

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN POST-PROCESADOR DESDE
EL SOFTWARE NX HACIA EL TORNO HASS ST-10”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MÁSTER (MSc) EN
MATERIALES, DISEÑO Y PRODUCCIÓN**

Ing. Washington Ramón Jiménez Brito
wjimenez1968@yahoo.es

Ing. Cristian Andrés Leiva González
leivand@hotmail.com

DIRECTOR DEL PROYECTO: Ing. Iván Zambrano MSc.
ivan.zambrano@epn.edu.ec

MAYO – 2014

DECLARACIÓN

Nosotros, Washington Ramón Jiménez Brito y Cristian Andrés Leiva González, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por el Reglamento y por la normativa institucional vigente.

.....
Ing. Washington Ramón Jiménez Brito

.....
Ing. Cristian Andrés Leiva González

CERTIFICACIÓN

Certifico que el proyecto de grado titulado “Diseño e Implementación de un Post-procesador desde el Software NX hacia el torno HASS ST-10”, fue realizado en su totalidad por los Señores Ingenieros Washington Ramón Jiménez Brito y Cristian Andrés Leiva González, como requerimiento parcial para la obtención del título de Máster en Materiales, Diseño y Producción, bajo mi Supervisión.

.....
Ing. Iván Zambrano MSc.

Director

CONTENIDO

DECLARACIÓN	2
CERTIFICACIÓN	3
CONTENIDO	4
RESUMEN	10
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. GENERALIDADES.....	12
1.1.1. ANTECEDENTES.....	12
1.1.2. OBJETIVOS.....	13
1.1.3. Alcance.....	13
1.1.4. Metodología.....	14
1.2. Marco Teórico	15
1.2.1. El Post Procesamiento	15
1.2.2. Diseño del Post Procesador.....	19
CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.....	28
2.1. Software del torno HASS ST-10	28
2.2. Hardware del torno HASS ST-10.....	29
2.3. Comandos de operación del torno HASS ST-10	30
2.4. Códigos del Software NX.....	30
2.5. Códigos del controlador del torno HASS ST-10.....	31
CAPÍTULO 3. DESARROLLO DE SOFTWARE	34
3.1. Desarrollo del Programa	34

3.2. Validación del Programa	48
CAPÍTULO 4 VALIDACIÓN PRÁCTICA.....	50
4.1. Implementación del Programa	50
4.2. Pruebas de Funcionamiento	50
4.2.1. Definición de la geometría de la pieza y el stock	53
4.2.2. Verificación de los sistemas de coordenadas	54
4.2.3. Definición de las zonas de colisión	56
4.2.4. Creación de Herramientas	59
4.2.5. Operaciones	61
CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	68
5.1. Conclusiones	68
5.2. Recomendaciones.....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXOS	71
ANEXO 1 FUNCIONES DEL TORNO HASS ST-10.....	71
ANEXO 2 CREACIÓN DE HERRAMIENTAS.....	77
ANEXO 3 PROGRAMACIÓN DE OPERACIONES.....	83
ANEXO 4 CODIGOS G.....	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1 Especificaciones Torno HASS ST 10.....	29
Tabla No. 2 Códigos M del torno HASS ST-10	32
Tabla No. 3 Código G del torno.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1 Función del post procesador	16
Figura No. 2 Bloques Secuenciales de Ejecución del Post Procesador.....	19
Figura No. 3 Fotografía del torno HASS ST-10.....	28
Figura No. 4 Operaciones de Torneado en el Software NX	31
Figura No. 5 Inicio de Software NX/Post Builder 8.0.0	34
Figura No. 6 Ventana Crear un post procesador nuevo	35
Figura No. 7 Introducción de Parámetros General de torno HASS ST-10	36
Figura No. 8 Bloques post procesadores de la Secuencia Inicial del Programa.....	37
Figura No. 9 Programación bloque post procesador PB_CMD_date_time_stamp.....	38
Figura No. 10 Programación bloque post procesador PB_CMD_init_thread	39
Figura No. 11 Programación bloque post procesador PB_CMD_start_of_program_initial_codes.....	39
Figura No. 12 Bloques post procesadores de la Secuencia inicial de la Operación..	40
Figura No. 13 Programación bloque post procesador “PB_CMD_turn_start”.....	41
Figura No. 14 Programación bloque post procesador “PB_CMD_lower_turret_tcode”	41
Figura No. 15 Programación bloque post procesador “PB_CMD_output_path_name”	42
Figura No. 16 Programación bloque post procesador “output_work_plane_code”....	43
Figura No. 17 Programación bloque post procesador (“spindle_off”).....	43
Figura No. 18 Programación bloque post procesador G0 T\$lower_tcode.....	44
Figura No. 19 Programación bloque post procesador “PB_CMD_spindle_sfm_prestart”).....	44
Figura No. 20 Programación bloque post procesador “PB_CMD_spindle_prestart” .	45

Figura No. 21 Programación Bloques post procesadores para “Trayectoria para Herramienta”	45
Figura No. 22 Programación de la Secuencia Final de Operación.....	47
Figura No. 23 Programación bloque post procesador “PB_CMD_end_of_operation”	47
Figura No. 24 Programación de la Secuencia Final del Programa.....	48
Figura No. 25 Plano de Pieza.....	50
Figura No. 26 Modelado 3D	51
Figura No. 27 Proceso de Fabricación en NX	52
Figura No. 28 Ventana pieza de trabajo, en vista de geometría.....	53
Figura No. 29 Selección material en bruto, en vista de geometría	53
Figura No. 30 Selección posición material en bruto	54
Figura No. 31 Sistema de coordenadas de la máquina.....	55
Figura No. 32 Posicionamiento del sistema de coordenadas de máquina	55
Figura No. 33 Posición del sistema de coordenadas de referencia.....	56
Figura No. 34 AVOIDANCE.....	56
Figura No. 35 Ubicación AVOIDANCE.....	57
Figura No. 36 Creación CONTAINMENT	58
Figura No. 37 Ubicación CONTAINMENT	58
Figura No. 38 Vista de la máquina	59
Figura No. 39 Crear herramienta.....	60
Figura No. 40 Parámetros cuchilla trapecial.....	60
Figura No. 41 Modelado Parte 1	62
Figura No. 42 Crear operación Refrentado	63
Figura No. 43 Parámetros operación refrentado	64

Figura No. 44 Límites de la operación Refrentado	65
Figura No. 45 Trayectoria operación Refrentado	65
Figura No. 46 Ventana Postprocesar.	66
Figura No. 47 Pieza Maquinada en Torno HASS ST-10.....	67

RESUMEN

El proyecto realizado es el Diseño e Implementación de un Post-procesador desde el software NX hacia el torno HASS ST-10 de la empresa CEMAIN.

Este es un proyecto enfocado a uno de los ejes principales que debe cumplir la universidad en el país, como es la vinculación con la sociedad, al dar una solución tecnológica ante un requerimiento de la empresa CEMAIN en una de sus máquinas CNC, la misma que no puede ser operada con la seguridad y versatilidad que brindan los software CAD, CAM y CAE actuales, por el alto costo de adquirir una solución a nivel internacional.

La empresa CEMAIN, dedicada a la fabricación de piezas de repuesto de maquinaria industrial, diseño y construcción de maquinaria y asistencia integral de mantenimiento industrial, hace 4 años ha empezado a adquirir máquinas de control numérico para mejorar la precisión y calidad de sus servicios, entre ellas cuenta con un torno de control numérico marca HASS modelo ST-10, el mismo que lo ha venido operando de manera manual, es decir introduciendo los comandos de operación directamente en su panel de control lo que significa que no está aprovechando la capacidad de la misma y está poniéndola en riesgo, ya que cualquier error en el código que ingrese puede ocasionar por ejemplo un choque de una herramienta con la máquina.

Para ello existen los software CAD, CAM y CAE, que permiten al operador de la máquina, realizar la programación de todas las operaciones que necesita para realizar una pieza en la máquina CNC y simular la manufactura de la pieza en el computador y estar seguro de todo el proceso y optimizarlo de ser posible.

Estas dos tecnologías, las máquinas CNC por un lado y los software CAD, CAM y CAE por otro no están estandarizados por completo y cada fabricante de máquina CNC o diseñador de software tiene sus particularidades. Para poder compatibilizar estas dos tecnologías existen los Post-procesadores, que ajustan el lenguaje de

salida del software CAD, CAM y CAE para que la máquina CNC la entienda y ejecute por completo.

Es por ello que para este proyecto primero se trabaja en el torno HASS ST-10 para comprender todos los requerimientos de sus programas, como son el encabezado del programa, la manera en que se programan sus códigos G y el final del programa. Para esto se estudia de manera detallada su manual, el torno y también se apoya con el conocimiento del operador de esta máquina que conoce bien sus funciones.

Por otro lado se estudia el software CAD, CAM y CAE, para este proyecto es el software NX 8.0, se enfoca el análisis a comprenderlo y las operaciones para las cuales la empresa CEMAIN utiliza el torno, como son: refrentado, cilindrado (desbaste), cilindrado (acabado), roscado, ranurado.

Una vez que se tiene claro las dos tecnologías, se busca un software de apoyo para programar el Post-procesador y ajustar el archivo de salida de códigos G del software NX para que el torno HASS ST-10 lo pueda compilar y ejecutar, se encuentra un software de la misma firma del NX que es Siemens, que es el NX/Generador de post procesadores 8.0. en donde se realiza la programación.

Finalmente para validar al Post-procesador se realizan pruebas de todas las operaciones que el torno realiza, estas pruebas son reales en el taller, muy importantes para realizar algunos ajustes y dejar el Post-procesador a satisfacción de la empresa CEMAIN.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

1.1.1. ANTECEDENTES

El sistema CAD, CAM y CAE (Diseño, ingeniería y manufactura asistida por computador), es una herramienta que permite al diseñador tener la suficiente certeza de que los mecanismos o piezas mecánicas funcionan correctamente con las condiciones de trabajo para las que fueron diseñadas (Coticchia, Crawford, & Preston, 2004).

El proceso CAM (Manufactura asistida por computador), permite la producción en serie, con especificaciones de ajustes, acabado superficial, pesos, tensiones por maquinados, entre otros, iguales en todas las piezas de un lote de producción (Coticchia, Crawford, & Preston, 2004).

Sin embargo, el costo y el desconocimiento del software para el post-procesado constituyen un impedimento para que esta tecnología pueda ser utilizada en nuestro país, al quedar subutilizada la capacidad de máquinas con control numérico que no pueden ser operadas directamente desde Software de CAD-CAM.

Para este proyecto, se dispone de un torno HASS ST-10, el cual no puede ser operado a través de un software por falta de un post procesador, lo que representa un riesgo para la operación del equipo, ya que una parte importantísima del software, es la simulación, en donde se puede visualizar si la programación realizada es la correcta y así evitar desperdicio de material y movimientos incorrectos que puedan impactar la máquina, dando como resultado el daño del equipo.

1.1.2. OBJETIVOS

1.1.2.1. Objetivo General

Diseñar e implementar un post-procesador desde el Software NX hacia el Torno HASS ST-10.

1.1.2.2. Objetivos Específicos

- a) Obtener la información técnica del Torno HASS ST-10 tanto en Hardware como en Software.
- b) Determinar los comandos, códigos y encabezados necesarios para la programación y operación correcta del Torno HASS ST-10.
- c) Obtener un programa que realice las correcciones en los códigos para realizar las operaciones correctas en el torno HASS ST-10.
- d) Validar el programa con pruebas de funcionamiento del Torno HASS ST-10.

1.1.3. Alcance

- a) Estudiar el Hardware y Software del torno HASS ST-10 (controlador).
- b) Analizar los comandos de operación del torno HASS ST-10, así como sus códigos G y M, los encabezados y finales de los programas.
- c) Implementar un programa que filtre los códigos generados por el software NX, en el controlador del torno HASS ST-10.

- d) Realizar pruebas de funcionamiento de las operaciones usadas por la empresa CEMAIN en el torno HASS ST-10.

1.1.4. Metodología

Este proyecto es de carácter único, de tipo informático para la aplicación específica del post procesamiento para el torno HASS ST-10 de la empresa CEMAIN.

En primer lugar, se realiza una recolección y análisis de información del torno ST-10, con este estudio se tuvo claro la forma que debe tener el programa y también todas las variables que requiere cada uno de los códigos G y M.

Por otro lado, se analiza el software Siemens NX. El comprender las operaciones, parámetros, variables que permitan programar el software es el complemento para enlazarlo con el torno a través del post procesador. En este punto, hay que tomar en cuenta que el software es muy amplio y completo, y el estudio se lo realiza al detalle en las operaciones o al nivel que la empresa CEMAIN utiliza en el torno.

Con toda la información previa se efectúa la programación del post procesador. Esta programación se la realiza en un software de programación de post procesadores para optimizar funciones que son similares para los diferentes controladores.

La validación del post procesador se la lleva a cabo con pruebas prácticas en el torno con las operaciones definidas por la empresa CEMAIN, con estas pruebas se ajusta la programación, con ajustes prueba – error, hasta tener el desempeño óptimo del post-procesador.

1.2. Marco Teórico

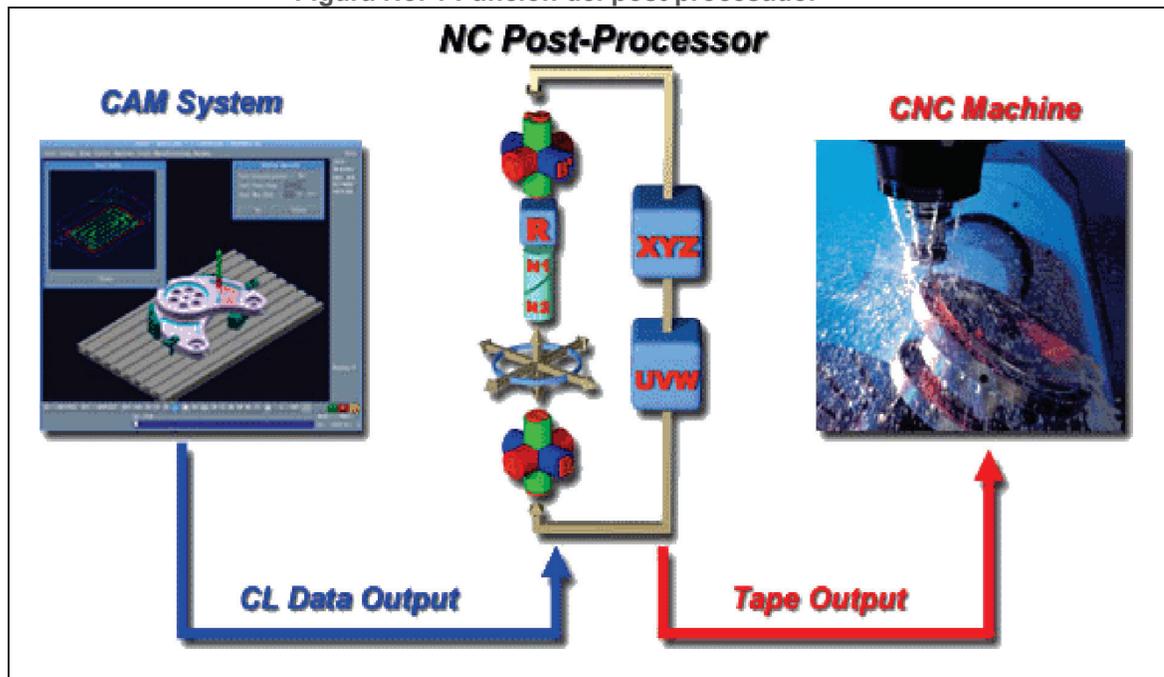
1.2.1. El Post Procesamiento

En un inicio un post-procesador fue considerado como una herramienta de interfaz entre la fabricación asistida por ordenador (CAM) y sistemas de control numérico (CN), un simple traductor, para leer las instrucciones de fabricación emitidos por un sistema CAM y la escritura para una interpretación adecuada para una máquina de destino CN. Sin embargo, actualmente el post-procesamiento ha evolucionado para incluir un rango dinámico de herramientas de optimización en código que son responsables para la salida del código de máquina herramienta más eficiente y productiva posible (Coticchia, Crawford, & Preston, 2004).

El post-procesamiento CN es responsable de la unión de dos tecnologías muy diferentes y que a menudo sirve para compensar las debilidades en cada extremo. Ahí, está el éxito de un post-procesador, ya que puede mejorar la tecnología o puede inhibirla, dependiendo de su aplicación.

Para entender como un post-procesador puede mejorar la tecnología, ayudar a saber cómo y por qué ha evolucionado el post procesamiento, cómo se ha aplicado tradicionalmente y cómo la aparición de avanzados sistemas de post-procesamiento ha cambiado la forma en que se utiliza hoy en día. A continuación, se muestra como post-procesadores pueden ser utilizados como componentes claves en la automatización de una máquina.

Figura No. 1 Función del post procesador



Fuente: (Coticchia, Crawford, & Preston, 2004)

1.2.1.1. El post procesador

La mayoría de sistemas CAM genera uno o más tipos de archivos de idioma neutros que contienen instrucciones para una máquina CNC. Estos pueden venir en un formato binario llamado CLDATA o algún otro formato ASCII legible adaptado después del lenguaje APT (ICAM Technologies., 2012).

APT es un acrónimo de "herramientas automáticamente programadas", software que acepta geometría simbólica e instrucciones de fabricación y genera CLDATA para describir la operación de manufactura en términos absolutos. Algunos sistemas CAM proporcionan un alto grado de flexibilidad, permitiendo que cualquier cosa se incluya en el archivo neutro, otros son muy estrictos sobre lo que pueden y no pueden ser incluidos (McMahon & Browne, 1998).

En el otro extremo del flujo se encuentra la máquina CNC. Se requiere una entrada personalizada para el controlador que se utiliza y posiblemente en menor medida, el

operador ejecuta la máquina. Lo más importante, es que la máquina CNC debe ser conducida de una manera que satisfaga los criterios de taller, que se basan principalmente en la seguridad y la eficiencia.

En el medio de los procesos se encuentra el post-procesador. El post-procesador es el software responsable de traducir las instrucciones neutras desde el sistema CAM en las instrucciones específicas requeridas por la máquina CNC (Figura 1).

Este programa responde a las necesidades específicas y las limitaciones del sistema CAM, máquina CNC y entorno de fabricación. Por lo tanto, post-procesamiento es una parte importante de la automatización de fábrica, como algo que se encuentra en la ruta crítica entre el ingeniero de diseño y el departamento de manufactura (McMahon & Browne, 1998).

1.2.1.2. Ventajas del Post Procesamiento

Post-procesadores pueden hacer muchas otras cosas además de la traducción de los códigos CLDATA a códigos CN (control numérico) de máquina. Por ejemplo, un post-procesador puede resumir traslados a ejes, alimentación y límites de velocidad, tiempo de ejecución del trabajo y el uso de información de la herramienta, lo que permite una mejor selección y programación de los recursos (Coticchia, Crawford, & Preston, 2004).

Post-procesadores más sofisticados puede validar el programa antes de que se ejecute en la máquina. Hay muchas reglas sencillas que un post-procesador puede seguir, con mensajes de alerta que aparecen cuando estas reglas son violadas. Algunos ejemplos: Señalar si una herramienta no está seleccionada al inicio del programa, alertar cuando los movimientos de avance se realizan con el mandril parado, etc.

Más allá de una simple validación viene una corrección. Hay muchas situaciones donde un post-procesador puede detectar un error y corregirlo. Algunos ejemplos son (ICAM Technologies., 2012):

- Una selección incorrecta o inexistente de la velocidad del mandril (el post-procesador debe seleccionar un rango de velocidad permitida), o
- Especificar un tipo de refrigerante disponible (el post-procesador debe seleccionar el mejor tipo).

Los mejores post-procesadores mantienen una visión global de todo el trabajo en todo momento, usando los siguientes eventos para tomar decisiones acerca de los eventos actuales. El programador CNC utiliza esta información para optimizar el trabajo sin intervención.

Por ejemplo:

1. Pre-selección de la siguiente herramienta, tan pronto como sea físicamente posible.
2. Seleccionando la relación de velocidad del mandril que mejor se ajusta a los requisitos de velocidad actual y siguiente.
3. Conmutación inteligente entre ejes paralelos (Z y W) basado en los tipos de operaciones próximas y los límites disponibles de viaje.

1.2.2. Diseño del Post Procesador

1.2.2.1. Estructura del Post procesador

El post procesador está estructurado por bloques secuenciales de ejecución cada uno de los cuales a su vez está compuesto por bloques post procesadores. En la siguiente figura se presenta la estructura de bloques secuenciales de ejecución.

Figura No. 2 Bloques Secuenciales de Ejecución del Post Procesador



Fuente: (Los Autores)

Secuencia Inicial de Programa. Contiene los bloques post procesadores necesarios para el encabezado del programa para el torno, por ejemplo aquí se deberá colocar %, como la primera línea del programa, este es un requisito del torno, trabaja como un delimitador de inicio de programa. También se puede colocar un nombre al programa, generar algún mensaje de texto informativo, se deberá poner los códigos necesarios para saber el sistema de unidades en el que se va a trabajar, etc.

Secuencia Inicial de Operación. En este bloque se programa el encabezado de las operaciones que forman parte del programa a ejecutarse en el torno, por ejemplo aquí se podrá colocar el nombre de la operación que se va a ejecutar, definir los planos de trabajo, parar el husillo, definir la herramienta con la que se va a trabajar y su compensación, etc.

Trayectoria para herramientas. En este bloque se programa las movimientos de la cuchilla en las diferentes operaciones, por ejemplo si se va a realizar una rosca recta, se puede utilizar el código G92 seguido de algunos parámetros, que pueden ser X, Z y F; dónde X es la posición absoluta en el eje X del objetivo, Z es la posición absoluta en el eje Z del objetivo y F es el paso del roscado, entonces el código queda programado de la siguiente manera G92 X Z F, la información de todos los códigos se la obtiene del Manual de Operación del Torno.

Secuencia Final de Operación. En este bloque se programa las líneas al finalizar la operación, que pueden ser apagar refrigeración con el código M9, retornar los ejes a la posición cero de la máquina, esto se puede realizar con el código G28, etc.

Secuencia Final del Programa. Aquí se programan los líneas para finalizar el programa, por ejemplo: parar el husillo con el código M5, finalizar el programa con el código M30, mostrar la última línea del programa que es el símbolo % ya que el torno requiere este delimitador de fin de programa, etc.

Dentro de los bloques secuenciales de ejecución están los bloques post procesadores que ejecutan los diferentes procedimientos, los mismos que son programados bajo un lenguaje de programación con información de las variables que se obtienen del software NX 8.0. y con la lógica del programador que es consistente con la operación del Torno HASS ST-10.

La sintaxis que se empleó para la declaración de cada bloque post procesador es la siguiente:

PB_CMD_nombre del bloque

En dónde: PB significa PostBuilder; y, CMD significa comando.

1.2.2.2. Lenguaje de Programación

Dentro de cada bloque post procesador, se emplea el lenguaje de programación “Tool Command Language” (TCL), entre sus principales características podemos mencionar:

- No requiere de compilación
- Su estructura de programación es similar a C; y,
- Es un lenguaje libre

El software NX 8.0 y su módulo CAM Express, emplea para manejar la información de salida un “Manufacturing Output Manager” (MOM), el mismo que trabaja bajo el mismo lenguaje de programación TCL, es por ello que se toma la información de las variables del NX8.0 para la programación de los bloques post procesadores con la misma sintaxis.

La sintaxis y los comandos de TCL son los siguientes:

Variables

Para declarar una variable se debe anteponer la palabra `mom_nombre` de la variable. Es importante que `mom_` debe estar en minúsculas, ya que en mayúsculas tiene otro significado.

Por ejemplo si necesito declarar una variable que se llame usuario, se lo realiza así:

```
mom_usuario
```

Símbolos

Se cuenta con los siguientes símbolos para la estructura de programación:

{ } o [] o ().

