



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN**

**“Reprogramación y configuración de la interfaz de la Chevalier  
1418VMC y propuesta de Maquinado de un Retén (sello mecánico),  
aplicable a laboratorio de Manufactura como ampliación en la visión  
del Ingeniero Mecánico en Diseño Mecánico y Fabricación”**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**P R E S E N T A N:**

**JOEL VALDÉS ASTORGA  
ALEJANDRO ALAN CERECEDO PÉREZ**

**ASESOR:**

**M. EN I. SERGIO MARTÍN DURÁN GUERRERO**



**CUAUTILÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO. AGOSTO 2022**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# ÍNDICE

	<b>Página</b>
<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	2
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	4
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	5
<b>OBJETIVOS</b> .....	6

## **CAPÍTULO 1 MANUFACTURA**

1.1. ¿Qué es la Manufactura?.....	7
1.1.1. Definición de Manufactura.....	8
1.2. Desarrollo y Diseño en la Manufactura.....	9
1.2.1. Diseño Conceptual.....	10
1.2.2. Diseño del Producto.....	11
1.3. Maquinado.....	11
1.3.1. Tipos de Maquinado.....	12
1.3.1.1. Torneado.....	12
1.3.1.2. Fresado.....	16

## **CAPÍTULO 2 MANUFACTURA POR COMPUTADORA**

2.1. CAD, CAM y Plano de fabricación.....	22
2.1.1. CAD y CAM.....	22
2.1.2. Plano y sus elementos técnicos.....	24
2.1.2.1. Formato.....	24

2.1.2.2.	El cajetín de rotulación o datos.....	29
2.1.2.3.	Cotas.....	29
2.1.2.4.	La Escala.....	35
2.1.2.5.	Tolerancias Dimensionales.....	37
2.1.2.6.	Tolerancias Geométricas.....	42
2.2.	Control Numérico por Computadora (CNC).....	47
2.2.1.	Lenguajes de Programación CNC.....	50
2.2.1.1.	Programación Estructural.....	51
2.2.1.2.	Programación Abierta.....	52
2.2.1.3.	Programación Estándar.....	53
2.2.1.4.	Programación Conversacional.....	54
2.2.1.5.	Programación Mixta.....	55
2.2.2.	Interfaz CNC.....	57

**CAPÍTULO 3**  
**REPROGRAMACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LA INTERFAZ DE LA**  
**CHEVALIER 1418VMC**

3.1.	Descripción del problema y reprogramación.....	61
3.2.	Cable de datos y configuración de la Interfaz.....	75

**CAPÍTULO 4**  
**PROPUESTA DE MAQUINADO PARA EL ÁREA DE MANUFACTURA CNC**

4.1.	Descripción y elección de la pieza.....	93
4.2.	Muestra del Diseño por Computadora y Simulación de Proceso de Manufactura.....	100

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>135</b>
--	------------

<b>GLOSARIO Y NOMENCLATURA.....</b>	<b>137</b>
-------------------------------------	------------

<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>142</b>
--------------------------	------------

<b>APÉNDICE A - MÁQUINAS CNC (PROHIBICIÓN).....</b>	<b>144</b>
---	------------

<b>APÉNDICE B – PROCEDIMIENTO DE ENCENDIDO DE LA CHEVALIER</b> .....	145
<b>APÉNDICE C – PRIMERA PUESTA EN MARCHA</b> .....	146
<b>APÉNDICE D – ENVÍO DE ARCHIVOS A LA CNC</b> .....	148
<b>APÉNDICE E – PROCESO DE PLANIFICACIÓN DEL TORNEADO</b> .....	149
<b>APÉNDICE F – PROCESO DE PLANIFICACIÓN DEL FRESADO</b> .....	153

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado a mis padres Diana Guadalupe Astorga Martínez y Carlos Elías Valdés Hernández, quienes han sido el pilar principal del crecimiento en mi educación y quienes han puesto fe en mí, apoyándome incansablemente dentro de sus posibilidades para llegar a donde hoy en día estoy.

