\cos(kr)}$

5	Volumen de viruta arrancada	Se expresa centímetros cúbicos por minuto y es un dato necesario para conocer la potencia de la máquina y la vida útil de las herramientas de corte	Q: volumen de viruta arrancado por minuto Ac: ancho del corte p: profundidad de pasada f: velocidad de avance	$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right]$ $= \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$
---	-----------------------------	---	--	--

Elaborador por: Falconí, Jorge (2023).

Fuente: Configuración de parámetros, forma de uso y utilidad de la maquina fresadora CNC en la fabricación de aspas y moldes en madera, en el taller de máquinas y herramientas de la UPTC, seccional Duitama. Aguilar, L. (2021)

铣刀类型 Type of end mill	被加工材料 Material	1. 高强度钢 (抗拉强度在 100 - 140kg/mm ²) 2. 工具钢 3. 中强度不锈钢、钛合金		1. 高强度钢 (抗拉强度在 80 - 100kg/mm ²) 2. 纯钛 3. 合金结构钢		1. 中强度钢 (抗拉强度在 50 - 80kg/mm ²) 2. 锻制低碳钢 3. 铸钢、铜、铝合金 4. 硬黄铜、青铜	
		1. High tensile steel 100 - 140kg/mm ² 2. Tools steel 3. Medium strength stainless, titanium alloy	1. High tensile steel 80 - 100kg/mm ² 2. Pure titanium 3. Alloy structure steel	1. Medium tensile steel 50 - 80kg/mm ² 2. Gorging, mild steel 3. Castiron, copper, aluminum alloy 4. Hard brass and bronze			
	铣刀直径 Dia. of mills	转速/分 R/min	走刀量 Feed (mm/min)	转速/分 R/min	走刀量 Feed (mm/min)	转速/分 R/min	走刀量 Feed (mm/min)
	3	1500	45	2500	95	3500	160
	3.5	1250	45	2000	95	3000	160
	4	1000	47.5	1800	95	2800	190
	5	900	50	1400	100	2250	200
	6	710	60	1120	118	1800	200
	7	630	63	1000	125	1600	250
	8	560	75	900	150	1400	250
	9	500	80	800	160	1250	250

Imagen 11: Recomendaciones del proveedor

Fuente: <https://es.aliexpress.com/item/4000030165899.html>.

En base a la revisión bibliográfica realizada se identifican parámetros de corte recomendados por el proveedor, los mismos que servirán como punto de partida para desarrollo de las pruebas de ensayo.

3.1.5. Ensayos realizados en el PINO-CEDRO-NOGAL

➤ *Velocidad de corte*

A continuación, se realizan los cálculos de los parámetros de mecanizado para las maderas utilizadas en fresas HSS positivas helicoidales, de 3 mm, 4 mm, 5 mm, 6 mm y 8 mm respectivamente en maderas como Pino, Cedro y Nogal. Las pruebas se comenzarán a realizar con las velocidades de giro recomendadas por el proveedor.

➤ Cálculo de la *velocidad de corte* para fresas de 3 mm de diámetro en el Pino.

1- La primera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 1200 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 3 \text{ mm} \times 1200 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{11304}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 11,31 \text{ m/min}$$

2- La segunda prueba se realizó con una velocidad de giro de 1300 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 3 \text{ mm} \times 1300 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{12246}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 12,25 \text{ m/min}$$

3- La tercera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 1400 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 3 \text{ mm} \times 1400 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{13188}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 13,19 \text{ m/min}$$

4- La cuarta prueba se realizó con una velocidad de giro de 1500 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 3 \text{ mm} \times 1500 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{14130}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 14,14 \text{ m/min}$$

5- La quinta prueba se realizó con una velocidad de giro de 1600 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 3 \text{ mm} \times 1600 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{15072}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 15,08 \text{ m/min}$$

➤ Cálculo de la **velocidad de corte** para fresas de 3 mm de diámetro en el Cedro.

1- La primera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 1200 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 3 \text{ mm} \times 1200 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{11304}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 11,31 \text{ m/min}$$

2- La segunda prueba se realizó con una velocidad de giro de 1300 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 3 \text{ mm} \times 1300 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{12246}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 12,25 \text{ m/min}$$

3- La tercera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 1400 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 3 \text{ mm} \times 1400 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{13188}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 13,19 \text{ m/min}$$

4- La cuarta prueba se realizó con una velocidad de giro de 1500 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 3 \text{ mm} \times 1500 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{14130}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 14,14 \text{ m/min}$$

5- La quinta prueba se realizó con una velocidad de giro de 1600 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 3 \text{ mm} \times 1600 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{15072}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 15,08 \text{ m/min}$$

➤ Cálculo de la **velocidad de corte** para fresas de 3 mm de diámetro en el Nogal.

1- La primera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 1200 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 3 \text{ mm} \times 1200 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{11304}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 11,31 \text{ m/min}$$

2- La segunda prueba se realizó con una velocidad de giro de 1300 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 3 \text{ mm} \times 1300 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{12246}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 12,25 \text{ m/min}$$

3- La tercera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 1400 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 3 \text{ mm} \times 1400 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{13188}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 13,19 \text{ m/min}$$

4- La cuarta prueba se realizó con una velocidad de giro de 1500 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 3 \text{ mm} \times 1500 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{14130}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 14,14 \text{ m/min}$$

5- La quinta prueba se realizó con una velocidad de giro de 1600 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 3 \text{ mm} \times 1600 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{15072}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 15,08 \text{ m/min}$$

➤ Cálculo de la **velocidad de corte** para fresas de 4 mm de diámetro en el Pino.

1- La primera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 1000 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 4 \text{ mm} \times 1000 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{12560}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 12,57 \text{ m/min}$$

2- La segunda prueba se realizó con una velocidad de giro de 1100 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 4 \text{ mm} \times 1100 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{13816}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 13,82 \text{ m/min}$$

3- La tercera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 1200 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 4 \text{ mm} \times 1200 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{15072}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 15,08 \text{ m/min}$$

4- La cuarta prueba se realizó con una velocidad de giro de 1300 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 4 \text{ mm} \times 1300 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{16328}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 16,34 \text{ m/min}$$

5- La quinta prueba se realizó con una velocidad de giro de 1400 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 4 \text{ mm} \times 1400 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{17584}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 17,59 \text{ m/min}$$

➤ Cálculo de la **velocidad de corte** para fresas de 4 mm de diámetro en el Cedro.

1- La primera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 1000 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 4 \text{ mm} \times 1000 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{12560}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 12,57 \text{ m/min}$$

2- La segunda prueba se realizó con una velocidad de giro de 1100 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 4 \text{ mm} \times 1100 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{13816}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 13,82 \text{ m/min}$$

3- La tercera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 1200 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 4 \text{ mm} \times 1200 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{15072}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 15,08 \text{ m/min}$$

4- La cuarta prueba se realizó con una velocidad de giro de 1300 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 4 \text{ mm} \times 1300 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{16328}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 16,34 \text{ m/min}$$

5- La quinta prueba se realizó con una velocidad de giro de 1400 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 4 \text{ mm} \times 1400 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{17584}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 17,59 \text{ m/min}$$

➤ Cálculo de la **velocidad de corte** para fresas de 4 mm de diámetro en el Nogal.

1- La primera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 1000 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 4 \text{ mm} \times 1000 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{12560}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 12,57 \text{ m/min}$$

2- La segunda prueba se realizó con una velocidad de giro de 1100 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 4 \text{ mm} \times 1100 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{13816}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 13,82 \text{ m/min}$$

3- La tercera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 1200 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 4 \text{ mm} \times 1200 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{15072}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 15,08 \text{ m/min}$$

4- La cuarta prueba se realizó con una velocidad de giro de 1300 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 4 \text{ mm} \times 1300 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{16328}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 16,34 \text{ m/min}$$

5- La quinta prueba se realizó con una velocidad de giro de 1400 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 4 \text{ mm} \times 1400 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{17584}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 17,59 \text{ m/min}$$

➤ Cálculo de la **velocidad de corte** para fresas de 5 mm de diámetro en el Pino.

1- La primera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 900 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 5 \text{ mm} \times 900 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{14130}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 14,14 \text{ m/min}$$

2- La segunda prueba se realizó con una velocidad de giro de 1000 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 5 \text{ mm} \times 1000 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{15700}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 15,71 \text{ m/min}$$

3- La tercera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 1100 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 5 \text{ mm} \times 1100 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{17270}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 17,28 \text{ m/min}$$

4- La cuarta prueba se realizó con una velocidad de giro de 1200 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 5 \text{ mm} \times 1200 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{18840}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 18,85 \text{ m/min}$$

5- La quinta prueba se realizó con una velocidad de giro de 1300 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 5 \text{ mm} \times 1300 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{20410}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 20,42 \text{ m/min}$$

➤ Cálculo de la **velocidad de corte** para fresas de 5 mm de diámetro en el Cedro.

1- La primera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 900 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 5 \text{ mm} \times 900 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{14130}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 14,14 \text{ m/min}$$

2- La segunda prueba se realizó con una velocidad de giro de 1000 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 5 \text{ mm} \times 1000 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{15700}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 15,71 \text{ m/min}$$

3- La tercera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 1100 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 5 \text{ mm} \times 1100 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{17270}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 17,28 \text{ m/min}$$

4- La cuarta prueba se realizó con una velocidad de giro de 1200 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 5 \text{ mm} \times 1200 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{18840}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 18,85 \text{ m/min}$$

5- La quinta prueba se realizó con una velocidad de giro de 1300 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 5 \text{ mm} \times 1300 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{20410}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 20,42 \text{ m/min}$$

➤ Cálculo de la **velocidad de corte** para fresas de 5 mm de diámetro en el Nogal.

1- La primera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 900 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 5 \text{ mm} \times 900 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{14130}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 14,14 \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 5 \text{ mm} \times 1000 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{15700}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 15,71 \text{ m/min}$$

2- La tercera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 1100 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 5 \text{ mm} \times 1100 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{17270}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 17,28 \text{ m/min}$$

3- La cuarta prueba se realizó con una velocidad de giro de 1200 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 5 \text{ mm} \times 1200 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{18840}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 18,85 \text{ m/min}$$

4- La quinta prueba se realizó con una velocidad de giro de 1300 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 5 \text{ mm} \times 1300 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{20410}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 20,42 \text{ m/min}$$

➤ Cálculo de la **velocidad de corte** para fresas de 6 mm de diámetro en el Pino.

1- La primera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 710 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 6 \text{ mm} \times 710 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{13374}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 13,38 \text{ m/min}$$

2- La segunda prueba se realizó con una velocidad de giro de 800 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 6 \text{ mm} \times 800 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{15072}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 15,08 \text{ m/min}$$

3- La tercera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 900 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 6 \text{ mm} \times 900 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{16956}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 16,96 \text{ m/min}$$

4- La cuarta prueba se realizó con una velocidad de giro de 1000 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 6 \text{ mm} \times 1000 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{18840}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 18,85 \text{ m/min}$$

5- La quinta prueba se realizó con una velocidad de giro de 1100 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 6 \text{ mm} \times 1100 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{20724}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 20,73 \text{ m/min}$$

➤ Cálculo de la **velocidad de corte** para fresas de 6 mm de diámetro en el Cedro.

1- La primera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 710 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 6 \text{ mm} \times 710 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{13374}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 13,38 \text{ m/min}$$

2- La segunda prueba se realizó con una velocidad de giro de 800 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 6 \text{ mm} \times 800 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{15072}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 15,08 \text{ m/min}$$

3- La tercera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 900 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 6 \text{ mm} \times 900 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{16956}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 16,96 \text{ m/min}$$

4- La cuarta prueba se realizó con una velocidad de giro de 1000 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 6 \text{ mm} \times 1000 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{18840}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 18,85 \text{ m/min}$$

5- La quinta prueba se realizó con una velocidad de giro de 1100 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 6 \text{ mm} \times 1100 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{20724}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 20,73 \text{ m/min}$$

➤ Cálculo de la **velocidad de corte** para fresas de 6 mm de diámetro en el Nogal.

1- La primera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 710 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 6 \text{ mm} \times 710 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{13374}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 13,38 \text{ m/min}$$

2- La segunda prueba se realizó con una velocidad de giro de 800 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 6 \text{ mm} \times 800 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{15072}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 15,08 \text{ m/min}$$

3- La tercera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 900 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 6 \text{ mm} \times 900 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{16956}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 16,96 \text{ m/min}$$

4- La cuarta prueba se realizó con una velocidad de giro de 1000 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 6 \text{ mm} \times 1000 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{18840}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 18,85 \text{ m/min}$$

5- La quinta prueba se realizó con una velocidad de giro de 1100 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 6 \text{ mm} \times 1100 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{20724}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 20,73 \text{ m/min}$$

➤ Cálculo de la **velocidad de corte** para fresas de 8 mm de diámetro en el Pino.

1- La primera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 560 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 8 \text{ mm} \times 560 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{14067}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 14,07 \text{ m/min}$$

2- La segunda prueba se realizó con una velocidad de giro de 710 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 8 \text{ mm} \times 710 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{17835}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 17,84 \text{ m/min}$$

3- La tercera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 800 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 8 \text{ mm} \times 800 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{20096}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 20,11 \text{ m/min}$$

4- La cuarta prueba se realizó con una velocidad de giro de 900 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 8 \text{ mm} \times 900 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{22608}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 22,62 \text{ m/min}$$

5- La quinta prueba se realizó con una velocidad de giro de 1000 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 8 \text{ mm} \times 1000 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{25120}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 25,13 \text{ m/min}$$

➤ Cálculo de la **velocidad de corte** para fresas de 8 mm de diámetro en el Cedro.

1- La primera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 560 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 8 \text{ mm} \times 560 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{14067}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 14,07 \text{ m/min}$$

2- La segunda prueba se realizó con una velocidad de giro de 710 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 8 \text{ mm} \times 710 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{17835}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 17,84 \text{ m/min}$$

3- La tercera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 800 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 8 \text{ mm} \times 800 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{20096}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 20,11 \text{ m/min}$$

4- La cuarta prueba se realizó con una velocidad de giro de 900 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 8 \text{ mm} \times 900 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{22608}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 22,62 \text{ m/min}$$

5- La quinta prueba se realizó con una velocidad de giro de 1000 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 8 \text{ mm} \times 1000 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{25120}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 25,13 \text{ m/min}$$

➤ Cálculo de la **velocidad de corte** para fresas de 8 mm de diámetro en el Nogal.

1- La primera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 560 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 8 \text{ mm} \times 560 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{14067}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 14,07 \text{ m/min}$$

2- La segunda prueba se realizó con una velocidad de giro de 710 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 8 \text{ mm} \times 710 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{17835}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 17,84 \text{ m/min}$$

3- La tercera prueba realizada se ejecutó con una velocidad de giro de 800 Rpm.

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 8 \text{ mm} \times 800 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{20096}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 20,11 \text{ m/min}$$

4- La cuarta prueba se realizó con una velocidad de giro de 900 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 8 \text{ mm} \times 900 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{22608}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 22,62 \text{ m/min}$$

5- La quinta prueba se realizó con una velocidad de giro de 1000 Rpm.

$$V_c = \frac{3,14 \times 8 \text{ mm} \times 1000 \text{ Rpm}}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{25120}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_c = 25,13 \text{ m/min}$$

En la tabla a continuación se muestran los valores calculados en los diferentes tipos de fresas para cada tipo de madera, señalando las velocidades de giro, así como la longitud de corte para cada ensayo y el tiempo que duro la prueba.

