

**CONFIGURACIÓN DE UN POST-PROCESADOR DEL SOFTWARE SPRUTCAM
PARA LA GENERACIÓN DE CÓDIGO NC DEL CONTROL MITSUBISHI
MELDAS 60S DEL TORNO TIPO SUIZO POLYGIM20CSB**

ANDRÉS CAMILO GUEVARA PEDRAZA

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
BOGOTÁ D.C.**

2018

**CONFIGURACIÓN DE UN POST-PROCESADOR DEL SOFTWARE SPRUTCAM
PARA LA GENERACIÓN DE CÓDIGO NC DEL CONTROL MITSUBISHI
MELDAS 60S DEL TORNO TIPO SUIZO POLYGIM20CSB**

ANDRÉS CAMILO GUEVARA PEDRAZA

Proyecto de grado

DIRECTOR

Jorge Andrés García Barbosa

Ingeniero Mecánico

CODIRECTOR

Ubaldo García Zaragoza

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
BOGOTÁ D.C.**

2018

CONTENIDO

	Pág.
1. RESUMEN.....	9
2. INTRODUCCIÓN.....	10
3. OBJETIVOS.....	12
3.1 GENERAL.....	12
3.2 ESPECÍFICOS.....	12
4. MARCO REFERENCIAL	13
4.1 MARCO CONCEPTUAL.....	13
4.2 MARCO TEÓRICO	13
4.2.1 Proceso CAD/CAM.....	13
4.2.2 Post-procesador y simulación en CAM	14
4.2.3 Controladores	14
4.3 ESTADO DEL ARTE.....	15
4.3.1 Cinemática de tornos fresadores	15
4.3.2 Academia.....	16
4.3.3 Biblioteca del Software Sprutcam	16
4.4 METODOLOGÍA	17
5. MODELO VIRTUAL DEL TORNO SUIZO POLYGIM20CSB EN EL SOFTWARE CAM.....	20
5.1 ESTUDIO CINEMÁTICO DEL TORNO TIPO SUIZO POLYGIM20CSB...20	
5.2 MODELO VIRTUAL DEL TORNO TIPO SUIZO POLYGIM20CSB	21
5.3 CINEMÁTICA BASADA EN LA ARQUITECTURA DEL TORNO TIPO SUIZO POLIGYM20CSB.....	23
6. SINTONIZACIÓN DEL MODELO VIRTUAL CON EL POST-PROCESADOR DEL SOFTWARE SPRUTCAM.....	30
6.1 ESTUDIO DE LOS CÓDIGOS G Y M DEL CONTROL MITSUBISHI MELDAS 60S	30
6.1.1 Principales códigos G Mitsubishi Meldas 60S.....	30
6.1.2 Principales códigos M Mitsubishi Meldas 60S.....	31
6.2 GEOMETRÍA A FABRICAR.....	31

6.3	ESTUDIO DE LAS HERRAMIENTAS Y SUS CONDICIONES DE CORTE	
	33	
6.3.1	Refrentado y desbaste.	34
6.3.2	Acabado.	35
6.3.3	Desbaste por capas - fresado.	36
6.3.4	Ranurado.	37
6.3.5	Contorneado 2d - fresado.	38
6.3.6	Tronzado.	39
7.	MONTAJE VIRTUAL Y GENERACIÓN DE LAS TRAYECTORIAS	
	VIRTUALES DEL PROCESO DE TORNEADO – FRESADO EN EL SOFTWARE	
	CAM.	41
8.	PROGRAMACIÓN DE UN POST-PROCESADOR DEL SOFTWARE	
	SPRUTCAM PARA EL CONTROL MITSUBISHI MELDAS 60S.	42
8.1	GENERADOR DE POST-PROCESADORES.	46
8.2	CÓDIGO MADRE CLDATA.	46
8.3	POSTPROCESSORS GENERATOR.	48
8.3.1	Ventana principal.	49
8.3.2	Estructura de bloques.	50
8.3.3	Programas para el procesamiento del CLDATA.	51
8.3.4	Subprogramas.	52
8.4	FLUJOGRAMA DE PROGRAMACIÓN.	54
8.5	EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN DE UN SUB PROGRAMA.	55
8.6	COMPARATIVA DE CÓDIGOS NC.	57
9.	VERIFICACIÓN DEL POST-PROCESADOR.	59
9.1	MONTAJE DE LA MATERIA PRIMA Y HERRAMIENTAS.	59
9.2	TRANSFERENCIA DE CÓDIGO NC A LA MAQUINA CNC.	62
9.3	PRUEBA DE VACÍO.	64
9.4	FABRICACIÓN.	64
9.5	CONTROL METROLÓGICO.	65
10.	CONCLUSIONES.	66
11.	RECOMENDACIONES.	66
	BIBLIOGRAFÍA.	67

ANEXOS.....70

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de flujo para implementar CAM.	14
Figura 2. (a) Esquema del control Mitsubishi Meldas 60S. (b) Tablero del control Meldas 60S.	15
Figura 3. Posibles configuraciones cinemáticas para maquinas verticales.	16
Figura 4. Máquina Finetech GTX-210.	16
Figura 5. (a) Biblioteca del Software Sprutcam (b) Máquina virtual brazo robótico.	17
Figura 6. (a) Esquema cinemático torno suizo PolyGim20CSB (b) Pieza con tallado superficial.	20
Figura 7. Archivos .osd en Machine Maker.	23
Figura 8. Creación máquina virtual.	24
Figura 9. (a) Herramientas torno suizo Polygim20CSB [21]. (b) Árbol cinemático.	25
Figura 10. Herramientas torno suizo.	26
Figura 11. Ensamblaje torno suizo Poligym20CSB.	26
Figura 12. Máquina virtual en el Software Sprutcam.	28
Figura 13. (a) Plano pieza a fabricar (b) Modelo CAD pieza a fabricar.	32
Figura 14. Materia prima sin punto de apoyo.	33
Figura 15. Geometría por zonas de fabricación.	34
Figura 16. a) Geometría herramienta refrentado y desbaste b) Inserto c) Porta inserto.	35
Figura 17. a) Geometría herramienta acabado b) Inserto c) Porta inserto.	36
Figura 18. Geometría herramienta desbaste por capas.	37
Figura 19. a) Geometría herramienta ranurado b) Inserto c) Porta inserto.	38
Figura 20. Geometría herramienta contoneado 2D.	39
Figura 21. a) Geometría herramienta tronzado b) Inserto c) Porta inserto.	40
Figura 22. Diagrama de bloques montaje virtual y generación de trayectorias virtuales.	41
Figura 23. Código generado por el Post-procesador genérico torneado.	42
Figura 24. Código de torneado para el control Meldas 60S.	43
Figura 25. Código generado por el Post-procesador genérico fresado.	44
Figura 26. Código de fresado para el control Meldas 60S.	45
Figura 27. Abrir Post-processors Generator desde SprutCAM.	46
Figura 28. Código CLDATA en SprutCAM.	47
Figura 29. Proceso para la generación de programa NC.	49
Figura 30. Ventana principal Post-processors Generator.	50

Figura 31. a) Lista de registros b) Programación de un bloque c) Bloque en código NC.....	51
Figura 32. a) Parámetros del CLDATA b) Lista de programas c) Programa Common.	52
Figura 33. Creación de Subprograma.....	53
Figura 34. Parámetros del CLDATA.	55
Figura 35. Programa SPINDL.	56
Figura 36 a) Alimentación materia prima b) Montaje de la materia prima.	59
Figura 37. Montaje de herramientas torneado.	60
Figura 38. Herramientas fresado radial.....	61
Figura 40. Plano conexión RS232C.....	62
Figura 41. Data código NC.	63
Figura 42. Transferencia de archivo NC.	63
Figura 43. Prueba en vacío.....	64
Figura 44. Pieza fabricada.	65
Figura 45. Plano metrología.....	65

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Diseño metodológico.....	17
Tabla 2. Modelos de componentes PoliGym20CSB Fuente: XMARTPLM SAS. ...	21
Tabla 3. Parámetros de ejes.....	27
Tabla 4. Principales códigos G	30
Tabla 5. Principales códigos M	31
Tabla 6. Proceso de fabricación.....	34
Tabla 7 Comparativa de post-procesadores.	57

1. RESUMEN

El problema que presentaba el torno suizo Polygim20CSB propiedad de la Universidad Santo Tomás y que la misma no había sido aprovechada la capacidad tecnológica por los estudiantes y profesores de la facultad de Ingeniería Mecánica, debido a ello se planteó, se analizó y se desarrolló la implementación de un post-procesador en el *Software SprutCAM* para el control Mitsubishi Meldas60S el cual genera código NC para el torno tipo suizo Polygim20CSB. A su vez mediante un plan de pruebas tanto virtuales como presenciales en los laboratorios de la universidad se realizó la fabricación de una pieza que contiene las operaciones básicas de torneado y fraseado para comprobar el funcionamiento del post-procesador y con ello brindar a futuros estudiantes la posibilidad de realizar nuevas prácticas con una herramienta que no estaba en uso.

2. INTRODUCCIÓN

En la industria metalmecánica, las máquinas herramientas superan los 50 billones de dólares en producción mundial, donde los tornos (CNC) ocupan el 60% de estas ventas [1]. La industria colombiana utiliza tornos convencionales y una buena parte del sector está implementando la tecnología CNC ya que según Héctor Cuesta, jefe de servicio técnico CNC de IMOCOM S.A, “Los industriales reconocen que si no migran a la tecnología CNC, pueden quedar por fuera del mercado, pues los tiempos de producción con este tipo de máquinas son menores y por ende, el costo de las piezas disminuye cada vez más”[2].

Asimismo, la capacidad tecnológica de los tornos suizos y tornos fresadores, no se puede explotar al máximo sin un software CAM. En Colombia la mayoría de estas máquinas se programan de forma manual, incluso el torno tipo suizo PolyGim20CSB de la Universidad Santo Tomás no se ha programado aún con un software CAM [3], desde que fue adquirido en el 2010. Implementado un Software CAM se podrá visualizar virtualmente las trayectorias de las herramientas y evidenciar posibles colisiones antes de fabricar la pieza [4].

Por otra parte, la manufactura asistida por computadora (CAM) requiere de un modelo cinemático de la máquina CNC para poder simular el proceso de manufactura y poderlo llevar a la obtención de un modelo físico real. El *Software* CAM resume toda esta información en un código madre en el cual se encuentran datos como, velocidad de husillos, velocidad de corte, parámetros de corte, planos de trabajo, parámetros de la herramienta, parámetros de máquina y las trayectorias de la herramienta. El segundo requisito para poder generar el código NC es un post-procesador que su función es traducir el código madre del *Software* CAM y convertirlo en un código NC para el control de la máquina CNC.

Además, existen cientos de configuraciones cinemáticas de tornos fresadores o tornos tipo suizo, la configuración cinemática del torno tipo suizo Poligym20CSB no está dentro de la base de datos del *software* CAM. Por lo tanto, es necesario realizar la máquina virtual con la simulación para luego hacer la programación del post-procesador y poder generar código NC para el control Mitsubishi Meldas 60S con el fin de programar esta máquina. Con la ayuda del CAM se pueden simular las trayectorias en máquinas virtuales, que permiten a los operarios visualizar todo el proceso de mecanizado, verificar el código NC, detectar posibles choques entre las herramientas y materia prima, tiempos de fabricación y estimar costos de producción antes de ejecutar el proceso real [5].

La fabricación de una pieza con características que puedan ser generadas por un torno tipo suizo Polygim20CSB, sería el punto de partida para la fabricación de nuevas piezas realizadas por los estudiantes de la facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Santo Tomás ya que van a contar con la máquina virtual y el post-procesador en la biblioteca del *software* CAM, que les permitirá a los usuarios realizar piezas complejas como: rotores de turbinas, componentes para el sector médico, herramientas, piezas que requieran de un fresado axial o radial [6], a su vez, van a disminuir hasta el 75% de tiempo de montaje [7], mejorando la optimización de recursos ya que al tener un proceso de manufactura establecido se pasaría de realizar fabricaciones manuales a un proceso continuo y nivel industrial.

3. OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Configurar un Post-procesador del software SPRUTCAM, para la generación de código NC, del control Mitsubishi Meldas 60S del torno suizo Polygim20CSB de la Universidad Santo Tomás.

3.2 ESPECÍFICOS

- Generar el modelo virtual del torno suizo Polygim20SCB en el Software CAM.
- Sintonizar el modelo virtual con el Post-procesador del Software CAM para la generación de código NC.
- Desarrollar práctica experimental en el torno suizo Poligym20CSB, para verificar el correcto funcionamiento del post-procesador.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO CONCEPTUAL

Torno CNC: Máquina herramienta del tipo torno que tiene un sistema de automatización control numérico computarizado que es operado mediante comandos programados.

Torno Suizo: Maquina con un cabezal delantero móvil y casquillo fijo, se pueden fabricar piezas por revolución [8].

CAM: Manufactura asistida por computadora, herramienta informática para la programación y control de una maquina con el fin de fabricar, manipular o ensamblaje de piezas [9].

Código NC: Son códigos que indican a la máquina herramienta que operación debe realizar [10].

CLDATA: Código madre del *Software Sprutcam*, se encuentra toda la información de la estrategia de mecanizado junto con los parámetros de máquina.

Post-procesador: Es un programa del ordenador, que transforma los resultados de otro programa en un nuevo formato [11].

Máquina Virtual: Modelamiento virtual de los componentes mecánicos y su integración cinemática de la máquina herramienta.

Controlador: Proporciona una interfaz para utilizar la maquina CNC, por medio de códigos NC.

4.2 MARCO TEÓRICO

4.2.1 Proceso CAD/CAM.

Para fabricar una pieza en una máquina de control numérico es necesario realizar; la máquina virtual, definir las restricciones de movimiento del equipo, la vinculación de un controlador que permite emular la máquina de control numérico real la cual se encarga de interpretar los códigos NC, generar las trayectorias virtuales de

manufactura en un *software* CAM y ejecutar la práctica. Este proceso se puede evidenciar en la (Figura 1).

Figura 1. Diagrama de flujo para implementar CAM.



Fuente: [12].

4.2.2 Post-procesador y simulación en CAM

Los *softwares* CAM poseen bibliotecas que contienen post-procesadores compatibles con una gran variedad de máquinas herramientas, así mismo estos contienen la función de *PostBuilder*, que permite crear o editar post-procesadores mediante una interfaz de programación donde el usuario podrá especificar los parámetros de los códigos de control numérico teniendo en cuenta los códigos G y M. La simulación de la máquina herramienta muestra el movimiento controlado por los datos de salida del control numérico del post-procesador del *software* [13].

4.2.3 Controladores

En la industria metalmecánica encontramos diversos controles para las máquinas de control numérico, en las que se destacan; Mitsubishi, Fanuc, 6SK, Heidenhain. Los cuales interpretan diversos códigos M y G para controlar la máquina

herramienta. El torno PoliGym20SCB posee un controlador Mitsubishi Meldas 60S, este control se encarga de interpretar los códigos NC.

Figura 2. (a) Esquema del control Mitsubishi Meldas 60S. (b) Tablero del control Meldas 60S.



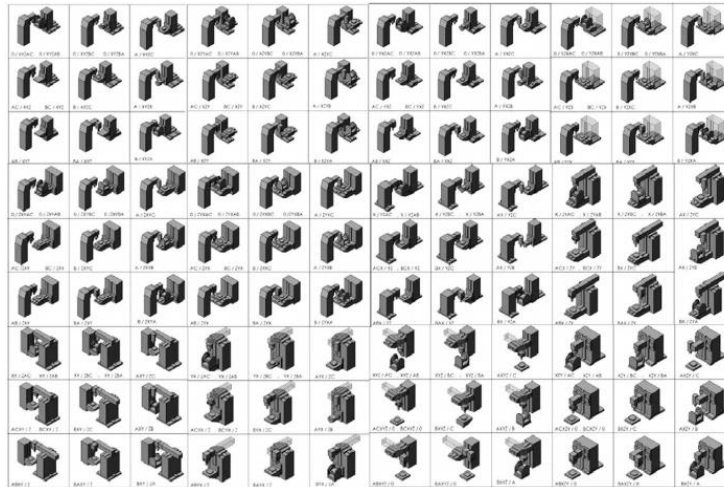
Fuente: [14].

4.3 ESTADO DEL ARTE

4.3.1 Cinemática de tornos fresadores

Existen 2160 configuraciones de máquinas verticales de 5 ejes las cuales 216 son viables, en la siguiente (Figura 3) se puede observar las posibles configuraciones cinemáticas.

Figura 3. Posibles configuraciones cinemáticas para maquinas verticales.

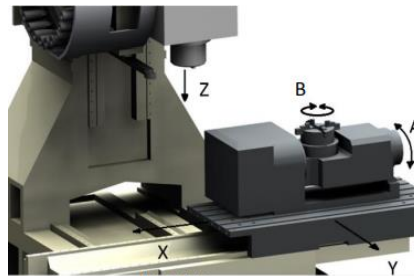


Fuente: [16].

4.3.2 Academia

En la universidad Santo Tomás en el año 2014 se configuró el Post-Procesador del centro de mecanizado CNC Finetech GTX-210, el cual se desarrolló el modelo tridimensional, la máquina virtual y la configuración del controlador, lo cual permite en la actualidad utilizar herramientas CAM en esta máquina. La cinemática la podemos observar en la siguiente (Figura 4).

Figura 4. Máquina Finetech GTX-210.

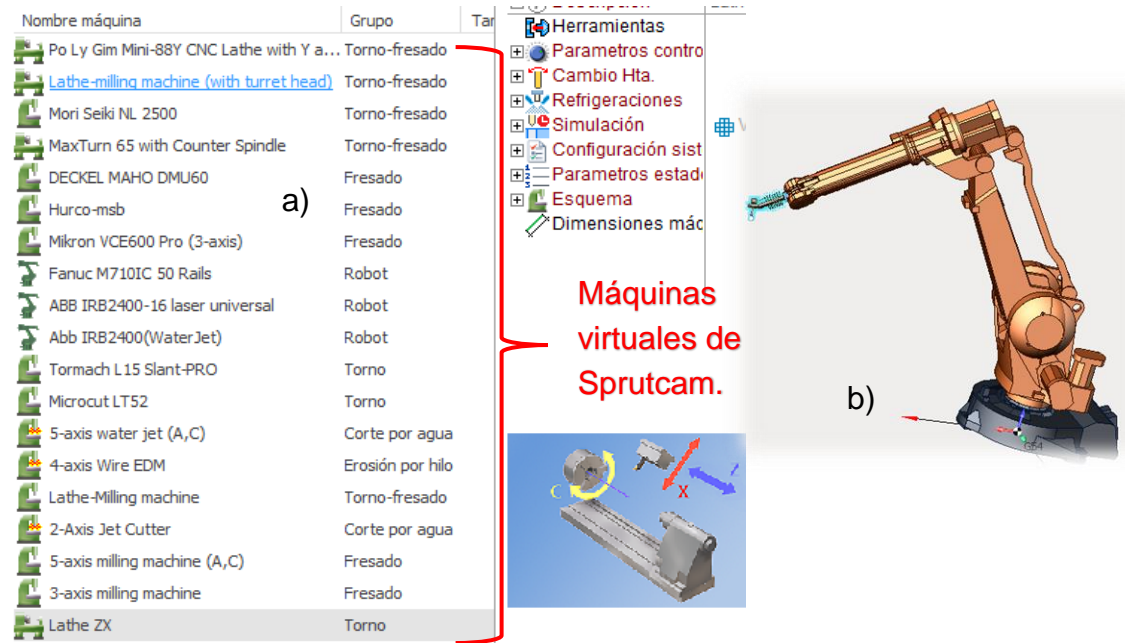


Fuente:[17].

4.3.3 Biblioteca del Software Sprutcam

El *Software* Sprutcam cuenta con una biblioteca de máquinas virtuales, las cuales incluyen desde tornos fresadores hasta brazos mecánicos de varios ejes de rotación. La siguiente es la lista actual de las máquinas virtuales del *Software*.

Figura 5. (a) Biblioteca del Software Sprutcam (b) Máquina virtual brazo robótico.



Fuente: Autor

Aunque la máquina virtual del torno tipo suizo PolyGim20CSB no se encuentra en su biblioteca se puede desarrollar e incluir en el *Software*.

4.4 METODOLOGÍA

A continuación, encontraremos una (Tabla 1) en la cual nombraremos las actividades a realizar para cumplir los objetivos específicos con los recursos necesarios.

Tabla 1. Diseño metodológico.