También a aquellas personas que estuvieron a lo largo de mi desarrollo, vieron mi potencial y me apoyaron en momentos muy importantes sin necesidad de habérselos pedido. Aquí mi dedicatoria a su nombre.

## AGRADECIMIENTOS

A mi Familia Valdés Astorga, a mi tío Guillermo Valdez y su familia, quienes con palabras de aliento han impulsado de manera importante mi camino.

A mi esposa Fernanda que ha estado conmigo incondicionalmente y al hijo que estoy esperando de ella.

Al Ps. Ubaldo E. Verduzco Rivera quien hizo un gesto admirable hacia mi persona, posando en mí su confianza de lo lejos que puedo llegar.

A mi asesor de tesis el M. en I. Sergio Martín Durán Guerrero, quien desde la primera vez que tuve el gesto de conocerlo fue una excelente persona y docente en mi formación como Ingeniero, además de tener gran confianza en mí y mis conocimientos, siendo así una de las personas a quienes les tengo mucho aprecio y respeto.

A los profesores de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán quienes nos dieron las bases y conocimientos que enriquecen a un Ingeniero, creando los profesionistas de la Máxima Casa de Estudios.

Y a la Universidad Nacional Autónoma de México, por todas las facilidades, oportunidades, experiencias y enriquecimiento que se nos brinda por formar parte de esta Universidad y que, como gran compromiso se obtiene al salir de esta institución, demostrar el potencial de los profesionistas de excelencia que forma.

## RESUMEN

En el presente trabajo se muestra la reparación a la programación del control FANUC 0-MD, la configuración del programa para la interfaz CNC-PC y utilización de la interfaz de la Chevalier 1418VMC, interfaz que hará más fácil pasar programas escritos en la máquina y servirá de apoyo para las asignaturas de Diseño y Manufactura por Computadora y Manufactura por Computadora de las carreras de Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica Eléctrica.

La Chevalier 1418VMC es un Centro de Maquinado que tiene un control Fanuc 0-MD, este control se encarga de darle las instrucciones a la máquina para realizar sus funciones y para que la máquina tenga un correcto funcionamiento, es necesario que este control no esté dañado o corrompido y el control de ésta máquina no estaba al 100%, por lo que se tuvo que hacer la configuración de nueva cuenta del control para reparar las librerías dañadas e implementar una interfaz para volver a cargar el programa O9002 esencial para el cambio de herramienta de la máquina.

Finalmente se hizo la propuesta de una pieza de maquinado aplicada a la industria petrolera para incentivar la motivación del Ingeniero Mecánico, para que ellos creen su plan de trabajo de mecanizado de la pieza con base a sus conocimientos y utilizando los softwares de su preferencia para realizarlo.

# INTRODUCCIÓN

La Manufactura es una de las actividades más demandantes a lo largo de la historia del ser humano desde que descubrieron e inventaron materiales y procesos para fabricar cosas, y toda la historia que ha tenido hasta su auge dentro de la Industria. Para procesos que no requieren tanto trabajo y procesos sumamente complejos que van más allá de lo que un ser humano podría hacer en tiempos sumamente cortos como las máquinas podrían hacerlo.

Encontramos una amplia variedad de cosas que podemos decir que son parte de la Manufactura, podemos encontrar desde métodos manuales, máquinas convencionales que pueden hacer la mano de obra más rápida y máquinas que son programadas por computadora para hacer trabajos que requieran más esfuerzo y hacerlas en el menor tiempo posible. Una vez entendido esto, entraremos en una parte dentro de la Manufactura por computadora o por sus siglas en inglés CNC que significa “Computer Numerical Control” o como lo conocemos en español “Control Numérico por Computadora”. Seguramente al oír esto o leer sobre esto nos preguntamos “¿de dónde surgió?” pues para empezar comentaremos acerca de sus inicios.