{ } es empleado en el comando `if` y en el comando `procs`

[] es empleado al ejecutar un comando dentro de otro

() es empleado para arreglo de variables

Adicional a estos símbolos tenemos los siguientes símbolos:

➤ \$

➤ #

El símbolo \$ sirve para tomar el valor de una variable, se lo utiliza anteponiéndolo a la variable que se quiere tomar el valor, por ejemplo si se necesita tomar el valor de la variable usuario, la sintaxis es la siguiente:

```
$usuario
```

El símbolo #, sirve para escribir un comentario, se lo utiliza anteponiéndolo al comentario que se quiere indicar en el programa, por ejemplo queremos indicar que

la variable usuario es una variable que contiene el nombre de quien programo en NX, de la siguiente manera:

```
# La variable usuario contiene el nombre de quien programó en NX.
```

Comandos

Comando set

El comando set, se emplea para asignar un valor a una variable, su estructura es la siguiente:

```
Set [espacio] nombre variable [espacio] valor
```

Por ejemplo, a la misma variable usuario le quiero asignar el valor de Cristian, su sintaxis es:

```
set usuario Cristian
```

Otro ejemplo es:

```
set co $mom_sys_control_out
```

Lo que realiza es asignar a la variable co el valor de la variable mom_sys_control_out.

Comando global

El comando global, sirve para adquirir el valor de una variable, su estructura es la siguiente:

Global [espacio] nombre de variable

Por ejemplo supongamos que NX8.0, como salida tiene una variable llamada mom_sys_control_out, y queremos obtener su valor para usarla en la programación, se usa el comando global de la siguiente manera:

```
global mom_sys_control_out
```

Comando MOM

El comando MOM_ es el comando que se emplea para definir comandos post procesadores, su estructura es la siguiente:

```
MOM_nombre del comando
```

De esta manera se crea un comando para el post procesador; por ejemplo si se quiere un comando para obtener la fecha, lo declaramos así:

```
MOM_fecha
```

Con esto está creado el comando fecha, dentro de este comando se debe programar para obtener la fecha y si se quiere mostrarla como texto. Es importante mencionar que el programa NX/Post Builder 8.0, tiene una base de comandos ya programados, los cuales se pueden utilizar en caso de requerirse, buscando el nombre exacto del comando que ejecute la acción deseada.

Comando if

El comando if sirve para comprobar si una condición es verdadera, en caso de serla ejecuta lo que se programe, su estructura es la siguiente:

If {condición a comprobar si es verdadera} {si es verdadera ejecute esto}

Por ejemplo, se quiere verificar que 5 es mayor que 2, si es verdadero se tiene que indicar el texto “ 5 es mayor que 2”, la sintaxis es la siguiente:

```
If { 5>2 } {MOM_output_literal“5 es mayor que 2”}
```

Comando if/else

El comando if/else sirve para comprobar si una condición es verdadera o falsa, en caso de verdadera ejecuta unas líneas de programación caso contrario ejecuta otras líneas de programación, su estructura es la siguiente:

```
If {condición a comprobar que es verdadera o falsa} {en caso de ser verdadera ejecute esto} else {en caso de ser falso ejecute esto}
```

Si en el ejemplo anterior, usamos este comando, lo que se adiciona es lo que se quiere ejecutar en caso que la condición sea falsa, para el ejemplo que muestre el texto “5 no es mayor que 2”, el programa es el siguiente:

```
If { 5>2 } {MOM_output_literal“5 es mayor que 2”} else {MOM_output_literal“5 no es mayor que 2”}
```

Comando info

Este comando se emplea para evitar errores, se lo utiliza en conjunto con el comando if y el comando exists, para verificar si una variable contiene información, en caso de ser afirmativo, ejecuta las líneas programas dentro del comando if. Su estructura es la siguiente:

```
if [info [espacio]exists [espacio] variable] {ejecuta}
```

Por ejemplo queremos indicar el texto “si contiene”, si la variable usuario tiene un valor asignado, la programación es la siguiente:

```
if [info exists usuario] {MOM_output_literal “si contiene”}
```

Comando proc

Este comando permite crear un nuevo comando, en función de los argumentos que se tienen y el resultado que se quiera obtener, su estructura es la siguiente:

```
proc { nombre del comando } { argumentos } {
    tareas a ejecutarse
}
```

Comando switch

El comando switch es similar al comando if, lo que realiza es comparar el contenido de una variable con algunas opciones que se enlistan, dependiendo de cuál opción es la verdadera, ejecuta el comando correspondiente a esa opción. Su estructura es la siguiente:

```
Switch [espacio] variable {
    “opción 1” {comando o líneas de programación a ejecutarse si la opción es verdadera}
    “opción 2” {comando o líneas de programación a ejecutarse si la opción es verdadera}
    “opción 3” {comando o líneas de programación a ejecutarse si la opción es verdadera}
}
```

Por ejemplo, sabemos que la variable usuario contiene la palabra Cristian, para entender cómo funciona este comando, vamos a suponer que no sabemos que palabra contiene, pero sabemos que las opciones son: Cristian, Washington y Carlos; y queremos que el programa genere como salida el nombre que contenga, la programación de esto es la siguiente:

```
switch $usuario {  
    "Cristian" { MOM_output_literal"El nombre del usuario es Cristian" }  
    "Washington" { MOM_output_literal"El nombre del usuario es Washigton" }  
    "Carlos" { MOM_output_literal"El nombre del usuario es Carlos" }  
}
```

Comando expr

El comando expr, permite ejecutar operaciones matemáticas, su estructura es la siguiente:

expr[espacio]nombre variable o valor numérico[espacio]símbolo de la expresión matemática[espacio]nombre de la variable o valor numérico

Por ejemplo se quiere sumar dos número (5+2), la programación es la siguiente:

```
expr 5 + 2
```

Al usar este comando dará como salida el resultado que es el número 7.

CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

2.1. Software del torno HASS ST-10

Para cumplir con el objetivo que motiva este estudio, a continuación se presenta el Software con el que cuenta el torno HASS ST-10.

Versión: L11.00E

Fecha de instalación: 4 de Febrero del 2011

Modelo: ST10

Software: MOCON 17.04

Este es un software original de la máquina marca HAAS, el mismo que es CERRADO, lo que significa que no se puede intervenir de ninguna forma en el software del torno ST-10, y obliga a que todo archivo de programa que se quiera ingresar para que sea compilado y ejecutado debe cumplir todos sus requerimientos.

Figura No. 3 Fotografía del torno HASS ST 10



Fuente: (Hass Automation Inc., 2010)

2.2. Hardware del torno HASS ST-10

Las especificaciones del hardware del torno HASS ST-10, incluido todas sus características técnicas y capacidades se presentan a continuación:

Tabla No. 1 Especificaciones Torno HASS ST 10

ST-10		
DIAMETROS DE GIRO	Sistema Americano	Sistema Métrico
Sobre bancada	25.25 “	641 mm
Sobre carro transversal	16.25 “	413 mm
Sobre contrapunto	23.50 “	597 mm
CAPACIDADES	Sistema Americano	Sistema Métrico
Tamaño del Plato de sujeción	6.5 “	165 mm
Diámetro máximo de corte	14.0 “	356 mm
Longitud máxima de corte	14.0 “	356 mm
Recorridos y Velocidades	Sistema Americano	Sistema Métrico
Eje X	7.88 “	200.2 mm
Eje Z	14 “	356 mm
Velocidad en X	1200 in/min	30.5 m/min
Velocidad en Z	1200 in/min	30.5 m/min
Fuerza máxima en X	3300 lb	14679 N
Fuerza máxima en Z	3300 lb	14679 N
HUSILLO	Sistema Americano	Sistema Métrico
Potencia Máxima	15 hp	11.2 Kw
Velocidad Máxima	6000 rpm	6000 rpm
Torque Máximo	75 ft-lb @ 1300 rpm	102 Nm @ 1300 rpm
TORRETA	Sistema Americano	Sistema Métrico
Número de herramientas	12	12
Herramientas OD e ID	Cualquier combinación	Cualquier combinación

ST-10		
Tamaño de herramienta (OD)	0.75 "	19.1 mm
Índice de tiempo (una herramienta)	0.5 sec	0.5 sec
GENERAL	Sistema Americano	Sistema Métrico
Aire requerido	4 scfm, 100 psi	113 L/min, 6.9 bar
Capacidad de Refrigerante	30 gal	114 L
Peso de la Máquina	5000 lb	2268 kg

Fuente: (Hass Automation, Inc., 2010)
Elaborado por: los autores

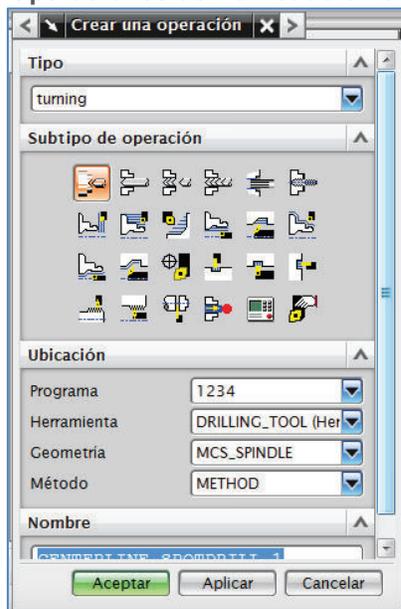
2.3. Comandos de operación del torno HASS ST-10

Los comandos de operación del torno HASS ST -10 se exponen en el anexo 1, en el cual se encuentra una descripción detallada de la operación del torno HASS ST-10, para sus diferentes modos de operación, entrada manual de datos, programas numerados, programas a través de RS232, USB.

2.4. Códigos del Software NX

El software NX 8.0, es un CAD, CAM y CAE completo que sirve para funciones de fresado, torneado, torno fresador, multiejes y moldes. La función en estudio es Torneado, por ello se puede ver en la figura 3., en la sección "Tipo" se ha seleccionado "turning" (torneado), esto se debe tener presente para ver las operaciones que el software NX tiene capacidad de realizar y se muestran en la figura 3., en la sección "Subtipo de operación".

Figura No. 4 Operaciones de Torneado en el Software NX



Fuente: (McMahon & Browne, 1998)

Elaborado por: los autores

De las cuales los principales subtipos de operaciones de torneado que el software NX dispone, y que la empresa CEMAIN utiliza y en las cuales se va a detallar el estudio son:

1. Taladrado con broca de centros
2. Taladrado con broca
3. Rimado
4. Refrentado
5. Cilindrado (Desbaste)
6. Cilindrado (Acabado)
7. Ranurado exterior
8. Ranurado interior
9. Roscado

2.5. Códigos del controlador del torno HASS ST-10

Una vez revisado el manual del torno ST-10, en la tabla 2 se presentan los códigos M junto con su descripción, que el controlador compila y ejecuta.

Tabla No. 2 Códigos M del torno HASS ST-10

LISTA DE CÓDIGOS M	
M00 Parada de programa	M37 Recogedor de piezas hacia abajo (opcional)
M01 Parada opcional del programa	M38 Variación de la velocidad del husillo Encendido
M02 Fin del programa	M39 Variación de la velocidad del husillo Apagado
M03 Sentido horario del husillo	M41 Engranaje bajo (si está equipado con transmisión)
M04 Sentido anti horario del husillo	M42 Engranaje alto (si está equipado con transmisión)
M05 Parada del husillo	M43 Desbloqueo de torreta (sólo para uso de mantenimiento)
M08 Refrigerante encendido	M44 Bloqueo de torreta (sólo para uso de mantenimiento)
M09 Refrigerante apagado	M51-M58 Establecer códigos M de usuario opcionales
M10 Fijar plato de garras (mandril)	M59 Fijar el relé de salida
M11 Liberar plato de garras (mandril)	M61-M68 Desactivar código M de usuario opcional
M12 Chorro de aire automático Encendido (Opcional)	M69 Borrar relé de salida
M13 Chorro de aire automático Apagado (Opcional)	M76 Deshabilitar pantallas
M14 Freno del husillo activado	M77 Habilitar pantallas
M15 Freno del husillo desactivado	M78 Alarma si se encuentra interferencia
M17 Avance del giro de la torreta hacia adelante	M79 Alarma si no se encuentra interferencia
M18 Avance del giro de la torreta en reversa	M85 Abrir puerta automática (opcional)
M19 Orientación del husillo (Opcional)	M86 Cerrar puerta automática (opcional)
M21-M28 Funciones opcionales del usuario	M88 Activa el refrigerante de alta presión (opcional)
M21 Avance de contrapunto	M89 Desactiva el refrigerante de alta presión (opcional)
M22 Retroceso del contrapunto	M93 Inicio de la captura posición del eje
M23 Chaflán de roscado ON	M94 Parada de la captura posición del eje
M24 Chaflán de roscado OFF	M95 Modo reposo
M30 Fin del programa y retorno al inicio del programa	M96 Saltar si no hay señal
M31 Avance del extractor de virutas	M97 Llamar a sub-programa local
M33 Parada del extractor de virutas	M98 Llamada a sub-programa
M36 Recogedor de piezas hacia arriba (opcional)	M99 Retorno o bucle del subprograma

Fuente: (Hass Automation, Inc., 2010)

Elaborado por: los autores

En la tabla 3 se presentan los códigos G junto a su descripción que el controlador del torno ST-10 compila y ejecuta.

Tabla No. 3 Código G del torno

LISTA DE CÓDIGO G	
G00	Posicionamiento con movimiento rápido (Grupo 01)
G01	Movimiento de interpolación lineal (Grupo 01)
G02	Movimiento de interpolación circular CW (sentido de las agujas del reloj)
G03	Movimiento de interpolación circular CCW (sentido contrario a las agujas del reloj) (Grupo 01)
G04	Pausa (Grupo 00)
G09	Parada exacta (Grupo 00)
G10	Establecer correcciones (Grupo 00)
G17	XY/G19 Selección del plano YZ (Grupo 02)
G20	Seleccionar pulgadas/G21 Seleccionar sistema Métrico (Grupo 06)
G28	Retorno a la posición cero de la máquina, establecer punto de referencia opcional G29 (Grupo 00)
G29	Movimiento desde Punto de Referencia (Grupo 00)
G31	Saltar función (Grupo 00)
G32	Mecanizado de rosca (Grupo 01)
G40	Cancelar la Compensación del radio de la herramienta (Grupo 07)
G41	Compensación del radio de la herramienta (TNC) izquierda
G42	TNC Derecha (Grupo 07)
G50	Establecer el corrector de coordenadas FANUC, YASNAC (Grupo 00)
G50	Fijador de Velocidad del husillo
G51	Cancelar correcciones (YASNAC) (Grupo 00)
G52	Establecer sistema de coordenadas locales FANUC (Grupo 00)
G53	Selección de coordenadas de la máquina (Grupo 00)
G54-59	Selección del sistema de coordenadas del #1 al #6 FANUC (Grupo 12)
G70	Ciclo de Acabado (Grupo 00)
G71	Ciclo de desbaste de los Diámetros Exteriores/Interiores (O.D./I.D.) (Grupo 00)
G72	Ciclo de desbaste de refrentado (Grupo 00)
G73	Ciclo de desbaste de una trayectoria irregular (Grupo 00)
G74	Ciclo de ranurado frontal (Grupo 00)
G75	Ciclo de ranurado de los O.D./I.D. (Grupo 00)
G92	Ciclo de roscado (Grupo 01)
G98	Avance por minuto; pulgadas por minuto o milímetros por minuto (Grupo 10)
G99	Avance por revolución; pulgadas por revolución o milímetros por revolución (Grupo 10)

Fuente: (Hass Automation, Inc., 2010)

Elaborado por: los autores

Esta información es básica ya que entorno a estos códigos se programa el post-procesador, ya que son los que el torno ST-10 puede compilar y ejecutar, el detalle de la programación de estos códigos se lo obtiene del Manual del torno HASS ST-10.

CAPÍTULO 3. DESARROLLO DE SOFTWARE

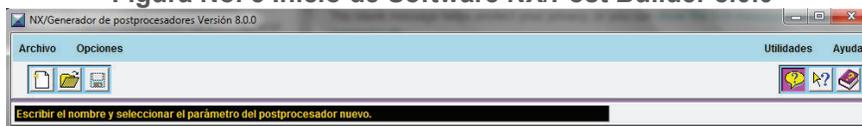
3.1. Desarrollo del Programa

A continuación se detalla la programación del post-procesador, cabe mencionar que para conseguir el diseño del mismo se utiliza el software NX/Post Builder 8.0.0., este es un software para la programación de post procesadores, es de la misma industria de desarrollo de software SIEMENS, propietaria de NX 8.0.

Como se indicó en el capítulo 1, numeral 1.2.2.1 Estructura del Post procesador, la programación se la realiza bajo el lenguaje TCL, y la estructura del post procesador es por bloques secuenciales de ejecución.

En la figura 5, se muestra la primera ventana que aparece al abrir el software NX/Post Builder 8.0.0., en esta ventana se tiene tres íconos, para crear un nuevo post procesador, para abrir uno ya existente y el ícono para grabar.

Figura No. 5 Inicio de Software NX/Post Builder 8.0.0



Elaborado por: los autores

Se selecciona el ícono para crear un nuevo post procesador, con lo cual aparece la ventana “Crear un postprocesador nuevo”, en la que se define: el nombre del post procesador, una descripción breve, la unidad de salida del postprocesador, si es en pulgadas o milímetros, la máquina herramienta si es Fresado, Torno o Electroerosión por hilo, como se muestra en la figura 6, y se da clic en aceptar.

Figura No. 6 Ventana Crear un post procesador nuevo

Elaborado por: los autores

Previo a la programación de los bloques post procesadores se ingresan las características físicas del torno en la opción Máquina Herramienta, que se detalla a continuación:

El ícono de guardar de la figura 5, siempre se lo tiene disponible para ir guardando el post procesador conforme se avance en su programación. Es importante mencionar que al grabar, se crean automáticamente tres archivos con el mismo nombre del post procesador con las siguientes extensiones:

.pui

.def

.tcl

Máquina Herramienta

Es el primer paso del diseño del post-procesador, aquí se ingresan los parámetros generales del torno, cómo límites de recorrido, límites de velocidad, si se trabaja en unidades métricas o inglesas, si el torno dispone de una o dos torretas de herramientas, como se puede observar en la figura 7.

Esta información se la obtiene del manual de operación del torno HASS y de la empresa CEMAIN al revisar la documentación técnica de la compra del torno, esta información se encuentra en la tabla 1. Especificaciones Torno HASS ST-10.

a) Parámetros Generales

Figura No. 7 Introducción de Parámetros General de Torno HASS ST-10

Elaborado por: los autores

3.1.1 Programación de Bloques Secuenciales de Ejecución

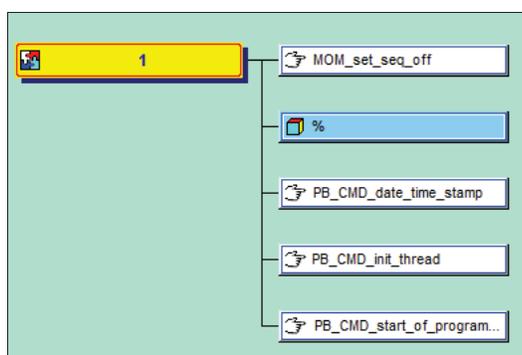
Esta es la parte esencial del post procesador, de acuerdo al capítulo 1, numeral 1.2.2.1 Estructura del Post procesador, los bloques secuenciales de ejecución que comprenden el post procesador son los siguientes:

- a) Secuencia inicial del programa
- b) Secuencia inicial de la operación
- c) Trayectoria para herramienta
- d) Secuencia final de la operación
- e) Secuencia final de programa

A continuación se detalla la programación de cada uno de los bloques post procesadores que su vez forman parte de los bloques secuenciales de la estructura del post procesador. La programación se la realizó de acuerdo al capítulo 1, numeral 1.2.2.2 Lenguaje de Programación.

a) Secuencia Inicial del Programa

Figura No. 8 Bloques post procesadores de la Secuencia Inicial del Programa



Elaborado por: los autores

La Secuencia Inicial del Programa está comprendido por 5 bloques post procesadores, a continuación se define qué es lo que realiza cada bloque en función de los requerimientos del turno:

Bloque 1

MOM_set_seq_off

Este bloque está comprendido únicamente por el comando `MOM_set_seq_off`, que su función es no generar un número de secuencia, es decir no colocaremos numeración de las líneas de programación post procesadas, ya que el controlador del turno no acepta que contenga esta numeración.

Bloque 2

`%`

Aquí se coloca el delimitador de inicio de programa, que es el símbolo %, este es un requerimiento del controlador del torno para saber que inicia un programa.

Bloque 3

Figura No. 9 Programación bloque post procesador PB_CMD_date_time_stamp

```
global mom_date

set date1 [string toupper $mom_date]
MOM_output_text "( ESCUELA POLITECNICA NACIONAL)"
MOM_output_text "( TESIS DE MAESTRIA EN MATERIALES, DISENO Y PRODUCCION)"
MOM_output_text "( DISENO DE UN SOFTWARE POSTPROCESADOR DESDE NX 8 HACIA EL TORNO HASS ST10)"
MOM_output_text "( POST PROCESADO EL: $date1)"
```

Elaborado por: los autores

En el bloque 3, se programa para colocar una tarjeta de identificación del post procesador, así como para identificar la fecha y hora en la que se realiza el post-procesamiento.

Para ello primero tomamos el valor de la variable mom_date, con el comando global. Esta variable mom_date contiene el valor de la fecha en que se realiza el post procesado en el siguiente formato: día mes día hora año (MON MAY 05 13:41:54 2014,).

El valor de esta variable le asignamos a una variable local llamada date1.

Luego usamos el comando MOM_output_text "", que permite mostrar textualmente lo que se encuentre entre comillas (""), ahí se le colocó como título de nuestro post procesador a nuestra universidad, el tema de la tesis y la fecha en que se realice el post proceso. Es muy importante por temas de trazabilidad en una empresa conocer la fecha que se realiza un programa, por ello CEMAIN solicita se coloque la fecha de post procesado.

Bloque 4

Figura No. 10 Programación bloque post procesador PB_CMD_init_thread

```

uplevel #0 {
proc MOM_start_of_thread {} {
global mom_sys_thread_mode
set mom_sys_thread_mode "ON"
}
proc MOM_end_of_thread {} {
global mom_sys_thread_mode
set mom_sys_thread_mode "OFF"
}
}

```

Elaborado por: los autores

En este bloque se utiliza el comando proc para crear el comando de inicio de rosca llamado MOM_start_of_thread y el de final de rosca MOM_end_of_thread, con estos comando lo que se realiza es asignar a la variable mom_sys_thread_mode el valor de ON u OFF para el inicio y final de la rosca respectivamente. Esto facilitara la programación de las trayectorias de roscado ya que va a conocer el punto de inicio y final de la rosca para solo programar la penetración de la cuchilla o pasadas que se necesiten, con los códigos G que le correspondan.

Bloque 5

Figura No. 11 Programación bloque post procesador PB_CMD_start_of_program_initial_codes

```

MOM_do_template output_inch_metric_code
MOM_do_template output_rapid_G0_code
MOM_do_template output_cutcom_off_code
MOM_do_template output_ipr_feed_code

```

Elaborado por: los autores

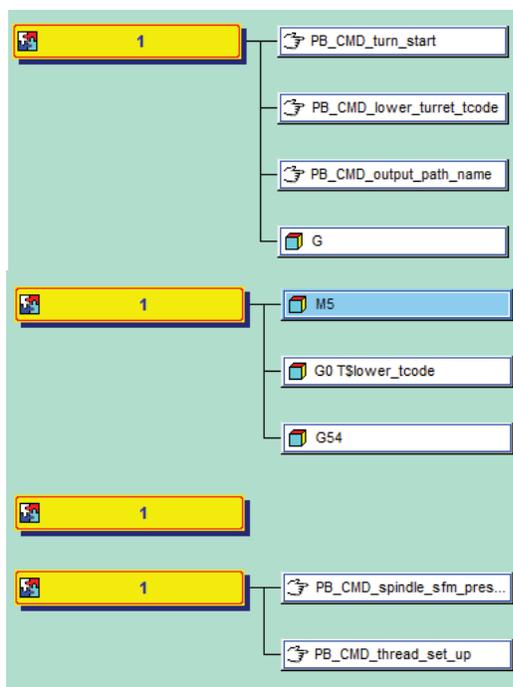
En el bloque 5, se programan los codigos iniciales del programa, para ello se utiliza el comando MOM_do_template, que sirve para generar una salida en base al nombre de la plantilla, que se coloca seguido del comando, , las salidas programadas son:

- a) Código del sistema métrico o en pulgadas, G21 o G20, respectivamente.
- b) Código G0 para movimientos rápidos
- c) Código G40 para cancelar la de compensación de la herramienta.
- d) Código de avance por revolución o por minuto, G99 o G98 respectivamente.

b) Secuencia Inicial de Operación

La secuencia inicial de operación está comprendida por 9 bloques post procesadores, que se pueden observar en la figura 12.

