



**DISEÑO Y SIMULACION DE
AUTOMATIZACION DE UN TORNO
CONVENCIONAL A CNC EN LA UNIVERSIDAD
ANTONIO NARIÑO SEDE PUERTO COLOMBIA**

**ELMER DAVID RUEDA RAMIREZ
RENE GREGORIO VILORIA VILLALOBOS**

Universidad Antonio Nariño

Facultad de ingeniería mecánica, electrónica y biomédica

Puerto Colombia-Colombia

2020

**DISEÑO Y SIMULACION DE
AUTOMATIZACIÓN DE UN TORNO
CONVENCIONAL A CNC EN LA UNIVERSIDAD
ANTONIO NARIÑO SEDE PUERTO COLOMBIA**

**ELMER DAVID RUEDA RAMIREZ
RENE GREGORIO VILORIA VILLALOBOS**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar el título de

Ingeniero mecánico

Director

ING Fabio Bermejo

Línea de investigación

Programación y automatización

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica
y Biomédica Puerto Colombia, Colombia

2020

*Quiero dedicar a manera especial
a mis padres. Elmer Antonio Rueda,
Yennis Ramírez León a mis hermanos
y a mi esposa por ser un apoyo Incondicional
ya que han sido mi principal guía para la
Construcción de mi vida profesional, los cuales
me han acompañado día a día para Poder
llegar a alcanzar este gran logro.*

ELMER RUEDA

*Quiero dedicar este logro
a mi familia, mi esposa y mis
hijos ya que ellos han sido el
gran motor para sacar este proyecto
adelante también doy gracias a
Dios por todas las bendiciones recibidas*

RENE VILORIA

Agradecimientos

En primera instancia a Dios, por darnos la sabiduría, salud y la bendición cada día. A nuestras familias por ser el motor principal de apoyo y motivación para salir adelante día a día.

Agradecemos el apoyo a todos nuestros profesores que con su entrega nos orientaron a lo largo de nuestra carrera y nos brindaron todos esos años de estudios y enseñanzas, un cordial agradecimiento al profesor José Hernández y muy especialmente a nuestro profesor y director de proyecto el ingeniero Fabio Bermejo por su orientación a lo largo del proyecto. A nuestra institución Antonio Nariño sede puerto Colombia por permitirnos trabajar en sus instalaciones, así como por todos los años de estudio y enseñanza

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo principal realizar el diseño y la simulación de una automatización de un torno convencional el cual se encuentra en la universidad Antonio Nariño sede puerto Colombia en el área de mecanizado. Unas de las razones más importante del porque se decidió realizar esta simulación del funcionamiento de un torno convencional a automático es con el fin de que los futuros nuevos estudiantes de la universidad en las facultades de ingenierías tengan una mejor herramienta para su desarrollo educativo y competencia laborales en el ámbito metalmecánico. En términos específicos, el proyecto se centró en la simulación y la adaptación de un ordenador central que es el que se encarga de controlar los movimientos de la maquina por medio de un software, el cual realiza las funciones del torno para que se han automáticas. Una segunda parte del proyecto fue realizar las pertinentes programaciones al torno para que realizara los diferentes tipos de mecanizado en una pieza. A conclusión, se pudo obtener que el torno automático pudiera realizar todas las funciones para las cuales fue programado y se encuentra disponible para la educación de los nuevos futuros ingenieros.

PALABRAS CLAVES: diseño y la simulación de movimientos automatizados para un torno convencional.

ABSTRACT

This Project has as the main goal make the design and automation simulation of a conventional lathe which is located in the Puerto Colombia location of the Antonio Nariño University in the machining area. One of the most important reasons why we decided to do this performance simulation from a conventional lathe to automatic is with the purpose that in the future the new students from the university in the engineering faculty have a better tool for their educational development and professional competences in the metal-mechanic industry. In specific terms, this Project was focussed in the simulation and adaptation of a mainframe that is in charge of control all the movements of the machine using a software, this managed the lathe functions to make sure are automatics. The second part of this Project was do all the relevant lathe settings in order that make all the mechanizing processes to a part. In conclusión we achieved that the automatic lathe can perform all the function for which was already set up and is already available for educational purposes for the new potential engineers.

KEYWORDS: design and the automated movements simulation for a conventional lathe

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS	13
1. Introducción	15
1.1 Formulación de problema	16
1.2 OBJETIVOS	17
1.2.1 Objetivo general	17
1.2.2 Objetivo específico.....	17
1.3 Justificación	17
2. Fundamentos del torno	18
2.1 Breve definición del torno	18
2.1.1 Tipos de tornos.....	19
2.2 Partes del torno	23
2.2.1 La bancada.....	23
2.2.2 Cabezal, cabezal móvil y fijo.....	24
2.2.3 Cabezal móvil o contra punta	25
2.2.4 Portaherramientas y tipo de porta herramienta	25
2.2.5 Mecanismo de avance	27
2.2.6 Carro longitudinal y transversal.	27
2.2.7 Plato de mordaza.....	28
2.3 ACCESORIOS.....	29
2.3.1 Soportes	29
2.3.2 Lunetas	30
2.3.3 Luneta fija.....	30
2.3.4 Luneta móvil	31
2.4 Operaciones.....	31
2.4.1 Cilindrado	31
2.4.2 Roscado	31
2.4.3 Refrentado.....	32
2.4.4 Ranurado.	32
2.4.5 Taladrado en torno	32
2.4.6 Moleteado.	33
2.4.7 Torneado cónico	34

2.5	SOFWARE DE PROGRAMACION Y DISEÑO.....	34
2.5.1	Sistema CAD/CAM	34
2.5.2	Componentes del CAD/CAM	35
2.5.3	Modelado geométrico.....	35
2.5.4	Técnicas de visualización.....	36
2.5.5	Técnicas de interacción grafica.....	36
2.5.6	Diseño de la interfaz de usuario	36
2.5.7	Base de datos.....	36
2.5.8	Métodos numéricos	36
2.5.9	Parámetros de corte del torneado	36
2.6	Tecnología CNC	38
2.7	Elementos básicos del control numérico	39
2.7.1	El programa	39
2.7.2	El control numérico.....	40
2.7.3	La maquina	40
2.7.4	Técnicas de programación CNC	40
2.7.5	Técnica manual	40
2.7.6	Técnica automática.	41
	3. Diseño metodológico	41
3.1	Recolección de la información	43
3.2	Población y Muestra.....	43
3.3	Sistema de Hipótesis	43
3.4	Diseño y Desarrollo	44
3.5	Plataformas libres	44
3.6	Controladora CNC.....	44
3.7	Programación de software de diseño.....	44
3.8	Programación de códigos ISO	45
3.9	Electrónica.	45
3.10	Potencia de corte y energía especifica de corte.	45
3.11	Cronograma de actividades	46
3.12	Presupuesto	47
	4. Resultados.....	48
4.1	OBEJTIVO 1. Características del torno convencional de la universidad Antonio Nariño.....	48

4.2 OBJETIVO 2. Selección del motor paso a paso, Selección de hardware, software, y diagramas de planos (eléctricos y automatización).....	51
4.2.1 selección del motor paso a paso y stepper driver	51
4.2.2 Selección del software y hardware.....	56
4.2.3 Diagrama eléctrico y electrónico.....	57
4.3 Programación ISO, Calculo de parámetros para la simulación.	59
4.4 Simulación final.	70
4.4.1 Diseño de la pieza a trabajar	70
4.4.2 video simulación.....	83
4.4.3 Códigos ISO de la simulación realizada por medio del Mastercam.....	83
4.5 Investigación del aumento y disminución de potencia u energía específica de corte por causa de la vibración.	85
4.6 Costo de montaje de la conversión.....	86
5. Conclusiones y recomendaciones	86
5.1 Recomendaciones	88
6 Bibliografía.....	89
Fracciones de pulgada a decimales.....	92
Anexo B:	93
Tabla de conversión de milímetros a pulgadas inglesas	93
Anexo C:.....	94
Calculo de dientes de engranes	94
Anexo D:	95
Tabla para el cálculo de valores para fijar las dimensiones en el calibre.....	95
Anexo E:.....	96
Anexo H:	98
Calculo para torneado de conos	98
Anexo I:.....	99
Velocidades de corte, profundidades de virutas y avances al emplear	99
Anexo J:	101
Afilado de brocas	101

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Torno convencional de la universidad Antonio Nariño sede puerto Colombia....	16
Figura 2- Torno y sus partes.....	23
Figura 3- Bancada de un torno.....	24
Figura 4- Cabezal y husillo de un torno.....	24
Figura 5- Cabezal móvil de un torno.....	25
Figura 6- Imagen de un portaherramientas de un torno.....	26
Figura 7- Tipos de porta herramientas.....	26
Figura 8- Torno convencional y mecanismo de avance.....	27
Figura 9- Carro longitudinal.....	28
Figura 10- Mandril.....	29
Figura 11- Soporte de un torno.....	30
Figura 12- Soporte de un torno.....	33
Figura 13- Imagen del torneado cónico.....	34
Figura 14- Sistema CAM.....	35
Figura 15 - Esquema de funcionamiento del torno CNC.....	39
Figura 16 - Torno convencional de la universidad Antonio Nariño sede puerto Colombia.....	50
Figura 17 - Motor principal del torno.....	50
Figura 18 - Motor pasó a paso marca STEEPER NEMA 34-470.....	52
Figura 19 - Plano dimensional del motor paso a paso.....	52
Figura 20 - Base para motor paso a paso.....	53
Figura 21 - Drive del motor paso a paso KL - 5056 20-50 VDC 5.6A.....	54
Figura 22 - Ilustración en 3D de los arduinos que controlan el driver.....	54
Figura 23 - Instalación de software (Mach 3).....	56
Figura 24 - Diagrama eléctrico del torno JET que se encuentra en la universidad Antonio Nariño.....	57
Figura 25 - Ilustración de la ubicación donde van instalado los motores paso a paso.....	58
Figura 26 - Diagrama electrónico.....	58
Figura 27 - Angulo de fuerza de corte en un torno.....	69
Figura 28 - Instalación del programa Mastercam 2021.....	70
Figura 29 - Vista frontal del programa Mastercam con el plano cartesiano.....	70
Figura 30 - Diseño del solido desde el origen.....	71
Figura 31 - Proceso de estructuración para convertirlo en sólido.....	71
Figura 32 - Solido final.....	72
Figura 33 - Solido vista isométrica, finalizado.....	72
Figura 34 - Paso a paso para la programación del mecanizado en el software.....	73
Figura 35 - Selección del proceso a realizar.....	73
Figura 36 - Selección del inicio al mecanizado.....	74
Figura 37 - Procedemos a codificar los parámetros.....	75
Figura 38 - Codificado de parámetros de desbastes.....	75
Figura 39 - Codificación de la entrada y salida de la herramienta.....	76

Figura 40 - Codificación para el ángulo de la penetración y corte.	76
Figura 41 - Inicio del proceso de desbaste exterior.	77
Figura 42 - Proceso intermedio de desbastes.	77
Figura 43 - Proceso de desbaste exterior finalizado.	78
Figura 44 - Ajuste de parámetros para realizar el proceso de refrentado.	78
Figura 45 - Insertando medidas al parámetro de desbaste.	79
Figura 46 - Inicio para insertar parámetros para el mecanizado de la rosca.	79
Figura 47 - Selección de herramienta y digitado de medidas para el parámetro de trayectoria.	80
Figura 48 - Digitación de los parámetros de la rosca.	80
Figura 49 - codificando parámetros de corte de rosca.	81
Figura 50 - Inicio al proceso de roscado.	81
Figura 51 - Vista lateral del finalizado de la rosca.	82
Figura 52 - Vista isométrica de la finalización del proceso del roscado.	82

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características y tipos de tornos.	20
Tabla 2. Valores de presión específica de corte	38
Tabla 3. Cronograma de actividades para la realización del proyecto	46
Tabla 4. Presupuesto para la realización del proyecto	47
Tabla 5. Características técnicas del torno	48
Tabla 6. Características técnicas de un motor pasó a paso marca STEEPER NEMA.	55
Tabla 7. Códigos para programación ISO	59
Tabla 8. Códigos ISO arrojados por el programa Mastercam.....	83
Tabla 10. Costos de montaje	86

LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

Los símbolos utilizados en el presente proyecto están relacionados con el tema del diseño, principalmente los relacionados con los conceptos de velocidad de corte y fuerza de corte en los procesos de mecanizado.

Símbolos con letras latinas

Simbología	Termino	Unidad SI
A	Área	m ²
D	Diámetro	mm
F	Fuerza	N
R	Radio	mm
V	Velocidad	m/s
Va	Velocidad de avance	mm/min - mm/rev
Vc	Velocidad de corte	mm/min
Pp	Profundidad de corte	mm
Vgc	Velocidad de giro del cabezal	rpm
Ks	Presión de corte	N
Lx	Fuerza resultante	N
Wx	Carga extrema	Kg
Fc	Fuerza de corte	N
Mach 3	Formato de programación ISO	

Abreviaturas

Abreviaturas termino

<i>Código ISO</i>	programación de control numérico
<i>CNC</i>	control numérico por computadora
<i>CAD</i>	diseño asistido por computadora
<i>CAM</i>	fabricación asistida por ordenador

1. Introducción

En el ámbito industrial en los procesos de mecanización y moldeo de piezas, las máquinas de control numérico computarizado, han tenido un gran auge desde muchos años atrás, con la fabricación del microchip y utilizando este en las máquinas de mecanizado. [1]. Partiendo de la idea de mejorar el torno que se había desarrollado y mejorar los tiempos de productivos, aumentando la calidad, la precisión del mecanizado y reduciendo costes con un incremento de los beneficios realizados por este. [2-7].

La implementación del control numérico en el torno convencional que se encuentra en la universidad Antonio Nariño será de una gran logro y beneficio para los estudiantes, debido que se tendrá a mano una herramienta de gran importancia en el ámbito industrial la cual los hará tener una mayor experiencia y conocimiento del uso de esta máquina. [3-4].

En el año 2005 en la universidad de Antioquia en Medellín, se llevó a cabo un proyecto de investigación acerca de la transformación de un torno convencional a CNC llevando a cabo el diseño y la construcción de un mini torno numérico. [5].

A nivel internacional en el instituto tecnológico de costa rica también se realizó un proyecto de transformación diseño y construcción de un torno convencional a torno de control numérico, obteniendo un excelente resultado en su objetivo final. [6].

En la actualidad la tendencia en el mecanizado es utilizar el CNC, el hecho de fabricar una pieza con una máquina-herramienta manual semiautomática, proporcionara al alumno una visión más profunda y cercana de las diferentes operaciones y sus requerimientos de tiempo, velocidad, esfuerzo y seguridad. Este conocimiento, basado en la experiencia. [17].

En el año 2018 en México realizaron un estudio basado en la integración de un sistema CAD/CAM, en el que vincularon un equipo de fabricación como lo fue la fresadora y el torno CNC. En este estudio lograron mejorar la manera de fabricación de un producto, teniendo las ventajas de generar un código para su visualización y simulación. [18].

1.1 Formulación de problema

Debido a la necesidad que tienen los estudiantes de la universidad Antonio Nariño sede Puerto Colombia para desarrollar sus capacidades y habilidades técnicas en el área del mecanizado industrial, surge la idea de realizar un diseño y simulación para la modificación y automatización de este torno convencional a un torno CNC.

¿Cómo mejorar la funcionalidad del torno convencional, complementando los conocimientos técnicos en cuanto al manejo de tornos automáticos CNC, en los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la universidad Antonio Nariño sede Puerto Colombia?. La finalidad de este proyecto es tener una herramienta educativa perfilada a la mejora continua del conocimiento técnico de los estudiantes de la universidad Antonio Nariño sede puerto Colombia. En la siguiente imagen podemos observar el torno convencional que se encuentra en la sala de laboratorio de la universidad el cual será objeto de estudio para su mejora funcional.



Figura 1- Torno convencional de la universidad Antonio Nariño sede puerto Colombia

Fuente: autores.

Como se puede observar en la imagen es un torno pequeño el cual está diseñado principalmente para la enseñanza en instituciones educativas, debido a que por su tamaño es muy versátil para la instalación, almacenamiento y manejo, esto hace que el

torno sea practico para la conversión a CNC con el fin de que los estudiantes puedan tener una herramienta mucho más actualizada para mejorar sus conocimientos técnicos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Realizar el diseño de la conversión y la simulación de la operación un torno convencional manual a CNC. Con el fin que los futuros estudiantes de la facultad de ingeniería de la Universidad Antonio Nariño sede Puerto Colombia tenga una mejor herramienta de apoyo para desarrollar sus competencias educativas y laborales en el ámbito metalmecánico.

1.2.2 Objetivo específico

- Caracterizar los parámetros técnicos y operativos del torno convencional que se encuentra instalado en la Universidad Antonio Nariño sede Puerto Colombia.
- Diseñar la automatización del torno convencional a CNC de acuerdo a los insumos disponibles comercialmente y las características operativas del torno caracterizado, y además realizar la debida selección de hardware y software de operación.
- Simular la operación del torno convertido a través de prácticas de laboratorio.

1.3 Justificación

Simular la automatización del torno convencional en automático con el fin de mejorar los conocimientos técnicos de los estudiantes de las facultades de ingeniería de la Universidad Antonio Nariño sede Puerto Colombia en el ámbito metalmecánico para un mejor desempeño laboral, así logrando obtener mayores entendimiento técnicos que serán de gran ayuda para sus competencias laborales.

Hoy en día las máquinas que se encuentran en las industrias son principalmente operadas por computador, esto muestra la importancia de tener el conocimiento de este tipo de maquinarias, en la actualidad la universidad no cuenta con una máquina computarizada en la rama industrial mostrando un gran déficit en este tipo de conocimiento, por este motivo se decidió mostrar como es el principio y la simulación del trabajo de esta máquina, para que en un futuro la automatización sea más rápida y sencilla.

2. Fundamentos del torno

2.1 Breve definición del torno

El torno es una máquina diseñada para mecanizar metales y darles formas predeterminadas para uso de la industria, cuenta con un motor principal que va conectado a un husillo donde está montado un mandril o copa para la sujeción de los materiales a trabajar, este trabaja con los carros transversales y longitudinales, en el carro transversal va el porta herramienta la cual es la que va desbastando el metal y va formando la pieza requerida, todo esto es por movimientos mecánicos y por el operario. Con el pasar de los años la industria metalmeccánica ha avanzado que se implementó nuevas técnicas de producción y se creó el torno CNC (control numérico computarizado), el cual es una computadora la que realiza las respectivas acciones de la máquina, a través de un software. La máquina cuenta con sistema de coordenadas del plano cartesiano y trabaja normalmente con dos eje X y Z, siendo X el eje transversal y Z el eje longitudinal existen CNC que pueden tener más ejes de trabajo. El operario debe insertar el programa, para realizar la operación de mecanizado.

El torno convencional al pasar de los años se ha ido modificando de tal manera que su uso sea mucho más práctico, a principio de los años 60 apareció el control numérico por ordenador (CN), las ordenes del control se ejecutaban por medio de programas en la memoria del computador, siendo de esta forma fácil la modificación del programa y ejecución del mismo. En ese tiempo los computadores eran de gran tamaño y con costos muy altos, la mejor opción era conectar varias máquinas a un solo computador. A finales

de los 60 se empezó aplicar el torno (CNC), basado en los movimientos automáticos de ejes y herramientas utilizando un programa configurado previamente en software de diseño y de manejo.

Las actualizaciones vistas en estas máquinas son en base a máquinas que generan movimiento totalmente automático para la fabricación de las piezas utilizando software más avanzados los cuales permiten que las maquinas no cuente necesariamente con operadores, ya que se pueden programar brazos robóticos para su alimentación.

A nivel nacional la universidad de Antioquia planteó la posibilidad de automatizar un torno convencional instalando un control numérico computarizado [20].

Otro caso similar fue en la universidad de san buenaventura sede Bogotá en la facultad de mecatrónica se realizó un mejora en el diseño e implementación en una maquina con un control CNC mejorando los modelos a diseñar [19].

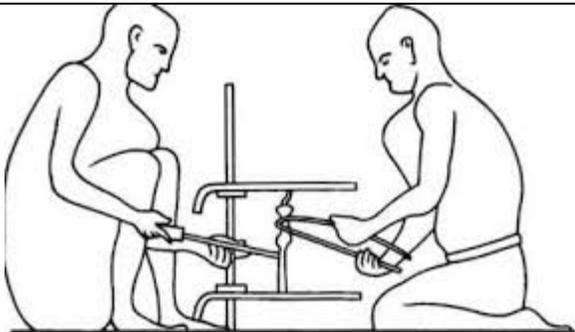
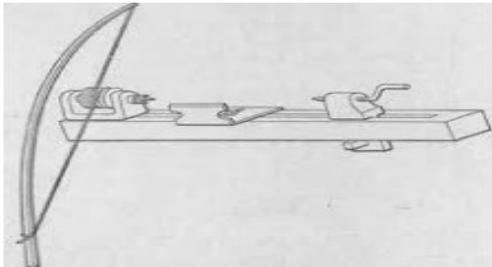
A nivel internacional en el país de México en la universidad Nacional Autónoma de México realizaron una tesis enfocada al diseño, programación, simulación y fabricación de componentes mecánicos por medio de programas CAD/CAM para su debida simulación. [21].

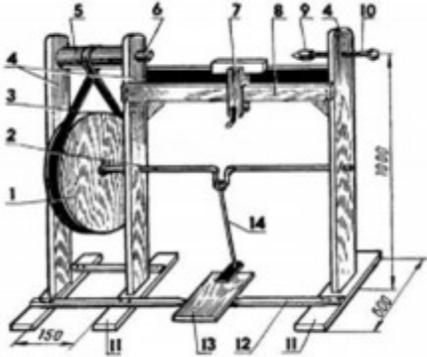
Unas de las razones más importante del porque se decidió convertir el torno convencional a CNC es su rapidez y precisión a la hora de realizar un trabajo, esto mejora un 100 % la producción en una industria.