## **Antecedentes históricos**

Hay que recordar que antes de que los procesos se hicieran por medio de una computadora, se hacían por medio de tarjetas perforadas, estas tarjetas eran una “lámina” hecha en cartulina que contenían un código binario, con base a las perforaciones hechas era la información o instrucciones que contenía, la invención de estas tarjetas data del 1725, cuando en Francia se usó para facilitar el control de los telares mecánicos.

Las máquinas de control tienen sus orígenes en los años 40 y 50, en Estados Unidos.

Fue el ingeniero John T. Parsons quien usó máquinas existentes en aquella época con unas modificaciones para que se le pudieran pasar los números mediante tarjetas perforadas. Este fue el inicio de una apasionante era en la fabricación de maquinaria para la industria.

De esa manera, el operario podría introducir dichas tarjetas y que los motores pudieran realizar los movimientos exactos necesarios para el mecanizado de la pieza. Eso era mucho mejor que

los anteriores sistemas de actuación manual mediante palancas o volantes que movían los operarios, pero que podrían no ser suficientemente precisos para ciertas aplicaciones.

Aquella máquina de Parsons no era más que una fresadora con tecnología de válvulas de vacío que se podía programar mediante la carga de datos.

Desde entonces, estas máquinas de control numérico primitivas fueron evolucionando hasta sistemas mucho más precisos usando la tecnología electrónica de control analógico y, más tarde, digital.

### **Nuevas tecnologías para la Manufactura**

Ahora bien, sabemos que las nuevas tecnologías han avanzado a pasos agigantados y es lo que nos permite hoy en día usar máquinas controladas por computadoras para hacer operaciones complejas en el menor tiempo posible y con una mejor precisión.

Es por eso que, usando estas tecnologías, mostrar diseños o prototipos de algún tipo ya es posible, ya que la labor como Ingeniero es encontrar mejores maneras de hacer un proceso o innovarlo.

La forma de conectar el mundo del usuario con el mundo de las máquinas ha sido a través de interfaces, estas nos han permitido conectarnos mediante lenguajes con las máquinas y viceversa, para así poderles dar instrucciones y manejarlas.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica se imparten las asignaturas de Dibujo, Diseño por computadora y Manufactura por Computadora. El alumno tiene la necesidad o curiosidad de encontrar ejemplos y/o aplicaciones reales dentro de su formación, la parte convencional tiene buenas bases, no obstante, la parte de manufactura y su amplia gama de maquinados enfocada al Control Numérico por Computadora debe de ser más amplia aún para el alumno, de manera que, al salir al mundo laboral, cuando encuentra estos ejemplos palpables tiende a ser un poco complicado para el Ingeniero Mecánico aplicar lo aprendido.

Hace bastantes años la Chevalier 1418VMC tiene un problema en el cual no ha permitido hacer un cambio de herramienta ni tampoco se ha habilitado la posibilidad de ingresar nuevos programas mediante una interfaz, por lo que esto se convierte en un problema, asimismo por la naturaleza de este problema no se han podido usar programas complejos, así que lo ideal es mostrar una manera de que en alumno pueda tener un refuerzo al conocimiento en cuanto a la la manufactura asistida por computadora (CAM, por su abreviatura en inglés de Computer Aided Desing), la programación del Control Numérico por Computadora (CNC, por su abreviatura en inglés de Computer Numerical Control) y puedan usar sus conocimientos teóricos dentro del ámbito laboral.

## JUSTIFICACIÓN

Usualmente se usaban las máquinas convencionales en la manufactura, ahora, existe la llamada “manufactura moderna” en donde se requieren tener conocimientos bastos sobre máquinas CNC y su programación, además de la interpretación correcta de planos, estas máquinas son de gran importancia por su precisión, tener mucha demanda y alta capacidad de trabajo, sin embargo, solo las pueden usarla gente calificada con conocimientos de programación y operación CNC, además de tener conocimientos sobre materiales, cortes, avances y posiciones en acomodo de piezas, por lo cual, es de vital importancia que las máquinas estén al 100% de su funcionamiento para realizar sus actividades para que los alumnos de Ingeniería Mecánica Eléctrica puedan aplicarlos de manera correcta y eficiente en su vida laboral.