Tabla 12: Ensayos velocidad de corte

Material	Diámetro de corte de la fresa (mm)	Dientes	Rpm	Velocidad de corte (m/min)	Longitud de corte (cm)	Tiempo de corte (min)
Pino	3	2	1200	11,31	3,50	1,05

	3	2	1300	12,25	4,00	1,55
	3	2	1400	13,19	4,50	1,50
	3	2	1500	14,14	5,00	1,02
	3	2	1600	15,08	5,50	0,50
Cedro	3	2	1200	11,31	3,50	1,20
	3	2	1300	12,25	4,00	1,10
	3	2	1400	13,19	4,50	1,00
	3	2	1500	14,14	5,00	0,45
	3	2	1600	15,08	5,50	0,30
Nogal	3	2	1200	11,31	3,50	1,03
	3	2	1300	12,25	4,00	1,15
	3	2	1400	13,19	4,50	1,27
	3	2	1500	14,14	5,00	0,48
	3	2	1600	15,08	5,50	0,40
Pino	4	2	1000	12,57	3,50	1,15
	4	2	1100	13,82	4,00	1,00
	4	2	1200	15,08	4,50	0,54
	4	2	1300	16,34	5,00	0,39
	4	2	1400	17,59	5,50	0,30
Cedro	4	2	1000	12,57	3,50	1,15
	4	2	1100	13,82	4,00	1,09
	4	2	1200	15,08	4,50	1,03
	4	2	1300	16,34	5,00	0,47
	4	2	1400	17,59	5,50	0,38
Nogal	4	2	1000	12,57	3,50	1,09
	4	2	1100	13,82	4,00	1,05
	4	2	1200	15,08	4,50	1,00
	4	2	1300	16,34	5,00	0,58
	4	2	1400	17,59	5,50	0,45
Pino	5	2	900	14,14	3,50	1,34
	5	2	1000	15,71	4,00	1,26
	5	2	1100	17,28	4,50	1,13
	5	2	1200	18,85	5,00	1,05
	5	2	1300	20,42	5,50	1,00
Cedro	5	2	900	14,14	3,50	1,20
	5	2	1000	15,71	4,00	1,10
	5	2	1100	17,28	4,50	1,04
	5	2	1200	18,85	5,00	1,00
	5	2	1300	20,42	5,50	0,49
Nogal	5	2	900	14,14	3,50	1,16
	5	2	1000	15,71	4,00	1,10

	5	2	1100	17,28	4,50	1,03
	5	2	1200	18,85	5,00	0,53
	5	2	1300	20,42	5,50	0,41
Pino	6	2	710	13,38	3,50	1,25
	6	2	800	15,08	4,00	1,15
	6	2	900	16,96	4,50	1,09
	6	2	1000	18,85	5,00	1,02
	6	2	1100	20,73	5,50	0,58
Cedro	6	2	710	13,38	3,50	1,35
	6	2	800	15,08	4,00	1,23
	6	2	900	16,96	4,50	1,13
	6	2	1000	18,85	5,00	1,08
	6	2	1100	20,73	5,50	1,00
Nogal	6	2	710	13,38	3,50	1,31
	6	2	800	15,08	4,00	1,24
	6	2	900	16,96	4,50	1,15
	6	2	1000	18,85	5,00	1,07
	6	2	1100	20,73	5,50	0,57
Pino	8	2	560	14,07	3,50	1,27
	8	2	710	17,84	4,00	1,18
	8	2	800	20,11	4,50	1,04
	8	2	900	22,62	5,00	1,00
	8	2	1000	25,13	5,50	0,57
Cedro	8	2	560	14,07	3,50	1,39
	8	2	710	17,84	4,00	1,29
	8	2	800	20,11	4,50	1,23
	8	2	900	22,62	5,00	1,14
	8	2	1000	25,13	5,50	1,00
Nogal	8	2	560	14,07	3,50	1,39
	8	2	710	17,84	4,00	1,29
	8	2	800	20,11	4,50	1,23
	8	2	900	22,62	5,00	1,18
	8	2	1000	25,13	5,50	1,03

Elaborado por: Falconí, Jorge (2023).

➤ *Velocidad de avance*

Para calcular la Velocidad de avance partimos con la información suministrada por la página TECNOCORTE que brinda información del avance por diente de los diferentes diámetros de fresas a utilizar y para el tipo de madera empleada.

Tabla 13: Avance de Pulgadas según proveedores.

TABLAS DE AVANCE POR DIENTE O CARGA DE VIRUTA, EN mm					
D. fresa (mm)	Madera dura (mm)	Madera blanda (mm)	DM/ MDF (mm)	Aglomerados/ Laminados HPL (mm)	Fenólicos duros (mm)
3	0,06-0,13	0,10-0,15	0,09-0,18	0,07-0,13	n/a
6	0,14-0,28	0,20-0,33	0,18-0,41	0,16-0,30	0,12-0,30
9	0,29-0,46	0,40-0,51	0,35-0,58	0,31-0,46	0,17-0,45
12 y +	0,40-0,54	0,53-0,59	0,50-0,69	0,42-0,64	0,27-0,56

Elaborado por: Falconí, Jorge (2023).

Fuente: www.tecnocorte.com

➤ Cálculo de la **Velocidad de avance** en fresas de 3 mm diámetros en el Pino.

- 1- La primera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,08 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1200 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,08 * 2 * 1200$$

$$F = 192 \text{ mm/min}$$

- 2- La segunda prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,10 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1300 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,10 * 2 * 1300$$

$$F = 260 \text{ mm/min}$$

- 3- La tercera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,12 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1400 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,12 * 2 * 1400$$

$$F = 336 \text{ mm/min}$$

- 4- La cuarta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,14 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1500 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,14 * 2 * 1500$$

$$F = 420 \text{ mm/min}$$

- 5- La quinta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,16 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1600 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,16 * 2 * 1600$$

$$F = 512 \text{ mm/min}$$

➤ Cálculo de la **Velocidad de avance** en fresas de 3 mm diámetros en el Cedro.

- 1- La primera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,08 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1200 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,08 * 2 * 1200$$

$$F = 192 \text{ mm/min}$$

- 2- La segunda prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,10 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1300 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,10 * 2 * 1300$$

$$F = 260 \text{ mm/min}$$

- 3- La tercera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,12 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1400 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,12 * 2 * 1400$$

$$F = 336 \text{ mm/min}$$

- 4- La cuarta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,14 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1500 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,14 * 2 * 1500$$

$$F = 420 \text{ mm/min}$$

- 5- La quinta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,16 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1600 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,16 * 2 * 1600$$

$$F = 512 \text{ mm/min}$$

➤ Cálculo de la **Velocidad de avance** en fresas de 3 mm diámetros en el Nogal.

- 1- La primera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,08 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1200 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,08 * 2 * 1200$$

$$F = 192 \text{ mm/min}$$

- 2- La segunda prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,10 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1300 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,10 * 2 * 1300$$

$$F = 260 \text{ mm/min}$$

- 3- La tercera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,12 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1400 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,12 * 2 * 1400$$

$$F = 336 \text{ mm/min}$$

- 4- La cuarta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,14 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1500 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,14 * 2 * 1500$$

$$F = 420 \text{ mm/min}$$

- 5- La quinta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,16 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera

blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1600 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$
$$F = 0,16 * 2 * 1600$$
$$F = 512 \text{ mm/min}$$

➤ Cálculo de la **Velocidad de avance** en fresas de 4 mm diámetros en Pino.

- 1- La primera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,08 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1000 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$
$$F = 0,08 * 2 * 1000$$
$$F = 160 \text{ mm/min}$$

- 2- La segunda prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,10 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1100 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$
$$F = 0,10 * 2 * 1100$$
$$F = 220 \text{ mm/min}$$

- 3- La tercera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,12 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1200 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$
$$F = 0,12 * 2 * 1200$$
$$F = 288 \text{ mm/min}$$

- 4- La cuarta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,14 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera

blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1300 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,14 * 2 * 1300$$

$$F = 364 \text{ mm/min}$$

- 5- La quinta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,16 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1400 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,16 * 2 * 1400$$

$$F = 448 \text{ mm/min}$$

➤ Cálculo de la **Velocidad de avance** en fresas de 4 mm diámetros en Cedro.

- 1- La primera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,08 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1000 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,08 * 2 * 1000$$

$$F = 160 \text{ mm/min}$$

- 2- La segunda prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,10 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1100 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,10 * 2 * 1000$$

$$F = 200 \text{ mm/min}$$

- 3- La tercera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,12 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera

blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1200 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,12 * 2 * 1200$$

$$F = 288 \text{ mm/min}$$

- 4- La cuarta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,14 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1300 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,14 * 2 * 1300$$

$$F = 364 \text{ mm/min}$$

- 5- La quinta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,16 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1400 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,16 * 2 * 1400$$

$$F = 448 \text{ mm/min}$$

➤ Cálculo de la **Velocidad de avance** en fresas de 4 mm diámetros en Nogal.

- 1- La primera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,08 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1000 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,08 * 2 * 1000$$

$$F = 160 \text{ mm/min}$$

- 2- La segunda prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,10 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera

blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1100 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,10 * 2 * 1000$$

$$F = 200 \text{ mm/min}$$

- 3- La tercera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,12 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1200 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,12 * 2 * 1200$$

$$F = 288 \text{ mm/min}$$

- 4- La cuarta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,14 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1300 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,14 * 2 * 1300$$

$$F = 364 \text{ mm/min}$$

- 5- La quinta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,16 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1400 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,16 * 2 * 1400$$

$$F = 448 \text{ mm/min}$$

➤ Cálculo de la **Velocidad de avance** en fresas de 5 mm diámetros en Pino.

- 1- La primera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,08 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 900 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,08 * 2 * 900$$

$$F = 144 \text{ mm/min}$$

- 2- La segunda prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,10 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1000 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,10 * 2 * 1000$$

$$F = 200 \text{ mm/min}$$

- 3- La tercera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,12 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1100 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,12 * 2 * 1100$$

$$F = 264 \text{ mm/min}$$

- 4- La cuarta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,14 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1200 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,14 * 2 * 1200$$

$$F = 336 \text{ mm/min}$$

- 5- La quinta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,16 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1300 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,16 * 2 * 1300$$

$$F = 416 \text{ mm/min}$$

➤ Cálculo de la *Velocidad de avance* en fresas de 5 mm diámetros en Cedro.

- 1- La primera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,08 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 900 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,08 * 2 * 900$$

$$F = 144 \text{ mm/min}$$

- 2- La segunda prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,10 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1000 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,10 * 2 * 1000$$

$$F = 200 \text{ mm/min}$$

- 3- La tercera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,12 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1100 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,12 * 2 * 1100$$

$$F = 264 \text{ mm/min}$$

- 4- La cuarta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,14 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1200 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,14 * 2 * 1200$$

$$F = 336 \text{ mm/min}$$

- 5- La quinta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,16 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1300 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$
$$F = 0,16 * 2 * 1300$$
$$F = 416 \text{ mm/min}$$

➤ Cálculo de la **Velocidad de avance** en fresas de 5 mm diámetros en Nogal.

- 1- La primera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,08 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 900 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$
$$F = 0,08 * 2 * 900$$
$$F = 144 \text{ mm/min}$$

- 2- La segunda prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,10 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1000 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$
$$F = 0,10 * 2 * 1000$$
$$F = 200 \text{ mm/min}$$

- 3- La tercera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,12 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1100 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$
$$F = 0,12 * 2 * 1100$$
$$F = 264 \text{ mm/min}$$

- 4- La cuarta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,14 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1200 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$
$$F = 0,14 * 2 * 1200$$
$$F = 336 \text{ mm/min}$$

- 5- La quinta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,16 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1300 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$
$$F = 0,16 * 2 * 1300$$
$$F = 416 \text{ mm/min}$$

➤ Cálculo de la **Velocidad de avance** en fresas de 6 mm diámetros en el Pino.

- 1- La primera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,20 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 710 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$
$$F = 0,20 * 2 * 710$$
$$F = 284 \text{ mm/min}$$

- 2- La segunda prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,24 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 800 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$
$$F = 0,24 * 2 * 800$$
$$F = 384 \text{ mm/min}$$

- 3- La tercera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,28 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera

blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 900 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,28 * 2 * 900$$

$$F = 504 \text{ mm/min}$$

- 4- La cuarta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,32 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1000 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,32 * 2 * 1000$$

$$F = 640 \text{ mm/min}$$

- 5- La quinta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,36 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1100 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,36 * 2 * 1100$$

$$F = 792 \text{ mm/min}$$

➤ Cálculo de la **Velocidad de avance** en fresas de 6 mm diámetros en el Cedro.

- 1- La primera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,20 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 710 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,20 * 2 * 710$$

$$F = 284 \text{ mm/min}$$

- 2- La segunda prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,24 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera

blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 800 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,24 * 2 * 800$$

$$F = 384 \text{ mm/min}$$

- 3- La tercera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,28 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 900 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,28 * 2 * 900$$

$$F = 504 \text{ mm/min}$$

- 4- La cuarta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,32 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1000 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,32 * 2 * 1000$$

$$F = 640 \text{ mm/min}$$

- 5- La quinta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,36 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1100 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,36 * 2 * 1100$$

$$F = 792 \text{ mm/min}$$

➤ Cálculo de la **Velocidad de avance** en fresas de 6 mm diámetros en el Nogal.

- 1- La primera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,20 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 710 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,20 * 2 * 710$$

$$F = 284 \text{ mm/min}$$

- 2- La segunda prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,24 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 800 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,24 * 2 * 800$$

$$F = 384 \text{ mm/min}$$

- 3- La tercera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,28 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 900 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,28 * 2 * 900$$

$$F = 504 \text{ mm/min}$$

- 4- La cuarta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,32 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1000 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,32 * 2 * 1000$$

$$F = 640 \text{ mm/min}$$

- 5- La quinta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,36 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1100 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,36 * 2 * 1100$$

$$F = 792 \text{ mm/min}$$

➤ Cálculo de la *Velocidad de avance* en fresas de 8 mm diámetros en el Pino.

- 1- La primera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,20 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 560 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,20 * 2 * 560$$

$$F = 224 \text{ mm/min}$$

- 2- La segunda prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,24 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 710 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,24 * 2 * 710$$

$$F = 341 \text{ mm/min}$$

- 3- La tercera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,28 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 800 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,28 * 2 * 800$$

$$F = 448 \text{ mm/min}$$

- 4- La cuarta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,32 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 900 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,32 * 2 * 900$$

$$F = 576 \text{ mm/min}$$

- 5- La quinta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,36 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1000 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$
$$F = 0,36 * 2 * 1000$$
$$F = 720 \text{ mm/min}$$

➤ Cálculo de la **Velocidad de avance** en fresas de 8 mm diámetros en el Cedro.

- 1- La primera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,20 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 560 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$
$$F = 0,20 * 2 * 560$$
$$F = 224 \text{ mm/min}$$

- 2- La segunda prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,24 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 710 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$
$$F = 0,24 * 2 * 710$$
$$F = 341 \text{ mm/min}$$

- 3- La tercera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,28 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 800 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$
$$F = 0,28 * 2 * 800$$
$$F = 448 \text{ mm/min}$$

- 4- La cuarta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,32 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera

blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 900 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,32 * 2 * 900$$

$$F = 576 \text{ mm/min}$$

- 5- La quinta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,36 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1000 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,36 * 2 * 1000$$

$$F = 720 \text{ mm/min}$$

➤ Cálculo de la **Velocidad de avance** en fresas de 8 mm diámetros en el Nogal.

- 1- La primera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,20 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 560 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,20 * 2 * 560$$

$$F = 224 \text{ mm/min}$$

- 2- La segunda prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,24 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 710 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,24 * 2 * 710$$

$$F = 341 \text{ mm/min}$$

- 3- La tercera prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,28 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 800 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,28 * 2 * 800$$

$$F = 448 \text{ mm/min}$$

- 4- La cuarta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,32 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 900 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,32 * 2 * 900$$

$$F = 576 \text{ mm/min}$$

- 5- La quinta prueba se ejecutó aplicando un avance de pulgadas de 0,36 mm utilizando una herramienta con 2 dientes ya que estamos tratando con madera blanda, la velocidad de giro la seguimos manteniendo de las pruebas anteriores de 1000 Rpm.

$$F = ft * Z * N$$

$$F = 0,36 * 2 * 1000$$

$$F = 720 \text{ mm/min}$$

En la tabla a continuación se detallan los valores de la velocidad de avance calculada para los diferentes tipos de fresa de 3,4,5,6 y 8 mm respetivamente en las maderas blandas trabajadas (Pino, Cedro y Nogal). Teniendo en cuenta para realizar este cálculo la longitud de corte, la cantidad dientes de la herramienta, así como el avance por diente y la longitud de corte.