2.1.1 Tipos de tornos

En la actualidad existen muchos tipos de tornos, a medidas que la ciencia y la tecnología fueron avanzando, los tornos lo fueron haciendo de igual manera, en la tabla siguiente anexaremos una línea de tiempo como han venido mejorando los tornos.

Tabla 1. Características y tipos de tornos.

TIPOS DE TORNOS Y SUS CARACTERISTICAS DESDE SU CREACION		
NOMBRE	CARACTERISITCAS	IMAGEN
Prototipo antiguo de torno manual	uno de los primeros tornos que se remonta a 1300 a.c	 <p>Fuente: Gonzalo,alcon. Evolución, análisis y estudio comparativo de las maquinas (2018).</p>
Arco violín	Era una herramienta, constaba de un arco con cuerda y por medio del operario se conseguía crear un movimiento de rotación alternativo	 <p>Fuente: Gonzalo,alcon. Evolución, análisis y estudio comparativo de las maquinas (2018).</p>

<p>Torno pedal.</p>	<p>Este torno trabaja con un mecanismo- biela manivela y el sistema era transmitido por correas</p>	 <p>Fuente: Gonzalo, j.d. modelado y simulación del torno. (2017).</p>
<p>Torno copiador</p>	<p>El torno copiador como su nombre lo indica se utilizaba para fabricar piezas rápidamente copiando de una pieza matriz, este contaba con un sistema hidráulico el cual copiaba toda la figura de la matriz a la pieza fabricada y fue inventada en el año 1820 por thomas blanchaard</p>	 <p>Fuente: De máquinas y herramientas.com (2014).</p>
<p>Torno revolver</p>	<p>En los años 1840 Jacques De Vaucanson construyo un torno con portaherramientas deslizantes y David Wilkinson perfecciona el torno de Vaucanson permitiendo que la herramienta de corte realice movimientos con velocidad constante.</p>	 <p>Fuente: EcuRed (2014).</p>

<p>Torno paralelo</p>	<p>En 1839 se patenta la fabricación del torno de bancada paralela el cual permite mecanizar piezas cilíndricas y fabricar roscas por medio de guías paralelas y carros automáticos.</p>	 <p>Fuente: interempresas.net</p>
<p>Torno CNC</p>	<p>Llamado tornos de control numérico tienen la misma estructura que un torno paralelo, pero con adaptaciones tecnológicas y modificaciones adecuadas. Es una máquina herramienta que utiliza una computadora para realizar los movimientos de los programas introducidos en el software utilizando los planos cartesianos.</p>	 <p>Fuente: suministrada por los autores. (2020)</p>

Fuente: suministrada por autores. (2020)

2.2 Partes del torno

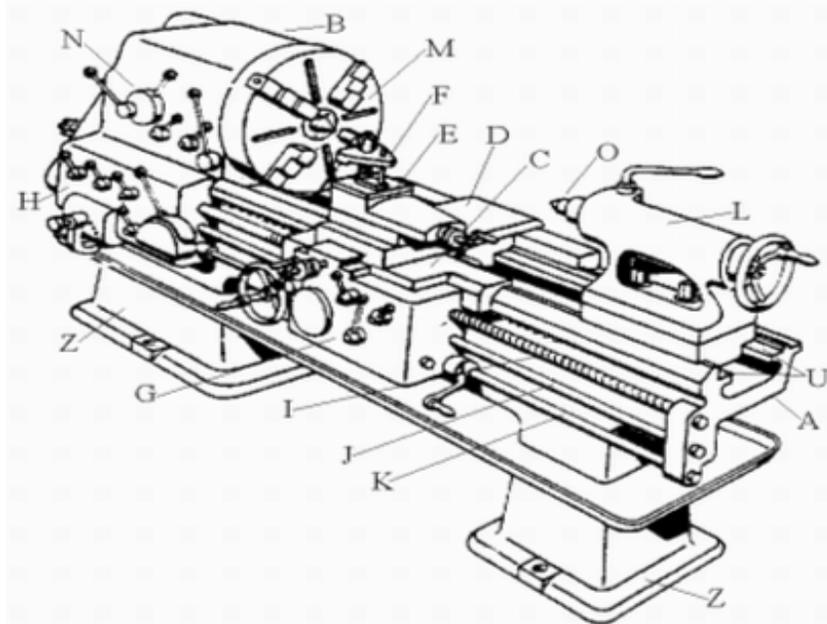


Figura 2- Torno y sus partes.

Fuente: Villalba, D. partes del torno. (2016)

2.2.1 La bancada

La bancada son dos guías en las cuales se desplaza el carro longitudinal y la contrapunta, está fabricada en fundición gris templada y una de las guías tiene forma de prisma y la otra es lisa las cuales son capaces de soportar las fuerzas originadas durante el trabajo sin deformarse.



Figura 3- Bancada de un torno.

Fuente: Morales, F. procedimiento en los mecanizados con maquina herramientas torno. (2017)

2.2.2 Cabezal, cabezal móvil y fijo

Cabezal fijo: es el que contiene los diferentes tipos de engranajes que impulsan la pieza que se va a trabajar. Este se mueve por el motor principal llevado por correas, las cuales impulsan las poleas que le dan movimiento a los engranajes. Este cabezal se puede graduar por las palancas de cambios de velocidades eligiendo los piñones a trabajar. También se le conoce como caja Northon..



Figura 4- Cabezal y husillo de un torno.

Fuente: Pyrosis13. (2011).

2.2.3 Cabezal móvil o contra punta

Este se utiliza para sujetar ejes largos, está situado en el extremo opuesto al cabezal (L) sobre las guías. Compuesto por un orificio cónico, tornillo y manija de ajuste. Utilizado para adelantar o atrasar y dar soporte a las brocas, puntos y os escariadores y se puede ajustar de acuerdo a la longitud de la pieza.



Figura 5- Cabezal móvil de un torno

Fuente: Morales, F. procedimiento en los mecanizados con maquina herramientas torno. (2017)

2.2.4 Portaherramientas y tipo de porta herramienta

Utilizado para sostener múltiples herramientas adecuadas para cada tipo de operación, la fijación y el apriete de las herramientas varía según los sistemas. El porta herramienta varía de acuerdo al trabajo que se vaya a realizar y al tipo de herramienta que se vaya a utilizar. La más habitual es la cuadrada que mediante un tornillo regulador, se regula la altura de la herramienta y puede ser derecho, izquierdo y neutro.

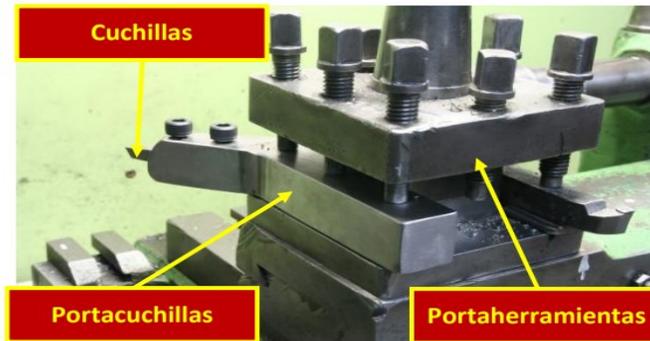


Figura 6- Imagen de un portaherramientas de un torno.

Fuente: Morales, F. procedimiento en los mecanizados con maquina herramientas torno. (2017)

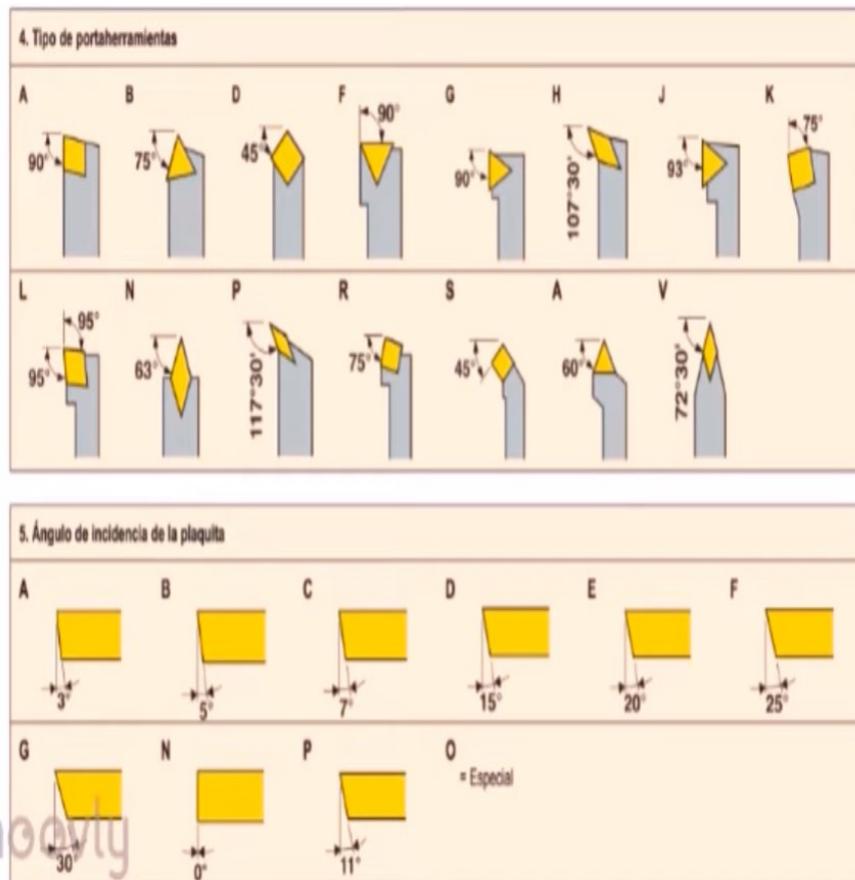


Figura 7- Tipos de porta herramientas

Fuente: Cepeda, S. selección de herramientas de corte para procesos de torneado. (2016)

2.2.5 Mecanismo de avance

Este mecanismo de avance se obtiene con una serie de engranajes que son capaces de transmitir el movimiento del cabezal al husillo y al tornillo de avance. Este sistema funciona por la misma transmisión que le da el motor del torno y Los engranajes son controlados por unas perillas que van localizadas en el frontal del tablero. Los movimientos pueden ser hacia la izquierda o hacia la derecha en el carro longitudinal y en el carro transversal son arriba o abajo viéndolo desde arriba.



Figura 8- Torno convencional y mecanismo de avance.

Fuente: Morales, F. procedimiento en los mecanizados con maquina herramientas torno. (2017)

2.2.6 Carro longitudinal y transversal.

El carro longitudinal se desplaza sobre las guías del torno entre el cabezal y el cabezal móvil, este lleva al carro transversal en el cual va soportado la torreta y el portaherramientas.



Figura 9- Carro longitudinal.

Fuente: Morales, F. procedimiento en los mecanizados con maquina herramientas torno. (2017)

2.2.7 Plato de mordaza

Un plato de mordaza es una herramienta que mediante un mecanismo de husillo o de otro tipo permite sujetar por fricción una pieza presionándola en forma continua. Las mordazas trabajan dentro de un plato giratorio, pueden ser manuales, neumáticos e hidráulicos. Puede ser de 3, 4,5 hasta 6 mordazas dependiendo el tamaño de la máquina.

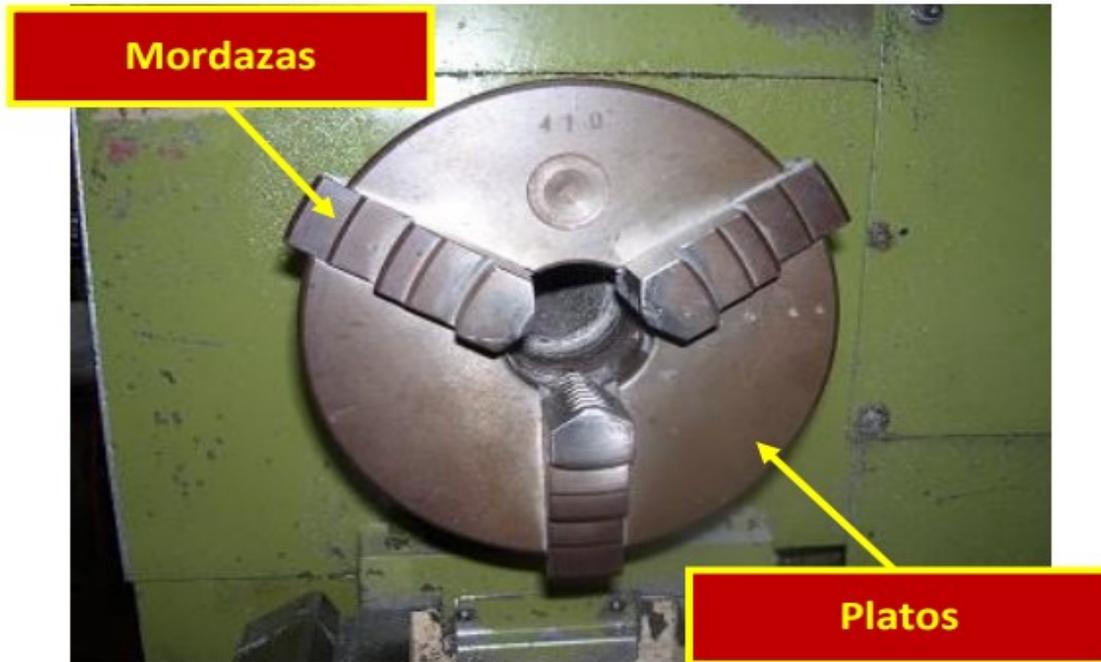


Figura 10- Mandril.

Fuente: Morales, F. procedimiento en los mecanizados con maquina herramientas torno. (2017)

2.3 ACCESORIOS

2.3.1 Soportes

Los soportes son utilizados para piezas largas que se someten a grandes presiones cuando se trabajan sobre ellas, llegando a doblarse y tengamos mediciones erróneas por tener la pieza sin soporte. Hay dos tipos de soportes, los soportes fijos de tres mordazas y los soportes de luneta móvil



Figura 11- Soporte de un torno.

Fuente: Morales, F. procedimiento en los mecanizados con maquina herramientas torno. (2017)

2.3.2 Lunetas

Estos dispositivos soportan ejes de largas dimensiones y de gran peso permitiendo el trabajo de piezas de gran tamaño. Existen diferentes tipos diferentes de luneta,

- la luneta fija
- la luneta móvil.

2.3.3 Luneta fija

Utilizada para trabajar piezas largas y pesadas sujetadas entre copa y contrapunto o entre copa y luneta sin contra punto, esta va montada sobre la bancada paralela en el torno y está guiada por la prisma de la bancada.

2.3.4 Luneta móvil

Este dispositivo permite trabajar piezas largas utilizando solo la copa o plato del torno y soportada sobre la luneta móvil desplazándose por lo largo del eje mecanizado y permitiendo los movimientos de los carros, esta va montada sobre el carro longitudinal de la máquina.

2.4 Operaciones

2.4.1 Cilindrado

El cilindrado es la función principal del trabajo de un torno. Este se realiza sujetando las piezas entre puntos o con plato de mordaza, el mecanizado lo hace una herramienta sea de insertos o de buril calzado. De acuerdo a la necesidad se puede trabajar con herramientas derechas o izquierdas.

Para que el acabado y la exactitud dimensional sean las correctas se utiliza herramientas con puntas de radios bajos para evitar vibraciones y dar buenos acabados y hay que dar una o más pasadas para obtener el acabado requerido.

En el cilindrado, los diámetros se miden con instrumentos tales como micrómetros de exteriores y calibradores. Esto varía de acuerdo a la necesidad de las tolerancias en el plano. Los instrumentos para medir longitudes pueden ser el calibrador, la cinta métrica o calibradores de profundidad [1].

2.4.2 Roscado

En este proceso el torno utiliza una serie de embragues, piñones y tornillos para sincronizar los movimientos para el tallado de los dientes en el eje a mecanizar, el roscado es básicamente tallar un filete o hilo de acuerdo a las especificaciones de la rosca a fabricar para este proceso se utiliza herramientas afiladas o hechizas como son los burile o herramientas de fábrica como son insertos de roscado.

Existen varios tipos de rosca.

- Trapezoidal
- Whitworth
- Cuadrada
- Redonda

Y las roscas pueden ser internas o externas.

2.4.3 Refrentado.

Utilizado para mecanizar el frente de la pieza y mejora el acabo de esta, para previamente hacerle el siguiente proceso sea para centro punto o para mejorar el acabado de la pieza, para realizar este proceso la maquina debe trabajar a velocidad variable, ya que como se va a llegar al centro de la pieza la velocidad debe aumentar para no dañar la herramienta.

2.4.4 Ranurado.

Esta operación se utiliza para realizar ranuras según especificaciones, pueden ser internas o externas y varían de acuerdo a la necesidad del fabricante, se utiliza herramientas hechizas o herramientas de fábrica.

2.4.5 Taladrado en torno

En esta operación se utiliza una broca en un mandril manual montado en el contrapunto el cual por estar alineado en la bancada paralela con la copa garantiza la perforación en todo el centro de la pieza y se puede realizar diferentes tipos de agujeros en las piezas, las maquinas actuales tienen la opción de montar brocas en las torretas lo cual optimiza los tiempos de trabajo.



Figura 12- Soporte de un torno.

Fuente: Gonzalo, A;. Evolución, análisis y estudio comparativo de las maquinas (2018).

2.4.6 Moletado.

En esta operación la herramienta se encarga de tallar por fricción y deformación los diferentes tipos de moletas.

Las moletas son las herramientas que se utilizan para marcar los ejes fabricados, esto consiste en hacerle ranuras al material y pueden ser:

- Cruzados
- Rectos

2.4.7 Torneado cónico

Esta operación consiste en realizar una figura cónica a una pieza, moviendo en el caso del torno convencional el cabo superior previamente cuadrado al Angulo a realizar, en las maquinas actuales los dos ejes se mueven para realizar el cono.

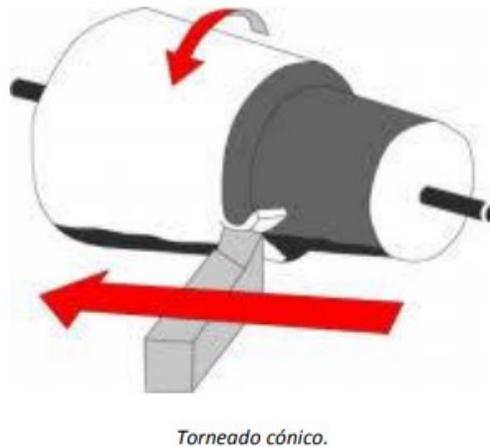


Figura 13- Imagen del torneado cónico.

Fuente: Gonzalo, A;. Evolución, análisis y estudio comparativo de las maquinas (2018).

2.5 SOFTWARE DE PROGRAMACION Y DISEÑO

2.5.1 Sistema CAD/CAM

Sistema CAD este sistema es el diseño asistido por computador el cual se diseña la pieza a fabricar, este software permite modelar la pieza en 2D o en 3D, siendo una mejora en la industria ya que minimiza los errores de fabricación.

Sistema CAM (fabricación asistida por computadora): es un software que se encarga de convertir el diseño CAD en lenguaje permitido de las maquinas o sistema ISO el cual consta de códigos que la maquina interpreta como coordenadas.

El software de diseño asistido por computadora y de fabricación asistida por computadora más comunes cuando se automatizan maquinarias convencionales son:

- Solidworks (diseño asistido por computadora)
- Mastercam (fabricación asistida por computadora)
- Mach 3 (software interfaz de torno o controlador)

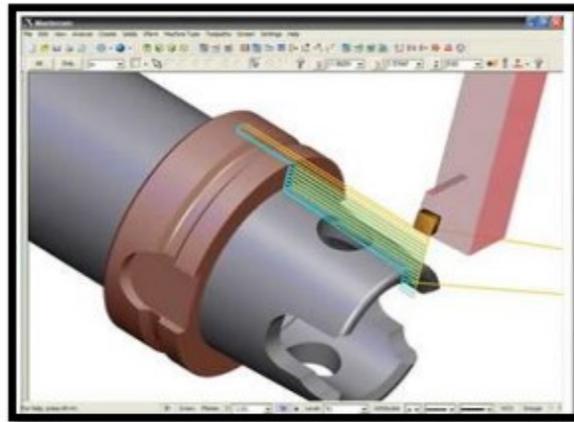


Figura 14- Sistema CAM.

Fuente: Mena, A;. Evolución, conversión de un torno convencional a uno por control numérico computarizado para el laboratorio CNC de la espe extensión Latacunga (2013).

2.5.2 Componentes del CAD/CAM

Los principales componentes son:

2.5.3 Modelado geométrico.

También conocido como modelado gráfico, el cual consta de líneas, circunferencias y polígonos los cuales son generados por una computadora.

2.5.4 Técnicas de visualización

Este componente es muy esencial para la realización de la imagen de la pieza, ya que según los análisis realizados a las piezas como estático, dinámicas, elásticas ya que pueden facilitar un mayor rango de visualización por parte del diseñador.

2.5.5 Técnicas de interacción grafica

Este es fundamental para el diseño ya que se puede realizar una modelación en 2D y en 3D y establecen las herramientas necesarias para los prototipos deseados.

2.5.6 Diseño de la interfaz de usuario

Como base para la interfaz el operario deberá contar con la capacitación adecuada en los diferentes tipos de software de diseño y comunicación para realizar correctamente la programación y operación de la máquina, para fabricar la pieza requerida.

2.5.7 Base de datos

La base de datos guarda toda la información de los prototipos de diseño, que el operario ha realizado en el software de diseño y de fabricación (CAD/CAM), esto permite mayor producción y menos tiempos muertos de máquina.

2.5.8 Métodos numéricos

Para este método el operador debe hacer los cálculos necesarios para el diseño CAD/CAM, con el fin de realizar la programación.

2.5.9 Parámetros de corte del torneado

Los parámetros para la función o el realizado de corte son varios, pero los principales a considerar son:

- Velocidad de corte
- Diámetro exterior y longitud del torneado

- Fuerza de corte
- Sistema de fijación de la pieza
- Profundidad de corte por pasada
- Revoluciones por minuto (rpm)

Basado en la determinación de la velocidad para realizar el corte la siguiente formula se puede utilizar para obtener las RPM que tendrá el husillo del torno con las siguientes ecuaciones

$$V_c \left(\frac{n}{min} \right) = \frac{rpm * \pi * D_c (mm)}{1000 \left(\frac{mm}{m} \right)} \dots\dots \text{(Ecuación 1.1)}$$

De la ecuación anterior despejamos rpm para poder hallar la velocidad de rotación de la pieza.