## OBJETIVOS

### General:

- Resolver el problema de la Chevalier 1418VMC para que tenga un correcto funcionamiento y así las asignaturas de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora y Manufactura por Computadora puedan utilizarla.

### Específicos:

- Que se use más el centro de Maquinado Chevalier 1418VMC por profesores, alumnos y que puedan utilizarla para proyectos a gran escala dentro de la Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán.
- Crear una interfaz que permita una comunicación con la Chevalier 1418VMC y el usuario sin necesidad de utilizar la programación a pie de máquina al 100%.
- Proponer un ejemplo real con cierto grado de complejidad para el estudiante y que se pueda realizar en el laboratorio CNC.
- Incentivar el uso de nuevos programas para el CAD/CAM y creación de códigos CNC.
- Concientizar a los alumnos y profesores al buen uso del equipo de la Chevalier 1418VMC para evitar que se vuelva a dañar.
- Incentivar al alumno a interesarse en la Manufactura, en la disciplina de Diseño Mecánico y Fabricación.

# CAPÍTULO 1

## MANUFACTURA



*Figura 1. Manufactura*

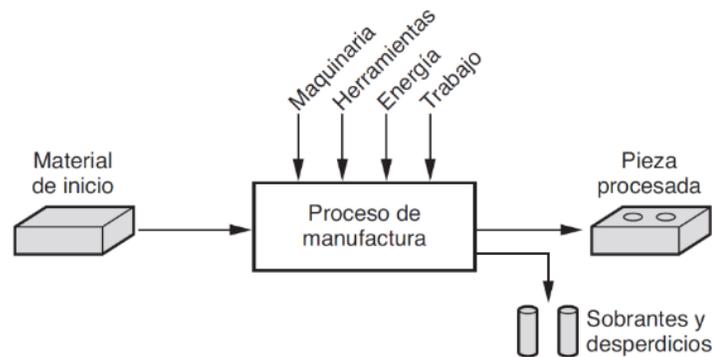
---

### 1.1. ¿QUÉ ES LA MANUFACTURA?

La palabra *manufactura* se deriva de las palabras latinas *manus* (mano) y *factus* (hacer); la combinación de ambas significa *hecho a mano*. La palabra *manufactura* tiene varios siglos de antigüedad, y “hecho a mano” describe en forma adecuada los métodos manuales que se utilizaban cuando se acuñó la expresión. La mayor parte de la manufactura moderna se lleva a cabo por medio de maquinaria automatizada y controlada por computadora que se supervisa manualmente.

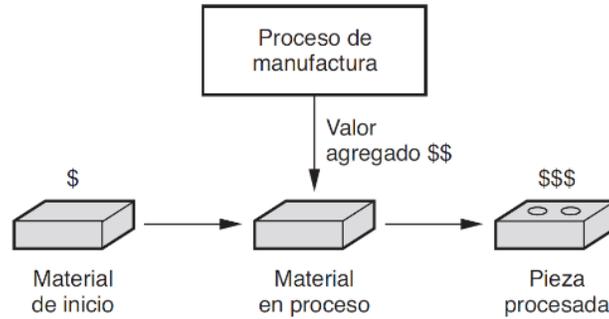
### 1.1.1. DEFINICIÓN DE MANUFACTURA

Como campo de estudio en el contexto moderno, la manufactura se puede definir de dos maneras: una tecnológica y la otra económica. En el sentido tecnológico, la manufactura es la aplicación de procesos físicos y químicos para alterar la geometría, propiedades o apariencia de un material de inicio dado para fabricar piezas o productos; la manufactura también incluye el ensamble de piezas múltiples para fabricar productos. Los procesos para llevar a cabo la manufactura involucran una combinación de máquinas, herramientas, energía y trabajo manual (Figura 1.1). Casi siempre, la manufactura se ejecuta como una secuencia de operaciones. Cada una de éstas lleva al material más cerca el estado final que se desea.