Objetivo específico	Actividades	Recursos
Generar el modelo virtual del torno suizo PolyGim20SCB en el Software CAM.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estudio cinemático del torno tipo suizo PolyGim20CSB 2. Generación de los sólidos de los componentes del torno tipo suizo en un software CAD. 3. Importar los Sólidos dibujados al Software 	<ul style="list-style-type: none"> • Manual del torno tipo suizo PolyGim20CSB • Software CAD • Torno tipo suizo PolyGim20CSB • Universidad Santo Tom

Objetivo específico	Actividades	Recursos
	Machine Maker de SprutCAM. 4. Ensamblar los sólidos dibujados definiendo su cinemática. 5. Generar archivo de maquina desde el Software Machine Maker para el Software SprutCAM.	
Sintonizar el modelo virtual con el Post-procesador del Software CAM para la generación de código NC.	6. Estudio de los códigos G y M del control Mitsubishi Meldas 60s. 7. Definir la geometría que se va a fabricar de acorde a la capacidad tecnológica de la máquina 8. Realizar el plano de manufactura de la geometría definida. 9. Estudio de las herramientas y sus condiciones de corte 10. Realizar hoja de proceso de la geometría seleccionada 11. Montaje virtual del proceso de manufactura. 12. Generación de trayectorias del proceso de torneado-fresado en el software CAM 13. Programar el post-procesador del software CAM para el control Mitsubishi Meldas60S.	<ul style="list-style-type: none"> • Software CAM
Desarrollar práctica experimental en el torno suizo Poligym20CSB, para verificar el correcto funcionamiento del pos-procesador.	14. Montaje de la materia prima y herramientas. 15. Enviar código NC al control de la máquina. 16. Verificación del código NC por medio de una prueba de vacío. 17. Fabricar la pieza definida	<ul style="list-style-type: none"> • Software CAD • Materia prima • Herramientas de corte • Torno tipo suizo PolyGim20CSB Universidad Santo Tomás

Objetivo específico	Actividades	Recursos
	18. Realizar control metrológico para validar el cumplimiento de la programación.	<ul style="list-style-type: none">• Set de herramientas metrológicas

Fuente. Autor

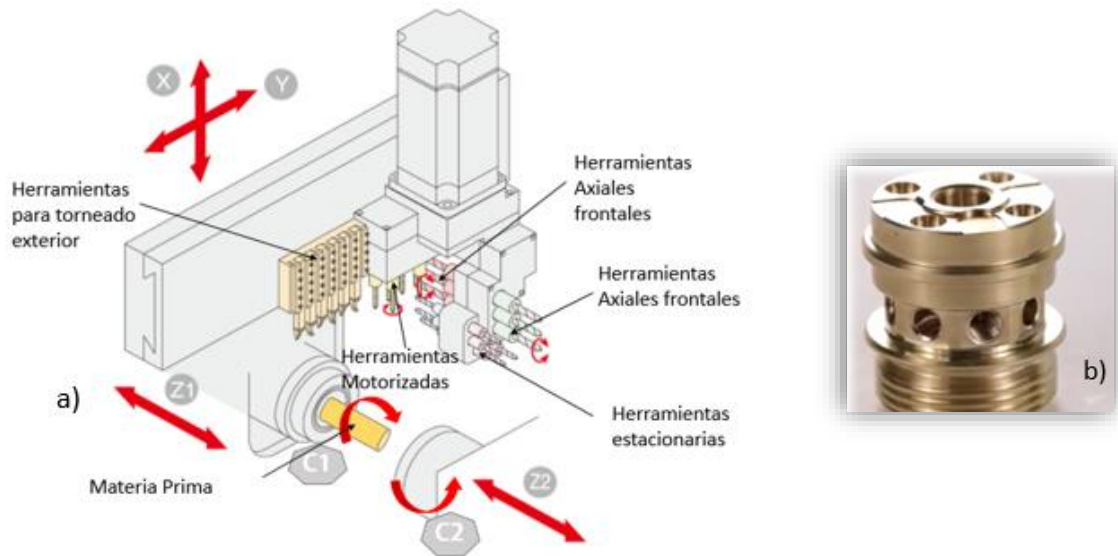
5. MODELO VIRTUAL DEL TORNO SUIZO POLYGIM20CSB EN EL SOFTWARE CAM

5.1 ESTUDIO CINEMÁTICO DEL TORNO TIPO SUIZO POLYGIM20CSB

El torno tipo suizo Polygim20CSB usa un sistema coordenado cartesiano X, Y, Z, para el posicionamiento de la herramienta de corte y la alimentación de la materia prima y unos ejes rotativos C1 y C2, para posicionamiento angular de la materia prima, sobre los ejes Z1 y Z2 respectivamente, como se ilustra en la (Figura 6 (a)).

La materia prima es alimentada por el eje lineal Z1 y puede rotar angularmente sobre su eje por intermedio de C1. La torre de herramientas se desplaza linealmente sobre los ejes X y Y. Interpolando todos estos ejes de movimiento se pueden fabricar piezas complejas, que requieran tallados sobre la superficie, como lo muestra la (Figura 6 (b)).

Figura 6. (a) Esquema cinemático torno suizo PolyGim20CSB (b) Pieza con tallado superficial.

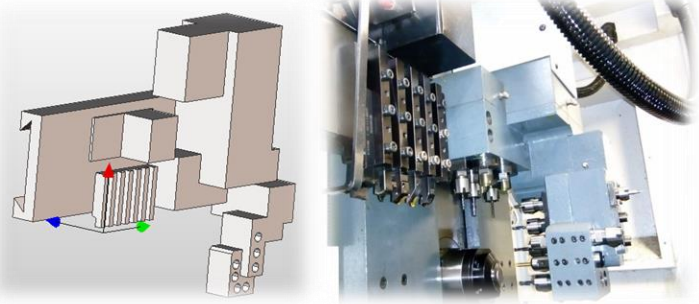
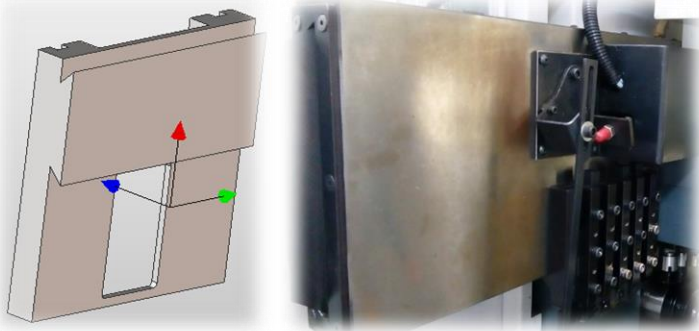
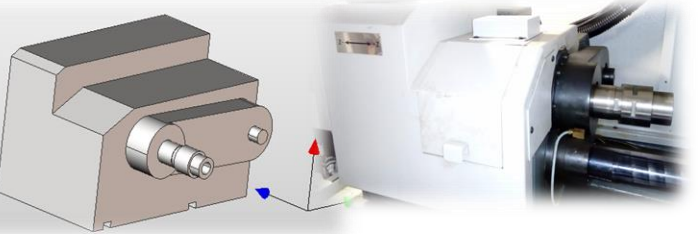



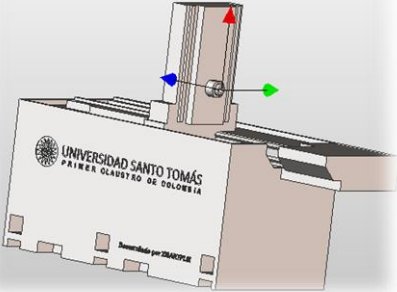
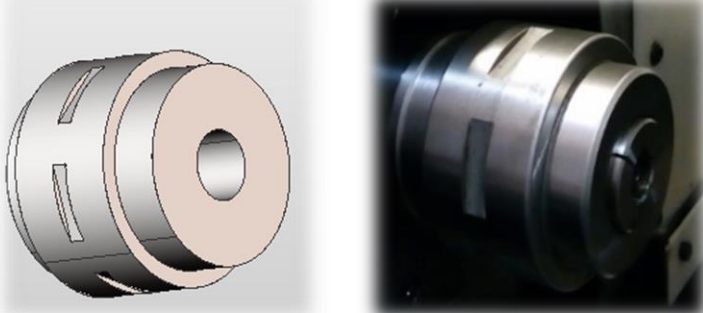
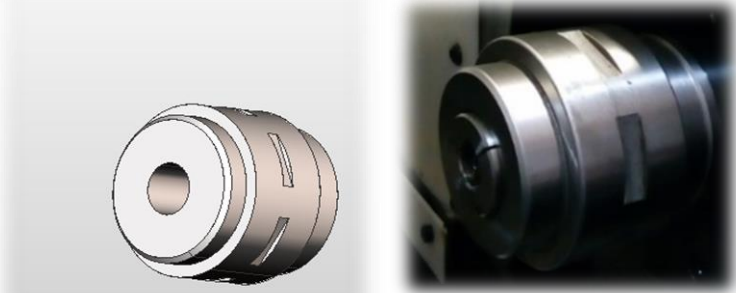
Fuente: [20].

5.2 MODELO VIRTUAL DEL TORNO TIPO SUIZO POLYGIM20CSB

Como paso inicial para realizar el modelo virtual de una máquina es necesario modelar sus piezas en un *Software* CAD de una manera básica, esto quiere decir omitir los detalles que lo componen como; tornillos, pernos, uniones soldadas, entre otros. Es indispensable obtener el modelo tridimensional de cada componente principal que interfiere con cada eje de la máquina, en la siguiente (Tabla 2) podemos observar el modelo tridimensional con su eje respectivo.

Tabla 2. Modelos de componentes PoliGym20CSB Fuente: XMARTPLM SAS.

Nombre	Modelo tridimensional	Eje
Sub conjunto del eje Y (Torreta de herramientas y eje Y)		Y
Sub conjunto del eje X (el sub conjunto del eje Y está montado sobre este sub conjunto)		X
Sub conjunto del eje Z1 (Se encuentra sistema de sujeción y motor el Husillo 1)		Z1

Nombre	Modelo tridimensional	Eje
<p>Sub conjunto del eje Z2 (Se encuentra el sistema de sujeción y motor del husillo 2)</p>		<p>Z2</p>
<p>Bancada de la maquina (sistema de referencia principal)</p>		<p>Nodo (Punto de partida para construcción de cinemática)</p>
<p>Husillo 1</p>		<p>C1</p>
<p>Husillo 2</p>		<p>C2</p>

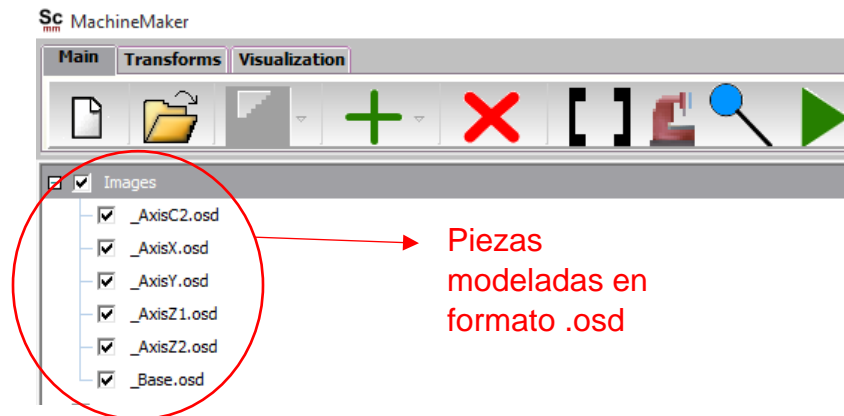
Fuente: Autor

Con cada uno de los componentes tridimensionales se exporta al *Software SprutCAM* y se procede a guardar cada subconjunto en el formato *.osd*, este archivo es compatible con el *Software Machine Maker* que permite la creación de máquinas virtuales.

5.3 CINEMÁTICA BASADA EN LA ARQUITECTURA DEL TORNO TIPO SUIZO POLIGYM20CSB

El archivo *.osd* es abierto con el complemento del *Software SprutCAM* llamado *Machine Maker*, este complemento es necesario para crear la máquina virtual ya permite ensamblar componentes tridimensionales con las restricciones cinemáticas del torno tipo suizo PoliGym20CSB.

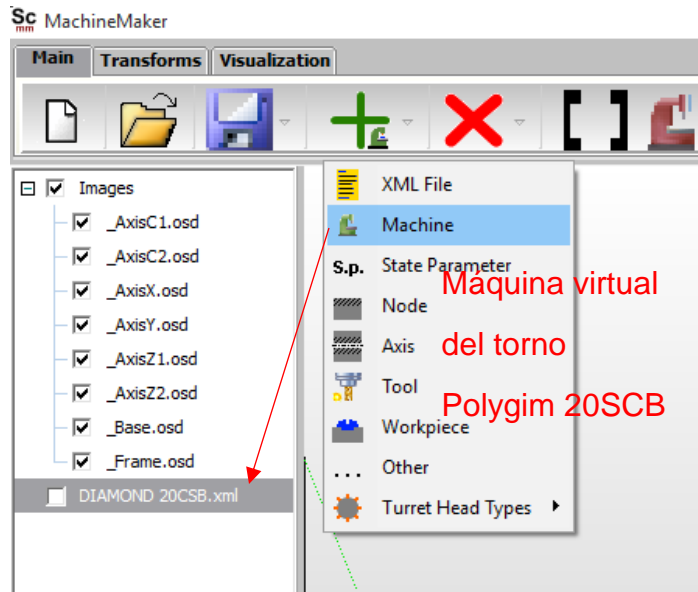
Figura 7. Archivos *.osd* en Machine Maker.



Fuente: Autor

Lo primero, es crear la maquina en la pestaña + donde creará un archivo con el nombre definido por el usuario, para este caso se llamó *DIAMOND20CSB.xml* el cual va almacenar toda la información de maquina como: modelo cinemático con los subconjuntos ensamblados, recorrido de los ejes, número y posición de herramientas.

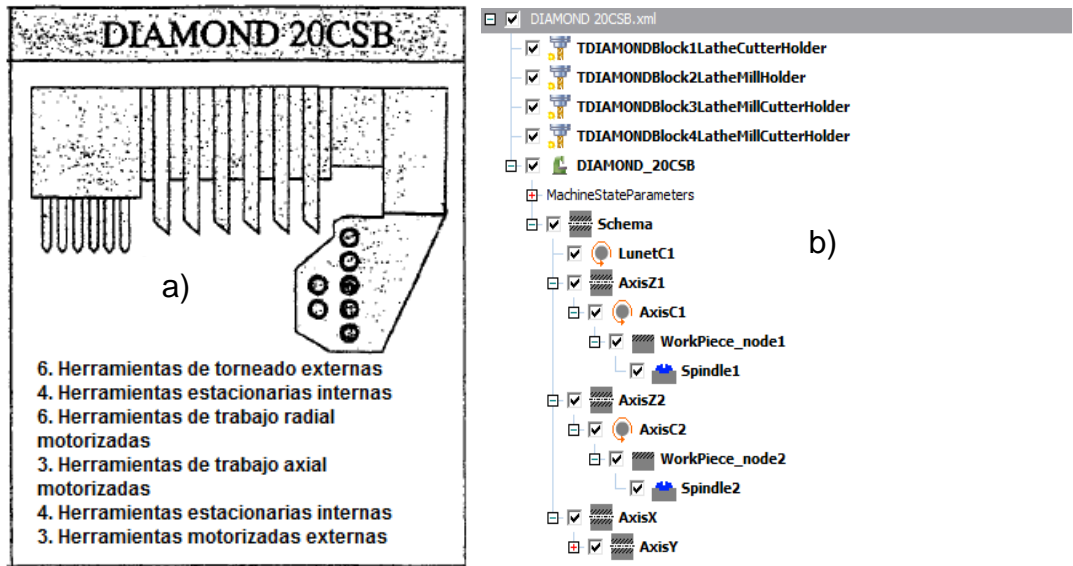
Figura 8. Creación máquina virtual.



Fuente: Autor

Una vez realizado este paso se procede a crear el árbol cinemático, donde se tendrán los subconjuntos modelados. Estos subconjuntos para el torno tipo suizo PoliGym20CSB son; la Base que será un sistema fijo de referencia y no posee movimiento en el espacio será definido como un nodo, el eje Z1 donde se encuentra el husillo C1, la materia prima esta fija en el husillo 1, en el eje Z2 está ubicado el husillo C2 que se trabajará cuando se realice una transferencia de material entre husillos, el eje X tendrá montado el subconjunto Y, por último, en el subconjunto Y están montadas las 26 herramientas.

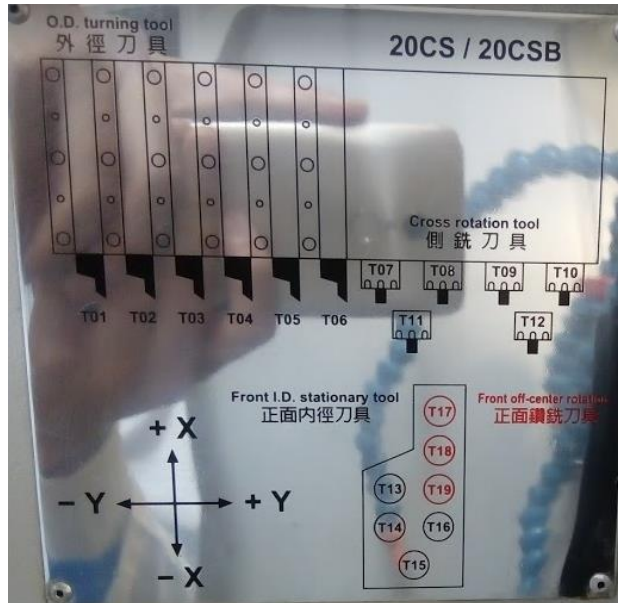
Figura 9. (a) Herramientas torno suizo Polygim20CSB [21]. (b) Árbol cinemático.



Fuente: Autor

Para definir las herramientas es necesario conocer la posición y su función para establecer las herramientas de torneado y fresado. En la torreta de herramientas de la posición 1 a la 6 se encuentran las herramientas de torneado radial, estas herramientas se desplazan en los ejes X y Y, de la posición 7 a la 12 están las herramientas motorizadas que permite generar operaciones de fresado radial, estas herramientas van a rotar a unos rpm constantes que será definido en la estrategia de mecanizado, las herramientas con posición 13 a 16 encontramos las herramientas estacionarias axiales, por último en las posiciones 17 a la 19 están las herramientas motorizadas axiales que permite la creación de fresados axiales, estas ubicaciones de las herramientas están ilustradas en la siguiente (Figura 10).

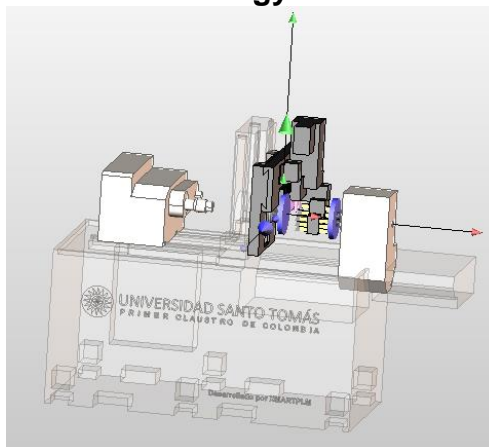
Figura 10. Herramientas torno suizo.



Fuente: Autor.

Una vez realizado el árbol cinemático de la máquina CNC, el complemento *Machine Maker* permite visualizar el resultado de la máquina virtual como se observa en la (Figura 11).

Figura 11. Ensamblaje torno suizo Poligym20CSB.

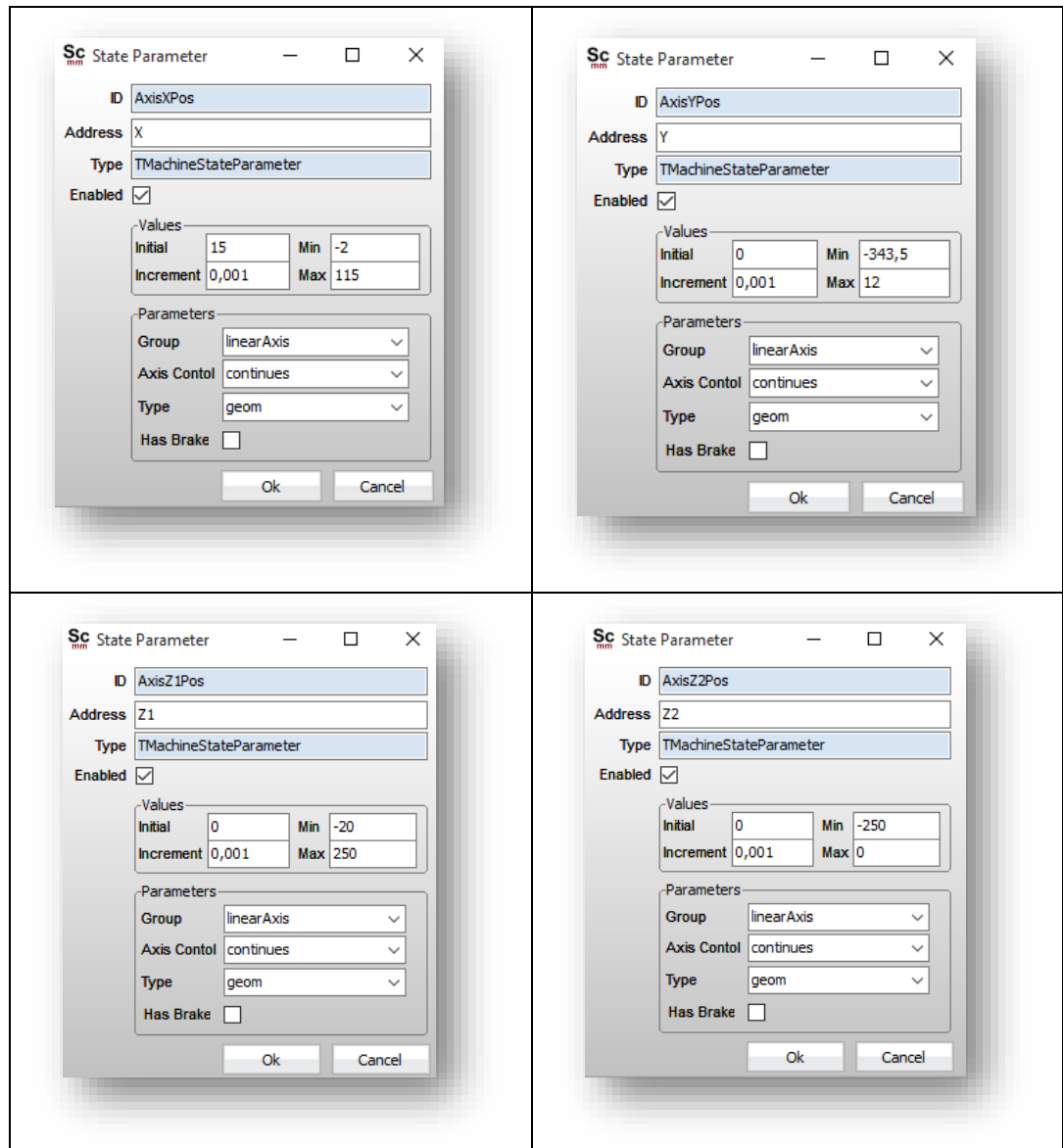


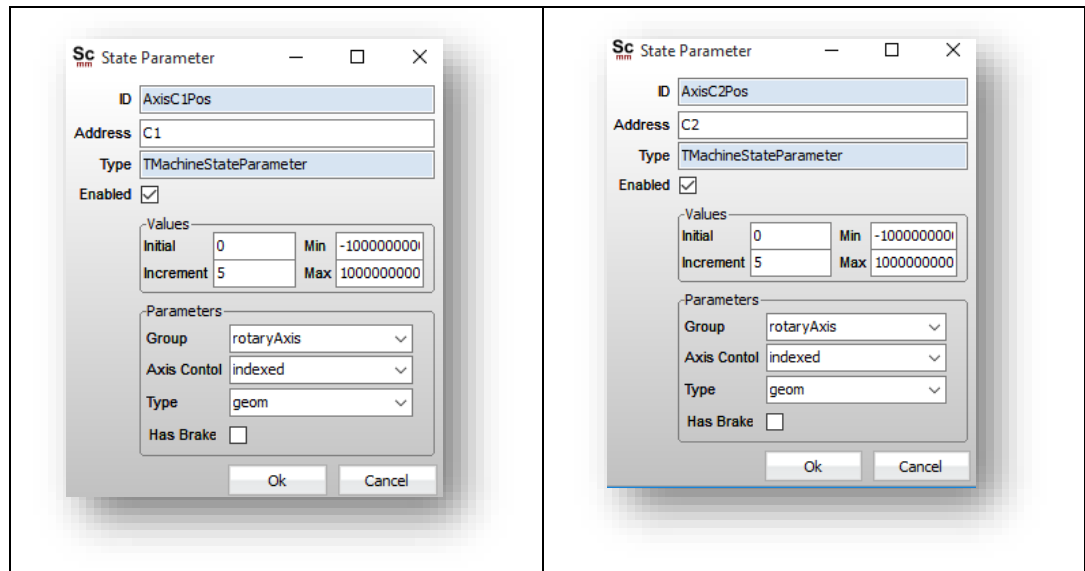
Fuente: Autor

Para finalizar la máquina virtual es necesario establecer los parámetros de movimiento para cada uno de los ejes como: valor inicial, valor mínimo y máximo, valor incremental, definir si es un eje lineal o rotatorio, si es continuo o indexado,

todos estos parámetros los modificamos en la pestaña de *Machine State Parameters* del software *Machine Maker*, en la (Tabla 3) se observa el valor de los parámetros anteriormente mencionados.