La V_c en el torneado es la velocidad que hay entre el material y la herramienta. Es decir la velocidad con que avanza el corte, este se calcula de la siguiente manera:

$$f \left(\frac{mm}{min} \right) = N (rpm) * f \left(\frac{mm}{rev} \right) \dots\dots \text{(Ecuación 1.2)}$$

El procedimiento de corte determina que la fuerza de corte es directamente proporcional a la sección de la viruta, por una constante K_s , llamada presión de corte.

Tabla 2. Valores de presión específica de corte

MATERIAL	K_s (N/ MM²)	Z
Acero templado	225	0.2
Acero al carbono	186	0.2
Latón	58	0.3
Cobre	78	0.3
Aluminio	100	0.3
Acero inoxidable	179	0.2
Acero inoxidable férrico	155	0.2

Fuente: casillas, A. (2009). MAQUINAS CALCULOS DE TALLES (4 ED.).

2.6 Tecnología CNC

Inicio en la revolución industrial de 1770, los trabajadores operaban las maquinas manualmente, el vapor, la electricidad y los materiales avanzados fueron claves para mejorar el proceso de automatización. En 1945 se invento la computadora electrónica. En los años 50 se incorporó la computadora en una máquina herramienta para automatizarla, no transcurrió mucho tiempo para incorporar la computadora a la producción, en los años 60 con la fabricación de los microchips aminoró el valor de los controles, en 1942, apareció el primer control numérico computarizado, por petición de la industria aeronáutica para mejorar y potenciar las hélices de helicópteros de diferentes configuraciones.

El control numérico computarizado (CNC) tuvo sus inicios en el Instituto de Tecnología de Massachusetts, donde se le implemento a una fresadora un control numérico o una computadora por primera vez.

La diferencia entre una maquina convencional y una máquina CNC es que la convencional los movimientos los realiza una persona u operador el cual realiza movimientos limitados porque solo puede moverse linealmente, a diferencia del CNC la cual los movimientos son controlados por una computadora permitiendo realizar movimientos lineales y circulares

Referencia:

<https://www.forestmaderero.com/articulos/item/la-historia-del-cnc-control-numerico-por-computadora.html>

2.7 Elementos básicos del control numérico

2.7.1 El programa

Este contiene toda la codificación necesaria para realizar los movimientos para fabricar la pieza, el operario se encargada de introducir la información mediante códigos estandarizados los cuales son los encargados de darle movimiento a la máquina, el operador debe estar capacitado sobre los códigos usados y las herramientas que proporciona el software, esto para realizar un manejo correcto a la maquina.

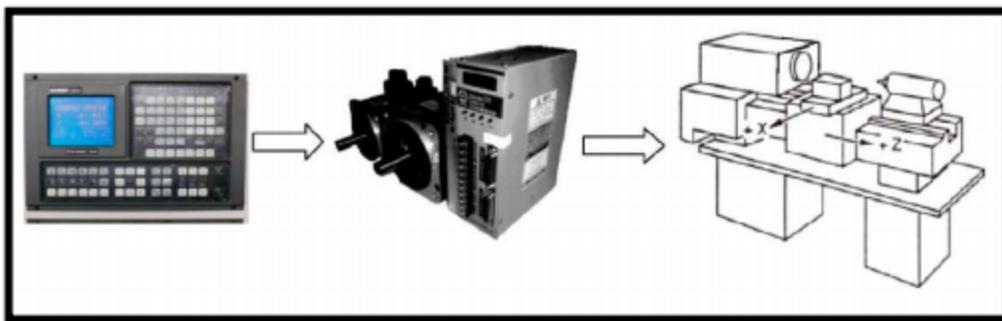


Figura 15 - Esquema de funcionamiento del torno CNC.

Fuente: Mena, A;. Evolución, conversión de un torno convencional a uno por control numérico computarizado para el laboratorio CNC de la espe extensión Latacunga (2013).

2.7.2 El control numérico

En el se establecen todos los parámetros de las piezas y herramientas a trabajar tales como, velocidad de corte, ángulos de las herramientas, dimensiones de la pieza y los modos de ataque de la herramienta etc.

2.7.3 La maquina

Las máquinas van a depender de las características necesarias de los trabajos, están varían de acuerdo al tamaño y los ejes a trabajar y pueden tener los ejes requeridos por el fabricante tales como X, Y, Z y pueden tener más. Las maquinas más conocidas son:

- Torno
- Centro de mecanizado
- Cortadora laser

2.7.4 Técnicas de programación CNC

Para programar las maquinas CNC se utilizan dos tipos de programación.

2.7.5 Técnica manual

La técnica manual es la programación a pie de máquina y utiliza los diferentes ciclos de programación los cuales consisten en códigos de programación definidos en los controles de las máquinas y el programador utiliza los siguientes datos para programar la maquina

- Tipos de material
- Herramientas a utilizar
- Dimensiones de la pieza a mecanizar
- Procesos de mecanizado que se van a realizar en la pieza

Y los códigos o ciclos son:

- Cilindrado G71
- Roscado G76

- Ciclo de refrentado G72

2.7.6 Técnica automática.

En este proceso se utiliza los software de diseño y los software de mecanizado. El operario debe recolectar la información necesaria para programar los software y codificar correctamente la máquina.

Esta es la información necesaria:

- Tipos de materiales
- Diseño de la pieza en software CAD
- Conversión de diseño CAD a códigos en software CAM
- Verificación de códigos para ingreso a maquina
- Transmisión por software (CINCO, MASTERCAM POST) estos son post procesadores que permiten el envío del programa a la máquina.

3. Diseño metodológico

En el laboratorio de experimentos de la universidad Antonio Nariño sede puerto Colombia posee un torno convencional de marca el cual es objeto de estudio en este proyecto de grado. Una vez caracterizado y realizado la toma de datos correspondientes al torno en la visita al laboratorio de la universidad Antonio Nariño sede puerto Colombia. Se procede a realizar los objetivos trazados para lograr la finalidad de nuestro proyecto, continuando con el plan de trabajo que se describe a continuación, en función de cada objetivo específico trazado. Inicialmente, se realizó una inspección previa para conocer los componentes y las características de la maquina a la cual vamos a realizar dicha simulación. En relación con el cumplimiento de los objetivos, se tiene:

FASE 1: Objetivo 1.

Actividades

- Se inspecciono el laboratorio de la universidad Antonio Nariño sede puerto Colombia para la toma de datos correspondientes del torno y sus características
- Se consultó el manual operativo del torno
- Se identificó la capacidad y potencia.
- Se realizó la respectiva verificación de los componentes mecánicos y eléctricos.
- Se calcularon los torques de los motores paso a paso necesarios para el movimiento de los ejes.
- Se realizó el estudio para la respectiva adaptación de la caja eléctrica para montaje de sistema electrónico en el torno convencional.

FASAE 2: Objetivo 2

Actividades

- Se seleccionó el hardware para operación de torno CNC.
- Se seleccionó el motor paso a paso adecuado para el tamaño y mecanizado que a futuro va a realizar el torno automatizado
- Se seleccionó la parte eléctrica para la automatización.
- Se seleccionó de control de encendido y botón de emergencia.
- Se seleccionó del software (Mach 3)

FASE 3: Objetivo 3

Actividades

- se realizaron las respectivas pruebas de funcionamiento por medio del software mach 3
- se realizó ajustes necesarios.
- La modelación de la pieza en software CAD se realizó por medio del programa solid work
- Programación de pieza en mach 3.
- Almacenamiento de datos en tablas.

- Verificación de medidas obtenidas
- Mecanizado de pieza programada por medio del simulador.
- Como objetivo final se realizó la respectiva simulación arrojando resultados positivo para la realización a futuro de la implementación

3.1 Recolección de la información

La recolección de la información para este proyecto serán libros, internet, visitas técnicas a empresas, revistas y folletos industriales. Esto va relacionado con: controles CNC, diseño de mecanismo, lenguaje de control numérico, diseño CAD-CAM (Solidworks, AutoCAD, MasterCard) programación para los sistemas de control.

3.2 Población y Muestra

Los individuos que participan en la investigación en este trabajo son:

- Técnicos, tecnólogos y operadores de las máquinas de mecanizado, estos nos aportan su experiencia de la programación NC requerida para este tipo de máquina.
- Docentes universitarios, los cuales nos brindan el conocimiento para llevar a cabo dicho proyecto.
- Las empresas, éstas nos dan la oportunidad de afianzar todo el conocimiento adquirido.

3.3 Sistema de Hipótesis

- Es necesario contar con un software CAM para convertir al lenguaje ISO el diseño CAD.
- Se requiere una interfaz que transmita los datos a los controladores de la máquina.
- Para el movimiento de los motores de paso se necesita una controladora que interprete las entradas digitales.
- Para lograr automatizar el proceso de mecanizado se debe utilizar motores paso a paso.

3.4 Diseño y Desarrollo

Para implementar la automatización del torno se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros y requisitos:

- Planos y coordenadas a trabajar en la maquina (**planos X,Z**)
- La trayectoria máxima de recorrido de la máquina para mecanizados de pieza.
- Se estableció una precisión de 10 micra/mm en el mecanizado, debido a que se necesita una tolerancia de 20 micra/mm.
- Los avances de los tornillos del mecanismo.
- Capacidad de mecanizar materiales como polímeros, madera, aluminio y acero.
- Software de diseño y fabricación asistida por computador (CAD-CAM).

3.5 Plataformas libres

Se va a utilizar un software para el lenguaje NC llamado MACH3 que es de obtención gratuita de internet.

En este proyecto se utiliza, controladora de CNC, programación de software de diseño programación de códigos ISO para CNC y electrónica.

3.6 Controladora CNC.

La parte más importante de un CNC es la controladora. Este componente clave interpreta un programa CNC y acciona la serie de comandos en orden secuencial. A medida que lee el programa, el controlador activa las funciones apropiadas de la máquina, impulsa el movimiento de los ejes, y en general, sigue las instrucciones dadas en el programa.

3.7 Programación de software de diseño.

Estos software son los encargados del diseño de las piezas a realizar en ellos el operador dibuja a detalle las piezas y componentes que se van a mecanizar esto se hace en las diferentes maquinas CNC, inicialmente se hace el diseño y posteriormente se convierte ese diseño a códigos NC que son los que la controladora se encargará de convertir en

movimientos de los eje, en este caso la maquina cuenta con dos ejes X y Z, lo ejes se pueden mover uno a uno o los dos simultáneamente.

3.8 Programación de códigos ISO

La máquina se puede programar manualmente por medios de unos códigos que son los arrojados por los software, pero se crearon comandos que abrevian la programación.

Ejemplo

Para cilindrar se creó el código o comando G71 que es el ciclo de desbaste longitudinal.

3.9 Electrónica.

Para convertir un torno convencional a un torno CNC la electrónica es la base del proyecto ella es la que va contribuir en que la maquina se mueva automáticamente y por códigos.

En este proyecto se necesitan múltiples elementos, como son motores de paso, tarjetas, diodos, condensadores, microprocesadores, resistencias.

3.10 Potencia de corte y energía especifica de corte.

La potencia de corte se determina experimentalmente a partir de la energía eléctrica que consume el motor del torno. La cual será medida mediante un equipo diseñado para esta finalidad "multímetro". Ese equipo consiste en la medición de las variantes de la energía eléctrica cuando el torno inicia labores y al momento de tener el corte del mecanizado. El multímetro también es denominado polímetro o teste, es un instrumento eléctrico portátil para medir directamente magnitudes eléctricas activas como corrientes y potenciales tensiones o pasiva, como resistencias, capacidades y otras.

3.11 Cronograma de actividades

Tabla 3. Cronograma de actividades para la realización del proyecto

ACTIVIDAD	SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE
	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1
DOCUMENTACION													
VERIFICACION DE MATERIALES													
INSTALACION ELECTRONICA AL 25%													
PROGRAMACION E INSTALACION DE HARDWARE 50%													
ELECTRONICA DE AUTOMATIZACION AL 75%													
PROGRAMACION E INSTALACION DE SOFTWARE 100%													
VERIFICACION Y SIMULACIONES													
ENTREGA DE PROYECTO													

Fuente: autores.

3.12 Presupuesto

Tabla 4. Presupuesto para la realización del proyecto

Recurso	Fuente de Financiación		
	Estudiante	Universidad Antonio Nariño	Entidad Externa
Kit arduino	\$580.000	-0-	-0-
Cables controladora	\$120.000		
Bases para motor	\$30.000		
Adaptador motor eje	\$40.000		
Panel eléctrico	\$60.000		
Driver del motor de pasos KL-5056 20-50 VDC 5.6A	1.451.000		
2 Motores paso a paso	1.098.000		
Bases Para sistemas eléctricos	\$10.000		
Valor Total	\$ 3.389.000		

Fuente: autores

4. Resultados.

En este apartado esta afianzado todo el desarrollo de los objetivos específicos trazados en el proyecto, mostrando un análisis detallado y suministrando soluciones de estos. Las secciones subsecuentes demuestran el análisis de cada resultado de este proyecto.

4.1 OBEJTIVO 1. Características del torno convencional de la universidad Antonio Nariño.

En el aula de laboratorio de experimentos de la universidad Antonio Nariño sede Puerto Colombia, se encuentra un torno convencional marca Winston con las siguientes características presentadas en la siguiente tabla, el cual es el objetivo de estudio.

Tabla 5. Características técnicas del torno

CARACTERÍSTICAS DEL TORNO	
Marca	JET
TIPO	universal
MODELO	BD-920N
ORIGEN	Taiwán
Distancia entre puntos	20" (508mm)
Volteo sobre bancada	9" (228.6mm)
Volteo sobrecarro	5-1/16" (135mm)
Paso de barra	25/32" (19.8mm)
Roscas	Estándar/milimétricas

Roscas pulg/mm	27 (56-8 hpp) / 11 (0.5-3mm/rev)
Avance automáticos	5 (0.0023-0.013 in/rev)
Velocidades	5 vel. (130-2000 rpm)
Cono contrapunto	MT-2
Dimensión con bancada	1100 * 390 * 1130 mm.
Dimensión sin bancada	1080 * 390 * 400 mm
Prisma de bancada	20 * 8 mm (0.787*0.315 in)
Husillo de avance	9/16" * 16 hpp
MOTOR	
Motor principal	0.5 kW (3/4), 127 V, 1 fase
HZ	60
CLASE	E
POLOS	4
AMP	12/6
PHASE	1

Fuente: catalogo MG maquinaria



Figura 16 - Torno convencional de la universidad Antonio Nariño sede puerto Colombia.

Fuente: autores



Figura 17 - Motor principal del torno.

Fuente: autores.

4.2 OBJETIVO 2. Selección del motor paso a paso, Selección de hardware, software, y diagramas de planos (eléctricos y automatización)

4.2.1 selección del motor paso a paso y stepper driver

Tomando en base las especificaciones técnicas del torno se procede a analizar el torque del motor para la selección del motor paso a paso que sea adecuado a dicho torno. Por medio de la siguiente formula hallaremos el torque del motor principal y sabremos que motor paso a paso seleccionar.

$$T = \frac{HP*5252}{rpm} \dots\dots \text{(Ecuación 1.3)}$$

Hp = 0.75

5252 = una constante

Rpm =2000

T =?

$$T = \frac{0.75*5252}{2000 rpm} = 1.96 nm \dots\dots \text{(Ecuación 1.4)}$$

Con el estudio realizado e investigaciones pertinentes se decide seleccionar el siguiente motor pasó a paso con sus respectivas características y dimensiones. Se decidió escoger este motor paso a paso ya que es de excelente calidad además este motor paso a paso gira a un determinado ángulo de forma incremental, lo que le permite realizar varios desplazamientos angulares fijos muy precisos.



Figura 18 - Motor pasó a paso marca STEEPER NEMA 34-470.

Fuente: <https://cncrepowering.com.co/es/motores-paso-a-paso/232-motor-paso-a-paso-nema-34.html>

Dimensiones y cableado del motor paso a paso NEMA 34 (longitud del cuerpo del motor 114mm):

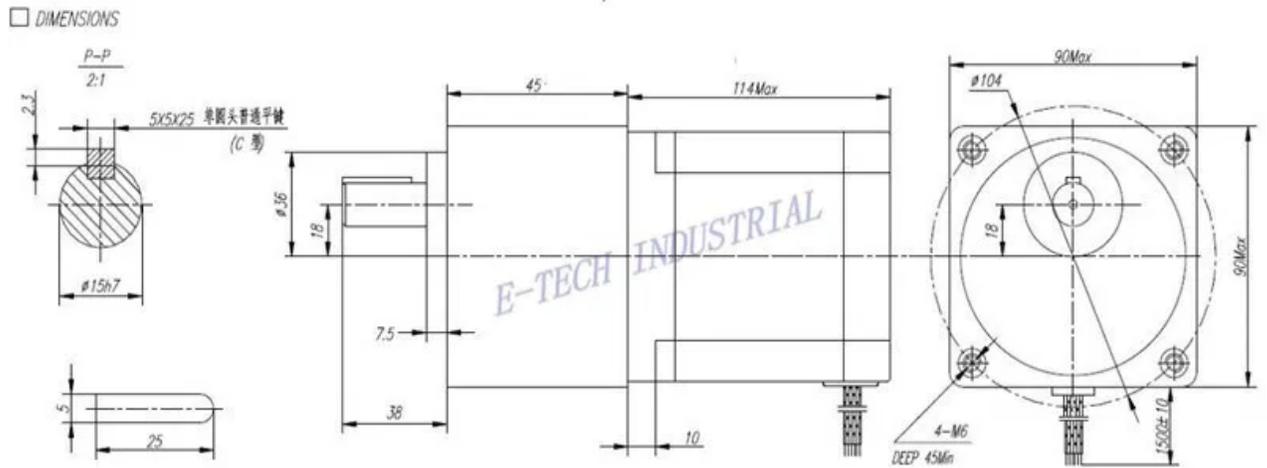


Figura 19 - Plano dimensional del motor paso a paso.

Fuente: <https://sites.google.com/a/ii.tapdoanprime.com/a570/1-1-NEMA34-de-Motor-paso-a-paso-114mm-Motor-longitud-NEMA-34-Motor-paso-a>



Figura 20 - Base para motor paso a paso.

Fuente: <https://sites.google.com/a/ii.tapdoanprime.com/a570/1-1-NEMA34-de-Motor-paso-a-paso-114mm-Motor-longitud-NEMA-34-Motor-paso-a>

La selección del stepper drive es fundamental para la efectiva disipación de calor del motor a paso, en la siguiente imagen podremos ver el dispositivo con su descripción.

DESCRIPCION.

- Inactividad actual reducción automática
- Configuración de los micro interruptores corriente con 8 valores diferentes, hasta 5.6ª pico.
- Voltaje de entra de 20 VDC a 50 VDC
- Protección contra cortocircuito y sobretensión
- Tamaño compacto.
- Pulso de frecuencia de entra de hasta 400 KHZ.



Figura 21 - Drive del motor paso a paso KL - 5056 20-50 VDC 5.6A.

Fuente: <https://cncpowering.com.co/es/drivers-motores-paso-a-paso/314-driver-bipolar-del-motor-de-pasos-kl-5056-20-50vdc-56a.html>

Los motores utilizados para las máquinas CNC son motores paso a paso como los de las impresoras 3D y necesitamos un driver para poder controlarlos desde Arduino. El kit de arduinos seleccionados son marca MEGAV 2560 R3.

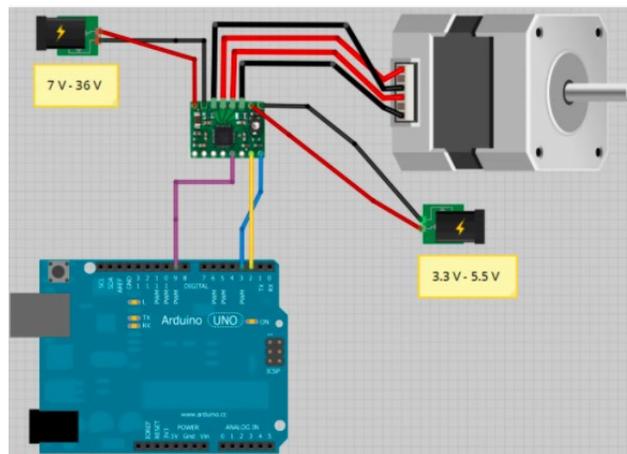


Figura 22 - Ilustración en 3D de los arduinos que controlan el driver.

Fuente: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/12/21/maquinas-cnc/>

Tabla 6. Características técnicas de un motor pasó a paso marca STEEPER NEMA.

CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR PASO A PASO	
TIPO	Bipolar
CORRIENTE DE TRABAJO	5ª fase – (110-220)
TORQUE (Nm)(lb-in)	4 (35.04)
ANGULO DE PASO	1.8 ^o
RESISTENCIA DE FASE	1.00 ohm
INERCIA DEL ROTOR (g-cm³)	2700.00
INDUCTANCIA	11.00 mH
PESO	3.80 kg
AUMENTO DE LA TEMPERATURA: MAX.80^oc	
TEMPERATURA AMBIENTE: - 10^oc – 50^oc	
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO: 100 ohm	
CLASE DE AISLAMIENTO: clase B 130^oc	
FUERA DIELECTRICA: 500 Vac/min	
HUMEDAD AMBIENTAL: MAX 85%	

Fuente: CNC repowering – automatización industrial.

4.2.2 Selección del software y hardware.

El software elegido para la implementación es mach 3, se decidió seleccionar este programa que es de bajo costo y de uso muy popular en el ámbito metalmecánico. Este es un sistema de control computarizado que permite la comunicación con los servos motores o motores de paso, utilizando una computadora. Este sistema es fácil de adquirir y muy fácil de trabajar, permitiendo a diferentes empresas y universidades diseñar y automatizar sus máquinas convencionales a CNC.