**Figura 1.1. Proceso Técnico**

En el sentido económico, la manufactura es la transformación de los materiales en artículos de valor mayor por medio de uno o más operaciones de procesamiento o ensamblado (Figura 1.2). La clave es que la manufactura agrega valor al material cambiando su forma o propiedades, o mediante combinar materiales distintos también alterados. El material se habrá hecho más valioso por medio de las operaciones de manufactura ejecutadas en él. Cuando el mineral de hierro se convierte en acero se le agrega valor. Si la arena se transforma en vidrio se le añade valor. Cuando el petróleo se refina y se convierte en plástico su valor aumenta. Y cuando el plástico se modela en la geometría compleja de una silla de jardín, se vuelve más valioso.



**Figura 1.2. Proceso Económico**

Es frecuente, que las palabras manufactura y producción se usen en forma indistinta. El punto de vista del autor es que la producción tiene un significado más amplio que la manufactura. Para ilustrar esto, se puede utilizar la expresión “producción de petróleo crudo”, pero la frase “manufactura de petróleo crudo” parece fuera de lugar. Sin embargo, cuando se emplea en el contexto de productos tales como piezas metálicas o automóviles, cualquier de ambas palabras es aceptable.

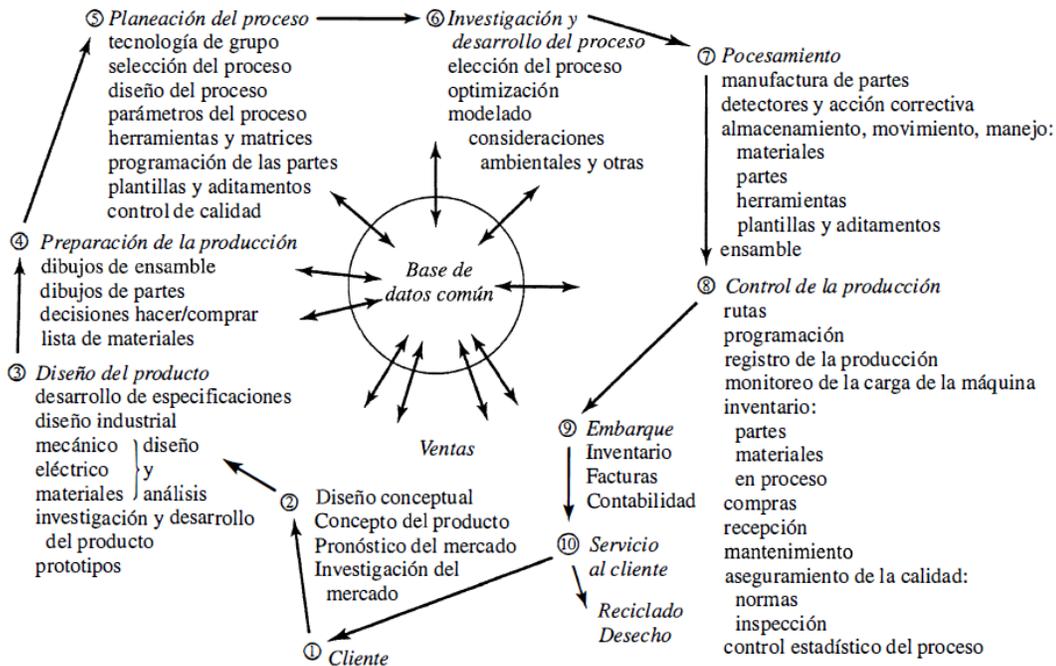
## **1.2. DESARROLLO Y DISEÑO EN LA MANUFACTURA**