Tabla 3. Parámetros de ejes.

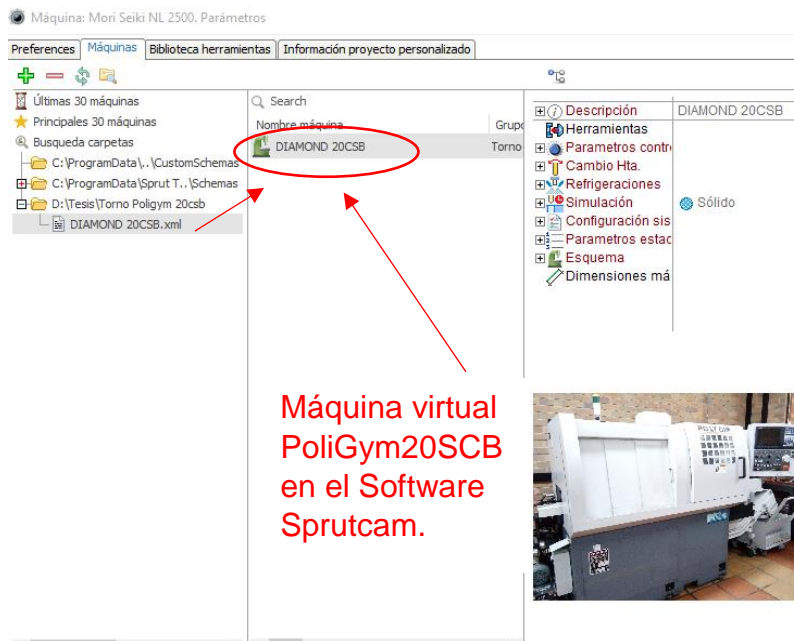




Fuente: Autor

Por último, en la pestaña crear del *Software Machine Maker* permite especificar el tipo de máquina y se agrega una imagen real del torno, toda esta información va a quedar grabada en el archivo *DIAMOND20CSB.XML* que ya podrá ser visualizada en el *Software SprutCAM*.

Figura 12. Máquina virtual en el Software Sprutcam.



Fuente: Autor

En la (Figura 12) se ilustra que la máquina virtual ya se encuentra en la biblioteca del *Software SprutCAM*. Con esta máquina virtual se podrá generar trayectorias de torneado-fresado y verificar el correcto funcionamiento de nuestra máquina, aclarando que los códigos G y M de estas trayectorias no corresponde con el control Mitsubishi Meldas 60S y se deberá configurar el post-procesador con el complemento del *software SprutCAM* llamado *Postprocessors Generator*.

6. SINTONIZACIÓN DEL MODELO VIRTUAL CON EL POST-PROCESADOR DEL SOFTWARE SPRUTCAM

6.1 ESTUDIO DE LOS CÓDIGOS G Y M DEL CONTROL MITSUBISHI MELDAS 60S

Para la programación del post-procesador es necesario realizar el estudio de los códigos G y M del control Mitsubishi Meldas 60S con el fin de interpretar el código CLDATA o código madre de SprutCAM y poder traducirlo a un código que sea compatible con el control de la máquina, estos códigos son comandos que interpreta el control y este le envía una operación a realizar a la máquina CNC, un ejemplo de lo anterior mencionado es el código M05 que significa apagar husillo de máquina.

6.1.1 Principales códigos G Mitsubishi Meldas 60S.

Los códigos G están clasificados por grupos, donde cada grupo vendrá acompañado de un número específico, cada uno de ellos es una instrucción determinada que se usa para definir el tipo de movimiento u operación a ejecutar.

Tabla 4. Principales códigos G

Códigos	Función
G00	Movimiento rápido
G01	Interpolación lineal
G02	Interpolación circular CW
G03	Interpolación circular CWW
G04	Temporizador
G32	Roscado paso constante
G40	Desactiva compensación R Hta
G41	Compensación R Hta Izq
G42	Compensación R Hta Der
G20	Programación en pulgadas
G80	Cancela ciclos de taladrado
G81	Ciclo de taladrado
G83	Ciclo de taladrado profundo
G96	Velocidad de corte cte (m/min)
G97	Velocidad en rpm
G98	Avance por minuto (mm/min)
G99	Avance por rev (mm/rev)
G50	Definir cero de pieza
G28	Retorno a cero de máquina
G65	Macros de usuario

Códigos	Función
G21	Programación en milímetros

Fuente: Autor

6.1.2 Principales códigos M Mitsubishi Meldas 60S.

Los códigos M están acompañado de un número determinado, cada uno de ellos son usados para indicar funciones especiales de la maquina CNC.

Tabla 5. Principales códigos M

Códigos	Función
M00	Parada programada
M01	Parada opcional
M02	Fin de programa
M03	Husillo a derecha
M04	Husillo a izquierda
M05	Apagar husillo
M08	Prender refrigerante
M09	Apaga refrigerante
M11	Contrapunto adelante
M12	Cierra copa
M13	Abre copa
M30	Fin de programa
M90	Prender Herramientas motorizadas
M92	Apagar Herramientas motorizadas
M103	Herramientas motorizadas giro CW
M104	Herramientas motorizadas giro CCW
M105	Apagar Herramientas motorizadas

Fuente: Autor.

6.2 GEOMETRÍA A FABRICAR

Para la selección de la geometría que se va a fabricar se tuvo en cuenta las siguientes operaciones de torneado y fresado:

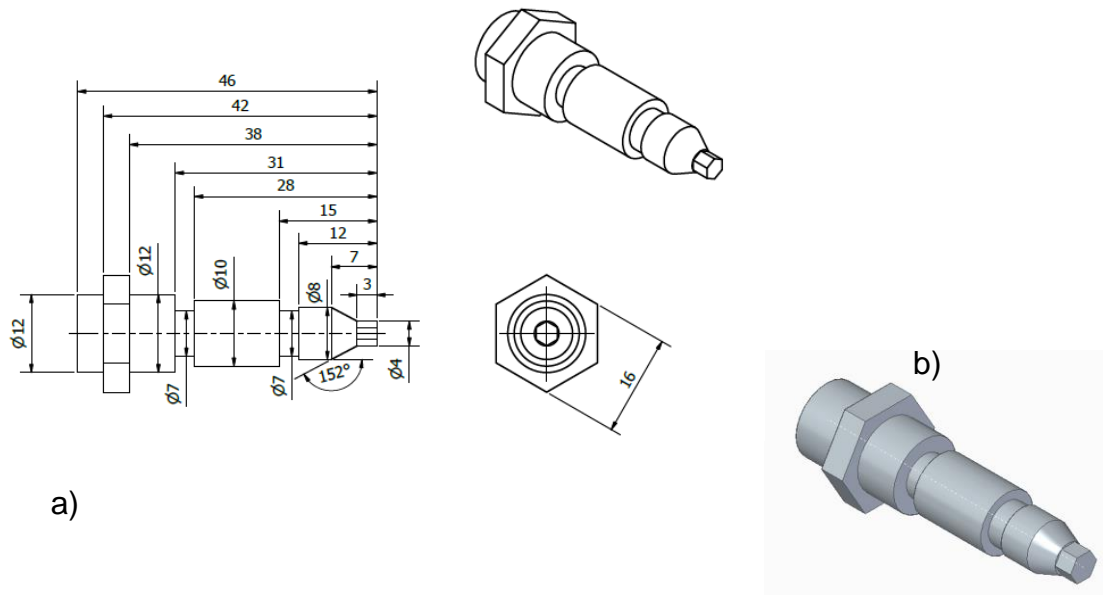
- Refrentado
- Desbaste torno
- Acabado torno
- Fresado radial
- Ranurado externo

- Fresado axial
- Tronzado torno

Estas operaciones fueron seleccionadas ya que son las estrategias básicas para fabricar piezas en el torno suizo PoliGym20SCB. En la (Figura 13(a)) se muestra la pieza que se va a fabricar.

Este modelo CAD fue generado con el *Software SolidEdge 2019* con la versión estudiantil que *Siemens®* proporciona de manera gratuita a estudiantes.

Figura 13. (a) Plano pieza a fabricar (b) Modelo CAD pieza a fabricar.

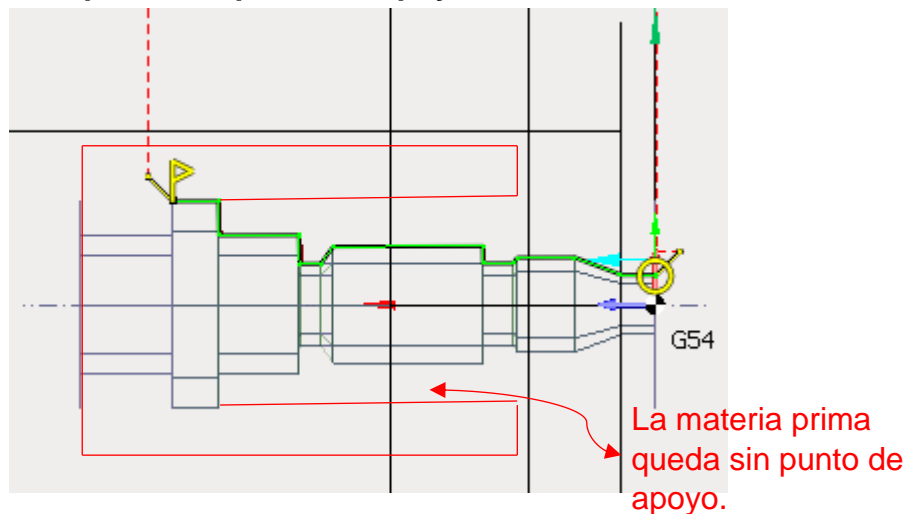


Fuente: Autor

6.3 ESTUDIO DE LAS HERRAMIENTAS Y SUS CONDICIONES DE CORTE

Para la pieza propuesta ...en el numeral 6.2... es necesario realizar una fabricación por zonas debido a que el husillo C1 tiene una sujeción máxima de 18mm, es oportuno que la materia prima no pueda retornar más de esta distancia o volver a la posición inicial ya que no tendrá un punto de apoyo. Este problema se ilustra en la siguiente (Figura 14).

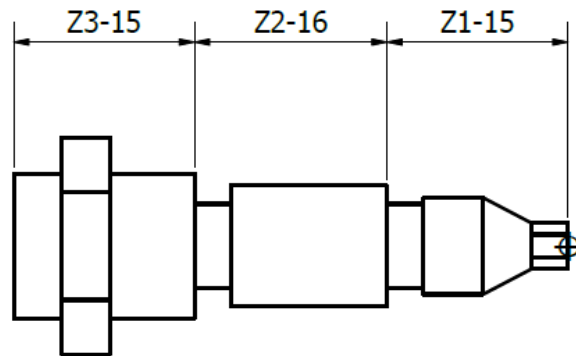
Figura 14. Materia prima sin punto de apoyo.



Fuente: Autor.

La estrategia de mecanizado que se usó fue la fabricación por zonas que no superen los 18mm permitidos para poder fabricar la pieza de 46mm de longitud. Se realizó una división de 3 zonas las cuales cada una contará con las operaciones de fresado y torneado anteriormente mencionadas, en la siguiente (Figura 15) se ilustra las zonas de trabajo.

Figura 15. Geometría por zonas de fabricación.



Fuente: Autor.

Con las zonas de trabajo establecidas es necesario realizar una lista de operaciones véase la (Tabla 5), esta lista garantiza que la pieza no vuelva a su cero de máquina permitiendo seleccionar la mejor estrategia de mecanizado.

Tabla 6. Proceso de fabricación.

Operación	Zona
Refrentado 1	Z1
Desbaste 1	Z1
Acabado 1	Z1
Fresado axial- Hexágono	Z1
Ranura 1	Z1
Desbaste 2	Z2
Acabado 2	Z2
Ranura 2	Z2
Desbaste 3	Z3
Acabado 3	Z3
Ranura 3	Z3
Fresado radial- Hexágono	Z3
Tronzado	Z3

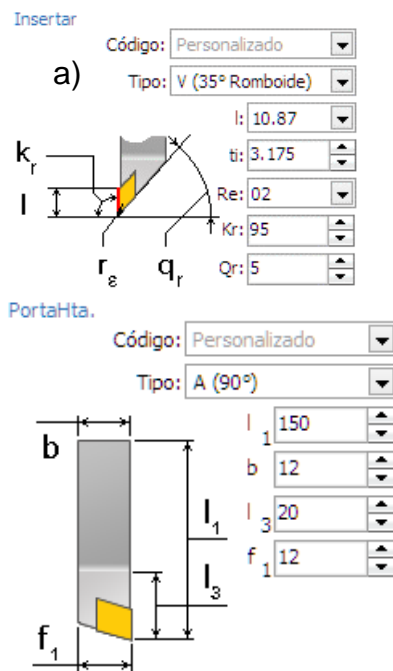
Fuente: Autor.

6.3.1 Refrentado y desbaste.

La herramienta de torneado que tiene las características geométricas como se ilustra en la (Figura 16) permite realizar operaciones de refrentado y desbaste en el plano X-Z, a continuación se muestra una lista de referencias y parámetros de la herramienta de torneado.

- Porta inserto: ADJCR1212JX Kyocera.
- Inserto: DCMT11T308GK Kyocera.
- Posición: T0303
- Velocidad máxima de husillo rev/min : 1500
- Velocidad de corte $V_c [\frac{m}{min}]$: 120
- Avance $F [\frac{mm}{rev}]$: 0.15
- Profundidad $A_p [mm]$: 1

Figura 16. a) Geometría herramienta refrentado y desbaste b) Inserto c) Porta inserto



Fuente: [22].

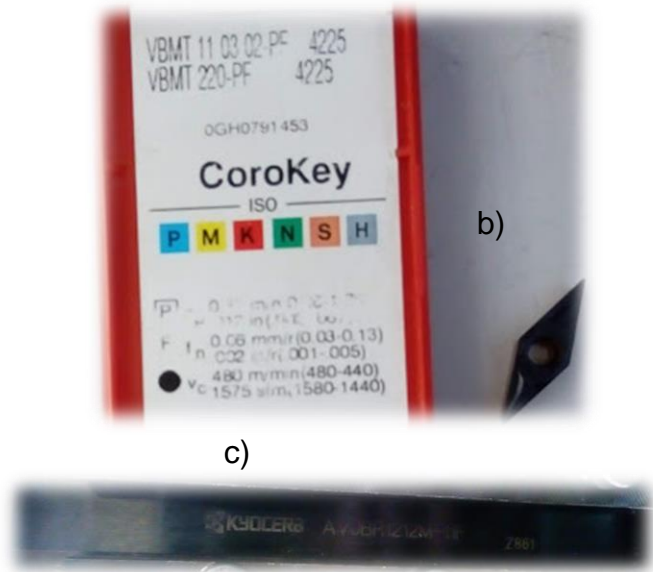
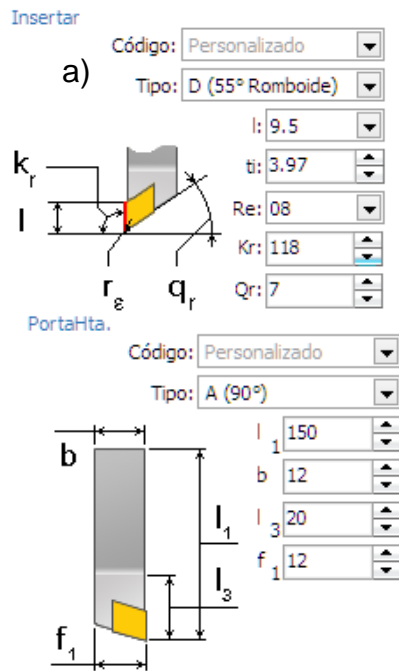
6.3.2 Acabado.

La herramienta de acabado que tiene las características geométricas como se muestra en la (Figura 17) sirve para realizar acabados superficiales, una de las características principales es que soporta velocidades de corte mucho más altas que otros insertos y permite trabajar en el plano X-Y, a continuación se muestra la lista de referencias con sus parámetros de corte.

- Porta inserto: AVJBR1212 Kyocera.
- Inserto: VBMT110302 Sandvik.
- Posición: T0404

- Velocidad máxima de husillo rev/min : 2000
- Velocidad de corte $V_c [\frac{m}{min}]$: 495
- Avance $F [\frac{mm}{rev}]$: 0.05
- Profundidad $A_p [mm]$: 0.3

Figura 17. a) Geometría herramienta acabado b) Inserto c) Porta inserto.



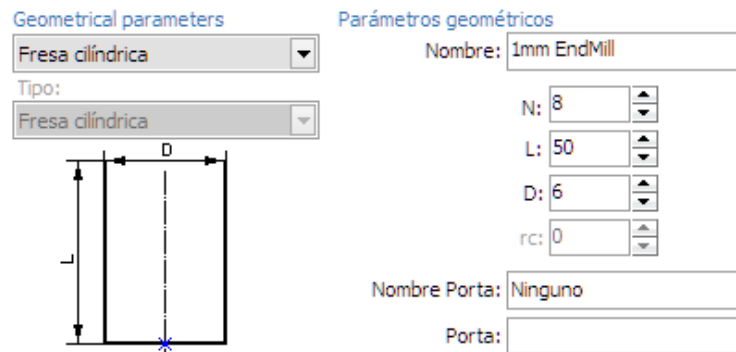
Fuente: [23].

6.3.3 Desbaste por capas - fresado.

La herramienta de fresado radial que tiene características geométricas como se muestra en la (Figura 18) permite realizar operación de fresado, proporciona movimientos en el plano Z-Y con movimientos angulares del husillo C1 permitiendo la creación de geometrías complejas como tallado sobre superficies desbastes por capas, a continuación se muestra la lista de parámetros de corte.

- Fresa 6 diámetro
- Posición: T0808
- Velocidad máxima de husillo rev/min : 1500
- Velocidad de corte $V_c [\frac{m}{min}]$: 28.274
- Avance $F [\frac{mm}{rev}]$: 60
- Profundidad $A_p [mm]$: 1.5

Figura 18. Geometría herramienta desbaste por capas.



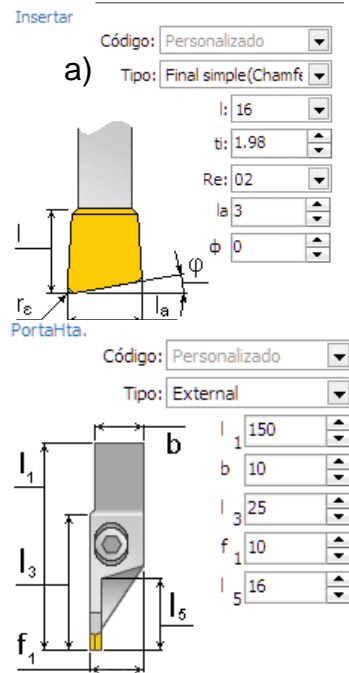
Fuente: Autor

6.3.4 Ranurado.

La herramienta de ranurado que tiene características geométricas como se ilustra en la (Figura 19) trabaja en plano X-Z, se utiliza para la creación de ranuras mayores a 3mm de espesor.

- Porta inserto: NASR1212M2Q Kennametal.
- Inserto: KC5025 Kennametal.
- Posición: T0202
- Velocidad máxima de husillo rev/min : 1500
- Velocidad de corte $V_c [\frac{m}{min}]$: 150
- Avance $F [\frac{mm}{rev}]$: 0.05
- Profundidad $A_p [mm]$: 0.3

Figura 19. a) Geometría herramienta ranurado b) Inserto c) Porta inserto.



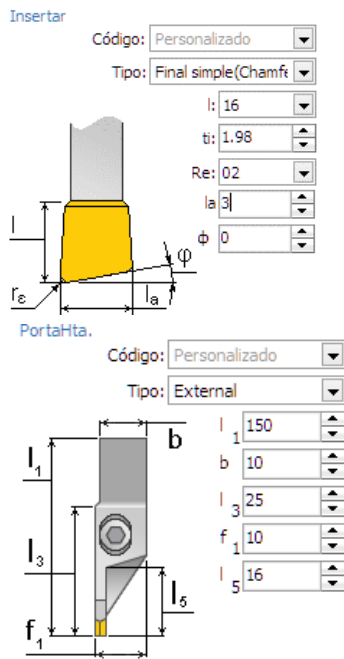
Fuente: [24].

6.3.5 Contorneado 2d - fresado.

La herramienta de fresado axial que tiene como características geométricas como se muestra en la (Figura 20) permite realizar operación de fresado, proporciona movimientos en el plano X-Y con movimientos angulares del husillo C1 permitiendo la creación de geometrías complejas como tallado sobre superficies, hexágonos, a continuación se muestra los parámetros de corte.

- Broca: 3 diámetro
- Posición: T019019
- Velocidad máxima de husillo rev/min : 1500
- Velocidad de corte $V_c [\frac{m}{min}]$: 28.274
- Avance $F [\frac{mm}{rev}]$: 60
- Profundidad $A_p [mm]$: 1.5

Figura 21. a) Geometría herramienta tronzado b) Inserto c) Porta inserto.