Figura 23 - Instalación de software (Mach 3).

Fuente: autores.

4.2.3 Diagrama eléctrico y electrónico.

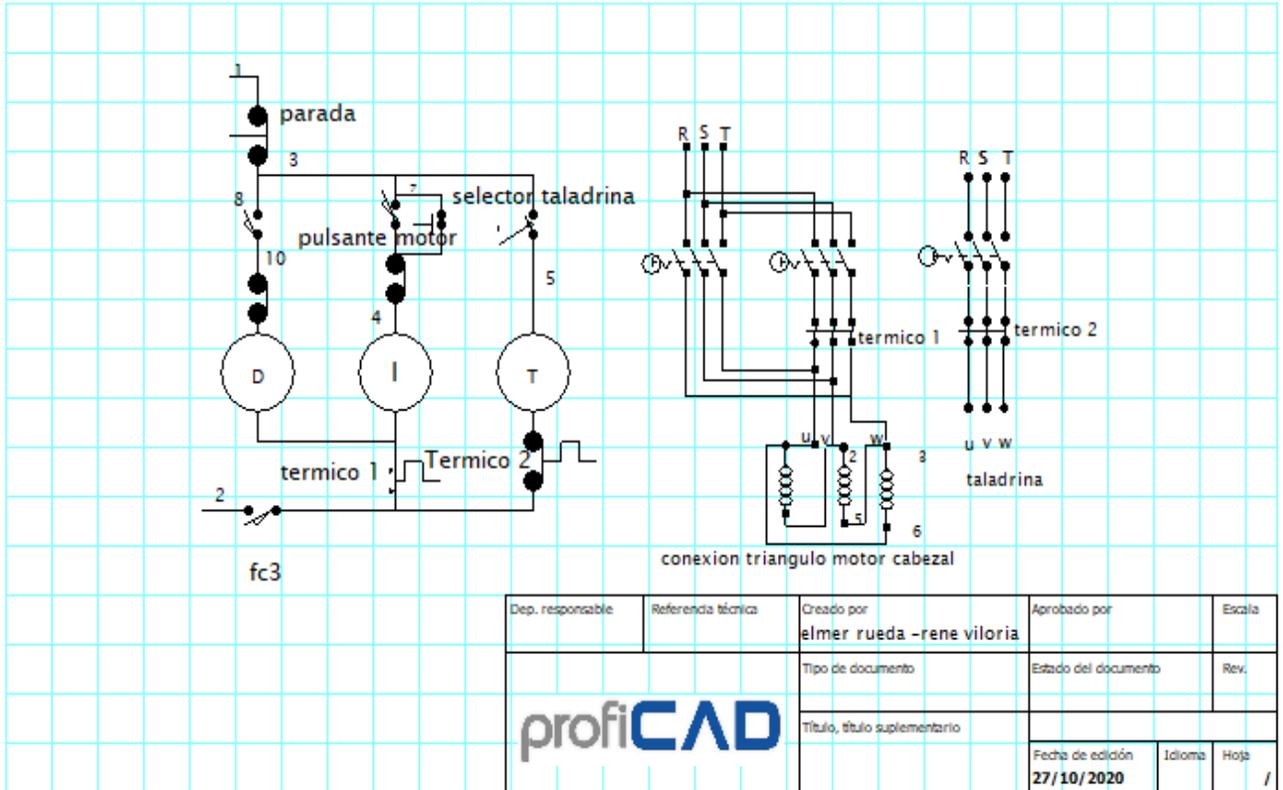


Figura 24 - Diagrama eléctrico del torno JET que se encuentra en la universidad Antonio Nariño.

Fuente: autores.

Planos del montaje mecánicos, en el cual va especificado el lugar exacto donde van a ir instalados los motores paso a paso en el torno convencional para su automatización.

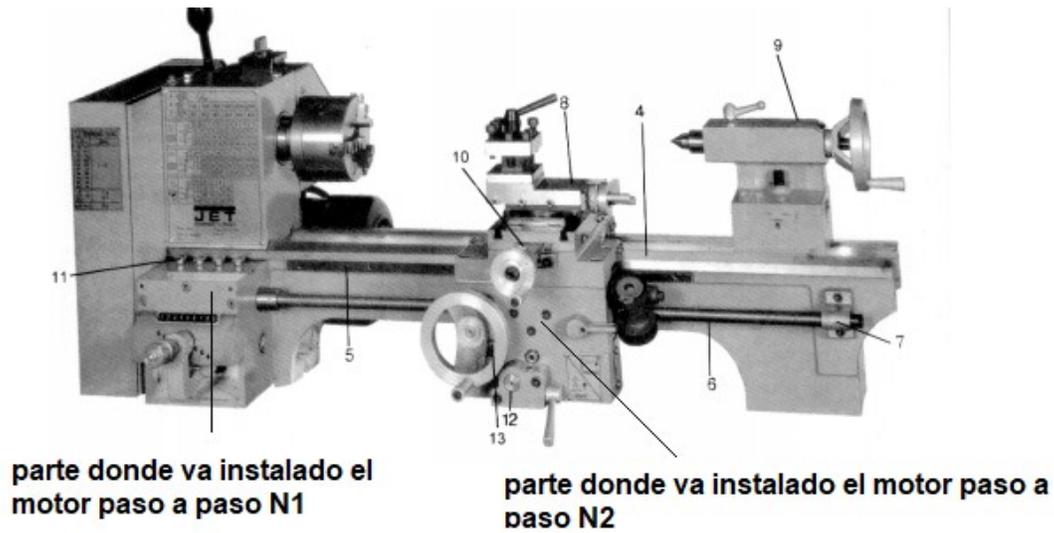


Figura 25 - Ilustración de la ubicación donde van instalados los motores paso a paso.

Fuente: autores.

En la figura 25 vemos el diagrama electrónico el cual se va a implementar para el torno convencional que se encuentra en la universidad Antonio Nariño.

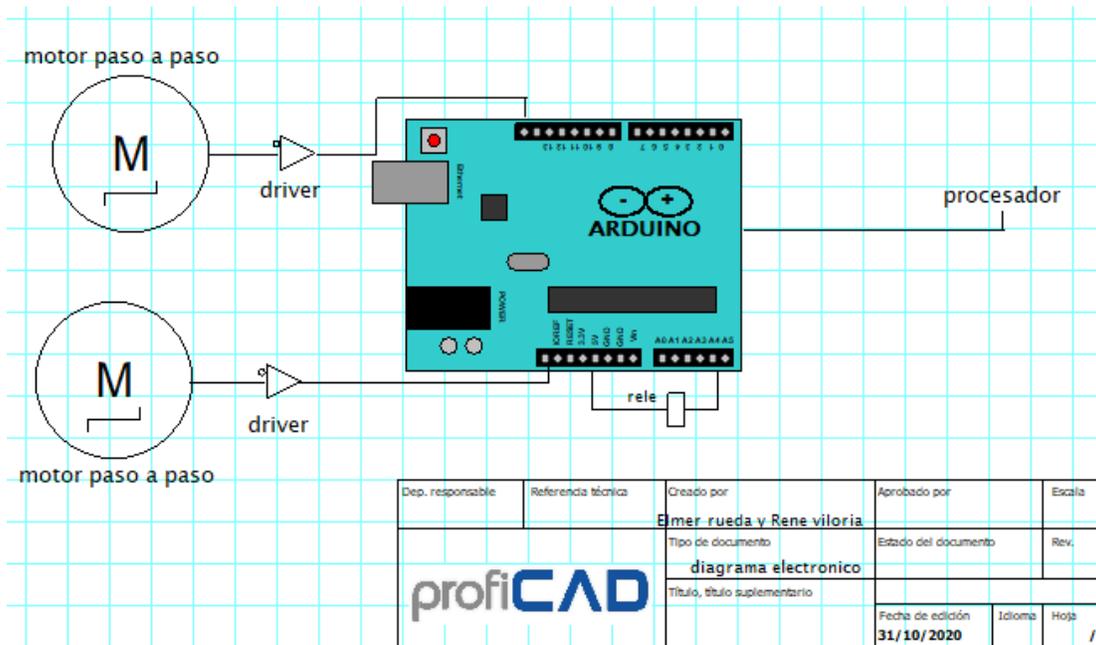


Figura 26 - Diagrama electrónico.

Fuente: autores.

4.3 Programación ISO, Calculo de parámetros para la simulación.

Un programa de control numérico abarca datos en forma de código en una serie específica, su elaboración se realiza en forma cronológica de cada bloque. Cuando se realiza un bloque se hace de una manera organizada de acuerdo a las directrices especificadas.

Existen distintos caracteres en el código ISO unos se identifican como especiales y otros como alfanuméricos. Dentro de los caracteres se enumeran los códigos G y M que son instrucciones generales y misceláneas, los formatos de bloque, las sentencias de control de flujo, funciones paramétricas y funciones complementarias.

En el siguiente cuadro enumeramos la lista de códigos para tornos.

Tabla 7. Códigos para programación ISO

CÓDIGOS Y DESCRIPCIONES	
Funciones M (auxiliares)	
M00	Fin de programa
M01	Para opcional de programa
M02	Fin de programa
M03	Encendido de husillo en sentido horario
M04	encendido del husillo en sentido anti-horario
M05	Parada del husillo

M06	Cambio de herramienta
M06	Abrir el paso del refrigerante A
M07	Abrir el paso del refrigerante B
M08	Encendió del refrigerante
M09	Apagado del refrigerante
M30	Fin de programa.
Bloques condicionales	
G00	avance rápido
G01	avance lineal
G02	avance circular en sentido horario
G03	avance circular en sentido anti horario
G04	Temporización
G05	Trabajo en arista matada
G06	avance circular con centro en absolutas
G07	Trabajo en arista viva
G08	Arco tangente a la trayectoria anterior
G09	Interpolación circular definida por 3 puntos

G10	cancelación imagen espejo
G11	Imagen espejo en eje X
G12	Imagen en espejo en eje Y
G13	Imagen en espejo en eje Z
G17	Plano cartesiano XY
G18	Plano cartesiano XZ
G19	Plano cartesiano YZ
G20	Llamado a sub- programa standard
G21	Llamado a sub-programa paramétrica
G22	llamado de sub-programa standard
G23	llamado de sub-programa paramétrica
G24	Final de definición de sub-rutina
G25	Llamada incondicional
G26	Llamada condicional si igual a 0
G27	Llamada condicional si distinto de 0
G28	Llamada condicional si menor

G29	Llamada condicional si mayor o igual
G30	Visualizar error definido por K
G31	Guardar origen de coordenadas
G32	Recuperar origen de coordenadas
G33	Roscado electrónico
G36	Redondeo controlado de aristas
G37	Entrada tangencial
G38	Salida tangencial
G39	Achaflanado
G40	Anulación de compensación de radio
G41	Compensación de radio a la izquierda
G42	Compensación de radio a la derecha
G43	Compensación de longitud
G44	Anulación de compensación de longitud
G47	Bloque único
G48	Anulación de bloque único

G49	Feed programable
G50	Carga de longitudes de herramienta
G53	Traslado de origen
G54	Traslado de origen
G55	Traslado de origen
G56	Traslado de origen
G57	Traslado de origen
G58	Traslado de origen
G59	Traslado de origen
G70	Programación en pulgadas
G71	Programación en milímetros
G72	Escalado definido por K
G72	Giro de sistema de coordenadas
G74	Búsqueda de cero máquina.
G75	Trabajo con palpador.
G75 N2	Ciclo fijos de palpador.

G76	Creación de bloques.
G79	Ciclo fijo definido por el usuario.
G80	Anulación de ciclos fijos.
G81	Ciclo fijo de taladrado.
G82	Ciclo fijo de taladrado con temporización.
G83	Ciclo fijo de taladrado profundo.
G84	Ciclo fijo de roscado con macho.
G85	Ciclo fijo de escarificado.
G86	Ciclo fijo de alesado con retroceso en G00.
G87	Ciclo fijo de cajera rectangular.
G88	Ciclo fijo de cajera circular.
G89	Ciclo fijo de alesado con retroceso en G01.
G90	Programación en absolutas.
G91	Programación en incrementales.
G92	Preselección de cotas.
G93	Coordenadas polares.

G94	F en mm/min.
G95	F en mm/Rev.
G96	F constante.
G97	F del tip constante.
G98	Vuelta al plano de seguridad.
G99	Vuelta al plano de referencia.
Formato de bloque.	
O	Número del programa.
;	Comienzo programa / final del programa.
()	Definición de comentarios.
G	Lenguaje ISO.
N	Etiqueta de bloques.
Funciones complementaria.	
F	Velocidad de avance.
S	Velocidad de giro de cabezal.
T	Definición de herramienta.

Control de trayectorias.	
C	Achaflanado de aristas.
R	Redondeado controlado de aristas.
Velocidades programadas.	
M49	Cancelar M48.
M62	Activar salida auxiliar 1.
M63	Activar salida auxiliar 2.
M64	Desactivar salida auxiliar 1.
M65	Desactivar salida auxiliar 2.
M66	Esperar hasta que la entrada 1 este en ON
M67	Esperar hasta que la entrada 2 este en ON
M70	Activar espejo en X
M76	Esperar hasta que la entrada 1 este en OFF
M77	Esperar hasta que la entrada 2 este en OFF
M80	Desactivar el espejo X
M98	Llamada a subprograma

M99	Retorno de subprograma
Sentencias de control de flujo	
GOTO	Salto incondicional
IF	Salto condicional (SI)
THEN	Salto condicional (ENTONCES)
WHILE	Repetición
Programación paramétrica	
#	Variable del sistema
Op	Operaciones y utilización de operaciones

Fuente: taller de tecnología departamento de diseño industrial

- Para poder realizar un mecanizado correcto es indispensable tener conocimiento de las propiedades de los materiales como también las propiedades de las herramientas de corte para tener una mejor optimización de tiempo y una vida útil más larga de las herramientas.

Para llevar a cabo un mecanizado se debe realizar una serie de cálculos en base a las condiciones de los materiales a mecanizar, de las herramientas y de las capacidades de la máquina.

a) Parámetros de corte en el torno CNC

- Velocidad de avance
- Velocidad de corte
- Profundidad de corte o pasadas

- Velocidad de giro de cabezal

La velocidad de avance se puede expresar de dos formas: mm por min, (mm/min) o en mm por rev, (mm/rev). A continuación anexaremos la formula óptima para realizar un buen mecanizado, usamos la ecuación 1.6

$$Va \text{ mm/min} = Va \text{ mm/rev} * rpm \dots\dots \text{ (Ecuación 1.5)}$$

Por ejemplo, se requiere obtener el AV en mm/min de dicho material que gira a unas 600 RPM y el avance por vuelta a 0,06 mm el cálculo se realiza de la siguiente manera.

$$Va = 0,06 * 600 = 36 \text{ mm/min} \dots\dots \text{ (Ecuación 1.6)}$$

Para calcular la velocidad de Va en mm/rev se utiliza los datos de la formula en mm/min para calcularla.

$$Va \text{ mm/rev} = \frac{Va \text{ mm/min}}{rpm} \dots\dots \text{ (Ecuación 1.7)}$$

Por ejemplo, se requiere calcular la velocidad de AV en mm/rev de mecanizado de un perfil donde las rpm son de 600 y el avance es de 110 mm/min

$$Va = \frac{110 \text{ mm/min}}{600} \dots\dots \text{ (Ecuación 1.8)}$$

La profundidad de corte se calcula de la siguiente manera:

A_v = sección transversal de viruta, mm²

P_c = profundidad de corte.

F = avance por vueltas, mm.

$$A_v = F * p_c \dots\dots \text{ (Ecuación 1.9)}$$

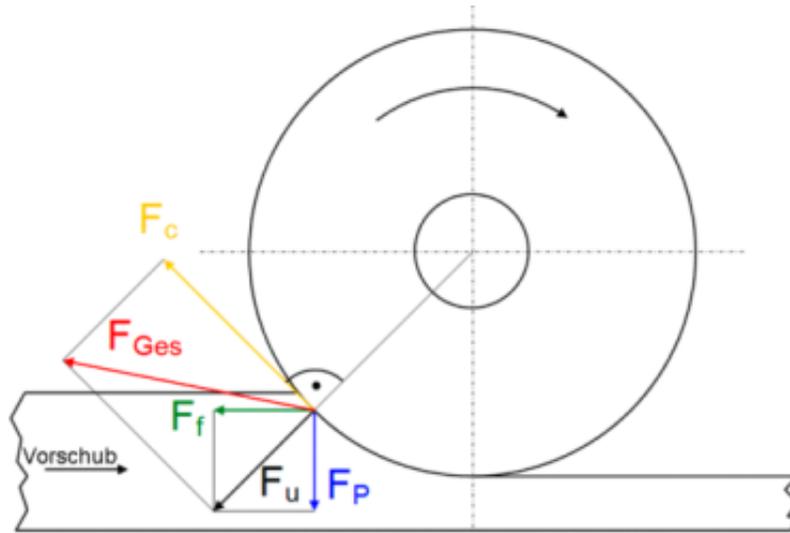


Figura 27 - Angulo de fuerza de corte en un torno.

Fuente: bein, K. (2006).

Para calcular la relación entre la velocidad de corte y el giro del cabezal se utilizan las ecuaciones 1.10 y 1.11.

V_c = velocidad de corte

N = velocidad de giro del cabezal (rpm).

D = diámetro del material (mm).

$$V_c = \frac{D \cdot N \cdot \pi}{1000} \dots\dots \text{(Ecuación 1.10)}$$

Calculo Velocidad de corte.

$$N = \frac{1000 \cdot V_c}{D \cdot \pi} \dots\dots \text{(Ecuación 1.11)}$$

Cálculo de número de revoluciones.

4.4 Simulación final.

4.4.1 Diseño de la pieza a trabajar

Inicialmente procedemos con la instalación del programa MASTERCAM a nuestro procesador.



Figura 28 - Instalación del programa Mastercam 2021.

Fuente: autores

Utilizando el MASTERCAM procedemos a diseñar y mecanizar una pieza para la simulación de esta, lo primero que hay que hacer es dirigirse al inicio del programa donde se muestra el plano cartesiano con la tecla F9, el plano cartesiano va a ser el que va a limitar el inicio de la pieza y el mecanizado.

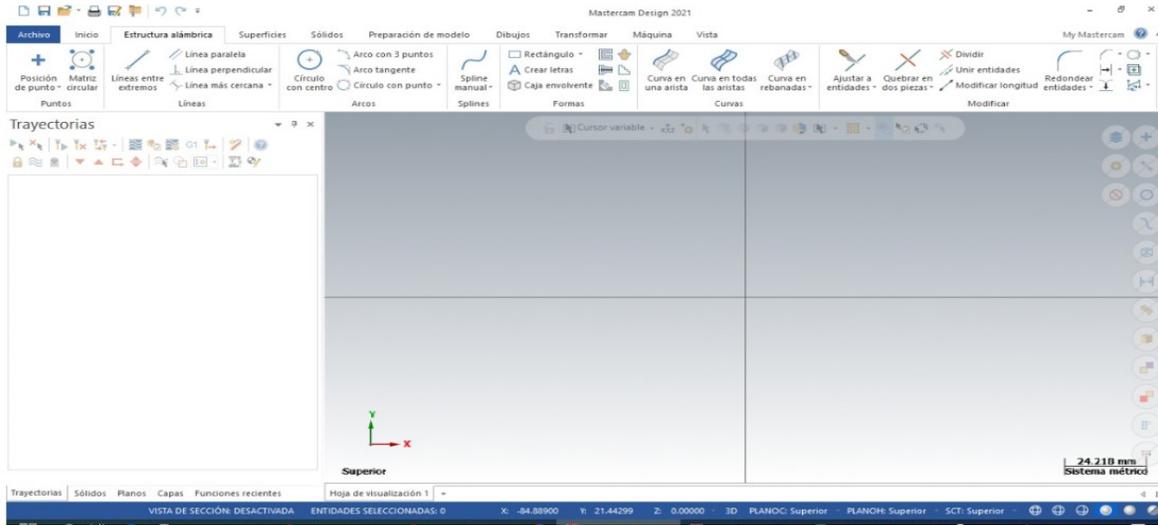


Figura 29 - Vista frontal del programa Mastercam con el plano cartesiano.

Fuente: autores.

Luego se usa la opción de estructura alámbrica para el diseño de la pieza escogiendo las opciones que desee para realizar el diseño, entre estas están: líneas, círculo, spline, redondeo etc. Nosotros procedemos a escoger líneas e iniciamos desde el punto origen del diseño de la pieza, procedemos a dimensionar la pieza.

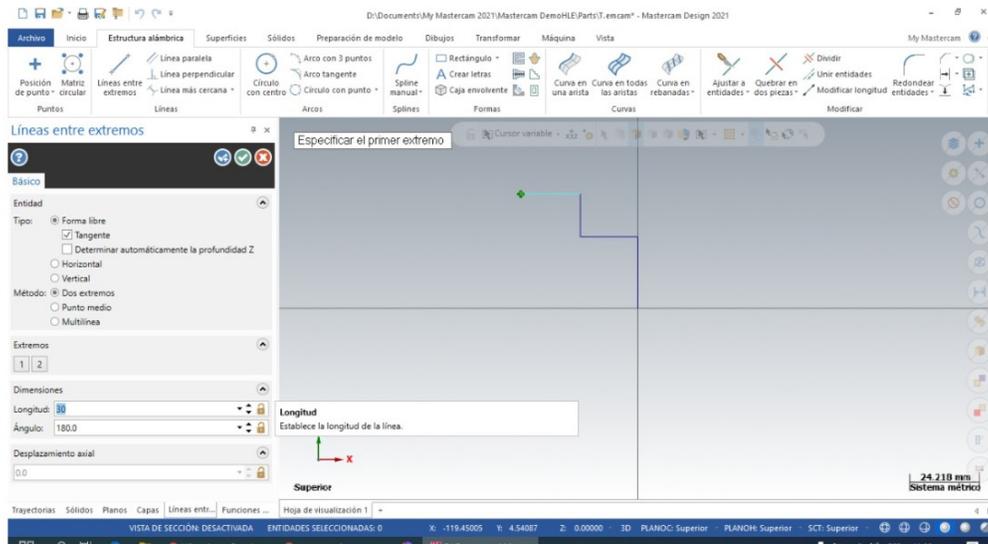


Figura 30 - Diseño del sólido desde el origen.