Figura No. 12 Bloques post procesadores de la Secuencia Inicial de la Operación



Elaborado por: los autores

Bloque 1

Figura No. 13 Programación bloque post procesador “PB_CMD_turn_start”

```

global mom_sys_init_turn_start
global mom_tool_axis
global work_plane

if { [EQ_is_equal $mom_tool_axis(2) 0.0] } {
  set work_plane 19
} else {
  set work_plane 17
}

global spindle_is_out
catch {unset spindle_is_out}

MOM_force once G_motion G_feed X Z F

if [info exist mom_sys_turn_mill_start] [return]

set mom_sys_init_turn_start "1"

```

Elaborado por: los autores

En el bloque 1, primero se valida el valor de la variable \$mom_tool_axis, que es un vector, para definir si se trabaja en el plano XY con G17 o YZ con G19, dependiendo si el valor del vector en la segunda coordenada es igual a 0 o no.

También se asigna el valor de 1 a la variable mom_sys_init_turn_start

Bloque 2

Figura No. 14 Programación bloque post procesador “PB_CMD_lower_turret_tcode”

```

global mom_warning_info
global mom_tool_number
global mom_tool_adjust_register
global lower_tcode

set b0 "0"

if { [info exists mom_tool_number] && [info exists mom_tool_adjust_register] } {
  if { $mom_tool_number >99 } {

set mom_warning_info "the tool number IS INVALID, It should not be greater than 99"
# MOM_catch_warning "$mom_warning_info"

#extract the last two number as the tool number

set len [string length $mom_tool_number]
set idx [expr $len - 2]
set mom_tool_number [string range $mom_tool_number $idx end]
set t1 $mom_tool_number

} else {
if { $mom_tool_number < 10 } {
set t1 $b0$mom_tool_number
} else {
set t1 $mom_tool_number
}
}

if { $mom_tool_adjust_register >99 } {
set mom_warning_info "The tool ajust register IS INVALID, It should not be greater than 99"
# MOM_catch_warning "$mom_warning_info"

set len [string length $mom_tool_adjust_register]
set idx [expr $len - 2]
set mom_tool_number [string range $mom_tool_adjust_register $idx end]

```

```

set mom_tool_number [string range $mom_tool_adjust_register $idx end]
set t2 $mom_tool_adjust_register
} else {
if { $mom_tool_adjust_register < 10 } {
set t2 $b0$mom_tool_adjust_register
} else {
set t2 $mom_tool_adjust_register
}
}

set lower_tcode $t1$t2
} else {
set lower_tcode "0000"
}
}

```

Elaborado por: los autores

En este bloque lo que se realiza, es primero verificar que la herramienta tenga un número menor a 99, ya que se trabaja con dos dígitos para la numeración de la herramienta, en caso de que exceda este valor mostrara un mensaje de alerta indicando que la numeración de la herramienta es invalida. De igual manera se realiza para los dos dígitos de la compensación de la herramienta.

Para realizar esto se toman las variables `mom_tool_number` y `mom_tool_adjust_register`, y su valor se compara con el numero 99 dentro de un comando `if`.

Posterior a esto se verifica con el comando `if`, si el valor de estas variables es menor a 10, para colocar un cero antes del número de la herramienta o compensación, caso contrario (`else`) si es mayor a 10 no hay problema ya que tiene dos dígitos, y se asigna a la variable `lower_tcode` el valor numérico de la herramienta y su compensación.

Bloque 3

Figura No. 15 Programación bloque post procesador "PB_CMD_output_path_name"

```

global mom_path_name

MOM_output_text " " ; # Skip a Line
MOM_set_seq_on
MOM_output_literal "(NX OPERACION: $mom_path_name)"
MOM_set_seq_off

```

Elaborado por: los autores

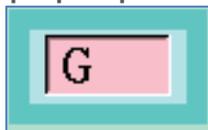
Este bloque sirve para mostrar el nombre de la operación, para ello buscamos la variable `mom_path_name`, que muestra el nombre de la operación que aparece en el

navegador de operaciones del NX, y el valor de esta variable se lo muestra con ayuda del comando MOM_output_literal.

Previo a este comando activamos la numeración de la secuencia para mostrar que numero secuencial de la operación que se está realizando, y posterior al comando de la operación, desactivamos la secuencia para que el resto del programa no se considere en esta secuencia de operaciones, el comando usado para activar y desactivar la secuencia es el MOM_set_seq_on y MOM_set_seq_off, respectivamente.

Bloque 4

Figura No. 16 Programación bloque post procesador "output_work_plane_code"

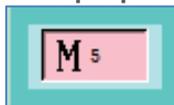


Elaborado por: los autores

En el bloque 4, lo único que se realiza es: sacar el código G con el plano de trabajo que previamente se seteó en el bloque PB_CMD_turn_start.

Bloque 5

Figura No. 17 Programación bloque post procesador ("spindle_off")



Elaborado por: los autores

El bloque 5 indica la función del código M5, que es apagar el husillo para poder hacer el cambio de herramienta, esto se realiza directamente.

Bloque 6

Figura No. 18 Programación bloque post procesador G0 T\$lower_tcode



Elaborado por: los autores

El bloque 6, es para asignar directamente la herramienta con la que se va a trabajar en la operación, por ello se coloca el código G0, seguido la letra T y luego se toma el valor de la variable \$lower_tcode, esta variable contiene el valor que se asigno en el bloque 2 llamado PB_CMD_lower_turret_tcode. Como resultado de este bloque vamos a tener la siguiente línea:

G0 T ## ##; los dos primero dígitos son el número de herramienta y los dos siguientes la compensación de la herramienta.

Bloque 7

G54

Aquí se asignan directamente el código G54, ya que es el sistema de coordenadas con el cual trabaja CEMAIN para asignar el cero de pieza, esta acción se la realiza manualmente una vez montado el material de stock en el torno.

Bloque 8

Figura No. 19 Programación bloque post procesador "PB_CMD_spindle_sfm_prestart")

```
global mom_spindle_mode
global spindle_is_out
global mom_spindle_speed

if { $mom_spindle_mode == "SFM" || $mom_spindle_mode == "SMM" } {
  if { $mom_spindle_speed > 0 } {
    MOM_force once G_spin M_spindle S
    MOM_do_template spindle_rpm_preset
  }
} else {
  if { $mom_spindle_speed > 0 } {
    MOM_force once G_spin M_spindle S
    MOM_do_template spindle_rpm
  }
}
set spindle_is_out 1
```

Elaborado por: los autores

En este bloque, primero tomamos las variables mom_spindle_mode, que nos indica si en el programa de NX se esta trabajando la velocidad del husillo en Pies por

minuto, milímetros por minuto (SFM, Surface feet per minute o SMM) o revoluciones por minuto (RPM), y la otra variable `mom_spindle_speed`, es el valor numérico de la velocidad del spindle en SFM o SMM o RPM, para ambos modos de velocidad verificamos que la velocidad sea mayor que cero, si es mayor usamos el comando `MOM_force`, para generar la salida del código G98 o G99, seguido de la velocidad con la letra S y seguido del sentido de giro con el código M3. Es decir sirve para arrancar el husillo.

Bloque 9

Figura No. 20 Programación bloque post procesador “PB_CMD_spindle_sfm_prestart”)

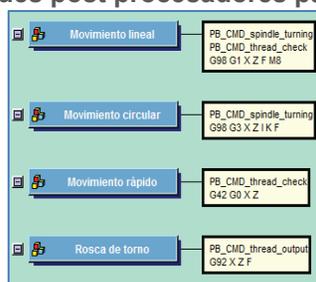
```
global mom_operation_type
if {$mom_operation_type == "Turn Threading" || $mom_operation_type == "Lathe Thr
MOM_output_literal "M24"
}
```

Elaborado por: los autores

En este bloque, verificamos si el valor de la variable `mom_operation_type` es una operación sin chaflán de roscado, como en las “Lathe Thread”, se genera el código M24.

c) Trayectoria para Herramienta

Figura No. 21 Programación bloques post procesadores para “Trayectoria para Herramienta”



Elaborado por: los autores

Para las trayectorias de herramientas se tiene cuatro bloques, para trayectorias lineales, circulares, rápidas y para roscado.

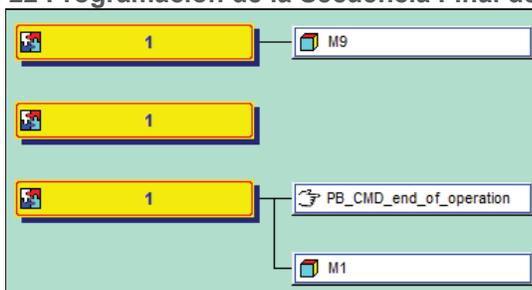
Para estos bloques se utilizan bloques post procesadores ya programados, como son el PB_CMD_spindle_turning, que toma las variables de modo de velocidad del husillo, la velocidad del husillo para generar los códigos G M y S, posterior a este bloque se coloca el código con los parámetros necesarios para cada tipo de movimiento de la siguiente manera:

- Para movimiento lineal se genera interpolación lineales con el código G1 acompañado de las variables X Z F y M8; donde: X es la coordenada absoluta del eje X, Z es la coordenada absoluta del eje Z, ya que el movimiento puede ser en uno o dos ejes, F es la velocidad de avance y M8 es el código para arrancar la refrigeración.
- Para especificar movimiento circular se utiliza G2 (horario) o G3 (antihorario) acompañado de las variables X Z I K F; donde: X es la coordenada absoluta del eje X, Z es la coordenada absoluta del eje Z, I es la distancia en el eje X al centro del círculo, K es la distancia en el eje Z al centro del círculo y F es la velocidad de avance.
- Para especificar movimiento rápido se utiliza G0 con X Z; donde: X es la coordenada absoluta del eje X y Z es la coordenada absoluta del eje Z
- Para especificar una rosca se utiliza G92 X Z F; donde: X es la posición absoluta del eje X del objetivo, Z es la posición absoluta del eje Z y F es el paso de roscado.

d) Secuencia Final de Operación

La secuencia final de la operación, consta de 3 bloques que se detallan a continuación:

Figura No. 22 Programación de la Secuencia Final de Operación



Elaborado por: los autores

Bloque 1

M9

Con este comando lo que se hace es apagar el refrigerante antes de moverse al Home de la máquina, con esta acción se garantiza no desperdiciar refrigerante en movimiento que no se necesita.

Bloque 2

Figura No. 23 Programación bloque post procesador "PB_CMD_end_of_operation"

```
MOM_output_literal "G28 U0"
MOM_output_literal "G28 W0"

PB_CMD_reset_all_motion_variables_to_zero
```

Elaborado por: los autores

Se utiliza el comando MOM_output_literal, para generar las líneas G28 U0 y G28 W0, que es el código para Retornar a la posición cero de la máquina en los ejes que se indiquen.

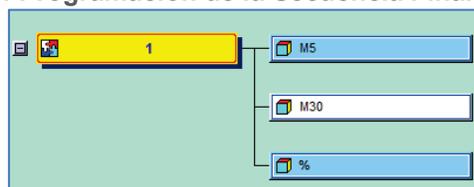
Bloque 3

M1

Con el código M1 lo que se realiza es parar el programa.

e) Secuencia Final del Programa

Figura No. 24 Programación de la Secuencia Final del Programa



Elaborado por: los autores

El torno para el terminar el programa en proceso requiere los 3 códigos siguientes:

- M5: Sirve para detener el husillo
- M30: Para finalizar el Programa y re establecer las variables para que el torno quede listo para empezar cualquier otra operación.
- % Es el delimitador de Fin de Programa.

3.2. Validación del Programa

Como se indicó en el capítulo 1, numeral 1.2.2.2. Lenguaje de Programación, para validar el post procesador no se realiza compilación, hay que probarlo directamente con ejercicios de aplicación en NX, generar el archivo de códigos para llevarlo al torno, compilar en el torno y ejecutar.

Para ejecutar el post procesador en el NX, se graban los tres archivos del post procesador que son:

.pui
.def
.tcl

Estos archivos se guardan en una carpeta conocida, dentro del computador. Una vez que se trabaja en alguna pieza, el momento de post procesar, se escoge el post procesador buscando en la carpeta conocida. Se realiza esta acción y el post

procesador genera el archivo de texto, listo para ser introducido en el torno de manera directa a través del puerto RS-232 o USB.

El nombre del post-procesador que se puso en este proyecto es HASS_543.pui, la extensión que el software NX 8.0 requiere para buscar y abrir el post-procesador es *.pui, cabe recalcar que se requieren tener grabados en la misma carpeta los tres archivos antes mencionados.

CAPÍTULO 4 VALIDACIÓN PRÁCTICA

A continuación se detalla la validación práctica del programa.

4.1. Implementación del Programa

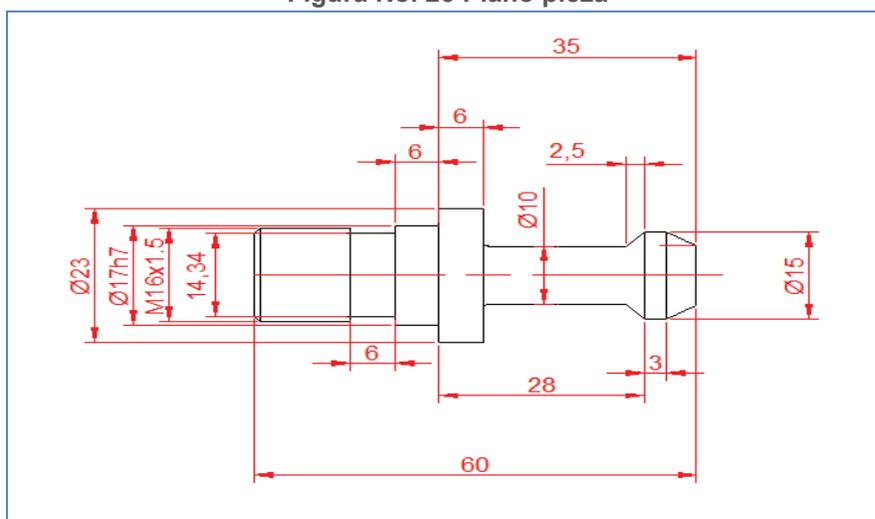
Se incluye el post procesador en la base de datos de Siemens NX8 y la generación de los códigos G se realiza en NX8, específicamente en CAM Express 8.

De acuerdo a lo que se indicó en el capítulo anterior nuestro post procesador es llamado HASS_543.pui, con este nombre se lo debe buscar al momento de post procesar.

4.2. Pruebas de Funcionamiento

Se elige el siguiente modelo de pieza para hacer el maquinado de prueba, ya que esta pieza requiere de operaciones como: refrentado, cilindrado (desbaste), cilindrado (acabado), roscado, ranurado exterior y taladrado con broca de centros, principales operaciones usadas por la empresa CEMAIN.

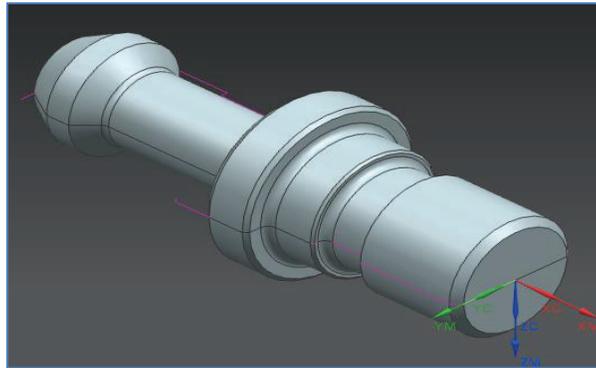
Figura No. 25 Plano pieza



Elaborado por: los autores

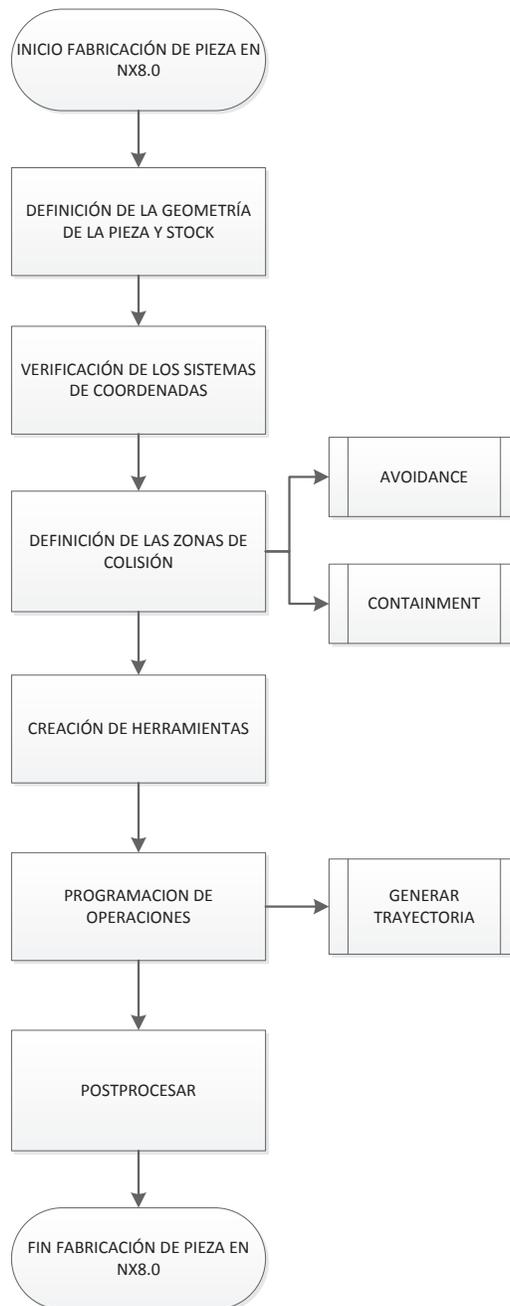
El modelo de la pieza en 3D se lo realiza en NX8, para posteriormente iniciar el módulo de fabricación que es CAM Express 8 e iniciar la programación.

Figura No. 26 Modelado 3D



Elaborado por: los autores

La Fabricación en NX 8.0, consta de varios procesos que se muestran en el siguiente diagrama de flujo, ver figura No. 27:

Figura No. 27 Proceso de Fabricación en NX8.0

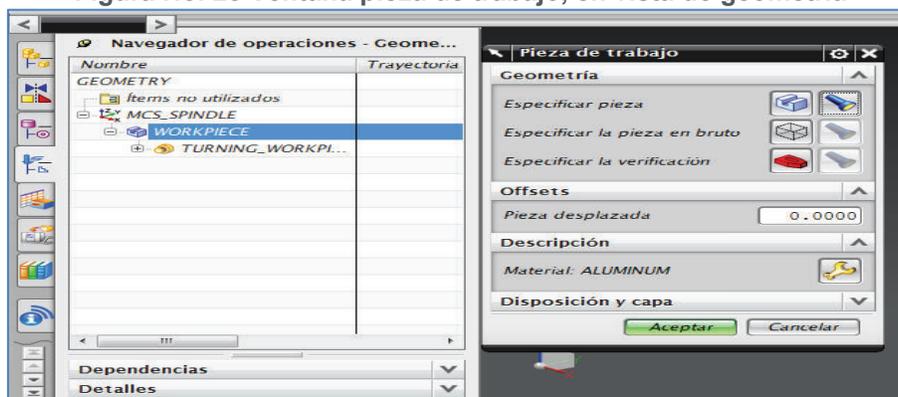
Elaborado por: los autores

A continuación se presenta un detalle y un ejemplo de cada uno de los procesos de la fabricación en NX 8.0.

4.2.1. Definición de la geometría de la pieza y el stock

a) Definición de la pieza

Figura No. 28 Ventana pieza de trabajo, en vista de geometría

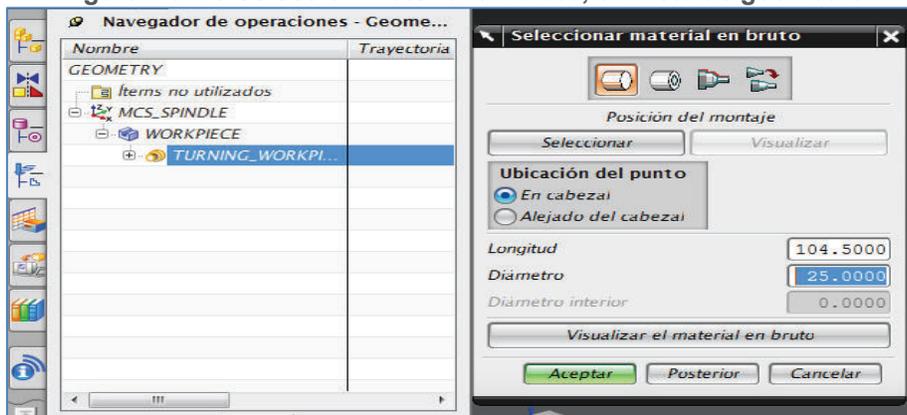


Elaborado por: los autores

En este punto, se selecciona la pieza de trabajo y su material. No se cambian el resto de parámetros, es decir primero se la modela en 3D y aquí se la define como la pieza de trabajo.

b) Definición del stock.

Figura No. 29 Selección material en bruto, en vista de geometría



Elaborado por: los autores

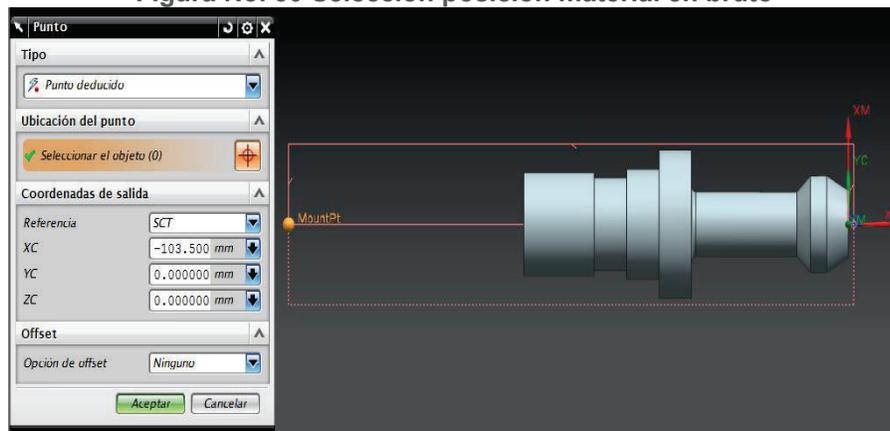
En esta ventana se especifican: forma, longitud y diámetro del material en bruto, tomando en cuenta las dimensiones del material disponible en el mercado.

Para la longitud del STOCK se tomó en cuenta:

- 10mm de seguridad (CONTAINMENT).
- 30mm de sujeción.
- 3.5mm para corte.

c) Posicionamiento del stock.

Figura No. 30 Selección posición material en bruto



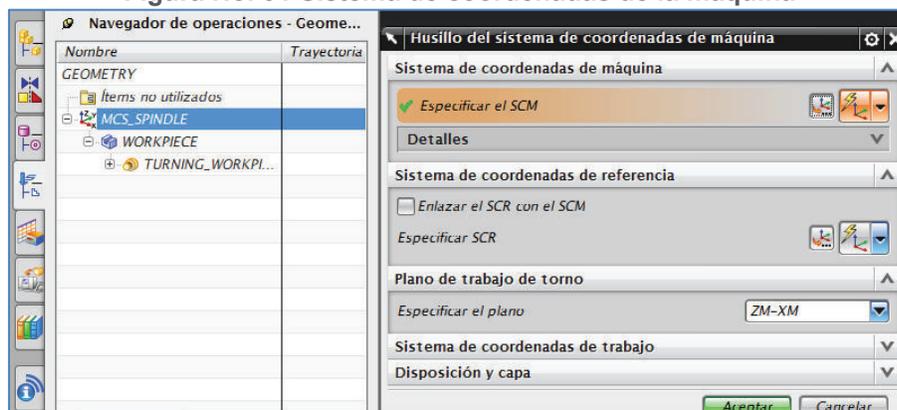
Elaborado por: los autores

En el posicionamiento del stock, se selecciona precisamente el punto de inicio del stock con respecto al sistema de coordenadas SCT, especificando la distancia XC - 103.5 y de tener un sobredimensionamiento de 1mm para el refrentado.

4.2.2. Verificación de los sistemas de coordenadas

Para ubicar los ejes coordenados de CAM Express 8 en concordancia con los del torno HASS ST-10, se sigue la secuencia de pasos que se detallan a continuación.