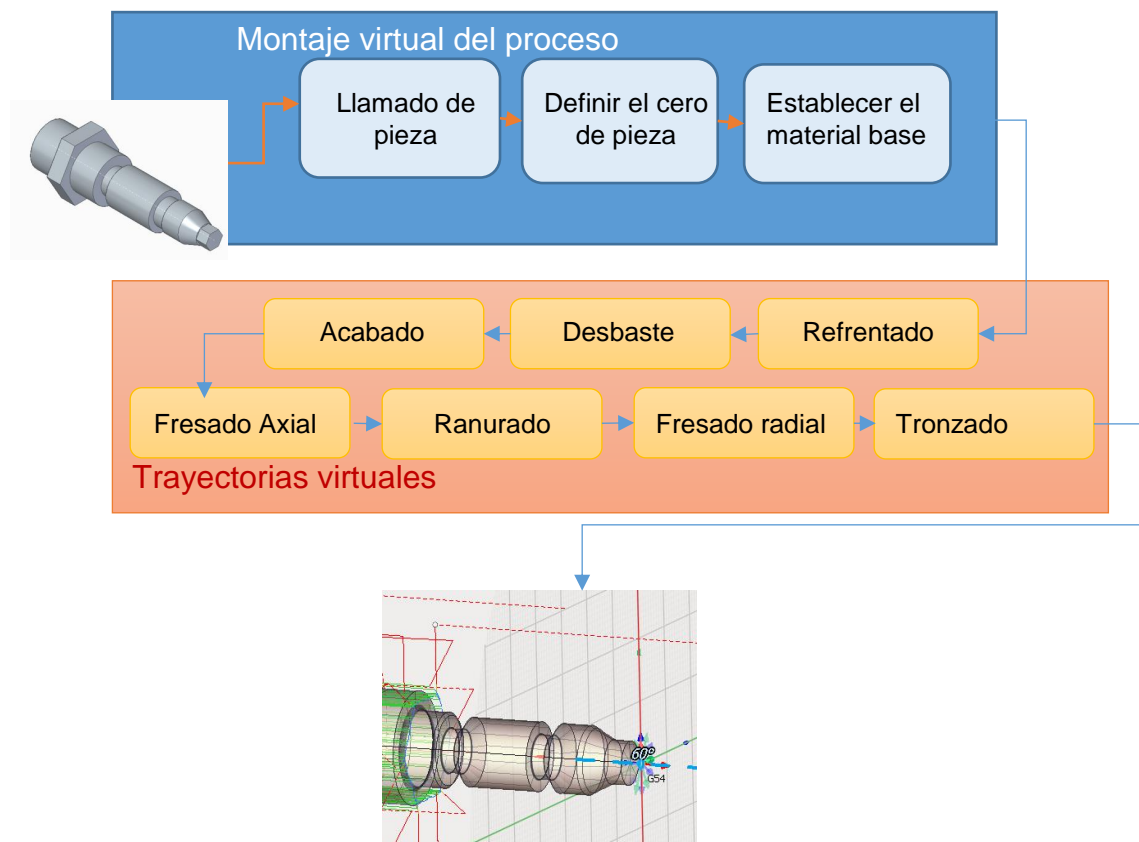


Fuente: [25].

7. MONTAJE VIRTUAL Y GENERACIÓN DE LAS TRAYECTORIAS VIRTUALES DEL PROCESO DE TORNEADO – FRESADO EN EL SOFTWARE CAM.

En el siguiente capítulo se muestra el flujo necesario para realizar la fabricación virtual en el *Software SprutCAM*, se inicia exportando el modelo tridimensional de la pieza a fabricar al *Software CAM*, definiendo las condiciones iniciales de maquina como el cero de pieza, establecer el material base para la geometría que se desea fabricar y por ultimo creando operaciones de fresado y torneado siguiendo la estrategia de mecanizado seleccionada, en la figura (Figura 22) se ilustra el proceso para la fabricación virtual de una pieza.

Figura 22. Diagrama de bloques montaje virtual y generación de trayectorias virtuales.



Fuente: Autor

Las trayectorias virtuales permiten identificar posibles colisiones de máquina que pueden ser corregidas antes de la fabricación real ya que el *Software* simula toda la estrategia de mecanizado.

8. PROGRAMACIÓN DE UN POST-PROCESADOR DEL SOFTWARE SPRUTCAM PARA EL CONTROL MITSUBISHI MELDAS 60S

Los Post-procesadores cumplen la función de leer el código madre o CLDATA generado por el *Software* SprutCAM traduciendo esta información para obtener códigos G y M para un control en específico generando todo un código NC logrando controlar toda la máquina CNC.

El *Software* SprutCAM posee una biblioteca de post-procesadores para diferentes controles y tipos de máquina, en la actualidad se encuentra un post-procesador para torno-fresador el cual no cumple con los requerimientos del control Mitsubishi Meldas 60S y no se pueden fabricar piezas en el torno suizo PolyGim20CSB. En la siguiente (Figura 23) se muestra el código generado por el Post-procesador para operación de torneado con los requerimientos del control Meldas 60S.

Figura 23. Código generado por el Post-procesador genérico torneado.

<p>N1 (Refrentado)</p>	→	Es necesario que empiece a contar las operaciones desde N10
<p>G18G0T0303</p>	→	Primero se define el "0" de pieza y la descompensación de herramienta G54 G40G80
<p>(New 19.5, Ti3.97, Re0.8, Kr118, Qr7) G17G28U0.V0.</p>	→	No es necesario tener las características geométricas de la herramienta, encontramos un G17 que indica el plano de trabajo es en X-Y cuando debería ser un G18 en el plano X-Z.
<p>G43.1 G50S1=1500M14 G96S1=120M14 G0Y0.</p>	→	Se envía a zona segura con G28 U0 y G28 V0, se hace el llamado de la herramienta que debe ir acompañado con G0Y0. El código M14 no lo reconoce el control meldas 60S.
<p>X22.4 Z-2.2 Z0.</p>	→	Se define el plano de trabajo G18 para el plano X-Z, se indica a la máquina que se va trabajar operaciones de torneado <i>mm/rev</i> con G99.
<p>G99G1X-1.92F0.15M8 Z-2.2 G0X22.4</p>	→	Se limitan los rpm con G50 acompañado con un S1=xxx para el husillo C1, se indica la velocidad de corte con G96 S1=xxx M03 para operaciones de torneado y por último se generan las trayectorias de aproximación.

Fuente: Autor.

Es necesario programar el post-procesador para obtener el código NC correcto, el resultado final para la operación de torneado se muestra en la siguiente (Figura 24).

Figura 24. Código de torneado para el control Meldas 60S.

```
(Universidad Santo Tomas)
O0001 (Geometria)
N10(Refrentado) → Configuración de comando tecnológico
G54G40G80 → Cero de pieza, descompensación de herramienta.
G43.1 → Programación husillo C1
G28 U0 } → Desplazamiento a zona segura
G28 V0 }
T0303 } → Llamado de herramienta
G0 Y0 }
G18 → Plano de trabajo
G99 → Programación de torneado.
G50S1=1500 → Limite rpm
G96S1=120M03 → Velocidad de corte
G00X22.4
Z-2.2
Z0.
G01X-1.92F0.15M08 } → Trayectorias de herramienta
Z-2.2
G00X22.4
```

Fuente: Autor.

Para las operaciones de fresado se encuentran otros requerimientos que se ilustran en la siguiente (Figura 25).

Figura 25. Código generado por el Post-procesador genérico fresado.

```
N11
(Desbaste por capas)
G18G0T0808
(1mm EndMill)
G19G44.1
G97S2=1500M103
M90
G28U0.V0.W0.
G0Y8.912
X38.
Z35.011
X24.588
G98G1X15.588F60.M8
Z44.988
Y2.912Z44.989
Z34.992
Y-3.088
Z44.988
Y-9.088Z44.987
Z35.015
G0X38.
Y8.912Z35.011
```

El plano de trabajo para operaciones de fresado radial está definido en Z-Y G19

El límite de rpm se define con G50 S3=xxx

Para definir los rpm de la herramienta motorizada se opera con G97 S3=xxx M103

En operaciones de fresado es necesario manipular el eje C1 con código CXX, observamos que no se encuentra en el post-procesador genérico.

Al final del programa es necesario convertir la máquina para operaciones de torneado con G90 y G105

Fuente: Autor.

El modelo de un código NC para operaciones de fresado se muestra en la siguiente (Figura 26).

Figura 26. Código de fresado para el control Meldas 60S.

```
N120(Desbaste por capas)  
G54G40G80  
G43.1  
G28 U0  
G28 V0  
T0808  
G0 Y0
```

```
G19  
G98  
M5  
M90  
M105  
G50S3=2000  
G97S3=1500M103
```

Estructura general
para el código de
fresado.

```
G00X38.
```

```
C60.
```

```
Y4.456Z35.011  
X24.588  
G01X15.588  
Z44.988  
Y1.456Z44.989  
Z34.992  
Y-1.544  
Z44.988  
Y-4.544Z44.987  
Z35.015  
G00X38.
```

Manipulación del eje
C1 en grados.

```
C120.
```

```
Y4.456Z35.011  
Z35.015  
G00X38.
```

Finalización código
de fresado.

```
M09  
M92  
M105  
G28U0
```

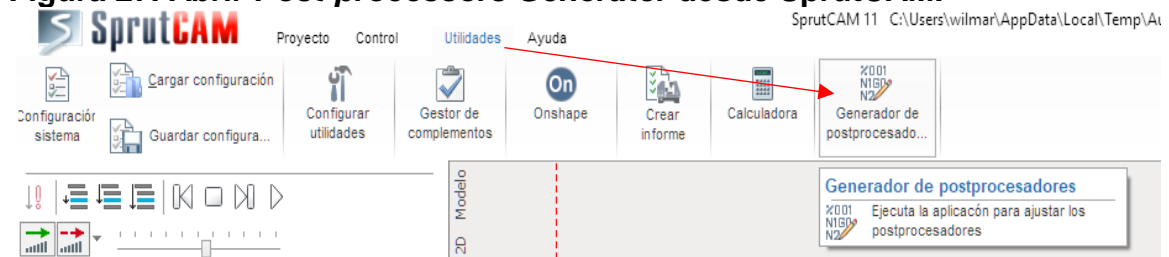
Fuente: Autor.

8.1 GENERADOR DE POST-PROCESADORES

Para programar un post-procesador del *Software SprutCAM* es necesario tener instalado el complemento *Postprocessors Generator* el cual permite crear o modificar post-procesadores.

Una vez terminado las trayectorias virtuales en la pestaña superior del *Software CAM*, utilidades/Generador de post-procesadores nos direccionará para realizar los respectivos cambios como se ilustra en la (Figura 27).

Figura 27. Abrir *Post-processors Generator* desde *SprutCAM*.



Fuente: Autor.

8.2 CÓDIGO MADRE CLDATA

Cada vez que se realiza una operación el *Software CAM* automáticamente genera un código llamado CLDATA o un código madre, en este código se encuentra toda la información de mecanizado de la operación como; cabezal, aproximación, trayectorias de los ejes coordenados y retorno. Este código puede ser visualizado en el módulo simulación del *Software CAM*.

Figura 28. Código CLDATA en SprutCAM.

```
DIAMOND 20CSB
Refrentado
Cabezal
-PPFUN: 250, -0,96, 0, -2,2, 45, 50, 0, 0, 0, 0, 0, -9,018, -9,018, 0, 9,018, 9,018, 50,015, 3, 0, 0,05, 0, 0, 0, 100, 3, 0,
-COMMENT: "Refrentado"
-ORIGIN: G54 - MCS(X0, Y0, Z0, A0, B0, C0), WCS(X0, Y0, Z0, A180, B0, C0)
-LOADTL: #3, H#3, D#3, Longitud0, Diámetro0, Ángulo0, HHead0, Radio0, X6, Y150, Z0, NX0, NY0, NZ1, PlanoXY
-COMMENT: "@New I9.5, Ti3.97, Re0.8, Kr118, Qr7 "
-CUTCOM: LC#3 Sí, Izquierda
-FROM: X45, Y50, Z0, Machine: X70, Y0, Z1(0), Z2(0), C1(0), C2(0)
Aproximación
-SELWORKPIECE: Spindle 1
-SPINDL: Sí Velocidad superficie-150; Max. Velocidad cabezal-1000
-RAPID: 10000
-MultiGOTO: Y0
-MultiGOTO: X11,2
-X11,2, Y0, Z-2,2
-RAPID: 10000
-X11,2, Y0, Z0
-COOLNT: Sí, #1
-F: WORK 0,5mm/rev.
-X-0,96, Y0, Z0
-X-0,96, Y0, Z-2,2
```

Fuente: Autor.

Este código tiene unas subdivisiones que están llamadas al comienzo como lo muestra la (Figura 28), en el caso de la división Cabezal se encuentra:

- PPFUN
- COMMENT
- ORIGIN
- LOADTL
- COMMENT
- CUTCOM
- FROM

Cada subdivisión será conocida por el *Software Postprocessors Generator* en el Post-procesador como un programa en el cual encontrará toda la información de mecanizado dependiendo del programa.

Cabe aclarar que este código madre o CLDATA no es compatible con el control Mitsubishi Meldas 60S ni con cualquier control de un centro de mecanizado ya que es un código propio de los desarrolladores *SPRUT TECHNOLOGY* y será necesario programar un Post-procesador para convertir este código CLDATA a un código NC para el control Meldas 60S del torno tipo suizo PolyGim20CSB.

8.3 POSTPROCESSORS GENERATOR

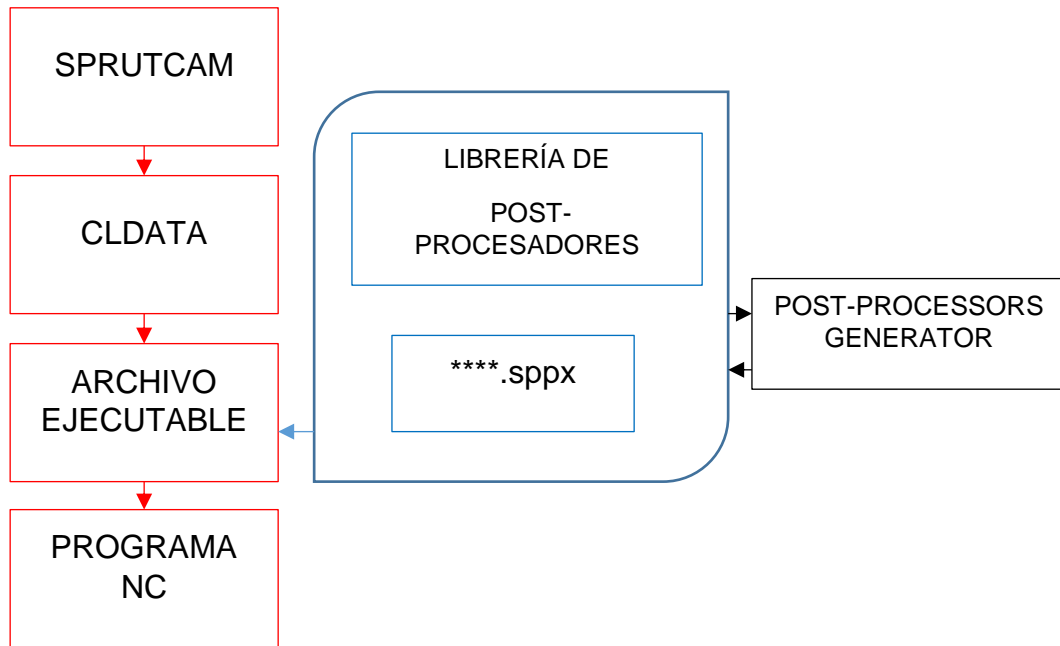
Es un Software para sistemas operativos de *Windows*, el propósito del *Software* es la generación de archivos Post-procesadores para varios sistemas NC, estos archivos son usados por el *Software SprutCAM* para la generación de códigos NC.

Para desarrollar el archivo de Post-Procesadores es aconsejable seguir los siguientes pasos.

- Definir los datos sobre la máquina NC y el sistema CNC.
- Describir la estructura y el formato del bloque o la lista de registros.
- Diseñar mascarar o programas para procesar los comandos tecnológicos.

El *Software Postprocessors Generator* genera el archivo en un formato. SPPX el cual procesara comandos tecnológicos desde el programa *SprutCAM*. Este archivo contiene las descripciones de todas las funciones para generar el programa NC para el sistema NC definido, el ejemplo de este proceso lo encontramos en la siguiente (Figura 29).

Figura 29. Proceso para la generación de programa NC.

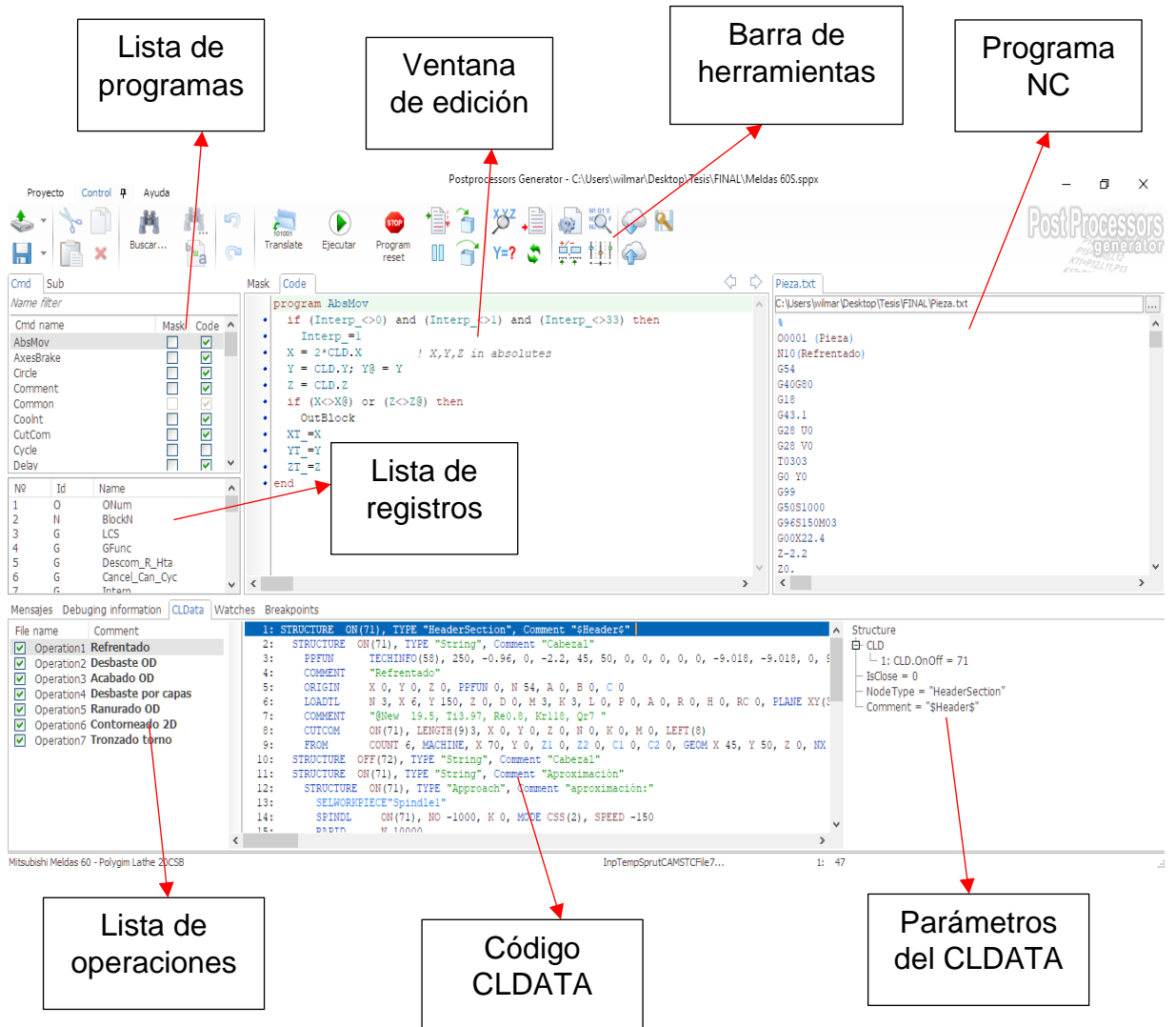


Fuente: [26].

8.3.1 Ventana principal.

La barra de herramientas está ubicada en la parte superior donde se podrá ejecutar el programa, reiniciar, correr paso a paso, guardar y abrir archivos que se encuentren en la biblioteca. La lista de programas junto con la de registros se encuentran en el costado izquierdo. La ventana de edición está en el centro y el código NC se encontrará en la parte derecha. En el inferior del programa está el código CLDATA con sus parámetros y la lista de operaciones del mecanizado, esta información se muestra en la (Figura 30).

Figura 30. Ventana principal *Post-processors Generator*.



Fuente: Autor.

8.3.2 Estructura de bloques.

Para definir la estructura y el formato de un bloque, es necesario formar la lista de los registros y definir sus parámetros.

El bloque consiste de palabras, cada palabra contiene una ID y un valor. La ID consta de letras y el valor de números definidos previamente, la cual podrá ser evidenciado en la (Figura 31 a)). Cuando se utiliza la función <FORMBLOCK> se

tomarán los valores que cambiaron en el orden jerárquico que fue creada la lista de registros. Un ejemplo de construcción de un bloque está en la (Figura 31 b)).

Figura 31. a) Lista de registros b) Programación de un bloque c) Bloque en código NC.

Registers property

Nº	Id	Name
1	O	O Num
2	N	BlockN
3	G	LCS
4	G	GFunc
5	G	Descom_R_Hta
6	G	Cancel_Can_Cyc
7	G	Interp_
8	G	Plane
9	G	GFeed
10	G	G_CSS_RPM

```

program LoadTl
  ss$: String
  LCS@ = MaxReal
  Plane@=MaxReal
  Descom_R_Hta=40
  Cancel_Can_Cyc=80
  GFeed@=MaxReal
  rpm_limit=50
  S_1@=MaxReal
  OutBlock
  Tool = CLD.N; Tool@ = MaxReal
  ToolCor = abs(CLD.M); ToolCor@ = MaxReal
  FormBlock
  
```

```

N10 (Refrentado)
G54G40G80G18G99G50S1=1000
  
```

Fuente: Autor.

El resultado de esta función la encontramos en la (Figura 31 c)). Un ejemplo de construcción es la de G54 la cual tiene una palabra que fue llamada LCS que le corresponde la letra G y está ubicada en el número 3. Cuando usamos la función <FORMBLOCK> el post-procesador lee esta palabra transformándola en la ID G y toma el valor de 54 del CLDATA y es ubicada en la primera casilla ya que está en primer orden jerárquico que las demás palabras.

8.3.3 Programas para el procesamiento del CLDATA.

Los programas están diseñados para definir el proceso de transformación de los comandos del CLDATA al código NC. Además, son herramientas flexibles y poderosas para realizar transformaciones muy complicadas. Sin embargo, requiere la experiencia de programación.

Estos programas están diseñados utilizando un lenguaje especial de programación y pueden contener las expresiones matemáticas, funciones, declaraciones de entrada y salida, condicionales, ciclos, saltos y la generación de bloques. Cada programa comienza con el encabezado <PROGRAM> y finaliza con la función <END>. El

nombre del programa coincide con los de CLDATA y los parámetros del CLDATA serán guardados a través de una matriz predefinida <CLD> y el operador especial <CMD> como se ilustra en la (Figura 32 a)).

Figura 32. a) Parámetros del CLDATA b) Lista de programas c) Programa Common.