Tabla 14: Ensayo velocidad de avance

Material	Diámetro de corte de la fresa (mm)	Rpm	Velocidad de corte (m/min)	Longitud de corte (cm)	Tiempo de corte (min)	Dientes	Avance por diente (mm)	Velocidad de avance (mm/min)
Pino	3	1200	11,31	3,50	1,05	2	0,08	192
	3	1300	12,25	4,00	1,55	2	0,1	260
	3	1400	13,19	4,50	1,50	2	0,12	336
	3	1500	14,14	5,00	1,02	2	0,14	420
	3	1600	15,08	5,50	0,50	2	0,16	512
Cedro	3	1200	11,31	3,50	1,20	2	0,08	192
	3	1300	12,25	4,00	1,10	2	0,1	260

	3	1400	13,19	4,50	1,00	2	0,12	336
	3	1500	14,14	5,00	0,45	2	0,14	420
	3	1600	15,08	5,50	0,30	2	0,16	512
Nogal	3	1200	11,31	3,50	1,03	2	0,08	192
	3	1300	12,25	4,00	1,15	2	0,1	260
	3	1400	13,19	4,50	1,27	2	0,12	336
	3	1500	14,14	5,00	0,48	2	0,14	420
	3	1600	15,08	5,50	0,40	2	0,16	512
Pino	4	1000	12,57	3,50	1,15	2	0,08	160
	4	1100	13,82	4,00	1,00	2	0,1	220
	4	1200	15,08	4,50	0,54	2	0,12	288
	4	1300	16,34	5,00	0,39	2	0,14	364
	4	1400	17,59	5,50	0,30	2	0,16	448
Cedro	4	1000	12,57	3,50	1,15	2	0,08	160
	4	1100	13,82	4,00	1,09	2	0,1	220
	4	1200	15,08	4,50	1,03	2	0,12	288
	4	1300	16,34	5,00	0,47	2	0,14	364
	4	1400	17,59	5,50	0,38	2	0,16	448
Nogal	4	1000	12,57	3,50	1,09	2	0,08	160
	4	1100	13,82	4,00	1,05	2	0,1	220
	4	1200	15,08	4,50	1,00	2	0,12	288
	4	1300	16,34	5,00	0,58	2	0,14	364
	4	1400	17,59	5,50	0,45	2	0,16	448
Pino	5	900	14,14	3,50	1,34	2	0,08	144
	5	1000	15,71	4,00	1,26	2	0,1	200
	5	1100	17,28	4,50	1,13	2	0,12	264
	5	1200	18,85	5,00	1,05	2	0,14	336
	5	1300	20,42	5,50	1,00	2	0,16	416
Cedro	5	900	14,14	3,50	1,20	2	0,08	144
	5	1000	15,71	4,00	1,10	2	0,1	200
	5	1100	17,28	4,50	1,04	2	0,12	264
	5	1200	18,85	5,00	1,00	2	0,14	336
	5	1300	20,42	5,50	0,49	2	0,16	416
Nogal	5	900	14,14	3,50	1,16	2	0,08	144
	5	1000	15,71	4,00	1,10	2	0,1	200
	5	1100	17,28	4,50	1,03	2	0,12	264
	5	1200	18,85	5,00	0,53	2	0,14	336
	5	1300	20,42	5,50	0,41	2	0,16	416
Pino	6	710	13,38	3,50	1,25	2	0,2	284
	6	800	15,08	4,00	1,15	2	0,24	384
	6	900	16,96	4,50	1,09	2	0,28	504

	6	1000	18,85	5,00	1,02	2	0,32	640
	6	1100	20,73	5,50	0,58	2	0,36	792
Cedro	6	710	13,38	3,50	1,35	2	0,2	284
	6	800	15,08	4,00	1,23	2	0,24	384
	6	900	16,96	4,50	1,13	2	0,28	504
	6	1000	18,85	5,00	1,08	2	0,32	640
	6	1100	20,73	5,50	1,00	2	0,36	792
Nogal	6	710	13,38	3,50	1,31	2	0,2	284
	6	800	15,08	4,00	1,24	2	0,24	384
	6	900	16,96	4,50	1,15	2	0,28	504
	6	1000	18,85	5,00	1,07	2	0,32	640
	6	1100	20,73	5,50	0,57	2	0,36	792
Pino	8	560	14,07	3,50	1,27	2	0,2	224
	8	710	17,84	4,00	1,18	2	0,24	340,8
	8	800	20,11	4,50	1,04	2	0,28	448
	8	900	22,62	5,00	1,00	2	0,32	576
	8	1000	25,13	5,50	0,57	2	0,36	720
Cedro	8	560	14,07	3,50	1,39	2	0,2	224
	8	710	17,84	4,00	1,29	2	0,24	340,8
	8	800	20,11	4,50	1,23	2	0,28	448
	8	900	22,62	5,00	1,14	2	0,32	576
	8	1000	25,13	5,50	1,00	2	0,36	720
Nogal	8	560	14,07	3,50	1,39	2	0,2	224
	8	710	17,84	4,00	1,29	2	0,24	340,8
	8	800	20,11	4,50	1,23	2	0,28	448
	8	900	22,62	5,00	1,18	2	0,32	576
	8	1000	25,13	5,50	1,03	2	0,36	720

Elaborado por: Falconí, Jorge (2023).

➤ ***Profundidad de corte***

Para el cálculo de la *profundidad de corte* se decide trabajar con un ángulo de posición de 45° ya que se asegura cortes radiales y axiales mejores equilibrados, asegurando así la utilización de menos potencia de la máquina.

➤ Cálculo de la ***Profundidad de corte*** para para fresas de 3 mm de diámetro en el Pino. La primera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 3,50 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{3,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 6,66 \text{ mm}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{4,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 7,61 \text{ mm}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{4,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 8,57 \text{ mm}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{5,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 9,52 \text{ mm}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{5,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 10,47 \text{ mm}$$

➤ Cálculo de la **Profundidad de corte** para para fresas de 3 mm de diámetro en el Cedro. La primera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 3,50 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{3,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 6,66 \text{ mm}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{4,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 7,61 \text{ mm}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{4,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 8,57 \text{ mm}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{5,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 9,52 \text{ mm}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{5,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 10,47 \text{ mm}$$

► Cálculo de la **Profundidad de corte** para para fresas de 3 mm de diámetro en el Nogal. La primera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 3,50 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{3,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 6,66 \text{ mm}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{4,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 7,61 \text{ mm}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{4,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 8,57 \text{ mm}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{5,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 9,52 \text{ mm}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{5,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 10,47 \text{ mm}$$

➤ Cálculo de la **Profundidad de corte** para para fresas de 4 mm de diámetro en el Pino. La primera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 3,50 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{3,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 6,66 \text{ mm}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{4,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 7,61 \text{ mm}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$
$$p = \frac{4,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$
$$p = 8,57 \text{ mm}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$
$$p = \frac{5,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$
$$p = 9,52 \text{ mm}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$
$$p = \frac{5,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$
$$p = 10,47 \text{ mm}$$

➤ Cálculo de la **Profundidad de corte** para para fresas de 4 mm de diámetro en el Cedro.
La primera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 3,50 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$
$$p = \frac{3,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$
$$p = 6,66 \text{ mm}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$
$$p = \frac{4,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$
$$p = 7,61 \text{ mm}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$
$$p = \frac{4,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$
$$p = 8,57 \text{ mm}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$
$$p = \frac{5,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$
$$p = 9,52 \text{ mm}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$
$$p = \frac{5,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$
$$p = 10,47 \text{ mm}$$

➤ Cálculo de la **Profundidad de corte** para para fresas de 4 mm de diámetro en el Nogal.

La primera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 3,50 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{3,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 6,66 \text{ mm}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{4,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 7,61 \text{ mm}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{4,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 8,57 \text{ mm}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{5,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 9,52 \text{ mm}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{5,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 10,47 \text{ mm}$$

➤ Cálculo de la **Profundidad de corte** para para fresas de 5 mm de diámetro en el Pino. La primera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 3,50 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{3,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 6,66 \text{ mm}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{4,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 7,61 \text{ mm}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{4,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 8,57 \text{ mm}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{5,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 9,52 \text{ mm}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{5,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 10,47 \text{ mm}$$

➤ Cálculo de la **Profundidad de corte** para para fresas de 5 mm de diámetro en el Cedro. La primera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 3,50 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{3,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 6,66 \text{ mm}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{4,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 7,61 \text{ mm}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{4,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 8,57 \text{ mm}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{5,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 9,52 \text{ mm}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{5,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 10,47 \text{ mm}$$

➤ Cálculo de la **Profundidad de corte** para para fresas de 5 mm de diámetro en el Nogal.

La primera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 3,50 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{3,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 6,66 \text{ mm}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{4,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 7,61 \text{ mm}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{4,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 8,57 \text{ mm}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{5,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 9,52 \text{ mm}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{5,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 10,47 \text{ mm}$$

➤ Cálculo de la **Profundidad de corte** para para fresas de 6 mm de diámetro en el Pino.

La primera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 3,50 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{3,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 6,66 \text{ mm}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{4,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 7,61 \text{ mm}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{4,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 8,57 \text{ mm}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{5,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 9,52 \text{ mm}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{5,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 10,47 \text{ mm}$$

➤ Cálculo de la **Profundidad de corte** para para fresas de 6 mm de diámetro en el Cedro. La primera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 3,50 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{3,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 6,66 \text{ mm}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{4,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 7,61 \text{ mm}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{4,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 8,57 \text{ mm}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{5,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 9,52 \text{ mm}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{5,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 10,47 \text{ mm}$$

➤ Cálculo de la **Profundidad de corte** para para fresas de 6 mm de diámetro en el Nogal. La primera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 3,50 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{3,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 6,66 \text{ mm}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{4,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 7,61 \text{ mm}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{4,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 8,57 \text{ mm}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{5,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 9,52 \text{ mm}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{5,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 10,47 \text{ mm}$$

➤ Cálculo de la **Profundidad de corte** para para fresas de 8 mm de diámetro en el Pino.

La primera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 3,50 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{3,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 6,66 \text{ mm}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{4,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 7,61 \text{ mm}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{4,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 8,57 \text{ mm}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{5,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 9,52 \text{ mm}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{5,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 10,47 \text{ mm}$$

➤ Cálculo de la **Profundidad de corte** para para fresas de 8 mm de diámetro en el Cedro.

La primera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 3,50 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{3,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 6,66 \text{ mm}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{4,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 7,61 \text{ mm}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{4,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 8,57 \text{ mm}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{5,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 9,52 \text{ mm}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{5,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 10,47 \text{ mm}$$

➤ Cálculo de la **Profundidad de corte** para para fresas de 8 mm de diámetro en el Nogal. La primera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 3,50 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{3,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 6,66 \text{ mm}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{4,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 7,61 \text{ mm}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 4,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos (kr)}$$

$$p = \frac{4,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 8,57 \text{ mm}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,0 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos(kr)}$$

$$p = \frac{5,0 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 9,52 \text{ mm}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una longitud de corte de 5,5 mm, y un ángulo de posición de 45°.

$$p = \frac{la}{\cos(kr)}$$

$$p = \frac{5,5 \text{ mm}}{\cos 45^\circ}$$

$$p = 10,47 \text{ mm}$$

En la tabla a continuación se detallan los valores de la profundidad de corte calculados, tomando como referencian un ángulo de posición de 45° y manteniendo la longitud utilizadas en las pruebas anteriores, además del tiempo de corte de los ensayos previos.

Tabla 15: Ensayo profundidad de corte

Material	Diámetro de corte de la fresa (mm)	Rpm	Velocidad de corte (m/min)	Longitud de corte (cm)	Tiempo de corte (min)	Dientes	Avance por diente (mm)	Velocidad de avance (mm/min)	Angulo de posición (°)	Profundidad de corte (mm)
Pino	3	1200	11,31	3,50	1,05	2	0,08	192	45	6,66
	3	1300	12,25	4,00	1,55	2	0,1	260	45	7,61
	3	1400	13,19	4,50	1,50	2	0,12	336	45	8,57
	3	1500	14,14	5,00	1,02	2	0,14	420	45	9,52
	3	1600	15,08	5,50	0,50	2	0,16	512	45	10,47
Cedro	3	1200	11,31	3,50	1,20	2	0,08	192	45	6,66
	3	1300	12,25	4,00	1,10	2	0,1	260	45	7,61
	3	1400	13,19	4,50	1,00	2	0,12	336	45	8,57
	3	1500	14,14	5,00	0,45	2	0,14	420	45	9,52
	3	1600	15,08	5,50	0,30	2	0,16	512	45	10,47
Nogal	3	1200	11,31	3,50	1,03	2	0,08	192	45	6,66
	3	1300	12,25	4,00	1,15	2	0,1	260	45	7,61
	3	1400	13,19	4,50	1,27	2	0,12	336	45	8,57
	3	1500	14,14	5,00	0,48	2	0,14	420	45	9,52
	3	1600	15,08	5,50	0,40	2	0,16	512	45	10,47
Pino	4	1000	12,57	3,50	1,15	2	0,08	160	45	6,66

	4	1100	13,82	4,00	1,00	2	0,1	220	45	7,61
	4	1200	15,08	4,50	0,54	2	0,12	288	45	8,57
	4	1300	16,34	5,00	0,39	2	0,14	364	45	9,52
	4	1400	17,59	5,50	0,30	2	0,16	448	45	10,47
Cedro	4	1000	12,57	3,50	1,15	2	0,08	160	45	6,66
	4	1100	13,82	4,00	1,09	2	0,1	220	45	7,61
	4	1200	15,08	4,50	1,03	2	0,12	288	45	8,57
	4	1300	16,34	5,00	0,47	2	0,14	364	45	9,52
	4	1400	17,59	5,50	0,38	2	0,16	448	45	10,47
Nogal	4	1000	12,57	3,50	1,09	2	0,08	160	45	6,66
	4	1100	13,82	4,00	1,05	2	0,1	220	45	7,61
	4	1200	15,08	4,50	1,00	2	0,12	288	45	8,57
	4	1300	16,34	5,00	0,58	2	0,14	364	45	9,52
	4	1400	17,59	5,50	0,45	2	0,16	448	45	10,47
Pino	5	900	14,14	3,50	1,34	2	0,08	144	45	6,66
	5	1000	15,71	4,00	1,26	2	0,1	200	45	7,61
	5	1100	17,28	4,50	1,13	2	0,12	264	45	8,57
	5	1200	18,85	5,00	1,05	2	0,14	336	45	9,52
	5	1300	20,42	5,50	1,00	2	0,16	416	45	10,47
Cedro	5	900	14,14	3,50	1,20	2	0,08	144	45	6,66
	5	1000	15,71	4,00	1,10	2	0,1	200	45	7,61
	5	1100	17,28	4,50	1,04	2	0,12	264	45	8,57
	5	1200	18,85	5,00	1,00	2	0,14	336	45	9,52
	5	1300	20,42	5,50	0,49	2	0,16	416	45	10,47
Nogal	5	900	14,14	3,50	1,16	2	0,08	144	45	6,66
	5	1000	15,71	4,00	1,10	2	0,1	200	45	7,61
	5	1100	17,28	4,50	1,03	2	0,12	264	45	8,57
	5	1200	18,85	5,00	0,53	2	0,14	336	45	9,52
	5	1300	20,42	5,50	0,41	2	0,16	416	45	10,47
Pino	6	710	13,38	3,50	1,25	2	0,2	284	45	6,66
	6	800	15,08	4,00	1,15	2	0,24	384	45	7,61
	6	900	16,96	4,50	1,09	2	0,28	504	45	8,57
	6	1000	18,85	5,00	1,02	2	0,32	640	45	9,52
	6	1100	20,73	5,50	0,58	2	0,36	792	45	10,47
Cedro	6	710	13,38	3,50	1,35	2	0,2	284	45	6,66
	6	800	15,08	4,00	1,23	2	0,24	384	45	7,61
	6	900	16,96	4,50	1,13	2	0,28	504	45	8,57
	6	1000	18,85	5,00	1,08	2	0,32	640	45	9,52
	6	1100	20,73	5,50	1,00	2	0,36	792	45	10,47
Nogal	6	710	13,38	3,50	1,31	2	0,2	284	45	6,66
	6	800	15,08	4,00	1,24	2	0,24	384	45	7,61

	6	900	16,96	4,50	1,15	2	0,28	504	45	8,57
	6	1000	18,85	5,00	1,07	2	0,32	640	45	9,52
	6	1100	20,73	5,50	0,57	2	0,36	792	45	10,47
Pino	8	560	14,07	3,50	1,27	2	0,2	224	45	6,66
	8	710	17,84	4,00	1,18	2	0,24	340,8	45	7,61
	8	800	20,11	4,50	1,04	2	0,28	448	45	8,57
	8	900	22,62	5,00	1,00	2	0,32	576	45	9,52
	8	1000	25,13	5,50	0,57	2	0,36	720	45	10,47
Cedro	8	560	14,07	3,50	1,39	2	0,2	224	45	6,66
	8	710	17,84	4,00	1,29	2	0,24	340,8	45	7,61
	8	800	20,11	4,50	1,23	2	0,28	448	45	8,57
	8	900	22,62	5,00	1,14	2	0,32	576	45	9,52
	8	1000	25,13	5,50	1,00	2	0,36	720	45	10,47
Nogal	8	560	14,07	3,50	1,39	2	0,2	224	45	6,66
	8	710	17,84	4,00	1,29	2	0,24	340,8	45	7,61
	8	800	20,11	4,50	1,23	2	0,28	448	45	8,57
	8	900	22,62	5,00	1,18	2	0,32	576	45	9,52
	8	1000	25,13	5,50	1,03	2	0,36	720	45	10,47

Elaborado por: Falconí, Jorge (2023).