Figura No. 31 Sistema de coordenadas de la máquina

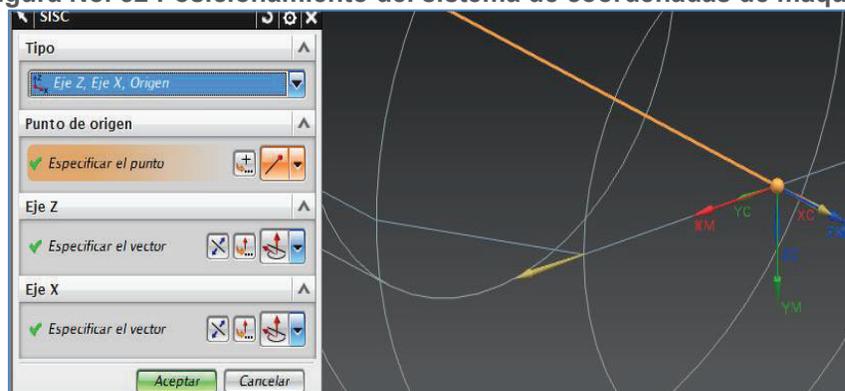


Elaborado por: los autores

La ubicación de los ejes se la realiza al modificar los siguientes parámetros en la ventana de la figura 31, verificando que el plano del torno sea ZM-XM.

a) Especificar el SCM

Figura No. 32 Posicionamiento del sistema de coordenadas de máquina

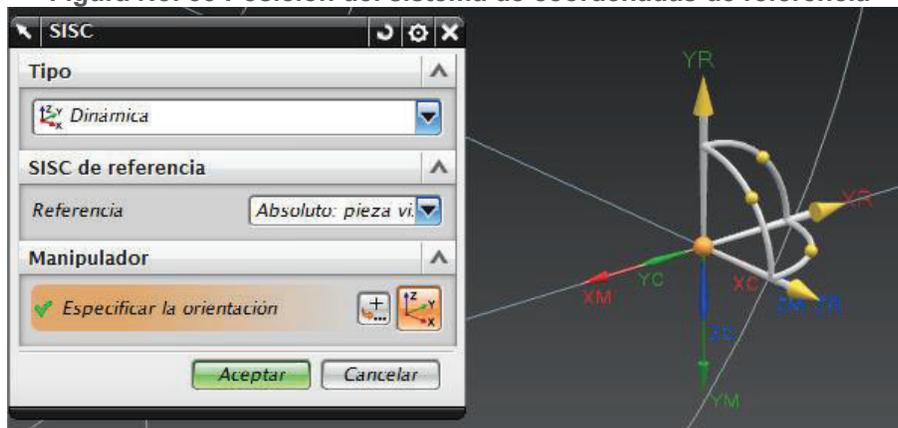


Elaborado por: los autores

Se orientan los ejes de coordenadas XM, YM y ZM como se observa en la figura 32. Esta orientación es igual a los ejes que vienen definidos en el torno HASS ST-10

b) Sistema de coordenadas de referencia

Figura No. 33 Posición del sistema de coordenadas de referencia



Elaborado por: los autores

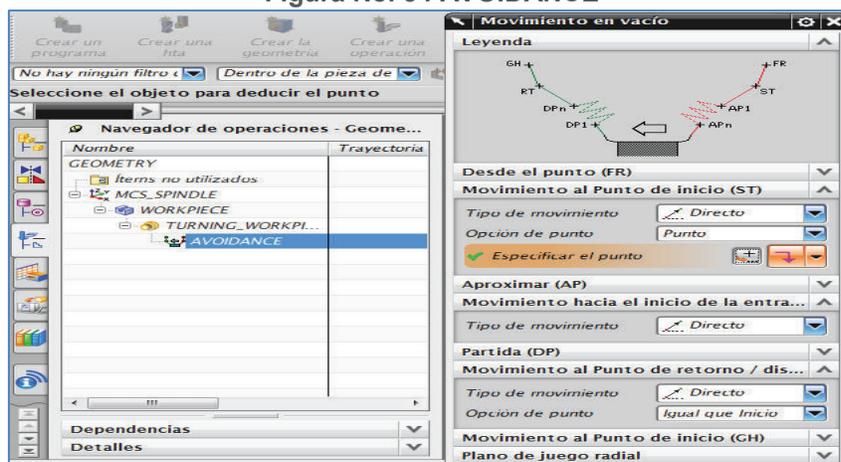
Se orientan los ejes de coordenadas XR, YR y ZR como se observa en la figura 33.

4.2.3. Definición de las zonas de colisión

Se definen los parámetros para evitar que las herramientas colisionen con la pieza o con el mandril.

- a) AVOIDANCE (Movimiento en vacío)

Figura No. 34 AVOIDANCE



Elaborado por: los autores

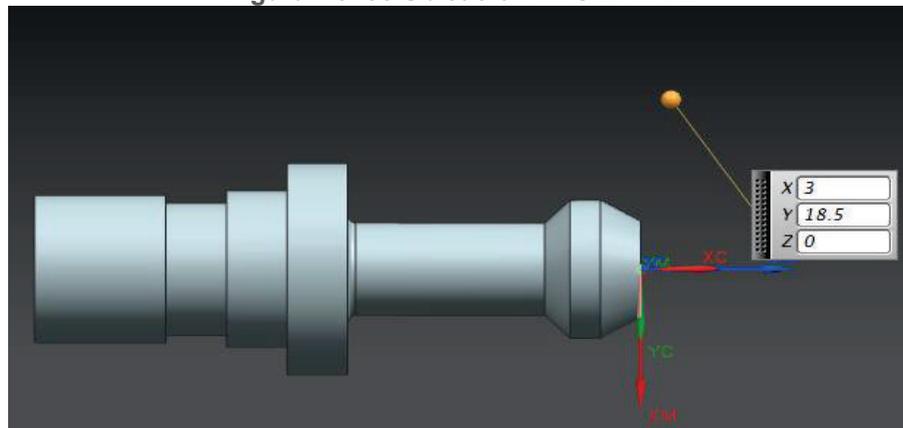
Aquí lo que se define es un punto hasta el cual la herramienta podrá moverse de manera rápida desde el HOME sin que exista riesgo de colisión con el STOCK, hay varias maneras de definir este punto, a continuación se presenta una de ellas:

En Movimiento al Punto de inicio (ST), ver figura 34, se selecciona:

- Tipo de movimiento: Directo.
- Especificar el punto, se ubica las coordenadas del punto que son YC: 18.5 y XC: 3.

Los demás parámetros se los define como indica la misma figura 34.

Figura No. 35 Ubicación AVOIDANCE

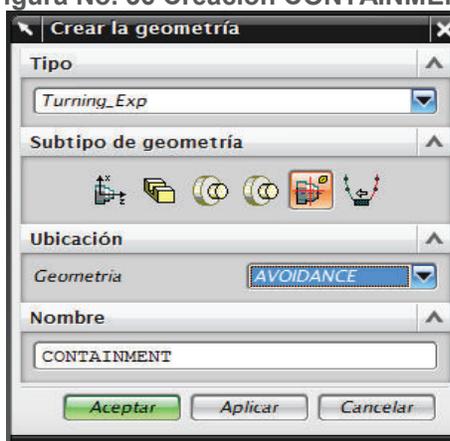


Elaborado por: los autores

El punto AVOIDANCE debe estar ubicado a 2mm en XC y 6mm en YC, con respecto al STOCK, estos son valores que maneja por su experiencia la empresa CEMAIN, en la figura 35, Ubicación AVOIDANCE, se lo puede visualizar en color naranja.

b) CONTAINMENT

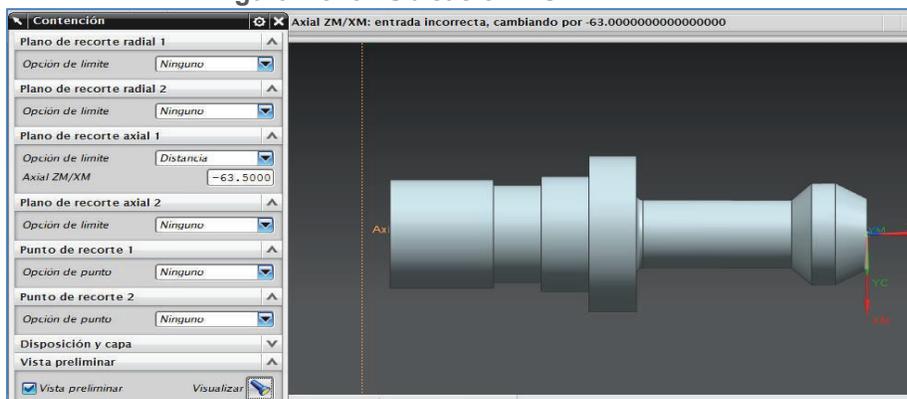
Figura No. 36 Creación CONTAINMENT



Elaborado por: los autores

Se crea una nueva geometría llamada CONTAINMENT, con los parámetros indicados en la figura 37. Con el objetivo de evitar colisiones entre las herramientas y el mandril.

Figura No. 37 Ubicación CONTAINMENT



Elaborado por: los autores

Se modifica el plano de corte axial 1 a una distancia de -63.5mm, dejando 10 mm de seguridad con respecto al mandril.

4.2.4. Creación de Herramientas

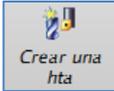
En el navegador de operaciones, se escoge vista de la máquina, se amplía la torreta (TURRET), aquí se observan las estaciones que dispone la torreta se procede a ubicar las herramientas con la misma numeración como están montadas en la torreta del torno .

Figura No. 38 Vista de la máquina

Nombre	Trayectoria	Herramienta
GENERIC_MACHINE		
Items no utilizados		
TURRET		
STATION_01		
STATION_02		
STATION_03		
STATION_04		
STATION_05		
STATION_06		
STATION_07		
STATION_08		
STATION_09		

Elaborado por: los autores

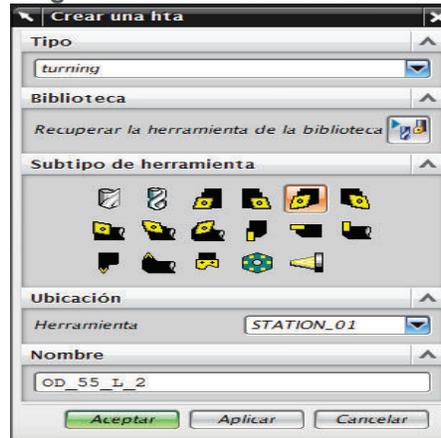


Para crear la herramienta se selecciona  y se modifica los parametros que se describen a continuación.

a) STATION_01 (CUCHILLA TRAPECIAL)

Se elige el subtipo de herramienta OD_55_L en ubicación, ya que es la cuchilla que está montada en el torno, se selecciona la estación de la torreta donde se coloca la cuchilla y se presiona la opción “aceptar”, ver figura 39.

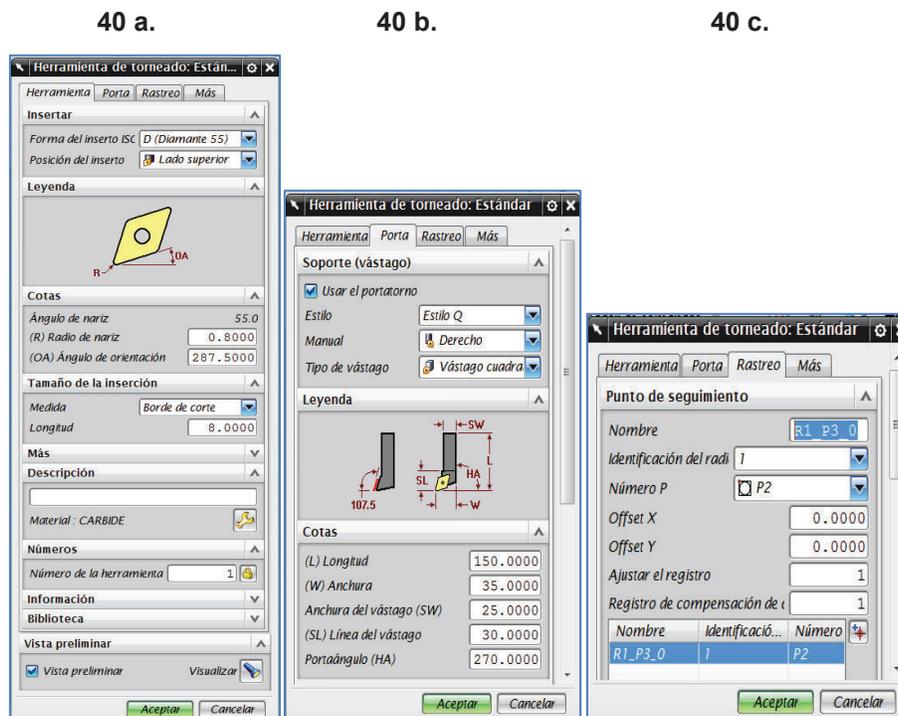
Figura No. 39 Crear herramienta



Elaborado por: los autores

En la ventana **Herramienta de torneado** (figura 40 a.), se colocan los parámetros físicos de la cuchilla, como radio, longitud, ángulo, número de herramienta, esta información se la obtiene del modelo de cuchilla que se tiene o se solicita al proveedor.

Figura No. 40 Parámetros cuchilla trapezoidal



Elaborado por: los autores

En la pestaña **Porta** (figura 40 b), se cambia el valor de Porta ángulo (HA) a 270 grados para que coincida con la orientación del portaherramientas del torno.

En la pestaña **Rastreo** (figura 40 c), se coloca en el recuadro Ajustar el registro y Registro de compensación de cortador el mismo número de herramienta, en este caso el número 1, que indica la estación de la torreta en la que se va a ubicar y esto es necesario para que la compensación de la herramienta se realice respecto a la misma herramienta, este un modo de trabajo de la empresa CEMAIN.

En el Anexo 2, se encuentra el detalle de las otras cuchillas que se tienen montadas en el torno HASS ST-10 y que se necesitan para las operaciones de fabricación de la pieza.

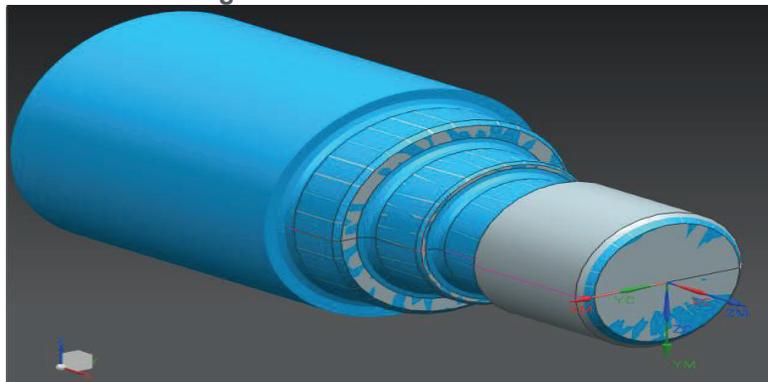
4.2.5. Operaciones

Para el maquinado de la pieza se divide las operaciones en dos partes con el objetivo de disminuir las vibraciones al momento de maquinar con toda la longitud de la pieza en cantiléver y también con el objetivo de abarcar todas la operaciones que se indicaron en el numeral 4.2.

A continuación se presenta un detalle de una operación de la PARTE 1, el resto de operaciones de esta parte y de la PARTE 2, se encuentran detalladas en el Anexo 3.

PARTE 1

Figura No. 41 Modelado Parte 1



Elaborado por: los autores

Para realizar cada una de las operaciones, se selecciona “Crear una Operación”



, a continuación se detalla como ejemplo la primera operación a ejecutarse que es el refrentado:

a) Refrentado

En el subtipo de operación se selecciona Refrentado (FACING), y se definen los parámetros generales como por ejemplo darle un nombre a esta operación, como se muestra en la figura 42., y se pulsa ACEPTAR, lo que lleva a la pantalla específica para programar la operación, ver figura 43.

Figura No. 42 Crear operación Refrentado



Elaborado por: los autores

En la ventana de Refrentado figura 43, tiene todos los parámetros que se pueden modificar para programar la operación, los principales que se modificaron de acuerdo a los parámetros que por experiencia de la empresa CEMAIN en el manejo del torno son:

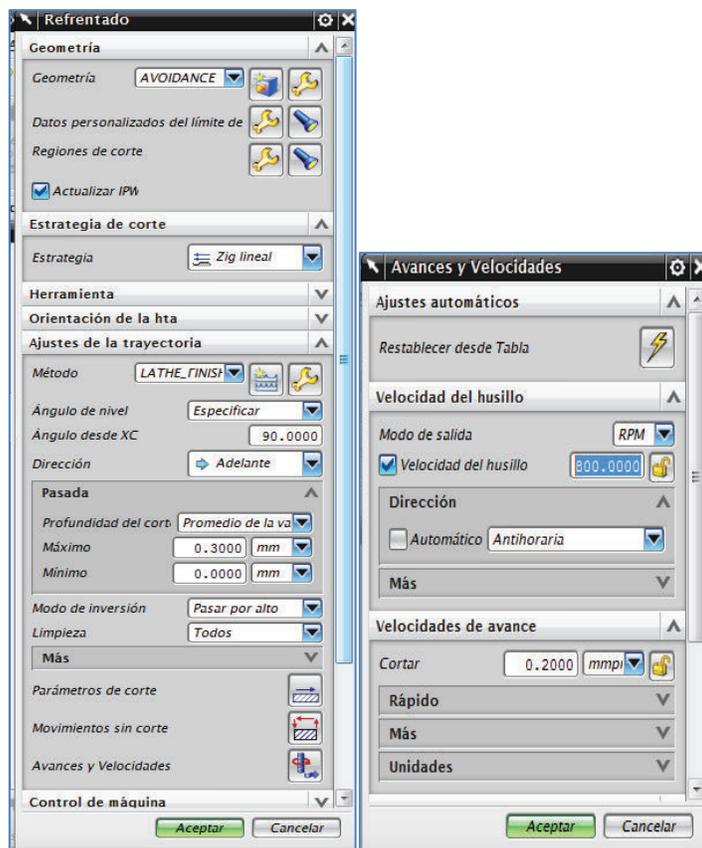
Profundidad de corte, que se modifica en la sub sección Ajustes de la Trayectoria, Pasada, en donde a la profundidad de corte en Máximo colocamos 0.3 mm y Mínimo le dejamos en 0.0 mm. Ver figura 43 a.

En la misma figura 43 a., sub sección Ajustes de la Trayectoria, Más, al pulsar el ícono de Avances y Velocidades, aparece la figura 43 b., donde permite colocar la velocidad de giro del husillo se pone 800 RPM y la dirección de giro del husillo Antihoraria, datos que son coherentes con las características del Torno.

Figura No. 43 Parámetros operación Refrentado

43 a.

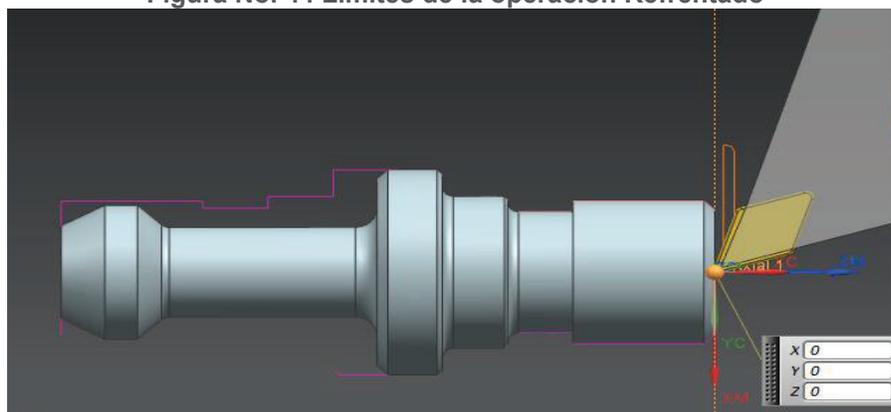
43 b.



Elaborado por: los autores

Ahora se pulsa el ícono de Regiones de Corte, en la sub sección Geometría (figura 43 a), en donde se define el Plano de Recorte Axial 1, esto se puede realizar gráficamente marcando el punto donde se coloca el plano hasta donde va a ejecutar esta operación, como se muestra en la figura 44 .

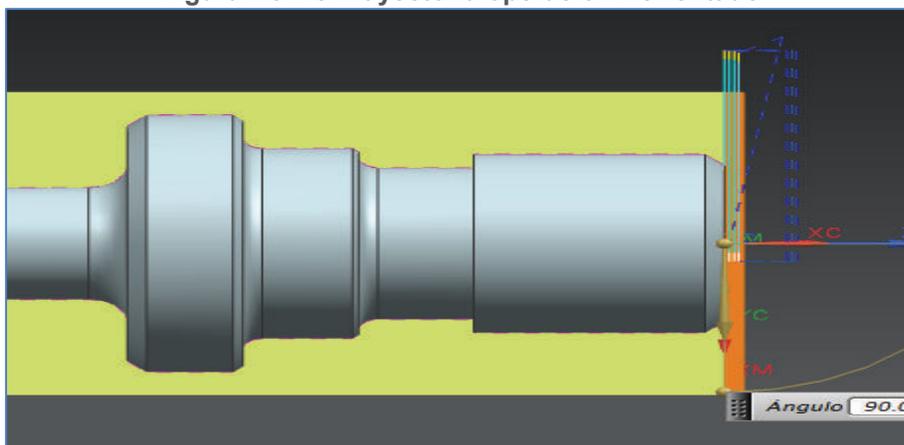
Figura No. 44 Límites de la operación Refrentado



Elaborado por: los autores

Una vez que se termina la programación de la operación, se Genera la trayectoria, para visualizar si es correcta la operación, como se observa en la figura 45, las líneas de color celeste y azul muestran la trayectoria que tiene la cuchilla en sus movimientos de corte y libres, respectivamente, se observa que son correctos para esta primera operación de Refrentado.

Figura No. 45 Trayectoria operación Refrentado

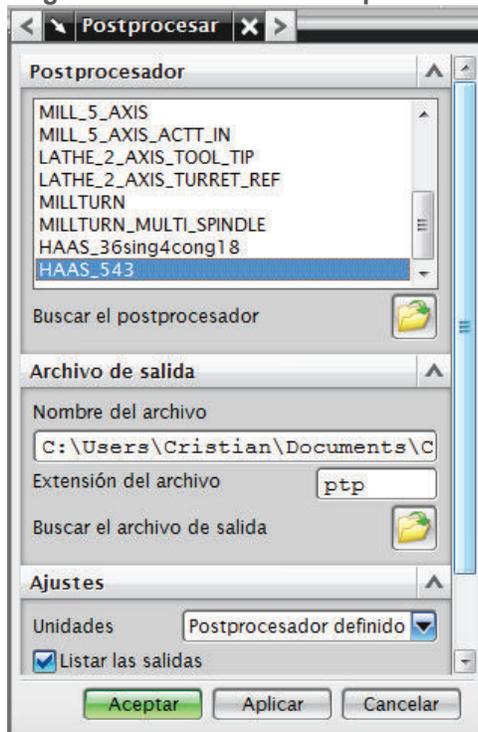


Elaborado por: los autores

Para las dos partes, en las que se ha programado sus respectivas operaciones, se puede seleccionar la o las operaciones que se van a maquinar, en este caso todas las operaciones, ya que se va a realizar toda la pieza, y se pulsa el botón POSTPROCESAR, se abre una ventana llamada Postprocesar, ver figura 46, donde

se selecciona el Post procesador que se quiere utilizar, en este caso es el HASS_543, se pulsa Aceptar y se genera un archivo de texto que contiene los códigos G, esta acción la realizamos para las dos partes, con lo que se nos genera dos archivos con los códigos G (véase anexo 4).

Figura No. 46 Ventana Postprocesar



Elaborado por: los autores

Al archivo generado se lo guarda con un nombre cualquiera y con una extensión .txt, este archivo se lo graba en una memoria extraíble y se lo lleva al torno a través del puerto USB, ya en el torno se abre el archivo se compila y se ejecuta, de igual manera se realiza para las dos partes programadas de la pieza, el torno tiene que estar previamente cargado de la materia prima y ubicado el cero de la misma, el resultado final es la pieza que se visualiza en la figura 47.

Figura No. 47 Pieza Maquinada en Torno HASS ST-10.