The image shows a software interface with three parts:

- a) Parámetros del CLDATA:** A tree view under 'Loadtl' showing 'CLD' with 16 parameters:
 - 1: CLD.N = 3
 - 2: CLD.X = 6
 - 3: CLD.Y = 150
 - 4: CLD.Z = 0
 - 5: CLD.D = 0
 - 6: CLD.M = 3
 - 7: CLD.K = 3
 - 8: CLD.L = 0
 - 9: CLD.P = 0
 - 10: CLD.A = 0
 - 11: CLD.R = 0
 - 12: CLD.H = 0
 - 13: CLD.Rc = 0
 - 14: CLD.Axis = 33
 - 15: CLD.Col1 = 0
 - 16: CLD.Col2 = 0
- b) Lista de programas:** A table with columns 'Cmd name', 'Mask', and 'Code'.

Cmd name	Mask	Code
AbsMov	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
AxesBrake	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Circle	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Comment	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Common	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Coolnt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
CutCom	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Cycle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Delay	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
FDMMove	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- c) Programa Common:** A code block defining the 'Common' program:


```

program Common
  MaxReal: Real
  XT_: Real
  YT_: Real
  ZT_: Real
  OperationIsLathe: Integer ! 1-lathe operation, 0-mill
  IsCycleGeometry: Integer ! 0-Custom sub, 1-Geometry o:
  MainONum: Integer
end
      
```

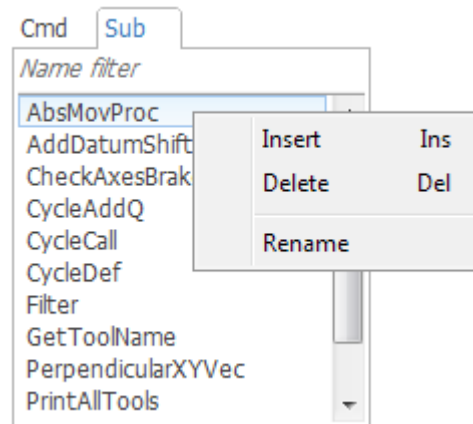
Fuente: Autor.

El programa <COMMON> es exclusivo y es el único que no se puede desactivar ya que define las variables globales, es decir las variables que se pueden acceder desde cualquier subprograma.

8.3.4 Subprogramas

Si es necesario agregar un nuevo programa que no se encuentre en el CLDATA o en la lista de programas se podrá crear subprogramas llamándolo de manera diferente a programas existentes como se muestra en la (Figura 33).

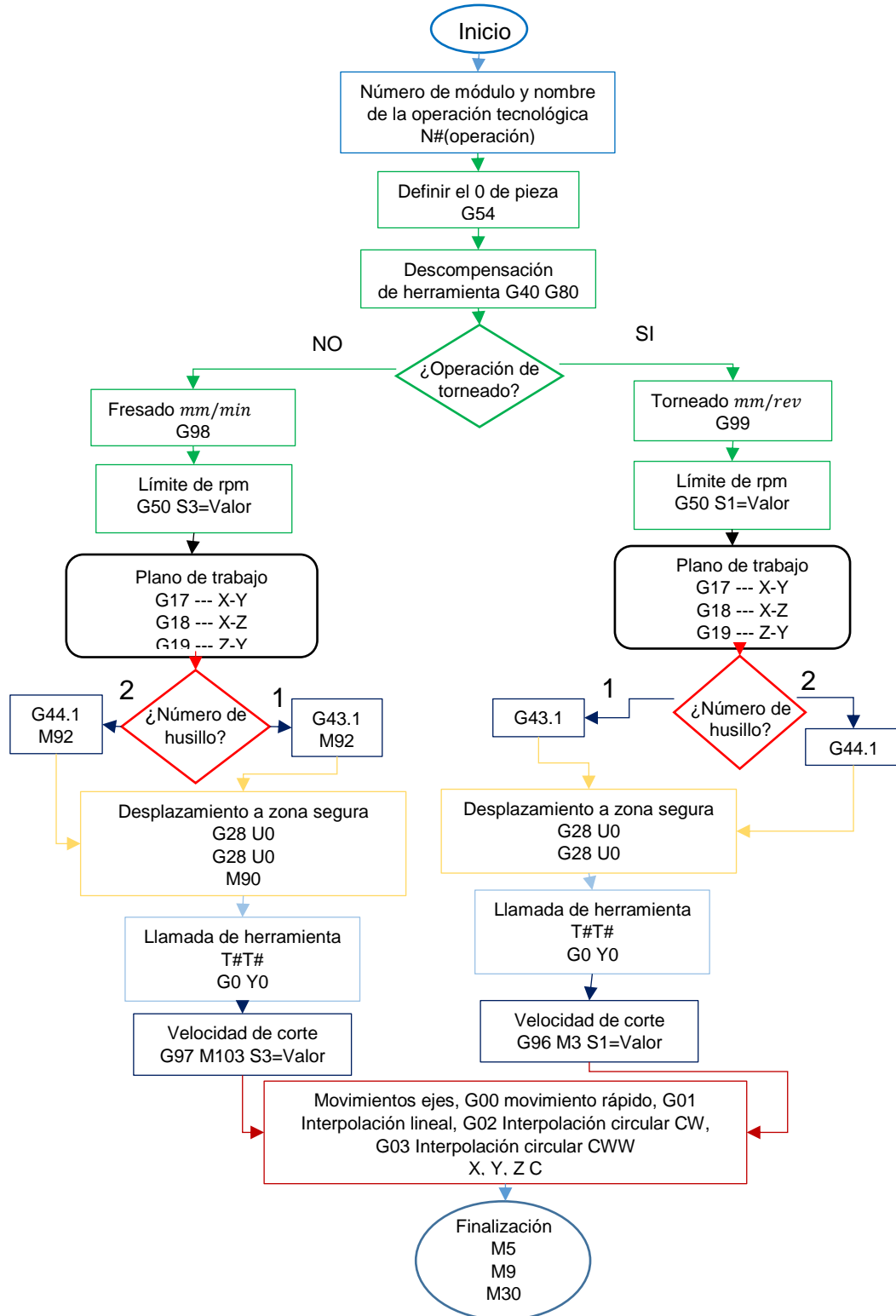
Figura 33. Creación de Subprograma.



Fuente: Autor.

En el siguiente numeral ... (8.4) ...se evidencia el flujograma de programación el cual ayuda al programador en la obtención del código NC con los requerimientos del control meldas 60S y la estructura de la maquina CNC.

8.4 FLUJOGRAMA DE PROGRAMACIÓN



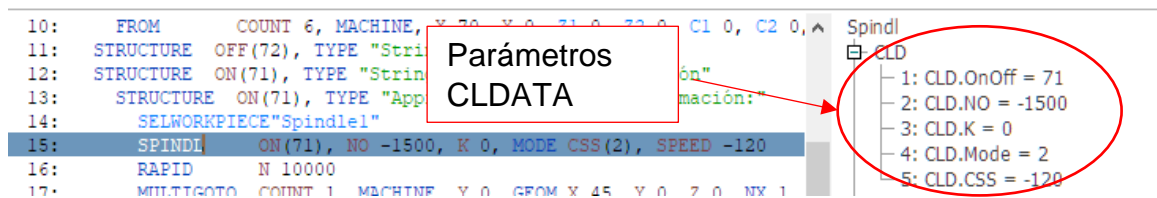
Fuente: Autor.

8.5 EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN DE UN SUB PROGRAMA

Para realizar una programación en el *Software Postprocessors Generator* es necesario entender el código madre o el CLDATA, en la siguiente (Figura 34) en los parámetros del CLDATA se muestra que arroja 5 parámetros de la estrategia de manufactura los cuales son:

- 1: *CLD.OnOff=71*: Este parámetro está indicando si el husillo esta prendido o pagado, el número 71 se interpreta que está encendido y el CLD1 la posición donde está guardando este parámetro.
- 2: *CLD.NO= 1500*: Nos indica la velocidad de husillo en rpm y se encuentra en la posición CLD2.
- 3: *CLD.K=0*: Este valor está definido para el rango para el husillo y se encuentra en la posición CLD3.
- 4: *CLD.Mode=2*: En este parámetro se indica que la maquina trabaja en el modo CSS o torno, si arrojara un número 0 se interpreta como modo fresador, está en la posición CLD4.
- 5: *CLD.CSS= 120*: Es la velocidad superficial en *m/min*, está en la posición CLD5.

Figura 34. Parámetros del CLDATA.



```
10: FROM COUNT 6, MACHINE, Y 70, X 0, Z 0, C1 0, C2 0, Spindl
11: STRUCTURE OFF(72), TYPE "Stri
12: STRUCTURE ON(71), TYPE "Strin
13: STRUCTURE ON(71), TYPE "App
14: SELWORKPIECE"Spindle1"
15: SPINDL ON(71), NO -1500, K 0, MODE CSS(2), SPEED -120
16: RAPID N 10000
17: MULTIGOTO COUNT 1 MACHINE Y 0, GEOM X 45, Y 0, Z 0, NY 1
```

Parámetros CLDATA

- 1: CLD.OnOff = 71
- 2: CLD.NO = -1500
- 3: CLD.K = 0
- 4: CLD.Mode = 2
- 5: CLD.CSS = -120

Fuente: Autor.

Una vez identificado los parámetros del CLDATA se procede a realizar la programación teniendo en cuenta los códigos M y G del control Meldas 60S. El programa cuando se ejecuta va a leer los parámetros con *CASE cld[x]* y si encuentra este parámetro entra en el subprograma para empezar a realizar los bloques. En la siguiente (Figura 35) se muestra el subprograma *Spindl* que corresponde al programa del husillo.

Figura 35. Programa SPINDL.

```
program Spindl
```

```
    case cld[1] of
71: begin ! On
    if OperationIsLathe>0 then begin ! Lathe
        GSp = 99; GSp@ = MaxReal
    end else begin
        GSp = 98; GSp@ = MaxReal
    end
    OutBlock
    case cld[4] of
0: begin ! RPM
M = 05; M@= maxreal !Apagar husillo
    Outblock
M= 90; M@= maxreal
    Outblock
M= 105; M@= maxreal
    Outblock
        GSp = 50; GSp@ = maxreal ! MaxRPM
        S_3 = (cld[2]+500); S_3@ = MaxReal
        OutBlock
            CSS_RPM=97 ; CSS_RPM@=MaxReal
            S_3 = cld[2]; S_3@=MaxReal ! Sp
            Msp=103 ; Msp@= MaxReal ! M
        OutBlock
    end
2: begin ! CSS
GSp = 50; GSp@ = maxreal ! MaxRPM
    S_1 = cld[2]; S_1@ = MaxReal
    OutBlock
        CSS_RPM=96 ; CSS_RPM@=MaxReal
        S_1 = cld[5]; S_1@=MaxReal ! Sp
        Msp=3 ; Msp@= MaxReal ! Mi
    OutBlock
end
```

Se indica al programa que lea el parámetro CLD1, si encuentra el valor de 71 sigue el recorrido de programación donde se pregunta si es una operación de torneado imprima G99 y si no un G98 para fresado, la nomenclatura de Gsp fue definida en la lista de registros como G.

En el siguiente caso, el programa va a leer el parámetro CLD4, en el cual encuentra que puede leer el número 0 para operaciones de fresado o el número 2 para operaciones de torneado, en su respectiva programación se ejecuta los respectivos códigos M y G.

Fuente: Autor.

8.6 COMPARATIVA DE CÓDIGOS NC

En la siguiente (Tabla 7) se muestra el resultado de la comparativa de los post-procesadores.

Tabla 7 Comparativa de post-procesadores.

Post-Procesador genérico	Post-Procesador Universidad Santo Tomás
<p>Torneado N1 (Refrentado) G18G0T0303 (New 19.5, Ti3.97, Re0.8, Kr118, Qr7) G17G28U0.V0. G43.1 G50S1=1500M14 G96S1=120M14 G0Y0. X22.4 Z-2.2 Z0. G99G1X-1.92F0.15M8 Z-2.2 G0X22.4</p>	<p>Torneado (Universidad Santo Tomas) 00001 (Geometria) N10(Refrentado) G54G40G80 G43.1 G28 U0 G28 V0 T0303 G0 Y0 G18 G99 G50S1=1500 G96S1=120M03 G00X22.4 Z-2.2 Z0. G01X-1.92F0.15M08 Z-2.2 G00X22.4</p>
<p>Fresado radial N3 (Contorneado 2D) G17G0T1919 (3mm EndMill) G44.1 G97S2=1600M103 M90 G28U0.V0.W0. G0Y8.002 X2.72 Z-10. Z-0.75 G98G1Z1.5F60.M8 X2.5Y8.13 G3X-2.5R2.5 G1X-5.79Y6.23 G3X-8.29Y1.9R2.5 G1Y-1.9 G3X-5.79Y-6.23R2.5 G1X-2.5Y-8.13 M1 G28U0.V0.W0. G28U0.V0.W0.</p>	<p>Fresado radial N40(Contorneado 2D) G54G40G80 G43.1 G28 U0 G28 V0 T1919 G0 Y0 G17 G98 M5 M90 M105 G50S3=2100 G97S3=1600M103 G00X2.72 C0. Z-10. G00Z-10. M09 M92 M105 G28U0</p>

Post-Procesador genérico	Post-Procesador Universidad Santo Tomás
<p>Fresado axial N11 (Desbaste por capas) G18G0T0808 (1mm EndMill) G19G44.1 G97S2=1500M103 M90 G28U0.V0.W0. G0Y8.912 X38. Z35.011 X24.588 G98G1X15.588F60.M8 Z44.988 Y2.912Z44.989 Z34.992 Y-3.088 Z44.988 Y-9.088Z44.987 Z35.015 G0X38. Y-9.088Z44.987 Z35.015 G0X38. M9 M105 M92 M1 G28U0.V0.W0.</p>	<p>Fresado axial N120(Desbaste por capas) G54G40G80 G43.1 G28 U0 G28 V0 T0808 G0 Y0 G19 G98 M5 M90 M105 G50S3=2000 G97S3=1500M103 G00X38. C60. Y4.456Z35.011 X24.588 G01X15.588 Z44.988 Y1.456Z44.989 Z34.992 Y-1.544 Z44.988 Y-4.544Z44.987 Z35.015 G00X38. C120. G00X38. M09 M92 M105 G28U0</p>

Fuente. Autor.

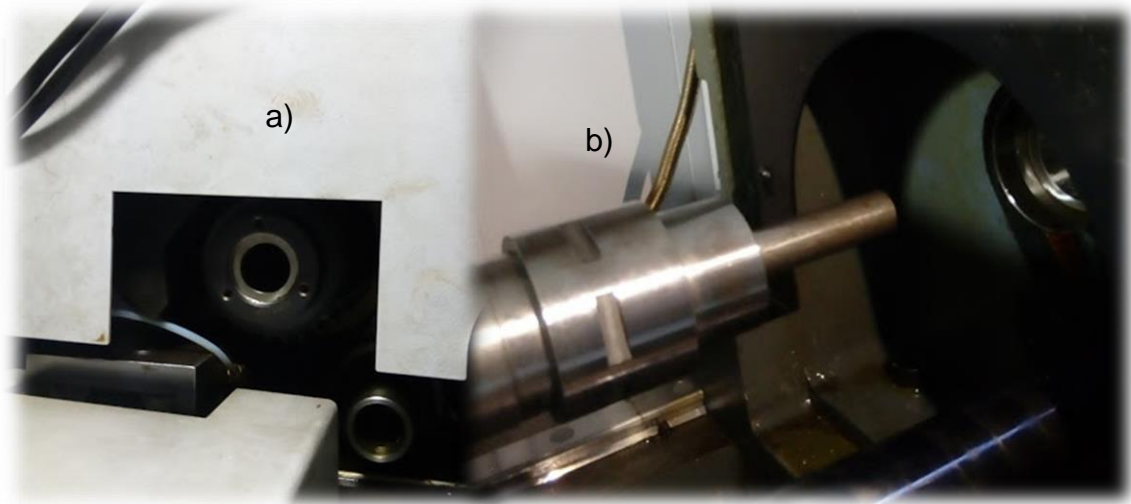
9. VERIFICACIÓN DEL POST-PROCESADOR

Para la verificación del post-procesador se realiza una práctica experimental en el torno tipo suizo PolyGim20CSB de la universidad Santo Tomás, es necesario realizar el montaje de la materia prima y las herramientas, enviar el código NC generado por el post-procesador, realizar una comprobación de colisión mediante una prueba de vacío, fabricar la pieza y por ultimo realizar un plano de metrología para realizar una comparativa con el plano original de la geometría definida.

9.1 MONTAJE DE LA MATERIA PRIMA Y HERRAMIENTAS.

El montaje de la materia prima se realiza por el eje Z1 donde es la alimentación, se introduce acero de 3/4" de 50 cm de largo. En la siguiente (Figura 36) se puede observar del montaje final.

Figura 36 a) Alimentación materia prima b) Montaje de la materia prima.



Fuente: Autor.

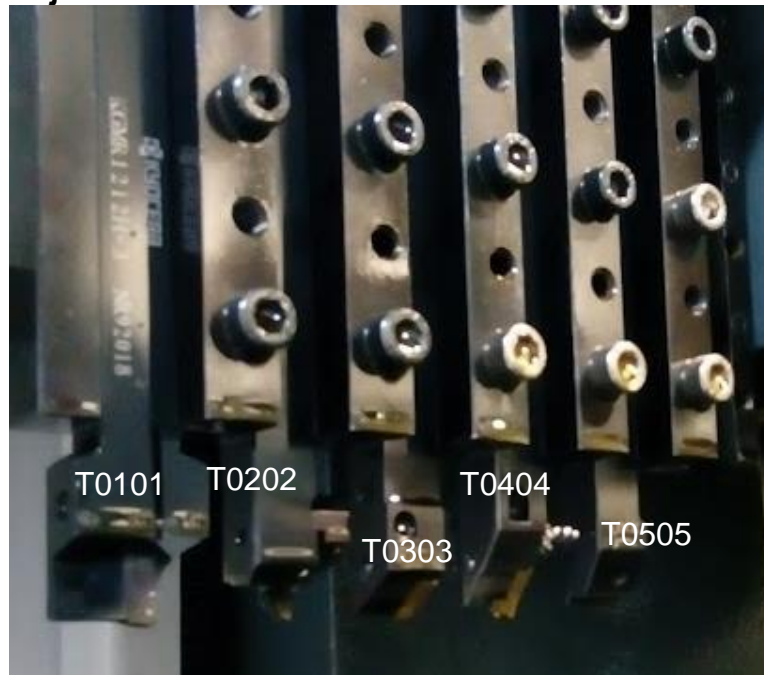
Para las herramientas es necesario realizar el montaje en la posición correcta siguiendo la estrategia de mecanizado, el siguiente es el orden en el cual deben ir montadas las herramientas con su posición:

- Refrentado: T0303
- Desbaste: T0303
- Acabado: T0404

- Contorneado 2D fresado axial: T19T19
- Ranurado: T0101
- Desbaste por capas fresado radial: T08T08
- Tronzado: T0101

Las herramientas para operaciones de torneado se ilustran en la siguiente (Figura 37).

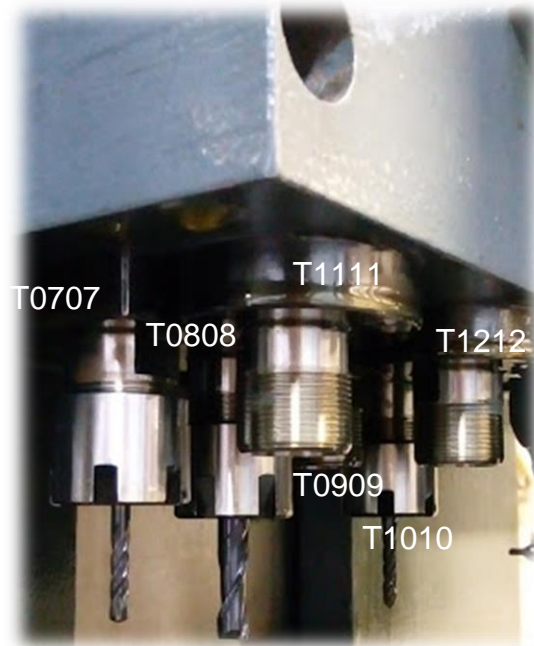
Figura 37. Montaje de herramientas torneado.



Fuente: Autor.

Las herramientas para operaciones de fresado radial se muestran en la siguiente (Figura 38).

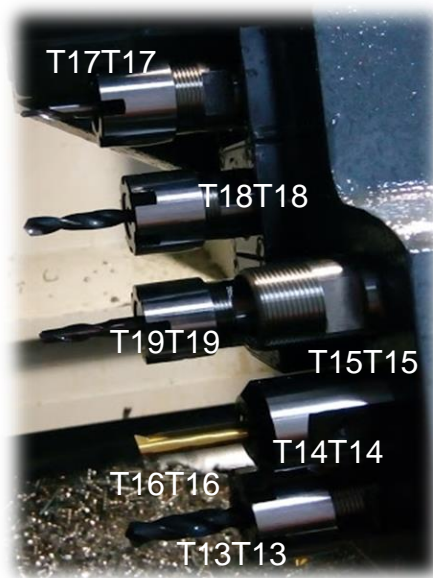
Figura 38. Herramientas fresado radial.



Fuente: Autor.

Por último, se procede a realizar el montaje de las herramientas de fresado axial como se ilustra en la (Figura 40).

Figura 40. Montaje herramientas axiales.



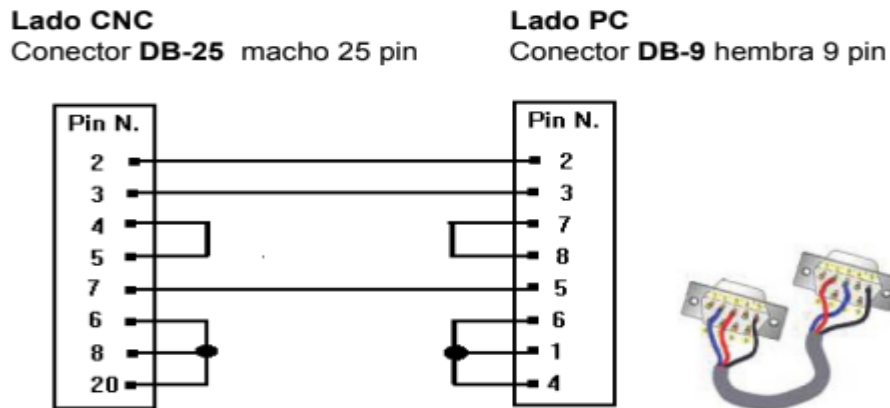
Fuente: Autor.