En muchas formas, ésta es la fase más importante. Las necesidades se definen en términos de función, desempeño, restricciones de tiempo, costo y otros criterios. Las especificaciones que no cumplen con las necesidades del consumidor conducen a la falla del producto en el mercado, pero las especificaciones innecesariamente estrictas implican un costo elevado y falta de competitividad. Por lo tanto, no se necesitan un exceso en el desempeño ni una vida desmedida, pero el primero se debe optimizar. En general, se ha determinado que un producto que satisface los requisitos mínimos se puede producir a un costo mínimo. Con frecuencia se puede incrementar el desempeño, y por tanto se eleva el precio de venta, con relativamente poco incremento en el costo. Mejoras adicionales pueden conducir a un costo de manufactura mucho más elevado y a un incremento marginal del atractivo para el consumidor, de esta forma el precio de venta no se puede incrementar proporcionalmente. En consecuencia, siempre hay un punto más allá del cual el desempeño no se puede mejorar económicamente. Para asegurar que el producto en verdad tendrá éxito respecto a la competencia, se examina contra el mejor en el

ramo (pruebas de laboratorio). En ocasiones un producto existente, para el cual no se dispone de dibujos y especificaciones, se reproducirá por medio de la ingeniería inversa. La técnica también se usa para la evaluación de productos competitivos: el producto se desensambla y se toma nota de sus características mejores.

### 1.2.1. DISEÑO CONCEPTUAL

Ésta es la fase más creativa: el producto se diseña en bosquejos generales para cumplir su función, es decir, para operar satisfactoriamente a lo largo de su vida esperada y para cubrir las necesidades del cliente. Un cambio significativo de las prácticas pasadas es que la información del cliente es (o debe ser) buscada ávidamente. Las decisiones estarán influidas por el tamaño anticipado del mercado. Los avances en la tecnología de manufactura han conducido a que con frecuencia el consumidor espera productos personalizados a precios de producción en masa. En este caso, el diseño debe hacer el producto adecuado para manufactura en sistemas flexibles de manufactura. En esta etapa no se necesitan dibujos detallados; es suficiente hacer bosquejos conceptuales que muestren las partes y la relación de una con otra. Se hacen elecciones preliminares de materiales y, puesto que éstos siempre influyen en el proceso, los procesos de producción se identifican tentativamente.



**Figura 1.3. Actividades de la realización de un producto**

### **1.2.2. DISEÑO DEL PRODUCTO**

Los diseñadores y analistas mecánicos y eléctricos aseguran que el producto funcionará adecuadamente. Ello requiere la elección de materiales apropiados y, frecuentemente, la cooperación de especialistas en materiales. La mayoría de las fases del diseño del producto puede tener lugar en una computadora. Con la ayuda del modelado geométrico, el diseñador puede explorar una variedad de opciones, las cuales pueden ser analizadas con la ayuda de paquetes de software (incluyendo aquellos para el análisis del elemento finito, MEF). El diseño se puede optimizar en un tiempo mucho más corto; se hacen factibles cambios rápidos en el diseño y se pueden satisfacer las cambiantes demandas del consumidor. Tanto ensambles y partes se pueden diseñar con la seguridad de que se acoplarán adecuadamente. Más allá de esto, el análisis de modo y efecto de falla (AMEF) se puede llevar a cabo para examinar posibles modos de falla y evaluar la confiabilidad de los sistemas y componentes. Se puede crear una biblioteca de componentes estándar. En algunos casos aún se deben construir modelos físicos, cada vez más por medio de técnicas de prototipos rápidos, y también un producto prototipo puede ser hecho y probado. El análisis asistido por computadora con frecuencia elimina o minimiza la necesidad de pruebas físicas. Por ejemplo, la simulación por computadora del comportamiento de la carrocería de un automóvil en un choque minimiza la necesidad de pruebas de impacto reales en prototipos. De esta forma, las actividades que se indican en los bloques 3 y 4 de la Figura 1.3 se realizan en lo que ha llegado a conocerse como CAD (diseño asistido por computadora).