Elaborado por: los autores

CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Con el presente proyecto la Empresa CEMAIN, dispone de un post procesador que fue probado en operación de máquina, en la ejecución de piezas con las principales operaciones que la empresa utiliza en sus trabajos en el torno HASS ST-10, programación realizada en el Software NX 8.0.
- Una vez que se ha analizado las características técnicas del torno y la operación que la empresa CEMAIN realiza en el mismo, se definen los requisitos de los Bloques Secuenciales de Ejecución que forman parte de la estructura del Post procesador.
- El diseño del Post procesador se realiza en el software NX/Post Builder , en el lenguaje de programación “Tool Command Language” (TCL), que es el mismo lenguaje con el que NX maneja las variables de salida de sus programas a través de un módulo llamado “Manufacturing Output Manager” (MOM).
- Para la validación del Post procesador se requiere realizar ejercicios de prueba para ver si ejecuta correctamente lo programado o existen errores, ya que el lenguaje de programación con el que se trabaja no realiza compilación del post procesador.
- Es indispensable el realizar las pruebas prácticas en el torno con las principales operaciones que la empresa CEMAIN realiza en el mismo, para detectar y corregir ciertos detalles del post procesador y dejarlo a satisfacción de la empresa.

5.2. RECOMENDACIONES

- El diseño de un post procesador se debe realizar para cada máquina es específico y con el software CAD, CAM y CAE que lo va a operar, no se puede generalizar el post procesador y usarlo en otras máquinas.
- Para la programación de un código G de una máquina en específico, existen varias maneras de realizarlo, hay que tener mucha precaución en cada factor que se usa, no duplicar información y no confundir con códigos que pueden ser de otra máquina o software.
- Al momento de diseñar un post procesador es importante abarcar todas las operaciones de maquinado que vayan a ser utilizadas en una máquina CNC, ya que cada operación maneja varios códigos G que deben ser considerados al momento de la programación.
- Utilizar materiales dúctiles y de baja dureza como el Duralon en las pruebas en máquina ayuda a cuidar las herramientas, y accesorios de la máquina ya que si existieren errores, por ejemplo que la herramienta choque con la materia prima los efectos van a ser menores.
- Se presentaron eventos en los cuales aparentemente existían problemas en el post-procesador, pero en realidad fueron problemas en la programación de las operaciones en el software NX, es necesario verificar a detalle la Simulación que ofrece el software NX.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Coticchia, M., Crawford, G., & Preston, E. (2004). *CAD/CAM/CAE. Justification, implementation, productivity measurement*. New York: Marcel Dekker inc.
- Hass Automation Inc. (2014). Recuperado el 20 de Noviembre de 2013, de http://int.haascnc.com/cnccontrol_intro.asp?intLanguageCode=1034
- Hass Automation, Inc. (2008). *Manual del torno*. Nueva York: Hass Automation.
- Hass Automation, Inc. (2010). *Manual del Operador*. California: Hass Automation.
- ICAM Technologies. (2012). *What is postprocessing?* Recuperado el 14 de Octubre de 2012, de <http://www.icam.com/html/products/whatispost.php>
- McMahon, C., & Browne, J. (1998). *CAD/CAM. Principles, practice and manufacturing management*. New York: Addison Wesley inc.
- SIEMENS PLM. (2009). *Tutorial torneado*. USA: Siemens.
- UNAL. (2005). *Procesos de manufacturación*. Recuperado el 15 de Octubre de 2012, de <http://www..virtual.lunal.edu.co/cursos/ingenieria/mecatronica/docs curso/Anexos/TUTORIALcnc/DOCUMENTOS/TEORIA/INSTTRUCCION%20AL%20CAD-CAM/07%20Proceso%20de%20Manufactura.pdf>.
- TCL Developer Xchange. (2005). Tutorial on TCL. Recuperado el 15 de Octubre de 2012, de <http://www.tcl.tk/man/tcl8.5/tutorial/tcltutorial.html>.

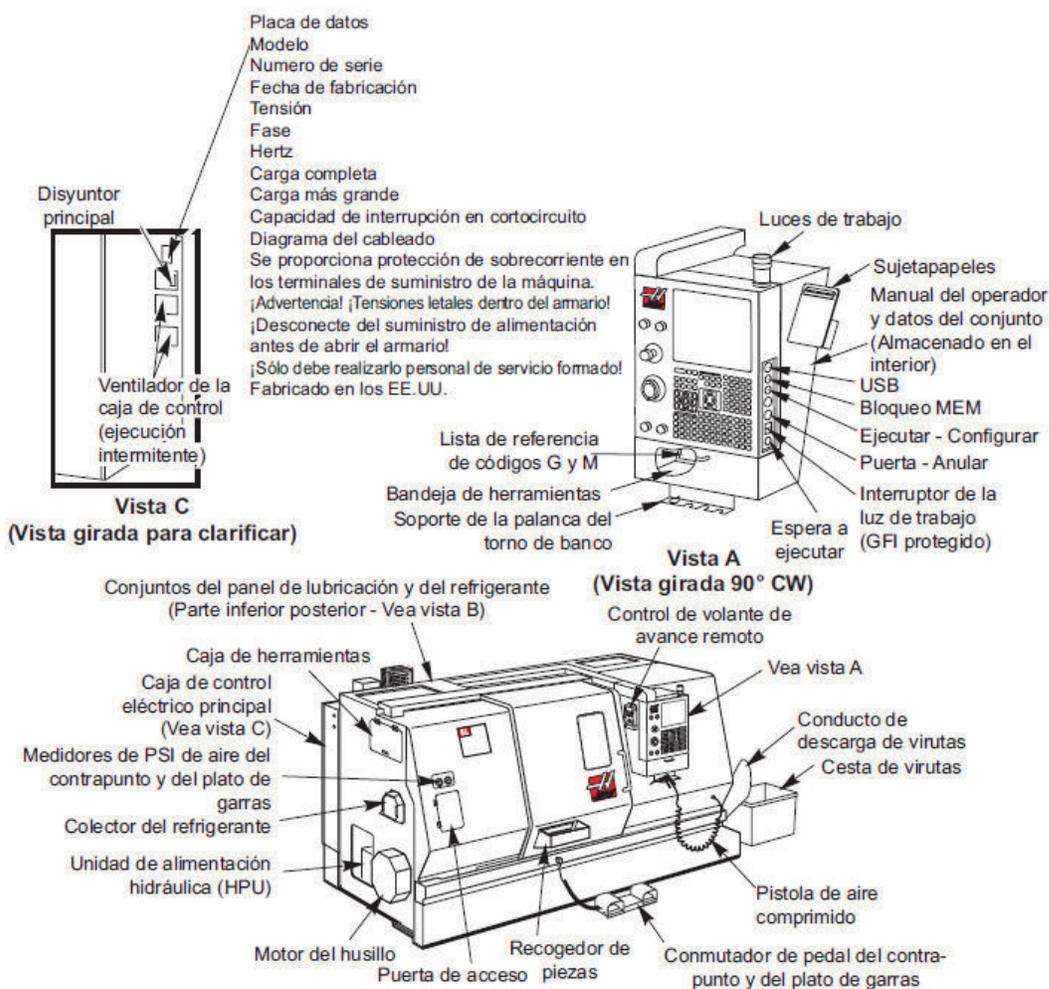
ANEXOS

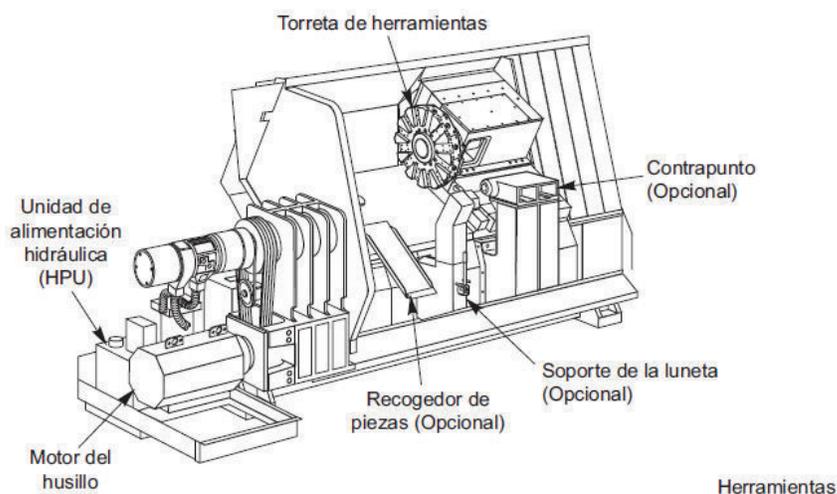
ANEXO 1 FUNCIONES DEL TORNO HASS ST-10

Este anexo contiene varias secciones que muestran las funciones y operación de la máquina, las mismas fueron tomadas del manual Torno – Manual del Operador 96-8750 rev AF Octubre del 2010, elaborado por Hass Automation, Inc.

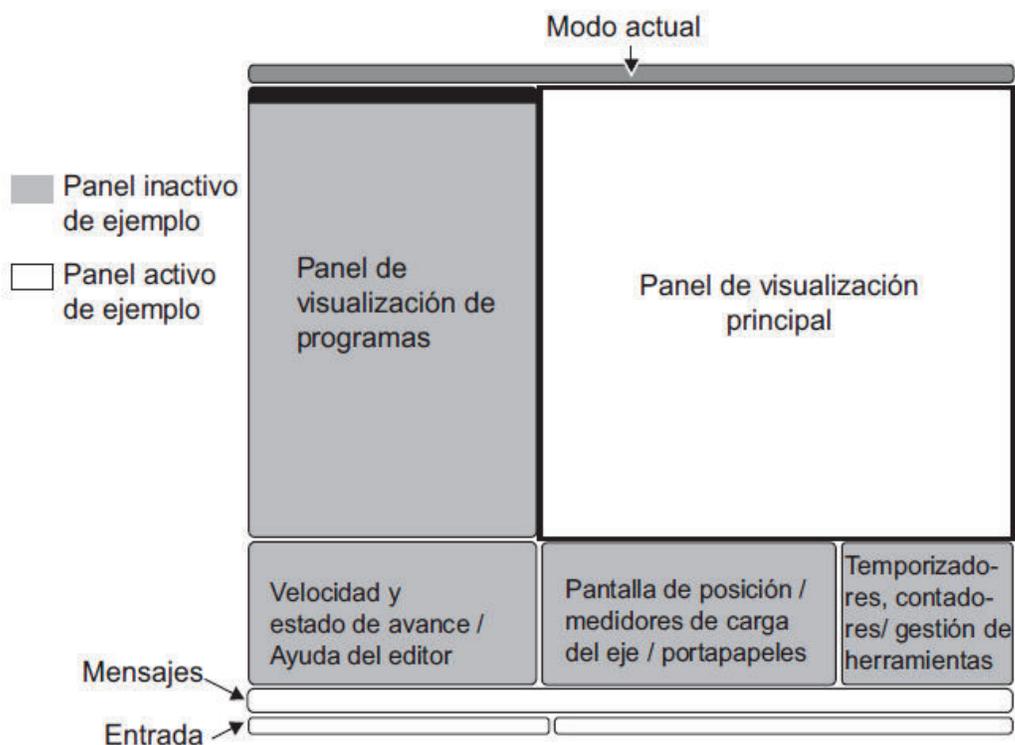
INTRODUCCIÓN AL TORNO HASS ST-10

A continuación se presenta una introducción visual del centro de torneado de Haas. Algunas de las funcionalidades mostradas serán destacadas en las secciones apropiadas.





La pantalla de control se organiza en paneles que varían dependiendo del modo de control en curso y de las teclas de visualización que se utilicen. La siguiente ilustración muestra la distribución de la pantalla básica:



Distribución de pantalla de control básica

La interacción con los datos se realizará sólo dentro del panel activo actual. Sólo estará activo un panel en cualquier momento dado, y esto se indica con un fondo

blanco. Por ejemplo, para trabajar con la tabla Tool Offsets (correctores de herramientas), primero active la tabla pulsando la tecla Offset (corrector) hasta que se visualice con un fondo blanco, a continuación cambie los datos. El cambio del panel activo dentro de un modo de control se realiza típicamente con las teclas de visualización.

Las funciones de control se organizan en tres modos: Setup (configurar), Edit (editar), y Operation (operación). Cada modo proporciona toda la información necesaria para realizar tareas que se encontrarán bajo el modo, organizadas para adecuarse en una pantalla. Por ejemplo, el modo Setup (configurar) muestra las tablas de correctores de herramientas y de trabajo, y la información de posición. El modo Edit (editar) proporciona dos paneles de edición de programas y el acceso a los sistemas VQCP e IPS/WIPS (si estuvieran instalados).

Los modos de acceso utilizan las teclas de modo de la forma siguiente:

Setup (configuración): Teclas ZERO RET (retorno a cero) , HAND JOG (avance por volante). Proporciona todas las funciones de control para la configuración de la máquina.

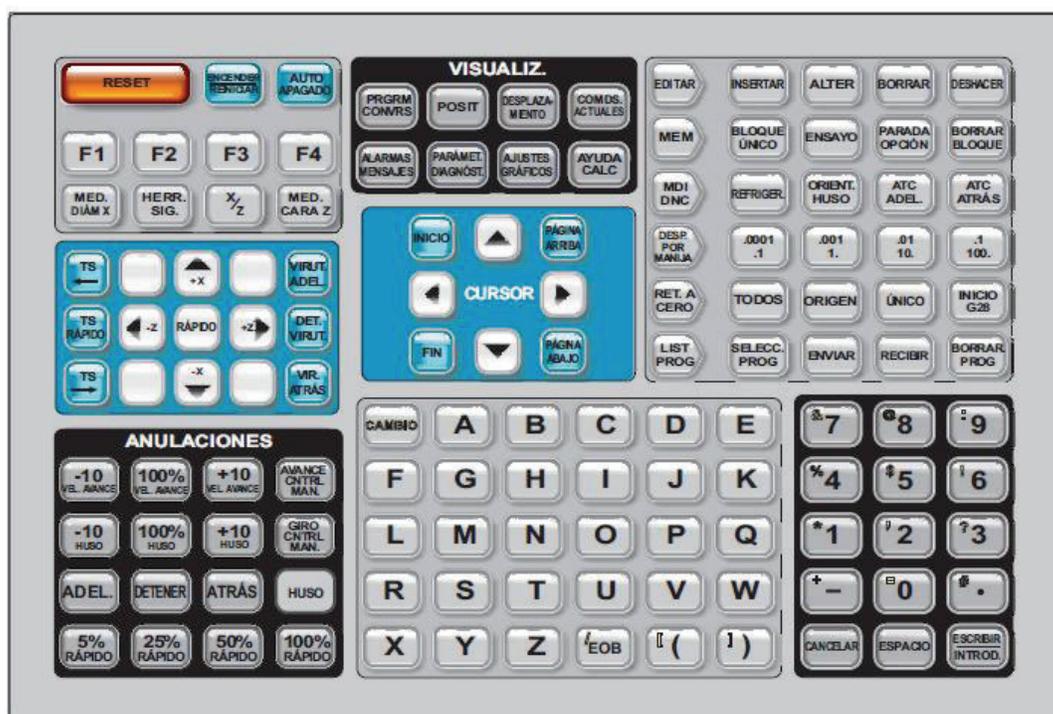
Edit (editar): Teclas EDIT (editar), MDI/DNC, LIST PROG (listar programas). Proporciona todas las funciones de edición de programas, gestión y transferencia.

Operation (operación): Tecla MEM. Proporciona todas las funciones de control necesarias para fabricar una pieza.

El modo actual se muestra en la barra de título en la parte superior de la pantalla. Tenga en cuenta que todavía se puede acceder a funciones de otros modos desde dentro del modo activo utilizando teclas de visualización. Por ejemplo, en modo Operation (operación), si se presiona OFFSET (corrector) se visualizarán las tablas de correctores como el panel activo; active o desactive la visualización de correctores con la tecla OFFSET (corrector). Si pulsa PROGRM CONVRs (conversiones de programas) en la mayoría de los modos pasará al panel editar para el programa activo actual.

Introducción al Teclado Colgante

El teclado se divide en ocho secciones: Teclas de Función, Teclas de Desplazamiento, Teclas de Anulación, Teclas de Pantalla, Teclas del Cursor, Teclas Alfabéticas, Teclas de Modo y Teclas Numéricas. Además, hay otras teclas y funcionalidades variadas situadas en el colgante y el teclado, que se describen brevemente.



Power On (Encender) - Enciende la máquina.

Power Off (Apagar) - Apaga la máquina.

Spindle Load Meter (Medidor de la carga del husillo) - Muestra la carga del husillo, en tanto por ciento.

Emergency Stop (Parada de emergencia) - Detiene el movimiento de todos los ejes, detiene el husillo, la torreta, y apaga la bomba de refrigeración.

Jog Handle (volante de avance) - Se usa para desplazar todos los ejes. También se puede utilizar para desplazarse por el código del programa o por los elementos del menú al editar.

Cycle Start (inicio de ciclo) - Inicia un programa. Este botón se utiliza también para iniciar un programa en modo Gráficos.

Feed Hold (detener avance) - Detendrá el movimiento de todos los ejes.

Nota: El husillo continuará girando durante el corte.

Reset (reiniciar) - Detendrá la máquina (se detienen los ejes, el husillo, la torreta y la bomba de refrigeración). Este no es un método recomendable para detener la máquina porque podría ser difícil continuar desde ese punto.

Power Up (Encender) / Restart (Reiniciar) - Cuando se presiona esta tecla, los ejes vuelven a la posición cero de la máquina y puede producirse un cambio de herramienta. Vea el Ajuste 81 en el capítulo Ajustes para disponer de más información. Esto no funcionará para tornos Toolroom, tornos de subhusillos, o cargador automático de piezas (APL).

Auto Off (Apagado automático) - Posiciona automáticamente los ejes al cero de la máquina y prepara la máquina para apagarla.

Memory Lock Key Switch (interruptor de bloqueo de memoria) – Cuando se encuentra en la posición de bloqueo, no se le permite al operador editar programas y alterar definiciones. A continuación se describe la jerarquía de los bloqueos:

El interruptor de llave bloquea los ajustes y todos los programas.

El Ajuste 7 bloquea los parámetros.

El Ajuste 8 bloquea todos los programas.

El Ajuste 23 bloquea los programas 9xxx.

El Ajuste 119 bloquea las correcciones.

El Ajuste 120 bloquea las variables macro.

Second Home Button (botón de segundo inicio) - Este botón moverá rápido todos los ejes a las coordenadas especificadas en el corrector cero de pieza G154 P20. Esta función trabajará en cualquier modo, excepto en DNC.

Work Light Switch (interruptor de la luz de trabajo) - Este botón encenderá la luz de trabajo dentro de la máquina.

Avisador acústico del teclado – Situado en la parte superior de la bandeja de las piezas. El volumen se puede ajustar girando la cubierta.

Control Numérico de Archivos FNC

Se puede ejecutar un programa desde su lugar en la red o desde un dispositivo de almacenamiento (dispositivo de memoria USB o disco duro). Para ejecutar un programa desde tal ubicación, vaya a la pantalla Device Manager (administrador de dispositivos) (pulse LIST PROG (listar programas)), marque un programa en el dispositivo seleccionado, y pulse SELECT PROG (seleccionar programa). El programa se visualizará en el panel de programa activo, y un "FNC" cerca del nombre de programa en List Prog (listar programas), indica que es el programa FNC activo actualmente. A los subprogramas se les llama utilizando un M98, siempre que el subprograma se encuentre en el mismo directorio que el programa principal. Adicionalmente, el subprograma debe nombrarse utilizando la convención de nomenclatura de Haas diferenciando entre mayúsculas y minúsculas, p. ej. O12345.nc.

ADVERTENCIA: El programa se puede modificar de forma remota, y el cambio tendrá lugar la próxima vez que se ejecute el programa. Los subprogramas podrían modificarse mientras el programa CNC se esté ejecutando.

No se permite la edición de programas en el FNC. El programa se visualiza y se puede mover en él pero sin editarlo. La edición se puede realizar desde un ordenador en red o cargando el programa en la memoria.

Para ejecutar un programa en el FNC:

1. Pulse LIST PROG (listar programas), a continuación navegue hasta el menú tabulado para llegar al dispositivo adecuado (USB, disco duro, Net Share).

2. Mueva el cursor hacia abajo hasta el programa deseado y pulse SELECT PROG (seleccionar programa). El programa aparecerá en el panel Active Program (programa activo) y se puede ejecutar directamente desde el dispositivo de memoria.

Para salir del FNC, marque el programa nuevamente y pulse SELECT PROG (seleccionar programa), o seleccione un programa en la memoria del CNC.

ANEXO 2 CREACIÓN DE HERRAMIENTAS

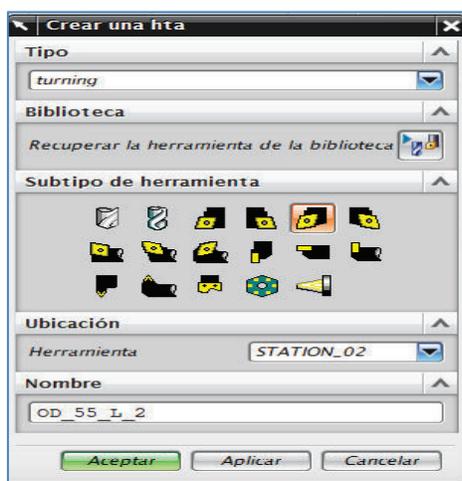
a) STATION_02 (CUCHILLA TRIANGULAR)

Con el mismo subtipo de herramienta que la cuchilla trapezoidal se selecciona la STATION_02 y se presiona “aceptar”, ya que esta cuchilla triangular montada en la torreta del torno, queda igual que la trapezoidal.

De igual manera que en la herramienta anterior, colocamos los parámetros físicos de la cuchilla, ver figura 1 b.

Figura No. 1 Parámetros de cuchilla triangular

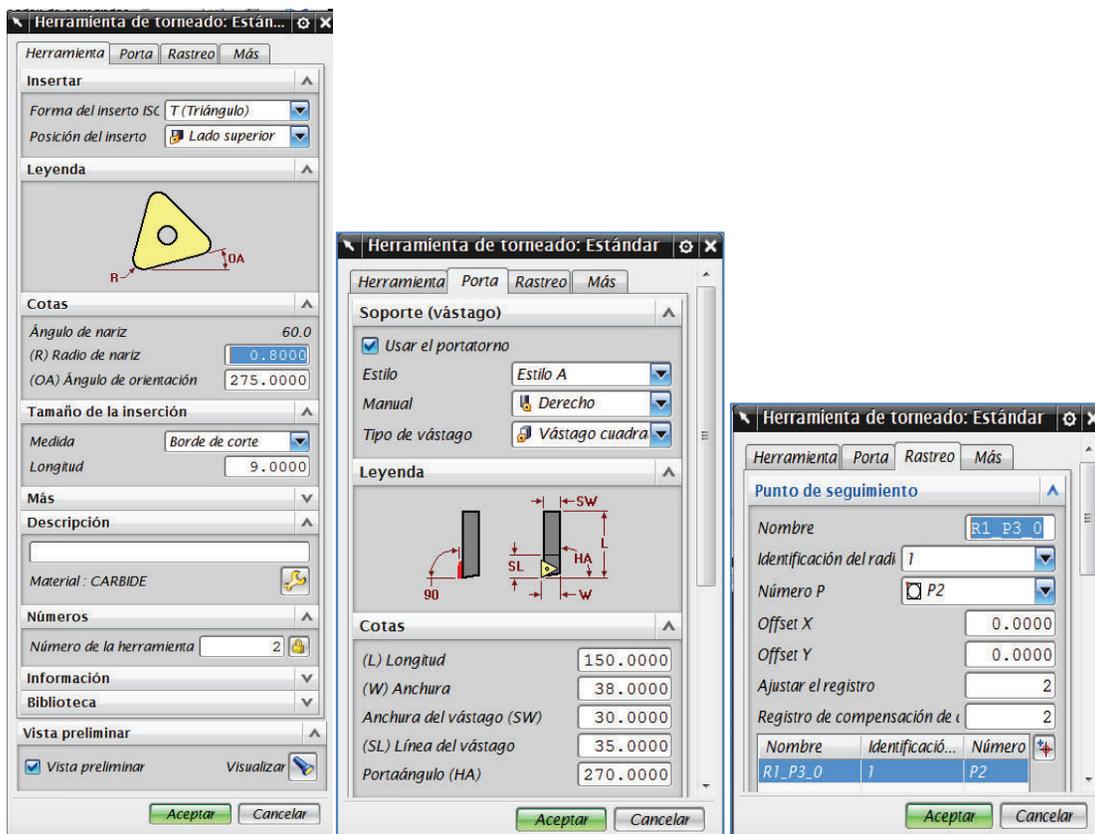
1 a.