9.2 TRANSFERENCIA DE CÓDIGO NC A LA MAQUINA CNC

Para realizar la transferencia del código NC a la maquina CNC es necesario tener un *Software* el cual nos permita la comunicación de la maquina CNC con el computador donde se tiene el archivo, el *Software* que se utilizo fue una versión gratuita de CIMCO.

La comunicación es conocida como RS232C la cual consiste en una conexión punto a punto que indica un vínculo mediante un cable del puerto del PC al del CNC, la maquina CNC maneja un puerto CANON hembra de 25 pins y del lado del computador un CANON macho de 9 pins, en la siguiente (Figura 39) se muestra el plano de conexión de los pins ya que son específicos para esta máquina CNC y no se podrá utilizar un cable genérico.

Figura 39. Plano conexión RS232C.



Fuente: [27].

Una vez realizado la conexión punto a punto, en el control de la maquina CNC se indica en qué posición se guardará el código como se ilustra en la (Figura 40).

Figura 40. Data código NC.



Fuente: Autor.

Por último, en el control de la máquina y en el computador se ejecuta la transferencia de datos y se visualiza la correcta transferencia en la pantalla del control Meldas 60S como se muestra en la (Figura 41).

Figura 41. Transferencia de archivo NC.

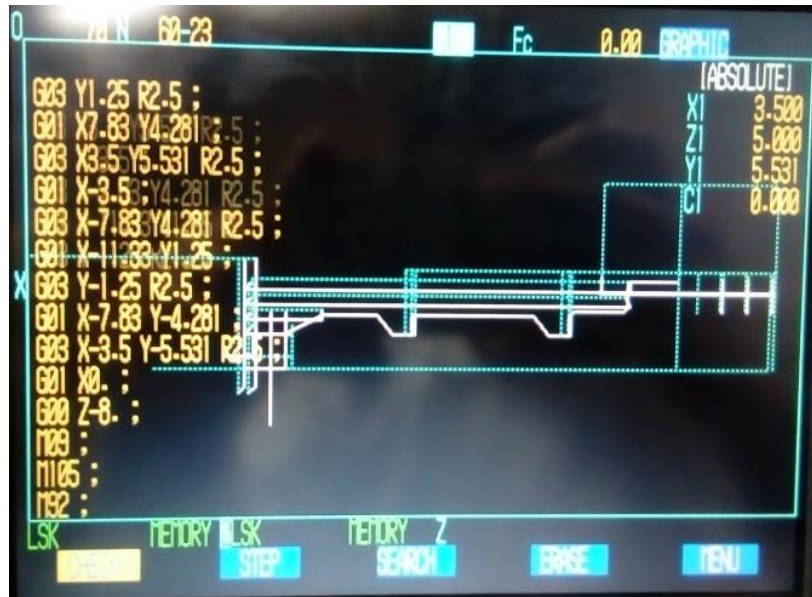


Fuente: Autor.

9.3 PRUEBA DE VACÍO

Luego de tener el código NC en el control Meldas 60S se ejecuta el programa, en la pantalla del control se podrá visualizar el código NC con las trayectorias de la herramienta como se muestra en la (Figura 42), si el control encuentra algún código M o G incorrecto se detendrá el programa automáticamente.

Figura 42. Prueba en vacío.



Fuente: Autor.

9.4 FABRICACIÓN

Luego de comprobar el código NC por una prueba de vacío se procede a realizar la fabricación de la pieza, el resultado final de la pieza se muestra en la siguiente (Figura 43).

Figura 43. Pieza fabricada.

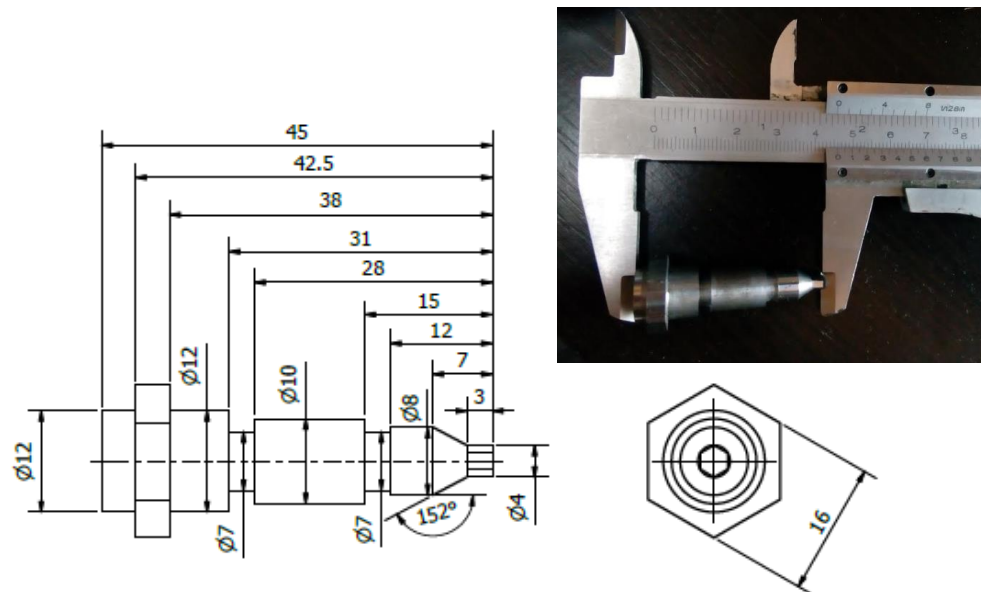


Fuente: Autor.

9.5 CONTROL METROLÓGICO.

Se realiza un control metrológico utilizando un calibrador pie de rey con el fin de evaluar el resultado de la pieza fabricada el cual se ilustra en la (Figura 44).

Figura 44. Plano metrología.



Fuente: Autor

10. CONCLUSIONES

Es necesario generar el árbol cinemático correspondiente a la arquitectura de la máquina a simular y definir la posición exacta de cada una de sus herramientas, dispositivos y accesorios. Sin la adecuada parametrización de la máquina virtual, no será posible generar código NC, desde el Software Sprutcam®.

Se requiere de la creación de una estrategia de programación para poder traducir el código madre generado por Sprutcam® (código CLDATA), en el código NC requerido por la máquina a programar.

Para la validación del código NC generado por el post-procesador desarrollado, se realizó una pieza que requería de operaciones tecnológicas en los tres planos de trabajo, además, de operaciones de torneado y fresado. El control desarrolló sin conflictos el código generado por Sprutcam®

11. RECOMENDACIONES

- Para la fabricación de piezas que requieran una transferencia de material entre husillos es necesario configurar el post-procesador desarrollado que permita esta clase de operaciones de máquina.
- Para futuras investigaciones, se sugiere implementar en el post-procesador los ciclos de trabajo en las operaciones, esto permite la disminución del código NC, disminuir tiempos y permitir operaciones de taladrado y roscado.
- Es necesario la construcción de un nuevo cable de conexión para la comunicación RS232C siguiendo las especificaciones del plano mencionado en el trabajo de grado, el que cuenta la Universidad Santo Tomás se encuentra en mal estado y puede generar el daño en los pines de entrada de la máquina.
- Se recomienda el uso del *Software SprutCAM* en los estudiantes de la universidad Santo Tomás para el área de procesos ya que permitirá un mayor aprendizaje y una mejor utilización de la máquina CNC.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Cecimo, “Asociación Española de fabricantes de máquinas herramientas,” p.

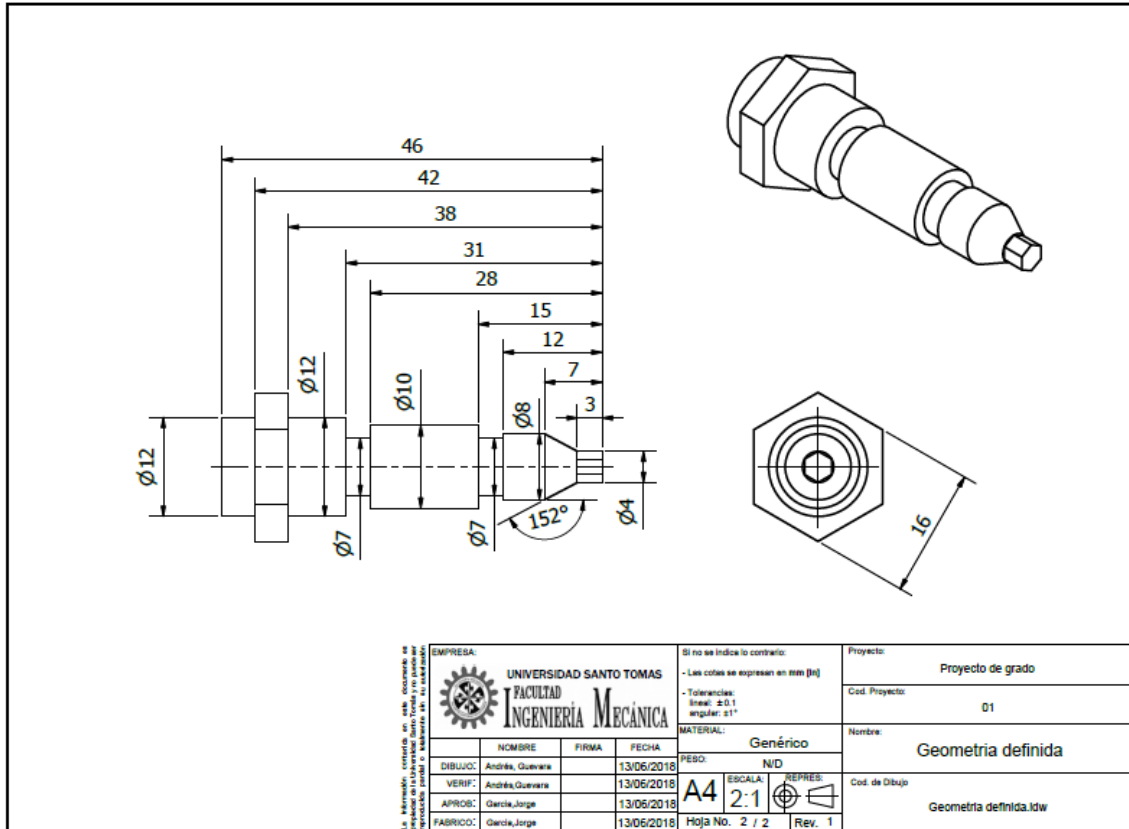
24, 2009.

- [2] C. Hector, "Entrevista IMOCOM," vol. 12, p. 30, 2009.
- [3] M. Diego, "TALLADO DE GEOMETRIAS COMPLEJAS, POR MEDIO DEL PROCESO DE ARRANQUE DE VIRUTA, EN TORNO TIPO SUIZO POLYGIM DIAMOND 20CSB," 2014.
- [4] BobCAD-CAM, "El software que los ingenieros prefieren para su torno fresador," 2018. [Online]. Available: <http://www.softwarecadcam.com/productos-bc-torno-fresador.html>.
- [5] J. Garcia, U. Garcia, J. Arroyo, and N. Cordoba, "Simulacion de arranque de viruta en maquinas multiejes CNC Industrial," *Met. actual*, vol. 1, p. 52, 2013.
- [6] BobCAD-CAM, "Piezas de alta complejidad," 2018. [Online]. Available: <http://www.softwarecadcam.com/productos-bc-torno-fresador.html>.
- [7] M. G. Arias, "Beneficios torno cnc y convencional," 2013.
- [8] Tooling University, "Elementos basicos del torno cnc tipo suizo 135," 2018. [Online]. Available: <http://www.toolingu.com/class/301135>.
- [9] CosmoCAX, "¿ Qué es el CAM ?," 2016. [Online]. Available: <https://cadcamcae.wordpress.com/2007/09/14/¿que-es-el-cam/>.
- [10] Wikipedia, "codigo g," 2018. [Online]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/G-code>.
- [11] Heidenhain, "Postprocesador." [Online]. Available: <http://content.heidenhain.de/presentation/elearning/ES/index/1271254391445/1271254391445.html>.
- [12] J. Garcia, U. Garcia, J. Arroyo, and N. Cordoba, "Simulacion de arranque de viruta en maquinas multiejes CNC," *Met. actual*, vol. 1, p. 49, 2013.
- [13] S. NX, "Postprocesador," 2017. [Online]. Available: <https://www.plm.automation.siemens.com/es/products/nx/for-manufacturing/cam/postprocessing-simulation.shtml>.
- [14] MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION, "Meldas 60s," 2010.
- [15] Poligym, "Torno CSL42 pieza," pp. 226–225.
- [16] T.Moriwaki, "multi- functional machine tool," *Elsevier*, p. 4, 2008.
- [17] Y. Gonzalo, "Desarrollo De Procedimiento Para La Generación, Simulación Y Verificación De Maquinado En Centro De Mecanizado CNC Multiejes Técnica 4+1 Y Su Aplicación En Montaje Experimental, GTX-210," p. 31, 2014.

- [18] Y. Gonzalo, "Desarrollo De Procedimiento Para La Generación, Simulación Y Verificación De Maquinado En Centro De Mecanizado CNC Multiejes Técnica 4+1 Y Su Aplicación En Montaje Experimental, arbol cinematico.," p. 32, 2014.
- [19] Y. Gonzalo, "Desarrollo De Procedimiento Para La Generación, Simulación Y Verificación De Maquinado En Centro De Mecanizado CNC Multiejes Técnica 4+1 Y Su Aplicación En Montaje Experimental, pieza fabricda.," p. 59, 2014.
- [20] Poligym, "Swiss type lathe, Diamond 20 series," 2016. [Online]. Available: http://www.polygim.com.tw/products/product_detail-43.
- [21] Poligym, "Herramientas Torno SUizo PoliGym20CSB," p. 30.
- [22] KYOCERA, *Kyocera cutting tools- turning catalog-refrentado*. 2016.
- [23] SANDVIK, "VBMT110302," 2018. [Online]. Available: <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/pages/search15products.aspx?tpcleaf=INSTRNG&q=VBMT110302>.
- [24] KENNAMETAL, "Ranurado y tronzado.," 2018. [Online]. Available: <https://www.kennametal.com/es/products/20478624/47535256/63745081/64201952/64201957/100002819.html?orderNumber=1952775>.
- [25] KYOCERA, *Kyocera cutting tools- turning catalog-tronzado*. 2016.
- [26] SPRUT THECNOLOGIC, "Postprocessors generator - Process for generating NC program." 2018.
- [27] MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION, "Cables de conexión para la comunicación RS232C," p. 2, 2014.

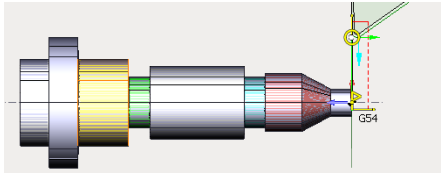
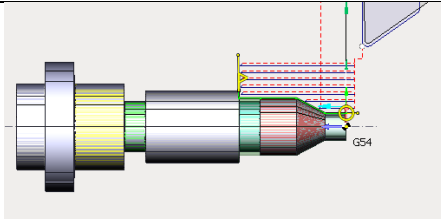
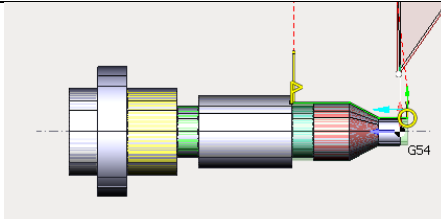
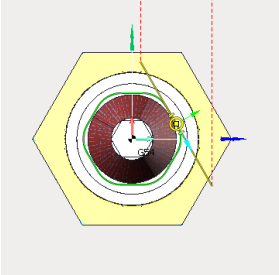
ANEXOS

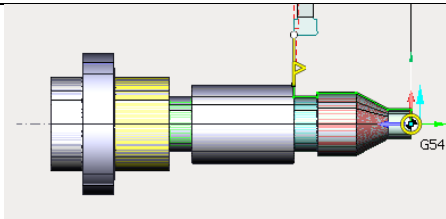
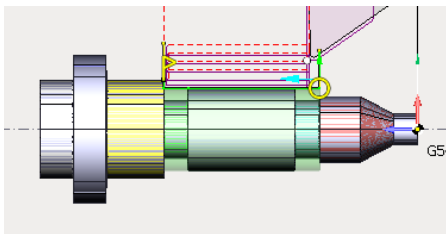
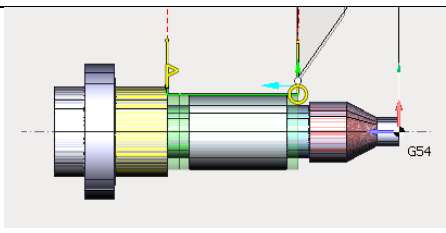
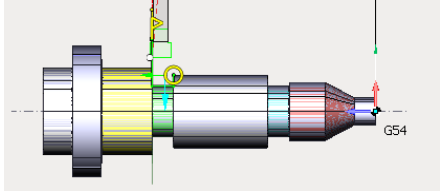
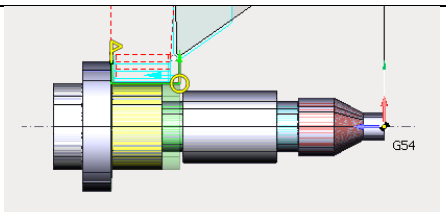
ANEXO 1. Plano geometría definida.

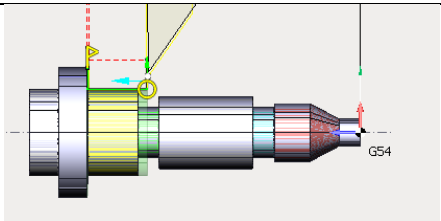
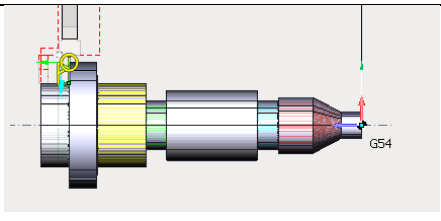
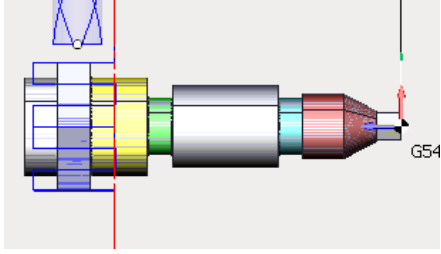
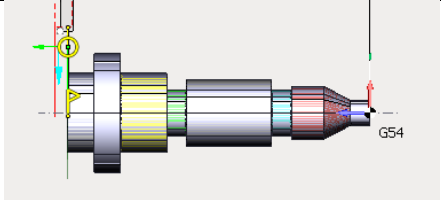


ANEXO 2. Hoja de proceso.

PIEZA: Geometría Definida	MATERIAL: ACERO 1045	DIMENSIONES EN BRUTO: Cilindro $\varnothing_{base} = \frac{3}{4} \text{ in} ; h = 1 \text{ m}$																						
PREPARACIÓN PREVIA DEL MATERIAL:																								
MÁQUINA: Torno Poligym20CSB	HERRAMIENTAS, DISPOSITIVOS DE FIJACIÓN E INSTRUMENTOS:																							
INSUMOS: Acero 1045 $\varnothing = 3/4"$	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; width: 50%;">Porta inserto</th> <th style="text-align: left;">Especificaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>KYOCERA</td> <td>KGMR121H-3 NR92018</td> </tr> <tr> <td>KENNAMETAL</td> <td>NASR1212M2Q I6KV06</td> </tr> <tr> <td>KYOCERA</td> <td>ADJCR1212JX 11FF</td> </tr> <tr> <td>KYOCERA</td> <td>AVJBR1212M 11F</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 10px 0 10px 20px;"> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; width: 50%;">Inserto</th> <th style="text-align: left;">Especificaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>KYOCERA</td> <td>GMM3020-MT</td> </tr> <tr> <td>KENNAMETAL</td> <td>KC5025</td> </tr> <tr> <td>KYOCERA</td> <td>DCMT11T308GK</td> </tr> <tr> <td>SANDVIK</td> <td>VBMT110302-PF</td> </tr> </tbody> </table> </td> </tr> </tbody> </table>		Porta inserto	Especificaciones	KYOCERA	KGMR121H-3 NR92018	KENNAMETAL	NASR1212M2Q I6KV06	KYOCERA	ADJCR1212JX 11FF	KYOCERA	AVJBR1212M 11F	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; width: 50%;">Inserto</th> <th style="text-align: left;">Especificaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>KYOCERA</td> <td>GMM3020-MT</td> </tr> <tr> <td>KENNAMETAL</td> <td>KC5025</td> </tr> <tr> <td>KYOCERA</td> <td>DCMT11T308GK</td> </tr> <tr> <td>SANDVIK</td> <td>VBMT110302-PF</td> </tr> </tbody> </table>		Inserto	Especificaciones	KYOCERA	GMM3020-MT	KENNAMETAL	KC5025	KYOCERA	DCMT11T308GK	SANDVIK	VBMT110302-PF
Porta inserto	Especificaciones																							
KYOCERA	KGMR121H-3 NR92018																							
KENNAMETAL	NASR1212M2Q I6KV06																							
KYOCERA	ADJCR1212JX 11FF																							
KYOCERA	AVJBR1212M 11F																							
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; width: 50%;">Inserto</th> <th style="text-align: left;">Especificaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>KYOCERA</td> <td>GMM3020-MT</td> </tr> <tr> <td>KENNAMETAL</td> <td>KC5025</td> </tr> <tr> <td>KYOCERA</td> <td>DCMT11T308GK</td> </tr> <tr> <td>SANDVIK</td> <td>VBMT110302-PF</td> </tr> </tbody> </table>		Inserto	Especificaciones	KYOCERA	GMM3020-MT	KENNAMETAL	KC5025	KYOCERA	DCMT11T308GK	SANDVIK	VBMT110302-PF													
Inserto	Especificaciones																							
KYOCERA	GMM3020-MT																							
KENNAMETAL	KC5025																							
KYOCERA	DCMT11T308GK																							
SANDVIK	VBMT110302-PF																							
ELABORÓ: Andrés Camilo Guevara Pedraza	REVISÓ: Ing. Jorge García																							

#	Designación	Croquis	Útil	Vc [m/min]	F [mm/rev]	Zona	t [s]
1	Refrentado		T0303	120	0.15	1	4
2	Desbaste 1		T0303	120	0.15	1	26
3	Acabado 1		T0404	495	0.05	1	16
4	Contorneado 2D		T1919	25	60	1	87

#	Designación	Croquis	Útil	Vc [m/min]	F [mm/rev]	Zona	t [s]
5	Ranurado externo 1		T0101	150	0.05	1	8
6	Desbaste 2		T0303	120	0.15	2	35
7	Acabado 2		T0404	495	0.05	2	20
8	Ranurado 2		T0101	150	0.05	2	2
9	Desbaste 3		T0303	120	0.15	3	16

#	Designación	Croquis	Útil	Vc [m/min]	F [mm/rev]	Zona	t [s]
10	Acabado 3		T0404	495	0.05	3	11
11	Ranurado 3		T0101	150	0.05	3	10
12	Desbaste por capas		T0808	28.274	60	3	325
13	Tronzado		T0101	150	0.05	3	20
	TOTAL						9'46"

Anexo 3. Manual para fabricación de piezas en Sprutcam.