➤ ***Volumen de viruta arrancada***

El ancho de corte o profundidad radial según lo recomendado por TECNOCORTE es del 60%-80% de diámetro de la fresa.

Tabla 16: Ancho de corte o profundidad radial

ANCHO DE CORTE O PROFUNDIDAD RADIAL					
D. Fresa	60%	65%	70%	75%	80%
3	1,80mm	1,95mm	2,10mm	2,25mm	2,40mm
4	2,40mm	2,60mm	2,80mm	3,00mm	3,20mm
5	3,00mm	3,25mm	3,50mm	3,75mm	4,00mm
6	3,60mm	3,90mm	4,20mm	4,50mm	4,80mm
8	4,80mm	5,20mm	5,60mm	6,00mm	6,40mm

Elaborado por: Falconí, Jorge (2023).

Fuente: www.tecnocorte.com

➤ Cálculo del ***Volumen de viruta arrancada*** en fresas de 3 mm de diámetros en Pino. La primera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 6,66 mm, con un ancho de corte de 1,80 mm, y una velocidad de avance 192 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{1,80 * 6,66 * 192}{1000}$$

$$Q = 2,30 \frac{cm^3}{min}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 7,61 mm, con un ancho de corte de 1,95 mm, y una velocidad de avance 260 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{1,95 * 7,61 * 260}{1000}$$

$$Q = 3,86 \frac{cm^3}{min}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 8,57 mm, con un ancho de corte de 2,10 mm, y una velocidad de avance 336 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{2,10 * 8,57 * 336}{1000}$$

$$Q = 6,04 \frac{cm^3}{min}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 9,52 mm, con un ancho de corte de 2,25 mm, y una velocidad de avance 420 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{2,25 * 9,52 * 420}{1000}$$

$$Q = 8,99 \frac{cm^3}{min}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 10,47 mm, con un ancho de corte de 2,40 mm, y una velocidad de avance 512 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{2,40 * 10,47 * 512}{1000}$$

$$Q = 12,87 \frac{cm^3}{min}$$

➤ Cálculo del **Volumen de viruta arrancada** en fresas de 3 mm de diámetros en Cedro. La primera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 6,66 mm, con un ancho de corte de 1,80 mm, y una velocidad de avance 192 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{1,80 * 6,66 * 192}{1000}$$

$$Q = 2,30 \frac{cm^3}{min}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 7,61 mm, con un ancho de corte de 1,95 mm, y una velocidad de avance 260 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{1,95 * 7,61 * 260}{1000}$$

$$Q = 3,86 \frac{cm^3}{min}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 8,57 mm, con un ancho de corte de 2,10 mm, y una velocidad de avance 336 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{2,10 * 8,57 * 336}{1000}$$

$$Q = 6,04 \frac{cm^3}{min}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 9,52 mm, con un ancho de corte de 2,25 mm, y una velocidad de avance 420 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{2,25 * 9,52 * 420}{1000}$$

$$Q = 8,99 \frac{cm^3}{min}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 10,47 mm, con un ancho de corte de 2,40 mm, y una velocidad de avance 512 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{2,40 * 10,47 * 512}{1000}$$

$$Q = 12,87 \frac{cm^3}{min}$$

➤ Cálculo del **Volumen de viruta arrancada** en fresas de 3 mm de diámetros en Nogal.

La primera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 6,66 mm, con un ancho de corte de 1,80 mm, y una velocidad de avance 192 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{1,80 * 6,66 * 192}{1000}$$

$$Q = 2,30 \frac{cm^3}{min}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 7,61 mm, con un ancho de corte de 1,95 mm, y una velocidad de avance 260 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{1,95 * 7,61 * 260}{1000}$$

$$Q = 3,86 \frac{cm^3}{min}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 8,57 mm, con un ancho de corte de 2,10 mm, y una velocidad de avance 336 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{2,10 * 8,57 * 336}{1000}$$

$$Q = 6,04 \frac{cm^3}{min}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 9,52 mm, con un ancho de corte de 2,25 mm, y una velocidad de avance 420 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{2,25 * 9,52 * 420}{1000}$$

$$Q = 8,99 \frac{cm^3}{min}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 10,47 mm, con un ancho de corte de 2,40 mm, y una velocidad de avance 512 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{2,40 * 10,47 * 512}{1000}$$

$$Q = 12,87 \frac{cm^3}{min}$$

➤ Cálculo del **Volumen de viruta arrancada** en fresas de 4 mm de diámetros en Pino.

La primera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 6,66 mm, con un ancho de corte de 2,40 mm, y una velocidad de avance 160 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{2,40 * 6,66 * 160}{1000}$$

$$Q = 2,56 \frac{cm^3}{min}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 7,61 mm, con un ancho de corte de 2,60 mm, y una velocidad de avance 220 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$
$$Q = \frac{2,60 * 7,61 * 220}{1000}$$
$$Q = 2,83 \frac{cm^3}{min}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 8,57 mm, con un ancho de corte de 2,80 mm, y una velocidad de avance 288 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$
$$Q = \frac{2,80 * 8,57 * 288}{1000}$$
$$Q = 6,91 \frac{cm^3}{min}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 9,52 mm, con un ancho de corte de 3,00 mm, y una velocidad de avance 364 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$
$$Q = \frac{3,00 * 9,52 * 364}{1000}$$
$$Q = 10,39 \frac{cm^3}{min}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 10,47 mm, con un ancho de corte de 3,20 mm, y una velocidad de avance 448 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$
$$Q = \frac{3,20 * 10,47 * 448}{1000}$$
$$Q = 15,01 \frac{cm^3}{min}$$

➤ Cálculo del **Volumen de viruta arrancada** en fresas de 4 mm de diámetros en Cedro. La primera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 6,66 mm, con un ancho de corte de 2,40 mm, y una velocidad de avance 160 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{2,40 * 6,66 * 160}{1000}$$

$$Q = 2,56 \frac{cm^3}{min}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 7,61 mm, con un ancho de corte de 2,60 mm, y una velocidad de avance 220 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{2,60 * 7,61 * 220}{1000}$$

$$Q = 2,83 \frac{cm^3}{min}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 8,57 mm, con un ancho de corte de 2,80 mm, y una velocidad de avance 288 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{2,80 * 8,57 * 288}{1000}$$

$$Q = 6,91 \frac{cm^3}{min}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 9,52 mm, con un ancho de corte de 3,00 mm, y una velocidad de avance 364 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{3,00 * 9,52 * 364}{1000}$$

$$Q = 10,39 \frac{cm^3}{min}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 10,47 mm, con un ancho de corte de 3,20 mm, y una velocidad de avance 448 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{3,20 * 20,47 * 448}{1000}$$

$$Q = 15,01 \frac{cm^3}{min}$$

➤ Cálculo del **Volumen de viruta arrancada** en fresas de 4 mm de diámetros en Nogal. La primera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 6,66 mm, con un ancho de corte de 2,40 mm, y una velocidad de avance 160 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{2,40 * 6,66 * 160}{1000}$$

$$Q = 2,56 \frac{cm^3}{min}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 7,61 mm, con un ancho de corte de 2,60 mm, y una velocidad de avance 220 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{2,60 * 7,61 * 220}{1000}$$

$$Q = 2,83 \frac{cm^3}{min}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 8,57 mm, con un ancho de corte de 2,80 mm, y una velocidad de avance 288 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{2,80 * 8,57 * 288}{1000}$$

$$Q = 6,91 \text{ cm}^3/\text{min}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 9,52 mm, con un ancho de corte de 3,00 mm, y una velocidad de avance 364 mm/min.

$$Q \left[\text{cm}^3/\text{min} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f[\text{mm}/\text{min}]}{1000 \left[\text{mm}^3/\text{cm}^3 \right]}$$

$$Q = \frac{3,00 * 9,52 * 364}{1000}$$

$$Q = 10,39 \text{ cm}^3/\text{min}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 10,47 mm, con un ancho de corte de 3,20 mm, y una velocidad de avance 448 mm/min.

$$Q \left[\text{cm}^3/\text{min} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f[\text{mm}/\text{min}]}{1000 \left[\text{mm}^3/\text{cm}^3 \right]}$$

$$Q = \frac{3,20 * 20,47 * 448}{1000}$$

$$Q = 15,01 \text{ cm}^3/\text{min}$$

➤ Cálculo del **Volumen de viruta arrancada** en fresas de 5 mm de diámetros en Pino.

La primera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 6,66 mm, con un ancho de corte de 3 mm, y una velocidad de avance 144 mm/min.

$$Q \left[\text{cm}^3/\text{min} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f[\text{mm}/\text{min}]}{1000 \left[\text{mm}^3/\text{cm}^3 \right]}$$

$$Q = \frac{3 * 6,66 * 144}{1000}$$

$$Q = 2,88 \text{ cm}^3/\text{min}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 7,61 mm, con un ancho de corte de 3,25 mm, y una velocidad de avance 200 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{3,25 * 7,61 * 200}{1000}$$

$$Q = 4,95 \frac{cm^3}{min}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 8,57 mm, con un ancho de corte de 3,50 mm, y una velocidad de avance 264 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{3,50 * 8,57 * 264}{1000}$$

$$Q = 7,92 \frac{cm^3}{min}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 9,52 mm, con un ancho de corte de 3,75 mm, y una velocidad de avance 336 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{3,75 * 9,52 * 336}{1000}$$

$$Q = 11,99 \frac{cm^3}{min}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 10,47 mm, con un ancho de corte de 4 mm, y una velocidad de avance 416 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{4 * 10,47 * 416}{1000}$$

$$Q = 17,42 \frac{cm^3}{min}$$

➤ Cálculo del **Volumen de viruta arrancada** en fresas de 5 mm de diámetros en Cedro.

La primera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 6,66 mm, con un ancho de corte de 3 mm, y una velocidad de avance 144 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{3 * 6,66 * 144}{1000}$$

$$Q = 2,88 \frac{cm^3}{min}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 7,61 mm, con un ancho de corte de 3,25 mm, y una velocidad de avance 200 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{3,25 * 7,61 * 200}{1000}$$

$$Q = 4,95 \frac{cm^3}{min}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 8,57 mm, con un ancho de corte de 3,50 mm, y una velocidad de avance 264 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{3,50 * 8,57 * 264}{1000}$$

$$Q = 7,92 \frac{cm^3}{min}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 9,52 mm, con un ancho de corte de 3,75 mm, y una velocidad de avance 336 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{3,75 * 9,52 * 336}{1000}$$

$$Q = 11,99 \frac{cm^3}{min}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 10,47 mm, con un ancho de corte de 4 mm, y una velocidad de avance 416 mm/min.

$$Q \left[\frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f \left[\frac{\text{mm}}{\text{min}} \right]}{1000 \left[\frac{\text{mm}^3}{\text{cm}^3} \right]}$$

$$Q = \frac{4 * 10,47 * 416}{1000}$$

$$Q = 17,42 \text{ cm}^3 / \text{min}$$

➤ Cálculo del **Volumen de viruta arrancada** en fresas de 5 mm de diámetros en Nogal. La primera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 6,66 mm, con un ancho de corte de 3 mm, y una velocidad de avance 144 mm/min.

$$Q \left[\frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f \left[\frac{\text{mm}}{\text{min}} \right]}{1000 \left[\frac{\text{mm}^3}{\text{cm}^3} \right]}$$

$$Q = \frac{3 * 6,66 * 144}{1000}$$

$$Q = 2,88 \text{ cm}^3 / \text{min}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 7,61 mm, con un ancho de corte de 3,25 mm, y una velocidad de avance 200 mm/min.

$$Q \left[\frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f \left[\frac{\text{mm}}{\text{min}} \right]}{1000 \left[\frac{\text{mm}^3}{\text{cm}^3} \right]}$$

$$Q = \frac{3,25 * 7,61 * 200}{1000}$$

$$Q = 4,95 \text{ cm}^3 / \text{min}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 8,57 mm, con un ancho de corte de 3,50 mm, y una velocidad de avance 264 mm/min.

$$Q \left[\frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f \left[\frac{\text{mm}}{\text{min}} \right]}{1000 \left[\frac{\text{mm}^3}{\text{cm}^3} \right]}$$

$$Q = \frac{3,50 * 8,57 * 264}{1000}$$

$$Q = 7,92 \text{ cm}^3 / \text{min}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 9,52 mm, con un ancho de corte de 3,75 mm, y una velocidad de avance 336 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{3,75 * 9,52 * 336}{1000}$$

$$Q = 11,99 \frac{cm^3}{min}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 10,47 mm, con un ancho de corte de 4 mm, y una velocidad de avance 416 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{4 * 10,47 * 416}{1000}$$

$$Q = 17,42 \frac{cm^3}{min}$$

► Cálculo del **Volumen de viruta arrancada** en fresas de 6 mm de diámetros en el Pino.

La primera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 6,66 mm, con un ancho de corte de 3,60 mm, y una velocidad de avance 284 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{3,60 * 6,66 * 284}{1000}$$

$$Q = 6,81 \frac{cm^3}{min}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 7,61 mm, con un ancho de corte de 3,90 mm, y una velocidad de avance 384 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$

$$Q = \frac{3,90 * 7,61 * 384}{1000}$$

$$Q = 11,40 \text{ cm}^3/\text{min}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 8,57 mm, con un ancho de corte de 4,20 mm, y una velocidad de avance 504 mm/min.

$$Q \left[\text{cm}^3/\text{min} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f[\text{mm}/\text{min}]}{1000 \left[\text{mm}^3/\text{cm}^3 \right]}$$

$$Q = \frac{4,20 * 8,57 * 504}{1000}$$

$$Q = 18,13 \text{ cm}^3/\text{min}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 9,52 mm, con un ancho de corte de 4,50 mm, y una velocidad de avance 640 mm/min.

$$Q \left[\text{cm}^3/\text{min} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f[\text{mm}/\text{min}]}{1000 \left[\text{mm}^3/\text{cm}^3 \right]}$$

$$Q = \frac{4,50 * 9,52 * 640}{1000}$$

$$Q = 27,41 \text{ cm}^3/\text{min}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 10,47 mm, con un ancho de corte de 4,80 mm, y una velocidad de avance 792 mm/min.

$$Q \left[\text{cm}^3/\text{min} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f[\text{mm}/\text{min}]}{1000 \left[\text{mm}^3/\text{cm}^3 \right]}$$

$$Q = \frac{4,80 * 10,47 * 792}{1000}$$

$$Q = 39,80 \text{ cm}^3/\text{min}$$

➤ Cálculo del **Volumen de viruta arrancada** en fresas de 6mm diámetros en el Cedro.