1 b.

1 c.

1 d.



Elaborado por: los autores

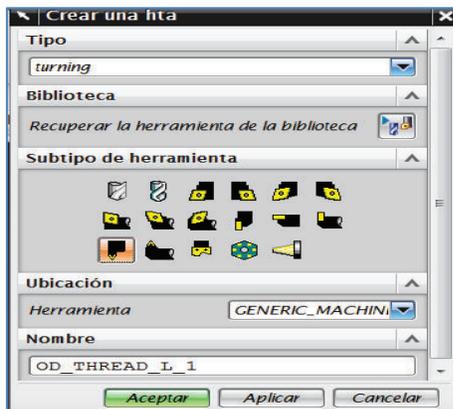
En la pestaña **Porta** (figura 1 c), se cambia el valor de Porta ángulo (HA) a 270 grados para que coincida con la orientación del portaherramientas del torno.

En la pestaña **Rastreo** (figura 1 d), se coloca en el recuadro Ajustar el registro y Registro de compensación de cortador el número de la herramienta, en este caso el número 2, por la misma razón que realizamos en la herramienta número 1, la trapezoidal, y que es igual procedimiento para todas las herramientas.

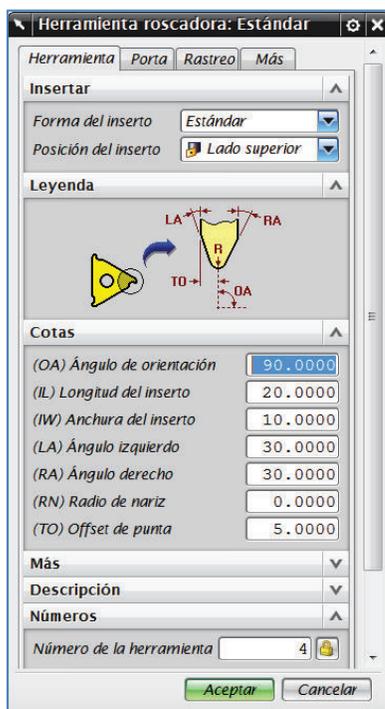
b) STATION_04 (CUCHILLA ROSCADO)

Figura No. 2 Parámetros de cuchilla roscado

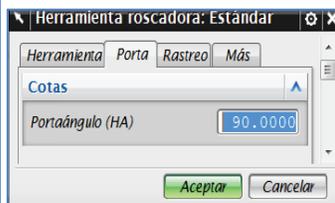
2 a.



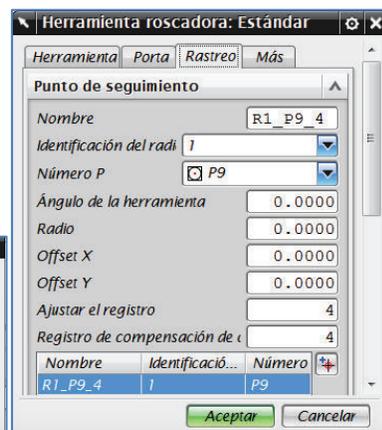
2 b.



2 c.



2 d.



Elaborado por: los autores

Los parámetros físicos de igual manera se colocan los de la cuchilla, ver figura 2 b. En este caso al ser una cuchilla de roscado el porta herramientas se deja por defecto 90 grados, ya que este tipo de cuchilla trabaja a 90 grados.

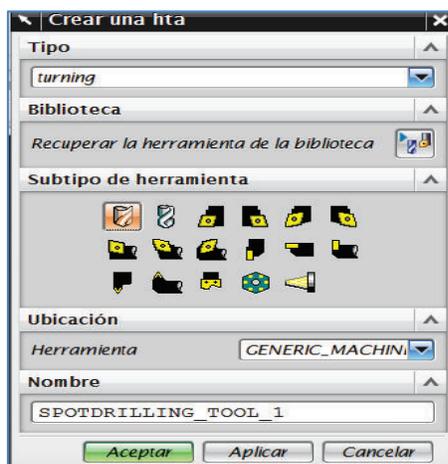
En la pestaña **Rastreo** (figura 2 d), se coloca en el recuadro Ajustar el registro y Registro de compensación de cortador, en este caso el número 4, por la misma razón indicada en las cuchillas anteriores.

c) STATION_07 (TALADRO CENTRO)

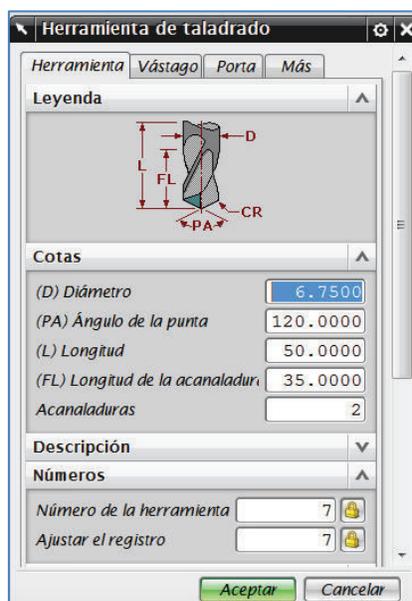
Ahora se selecciona como herramienta a la broca de centro, ver figura 3 a.

Figura No. 3 Parámetros de taladro de centro

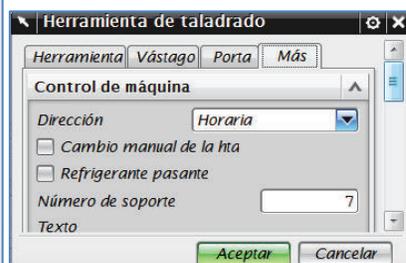
3 a.



3 b.



3 c.



Elaborado por: los autores

En la figura 3 b., se colocan los parámetros físicos de la herramienta.

En la pestaña **Más** (figura 3 c), en Número de soporte se coloca 7 para identificar su ubicación en el torno.

d) STATION_09 (CUCHILLA RANURADO)

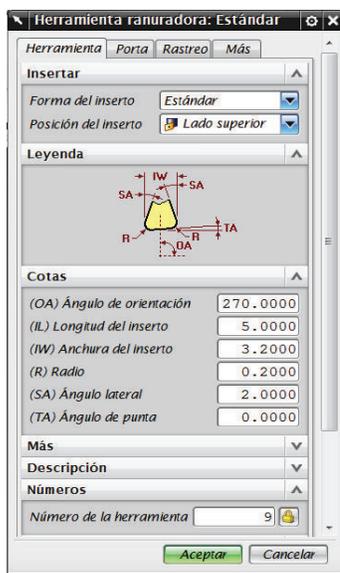
Se selecciona el subtipo de herramienta OD_GROOVE_L y STATION_09, ver figura 4 a.

Figura No. 4 Parámetros de cuchilla ranurado

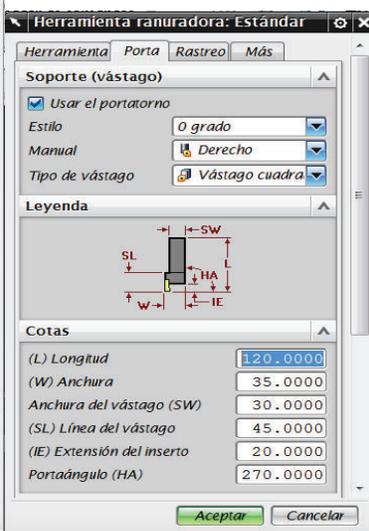
4 a.



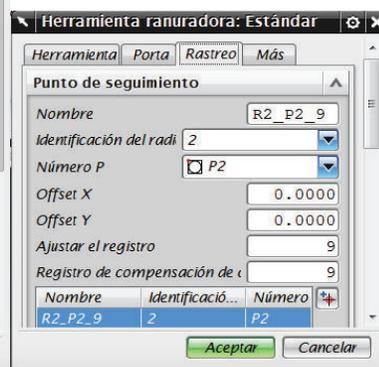
4 b.



4 c.



4 d.



Elaborado por: los autores

En la figura 4 b., se colocan los parámetros físicos de la herramienta.

En la pestaña **Porta** (figura 4 c), se cambia el valor de Porta ángulo (HA) a 270 grados para que coincida con la orientación del portaherramientas del torno.

En la pestaña **Rastreo**, se coloca en el recuadro Ajustar el registro y Registro de compensación de cortador (figura 4 d), el número de la herramienta, que es el número 9.

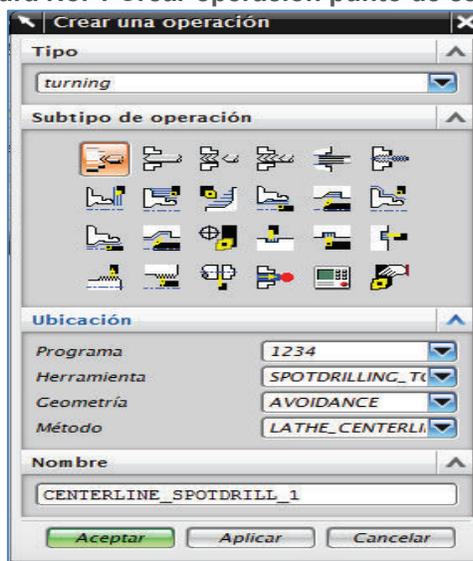
ANEXO 3 Programación de Operaciones

La siguiente operación de la primera parte es Taladrado de centro, para poder colocar el contrapunto y continuar con las operaciones de desbaste, acabado, roscado y ranurado.

b) Taladrado de centro

En el subtipo de operación se selecciona CENTERLINE, y se definen los parámetros generales especificados en la figura 1.

Figura No. 1 Crear operación punto de centro

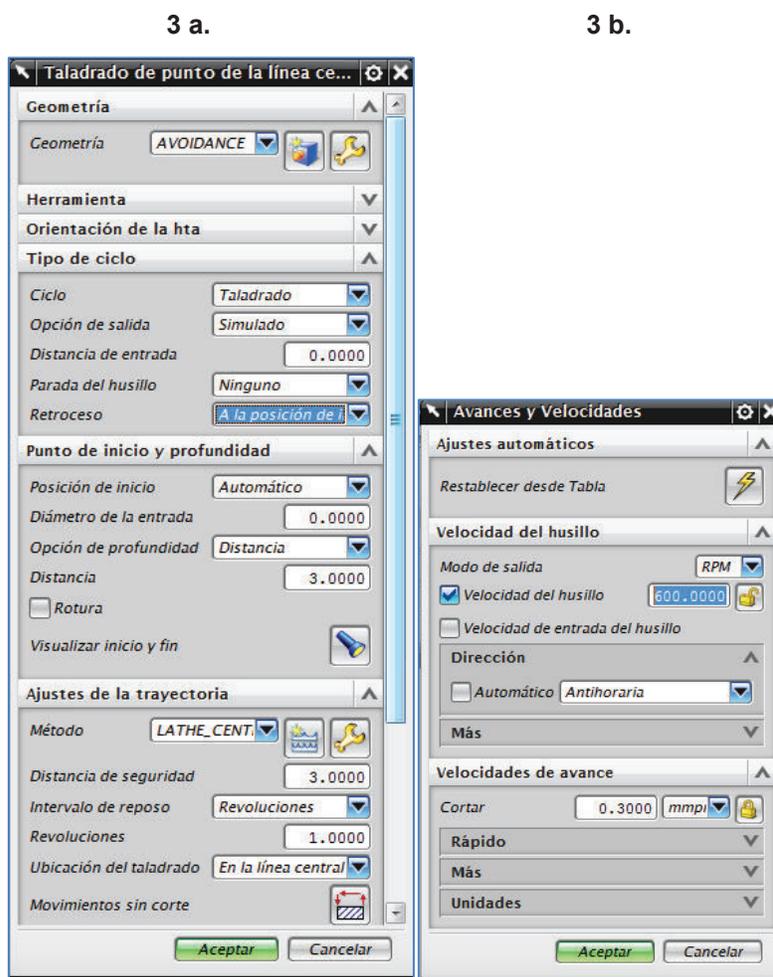


Elaborado por: los autores

En la ventana Taladro de punto de línea de centro, sub sección Ajustes de la trayectoria, se define en Ubicación del taladro la opción de En la línea central (figura 2 a) ya que el taladrado que se realiza es para colocar el contra punto, también se modifica en la sub sección Punto de Inicio y Profundidad, en Opción de profundidad escogemos Distancia, y en distancia colocamos el valor 3mm, que es la profundidad del taladrado.

De igual manera que en la operación anterior en la ventana de Avances y Velocidades (figura 2 b), se pone 600 RPM en la velocidad del Husillo y la dirección de giro del husillo como Anti horaria en concordancia con el torno.

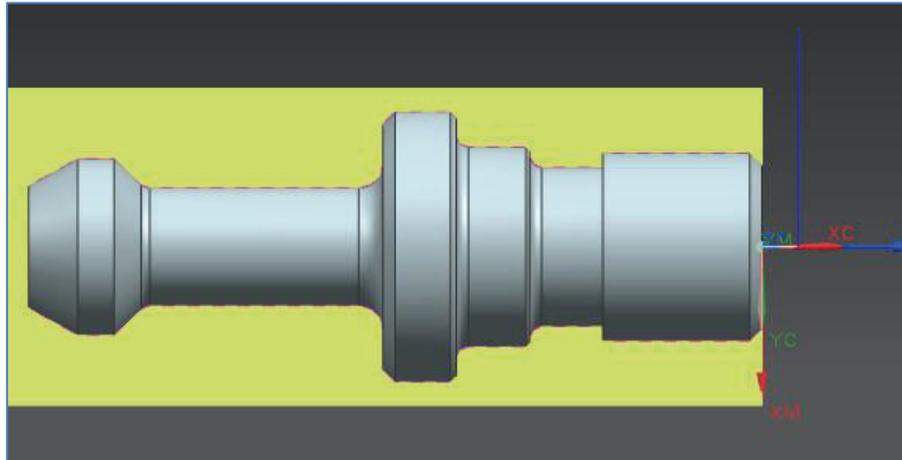
Figura No. 3 Parámetros operación punto de centro



Elaborado por: los autores

De igual manera se genera la trayectoria para el movimiento de la cuchilla en este caso la broca de centros y se puede ver en la figura 4, que es la correcta.

Figura No. 4 Trayectoria operación punto de centro



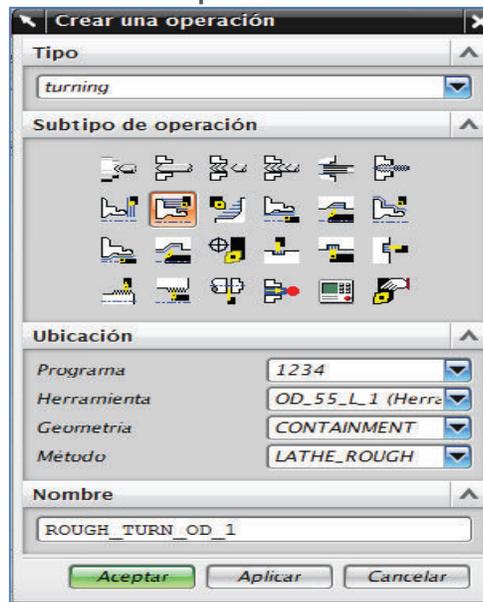
Elaborado por: los autores

Una vez que ya se puede y se coloca el contrapunto, se sigue con el desbaste.

c) Cilindrado Desbaste

En el subtipo de operación se selecciona `ROUGH_TURN_OD` y se definen los parámetros especificados en la figura 5.

Figura No. 5 Creación operación cilindrado de desbaste



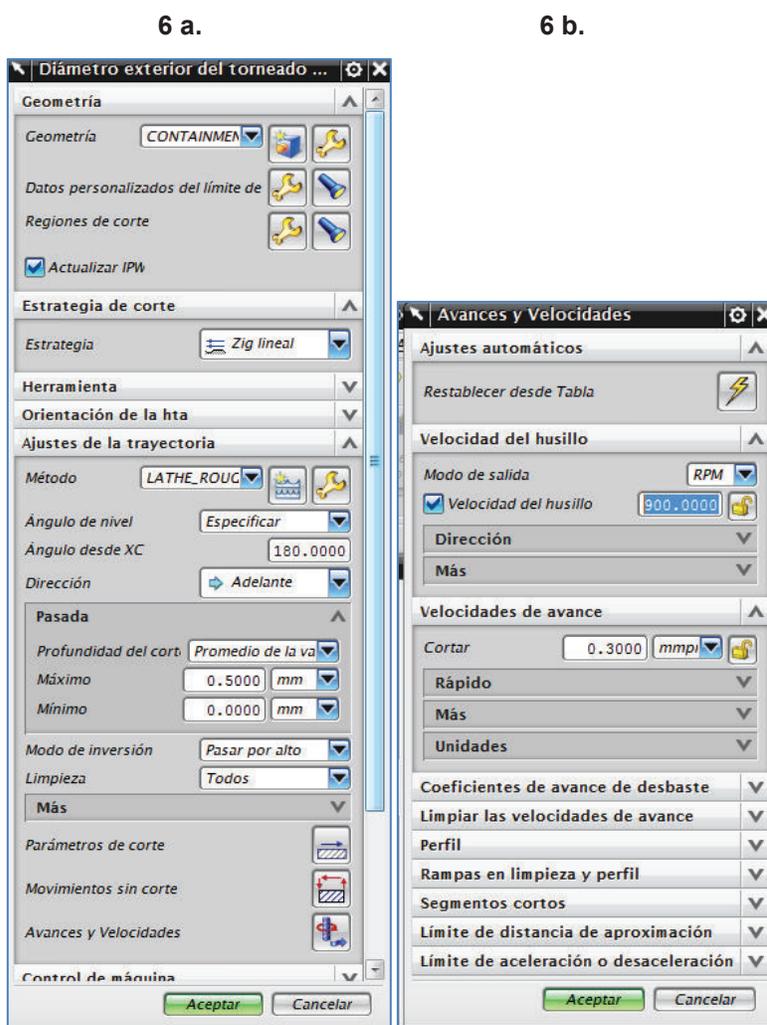
Elaborado por: los autores

En esta operación los parámetros básicos a tomarse en cuenta son:

En la ventana de Diámetro exterior del torneado de desbaste, sub sección Ajustes de Trayectoria, Pasada, se modifica la Profundidad de Corte de la pasada el Máximo a 0.5mm, el Mínimo se le deja en 0.0mm y en Modo de Inversión se define Pasar por Alto. Ver figura 6 a.

En la ventana de Avances y Velocidades, se coloca 900 RPM la velocidad del Husillo y la dirección de giro del husillo Antihoraria en concordancia con el torno y experiencia de la empresa CEMAIN. Ver figura 6 b.

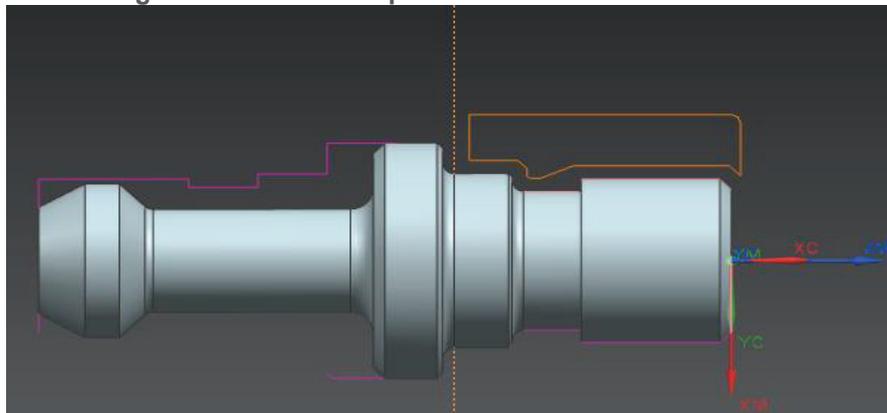
Figura No. 6 Parámetros operación cilindrado de desbaste



Elaborado por: los autores

Ahora se va delimitar con un plano hasta donde ejecutar la operación desbaste, para ello En Región de Corte (figura 6 a) y en Plano de Recorte Axial 1, como opción de límite distancia y se coloca -24, que es la distancia a la geometría CONTAINMENT, con esto también se garantiza no golpear la cuchilla con el mandril.

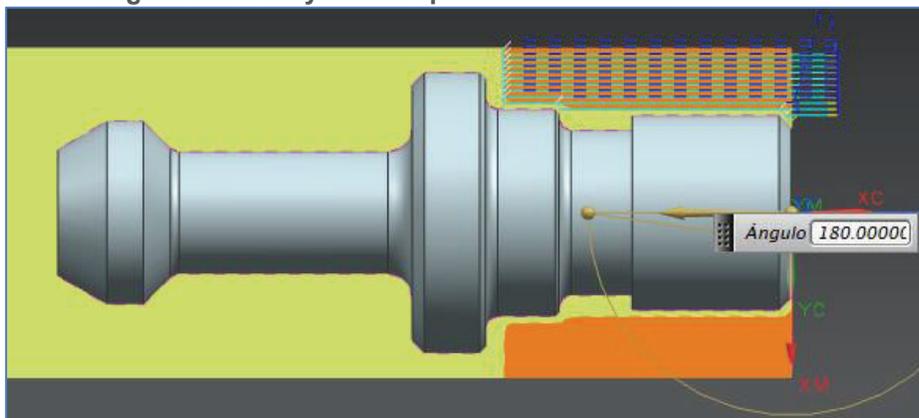
Figura No. 7 Límites operación cilindrado de desbaste



Elaborado por: los autores

Para verificar esta operación, se genera la Trayectoria, y se ve en la figura 8, que son los movimientos correctos de la cuchilla.

Figura No. 8 Trayectoria operación cilindrado de desbaste



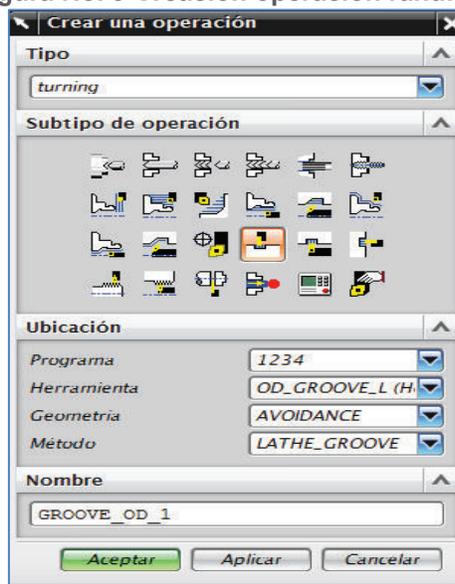
Elaborado por: los autores

La siguiente operación de esta primera parte de la pieza es el ranurado externo que divide la parte cilíndrica de la pieza de la parte roscada, a continuación se detalla el ranurado:

d) Ranurado

Al igual que las operaciones precedentes, se empieza con la selección del sub tipo de operación, en este caso se selecciona GROOVE_OD y se definen los parámetros especificados en la figura 9.

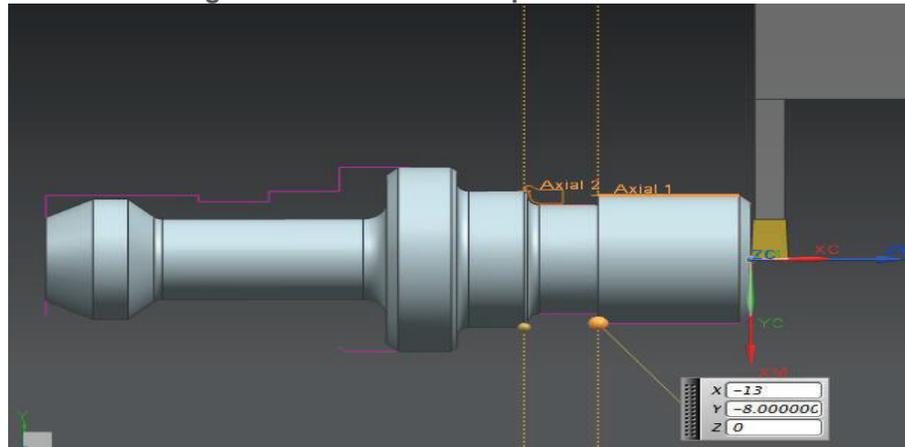
Figura No. 9 Creación operación ranurado



Elaborado por: los autores

Ahora se define la zona en que se va realizar esta operación para ello En la ventana de Ranura cilíndrica, en regiones de corte para Plano de Recorte Axial 1 y Plano de Recorte Axial 2, como opción de límite se selecciona punto y se marcan los puntos indicados en la figura 60, para el punto 1 y 2 respectivamente. Es decir el ranurado va desde el punto 1 al punto 2.