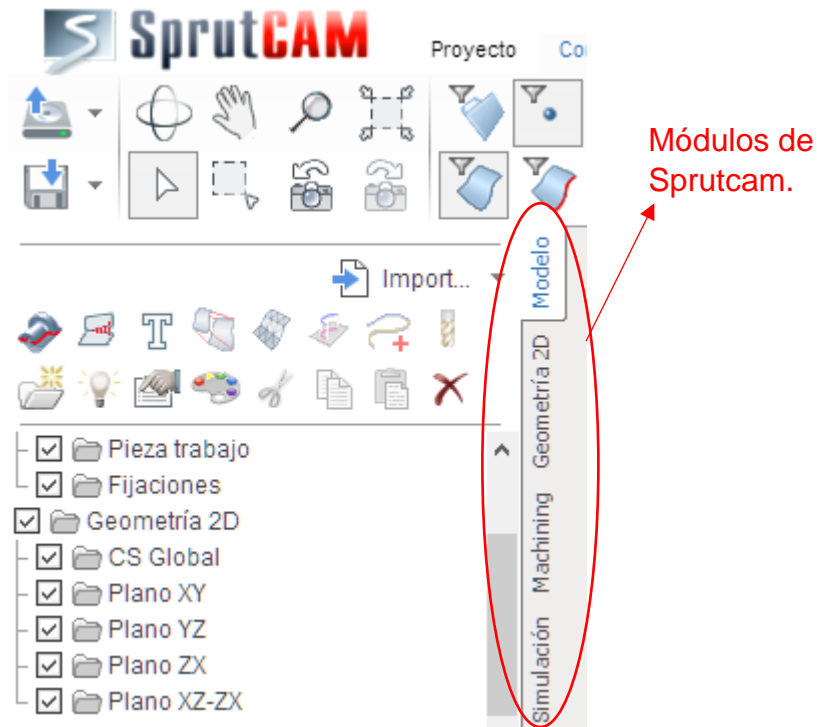
MANUAL PARA FABRICACIÓN DE PIEZA EN SPRUTCAM.

Para realizar la fabricación virtual es necesario llamar la máquina virtual previamente desarrollada en el complemento *Machine Maker*, para abrir la máquina virtual se realiza en el módulo maquinado/máquina seleccionamos la pestaña + y añadimos la carpeta.

En la (Figura 45) se observa la parte izquierda del programa, la cual se encuentra los siguientes módulos:

- **Modelo:** Permite Importar el modelo CAD en cualquier formato, podemos realizar transformaciones espaciales (Rotar y desplazar la pieza en cualquier eje coordenado)
- **Geometría 2D:** Se realiza bocetos 2D los cuales podrán ser revolucionados para generar un modelo 3D.
- **Machinning:** Es el modelo en el cual vamos a seleccionar la máquina virtual, editar las características de la máquina, definir nuestro material base, crear las operaciones de manufactura y elegir estrategias para fabricar la pieza.
- **Simulación:** Permite simular toda la estrategia de manufactura que definimos y verificar posibles colisiones, además muestra el código *CLData* (código madre de Sprutcam).

Figura 45. Módulo de Sprutcam.

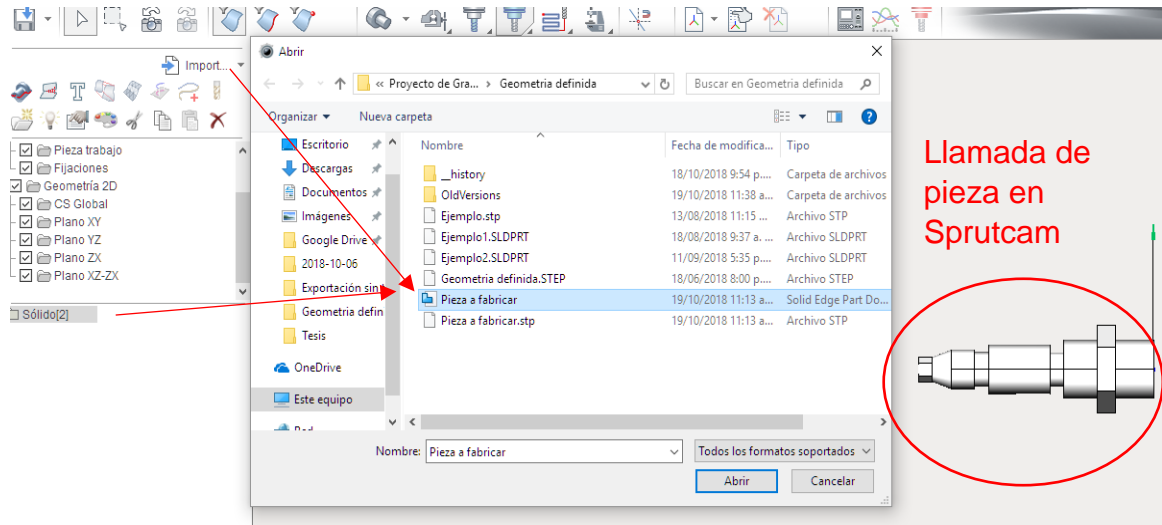


Fuente: Autor

LLAMADO DE PIEZA A SPRUTCAM.

Al importar la pieza fabricada en el *Software Solid Edge 2019*, SprutCAM lee cualquier tipo de extensión CAD, rápidamente detecta todas las superficies y caras del modelo 3D, estas caras serán automáticamente nombradas con un número entre corchetes como se ilustra en la (Figura 46).

Figura 46. Importar pieza a Sprutcam.



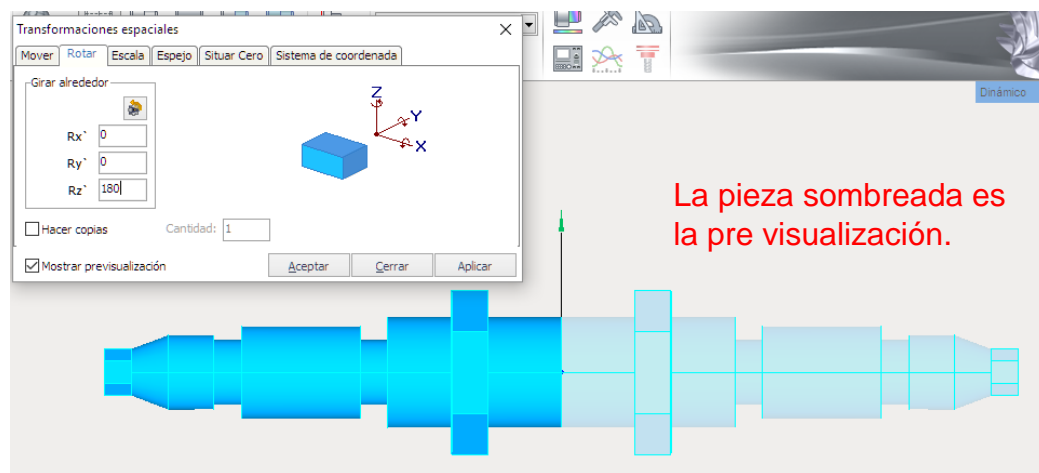
Fuente: Autor

DEFINIR EL CERO DE PIEZA CON LA MÁQUINA.

En el *software* CAM es común encontrar que la pieza no coincida con los ejes de la máquina. Conociendo la geometría de la pieza se realiza unas transformaciones espaciales las cuales consiste en asignar desplazamientos lineales o rotativos en los ejes X, Y, Z.

En este caso fue necesario rotar la pieza 180° en el eje Z como se ilustra en la (Figura 47)

Figura 47. Transformaciones espaciales de la pieza de trabajo.

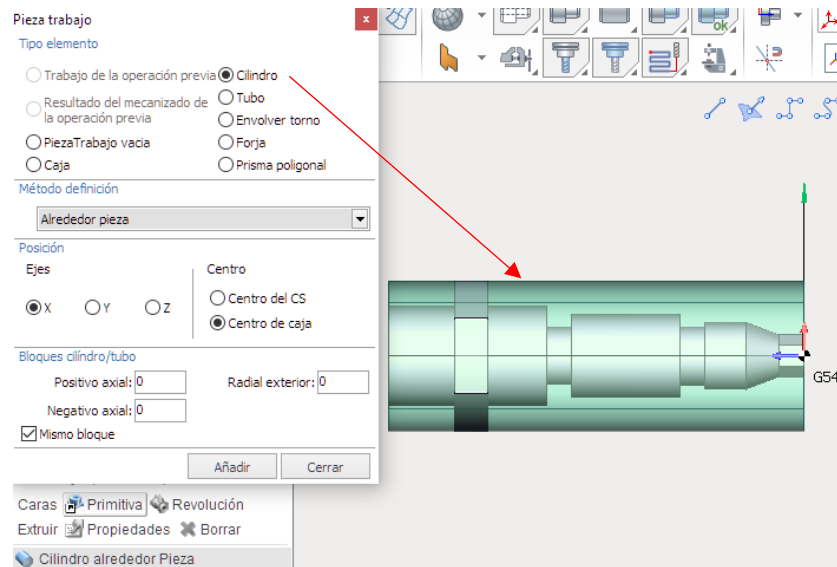


Fuente: Autor

ESTABLECER EL MATERIAL BASE

En el módulo; *Machining*/Pieza de trabajo/primitiva se define el material base, para el torno suizo siempre será un elemento cilíndrico como se muestra en la (Figura 48), además no se deja sobre material ya que cuando se realice el montaje real se desplazará la materia prima unos milímetros para poder realizar un refrentado a la materia prima.

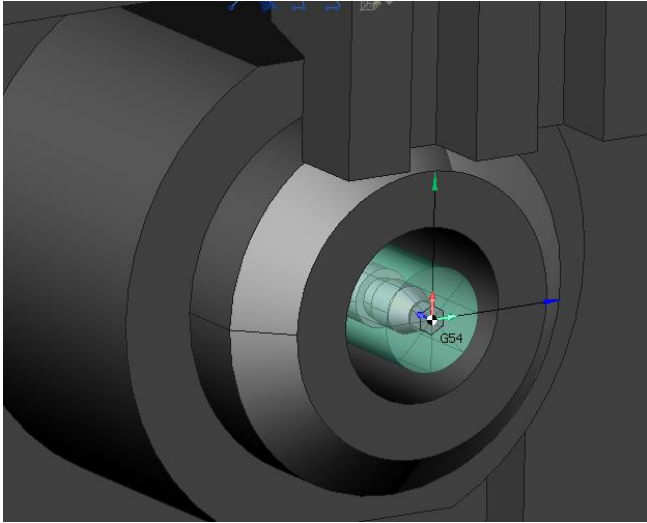
Figura 48. Definir material base.



Fuente: Autor

Por último, se habilitó la máquina virtual para verificar el montaje, como se muestra en la (Figura 49).

Figura 49. Montaje virtual del proceso de manufactura.

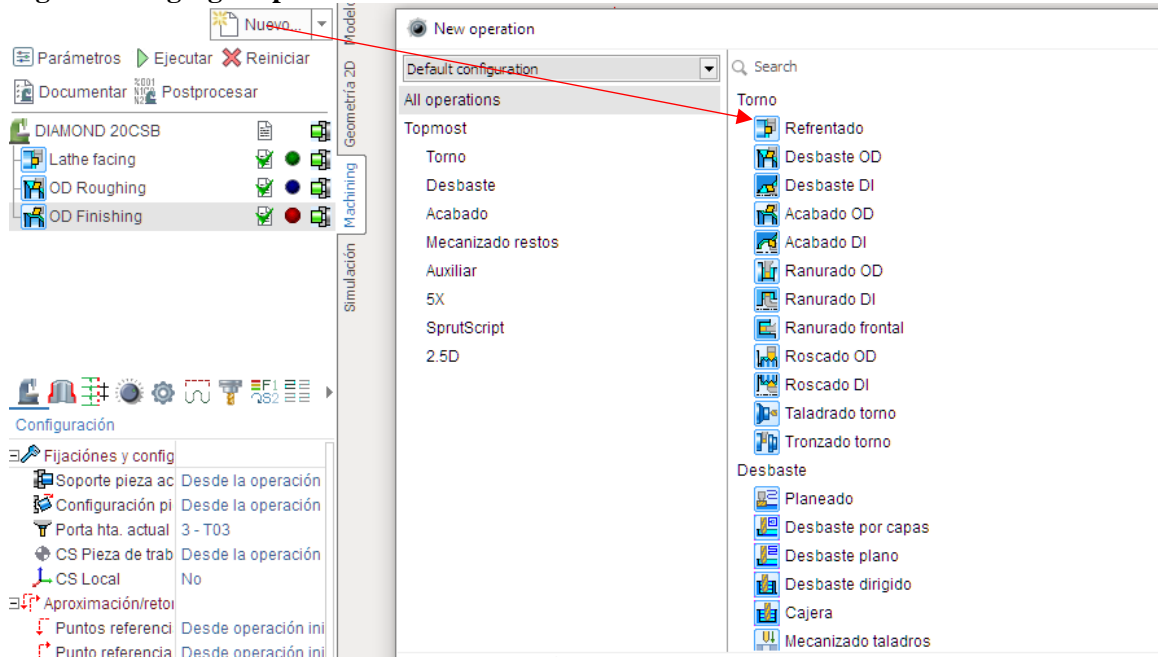


Fuente: Autor

GENERACIÓN DE LAS TRAYECTORIAS VIRTUALES DEL PROCESO DE TORNEADO – FRESADO EN EL SOFTWARE CAM.

Con el montaje virtual del proceso de manufactura se procede con la generación de las trayectorias virtuales como se ilustra en la (Figura 50). Para agregar una operación se realiza en el módulo Maquina/nuevo y seleccionamos la operación que deseamos realizar.

Figura 50. Agregar operación de torneado o fresado.



Fuente: Autor

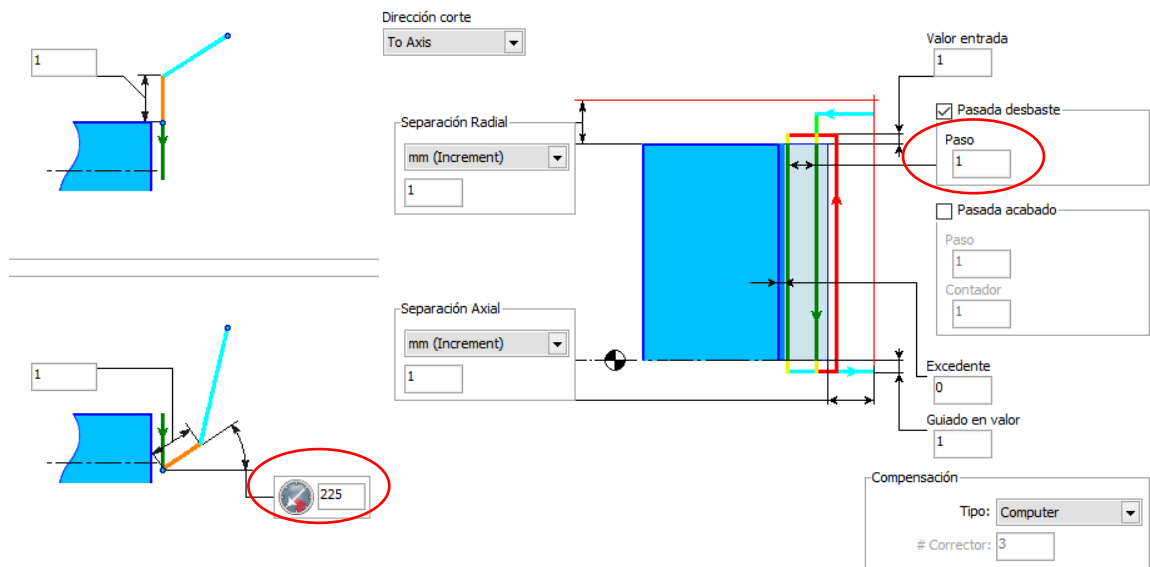
El siguiente paso es configurar todos los parámetros del proceso de manufactura:

- **Herramienta:** Se define la geometría del inserto y el porta-herramienta, además se selecciona el husillo que se va a trabajar con el sentido de giro.
- **Velocidad/Avance:** Se selecciona las unidades y la magnitud de la velocidad de corte y avance, además se limita la velocidad de husillo.
- **Aproximación/retorno:** Da la opción de elegir el tipo de entrada o salida ya sea radial, axial o con un ángulo específico de la herramienta.
- **Estrategia del proceso:** Se define los parámetros; número de pasadas, el paso, compensación, pasada de acabado, dirección de corte, excedente.

REFRENTADO

En esta operación se escoge una entrada radial de 1 mm con un retorno en ángulo de 225° , además se definió que realice 2 pasadas cada una de 1 mm y que deje sobre material para realizar posteriormente un acabado, estos valores son identificados en la (Figura 51).

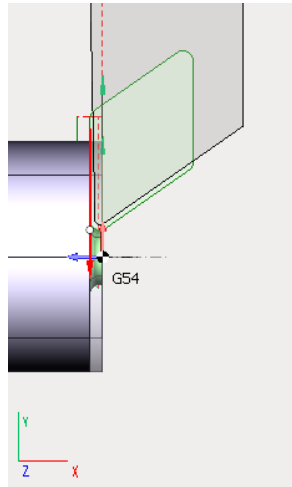
Figura 51. Parámetros refrentado.



Fuente: Autor

Luego de configurar todos los parámetros de la operación, se ejecuta en el software SprutCAM que permite visualizar y simular las trayectorias virtuales en la máquina virtual como se muestra en la (Figura 52) identificando posibles colisiones o errores en la operación.

Figura 52. Trayectorias virtuales refrentado.

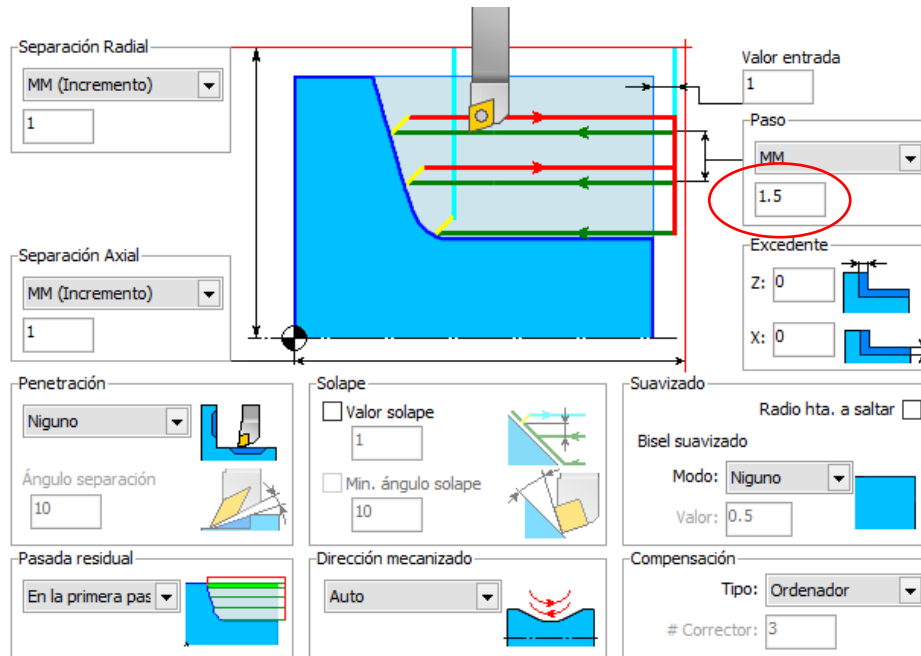


Fuente: Autor.

DESBASTE

El desbaste tiene una aproximación de entrada en ángulo de 225° y una salida radial, el paso de esta operación es de 1,5mm y se deja sobre material para realizar un acabado, estas valores son identificados en la (Figura 53).

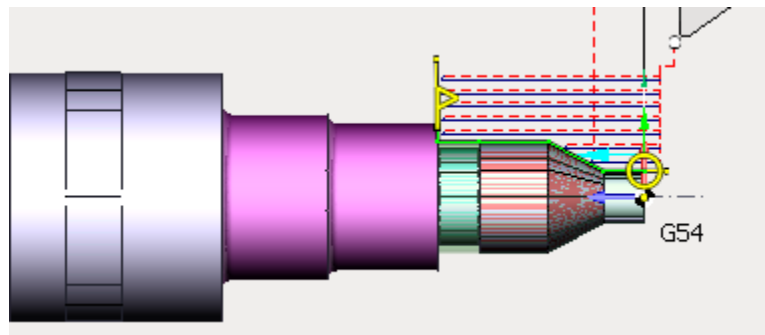
Figura 53. Parámetros desbaste.



Fuente: Autor.

De igual manera se simula la operación para observar las trayectorias virtuales como se muestra en la (Figura 54) y verificar posibles colisiones.

Figura 54. Trayectorias virtuales del desbaste.

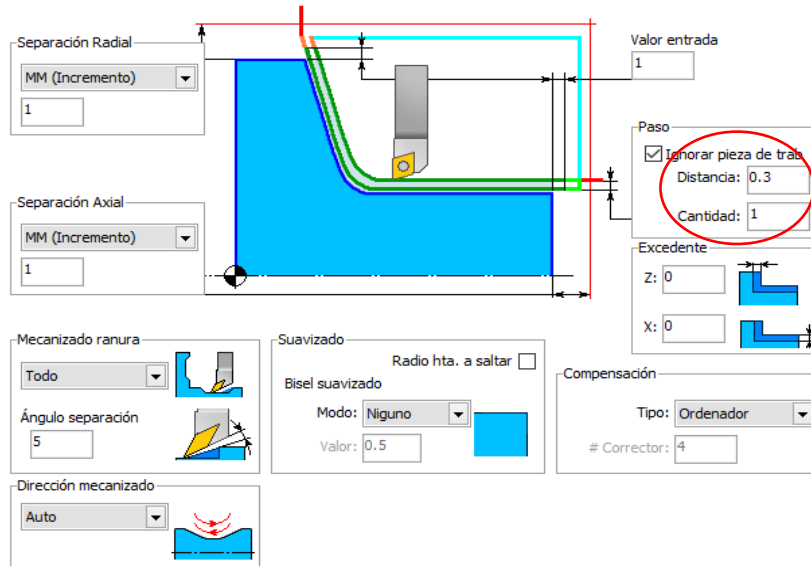


Fuente: Autor.