La primera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 6,66 mm, con un ancho de corte de 3,60 mm, y una velocidad de avance 284 mm/min.

$$Q \left[\text{cm}^3/\text{min} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f[\text{mm}/\text{min}]}{1000 \left[\text{mm}^3/\text{cm}^3 \right]}$$

$$Q = \frac{3,60 * 6,66 * 284}{1000}$$

$$Q = 6,81 \text{ cm}^3/\text{min}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 7,61 mm, con un ancho de corte de 3,90 mm, y una velocidad de avance 384 mm/min.

$$Q \left[\text{cm}^3/\text{min} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f[\text{mm}/\text{min}]}{1000 \left[\text{mm}^3/\text{cm}^3 \right]}$$

$$Q = \frac{3,90 * 7,61 * 384}{1000}$$

$$Q = 11,40 \text{ cm}^3/\text{min}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 8,57 mm, con un ancho de corte de 4,20 mm, y una velocidad de avance 504 mm/min.

$$Q \left[\text{cm}^3/\text{min} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f[\text{mm}/\text{min}]}{1000 \left[\text{mm}^3/\text{cm}^3 \right]}$$

$$Q = \frac{4,20 * 8,57 * 504}{1000}$$

$$Q = 18,13 \text{ cm}^3/\text{min}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 9,52 mm, con un ancho de corte de 4,50 mm, y una velocidad de avance 640 mm/min.

$$Q \left[\text{cm}^3/\text{min} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f[\text{mm}/\text{min}]}{1000 \left[\text{mm}^3/\text{cm}^3 \right]}$$

$$Q = \frac{4,50 * 9,52 * 640}{1000}$$

$$Q = 27,41 \text{ cm}^3/\text{min}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 10,47 mm, con un ancho de corte de 4,80 mm, y una velocidad de avance 792 mm/min.

$$Q \left[\text{cm}^3/\text{min} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f[\text{mm}/\text{min}]}{1000 \left[\text{mm}^3/\text{cm}^3 \right]}$$

$$Q = \frac{4,80 * 10,47 * 792}{1000}$$

$$Q = 39,80 \text{ cm}^3/\text{min}$$

➤ Cálculo del *Volumen de viruta arrancada* en fresas de 6 mm de diámetros en el Nogal.

La primera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 6,66 mm, con un ancho de corte de 3,60 mm, y una velocidad de avance 284 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$
$$Q = \frac{3,60 * 6,66 * 284}{1000}$$
$$Q = 6,81 \frac{cm^3}{min}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 7,61 mm, con un ancho de corte de 3,90 mm, y una velocidad de avance 384 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$
$$Q = \frac{3,90 * 7,61 * 384}{1000}$$
$$Q = 11,40 \frac{cm^3}{min}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 8,57 mm, con un ancho de corte de 4,20 mm, y una velocidad de avance 504 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$
$$Q = \frac{4,20 * 8,57 * 504}{1000}$$
$$Q = 18,13 \frac{cm^3}{min}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 9,52 mm, con un ancho de corte de 4,50 mm, y una velocidad de avance 640 mm/min.

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] * p[mm] * f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \left[\frac{mm^3}{cm^3} \right]}$$
$$Q = \frac{4,50 * 9,52 * 640}{1000}$$

$$Q = 27,41 \text{ cm}^3/\text{min}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 10,47 mm, con un ancho de corte de 4,80 mm, y una velocidad de avance 792 mm/min.

$$Q \left[\text{cm}^3/\text{min} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f[\text{mm}/\text{min}]}{1000 \left[\text{mm}^3/\text{cm}^3 \right]}$$

$$Q = \frac{24,80 * 10,47 * 792}{1000}$$

$$Q = 39,80 \text{ cm}^3/\text{min}$$

➤ Cálculo del **Volumen de viruta arrancada** en fresas de 8 mm de diámetros en el Pino.

La primera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 6,66 mm, con un ancho de corte de 4,80 mm, y una velocidad de avance 224 mm/min.

$$Q \left[\text{cm}^3/\text{min} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f[\text{mm}/\text{min}]}{1000 \left[\text{mm}^3/\text{cm}^3 \right]}$$

$$Q = \frac{4,80 * 6,66 * 224}{1000}$$

$$Q = 7,16 \text{ cm}^3/\text{min}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 7,61 mm, con un ancho de corte de 5,20 mm, y una velocidad de avance 341 mm/min.

$$Q \left[\text{cm}^3/\text{min} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f[\text{mm}/\text{min}]}{1000 \left[\text{mm}^3/\text{cm}^3 \right]}$$

$$Q = \frac{5,20 * 7,61 * 341}{1000}$$

$$Q = 13,49 \text{ cm}^3/\text{min}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 8,57 mm, con un ancho de corte de 5,60 mm, y una velocidad de avance 448 mm/min.

$$Q \left[\text{cm}^3/\text{min} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f[\text{mm}/\text{min}]}{1000 \left[\text{mm}^3/\text{cm}^3 \right]}$$

$$Q = \frac{5,60 * 8,57 * 448}{1000}$$

$$Q = 21,49 \text{ cm}^3/\text{min}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 9,52 mm, con un ancho de corte de 6,00 mm, y una velocidad de avance 576 mm/min.

$$Q \left[\text{cm}^3/\text{min} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f[\text{mm}/\text{min}]}{1000 \left[\text{mm}^3/\text{cm}^3 \right]}$$

$$Q = \frac{6,00 * 9,52 * 576}{1000}$$

$$Q = 32,89 \text{ cm}^3/\text{min}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 10,47 mm, con un ancho de corte de 6,40 mm, y una velocidad de avance 720 mm/min.

$$Q \left[\text{cm}^3/\text{min} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f[\text{mm}/\text{min}]}{1000 \left[\text{mm}^3/\text{cm}^3 \right]}$$

$$Q = \frac{6,40 * 10,47 * 720}{1000}$$

$$Q = 48,24 \text{ cm}^3/\text{min}$$

➤ Cálculo del *Volumen de viruta arrancada* en fresas de 8 mm de diámetros en el Cedro.

La primera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 6,66 mm, con un ancho de corte de 4,80 mm, y una velocidad de avance 224 mm/min.

$$Q \left[\text{cm}^3/\text{min} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f[\text{mm}/\text{min}]}{1000 \left[\text{mm}^3/\text{cm}^3 \right]}$$

$$Q = \frac{4,80 * 6,66 * 224}{1000}$$

$$Q = 7,16 \text{ cm}^3/\text{min}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 7,61 mm, con un ancho de corte de 5,20 mm, y una velocidad de avance 341 mm/min.

$$Q \left[\text{cm}^3/\text{min} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f[\text{mm}/\text{min}]}{1000 \left[\text{mm}^3/\text{cm}^3 \right]}$$

$$Q = \frac{5,20 * 7,61 * 341}{1000}$$

$$Q = 13,49 \text{ cm}^3/\text{min}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 8,57 mm, con un ancho de corte de 5,60 mm, y una velocidad de avance 448 mm/min.

$$Q \left[\text{cm}^3/\text{min} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f[\text{mm}/\text{min}]}{1000 \left[\text{mm}^3/\text{cm}^3 \right]}$$

$$Q = \frac{5,60 * 8,57 * 448}{1000}$$

$$Q = 21,49 \text{ cm}^3/\text{min}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 9,52 mm, con un ancho de corte de 6,00 mm, y una velocidad de avance 576 mm/min.

$$Q \left[\text{cm}^3/\text{min} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f[\text{mm}/\text{min}]}{1000 \left[\text{mm}^3/\text{cm}^3 \right]}$$

$$Q = \frac{6,00 * 9,52 * 576}{1000}$$

$$Q = 32,89 \text{ cm}^3/\text{min}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 10,47 mm, con un ancho de corte de 6,40 mm, y una velocidad de avance 720 mm/min.

$$Q \left[\text{cm}^3/\text{min} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f[\text{mm}/\text{min}]}{1000 \left[\text{mm}^3/\text{cm}^3 \right]}$$

$$Q = \frac{6,40 * 10,47 * 720}{1000}$$

$$Q = 48,24 \text{ cm}^3/\text{min}$$

➤ Cálculo del **Volumen de viruta arrancada** en fresas de 8 mm de diámetros en el Nogal.

La primera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 6,66 mm, con un ancho de corte de 4,80 mm, y una velocidad de avance 224 mm/min.

$$Q \left[\text{cm}^3/\text{min} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f[\text{mm}/\text{min}]}{1000 \left[\text{mm}^3/\text{cm}^3 \right]}$$

$$Q = \frac{4,80 * 6,66 * 224}{1000}$$

$$Q = 7,16 \text{ cm}^3/\text{min}$$

La segunda prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 7,61 mm, con un ancho de corte de 5,20 mm, y una velocidad de avance 341 mm/min.

$$Q \left[\text{cm}^3/\text{min} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f[\text{mm}/\text{min}]}{1000 \left[\text{mm}^3/\text{cm}^3 \right]}$$

$$Q = \frac{5,20 * 7,61 * 341}{1000}$$

$$Q = 13,49 \text{ cm}^3/\text{min}$$

La tercera prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 8,57 mm, con un ancho de corte de 5,60 mm, y una velocidad de avance 448 mm/min.

$$Q \left[\text{cm}^3/\text{min} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f[\text{mm}/\text{min}]}{1000 \left[\text{mm}^3/\text{cm}^3 \right]}$$

$$Q = \frac{5,60 * 8,57 * 448}{1000}$$

$$Q = 21,49 \text{ cm}^3/\text{min}$$

La cuarta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 9,52 mm, con un ancho de corte de 6,00 mm, y una velocidad de avance 576 mm/min.

$$Q \left[\text{cm}^3/\text{min} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f[\text{mm}/\text{min}]}{1000 \left[\text{mm}^3/\text{cm}^3 \right]}$$

$$Q = \frac{6,00 * 9,52 * 576}{1000}$$

$$Q = 32,89 \text{ cm}^3/\text{min}$$

La quinta prueba se ejecutó utilizando una profundidad de pasada de 10,47 mm, con un ancho de corte de 6,40 mm, y una velocidad de avance 720 mm/min.

$$Q \left[\text{cm}^3/\text{min} \right] = \frac{Ac[\text{mm}] * p[\text{mm}] * f[\text{mm}/\text{min}]}{1000 \left[\text{mm}^3/\text{cm}^3 \right]}$$

$$Q = \frac{6,40 * 10,47 * 720}{1000}$$

$$Q = 48,24 \text{ cm}^3/\text{min}$$

En la tabla a continuación se detallan los valores calculados del volumen de viruta arrancada en cada ensayo , tomando como referencia la profundidad de pasada por proveedores como se especifica al inicio de las pruebas , y la velocidad de avance previamente calculadas.

Tabla 17: Ensayo Volumen de viruta arrancada

Material	Diámetro de corte de la fresa (mm)	Rpm	Velocidad de corte (m/min)	Longitud de corte (cm)	Tiempo de corte (min)	Dientes	Avance por diente (mm)	Velocidad de avance (mm/min)	Angulo de posición (°)	Profundidad de corte (mm)	Ancho de corte (mm)	Volumen de viruta arrancada (cm ³ /min)
Pino	3	1200	11,31	3,50	1,05	2	0,08	192	45	6,66	1,8	2,30
	3	1300	12,25	4,00	1,55	2	0,1	260	45	7,61	1,95	3,86
	3	1400	13,19	4,50	1,50	2	0,12	336	45	8,57	2,1	6,04
	3	1500	14,14	5,00	1,02	2	0,14	420	45	9,52	2,25	8,99
	3	1600	15,08	5,50	0,50	2	0,16	512	45	10,47	2,4	12,87
Cedro	3	1200	11,31	3,50	1,20	2	0,08	192	45	6,66	1,8	2,30
	3	1300	12,25	4,00	1,10	2	0,1	260	45	7,61	1,95	3,86
	3	1400	13,19	4,50	1,00	2	0,12	336	45	8,57	2,1	6,04
	3	1500	14,14	5,00	0,45	2	0,14	420	45	9,52	2,25	8,99
	3	1600	15,08	5,50	0,30	2	0,16	512	45	10,47	2,4	12,87
Nogal	3	1200	11,31	3,50	1,03	2	0,08	192	45	6,66	1,8	2,30
	3	1300	12,25	4,00	1,15	2	0,1	260	45	7,61	1,95	3,86
	3	1400	13,19	4,50	1,27	2	0,12	336	45	8,57	2,1	6,04
	3	1500	14,14	5,00	0,48	2	0,14	420	45	9,52	2,25	8,99
	3	1600	15,08	5,50	0,40	2	0,16	512	45	10,47	2,4	12,87
Pino	4	1000	12,57	3,50	1,15	2	0,08	160	45	6,66	2,4	2,56
	4	1100	13,82	4,00	1,00	2	0,1	220	45	7,61	2,6	4,36
	4	1200	15,08	4,50	0,54	2	0,12	288	45	8,57	2,8	6,91
	4	1300	16,34	5,00	0,39	2	0,14	364	45	9,52	3	10,39
	4	1400	17,59	5,50	0,30	2	0,16	448	45	10,47	3,2	15,01
Cedro	4	1000	12,57	3,50	1,15	2	0,08	160	45	6,66	2,4	2,56
	4	1100	13,82	4,00	1,09	2	0,1	220	45	7,61	2,6	4,36
	4	1200	15,08	4,50	1,03	2	0,12	288	45	8,57	2,8	6,91
	4	1300	16,34	5,00	0,47	2	0,14	364	45	9,52	3	10,39
	4	1400	17,59	5,50	0,38	2	0,16	448	45	10,47	3,2	15,01
Nogal	4	1000	12,57	3,50	1,09	2	0,08	160	45	6,66	2,4	2,56
	4	1100	13,82	4,00	1,05	2	0,1	220	45	7,61	2,6	4,36
	4	1200	15,08	4,50	1,00	2	0,12	288	45	8,57	2,8	6,91
	4	1300	16,34	5,00	0,58	2	0,14	364	45	9,52	3	10,39
	4	1400	17,59	5,50	0,45	2	0,16	448	45	10,47	3,2	15,01
Pino	5	900	14,14	3,50	1,34	2	0,08	144	45	6,66	3	2,88