Fuente: autores

Ahora escogemos la opción sólido y seleccionamos la opción rotar, para luego seleccionar la opción cadena que se va a rotar y así logrando obtener un sólido.

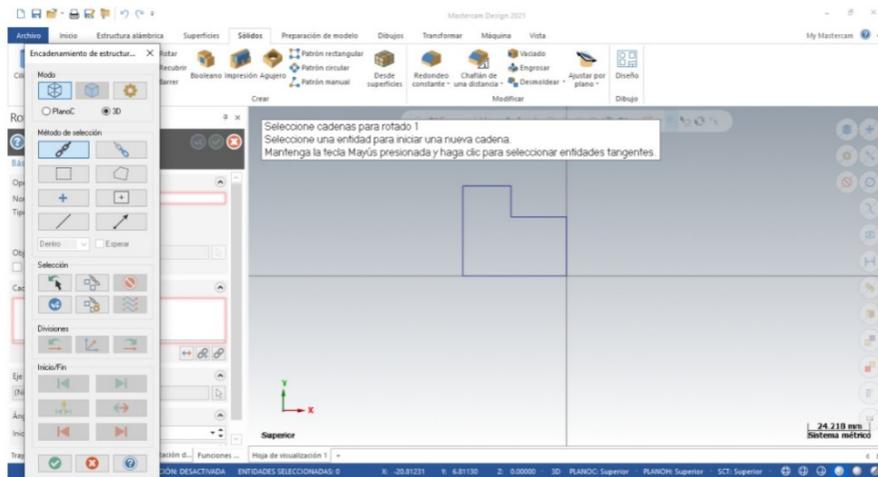


Figura 31 - Proceso de estructuración para convertirlo en sólido.

Fuente: autores

72 AUTOMATIZACIÓN DE TORNO CONVENCIONAL A CNC EN LA UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO SEDE PUERTO COLOMBIA

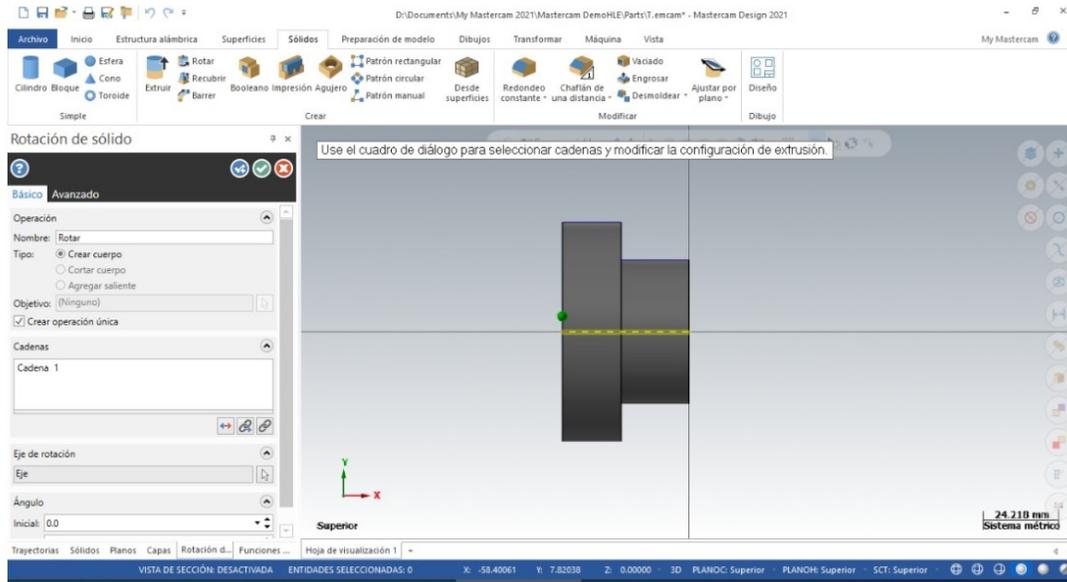


Figura 32 - Sólido final.

Fuente: autores.

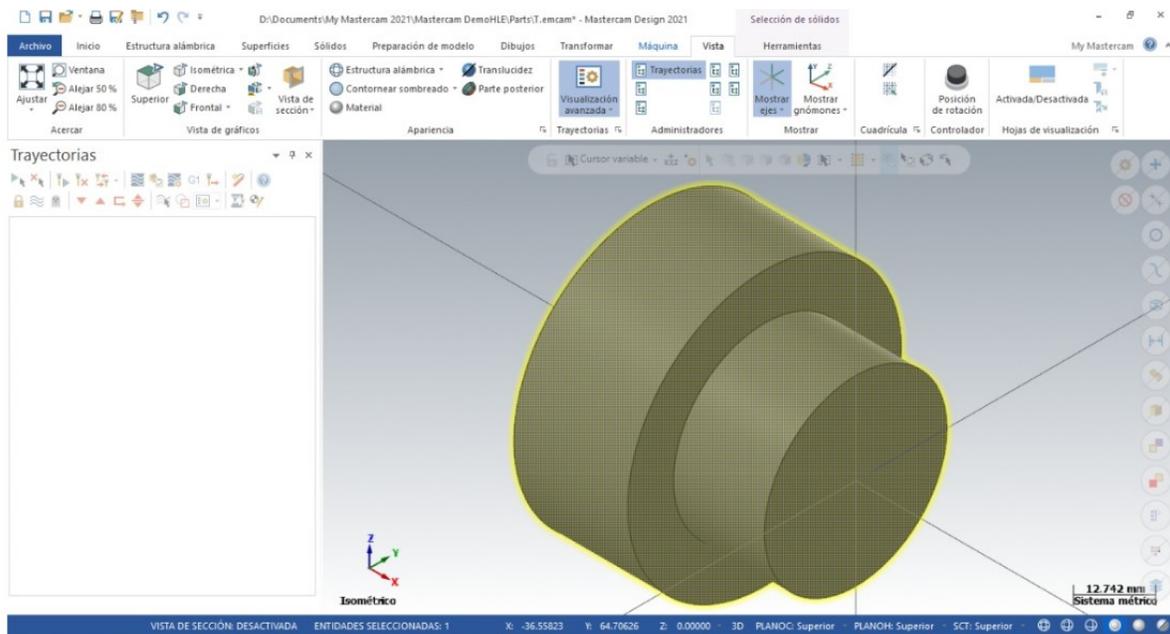


Figura 33 - Sólido vista isométrica, finalizado.

Fuente: autores.

Se procede a realizar la programación del mecanizado en el software

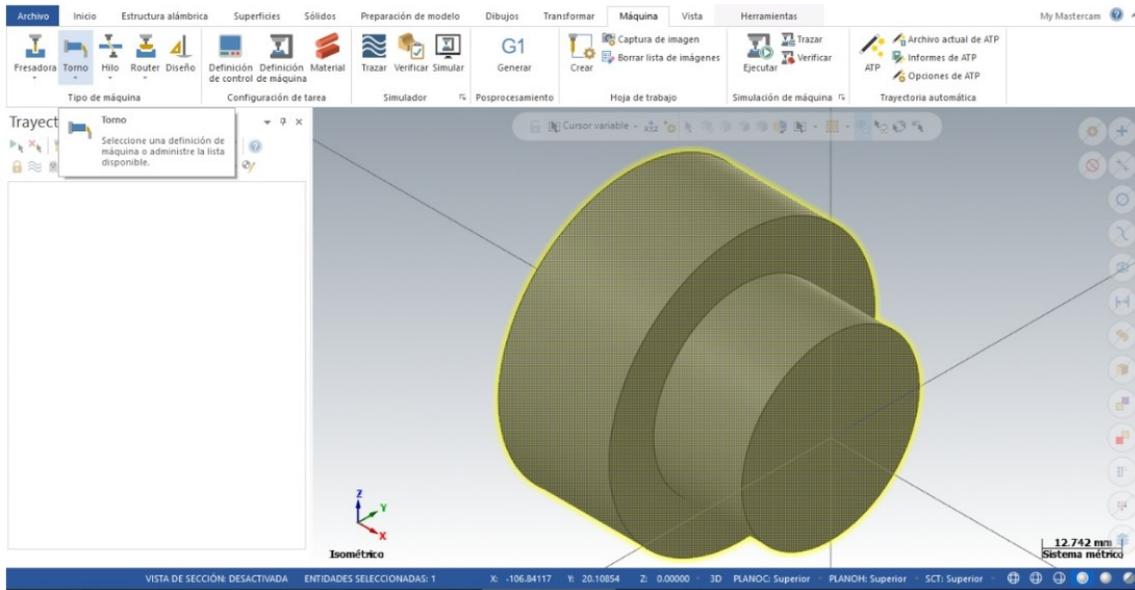


Figura 34 - Paso a paso para la programación del mecanizado en el software.

Fuente: autores.

Escogemos la opción torno, predeterminado y aparecerán las opciones para escoger el proceso a realizar.

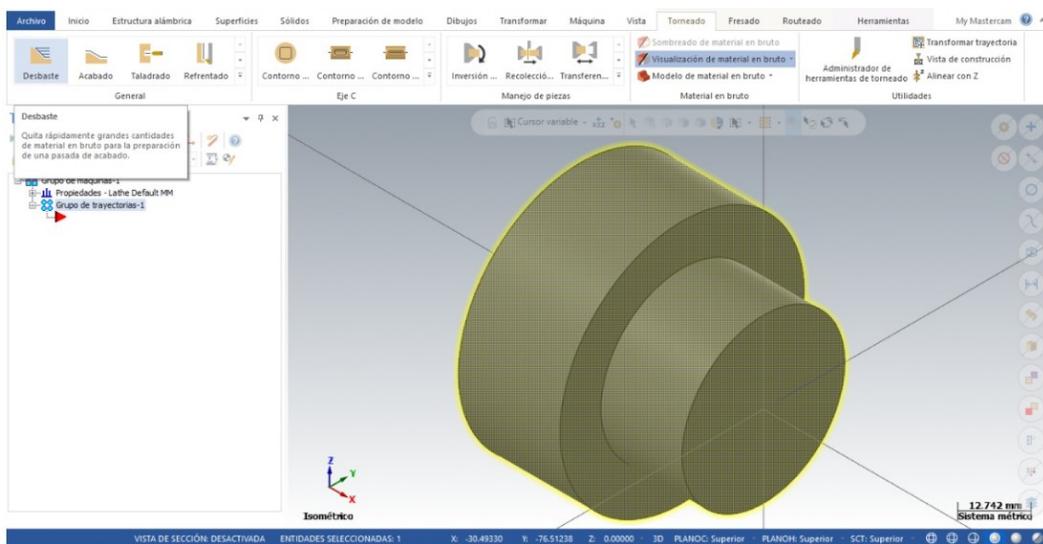


Figura 35 - Selección del proceso a realizar.

Fuente: autores.

Procedemos a seleccionar el proceso de desbastes y luego procedemos a escoger la herramienta a utiliza y el punto de entrada para inicio del mecanizado.

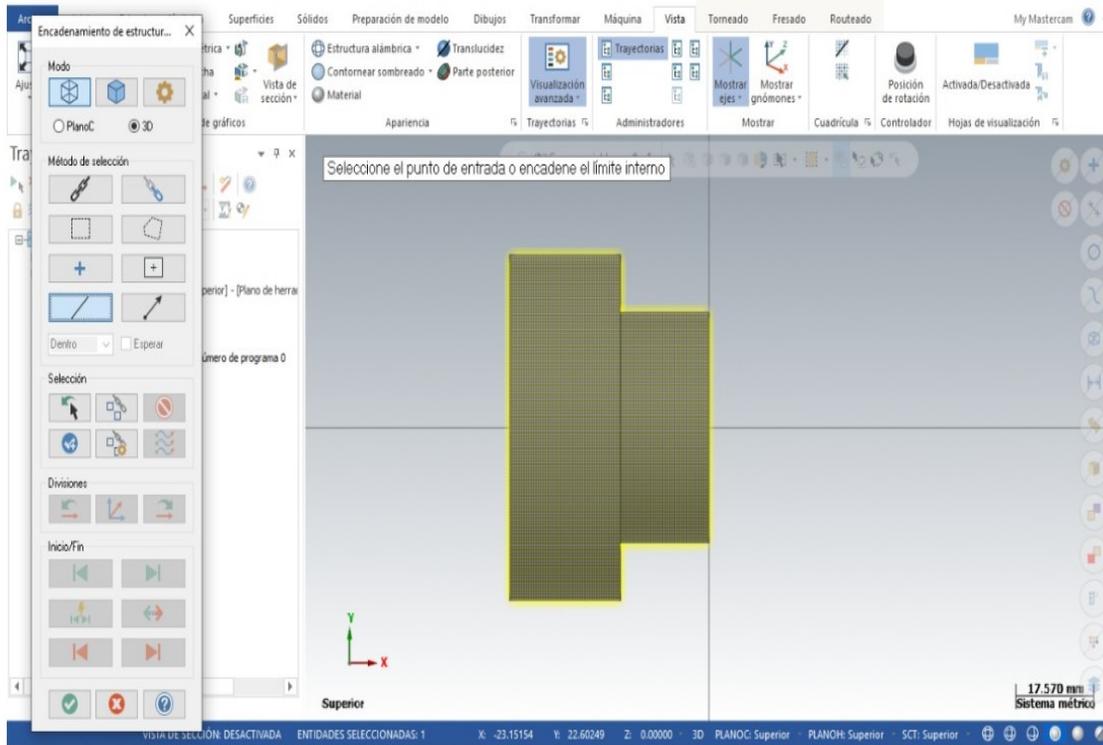


Figura 36 - Selección del inicio al mecanizado.

Fuente: autores.

Luego se escogen los parámetros de la trayectoria donde aparecen: velocidad de avance, velocidad del husillo, encendido del refrigerante, el número de la herramienta. Procedemos a realizar el cálculo de velocidad de corte de las herramientas.

$$V_c = \frac{D \cdot N \cdot \pi}{1000} \dots \dots \text{(Ecuación 1.10)}$$

$$V_c = \frac{40 \cdot 3000 \cdot \pi}{1000} = 376 \text{ mm/min}$$

75 AUTOMATIZACIÓN DE TORNO CONVENCIONAL A CNC EN LA UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO SEDE PUERTO COLOMBIA

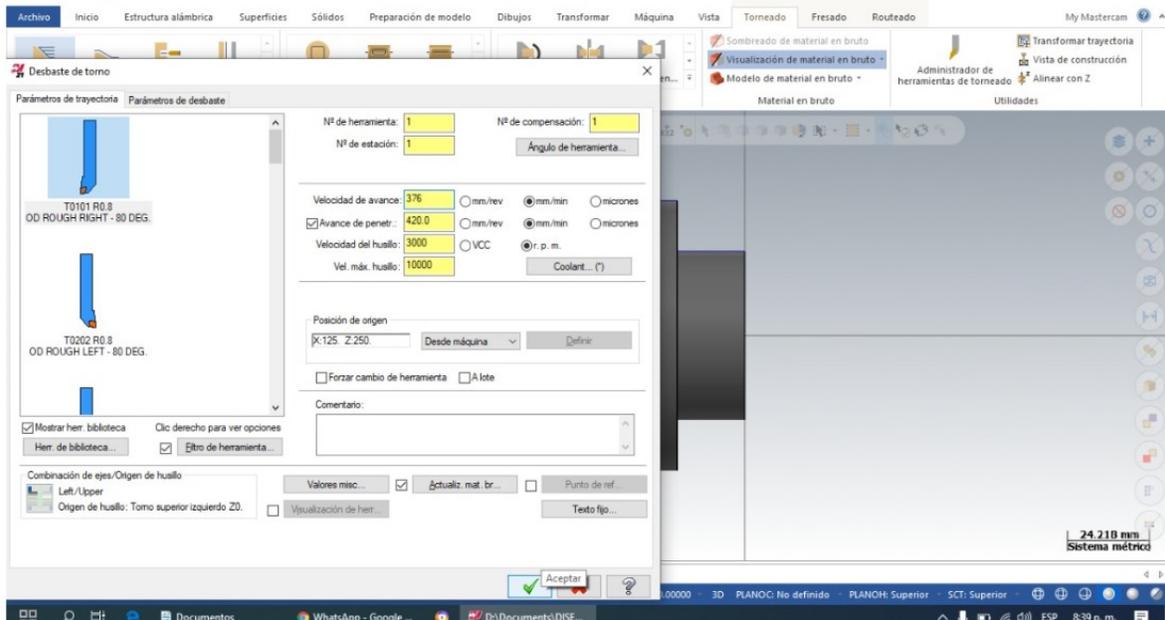


Figura 37 - Procedemos a codificar los parámetros.

Fuente: autores.

Ya codificado los parámetros de trayectoria, procedemos a codificar los parámetros de desbaste.

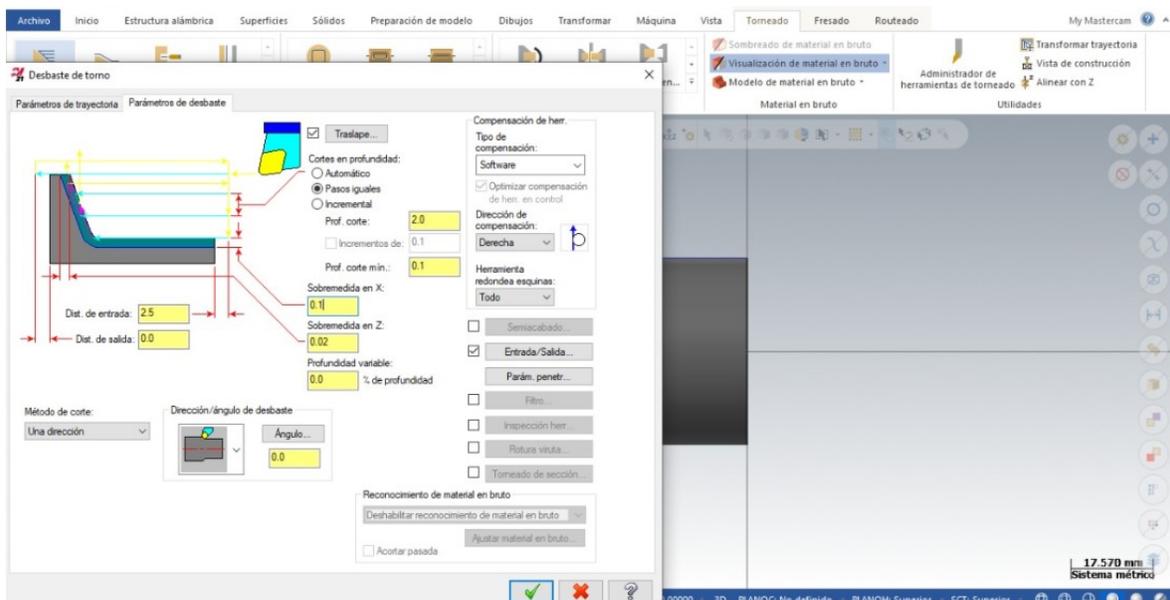


Figura 38 - Codificado de parámetros de desbastes.

Fuente: autores.

Codificamos los parámetros de entrada y salida.

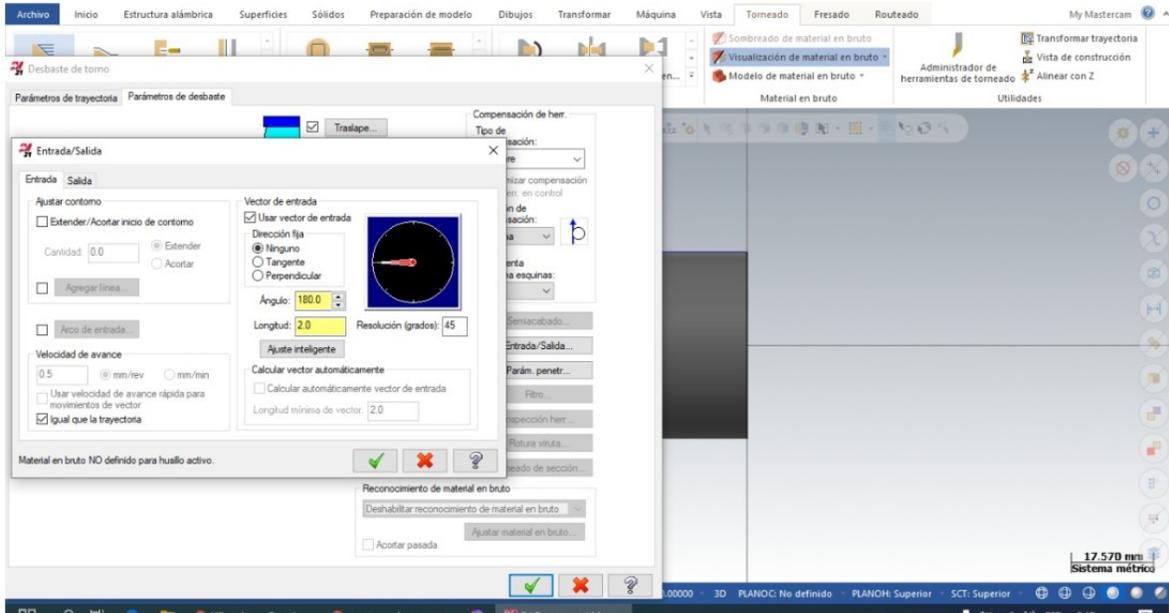


Figura 39 - Codificación de la entrada y salida de la herramienta.

Fuente: autores.

En este apartado se procede a codificar el ángulo de corte y los ángulos de penetración.