Figura No. 11 Límites de operación ranurado



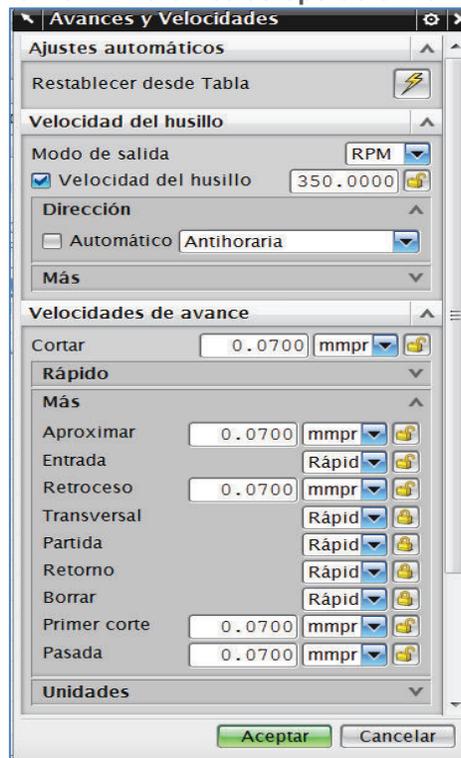
Elaborado por: los autores

En la ventana de avances y velocidades (figura 12), se coloca 350 RPM y la dirección de giro del husillo antihoraria en concordancia con el torno.

Dentro de la sección Velocidades de avance en Cortar se coloca 0.07 mmpr, se ingresa en la sección Más y se coloca 0.07 mmpr en las secciones Aproximar, Retroceso, Primer Corte y Pasada; y en las otras secciones se escoge la opción Rápido. Con esto se garantiza que la penetración de la cuchilla es de 0.07 mm por revolución, tanto al ingresar, salir y desplazarse la cuchilla cuando esté realizando el ranurado.

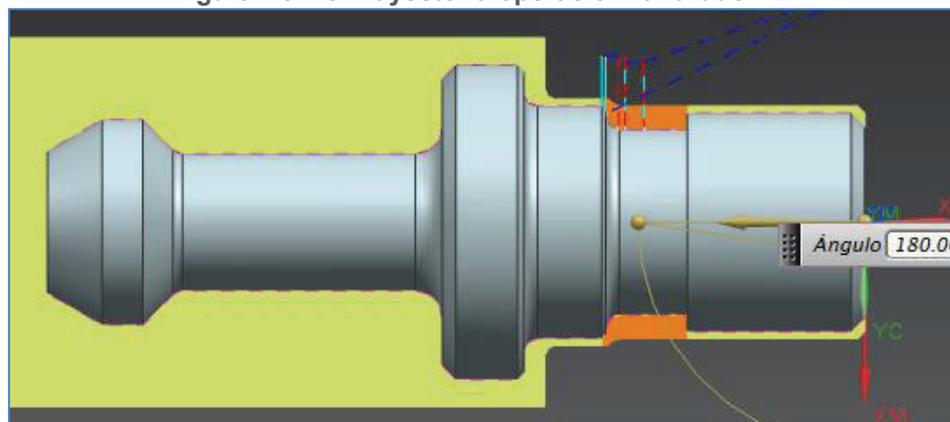
En la figura 13 se ve la trayectoria de esta operación, en las líneas celestes con rojo se ve cuando la cuchilla ingresa realizando el corte de material y sale por la misma trayectoria se desplaza en sentido horizontal y vuelve a realizar el corte material en las líneas celestes y rojas hasta llegar al punto 2 definido al inicio de esta operación y en las líneas azules se observan los movimientos rápidos de la cuchilla.

Figura No. 12 Parámetros operación ranurado



Elaborado por: los autores

Figura No. 13 Trayectoria operación ranurado



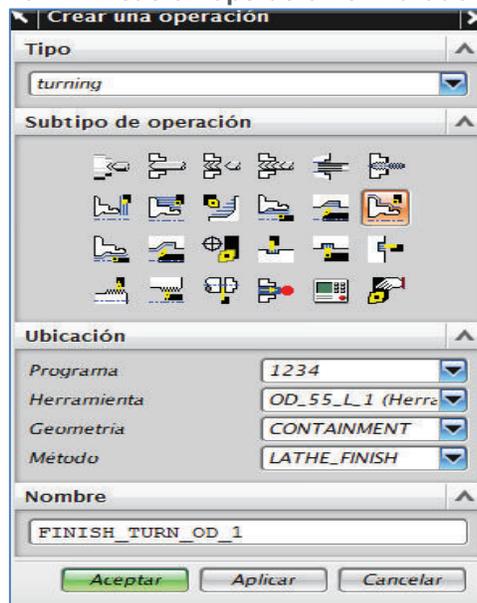
Elaborado por: los autores

La siguiente operación que se realiza es el acabado de las superficies cilíndricas, inclusive la parte que luego va a ser roscada.

e) Cilindrado Acabado

En el subtipo de operación se selecciona FINISH_TURN_OD y se definen los parámetros especificados en la figura 14, y se pulsa aceptar con lo que se abre la ventana de la figura 15.

Figura No. 14 Creación operación cilindrado acabado



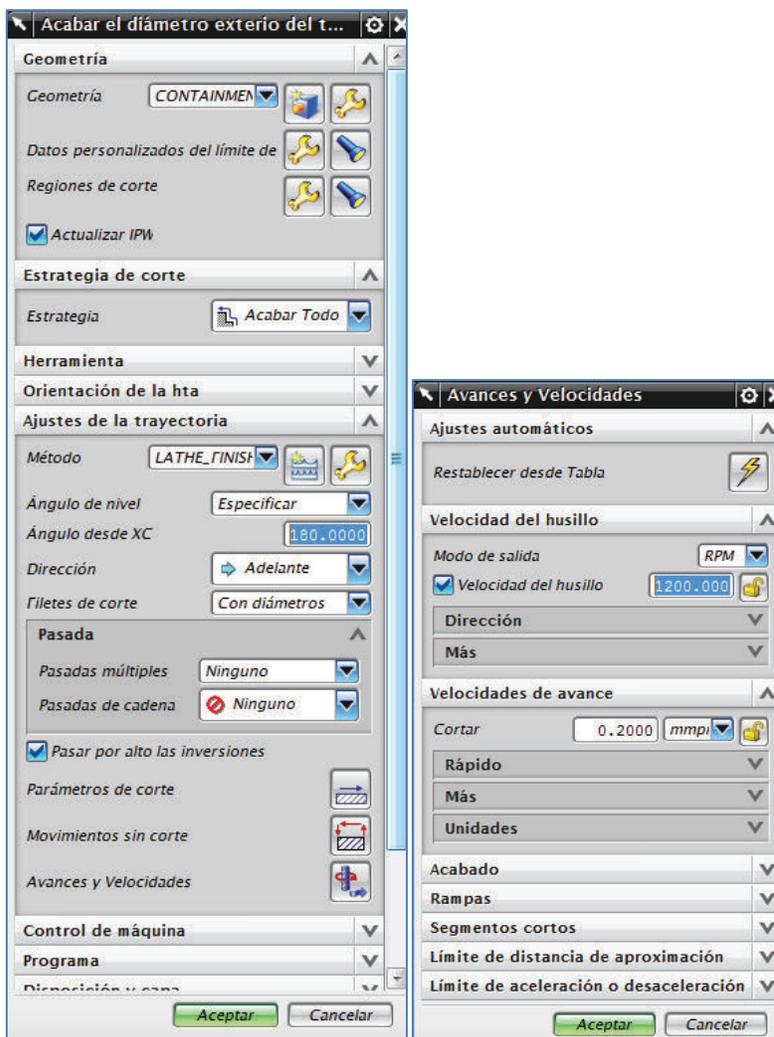
Elaborado por: los autores

En la ventana de Avances y velocidades (figura 15 b.) se digita la Velocidad del Husillo a 1200 RPM y la dirección de giro del husillo Anti horaria en concordancia con el torno, una velocidad más alta al resto de operaciones, esto es porque en una operación de Acabado se necesita alta velocidad y poca penetración por eso se baja está a 0.2 mmpr.

Figura No. 15 Parámetros operación cilindrado acabado

15 a.

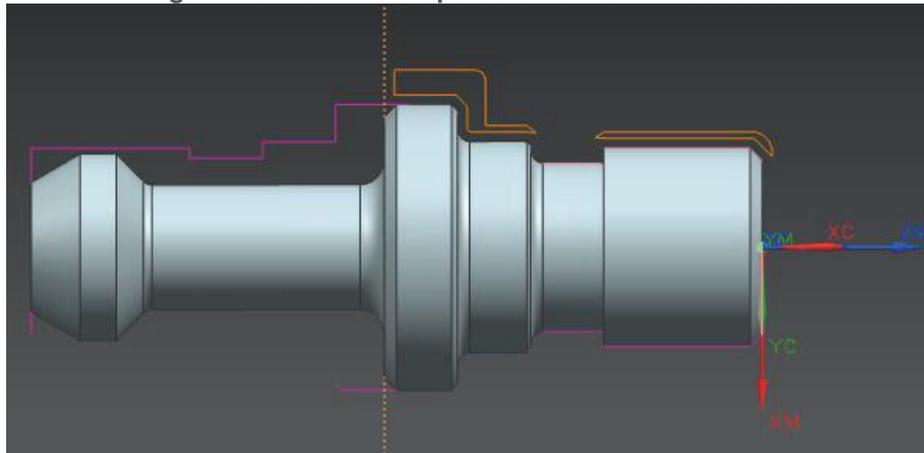
15 b.



Elaborado por: los autores

Ahora se pulsa el botón para modificar la Región de Corte (figura 15 a.) y se define el plano de recorte axial 1 a una distancia de -31 mm, es decir la longitud de la pieza de la parte uno, es un valor negativo ya que el cero está en el extremo derecho de la pieza, al pulsar aceptar se visualiza la figura 16, donde las líneas naranjas muestran las zonas de corte.

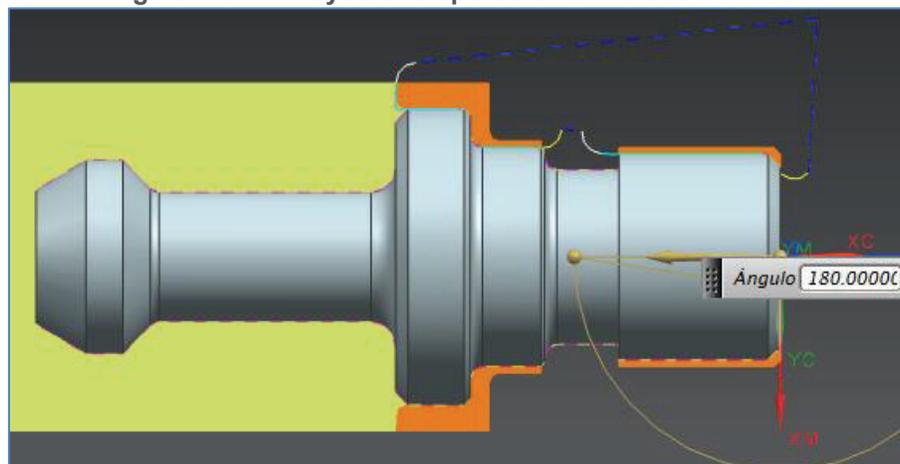
Figura No. 16 Límites operación cilindrado acabado



Elaborado por: los autores

Se genera la trayectoria, para visualizar los movimientos de la cuchillas y son los esperados como se muestra en la figura 17.

Figura No. 17 Trayectoria operación cilindrado acabado



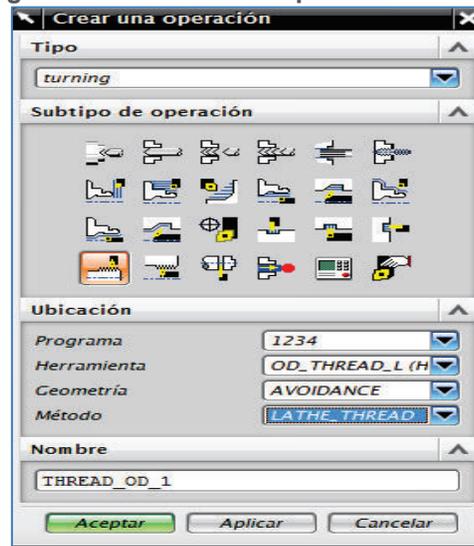
Elaborado por: los autores

Para terminar esta primera parte de la pieza se realiza el roscado de la siguiente manera:

f) Roscado

En el subtipo de operación, se selecciona THREAD_OD_1 y se definen los parámetros especificados en la figura 18.

Figura No. 18 Creación operación roscado



Elaborado por: los autores

En la ventana Diámetro exterior de rosca (figura 19 a), en la sub sección Orientación de la herramienta, se selecciona Reorientar soporte de herramienta y se define en ángulo de porta herramienta 270 grados, esto se realiza para tener la misma condición del porta herramienta del torno.

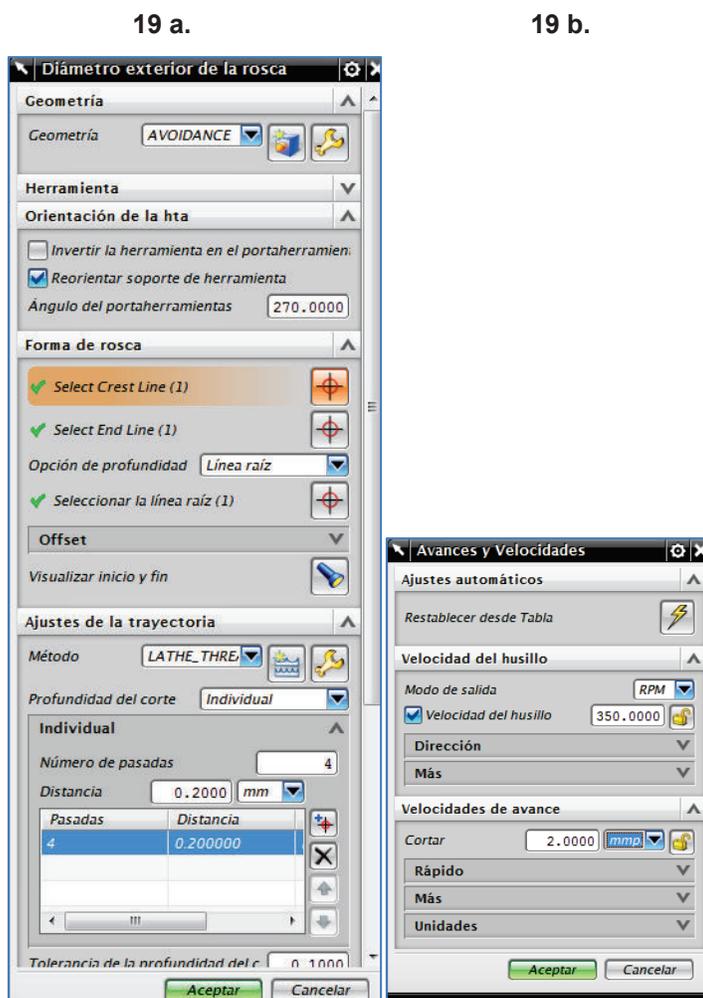
Los siguientes parámetros importantes para definir la rosca, de la sub sección Forma de rosca (figura 19 a.) son:

- crest line.- es la línea por la cual se va a realizar el roscado, se la define gráficamente
- end line.- es la línea hasta donde se va a realizar el roscado, también se la define gráficamente; y,

- profundidad.- se puede seleccionar línea de raíz, que es la línea hasta donde es la profundidad de la rosca, también se la puede seleccionar gráficamente.

En la ventana de Avances y velocidades (figura 19 b), se pone 350 RPM y la dirección de giro del husillo Anti horaria, para avance se define cortar 2mmpr, datos consistentes con el torno y el paso deseado para esta rosca.

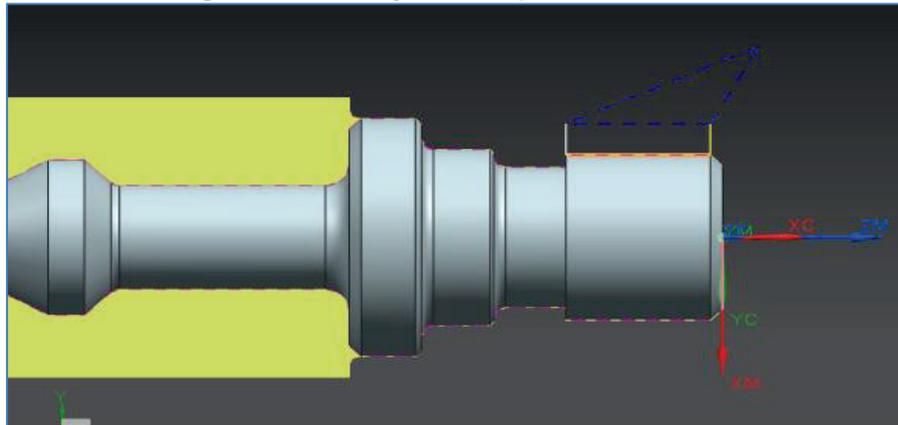
Figura No. 19 Parámetros operación roscado



Elaborado por: los autores

Al igual que el resto de operaciones se genera la trayectoria de la cuchilla (figura 20).

Figura No. 20 Trayectoria operación roscado



Elaborado por: los autores

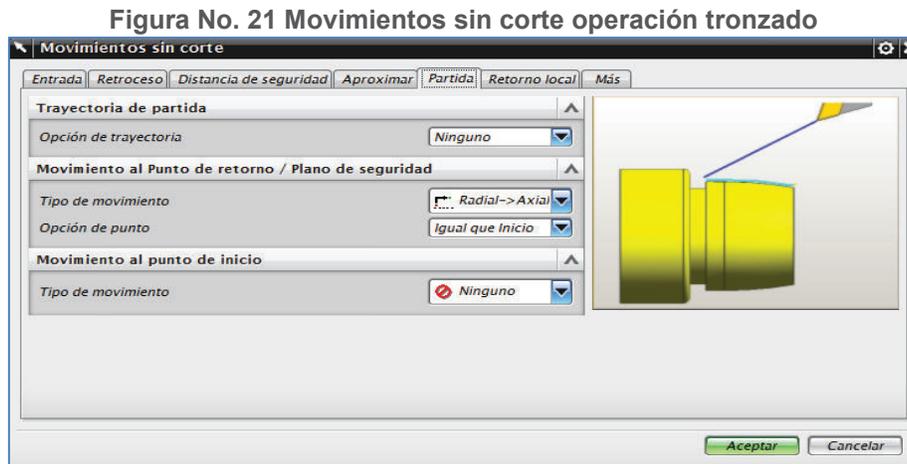
Una vez terminada la primera parte se realiza una operación de Tronzado para cortar la pieza a la longitud total, así:

g) Tronzado

Se definen los mismos parámetros de la operación ranurado, ya que para cortar el eje se puede realizar como un ranurado pero con una profundidad que llegue al centro del eje, para ello lo que se debe considerar es:

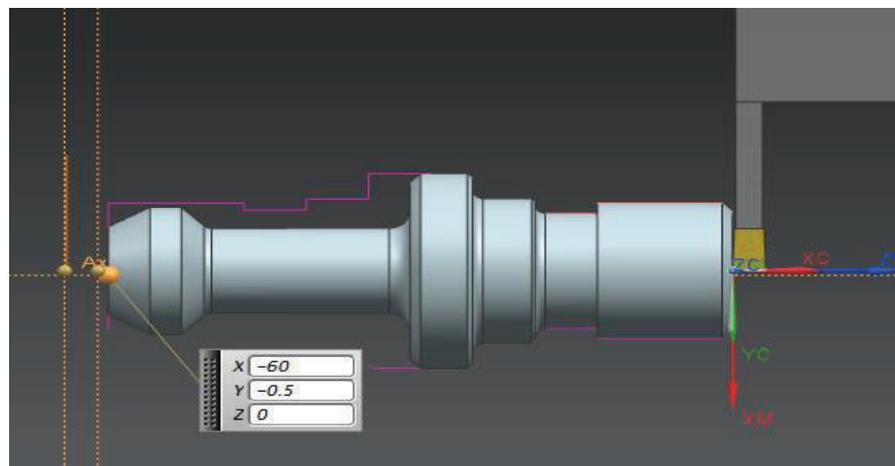
- En la ventana Movimientos sin corte, pestaña Partida, en la sub sección Movimiento al punto de retorno / Plano de seguridad, se escoge un Tipo de movimiento Radial -> Axial, esto se realiza por seguridad y evitar choques de la herramienta con el eje que se podría tener con movimientos directos inclinados (figura 21.)
- Y en Regiones de corte se modifican los planos: Plano de corte radial 1, Plano de recorte axial 1 y Plano de recorte axial 2, es decir los planos límites donde

se ejecuta la operación, se pueden seleccionar gráficamente como se muestra en la figura 22.



Elaborado por: los autores

Figura No. 22 Límites operación tronzado

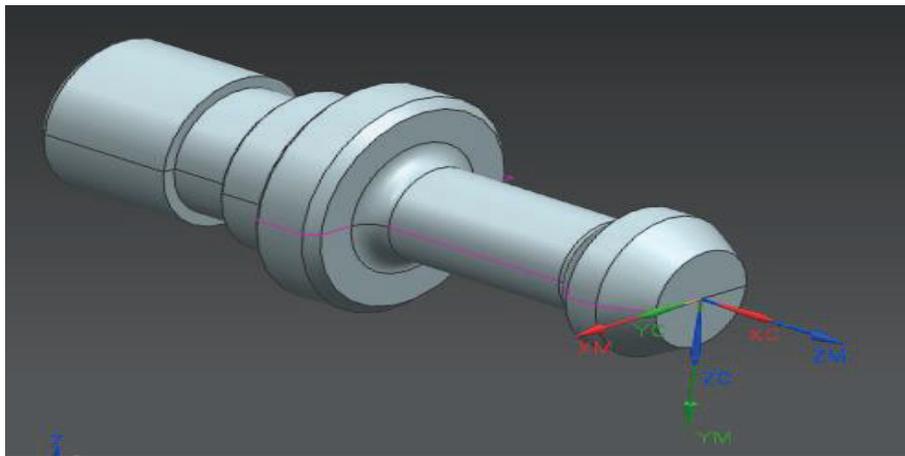


Elaborado por: los autores

PARTE 2

Después de mecanizar la PARTE 1 se gira la pieza 180 grados en referencia al eje Z_c , se monta en el torno y se encera nuevamente el torno, quedando el origen de la siguiente manera:

Figura No. 23 Parte 2



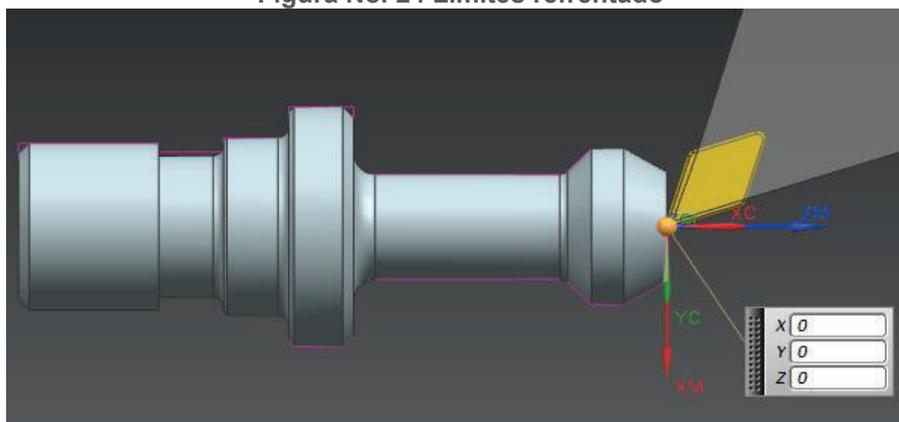
Elaborado por: los autores

La primera operación de esta segunda parte también es el Refrentado.

a) Refrentado

Se definen los mismos parámetros de la operación refrentado de la PARTE 1 modificando únicamente en regiones de corte Plano de recorte axial 1, es decir se selecciona el plano hasta el cual se va a refrentar, ver figura 24.