	5	1000	15,71	4,00	1,26	2	0,1	200	45	7,61	3,25	4,95
	5	1100	17,28	4,50	1,13	2	0,12	264	45	8,57	3,5	7,92
	5	1200	18,85	5,00	1,05	2	0,14	336	45	9,52	3,75	11,99
	5	1300	20,42	5,50	1,00	2	0,16	416	45	10,47	4	17,42
Cedro	5	900	14,14	3,50	1,20	2	0,08	144	45	6,66	3	2,88
	5	1000	15,71	4,00	1,10	2	0,1	200	45	7,61	3,25	4,95
	5	1100	17,28	4,50	1,04	2	0,12	264	45	8,57	3,5	7,92
	5	1200	18,85	5,00	1,00	2	0,14	336	45	9,52	3,75	11,99
	5	1300	20,42	5,50	0,49	2	0,16	416	45	10,47	4	17,42
Nogal	5	900	14,14	3,50	1,16	2	0,08	144	45	6,66	3	2,88
	5	1000	15,71	4,00	1,10	2	0,1	200	45	7,61	3,25	4,95
	5	1100	17,28	4,50	1,03	2	0,12	264	45	8,57	3,5	7,92
	5	1200	18,85	5,00	0,53	2	0,14	336	45	9,52	3,75	11,99
	5	1300	20,42	5,50	0,41	2	0,16	416	45	10,47	4	17,42
Pino	6	710	13,38	3,50	1,25	2	0,2	284	45	6,66	3,6	6,81
	6	800	15,08	4,00	1,15	2	0,24	384	45	7,61	3,9	11,40
	6	900	16,96	4,50	1,09	2	0,28	504	45	8,57	4,2	18,13
	6	1000	18,85	5,00	1,02	2	0,32	640	45	9,52	4,5	27,41
	6	1100	20,73	5,50	0,58	2	0,36	792	45	10,47	4,8	39,80
Cedro	6	710	13,38	3,50	1,35	2	0,2	284	45	6,66	3,6	6,81
	6	800	15,08	4,00	1,23	2	0,24	384	45	7,61	3,9	11,40
	6	900	16,96	4,50	1,13	2	0,28	504	45	8,57	4,2	18,13
	6	1000	18,85	5,00	1,08	2	0,32	640	45	9,52	4,5	27,41
	6	1100	20,73	5,50	1,00	2	0,36	792	45	10,47	4,8	39,80
Nogal	6	710	13,38	3,50	1,31	2	0,2	284	45	6,66	3,6	6,81
	6	800	15,08	4,00	1,24	2	0,24	384	45	7,61	3,9	11,40
	6	900	16,96	4,50	1,15	2	0,28	504	45	8,57	4,2	18,13
	6	1000	18,85	5,00	1,07	2	0,32	640	45	9,52	4,5	27,41
	6	1100	20,73	5,50	0,57	2	0,36	792	45	10,47	4,8	39,80
Pino	8	560	14,07	3,50	1,27	2	0,2	224	45	6,66	4,8	7,16
	8	710	17,84	4,00	1,18	2	0,24	340,8	45	7,61	5,2	13,49
	8	800	20,11	4,50	1,04	2	0,28	448	45	8,57	5,6	21,49
	8	900	22,62	5,00	1,00	2	0,32	576	45	9,52	6	32,89
	8	1000	25,13	5,50	0,57	2	0,36	720	45	10,47	6,4	48,24
Cedro	8	560	14,07	3,50	1,39	2	0,2	224	45	6,66	4,8	7,16
	8	710	17,84	4,00	1,29	2	0,24	340,8	45	7,61	5,2	13,49
	8	800	20,11	4,50	1,23	2	0,28	448	45	8,57	5,6	21,49
	8	900	22,62	5,00	1,14	2	0,32	576	45	9,52	6	32,89
	8	1000	25,13	5,50	1,00	2	0,36	720	45	10,47	6,4	48,24
Nogal	8	560	14,07	3,50	1,39	2	0,2	224	45	6,66	4,8	7,16
	8	710	17,84	4,00	1,29	2	0,24	340,8	45	7,61	5,2	13,49

8	800	20,11	4,50	1,23	2	0,28	448	45	8,57	5,6	21,49
8	900	22,62	5,00	1,18	2	0,32	576	45	9,52	6	32,89
8	1000	25,13	5,50	1,03	2	0,36	720	45	10,47	6,4	48,24

Elaborado por: Falconí, Jorge (2023).

En la tabla que se expone a continuación se detallan todos los valores de los parámetros calculados, en el apartado de observaciones se describen los resultados obtenidos en cada prueba , y en base al resultado de la pieza, el tiempo de corte y la vida útil de la herramienta se decide tomar los valores que serán los parámetros idóneos para el proceso de fresado en las diferentes fresas según el tipo de madera. Cabe destacar que los valores señalados en amarillo son los parámetros seleccionados como los mas eficientes.

Tabla 18: Ensayos de los parámetros de corte para madera (Pino, Cedro y Nogal)

Material	Diámetro de corte de la fresa (mm)	Rpm	Velocidad de corte (m/min)	Longitud de corte (cm)	Tiempo de corte (min)	Dientes	Avance por diente (mm)	Velocidad de avance (mm/min)	Angulo de posición (°)	Profundidad de corte (mm)	Ancho de corte (mm)	Volumen de viruta arrancada (cm ³ /min)	Resultado
Pino	3	1200	11,31	3,50	1,05	2	0,08	192	45	6,66	1,8	2,30	Mejor acabado de la pieza y rugosidad, buen control de viruta y tiempo de corte, menor área de corte, alta potencia y vida útil de la herramienta
	3	1300	12,25	4,00	1,55	2	0,1	260	45	7,61	1,95	3,86	Acabado de la pieza aceptable, mayor duración del tiempo de mecanizado, menor área de corte, baja potencia de la herramienta.
	3	1400	13,19	4,50	1,50	2	0,12	336	45	8,57	2,1	6,04	Cortes irregulares, menor desgaste de la herramienta, incremento de la rugosidad, baja potencia de la herramienta.
	3	1500	14,14	5,00	1,02	2	0,14	420	45	9,52	2,25	8,99	Se observa un desgaste prematuro de la herramienta, desgaste acelerado de la herramienta de corte, incremento de la rugosidad, potencia de la herramienta de corte aceptable.
	3	1600	15,08	5,50	0,50	2	0,16	512	45	10,47	2,4	12,87	Se dañó la herramienta de corte (filo recrecido) ,mayor fuerza para la eliminación de virutas, baja potencia de la herramienta.

Cedro	3	1200	11,31	3,50	1,20	2	0,08	192	45	6,66	1,8	2,30	Acabado de la pieza aceptable, menor desgaste de la herramienta, menor área de corte, potencia de la herramienta de corte aceptable.
	3	1300	12,25	4,00	1,10	2	0,1	260	45	7,61	1,95	3,86	Acabado de la pieza aceptable, menor desgaste de la herramienta, menor área de corte, potencia de la herramienta de corte aceptable.
	3	1400	13,19	4,50	1,00	2	0,12	336	45	8,57	2,1	6,04	Mejor acabado de la pieza y rugosidad, buen control de viruta y tiempo de corte, incremento de la rugosidad, alta potencia y vida útil de la herramienta.
	3	1500	14,14	5,00	0,45	2	0,14	420	45	9,52	2,25	8,99	Se dañó la herramienta de corte (filo recrecido), incremento de la rugosidad, baja potencia de la herramienta.
	3	1600	15,08	5,50	0,30	2	0,16	512	45	10,47	2,4	12,87	Se dañó la herramienta de corte (filo recrecido), mayor fuerza para la eliminación de virutas, baja potencia de la herramienta.
Nogal	3	1200	11,31	3,50	1,03	2	0,08	192	45	6,66	1,8	2,30	Mejor acabado de la pieza y rugosidad, buen control de viruta y tiempo de corte, menor área de corte, alta potencia y vida útil de la herramienta.
	3	1300	12,25	4,00	1,15	2	0,1	260	45	7,61	1,95	3,86	Cortes irregulares, menor desgaste de la herramienta, menor área de corte, baja potencia de la herramienta.

	3	1400	13,19	4,50	1,27	2	0,12	336	45	8,57	2,1	6,04	Cortes irregulares, Mayor duración del tiempo de mecanizado, Mayor fuerza para la eliminación de virutas, Baja potencia de la herramienta.
	3	1500	14,14	5,00	0,48	2	0,14	420	45	9,52	2,25	8,99	Se observa un desgaste prematuro de la herramienta, desgaste acelerado de la herramienta de corte, incremento de la rugosidad, potencia de la herramienta de corte aceptable.
	3	1600	15,08	5,50	0,40	2	0,16	512	45	10,47	2,4	12,87	Se observa un desgaste prematuro de la herramienta, se dañó la herramienta de corte (filo recocado), incremento de la rugosidad, potencia de la herramienta de corte aceptable.
Pino	4	1000	12,57	3,50	1,15	2	0,08	160	45	6,66	2,4	2,56	Acabado de la pieza aceptable, menor desgaste de la herramienta, menor área de corte, baja potencia de la herramienta.
	4	1100	13,82	4,00	1,00	2	0,1	220	45	7,61	2,6	4,36	Mejor acabado de la pieza y rugosidad, buen control de viruta y tiempo de corte, menor área de corte, alta potencia y vida útil de la herramienta.
	4	1200	15,08	4,50	0,54	2	0,12	288	45	8,57	2,8	6,91	Cortes irregulares, desgaste acelerado de la herramienta de corte, mayor fuerza para la eliminación de virutas, potencia de la herramienta de corte aceptable.

	4	1300	16,34	5,00	0,39	2	0,14	364	45	9,52	3	10,39	Se observa un desgaste prematuro de la herramienta, desgaste acelerado de la herramienta de corte, incremento de la rugosidad, potencia de la herramienta de corte aceptable.
	4	1400	17,59	5,50	0,30	2	0,16	448	45	10,47	3,2	15,01	Se dañó la herramienta de corte (filo recrecido), incremento de la rugosidad, baja potencia de la herramienta.
Cedro	4	1000	12,57	3,50	1,15	2	0,08	160	45	6,66	2,4	2,56	Cortes irregulares, mayor duración del tiempo de mecanizado, menor área de corte, baja potencia de la herramienta.
	4	1100	13,82	4,00	1,09	2	0,1	220	45	7,61	2,6	4,36	Cortes irregulares, desgaste acelerado de la herramienta de corte, menor área de corte, baja potencia de la herramienta.
	4	1200	15,08	4,50	1,03	2	0,12	288	45	8,57	2,8	6,91	Mejor acabado de la pieza y rugosidad, buen control de viruta y tiempo de corte, incremento de la rugosidad, alta potencia y vida útil de la herramienta.
	4	1300	16,34	5,00	0,47	2	0,14	364	45	9,52	3	10,39	Se observa un desgaste prematuro de la herramienta, menor desgaste de la herramienta, incremento de la rugosidad, potencia de la herramienta de corte aceptable.

	4	1400	17,59	5,50	0,38	2	0,16	448	45	10,47	3,2	15,01	Se observa un desgaste prematuro de la herramienta, menor desgaste de la herramienta, mayor fuerza para la eliminación de virutas, potencia de la herramienta de corte aceptable.
Nogal	4	1000	12,57	3,50	1,09	2	0,08	160	45	6,66	2,4	2,56	Mejor acabado de la pieza y rugosidad, buen control de viruta y tiempo de corte, menor área de corte, alta potencia y vida útil de la herramienta.
	4	1100	13,82	4,00	1,05	2	0,1	220	45	7,61	2,6	4,36	Acabado de la pieza aceptable, menor desgaste de la herramienta, menor área de corte, potencia de la herramienta de corte aceptable.
	4	1200	15,08	4,50	1,00	2	0,12	288	45	8,57	2,8	6,91	Cortes irregulares, mayor duración del tiempo de mecanizado, incremento de la rugosidad, potencia de la herramienta de corte aceptable.
	4	1300	16,34	5,00	0,58	2	0,14	364	45	9,52	3	10,39	Cortes irregulares, se dañó la herramienta de corte (filo recrecido), incremento de la rugosidad, baja potencia de la herramienta.
	4	1400	17,59	5,50	0,45	2	0,16	448	45	10,47	3,2	15,01	Se observa un desgaste prematuro de la herramienta, se dañó la herramienta de corte (filo recrecido), mayor fuerza para la eliminación de virutas, baja potencia de la herramienta.

Pino	5	900	14,14	3,50	1,34	2	0,08	144	45	6,66	3	2,88	Acabado de la pieza aceptable, Menor desgaste de la herramienta, Menor área de corte, Baja potencia de la herramienta.
	5	1000	15,71	4,00	1,26	2	0,1	200	45	7,61	3,25	4,95	Acabado de la pieza aceptable, mayor duración del tiempo de mecanizado, menor área de corte, baja potencia de la herramienta.
	5	1100	17,28	4,50	1,13	2	0,12	264	45	8,57	3,5	7,92	Cortes irregulares, menor desgaste de la herramienta, incremento de la rugosidad, potencia de la herramienta de corte aceptable.
	5	1200	18,85	5,00	1,05	2	0,14	336	45	9,52	3,75	11,99	Mejor acabado de la pieza y rugosidad, Buen control de viruta y tiempo de corte, mayor fuerza para la eliminación de virutas, alta potencia y vida útil de la herramienta.
	5	1300	20,42	5,50	1,00	2	0,16	416	45	10,47	4	17,42	Se dañó la herramienta de corte. (fractura), incremento de la rugosidad, potencia de la herramienta de corte aceptable.
Cedro	5	900	14,14	3,50	1,20	2	0,08	144	45	6,66	3	2,88	Acabado de la pieza aceptable, mayor duración del tiempo de mecanizado, menor área de corte, baja potencia de la herramienta.
	5	1000	15,71	4,00	1,10	2	0,1	200	45	7,61	3,25	4,95	Cortes irregulares, menor desgaste de la herramienta, mayor fuerza para la eliminación de virutas, baja potencia de la herramienta.

	5	1100	17,28	4,50	1,04	2	0,12	264	45	8,57	3,5	7,92	Mejor acabado de la pieza y rugosidad, buen control de viruta y tiempo de corte, incremento de la rugosidad, alta potencia y vida útil de la herramienta.
	5	1200	18,85	5,00	1,00	2	0,14	336	45	9,52	3,75	11,99	Se observa un desgaste prematuro de la herramienta, desgaste acelerado de la herramienta de corte, incremento de la rugosidad, potencia de la herramienta de corte aceptable.
	5	1300	20,42	5,50	0,49	2	0,16	416	45	10,47	4	17,42	Se observa un desgaste prematuro de la herramienta, se dañó la herramienta de corte (filo recocado), incremento de la rugosidad, potencia de la herramienta de corte aceptable.
Nogal	5	900	14,14	3,50	1,16	2	0,08	144	45	6,66	3	2,88	Mejor acabado de la pieza y rugosidad, buen control de viruta y tiempo de corte, menor área de corte, alta potencia y vida útil de la herramienta.
	5	1000	15,71	4,00	1,10	2	0,1	200	45	7,61	3,25	4,95	Acabado de la pieza aceptable, mayor duración del tiempo de mecanizado, menor área de corte, baja potencia de la herramienta.
	5	1100	17,28	4,50	1,03	2	0,12	264	45	8,57	3,5	7,92	Cortes irregulares, menor desgaste de la herramienta, incremento de la rugosidad, potencia de la herramienta de corte aceptable.
	5	1200	18,85	5,00	0,53	2	0,14	336	45	9,52	3,75	11,99	Cortes irregulares, desgaste acelerado de la herramienta de corte, incremento de la rugosidad,

													potencia de la herramienta de corte aceptable.
	5	1300	20,42	5,50	0,41	2	0,16	416	45	10,47	4	17,42	Se dañó la herramienta de corte (fractura), mayor fuerza para la eliminación de virutas, baja potencia de la herramienta.
Pino	6	710	13,38	3,50	1,25	2	0,2	284	45	6,66	3,6	6,81	Cortes irregulares, mayor duración del tiempo de mecanizado, menor área de corte, baja potencia de la herramienta.
	6	800	15,08	4,00	1,15	2	0,24	384	45	7,61	3,9	11,40	Mejor acabado de la pieza y rugosidad, buen control de viruta y tiempo de corte, mayor fuerza para la eliminación de virutas, alta potencia y vida útil de la herramienta.
	6	900	16,96	4,50	1,09	2	0,28	504	45	8,57	4,2	18,13	Cortes irregulares, menor desgaste de la herramienta, incremento de la rugosidad, baja potencia de la herramienta.
	6	1000	18,85	5,00	1,02	2	0,32	640	45	9,52	4,5	27,41	Acabado de la pieza aceptable, desgaste acelerado de la herramienta de corte, incremento de la rugosidad, potencia de la herramienta de corte aceptable.
	6	1100	20,73	5,50	0,58	2	0,36	792	45	10,47	4,8	39,80	Acabado de la pieza aceptable, se dañó la herramienta de corte (filo recocado), menor área de corte, potencia de la herramienta de corte aceptable.