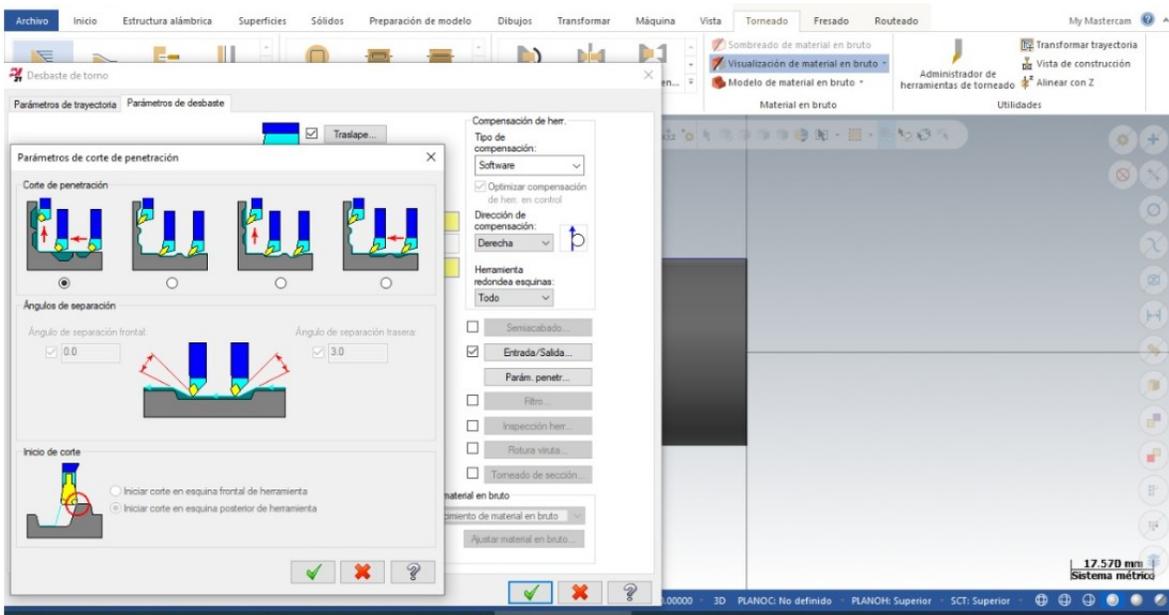


Figura 40 - Codificación para el ángulo de la penetración y corte.

Fuente: autores.

Iniciamos a simular los parámetros anteriormente codificados.

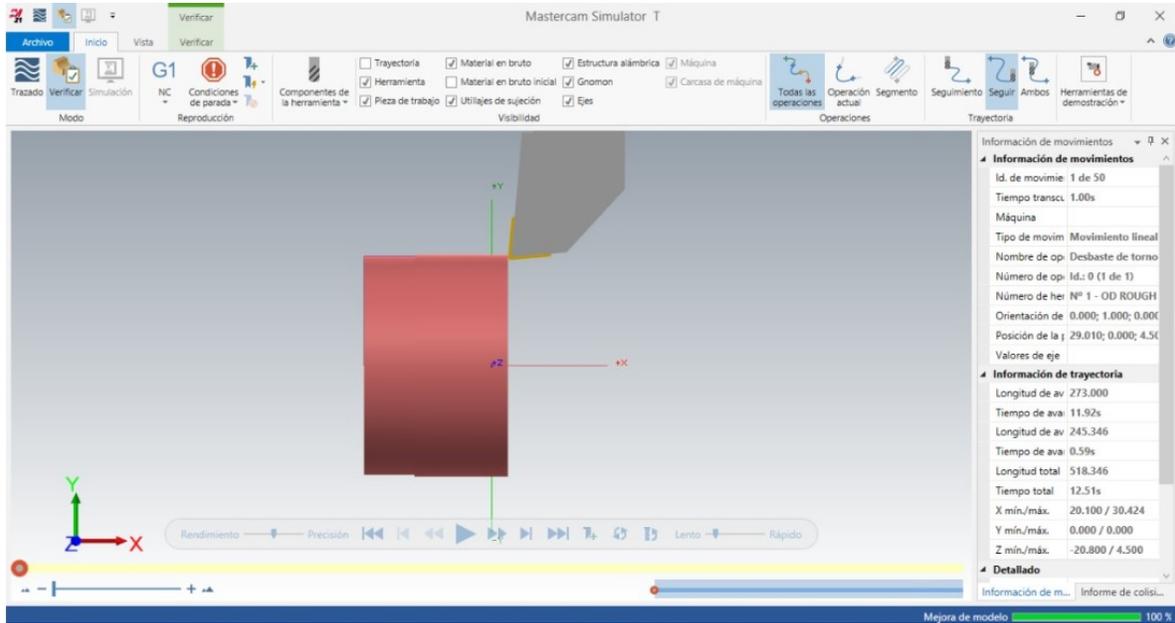


Figura 41 - Inicio del proceso de desbaste exterior.

Fuente: autores.

Proceso de simulación del desbaste exterior, en el procedimiento de proceso

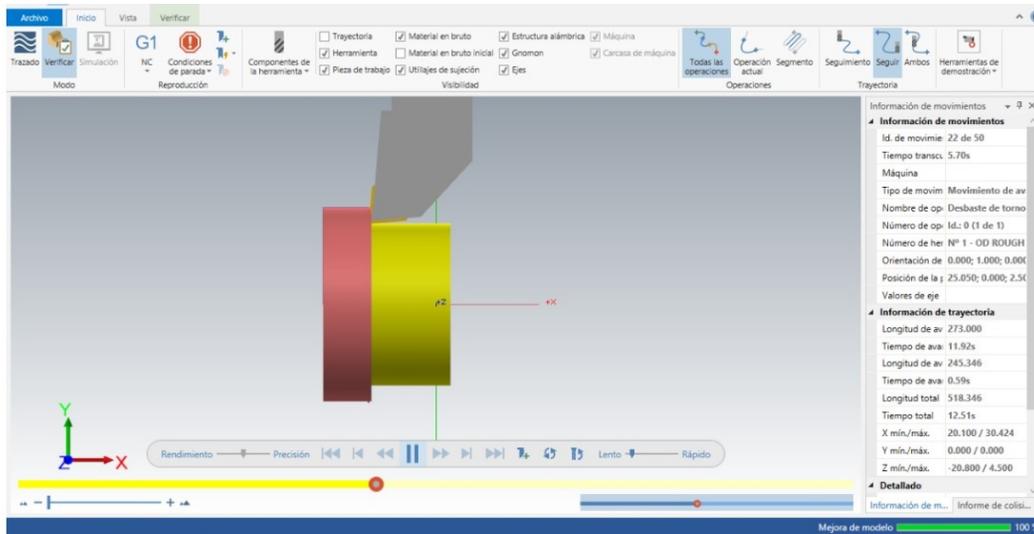


Figura 42 - Proceso intermedio de desbastes.

Fuente: autores.

Simulación terminada.

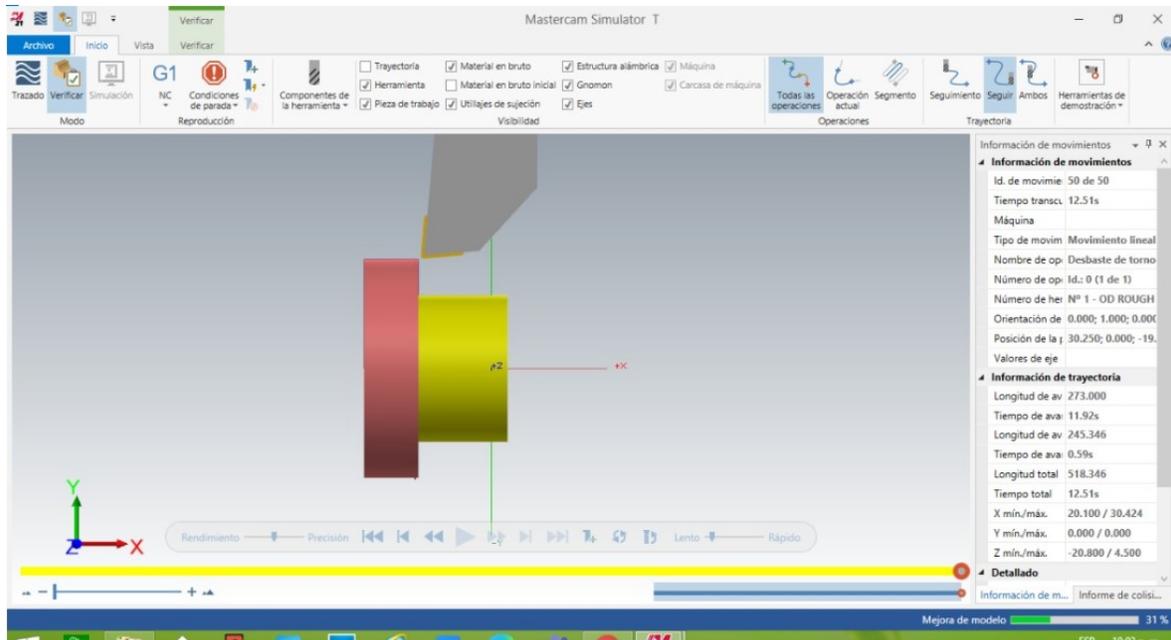


Figura 43 - Proceso de desbaste exterior finalizado.

Fuente: autores.

Para realizar el ciclo de refrentado solo se cambia la cadena a trabajar con respecto a la que se codificó en el desbaste.

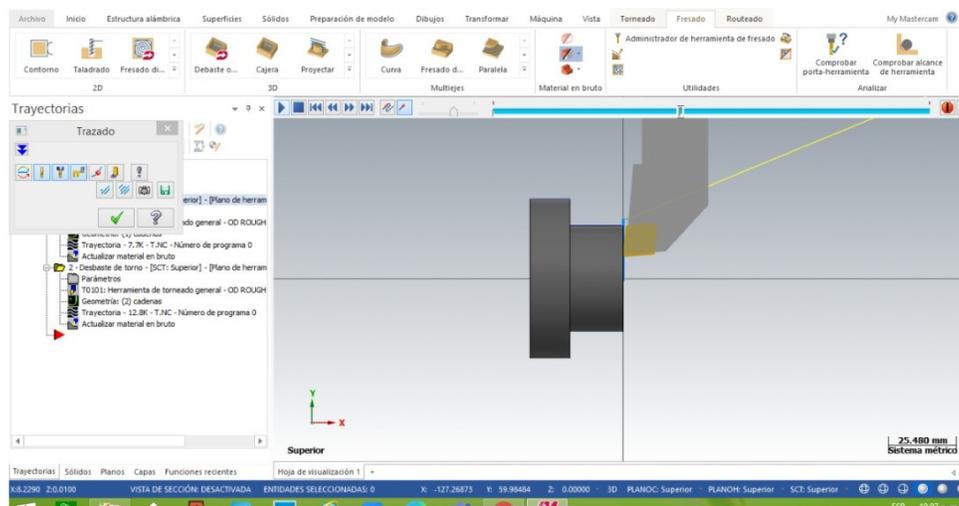


Figura 44 - Ajuste de parámetros para realizar el proceso de refrentado.

Fuente: autores

En la carpeta de parámetros se cambia la dirección de trabajo.

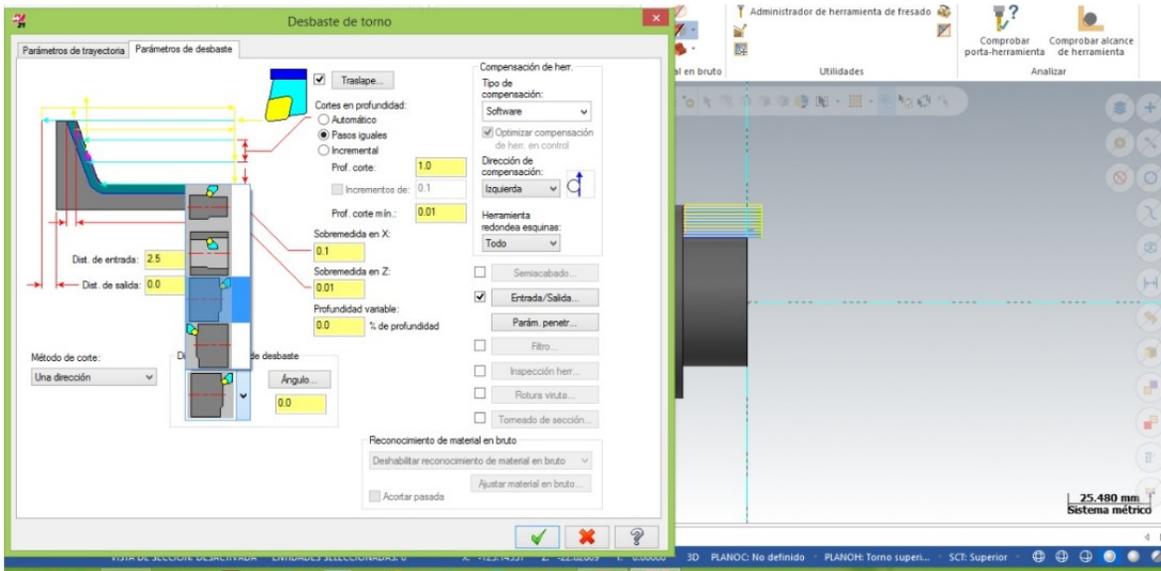


Figura 45 - Insertando medidas al parámetro de desbaste.

Fuente: autores

Para realizar el proceso roscado seleccionamos en la parte de torno y seleccionamos la opción roscada.

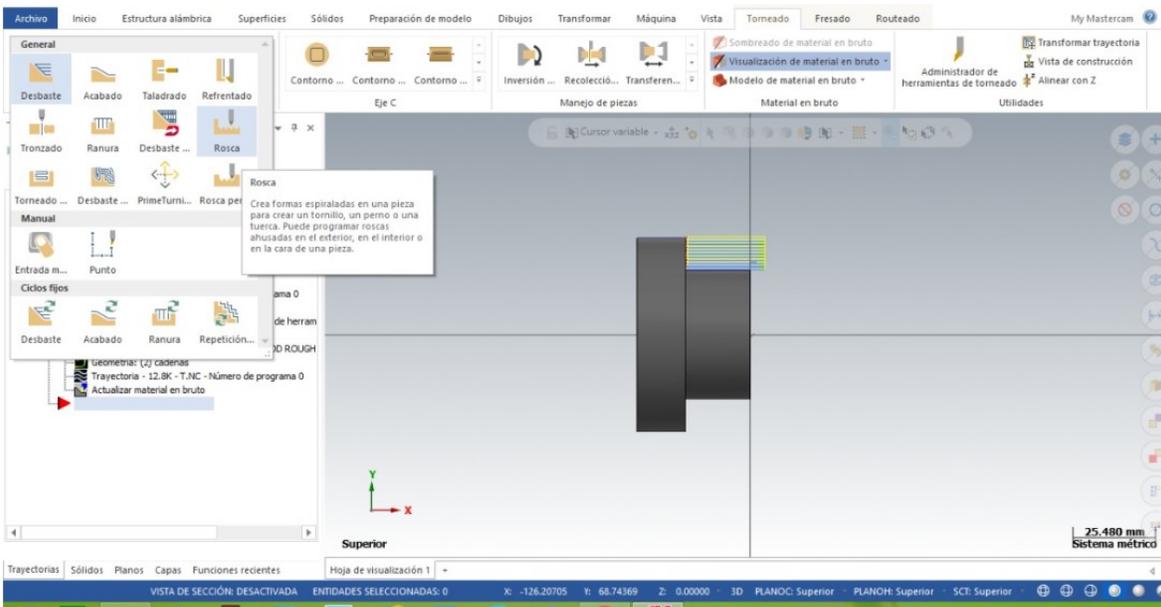


Figura 46 - Inicio para insertar parámetros para el mecanizado de la rosca.

Fuente: autores

Luego codificamos los parámetros de trayectoria.

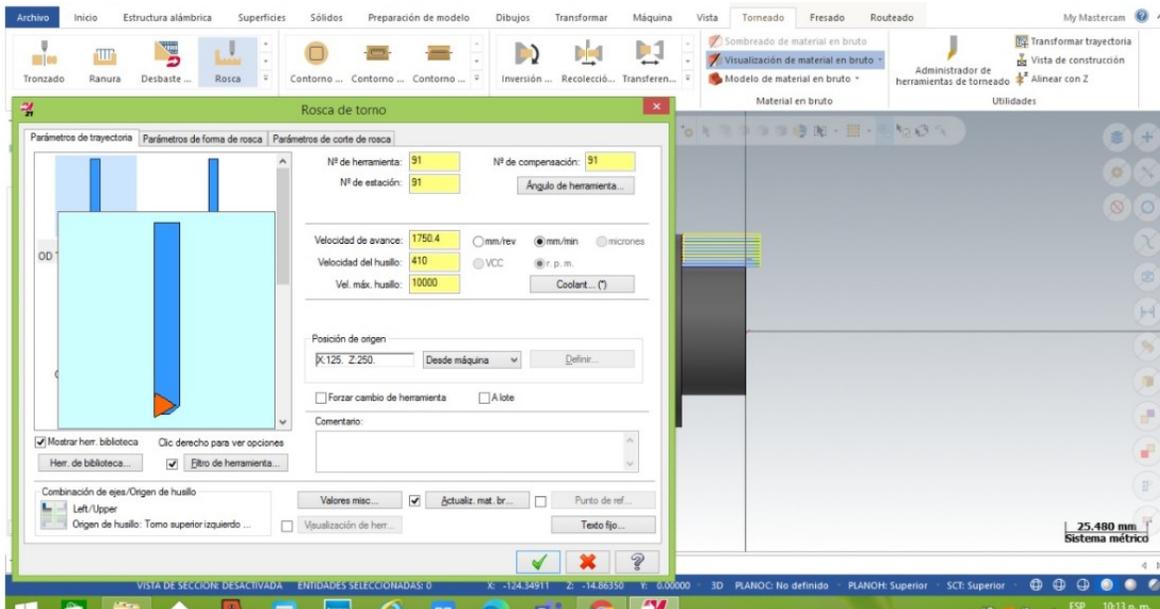


Figura 47 - Selección de herramienta y digitado de medidas para el parámetro de trayectoria.

Fuente: autores

Codificamos los parámetros de forma de rosca.

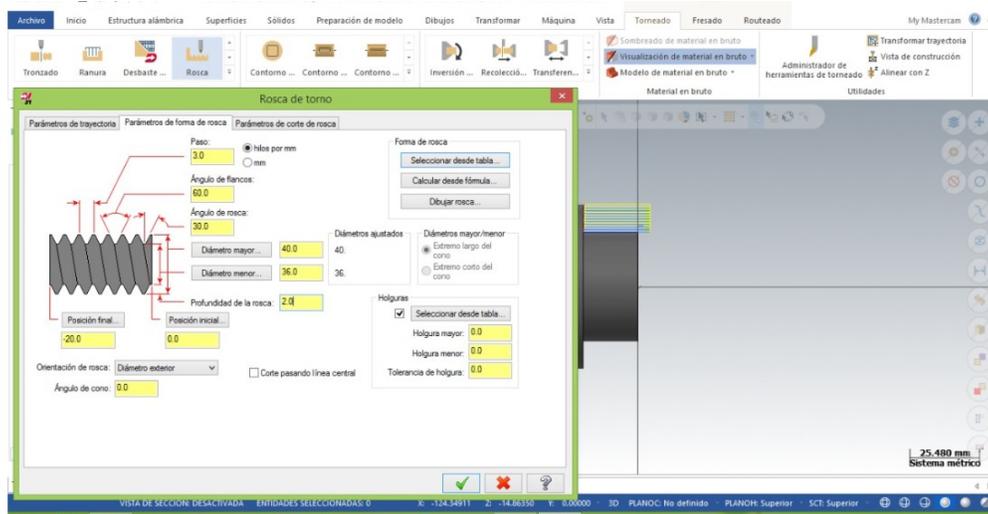


Figura 48 - Digitación de los parámetros de la rosca.

Fuente: autores

Codificamos los parámetros de corte de rosca, que viene siendo el avance, corte, pasadas etc.

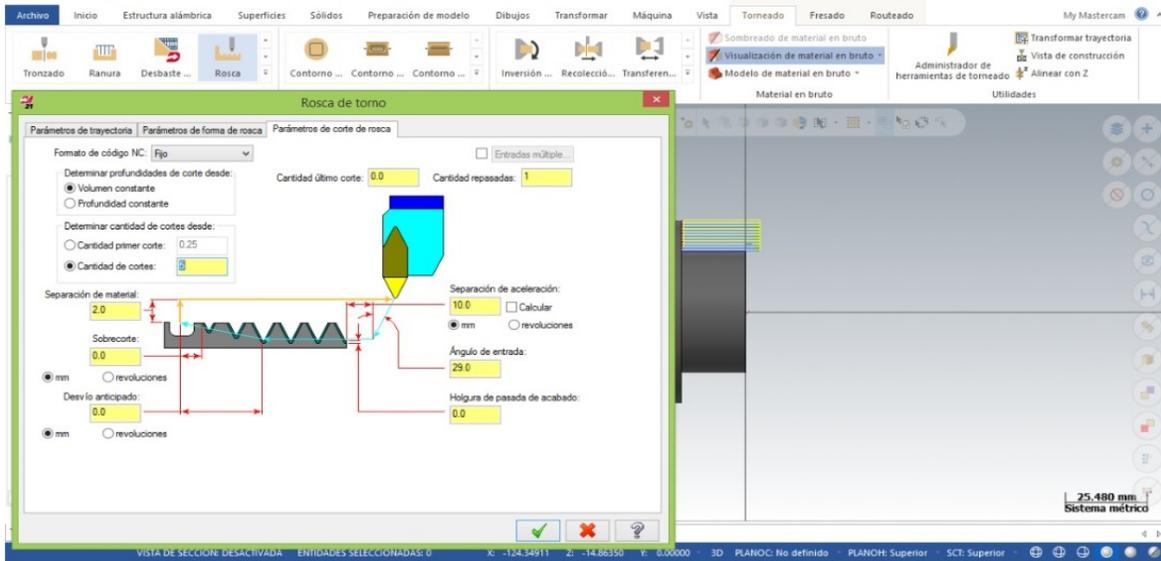


Figura 49 - codificando parámetros de corte de rosca.

Fuente: autores

Luego de haber codificado todos los parámetros para el roscado de la pieza. Iniciamos con la simulación del roscado.