ACABADO

En esta operación se maneja una velocidad superficial de 495 m/min ya que se necesita un buen acabado superficial, la entrada de la herramienta es axial y la salida es radial con aproximación de 3mm y se usa una pasada de 0,3mm que fue el sobre material que se dejó de la operación anterior, estos valores son identificados en la siguiente (Figura 55).

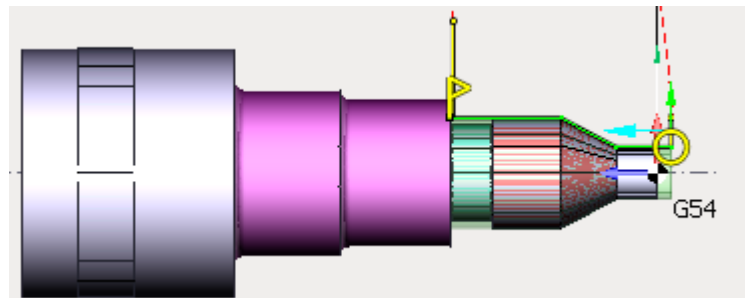
Figura 55. Parámetros del acabado.



Fuente: Autor.

Simulando la operación se analiza el cambio de herramienta y como el sobre material es eliminado con una pasada de manera rápida dejando un buen acabado, las trayectorias virtuales del proceso de acabado se ilustra en la (Figura 56).

Figura 56. Trayectorias virtuales del acabado.

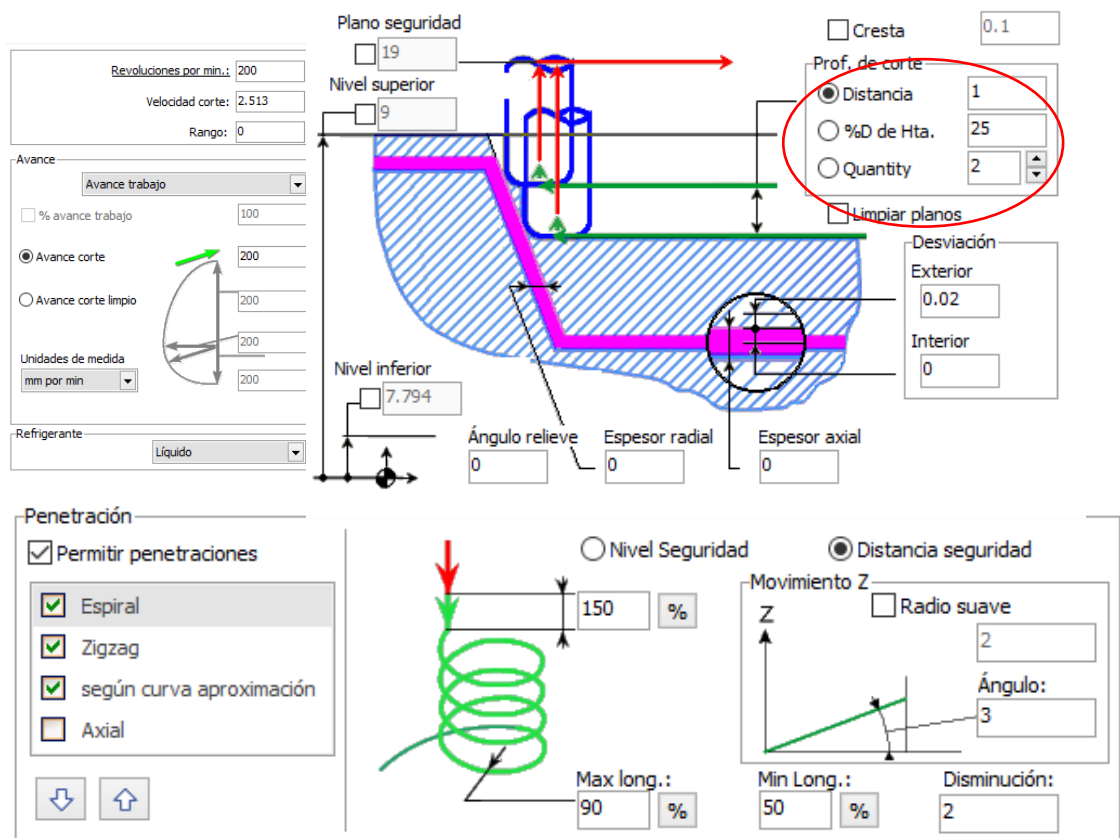


Fuente: Autor.

DESBASTE POR CAPAS- FRESADO.

En esta operación el husillo C1 va a realizar unos movimientos programados en ángulo lo cual la materia prima no va a girar a unas revoluciones constantes, en cambio la herramienta motorizada va gira a 200 *rev/min* y el avance para para esta operación de fresado estará definido en *mm/min*. La entrada de la herramienta será de manera axial con una salida radial, la profundidad de corte será de 1mm, estos parámetros se ilustran en la (Figura 57).

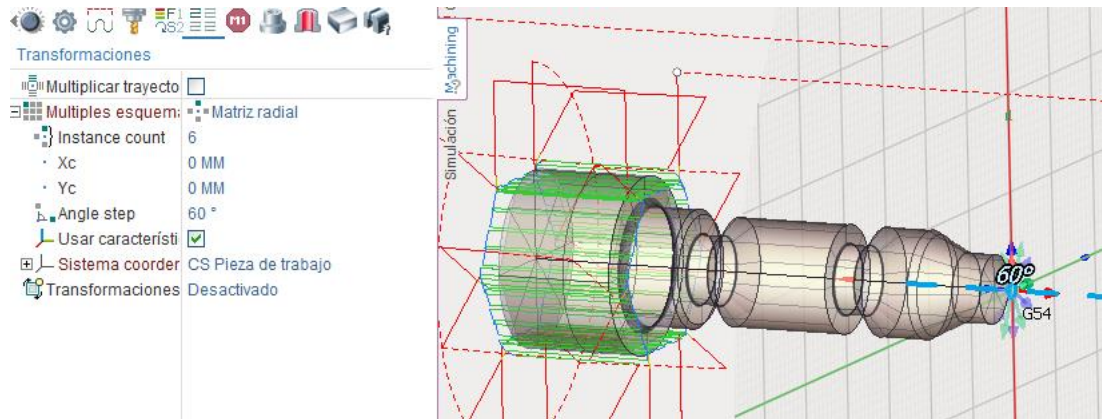
Figura 57. Parámetros del acabado por capas.



Fuente: Autor.

Para generar las trayectorias virtuales por capas se selecciona una de las caras que se va a trabajar especificando la estrategia de mecanizado, en este caso es en paralelo con el sentido que la herramienta lo genere, una vez programada esta cara en el módulo transformaciones/ Matriz radial colocamos el ángulo el cual queremos que se repita esta cara, en nuestro caso son 6 caras que se deben mecanizar, por esta razón el ángulo de paso es de 60° , las trayectorias virtuales del fresado por capas se muestran en la (Figura 58).

Figura 58. Trayectorias virtuales de acabado por capas.

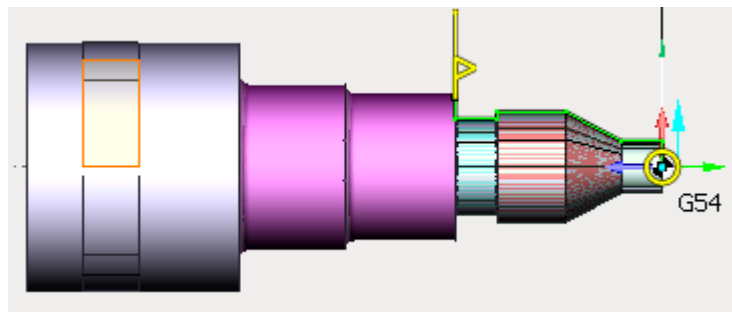


Fuente: Autor.

RANURADO

El ranurado tiene unos parámetros de ciclo el cual utiliza el 80% de la herramienta para realizar el paso de desbaste, la herramienta tiene una entra y salida radial, las trayectorias de la operación de ranurado se ilustran en la (Figura 59).

Figura 59. Trayectorias virtuales del ranurado.

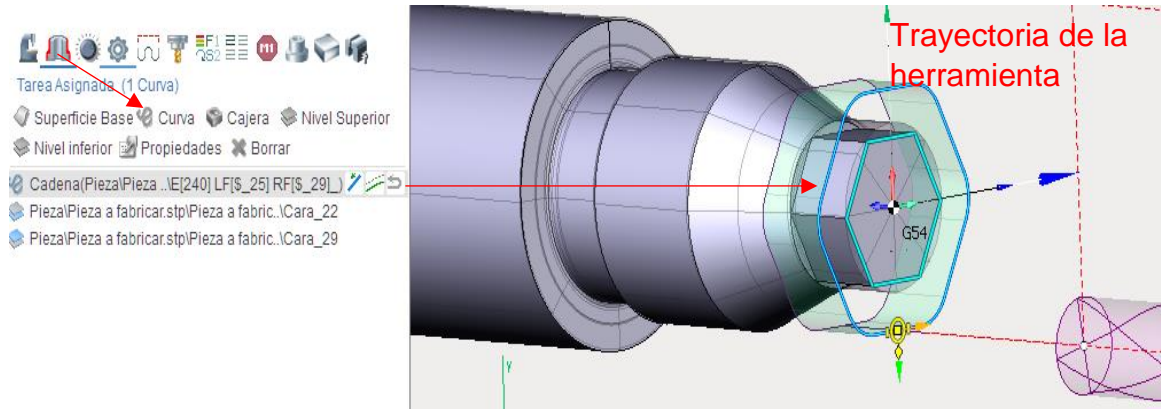


Fuente: Autor.

CONTORNEADO 2D – FRESADO.

Para realizar esta operación se crea en el módulo terea asignada, seleccionamos la curva por la cual se va desplazar la herramienta, se especifica el nivel inferior y superior como se ilustra en la (Figura16).

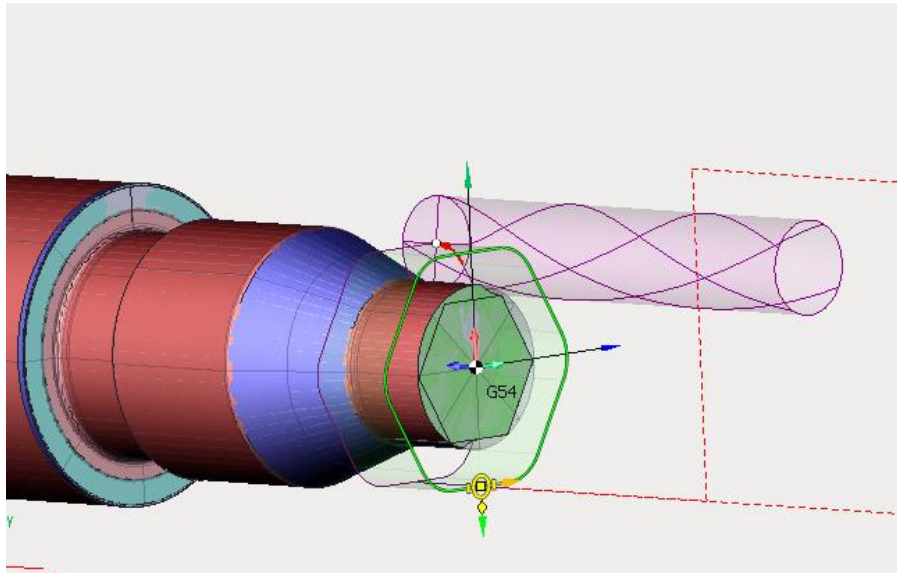
Figura 16: Trayectoria fresado axial.



Fuente: Autor.

Por último, el *Software* permite modificar la entrada de la herramienta desplazando el círculo amarillo, se ejecuta la operación para visualizar las trayectorias virtuales como se evidencia en la (Figura 60).

Figura 60. Trayectorias virtuales del contorneado 2D.

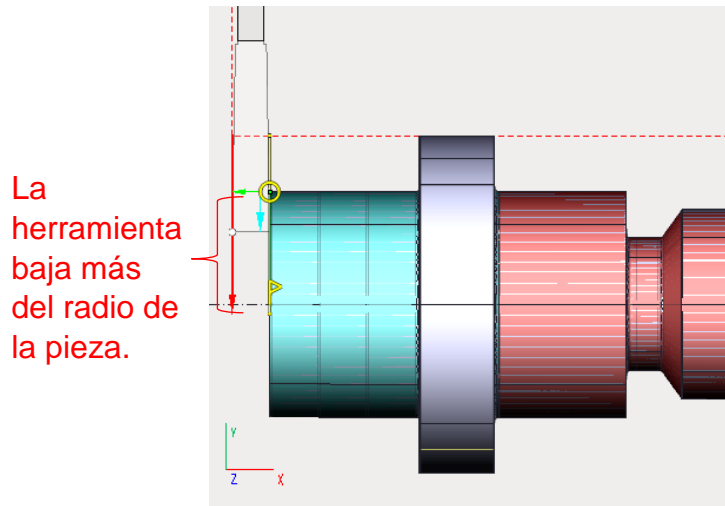


Fuente: Autor.

TRONZADO

En la última operación cabe aclarar que para evitar colisiones es necesario que la herramienta de tronzado se ubique en la posición número 1 y realice un desplazamiento mayor al radio de la pieza para que la pieza pueda ser extraída como se ilustra en la (Figura 61).

Figura 61. Trayectoria virtual del tronzado.



Fuente: Autor.

Anexo 4. Código NC pieza fabricada.

% (Universidad Santo Tomas) O0001 (Geometria) N10(Refrentado) G54G40G80 G43.1 G28 U0 G28 V0 T0303 G0 Y0 G18 G99 G50S1=1500 G96S1=120M03 G00X22.4 Z-2.2 Z0. G01X-1.92F0.15M08 Z-2.2 G00X22.4 N20(Desbaste OD) G18 G99 G50S1=1500 G96S1=120M03 X19.028 Z-1.1 X17.028 G01Z14.787 X17.628Z14.487 G00Z-1.1 X15.028 G01Z14.77 X15.628Z14.47 G00Z-1.1 X13.028 G01Z14.753 X13.628Z14.453 G00Z-1.1 X11.028 G01Z14.735 X11.628Z14.435 G00Z-1.1 X9.028 G01Z14.718 X9.628Z14.418 G00Z-1.1 X7.028 G01Z5.806 X7.628Z5.506 G00Z-1.1 X5.028 G01Z3.901 X5.628Z3.601 G00M09 G28U0	N30(Acabado OD) G54G40G80 G43.1 G28 U0 G28 V0 T0404 G0 Y0 G18 G99 G50S1=2000 G96S1=495M03 G00X8.042 X8.022Z-1. G01X3.78F0.05M08 Z2.932 X8.Z6.951 Z14.786 X22. G00M09 G28U0 N40(Contorneado 2D) G54G40G80 G43.1 G28 U0 G28 V0 T1919 G0 Y0 G17 G98 M5 M90 M105 G50S3=2100 G97S3=1600M103 G00X13.978 C0. Z-10. Z-0.75 G01Z1.5F60.M08 X2.72Y4.001 X2.5Y4.065 G03X-2.5R2.5 G01X-5.79Y3.115 G03X-8.29Y0.95R2.5 G01Y-0.95 G03X-5.79Y- 3.115R2.5 G01X-2.5Y-4.065 G03X2.5R2.5 G01X5.79Y-3.115 G03X8.29Y-0.95R2.5 G01Y0.95 G03X5.79Y3.115R2.5 G01X2.72Y4.001 X-8.538Y7.251 G00Z-10. M09 M92 M105 G28U0 N50(Ranurado OD) G54G40G80 G43.1 G28 U0 G28 V0 T0101 G0 Y0 G18 G99 G50S1=1500 G96S1=150M03 G00X24.4 Z15. X18.052 G01X14.934F0.05M08 X15.534Z14.7 G00X24.4 Z15. X16.934 G01X7.468 G00X16.934 X9.468 G01X7. G00X9.468 X24.4 M09 G28U0 N60(Desbaste OD2) G54G40G80 G43.1 G28 U0 G28 V0 T0303 G0 Y0 G18 G99 G50S1=1500 G96S1=120M03 G00X67.4	X2.72Y4.001 X2.5Y4.065 G03X-2.5R2.5 G01X-5.79Y3.115 G03X-8.29Y0.95R2.5 G01Y-0.95 G03X-5.79Y- 3.115R2.5 G01X-2.5Y-4.065 G03X2.5R2.5 G01X5.79Y-3.115 G03X8.29Y-0.95R2.5 G01Y0.95 G03X5.79Y3.115R2.5 G01X2.72Y4.001 X-8.538Y7.251 G00Z-10. M09 M92 M105 G28U0 N50(Ranurado OD) G54G40G80 G43.1 G28 U0 G28 V0 T0101 G0 Y0 G18 G99 G50S1=1500 G96S1=150M03 G00X24.4 Z15. X18.052 G01X14.934F0.05M08 X15.534Z14.7 G00X24.4 Z15. X16.934 G01X7.468 G00X16.934 X9.468 G01X7. G00X9.468 X24.4 M09 G28U0 N60(Desbaste OD2) G54G40G80 G43.1 G28 U0 G28 V0 T0303 G0 Y0 G18 G99 G50S1=1500 G96S1=120M03 G00X67.4	X20.Y0.Z13.3 X18.24 G01X18.F0.15M08 Z30.7 X20. X20.6Z30.4 G00Z13.3 X18.6 G01X16. Z30.7 X18. X18.6Z30.4 G00Z13.3 X16.6 G01X14. Z30.7 X16. X16.6Z30.4 G00Z13.3 X14.6 G01X12. Z30.7 X14. X14.6Z30.4 G00Z13.3 X12.6 G01X10.64 Z30.697 X11.014Z30.7 X12. X12.6Z30.4 G00X18.6 Z13.6 X17.64 G01X10.04 Z30.997 X10.414Z31. X19.4 G00M09 G28U0 N70(Acabado OD2) G54G40G80 G43.1 G28 U0 G28 V0 T0404 G0 Y0 G18 G99 G50S1=2000 G96S1=495M03 G00X67.4 X24.Y0.Z13.5 G01X10.F0.05M08 Z30.8 X11.6 X24.4Z31. G00M09 G28U0	N80(Ranurado OD2) G54G40G80 G43.1 G28 U0 G28 V0 T0101 G0 Y0 G18 G99 G50S1=1500 G96S1=150M03 G00X65.4 X14.25Z31. X10.6 G01X7.M08 G00X14.25 X30. M09 G28U0 N90(Desbaste OD3) G54G40G80 G43.1 G28 U0 G28 V0 T0303 G0 Y0 G18 G99 G50S1=1500 G96S1=120M03 G00X69.4 X19.4Y0.Z29.8 X18.6 G01X17.4F0.15M08 Z37.7 X19.4 X20.Z37.4 G00Z29.8 X18. G01X15.4 Z37.686 X17.014Z37.7 X17.4 X18.Z37.4 G00Z29.8 X16. G01X13.4 Z37.668 X15.4Z37.686 X16.Z37.386 G00Z29.8 X14. G01X12.6 Z37.661 X13.4Z37.668 X14.Z37.368 G00X20. Z30.1 X18. G01X12.
--	--	--	---	--

Z37.661 X13.4Z37.668 X14.Z37.368 G00X20. Z30.1 X18. G01X12. Z37.961 X16.414Z38. X18.8 G00M09 G28U0 N100(Acabado OD3) G54G40G80 G43.1 G28 U0 G28 V0 T0404 G0 Y0 G18 G99 G50S1=2000 G96S1=495M03 G00X20.2 Z29.7 G01X12.F0.05M08 Z37.751 X17.606Z37.8 X23.6Z38. G00M09 G28U0 N110(Ranurado OD3) G54G40G80 G43.1 G28 U0 G28 V0 T0101 G0 Y0 G18 G99 G50S1=1500 G96S1=150M03 G00X20. Z42. Z45. X18.6 G01X16.M08 G00X20. Z46.37 X18.6 G01X16. X16.6Z46.07 G00X20. Z45. X18. G01X14. G00X18. Z46.37 G01X14. X14.6Z46.07 G00X18. Z45. X16. G01X12.	G00X16. Z46.37 G01X12. X12.6Z46.07 G00X16. X22. Z43.57 M09 G28U0 N120(Desbaste por capas) G54G40G80 G43.1 G28 U0 G28 V0 T0808 G0 Y0 G19 G98 M5 M90 M105 G50S3=2000 G97S3=1500M103 G00X38. Z35.011 X24.588 G01X15.588F60.M08 Z44.988 Y1.456Z44.989 Z34.992 Y-1.544 Z44.988 Y-4.544Z44.987 Z35.015 Y-1.544 Z44.988 Y-4.544Z44.987 Z34.992 Y-1.544 Z44.988 Y-4.544Z44.987 Z35.015 G00X38. M09 M92 M105 G28U0 N130(Tronzado torno) G54G40G80 G43.1 G28 U0 G28 V0 T0101 G0 Y0 G18 G99 G50S1=1500 G96S1=150M03 G00X26. Z48. G01X19.F0.05M08 G00X20. G01X18. G00X19. G01X17. G00X18. G01X16. G00X17. G01X15. G00X16. G01X14. G00X15. G01X13. G00X14. G01X12. G00X13. G01X11.	Y1.456Z44.989 Z34.992 Y-1.544 Z44.988 Y-4.544Z44.987 Z35.015 G00X38. C240. Y4.456Z35.011 X24.588 G01X15.588 Z44.988 Y1.456Z44.989 Z34.992 Y-1.544 Z44.988 Y-4.544Z44.987 Z35.015 G00X38. C300. Y4.456Z35.011 X24.588 G01X15.588 Z44.988 Y1.456Z44.989 Z34.992 Y-1.544 Z44.988 Y-4.544Z44.987 Z35.015 G00X38. M09 M92 M105 G28U0 N130(Tronzado torno) G54G40G80 G43.1 G28 U0 G28 V0 T0101 G0 Y0 G18 G99 G50S1=1500 G96S1=150M03 G00X26. Z48. G01X19.F0.05M08 G00X20. G01X18. G00X19. G01X17. G00X18. G01X16. G00X17. G01X15. G00X16. G01X14. G00X15. G01X13. G00X14. G01X12. G00X13. G01X11.	G00X12. G01X10. G00X11. G01X9. G00X10. G01X8. G00X9. G01X7. G00X8. G01X6. G00X7. G01X5. G00X6. G01X4. G00X5. G01X3. G00X4. G01X2. G00X3. G01X1. G00X2. G01X0. G00X1. G01X-1. G00X26. M09 G28U0 M30 %	
---	--	---	--	--