Cedro	6	710	13,38	3,50	1,35	2	0,2	284	45	6,66	3,6	6,81	Acabado de la pieza aceptable, mayor duración del tiempo de mecanizado, menor área de corte, potencia de la herramienta de corte aceptable.
	6	800	15,08	4,00	1,23	2	0,24	384	45	7,61	3,9	11,40	Acabado de la pieza aceptable, menor desgaste de la herramienta, menor área de corte, potencia de la herramienta de corte aceptable.
	6	900	16,96	4,50	1,13	2	0,28	504	45	8,57	4,2	18,13	Mejor acabado de la pieza y rugosidad, buen control de viruta y tiempo de corte, incremento de la rugosidad, alta potencia y vida útil de la herramienta.
	6	1000	18,85	5,00	1,08	2	0,32	640	45	9,52	4,5	27,41	Cortes irregulares, desgaste acelerado de la herramienta de corte, incremento de la rugosidad, baja potencia de la herramienta.
	6	1100	20,73	5,50	1,00	2	0,36	792	45	10,47	4,8	39,80	Se dañó la herramienta de corte (filo recrecido), mayor fuerza para la eliminación de virutas, baja potencia de la herramienta.
Nogal	6	710	13,38	3,50	1,31	2	0,2	284	45	6,66	3,6	6,81	Acabado de la pieza aceptable, mayor duración del tiempo de mecanizado, menor área de corte, baja potencia de la herramienta.
	6	800	15,08	4,00	1,24	2	0,24	384	45	7,61	3,9	11,40	Acabado de la pieza aceptable, desgaste acelerado de la herramienta de corte, menor área de corte, baja potencia de la herramienta.

	6	900	16,96	4,50	1,15	2	0,28	504	45	8,57	4,2	18,13	Cortes irregulares, menor desgaste de la herramienta, incremento de la rugosidad, baja potencia de la herramienta.
	6	1000	18,85	5,00	1,07	2	0,32	640	45	9,52	4,5	27,41	Cortes irregulares, desgaste acelerado de la herramienta de corte, incremento de la rugosidad, potencia de la herramienta de corte aceptable.
	6	1100	20,73	5,50	0,57	2	0,36	792	45	10,47	4,8	39,80	Mejor acabado de la pieza y rugosidad, buen control de viruta y tiempo de corte, mayor fuerza para la eliminación de virutas, alta potencia y vida útil de la herramienta.
Pino	8	560	14,07	3,50	1,27	2	0,2	224	45	6,66	4,8	7,16	Acabado de la pieza aceptable, mayor duración del tiempo de mecanizado, mayor fuerza para la eliminación de virutas.
	8	710	17,84	4,00	1,18	2	0,24	340,8	45	7,61	5,2	13,49	Mejor acabado de la pieza y rugosidad, buen control de viruta y tiempo de corte, menor área de corte, alta potencia y vida útil de la herramienta.
	8	800	20,11	4,50	1,04	2	0,28	448	45	8,57	5,6	21,49	Cortes irregulares, se dañó la herramienta de corte (filo recrecido), incremento de la rugosidad, potencia de la herramienta de corte aceptable.
	8	900	22,62	5,00	1,00	2	0,32	576	45	9,52	6	32,89	Cortes irregulares, desgaste acelerado de la herramienta de corte, incremento de la rugosidad, potencia de la herramienta de corte aceptable.

	8	1000	25,13	5,50	0,57	2	0,36	720	45	10,47	6,4	48,24	Cortes irregulares, menor desgaste de la herramienta, incremento de la rugosidad, baja potencia de la herramienta.
Cedro	8	560	14,07	3,50	1,39	2	0,2	224	45	6,66	4,8	7,16	Se dañó la herramienta de corte (filo recrecido), mayor duración del tiempo de mecanizado, menor área de corte, baja potencia de la herramienta.
	8	710	17,84	4,00	1,29	2	0,24	340,8	45	7,61	5,2	13,49	Acabado de la pieza aceptable, menor desgaste de la herramienta, menor área de corte, potencia de la herramienta de corte aceptable.
	8	800	20,11	4,50	1,23	2	0,28	448	45	8,57	5,6	21,49	Acabado de la pieza aceptable, desgaste acelerado de la herramienta de corte, incremento de la rugosidad, baja potencia de la herramienta.
	8	900	22,62	5,00	1,14	2	0,32	576	45	9,52	6	32,89	Mejor acabado de la pieza y rugosidad, buen control de viruta y tiempo de corte, incremento de la rugosidad, alta potencia y vida útil de la herramienta.
	8	1000	25,13	5,50	1,00	2	0,36	720	45	10,47	6,4	48,24	Cortes irregulares, Se dañó la herramienta de corte (filo recrecido), mayor fuerza para la eliminación de virutas, potencia de la herramienta de corte aceptable.
Nogal	8	560	14,07	3,50	1,39	2	0,2	224	45	6,66	4,8	7,16	Acabado de la pieza aceptable, mayor duración del tiempo de mecanizado, menor área de corte,

													potencia de la herramienta de corte aceptable.
8	710	17,84	4,00	1,29	2	0,24	340,8	45	7,61	5,2	13,49	Acabado de la pieza aceptable, menor desgaste de la herramienta, menor área de corte, baja potencia de la herramienta.	
8	800	20,11	4,50	1,23	2	0,28	448	45	8,57	5,6	21,49	Se observa un desgaste prematuro de la herramienta, desgaste acelerado de la herramienta de corte, incremento de la rugosidad, potencia de la herramienta de corte aceptable.	
8	900	22,62	5,00	1,18	2	0,32	576	45	9,52	6	32,89	Se observa un desgaste prematuro de la herramienta, se dañó la herramienta de corte (filo recrecido), incremento de la rugosidad, potencia de la herramienta de corte aceptable.	
8	1000	25,13	5,50	1,03	2	0,36	720	45	10,47	6,4	48,24	Mejor acabado de la pieza y rugosidad, buen control de viruta y tiempo de corte, mayor fuerza para la eliminación de virutas, alta potencia y vida útil de la herramienta.	

Elaborado por: Falconí, Jorge (2023).

La selección del parámetro idóneo se realizó en base al terminado, desenvolvimiento de la herramienta característica, rugosidad de la pieza sometida al ensayo.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Interpretación de resultados

4.1.1. Creación de la Base de Datos.

En este apartado quedará conformado la base de datos de las maderas blandas utilizadas (pino, cedro y nogal), en fresas de diferentes diámetros (3 mm, 4 mm, 5 mm 6 mm y 8 mm). Se determinaron los parámetros seleccionados en base a los resultados en cada prueba desarrollada. Los mismos se describe la misma en la siguiente tabla.

Tabla 19: Base de datos parámetros de mecanizado maderas blandas (Pino, Cedro, Nogal)

BASE DE DATOS PARÁMETROS DE MECANIZADO EN MADERAS BLANDAS												
Material	Diámetro de corte de la fresa (mm)	Rpm	Velocidad de corte (m/min)	Longitud de corte (cm)	Tiempo de corte (min)	Dientes	Avance por diente (mm)	Velocidad de avance (mm/min)	Angulo de posición (°)	Profundidad de corte (mm)	Ancho de corte (mm)	Volumen de viruta arrancada (cm ³ /min)
PINO 	3	1200	11,31	3,50	1,05	2	0,08	192,00	45	6,66	1,8	2,30
	4	1100	13,82	4,00	1,00	2	0,10	220,00	45	7,61	2,6	4,36
	5	1200	18,85	5,00	1,05	2	0,14	336,00	45	9,52	3,75	11,99
	6	800	15,08	4,00	1,15	2	0,24	384,00	45	7,61	3,9	11,40
	8	710	17,84	4,00	1,18	2	0,24	340,80	45	7,61	5,2	13,49
CEDRO 	3	1400	13,19	4,50	1,00	2	0,12	336,00	45	8,57	2,1	6,04
	4	1200	15,08	4,50	1,03	2	0,12	288,00	45	8,57	2,8	6,91
	5	1100	17,28	4,50	1,04	2	0,12	264,00	45	8,57	3,5	7,92
	6	900	16,96	4,50	1,13	2	0,28	504,00	45	8,57	4,2	18,13
	8	900	22,62	5,00	1,14	2	0,32	576,00	45	9,52	6	32,89
NOGAL 	3	1200	11,31	3,50	1,03	2	0,08	192,00	45	6,66	1,8	2,30
	4	1000	12,57	3,50	1,09	2	0,08	160,00	45	6,66	2,4	2,56
	5	900	14,14	3,50	1,16	2	0,08	144,00	45	6,66	3	2,88
	6	1100	20,73	5,50	0,57	2	0,36	792,00	45	10,47	4,8	39,80
	8	1000	25,13	5,50	1,03	2	0,36	720,00	45	10,47	6,4	48,24

Elaborado por: Falconí, Jorge (2023).

4.1.2. Contraste con otras investigaciones.

Haciendo una comparación de los parámetros de mecanizado definidos en otras investigaciones para las maderas analizadas en el estudio y el cálculo realizado se puede determinar que:

1. La velocidad de giro y el diámetro de la fresa utilizada son puntos fundamentales para determinar la velocidad de corte.
2. A mayor velocidad de giro utilizada según el tipo de material de la pieza y el material de la herramienta, menor será la velocidad de corte utilizada.
3. La velocidad de avance estará relacionada directamente con el tipo de material que se trabaja, según la dureza del mismo se determinará la cantidad de dientes de la herramienta de corte a utilizar.

4.1.3. Verificación de la hipótesis.

Para la comprobación de la hipótesis se utilizará el método de t-student ya que la muestra utilizada no excede los 30 datos. Se empleará un nivel de confianza del 95% y se tomará como ejemplo el parámetro de la velocidad de corte en el pino, tomando como referencia los parámetros calculados en el epígrafe 3.1.5. y los valores de los parámetros identificados en otras investigaciones en el epígrafe 3.1.3.

Hipótesis

Los parámetros de corte identificados se asocian a los parámetros definidos por el proveedor.

Se van a comprobar en el trabajo la aceptación de hipótesis mediante el uso de la herramienta T-student.

- H_0 = Las velocidades de corte calculadas en el proyecto no se relacionan a las velocidades de corte recomendadas por el proveedor.
- H_1 = Las velocidades de corte calculadas en el proyecto se relacionan a las velocidades de corte recomendadas por el proveedor.

Velocidad de Corte en el Pino

Se calcula los grados de libertad:

$$GL = n - 1$$

$$GL = 5 - 1$$

$$GL = 4$$

GL: Grados de Libertad

n=tamaño de la muestra

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

S: Desviación estándar

X_i: cada valor de la población

\bar{X} : media muestral

N: Tamaño de la muestra

Tabla 20: Cálculo de la Desviación estándar 1

X _i	X _i - \bar{X}	(X _i -x) ^2
11,31	8,23	67,80
13,82	10,74	115,43
18,5	15,77	248,82
15,08	12,00	144,10
17,84	14,76	217,98
$\sum X_i$ = 15,38	$\bar{X} = 3,08$	$\sum (X_i - \bar{X})^2 =$ 784,12

Elaborado por: Falconí, Jorge (2023).

$$S = \sqrt{\frac{784,12}{4}}$$

$$S = \sqrt{196,03}$$

$$S = 14,001$$

Para calcular la distribución t de student se utiliza la siguiente formula:

$$t = \frac{\bar{X} - \eta}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

t: distribución t de student

\bar{X} : media muestral

η : media de la población

S: desviación estándar

n: Tamaño de la muestra

Donde:

$\eta=15,38$

$n=5$

$Nc= 95\%$

$Ns= 5\%$

$X=29,6$

$S=14,00$

$$t = \frac{29,6 - 15,31}{\frac{14,00}{\sqrt{5}}}$$

$$t = 2,28$$

Para determinar la T_0 de la tabla (Anexo No. 4) se utiliza el nivel de significancia y los grados de libertad y se interrelacionan.

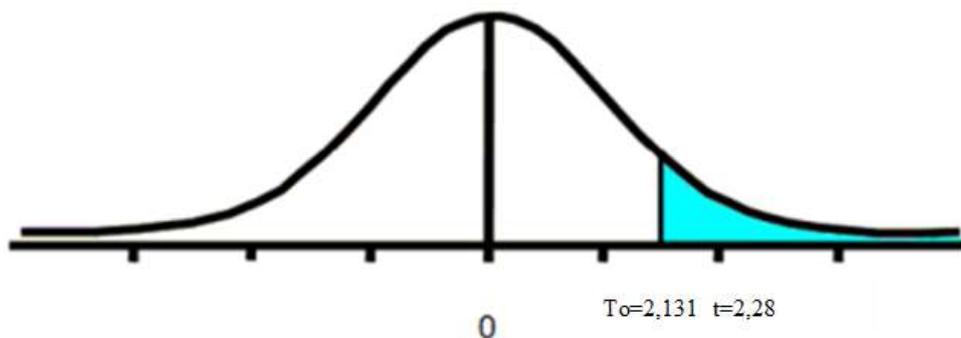


Gráfico 7: Gráfico de T-student

Elaborado por: Falconí, Jorge (2023).

Como la distribución calculada no está entre los grados de tolerancia se rechaza H_0 , por lo que se puede afirmar que las velocidades de corte calculadas en el proyecto se relacionan a las velocidades de corte recomendados por el proveedor.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

1. Se realizó la revisión bibliográfica de 14 tesis y 1 artículo científico de diferentes países de Latinoamérica relacionado con el uso de los parámetros de corte, donde se pudo constatar la necesidad de la utilización de los mismos en la producción para lograr productos de calidad en la industria de la madera también se diagnosticó la situación actual en los talleres de la parroquia Huambaló mediante la aplicación de entrevistas, donde se determinó que las principales causas por las cuales no se hace uso de los parámetros de corte de la madera en las fresas son: existencia de desconocimiento de los parámetros de mecanizado y sobre el procedimiento de obtención de los mismos, además se evidenció las necesidades de los beneficiarios al no contar con parámetros estándar que ayuden a facilitar el trabajo de mecanizado.
2. Se realizó un análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los tipos de madera que se usan en los talleres donde se realizó el estudio (Pino, Cedro y Nogal), como también una descripción de los tipos de fresas con las que se trabaja en este caso helicoidales de material HSS, definiendo por último las fórmulas de cálculo y la descripción de los parámetros de corte con los cuales se desarrolló pruebas de ensayo para obtener los datos que conformarán la base de datos como son los siguientes para el Pino con una fresa de 3mm de diámetro la velocidad de corte es de 11,31 m/min, velocidad de avance de 192 mm/min, profundidad de corte de 6,66mm, con un ancho de corte 1,8mm y un volumen de viruta arrancada de 2,30 cm³/min; en el Cedro con el mismo diámetro de fresa 3mm la velocidad de corte es de 11,19 m/min, velocidad

de avance de 336 mm/min, profundidad de corte de 8,57mm, ancho de corte de 2,10 mm y un volumen de viruta arrancada de 6,04 cm³/min; en el Nogal con el mismo diámetro de fresa 3mm la velocidad de corte es de 11,31 m/min, velocidad de avance de 192 mm/min, profundidad de corte de 6,66mm, con un ancho de corte 1,8mm y un volumen de viruta arrancada de 2,30 cm³/min y así sucesivamente para cada diámetro de fresas y tipo de madera.

3. Se programó en Microsoft Excel una base de datos con las fórmulas de los parámetros de corte que permitan de forma rápida obtener la velocidad de avance, número de revoluciones, profundidad de corte, ancho de corte, de tal manera que permitan a los usuarios reducir los tiempos de cálculo en el proceso de mecanizado por desbaste de viruta.

Recomendaciones:

1. Se recomienda para futuras investigaciones utilizar la presente investigación ya sea para fines educativos como prácticos con el objetivo de seguir ampliando conocimientos sobre la utilización y el cálculo de los parámetros de corte en la industria.
2. Se recomienda a la dirección de los talleres donde se realizó la investigación implementar capacitaciones a los trabajadores sobre el cálculo y utilización de los parámetros de corte, así como su importancia para el resultado esperado de la producción y en la disminución de los accidentes laborales.
3. Se recomienda para futuras investigaciones ampliar los conocimientos sobre la utilización de los parámetros de corte tanto en otros tipos de madera como de materiales.
4. Se recomienda seguir trabajando en la actualización constante de la base de datos según la organización donde se emplee y los tipos de materiales y de fresas con las que se trabaje.