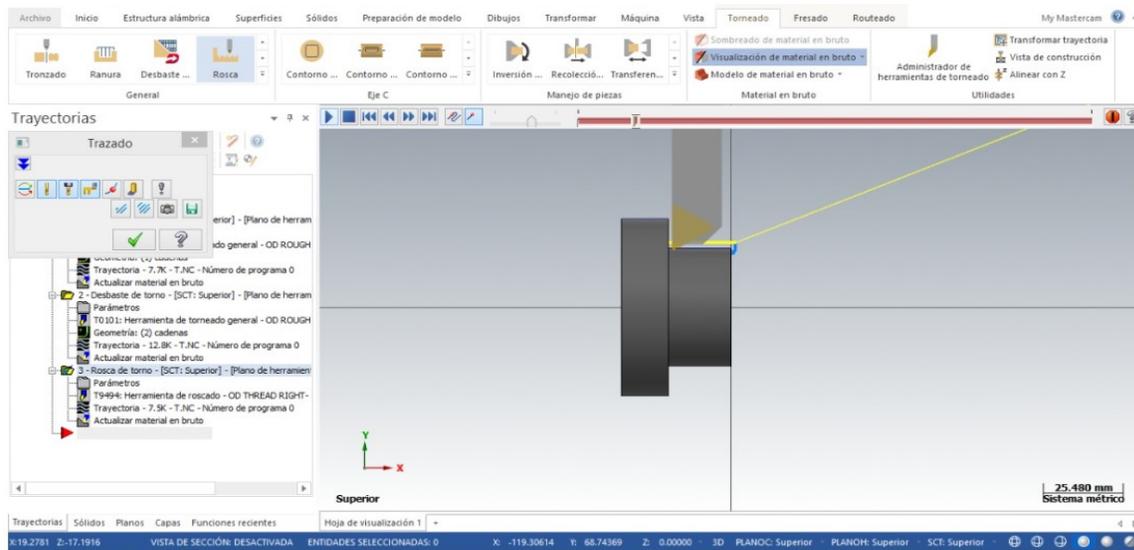


Figura 50 - Inicio al proceso de roscado.

Fuente: autores.

Proceso de roscado finalizado.

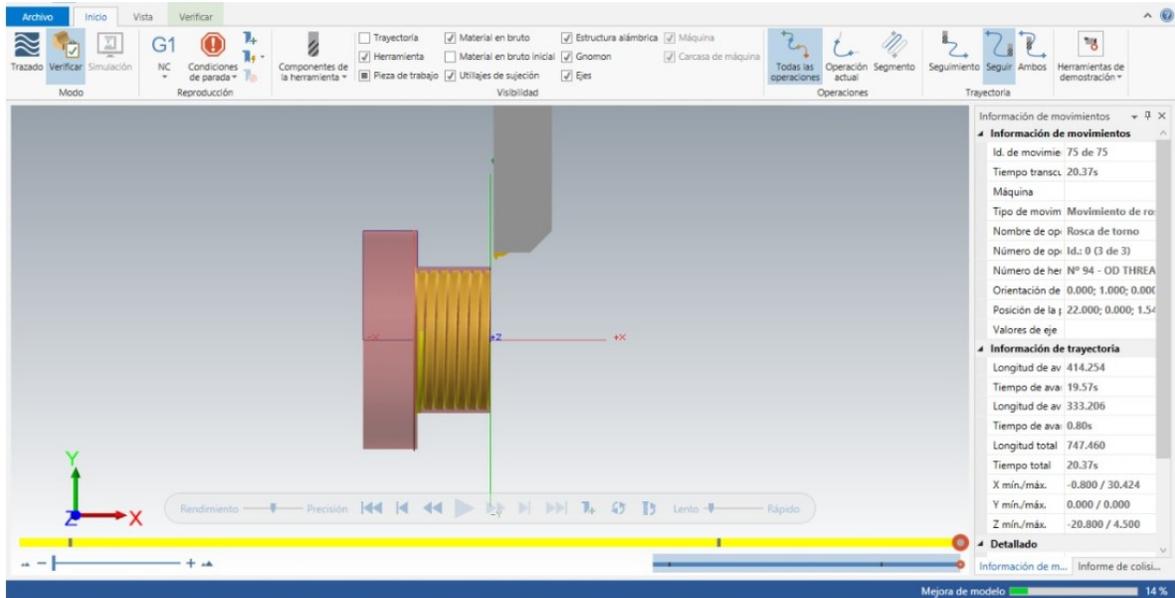


Figura 51 - Vista lateral del finalizado de la rosca.

Fuente: autores

Proceso de roscado vista isométrica.

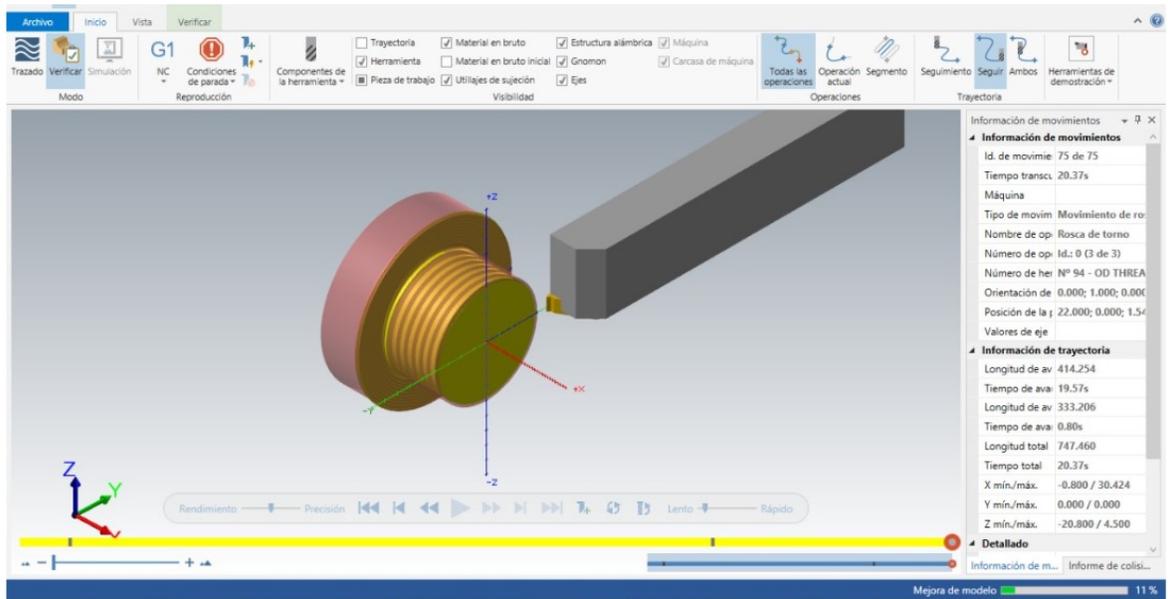


Figura 52 - Vista isométrica de la finalización del proceso del roscado.

Fuente: autores

4.4.2 video simulación.

En el siguiente link podrán ver el video de la simulación paso a paso por medio del programa Mastercam.

Link del video: <https://youtu.be/-MTZsXytiEc>

4.4.3 Códigos ISO de la simulación realizada por medio del Mastercam.

Tabla 8. Códigos ISO arrojados por el programa Mastercam

O0001	
N1	(CNMG 431 80DEG SQR HOLDER)
N2	T0101
N3	B90.
N4	G00 G96 S113 M03
N5	(Desbaste DE1)
N6	G54 G00 Z3.354 M08
N7	X40.707
N8	G01 X34. Z0 F.229
N9	N9 Z-18.5
N10	X40.
N11	X40.707 Z-18.146
N12	G00 X46.707
N13	Z.354
N14	X29.016
N15	G01 X28.309 Z0
N16	Z-18.5
N17	X34.
N18	X34.707 Z-18.146
N19	X35.607
N20	G00 X40.707
N21	Z.5
N22	X26.614
N23	G01 X24.127
N24	Z0
N25	X22.905 Z-4.978
N26	G03 X22.972 Z-5.632 R1.9
N27	G01 X22.618 Z-7.07
N28	G03 X22.972 Z-8.132 R1.9
N29	G01 X22.618 Z-9.57
N30	G03 X22.972 Z-10.632 R1.9
N31	G03 X22.972 Z-13.132 R1.9
N32	G01 X22.618 Z-14.57

84 AUTOMATIZACIÓN DE TORNO CONVENCIONAL A CNC EN LA UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
SEDE PUERTO COLOMBIA

N33	G03 X22.972 Z-15.632 R1.9
N34	G01 X22.618 Z-17.07
N35	G03 X23. Z-17.9 R1.9
N36	G01 Z-18.5
N37	X28.309
N38	X29.016 Z-18.146
N39	G00 Z.256
N40	X22.888
N41	G01 X22.1 Z-.052
N42	X20.869 Z-5.063
N43	G03 X20.987 Z-5.51 R.9
N44	G01 X20.546 Z-7.303
N45	G03 X20.987 Z-8.01 R.9
N46	G01 X20.546 Z-9.803
N47	G03 X20.987 Z-10.51 R.9
N48	G01 X20.546 Z-12.303
N49	G03 X20.987 Z-13.01 R.9
N50	G01 X20.546 Z-14.803
N51	G03 X20.987 Z-15.51 R.9
N52	G01 X20.546 Z-17.303
N53	G03 X21. Z-17.9 R.9
N54	G01 Z-19.5
N55	X39.2
N56	X39.907 Z-19.146
N57	G00 X45.907
N59	X508. Z127. M09
N60	M01
N61	(DNMG 431 80DEG SQR HOLDER)
N62	T0505
N63	B90.
N64	G00 G96 S113 M03
N65	(Acabado DE1)
N66	G54 G00 Z2.602 M08
N67	X26.865
N68	G01 X20.865 Z-.398 F.229
N69	X19.925 Z-.569
N70	X18.398 Z-2.207
N71	X19.6 Z-2.554
N72	G03 X19.925 Z-3.069 R.4
N73	G01 X18.398 Z-4.707
N74	X19.6 Z-5.054
N75	G03 X19.925 Z-5.569 R.4
N76	G01 X18.398 Z-7.207
N78	X19.6 Z-7.554
N79	G03 X19.925 Z-8.069 R.4
N80	G01 X18.398 Z-9.707
N81	X19.6 Z-10.054
N82	G03 X19.925 Z-10.569 R.4
N83	G01 X18.398 Z-12.207
N84	X19.6 Z-12.554
N85	G03 X19.925 Z-13.069 R.4
N86	G01 X18.398 Z-14.707

N87	X19.6 Z-15.054
N88	G03 X19.925 Z-15.569 R.4
N89	G01 X18.398 Z-17.207
N90	X19.6 Z-17.554
N91	G03 X20. Z-17.9 R.4
N92	G01 Z-20.
N93	X39.2
N94	X39.907 Z-19.646
N95	G00 X45.907
N96	M 30

Fuente: autores

4.5 Investigación del aumento y disminución de potencia u energía específica de corte por causa de la vibración.

Basados en estudios e investigaciones realizados, encontramos que al momento de realizar un proceso de mecanizado en un torno se generan aumentos y bajas de corrientes y potencias debido a las vibraciones presentadas al momento de realizar el proceso de mecanizado. Esta vibración depende de la longitud de trabajo en el material y el tipo de herramienta que se utilice, según norma y por seguridad lo recomendamos para trabajar en el torno sin contra punta es 10 veces el diámetro, para trabajar con contra punta y ejes de grandes longitudes lo recomendable es utilizar la luneta sea móvil o sea fija.

Según las investigaciones realizadas, la potencia de corte es la diferencia entre la potencia mecánica cuando se efectúa el corte y cuando el plato gira sin corte. Por lo que la potencia de corte sin vibración es muchas más altas comparada ha cuando existe vibraciones, Por lo tanto, con la vibración se logra una reducción en la potencia de corte de un 24.1%.

El promedio de potencia mecánica se eleva cuando se realiza el corte sin vibración y se reduce con la presencia de vibración. Sin embargo, el corte con vibración muestra una mayor desviación y una mayor dispersión, ya que el coeficiente de variación es máximo.

En el caso de la energía específica al momento de realizar un mecanizado con vibración o sin vibración, nos resulta que el comportamiento de la energía específica aumenta cuando no existe vibración y se reduce cuando existen vibraciones. [22].

4.6 Costo de montaje de la conversión

Tabla 10. Costos de montaje

ÍTEM	DESCRIPCION	VALOR	VALOR TOTAL
1	Instalación mecánica	\$ 290.000	\$ 290.000
2	Instalación eléctrica	\$ 380.000	\$ 380.000
3	Instalación y parametrización de software	\$ 250.000	\$ 250.000
		SUBTOTAL	\$ 920.000
		TOTAL	\$ 920.000

Fuente: autores

5. Conclusiones y recomendaciones

- La simulación de los procesos de mecanizado son de gran ayuda para llevar a cabo una tarea, lo que lograría mitigar los tiempos muertos.
- Se decide utilizar el software MACH 3 debido a que es un software con gran utilidad en este tipo de maquinarias, la obtención de este software es gratuito en la página del creador y cuenta con módulos de fresado, torno, pantógrafo y se puede utilizar con máquinas laser por este motivo se utilizó este software que en comparación con otros software el manejo es de gran versatilidad.

Comparándolos con software como EMC2, MACH 3 lleva una ventaja enorme en programación y obtención del software

- Se utilizó el software CAM (Mecanizado asistido por computador) MASTERCAM, ya que este software es de lo más utilizado a nivel mundial y se puede obtener versiones gratuitas educativas, de este software se dictan capacitaciones en instituciones educativas como el SENA brindando un mayor conocimiento y manejo del software, por este motivo se escogió MASTERCAM.

Adicionalmente a esto se comparado entre BOD CAD/CAM vs MASTERCAM vs SOLIDWORK CAM obteniendo un resultado de mayor versatilidad en la programación y simulación de parte de MASTERCAM.

BOD CAD/CAM es un software relativamente nuevo y no cuenta con el respaldo técnico que brinda MASTERCAM.

SOLIDWORK CAM es un software muy versátil para el diseño, pero el módulo CAM tiene un valor muy elevado y no se obtienen demos educativos.

- Esto facilita el mecanizado y ayuda a acortar los tiempos de ciclo. Además, mejora la calidad de superficie, la eficiencia operativa y la seguridad de los operarios.
- Los componentes para la automatización de un torno convencional a CNC son factibles de encontrar en el mercado.
- La transformación de un torno convencional a uno CNC, es un proyecto que contiene un alto nivel de investigación y preparación ya que se reunió mucha información de vital importancia para llevar a cabo dicho proyecto.
- la utilización de los programa CAD y CAM se logró obtener un mayor conocimiento de cómo podemos usarlo en la vida cotidiana
- la elaboración de este proyecto de grado está dirigido al laboratorio de mecanizado de la universidad Antonio Nariño con el fin que los futuros nuevos

estudiantes puedan hacer uso de una nueva metodología de estudio, que será de gran ayuda en sus competencias laborales.

5.1 Recomendaciones

- Hacer uso adecuado de la máquina, siguiendo los protocolos de seguridad para evitar algún accidente, se recomienda seguir las normas de seguridad tanto para la maquina como para el estudiante que vaya a realizar la operación de un mecanizado.
- Para obtener una adecuada simulación, se debe hacer cálculos exactos de las funciones en el torno para luego ingresar los parámetros de la pieza para llevar a cabo un excelente proceso.
- Uso adecuado de los elementos de seguridad personal, ya que si no se usan, el operario puede sufrir quemaduras o cortes en alguna extremidad del cuerpo, además esto ayuda a la persona que va operar la máquina para que se acostumbre al momento de utilizar una maquina a nivel industrial.
- No exceder los límites de velocidad de avance ya estandarizados en el programa.
- Realizar una inspección a los parámetros de configuración o calibración del torno, con el fin de reparar alguna des configuración que se haya podido presentar y con el fin de poder realizar un excelente mecanizado.
- Tener en cuenta los datos guardados en el repositorio para la realización de algún mecanizado en una pieza.
- Verifique manualmente el recorrido que dará la herramienta a la hora que se vaya a realizar un chaflán para verificar que no se produce ninguna interferencia en el movimiento.

6 Bibliografía

- [1] **Ginjaume, A., & Torre, F.** ejecución de procesos de mecanizado, conformado y montaje., 2ª edición. 9788497323826.
- [2] **Sandvik, C.** (2016). Libro de formación. S1: sandvik coromant academ.
- [3] **Villalba, D.** (2016) partes del torno.
- [4] **Pacheco, J., & espinosa, A.** (2016). Aplicación de la tecnología CNC en la Modelación y fabricación de portaherramientas utilizados en los tornos Convencionales del taller básico de la epoch.
- [5] **Morales, F.** (2017). Trabajos básicos-explicación, Procedimiento en los Mecanizados con máquinas Herramientas torno.
- [6] **Hoffman, E.** (2004) Jig and fixture design, (5th edición).
- [7] **Pérez, j., Ríos, R., Romero, R., Ruiz, G., & Rosas, M.,.** (2008). “DSP algorithm for the extraction of dynamics parameters in CNC machine tool Servomechanisms from an optical incremental encoder”. International Journal of Machine Tools & Manufacture
- [8] **Millan, G. & Simón.** (2006) procedimientos de mecanizado. Madrid, editorial Paraninfo.

- [9] **Martino, R.**, (1990).Sistemas Integrados de Fabricación, Ed. LIMUSA-Noriega, México.
- [10] **Londoño, N., Simanca , P., Álvarez, j., Marín, E.** (2005) “Diseño y Construcción de un torno de control Numérico”. Scientia et Technica
- [11] **MITSUBISHI** .,electric, Melservo J3
- [12] **Bolaños, D.**, motores eléctricos. (2012)
- [13] **Villaba. D.**, velocidades y avance para corte (2012)
- [14] **Gonzales. R.**, concepto fundamental de CAD/CAM/CAE. (2009)
- [15] **Cimco.** Operaciones de torneado.(2017)
- [16] **Sandivk, C.**,. El mecanizado moderno. Manual práctico. (1994)
- [17] **Espinoza, A., Fernández, J., Soto J., Rueda, J., & Pison J.**, .Practicas de mecanizado en torno y fresadora. (2018)
- [18] **Mora, A.**,. diseño, programación, simulación y fabricación en CNC con programas de CAD/CAM.(2018)
- [19] **Garcia, I.,Lagos,J.,Urrego, L.,& Delgado,P.**,.(2009). Diseño e implementación de un control CNC para crear modelos y esculturas en tercera dimensión a partir de un diseño CAD.
- [20] **Ospina, N.,. Molina, W.,. Simanca, P.,. Díaz, J.,.** (2014). Estrategia de mecanizado aplicada a un pequeño torno convencional apatado a CNC.
- [21] **Jiménez, A.**,. (2018). Diseño, programación, simulación y fabricación en CNC con programas de CAD/CAM.

[22] Zaroual, M.,. (2017). Diseño y fabricación de una herramienta de torno asistida por vibración.

Anexo A.

Fracciones de pulgada a decimales

Fracciones de pulgada a decimales

1/64	0.015625	33/64	0.515625
1/32	0.03125	17/32	0.53125
3/64	0.046875	35/64	0.546875
1/16..	0.0625	9/16..	0.5625
5/64	0.078125	37/64	0.578125
3/32	0.09375	19/32	0.59375
7/64	0.109375	39/64	0.609375
1/8...	0.125	5/8...	0.625
9/64	0.140625	41/64	0.640625
5/32	0.15625	21/32	0.65625
11/64	0.171875	43/64	0.671875
3/16..	0.1875	11/16.	0.6875
13/64	0.203125	45/64	0.703125
7/32	0.21875	23/32	0.71875
15/64	0.234375	47/64	0.734375
1/4...	0.25	3/4...	0.75
17/64	0.265625	49/64	0.765625
9/32	0.28125	25/32	0.78125
19/64	0.296875	51/64	0.796875
5/16..	0.3125	13/16.	0.8125
21/64	0.328125	53/64	0.828125
11/32	0.34375	27/32	0.84375
23/64	0.359375	55/64	0.859375
3/8...	0.375	7/8...	0.875
25/64	0.390625	57/64	0.890625
13/32	0.40625	29/32	0.90625
27/64	0.411875	59/64	0.921875
7/16..	0.4375	15/16.	0.9375
29/64	0.453125	61/64	0.953125
15/32	0.46875	31/32	0.96875
31/64	0.484375	63/64	0.984375
1/2...	0.5	1.....	1.

Anexo B:

Tabla de conversión de milímetros a pulgadas

1 metro = 39"370113 pulgadas										
mm.	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
0	.39370	.78740	1.18110	1.57480	1.96851	2.36221	2.75591	3.14961	3.54331	
1	.43307	.82677	1.22047	1.61417	2.00788	2.40158	2.79528	3.18898	3.58268	
2	.47244	.86614	1.25984	1.65354	2.04725	2.44095	2.83465	3.22835	3.62205	
3	.51181	.90551	1.29921	1.69291	2.08662	2.48032	2.87402	3.26772	3.66142	
4	.55118	.94488	1.33858	1.73228	2.12599	2.51969	2.91339	3.30709	3.70079	
5	.59055	.98425	1.37795	1.77165	2.16536	2.55906	2.95276	3.34646	3.74016	
6	.62992	1.02362	1.41732	1.81103	2.20473	2.59843	2.99213	3.38583	3.77953	
7	.66929	1.06299	1.45669	1.85040	2.24410	2.63780	3.03150	3.42520	3.81890	
8	.70866	1.10236	1.49606	1.88977	2.28347	2.67717	3.07087	3.46457	3.85827	
9	.74803	1.14173	1.53543	1.92914	2.32284	2.71654	3.11024	3.50394	3.89764	

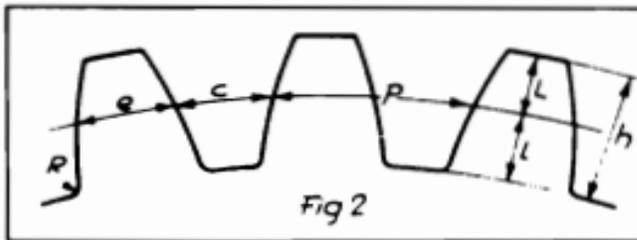
mm.	100	200	300	400	500	600	700	800	900
0	3.93701	7.87402	11.81110	15.74800	19.68510	23.62210	27.55910	31.49610	35.43310
10	4.33071	8.26772	12.20470	16.14170	20.07880	24.01580	27.95280	31.88980	35.82680
20	4.72441	8.66242	12.59840	16.53540	20.47250	24.40950	28.34650	32.28350	36.22050
30	5.11811	9.05513	12.99210	16.92910	20.86620	24.80320	28.74020	32.67720	36.61420
40	5.51181	9.44883	13.38580	17.32280	21.25990	25.19690	29.13390	33.07090	37.00790
50	5.90552	9.84252	13.77950	17.71650	21.65360	25.59060	29.52760	33.46460	37.40160
60	6.29922	10.23620	14.17320	18.11030	22.04730	25.98430	29.92130	33.85830	37.79530
70	6.69292	10.62990	14.56690	18.50400	22.44100	26.37800	30.31500	34.25200	38.18900
80	7.08662	11.02360	14.96060	18.89770	22.83470	26.77170	30.70870	34.64570	38.58270
90	7.48032	11.41730	15.35430	19.29140	23.22840	27.16540	31.10240	35.03940	38.97640

Anexo C:

Calculo de dientes de engranes

DIMENSIONES DE LOS DIENTES EN FUNCIÓN DEL MÓDULO

El Módulo no solo sirve para caracterizar los Diámetros de un engranaje, sino que los dientes están también relacionados con él; las diferentes partes de un diente se denominan como se detalla la figura 2.