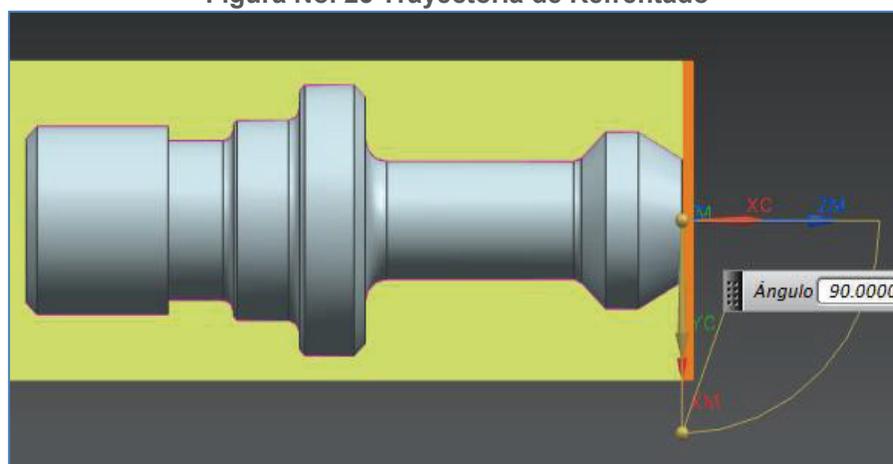
Figura No. 24 Límites refrentado



Elaborado por: los autores

Se genera la trayectoria, como se muestra en la figura 75, y verificar que la operación esta correcta.

Figura No. 25 Trayectoria de Refrentado



Elaborado por: los autores

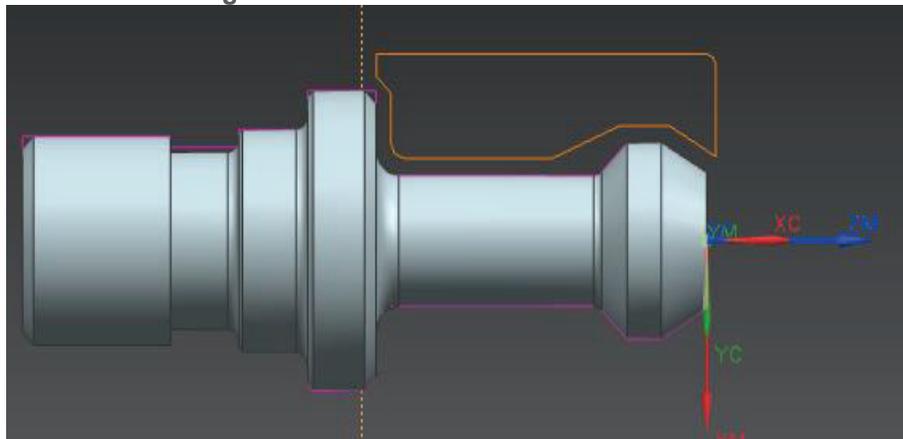
La siguiente operación que se tiene que realizar de la segunda parte de la pieza es el desbaste:

b) Cilindrado Desbaste

Se definen los mismos parámetros de la operación cilindrado desbaste de la primera parte, lo único que va a cambiar son las Regiones de Corte, en esta operación basta

con definir el Plano de recorte axial 1, para este caso se puede ingresar a través de una distancia de -30.25 mm, como se muestra en la figura 26.

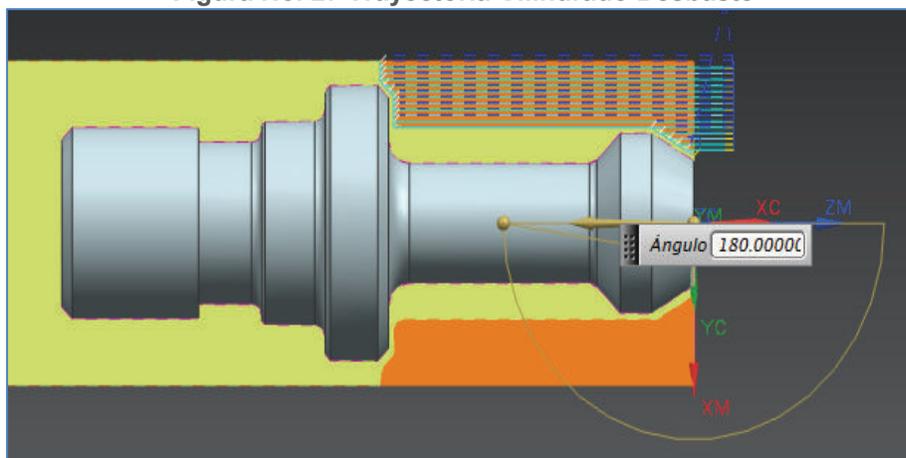
Figura No. 26 Límites cilindrado desbaste



Elaborado por: los autores

También se verifica si la trayectoria es la correcta, como se puede ver en la figura 27.

Figura No. 27 Trayectoria Cilindrado Desbaste



Elaborado por: los autores

Ahora se debe realizar el ranurado de la parte que en la operación anterior no se pudo realizar y que por la forma de la cuchilla con el ranurado se puede realizar.

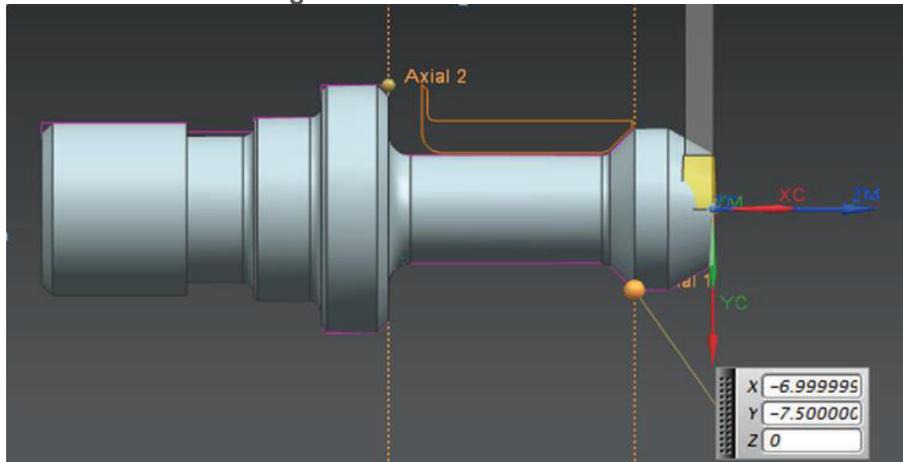
c) Ranurado

Se definen los mismos parámetros de la operación ranurado de la primera parte, modificando únicamente las Regiones de corte, en donde se definen los planos de inicio y fin para esta operación, se puede definir gráficamente a través del Plano de recorte axial 1 y Plano de recorte axial 2 como se indica en la figura 28.

En la ventana de Avances y velocidades se pone 350 RPM y la dirección de giro del husillo Anti horaria en concordancia con el torno.

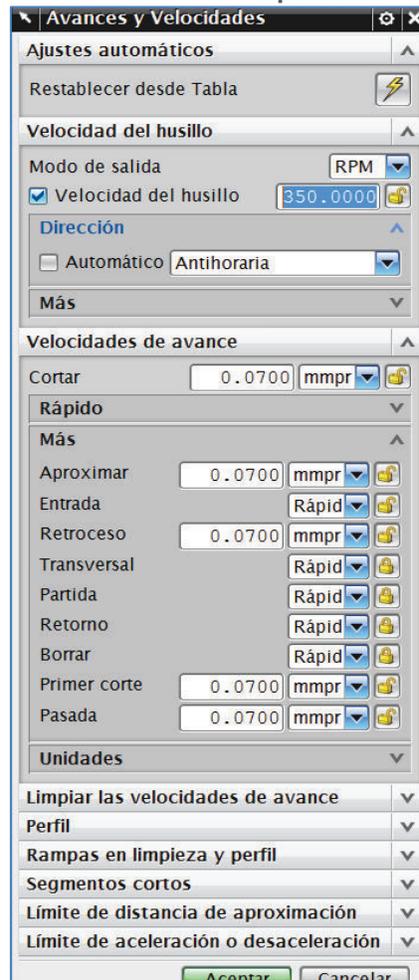
Dentro de la pestaña Velocidades de Avance (figura 29), en Cortar se coloca 0.07 mmpr, se ingresa en la sección Más y se coloca 0.07 mmpr en las secciones Aproximar, Retroceso, Primer Corte y Pasada; que son parámetros de corte que la empresa CEMAIN utiliza para cortar en esta operación.

Figura No. 28 Límites ranurado



Elaborado por: los autores

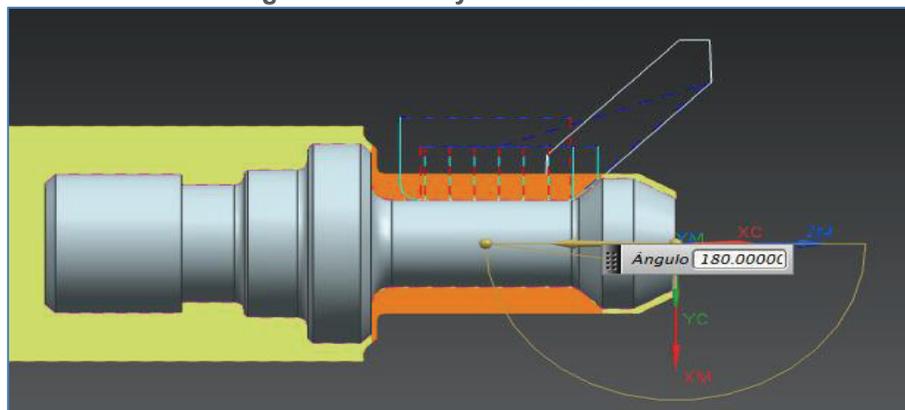
Figura No. 29 Parámetros operación ranurado



Elaborado por: los autores

En la figura 30., se puede ver la trayectoria de la operación ranurado, que es la deseada.

Figura No. 30 Trayectoria Ranurado



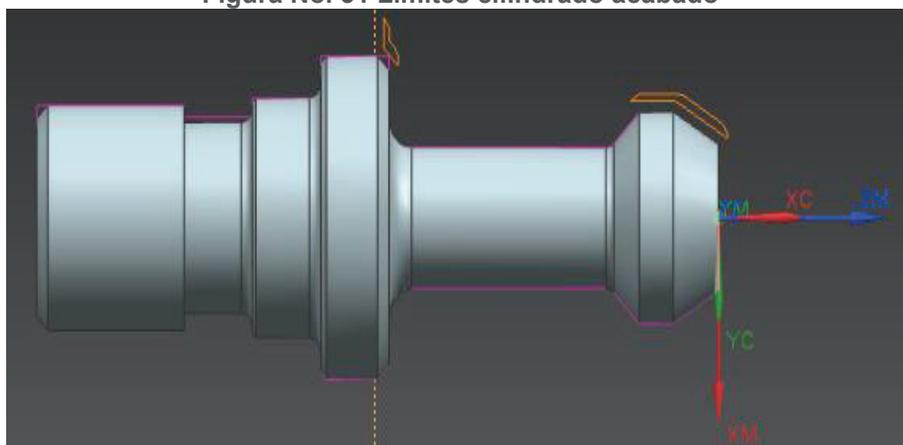
Elaborado por: los autores

Finalmente se realiza la operación de acabado de las superficies previamente desbastadas.

d) Cilindrado Acabado

Se definen los mismos parámetros de la operación Cilindrado Acabado de la primera parte modificando únicamente en Regiones de corte, el Plano de recorte axial 1 a una distancia de -30.25 mm, que es la misma distancia hasta donde se realizó la operación de desbaste (figura 31).

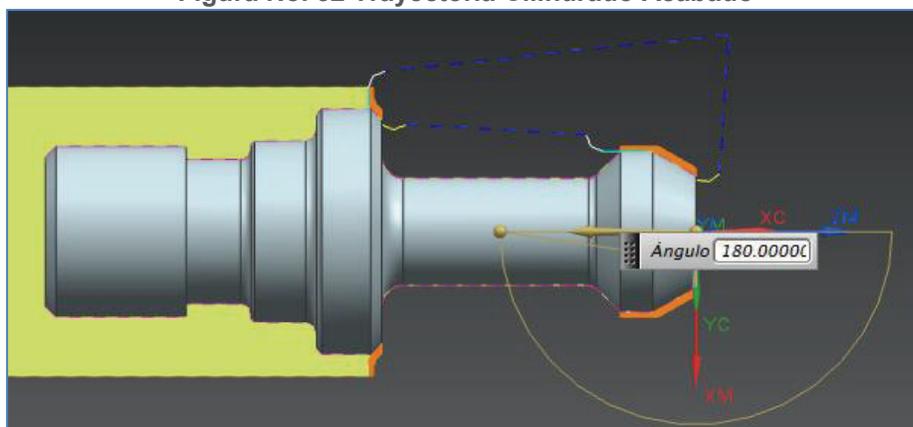
Figura No. 31 Límites cilindrado acabado



Elaborado por: los autores

De igual manera se verifica que la operación sea la correcta con observando la trayectoria generada como se puede ver en la figura 32.

Figura No. 32 Trayectoria Cilindrado Acabado



Elaborado por: los autores

ANEXO 4 CÓDIGOS G

CÓDIGO G	
PARTE 1	PARTE 2
% O0001 (ESCUELA POLITECNICA NACIONAL) (TESIS DE MAESTRIA EN MATERIALES, DISENO Y PRODUCCION) (DISENO DE UN SOFTWARE POSTPROCESADOR PARA UGS NX 8, ADAPTADO AL TORNO HASS ST10) (UGNX POSTING DATE: FRI SEP 06 11:31:17 2013) G21 G0 G40 G99 N10 (NX OPER NAME: FACING) G17 M5 G0 T0101 G54 G97 S800 M3 X37. Z3. X34.162 Z.75 X32.562 G99 G1 X-1.6 F.5 M8 X-3.2 F1. G0 Z3.75 X34.483 Z.5 X32.883 G1 X-1.6 F.2 X-3.2 F1. G0 Z3.5 X34.597 Z.25 X32.997 G1 X-1.6 F.2 X-3.2 F1. G0 Z3.25 X34.6 Z0. X33. G1 X-1.6 F.2 X-3.2 F1. M9 G0 X37. Z3. G28 U0 G28 W0 M1 N20 (NX OPER NAME: CENTERLINE_SPOTDRILL) G19 M5 G0 T0707 G54 G97 S600 M3 X37. Z3. X0. G99 G1 Z-3. F.3 M8 Z3. F.5 M9 G0 X37. G28 U0 G28 W0 M1 N30 (NX OPER NAME: ROUGH_TURN_OD)	% O0001 (ESCUELA POLITECNICA NACIONAL) (TESIS DE MAESTRIA EN MATERIALES, DISENO Y PRODUCCION) (DISENO DE UN SOFTWARE POSTPROCESADOR PARA UGS NX 8, ADAPTADO AL TORNO HASS ST10) (UGNX POSTING DATE: TUE JUL 23 13:16:28 2013) G21 G0 G40 G99 N10 (NX OPER NAME: FACING) G17 M5 G0 T0101 G97 S800 M3 X37. Z3. X34.483 Z.5 G99 G1 X32.883 F.2 M8 X-1.6 F.5 X-3.2 F1. G0 Z3.5 X34.6 Z0. G1 X33. F.2 X-1.6 X-3.2 F1. M9 G0 X37. Z3. G28 U0 G28 W0 M1 N20 (NX OPER NAME: ROUGH_TURN_OD) G19 M5 G0 T0202 G97 S900 M3 X37. Z3. X25.167 Z3.8 G99 G1 Z3. F.3 M8 Z-29.75 F.5 X27. F.3 X28.131 Z-29.184 F1. G0 Z3.8 X23.333 G1 Z3. F.3 Z-29.635 X23.547 Z-29.742 X23.562 Z-29.75 X25.167 X26.298 Z-29.184 F1. G0 Z3.8 X21.5 G1 Z3. F.3 Z-28.719 X23.333 Z-29.635 X24.465 Z-29.07 F1. G0 Z3.8 X19.667 G1 Z3. F.3 Z-28.5 X21.063

<p>G17 M5 G0 T0202 G54 G97 S900 M3 X37. Z3. X26.4 Z3.624 Z2.824 G99 G1 Z-23.5 F.5 M8 X27. F.3 X28.131 Z-22.934 F1. G0 X28.4 Z3.775 X25.8 Z2.975 G1 Z-23.5 F.3 X26.4 X27.531 Z-22.934 F1. G0 X27.8 Z3.8 X25.2 Z3. G1 Z-23.5 F.3 X25.8 X26.931 Z-22.934 F1. G0 X27.2 Z3.8 X24.6 Z3. G1 Z-23.5 F.3 X25.2 X26.331 Z-22.934 F1. G0 X26.6 Z3.8 X24. Z3. G1 Z-23.5 F.3 X24.6 X25.731 Z-22.934 F1. G0 X26. Z3.8 X23.4 Z3. G1 Z-23.5 F.3 X24. X25.131 Z-22.934 F1. G0 X25.4 Z3.8 X22.8 Z3. G1 Z-23.5 F.3 X23.4 X24.531 Z-22.934 F1. G0 X24.8 Z3.8 X22.2 Z3. G1 Z-23.5 F.3 X22.8 X23.931 Z-22.934 F1. G0 X24.2 Z3.8 X21.6 Z3. G1 Z-23.5 F.3 X22.2 X23.331 Z-22.934 F1. G0 X23.6 Z3.8 X21. Z3. G1 Z-23.5 F.3 X21.6 X22.731 Z-22.934 F1. G0 X23. Z3.8 X20.4 Z3.</p>	<p>X21.5 Z-28.719 X22.631 Z-28.153 F1. G0 Z3.8 X17.833 G1 Z3. F.3 Z-28.5 X19.667 X20.798 Z-27.934 F1. G0 Z3.8 X16. G1 Z3. F.3 Z-28.5 X17.833 X18.965 Z-27.934 F1. G0 Z3.8 X14.427 G1 Z3. F.3 Z-2.724 X16. Z-4.086 X17.131 Z-3.52 F1. G0 Z3.8 X12.854 G1 Z3. F.3 Z-1.362 X14.427 Z-2.724 X15.558 Z-2.158 F1. G0 Z.566 X12.413 G1 X11.281 Z0. F.3 X12.854 Z-1.362 X13.985 Z-.796 F1. M9 G0 X37. Z3. G28 U0 G28 W0 M1 N30 (NX OPER NAME: GROOVE_OD) G19 M5 G0 T0909 G97 S350 M3 X37. Z3. X22.4 Z-16.8 G99 G1 X22. F.05 M8 X10. F.5 X10.4 F1. G0 X22.4 Z-19.15 G1 X22. F.05 X10. X10.4 F1. G0 X22.4 Z-14.45 G1 X22. F.05 X10. X10.4 F1. G0 X22.4 Z-21.5 G1 X22. F.05 X10. X10.4 F1. G0 X22.4 Z-12.1 G1 X22. F.05 X10. X10.4 F1. G0 X22.4 Z-23.85 G1 X22. F.05 X10. X10.4 F1. G0 X22.4 Z-9.75 G1 X22. F.05 X10.175 G2 X10. Z-10.114 R.8 G1 X10.283 Z-9.973 F1.</p>
---	--

<p>G1 Z-23.5 F.3 X21. X22.131 Z-22.934 F1. G0 X22.4 Z3.8 X19.8 Z3. G1 Z-23.5 F.3 X20.4 X21.531 Z-22.934 F1. G0 X21.8 Z3.8 X19.2 Z3. G1 Z-23.5 F.3 X19.8 X20.931 Z-22.934 F1. G0 X21.2 Z3.8 X18.6 Z3. G1 Z-23.5 F.3 X19.2 X20.331 Z-22.934 F1. G0 X20.6 Z3.8 X18. Z3. G1 Z-23.5 F.3 X18.6 X19.731 Z-22.934 F1. G0 X20. Z3.8 X17.4 Z3. G1 Z-18.969 F.3 X18. Z-19.269 X19.131 Z-18.703 F1. G0 X19.4 Z3.8 X16.8 Z3. G1 Z-.869 F.3 X17. Z-.969 Z-18.769 X17.4 Z-18.969 X18.531 Z-18.403 F1. G0 X18.8 Z3.8 X16.2 Z3. G1 Z-.569 F.3 X16.8 Z-.869 X17.931 Z-.303 F1. G0 X18.2 Z3.8 X15.6 Z3. G1 Z-.269 F.3 X16.2 Z-.569 X17.331 Z-.003 F1. G0 X17.6 Z.566 X16.194 X15.063 Z0. G1 X15.6 Z-.269 F.3 X16.731 Z.297 F1. M9 G0 X37. Z3. G28 U0 G28 W0 M1</p> <p>N40 (NX OPER NAME: GROOVE_OD) G19 M5 G0 T0909 G54</p>	<p>G0 X29.166 Z-26.2 G1 X28.766 F.05 X13.6 G3 X10. Z-24.4 R1.8 G1 X10.283 Z-24.259 F1. G0 X22.4 Z-7.4 G1 X22. F.05 X14.766 X10.469 Z-9.549 G2 X10.175 Z-9.75 R.8 G1 X10.458 Z-9.609 F1. M9 G0 X37. Z3. G28 U0 G28 W0 M1</p> <p>N40 (NX OPER NAME: FINISH_TURN_OD) G19 M5 G0 T0101 G97 S1200 M3 X37. Z3. X10.874 Z2.186 G99 G2 X9.275 Z.8 R1.6 F.1 X9.704 Z0. G1 X15. Z-4.586 M8 Z-8.542 G2 X18.2 Z-10.142 F1. G0 X20.063 Z-26.737 G2 X19.125 Z-27.869 F.1 X20.063 Z-29. G1 X22.547 Z-30.242 X22.562 Z-30.25 X26.883 G2 X30.083 Z-28.65 F1. M9 G0 X37. Z3. G28 U0 G28 W0 M1 M5 M30 %</p>
---	--

G97 S350 M3
X37. Z3.
G99 G1 X23.4 Z-17.75 F.07 M8
G0 X23.
G1 X13.54
X13.94
G0 X24.4
G1 Z-19.3
G0 X24.
G1 X16.766
X16.459 Z-19.146
G2 X15.751 Z-19. R.5
G1 X15.14
G3 X13.54 Z-18.2 R.8
G1 X13.823 Z-18.059
G0 X23.4
G1 Z-16.2
G0 X23.
G1 X13.54
X13.94
M9
G0 X37.
Z3.
G28 U0
G28 W0
M1

N50 (NX OPER NAME: FINISH_TURN_OD)
G19
M5
G0 T0101
G54
G97 S1200 M3
X37. Z3.
X13.063 Z2.263
G99 G2 X12.125 Z1.131 R1.6 F.2
X13.063 Z0.
G1 X16. Z-1.469 M8
Z-13.768
X16.118 Z-14.515
G2 X19.308 Z-15.988 F1.
G1 X19.562 Z-15.983
G0 X19.821 Z-17.616
G2 X16.874 Z-19.211 F.2
G1 X16.884 Z-19.337
X17. Z-20.068
Z-24.8
G2 X17.4 Z-25. R.2
G1 X21.063
X23. Z-25.969
Z-31.
X27.
G2 X30.2 Z-29.4 R1.6 F1.
M9
G0 X37. Z3.
G28 U0
G28 W0
M1

N60 (NX OPER NAME: THREAD_OD)
G19
M5
G0 T0404
G54
G97 S350 M3
M24
X37. Z3.
X22. Z-1.
G92 X15.6 Z-13. F2.
X15.2
X14.8
X14.4
X14.
X13.77
X13.54
M9
G0 X37. Z3.
G28 U0

<p>G28 W0 M1</p> <p>N70 (NX OPER NAME: GROOVE_OD_1) G19 M5 G0 T0909 G54 G97 S350 M3 X37. Z3. X33.4 Z-64.2 X33. G99 G1 X-1. F.5 M8 X-.6 F1. M9 G0 X37. Z3. G28 U0 G28 W0 M1 M5 M30 %</p>	
---	--