LITERATURA CITADA

1. **JIMÉNEZ , ÁNGEL EFRÉN.** *DISEÑO, PROGRAMACIÓN, SIMULACIÓN Y FABRICACIÓN EN CNC CON PROGRAMAS DE CAD/CAM.* Repositorio UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. 2018. [Tesis de pregrado,UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO].
2. **Tractia.** Tractia. *Tractia.* [En línea] 3 de 2 de 2019. [Citado el: 24 de 1 de 2023.] <http://www.tractia.com/servicios/mecanizado-de-madera.htm>.
3. **Altamirano, Lisseth Gabriela.** *Producción y eficiencia a la industria del mueble en la parroquia Huambaló, periodo 2019.* Repositorio Universidad nacional de Chimborazo. 2021. [Tesis de pregrado,Universidad nacional de Chimborazo].
4. **Pilatuña, Yadira y Pillajo, Ismael.** *Automatización de una fresadora CNC para el tallado de piezas de madera en la empresa post – formados del valle.* Repositorio Universidad Politécnica Salesiana. 2018. [Tesis de pregrado,Universidad Politécnica Salesiana].
5. **Julon, Neiser.** *Diseño y construcción de un prototipo de máquina ROUTWR CNC de 3 ejes para el mecanizado de piezas de madera moldeadas en 3D.* Repositorio Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. 2019. [Tesis de pregrado,Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].
6. **Martinez , Camilo Andres y Ruiz, Santiago.** *Modificación de parámetros de maquinado de un sistema CNC para evitar la aparición de chatter en un proceso de fresado.* Repositorio de la Universidad Antonio Nariño. 2021. [Tesis de pregrado,Universidad Antonio Nariño].
7. **CALANCHO , ROBERT EVENEZER .** *Selección de materiales para la producción de una matriz de inyección de plástico por el proceso de conformado con arranque de viruta.* Repositorio de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN. 2018. [Tesis de pregrado,UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN].
8. **Jiménez, Darwin Raúl.** *Diseño de mecanismos y simulación del control automático del sistema de posicionamiento y desplazamiento en 3 dimensiones de la herramienta en una máquina CNC.* Repositorio de Escuela politecnica Nacional. 2018. [Tesis de pregrado,Escuela politecnica Nacional].

9. **Aguilar, LEIDY.** *Configuración de parámetros, forma de uso y utilidad de la máquina fresadora CNC en la fabricación de aspas y moldes en madera, en el taller de máquinas y herramientas de la UPTC, seccional Duitama.* Repositorio de la Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia. 2021. [Tesis de Pregrado, Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia].
10. **Portelles, Juan Erasmo.** *Evaluación del desgaste de herramientas de metal duro en el fresado de alta velocidad del acero AISI h13.* Repositorio de la Universidad de Holguin. 2019. [Tesis de Pregrado, Universidad de Holguin].
11. **Ortiz, Jose Antonio.** *Contribución al estudio de la rugosidad superficial obtenida mediante el proceso de fresado en alta velocidad, en la fase de acabado, de aceros templados, de moldes y matrices.* Repositorio de la Universidad Politécnica de Catalunya. 2018. [Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica de Catalunya].
12. *Estudio de los Parámetros de Mecanizado para Maximizar la Vida Útil de una Herramienta de Corte Tipo C-Bore en un Centro de Maquinado de 12 Estaciones.* **Castañeda, José Guadalupe y Cipriano, Filiberto Ramón.** 8, s.l. : Academia Journals, 2021, Academia Journals, Vol. 13, págs. 24-29.
13. **Coronel, Mario.** *Estudio, diseño e implementación de una máquina herramienta de control numérico computarizado, caso práctico prototipo de fresadora para madera.* Repositorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2020. [Tesis de Pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
14. **Rojas, Miguel.** *Caracterización del acabado superficial utilizando el VMC del ICN de la UNAM.* Repositorio de la Universidad Autónoma de México. 2018. [Tesis de Pregrado, Universidad Autónoma de México].
15. **López, Manuel.** *Evaluación del desgaste en herramientas de corte, mediante sensores, control inteligente y análisis de confiabilidad.* Repositorio de la Universidad de San Carlos d Guatemala. 2014. [Tesis de Pregrado, Universidad de San Carlos d Guatemala].
16. **Cohen, Noha.** *Metodología para que.* 1. Málaga : Servicios Académicos Intercontinentales S.L., 2019.

17. **Franco, José Elí, Castaño, Nicolás y Ortiz, Luz Mary.** *Secado natural, manejo y transformación de la madera.* 1. Bogotá : Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, 2009. pág. 13.
18. **Pérez, Mario Alejandro.** *Automatización e implementación de un sistema CNC para una fresadora vertical tipo torreta.* Repositorio de la Escuela Politécnica Nacional. 2015. [Tesis de Pregrado, Escuela Politécnica Nacional].
19. **González, Bernardo.** *Optimización de las variables envueltas en el maquinado en un centro de maquinado de control numérico computarizado.* Repositorio de la Universidad Autónoma de Nuevo León. 2004. [Tesis de Posgrado, Universidad Autónoma de Nuevo León].
20. **León, Ernesto.** *Obtención de los parámetros de corte para la operación de planeado de forma automatizada .* Repositorio de la Universidad central de la Villas. 2011. [Tesis de Pregrado, Universidad central de la Villas].
21. **Bernal, César Augusto.** *Metodología de la investigación administración, economía, humanidades y ciencias sociales.* 3. Bogota : Pearson Educación de Colombia Ltd, 2012.
22. **Maldonado, Fausto Andrés.** *Diseño de una maquina fresadora CNC para mecanizado de prototipos de barcos en madera.* Repositorio ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL. 2015. [Tesis de pregrado, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL].
23. **Bernal, César Augusto.** *Metodología de la investigación administración, economía, humanidades y ciencias sociales.* 3. Bogota : Pearson Educación de Colombia Ltd, 2012.

ANEXOS

Anexo No.1 Entrevista realizada.

ENTREVISTA ENFOCADA A LOS ACTORES MADEREROS

El objetivo de esta entrevista es diagnosticar la situación actual sobre el mecanizado en madera con fresa de corte en los talleres de manufactura.

1. DATOS GENERALES

1.1 ENTREVISTADOR: _____

1.2 NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO: _____

1.3 ENTREVISTADO: _____

1.4 FECHA: _____

2. PREGUNTAS

2.1 ¿Cuál es su nivel de conocimiento en máquinas CNC?

2.2 ¿Qué tipo de fresas utiliza y cada que tiempo realiza el cambio de fresas?

2.3 ¿Cuáles son los parámetros de mecanizado que emplea para realizar los diferentes trabajos?

2.4 Recibe algún tipo de especificación sobre el uso de las fresas cuando las adquiere?

2.5 ¿Qué tipo de madera es la más utilizada en su taller y cuál es la que mejor resultado le ha dado?

2.6 ¿Considera necesario establecer una tabla de especificaciones con los parámetros del uso de las fresas que sea aplicable de manera universal?

Anexo no.2 Listado de socios CENARHU

LISTADO DE SOCIOS CENARHU 	
#	SOCIOS
1	Barreto Efraín
2	Benavides Abelardo
3	Carrasco Mesías
4	Carrasco Milton
5	Carrasco Simón
6	Chiliquinga Marco
7	Cholonchano David
8	Cisneros Mario
9	Coca Carlos
10	Coca Edwin
11	Coca Freddy
12	Coca Luis
13	Cruz Luis
14	Espinoza Joffre
15	Gómez Roberto
16	Guachambala Marcelo
17	Guevara José
18	Herrera Luis
19	Jerez Estuardo
20	Leguizamo John
21	Linares Edgar
22	Linares Oswaldo
23	Llerena Klever
24	Martínez Jorge
25	Martínez Luis
26	Medina Mesías
27	Medina Néstor
28	Medina Omar
29	Morales Edgar
30	Morales Manuel
31	Morales Mauricio
32	Morales Nelson
33	Morales Wilson
34	Paredes Marco
35	Paredes Santiago
36	Pérez Gonzalo
37	Rodríguez Saúl
38	Sánchez Ariel
39	Silva Raúl

40	Yautibug Salvador
41	Yautibug Vicente

Anexo No.3 Entrevistas realizadas.

ENTREVISTA ENFOCADA A LOS ACTORES MADEREROS

El objetivo de esta entrevista es diagnosticar la situación actual sobre el mecanizado en madera con fresa de corte en los talleres de manufactura.

1. DATOS GENERALES

- 1.1 ENTREVISTADOR: JORGE ALEXANDER FALCONÍ IZURIETA
- 1.2 NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO: TALLER MAURICIO MORALES
- 1.3 ENTREVISTADO: MAURICIO MORALES
- 1.4 FECHA:26/12/2022

3. PREGUNTAS

2.1 ¿Cuál es su nivel de conocimiento en máquinas CNC?

Mucha experiencia desde que comencé mi taller he trabajado con CNC, mi hermano es ingeniero y me ayuda cuando tengo algún inconveniente, él me ayuda con la programación y yo voy aprendiendo mucho de él. Las fresas las cambio cuando ya se vean averiadas.

2.2 ¿Qué tipo de fresas utiliza y cada que tiempo realiza el cambio de fresas?

Depende del tipo de trabajo, utilizo fresas más de espiral ya que ayuda a eliminar la viruta de una manera más rápida y la velocidad de avance es más alta, cambio cuando se dañan la mayoría de trabajos en CNC son trabajos en madera suave del Oriente.

2.3 ¿Cuáles son los parámetros de mecanizado que emplea para realizar los diferentes trabajos?

Lo que me recomienda el proveedor, a veces me pasan por mensaje de texto al whatsapp o también cuando las compro me entregan una hojita con recomendaciones, depende mucho del proveedor a quien adquiera porque hay unos que no me entregan nada.

2.4 Recibe algún tipo de especificación sobre el uso de las fresas cuando las adquiere?

Solo lo que le mencione las recomendaciones que me entregan, por la experiencia se trabajó por ejemplo si es espesor de la madera es de 1cm la profundidad de corte es de 0,5mm, siempre es la mitad con eso cortamos en 2 pasadas.

2.5 ¿Qué tipo de madera es la más utilizada en su taller y cual es la que mejor resultado le ha dado?

Todo tipo de madera, pero para trabajos en CNC maderas suaves que vienen de oriente esas son las que se utiliza en mi maquinita.

2.6 ¿Considera necesario establecer una tabla de especificaciones con los parámetros del uso de las fresas que sea aplicable de manera universal?

Sería bueno con eso ya solo copiaría los números para cortar la madera y ya no molestaría a los proveedores.

ENTREVISTA ENFOCADA A LOS ACTORES MADEREROS

El objetivo de esta entrevista es diagnosticar la situación actual sobre el mecanizado en madera con fresa de corte en los talleres de manufactura.

1. DATOS GENERALES

- a. ENTREVISTADOR: JORGE ALEXANDER FALCONÍ IZURIETA
- b. NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO: Art&Ing CNC
- c. ENTREVISTADO: LUIS CRUZ
- d. FECHA: 26/12/2022

2. PREGUNTAS

2.1 ¿Cuál es su nivel de conocimiento en máquinas CNC?

Soy ingeniero electromecánico, todo mi equipo de trabajo es competitivo, he trabajado algún tiempo creando máquinas con Reuter, estoy familiarizado con el equipo y el mecanismo. Se cambia las fresas acogiéndonos a las recomendaciones.

2.2 ¿Qué tipo de fresas utiliza y cada que tiempo realiza el cambio de fresas?

Depende del tipo de trabajo existen muchas fresas, para corte, grabado, tallados etc, de muchos filos ya es más al trabajo que se va a realizar, por lo general acá se hace recuerdos en maderas suaves ese es nuestro fuerte.

2.3 ¿Cuáles son los parámetros de mecanizado que emplea para realizar los diferentes trabajos?

Nos acogemos a las recomendaciones suministradas por el proveedor.

2.4 Recibe algún tipo de especificación sobre el uso de las fresas cuando las adquiere?

Si el proveedor nos suministra recomendaciones físicas, claro que son de manera general, pero por el conocimiento y la experiencia se selecciona el mejor parámetro.

2.5 ¿Qué tipo de madera es la más utilizada en su taller y cuál es la que mejor resultado le ha dado?

Maderas suaves, como le comenté realizamos más trabajos decorativos y cajas de recuerdos.

2.6 ¿Considera necesario establecer una tabla de especificaciones con los parámetros del uso de las fresas que sea aplicable de manera universal?

Ayudaría mucho a la industria CNN ya que mucha gente no tiene el nivel académico para interpretar una recomendación y al darle una especificación bajo un estudio ayudaría a que se puedan desenvolver de mejor manera, somos pocos los locales que utilizamos laser o router, con eso más gente se arriesgara a emprender en esta línea de fabricación.

ENTREVISTA ENFOCADA A LOS ACTORES MADEREROS

El objetivo de esta entrevista es diagnosticar la situación actual sobre el mecanizado en madera con fresa de corte en los talleres de manufactura.

1. DATOS GENERALES

- a. ENTREVISTADOR: JORGE ALEXANDER FALCONÍ IZURIETA
- b. NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO: MUEBLES MARTINEZ
- c. ENTREVISTADO: JORGE MARTINEZ
- d. FECHA:26/12/2022

2. PREGUNTAS

2.1 ¿Cuál es su nivel de conocimiento en máquinas CNC?

He recibido algunos cursos en mecanizado, uso de fresas y talleres que han ayudado a que mi conocimiento sea más amplio.

2.2 ¿Qué tipo de fresas utiliza y cada que tiempo realiza el cambio de fresas?

Depende del trabajito que se realice, pero por lo general acá es más para corte en planchas de madera para divisiones en oficinas o consultorio algo decorativo para la gente. La vida útil depende de cuando las fresas ya no valgan.

2.3 ¿Cuáles son los parámetros de mecanizado que emplea para realizar los diferentes trabajos?

Por la experiencia que se tiene ya se sabe cuáles son los datos, cuando cortamos aluminio o algo duro si realizamos el cálculo con la ayuda de mi hijo que está estudiando en Riobamba.

2.4 Recibe algún tipo de especificación sobre el uso de las fresas cuando las adquiere?

Yo por lo general compro en el Kywi ahí solo nos dan las fresas de ahí con el código buscamos en las páginas del ALIS ahí vienen unos datos de recomendación, pero están en otros idiomas.

2.5 ¿Qué tipo de madera es la más utilizada en su taller y cuál es la que mejor resultado le ha dado?

Maderas suaves para el corte en CNN e trabajo solo con maderas suaves porque son trabajos decorativos.

2.6 ¿Considera necesario establecer una tabla de especificaciones con los parámetros del uso de las fresas que sea aplicable de manera universal?

Si sería bueno con eso es cuestión de copiar lo que ya está mencionado y estaría en nuestro idioma.

Anexo No.4 Tabla t-student

Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7970
25	0.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874
26	0.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787
27	0.6837	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707
28	0.6834	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633
29	0.6830	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564
30	0.6828	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500
31	0.6825	1.3095	1.6955	2.0395	2.4528	2.7440
32	0.6822	1.3086	1.6939	2.0369	2.4487	2.7385
33	0.6820	1.3077	1.6924	2.0345	2.4448	2.7333
34	0.6818	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284
35	0.6816	1.3062	1.6896	2.0301	2.4377	2.7238
36	0.6814	1.3055	1.6883	2.0281	2.4345	2.7195
37	0.6812	1.3049	1.6871	2.0262	2.4314	2.7154
38	0.6810	1.3042	1.6860	2.0244	2.4286	2.7116
39	0.6808	1.3036	1.6849	2.0227	2.4258	2.7079
40	0.6807	1.3031	1.6839	2.0211	2.4233	2.7045
41	0.6805	1.3025	1.6829	2.0195	2.4208	2.7012
42	0.6804	1.3020	1.6820	2.0181	2.4185	2.6981
43	0.6802	1.3016	1.6811	2.0167	2.4163	2.6951
44	0.6801	1.3011	1.6802	2.0154	2.4141	2.6923
45	0.6800	1.3007	1.6794	2.0141	2.4121	2.6896
46	0.6799	1.3002	1.6787	2.0129	2.4102	2.6870
47	0.6797	1.2998	1.6779	2.0117	2.4083	2.6846
48	0.6796	1.2994	1.6772	2.0106	2.4066	2.6822
49	0.6795	1.2991	1.6766	2.0096	2.4049	2.6800