- h = Altura total del diente.
- L = Altura de la cabeza del diente.
- l = Altura del pie del diente.
- R = Radio del pie del diente.
- P = Paso circunferencial.
- e = Espesor del diente.
- c = Espacio entre dientes.

Formulas:

$$\begin{aligned}
 h &= 2,167 \times \text{Módulo.} & P &= c + e = 3,1416 \times \text{Módulo.} \\
 L &= \text{Módulo.} & e &= 0,5 \times P. \\
 l &= 1,167 \times \text{Módulo.} & c &= 0,5 \times P. \\
 R &= 0,3 \times \text{Módulo (máximo).}
 \end{aligned}$$

DIÁMETRO EXTERIOR

D_e = Diámetro exterior.

Este Diámetro está compuesto del Diámetro primitivo, D_p , más dos veces el Módulo.

$$D_e = D_p + 2M,$$

o Módulo multiplicado por el número de dientes más dos.

$$D_e = M \times (N + 2).$$

DIÁMETRO INTERIOR

D_i = Diámetro interior, es igual al Diámetro primitivo, menos dos veces la altura del pie del diente.

$$D_i = D_p - (2 \times l).$$

DISTANCIA ENTRE EJES O CENTROS DE DOS RUEDAS

Esta distancia es igual a la mitad de la suma de los Diámetros primitivos.

A = Distancia entre ejes.

$$A = \frac{D_p + d_p}{2} = \frac{N + n}{2} \times M.$$

DIFERENTES FORMAS DE LOS DIENTES

Aparte del sistema de dentado ya descrito, existen otros perfiles de dientes, los cuales vamos a detallar.

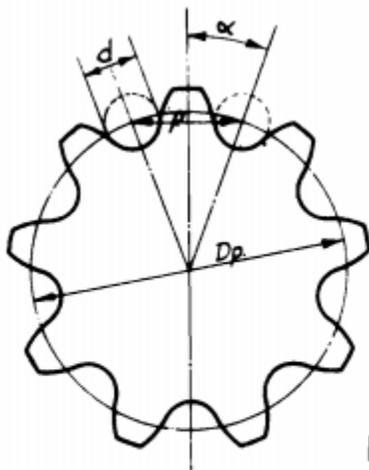
Anexo D:

Tabla para el cálculo de valores para fijar las dimensiones en el calibre

Número de dientes	Para engranajes rectos según el sistema de Módulo		Número de dientes	Para engranajes rectos según el sistema de Módulo		Número de dientes	Para engranajes rectos según el sistema de Módulo	
	ab	bc		ab	bc		ab	bc
10	1.062	1.564	19	1.032	1.569	28-29	1.022	1.570
11	1.056	1.565	20	1.031	1.569	30-31	1.021	1.570
12	1.051	1.566	21	1.029	1.569	32-33	1.020	1.570
13	1.047	1.567	22	1.028	1.569	34-35	1.019	1.570
14	1.044	1.567	23	1.027	1.570	36-37	1.018	1.570
15	1.041	1.568	24	1.026	1.570	38-39	1.017	1.570
16	1.038	1.568	25	1.025	1.570	40-42	1.016	1.570
17	1.036	1.568	26	1.024	1.570	43-44	1.015	1.570
18	1.034	1.569	27	1.023	1.570	45-00	1.014	1.571

Anexo F:

Calculo de rueda y piñones de cadena



TIPO SIMPLE

De = Diámetro exterior.

Dp = Diámetro primitivo.

Di = Diámetro interior.

d = Diámetro de los rodillos.

P = Distancia entre centros de los rodillos = Paso de la cadena.

N = Número de dientes.

FORMULAS

$$De = Dp + d; \quad Dp = \frac{P}{\sin \alpha}; \quad Di = Dp - d; \quad \alpha = \frac{180^\circ}{N};$$

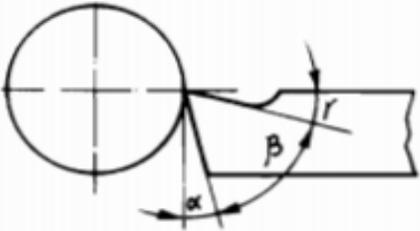
Anexo E:

Tabla para torno con husillo de 2 hilos por pulgadas

N = Hilos en pulgada	A	B	C	D	N = Hilos en pulgada	A	B	C	D
1/2	40	20	50	25	16	20	80	50	100
1	20	40	100	25	17	20	85	50	100
1 1/2	20	25	50	30	18	20	90	50	100
2	20	40	50	25	19	20	95	50	100
2 1/2	30	40	80	75	20	20	80	40	100
3	20	50	100	60	21	20	100	50	105
3 1/4	20	70	100	50	22	20	100	50	110
4	20	50	75	100	23	20	100	50	115
4 1/2	20	30	60	90	24	20	60	25	100
5	20	30	50	100	25	20	75	30	100
5 1/2	20	25	50	100	26	20	65	25	100
6	25	Cual.		75	27	20	75	25	90
6 1/2	20	»		65	28	20	70	25	100
7	20	»		70	29	20	87	30	100
7 1/2	20	»		75	30	20	75	25	100
8	25	»		100	31	20	93	30	100
8 1/2	20	»		85	32	20	80	25	100
9	20	»		90	33	20	110	40	120
9 1/2	20	»		95	34	20	85	25	100
10	20	»		100	35	20	100	30	105
11	20	»		110	36	20	90	25	100
12	20	»		120	37	20	74	20	100
13	20	65	50	100	38	20	95	30	120
14	20	70	50	100	39	20	120	20	65
15	20	75	50	100	40	20	100	30	120

Anexo F:

Cuchillas para tornos

		DESIGNACION			
		α	Angulo libre o incidencia.		
		β	Angulo de tala o filo.		
		γ	Angulo de salida o ataque.		
		$\alpha + \beta$	Angulo de corte.		
AGRUPACION DEL MATERIAL A TRABAJAR		VALOR DE LOS ANGULOS			
		α	β	γ	$\alpha + \beta$
A ₁	Aluminio y metales ligeros.	8°	50°	32°	58°
	Cobre.	a	a	a	a
	Antifricción. Materiales prensados (plásticos).	10°	52°	28°	62°
A ₂	Aceros hasta 60 kgs. mm ² .	6°	55°	29°	61°
			a	a	a
A ₃	Aceros de 60 a 100 kgs. mm ² . Acero inoxidable. Fundición gris. Fundición semidura. Fundición maleable. Acero moldeado. Bronces blandos.		58°	26°	64°
		6°	65°	19°	71°
			a	a	a
A ₄	Fundición dura. Bronces duros. Acero duro 12 % manganeso.		68°	16°	74°
		5°	77°	8°	82°
			a	a	a
		85°	0°	90°	

DIMENSIONES DE LAS CUCHILLAS							
TAMAÑO		I	II	III	IV	V	
	Lado del cuadrado	A	15	20	25	32	40
	Longitud normal.	L	100	175	225	250	300
	Longitud minima por desgaste.	* C	50	100	130	140	175

Anexo H:

Calculo para torneado de conos

Torneado de conos por desplazamiento del contrapunto del torno

G = Diámetro mayor del cono.
P = Diámetro menor del cono.
R = Radio mayor del cono.
r = Radio menor del cono.
L = Longitud total de la pieza.
l = Longitud del cono.

FORMULAS

$$1. \frac{(R-r) \times L}{l} = \text{Desplazamiento.}$$

$$2. \frac{(G-P) \times L}{l \times 2} = \text{Desplazamiento.}$$

1.º EJEMPLO: Calcular el desplazamiento, si el cono a tornear tiene las dimensiones siguientes:

$$R = 50 \text{ mm. } l = 200 \text{ mm. } \frac{(R-r) \times L}{l} = \frac{(50-40) \times 300}{200} = 15 \text{ mm.}$$

$$r = 40 \text{ mm. } L = 300 \text{ mm.}$$

2.º EJEMPLO:

$$G = 100 \text{ mm. } l = 200 \text{ mm. } \frac{(100-80) \times 300}{200 \times 2} = 15 \text{ mm.}$$

$$P = 80 \text{ mm. } L = 300 \text{ mm.}$$

NOTAS IMPORTANTES:

Refrentar y poner la pieza a su longitud antes de mover el contrapunto.
La cuchilla deberá estar exactamente a igual altura que los puntos del torno.

PARA CALCULAR	CONOCIENDO	FORMULAS	
Cono por pulgada B	Cono por pie.	Dividir por 12.	$\frac{A}{12} = B$
Cono por pie A	Cono por pulgada.	Multiplicar por 12:	$B \times 12 = A$
Cono por pie A	Diámetros G, P y longitud L en pulgadas.	Restar los dos diámetros, multiplicar por 12 y dividir por la longitud del cono.	$\frac{(G-P) \times 12}{L} = A$
Diámetro menor en pulgadas P	Diámetro mayor, longitud del cono en pulgadas y conicidad por pie.	Multiplicar el cono por pie por la longitud del cono, y dividir por 12, restar el resultado con el diámetro mayor.	$G - \frac{A \times L}{12} = P$
Diámetro mayor en pulgadas G	Diámetro menor, longitud del cono en pulgadas y cono por pie.	Multiplicar el cono por pie por la longitud del cono, y dividir por 12, sumando al resultado el diámetro menor.	$P + \frac{A \times L}{12} = G$
Cantidad de cono en pulgadas	Cono por pie y longitud en pulgadas.	Multiplicar la longitud del cono por el cono por pie, y dividir por 12.	$\frac{L \times A}{12} = C$
Longitud del cono en pulgadas L	Cono por pie y los dos diámetros en pulgadas.	Restar los dos diámetros y multiplicar por 12, y dividir por cono por pie.	$\frac{(G-P) \times 12}{A} = L$

G = Diámetro mayor.
P = Diámetro menor.
L = Longitud.

Cono por pie = A.
Cono por pulgada = B.
Cantidad de cono en pulgadas = C.

Anexo I:

Velocidades de corte, profundidades de virutas y avances al emplear

v = velocidad de corte m/min. a = profundidad de viruta en mm. s = avance en mm.

Material y resistencia	Marca Widia	Velocidades de corte y secciones de viruta posibles		Valores medios buenos	
				Para desbastar	Para afinar
Acero 40 - 50 kg/mm ² .	S 1	v	150 - 350 m.	150 - 250 m.	250 - 350 m.
	S 2	v	50 - 200 m.	50 - 150 m.	75 - 200 m.
		a	1 - 30 mm.	5 - 10 mm.	aprox. 1 mm.
		s	0,2 - 2,5 mm.	aprox. 1 mm.	aprox. 0,2 mm.
Acero 50 - 60 kg/mm ² .	S 1	v	110 - 275 m.	110 - 200 m.	150 - 275 m.
	S 2	v	35 - 150 m.	35 - 120 m.	50 - 150 m.
		a	1 - 30 mm.	5 - 10 mm.	aprox. 1 mm.
		s	0,2 - 2,5 mm.	aprox. 1 mm.	aprox. 0,2 mm.
Acero 60 - 85 kg/mm ² .	S 1	v	70 - 200 m.	70 - 140 m.	140 - 200 m.
	S 2	v	22 - 150 m.	22 - 70 m.	40 - 150 m.
		a	1 - 30 mm.	5 - 10 mm.	aprox. 1 mm.
		s	0,2 - 2 mm.	aprox. 1 mm.	aprox. 0,2 mm.
Acero 85 - 110 kg/mm ² .	S 1	v	60 - 150 m.	60 - 100 m.	100 - 150 m.
	S 2	v	20 - 110 m.	20 - 65 m.	30 - 110 m.
		a	1 - 30 mm.	5 - 10 mm.	aprox. 1 mm.
		s	0,2 - 2 mm.	aprox. 1 mm.	aprox. 0,2 mm.
Acero 110 - 140 kg/mm ² .	S 1	v	45 - 100 m.	45 - 70 m.	70 - 100 m.
	S 2	v	15 - 75 m.	15 - 50 m.	22 - 75 m.
		a	1 - 25 mm.	5 - 10 mm.	aprox. 1 mm.
		s	0,2 - 2 mm.	aprox. 0,5 mm.	aprox. 0,2 mm.
Acero 140 - 180 kg/mm ² .	S 1	v	20 - 60 m.	20 - 40 m.	40 - 60 m.
	S 2	v	10 - 40 m.	10 - 30 m.	18 - 40 m.
		a	0,5 - 10 mm.	5 - 10 mm.	aprox. 0,5 mm.
		s	0,2 - 1 mm.	aprox. 0,5 mm.	aprox. 0,2 mm.

v = velocidad de corte m/min. a = profundidad de viruta en mm. s = avance en mm.

Material y resistencia	Marca Widia	Velocidades de corte y secciones de viruta posibles		Valores medios buenos	
				Para desbastar	Para afinar
Acero inoxidable.	S 1	v	50 - 120 m.	50 - 70 m.	80 - 120 m.
	S 2	v	20 - 90 m.	20 - 60 m.	30 - 90 m.
		a	1 - 20 mm.	4 - 8 mm.	aprox. 1 mm.
Acero duro al 12 % de manganeso.	S 1	s	0,2 - 2 mm.	aprox. 1 mm.	aprox. 0,2 mm.
		v	10 - 35 m.	10 - 20 m.	20 - 35 m.
	S 2	a	1 - 10 mm.	3 - 10 mm.	aprox. 1 mm.
		s	0,2 - 1 mm.	0,3 - 0,5 mm.	aprox. 0,2 mm.
Fundición de acero 50 - 70 kg/mm ² .	S 1	v	60 - 150 m.	60 - 100 m.	100 - 150 m.
		v	22 - 110 m.	22 - 70 m.	35 - 110 m.
	S 2	a	1 - 30 mm.	5 - 10 mm.	aprox. 1 mm.
		s	0,2 - 2 mm.	aprox. 1 mm.	aprox. 0,2 mm.
Fundición de acero 70 - 100 kg/mm ² .	S 1	v	30 - 80 m.	30 - 60 m.	50 - 80 m.
		v	15 - 70 m.	15 - 45 m.	25 - 70 m.
	S 2	a	1 - 30 mm.	5 - 10 mm.	aprox. 1 mm.
		s	0,2 - 2 mm.	aprox. 1 mm.	aprox. 0,2 mm.
Fundición endurecida en coquilla 75 - 90 Shore.	H 1	v	4 - 10 m.	4 - 6 m.	4 - 9 m.
		a	1 - 6 mm.	3 - 6 mm.	aprox. 1 mm.
		s	2 - 8 mm.	aprox. 2-3 mm.	aprox. 4-8 mm.
Estrizado de cilindros fundidos en coquilla.	H 1	v	5 - 8 m.	5 - 8 m.	5 - 8 m.
		a	Resultado automáticamente por la colocación radial de la herramienta.		
		s	0,1 - 0,2 mm.	0,1 - 0,2 mm.	0,1 - 0,2 mm.
Fundición de hierro al silice (hasta 16 % Si).	H 1	v	20 - 40 m.	20 - 22 m.	38 - 40 m.
		a	1 - 5 mm.	4 mm.	1 mm.
		s	0,2 - 1 mm.	0,8 mm.	0,2 mm.
		v	250 - 500 m.	aprox. 300 m.	300 - 500 m.
Bronce.	G 1	a	0,5 - 30 mm.	5 - 10 mm.	aprox. 1 mm.
		s	0,2 - 2,5 mm.	aprox. 1 mm.	aprox. 0,2 mm.

Anexo J:

Afilado de brocas

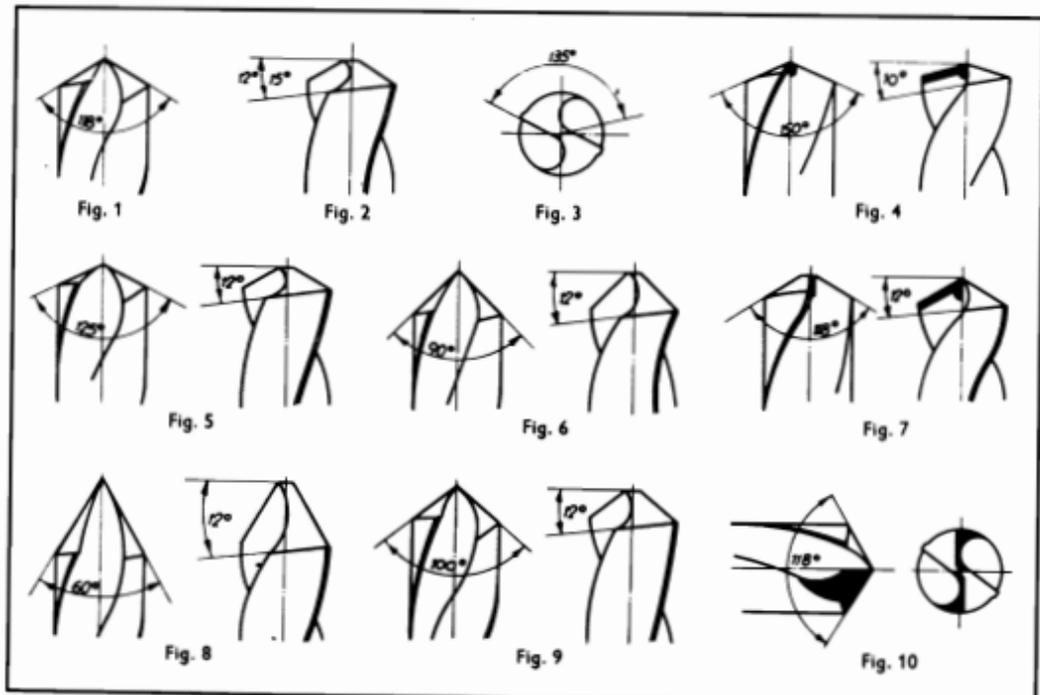
AFILADO DE BROCAS	
Figura num.	MATERIAL A TALADRAR
1-2-3	Afilado normal para acero dulce y fundición.
4	Acero de carriles 7 % a 13 % de manganeso y materiales duros.
5	Acero forjado y de tratamiento hasta una dureza Brinell 250.
6	Hierro fundido blando.
7	Bronce y latón.
8	Madera dura, bakelita, goma, fibra y ebonita.
9	Cobre, aluminio, metal blanco.
10	Afilado de pequeñas brocas para perforaciones muy profundas.

IMPORTANTE

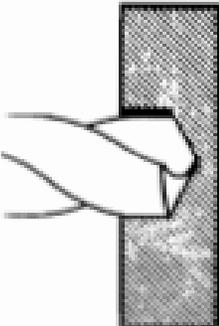
Al empezar la operación de taladrar, es de gran importancia para la conservación de la broca, el perforar dos o tres agujeros con avances y velocidades reducidas en lugar de trabajar en seguida a los avances y velocidades normales.

De este modo se produce un calentamiento progresivo en la broca, lo que aumenta su resistencia y duración.

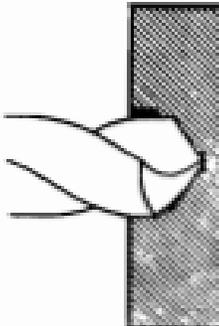
Refrigerar constantemente



DEFECTOS EN EL TRABAJO DE LAS BROCAS MAL AFILADAS



A



B



C

A = Filos de longitud desigual, el diámetro del agujero producido es mayor que la broca.

B = Filos desiguales y ángulos de corte distintos, el agujero resulta excesivamente grande, la broca oscila.

C = Ángulos de corte desiguales, punta descendida, solo corta uno de los filos, la broca trabaja desequilibrada y tiende a oscilar.

D = Comienzo del agujero descentrado.

E = Corrección por medio de ranura hecha con una uñeta.

F = Comienzo del agujero corregido.

H = Comprobación de ángulos de los filos.

Y = Medición de las alturas de los filos.



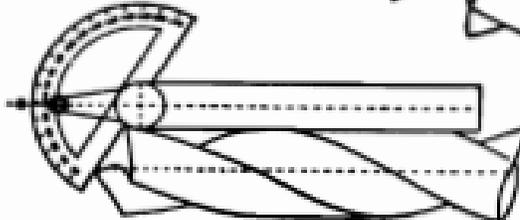
D



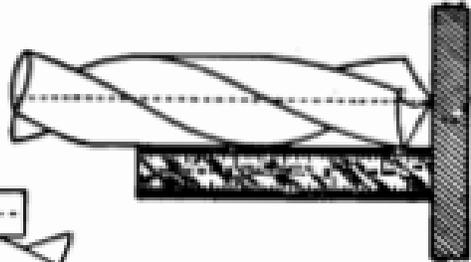
E



F



H



Y