### **1.3. MAQUINADO**

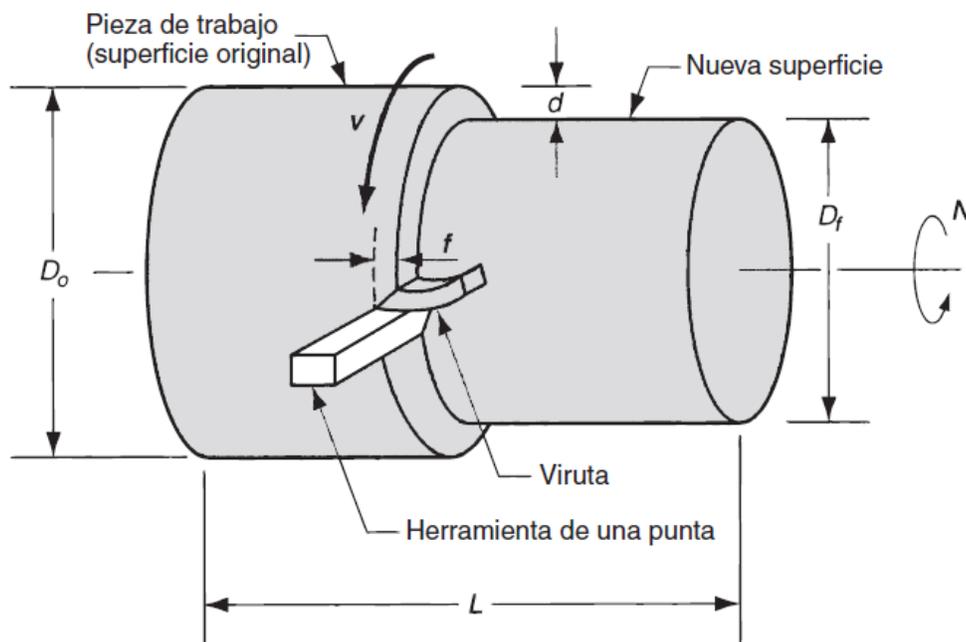
El Maquinado uno de los procesos de la Manufactura. Es el más versátil y preciso de todos los procesos de manufactura por su capacidad de producir una diversidad de piezas y características geométricas (por ejemplo, roscas de tornillos, dientes de engrane, superficies lisas). La fundición también puede producir una variedad de formas, pero carece de la precisión y exactitud del maquinado.

### 1.3.1. TIPOS DE MAQUINADO

Teniendo en cuenta que son muchas formas de las piezas mecánicas que se pueden encontrar dentro y fuera de la industria, asimismo son varios los procesos que se pueden hacer, en este caso mencionaremos los que utilizamos y son los más comunes.

#### 1.3.1.1. TORNEADO

El torneado es un proceso de maquinado en el cual una herramienta de una sola punta remueve material de la superficie de una pieza de trabajo cilíndrica en rotación; la herramienta avanza linealmente y en una dirección paralela al eje de rotación, como se ilustra en las Figura 1.4. El torneado se lleva a cabo tradicionalmente en una máquina herramienta llamada torno, la cual suministra la potencia para tornear la pieza a una velocidad de rotación determinada con avance de la herramienta y profundidad de corte especificados.



*Figura 1.4. Torneado*

La velocidad de rotación en el torneado se relaciona con la velocidad de corte requerida en la superficie cilíndrica de la pieza de trabajo por la ecuación

$$N = \frac{v}{\pi D_o}$$

***Fórmula 1.1.***

donde  $N$  = velocidad de rotación, rev/min;  $v$  = velocidad de corte, m/min (ft/min); y  $D_o$  = diámetro original de la pieza, m (ft).

La operación de torneado reduce el diámetro del trabajo  $D_o$  al diámetro final  $D_f$ . El cambio de diámetro se determina por la profundidad de corte  $d$ :

$$D_f = D_o - 2d$$

***Fórmula 1.2.***

El avance en el torneado se expresa generalmente en mm/rev (in/rev). Este avance se puede convertir a velocidad de avance lineal en mm/min (in/min) mediante la fórmula:

$$f_r = Nf$$

***Fórmula 1.3.***

donde  $f_r$  = velocidad de avance, mm/min (in/min); y  $f$  = avance, mm/rev (in/rev).

El tiempo para maquinar una pieza de trabajo cilíndrica de un extremo a otro está dado por:

$$T_m = \frac{L}{f_r}$$

***Fórmula 1.4.***

donde  $T_m$  = tiempo de maquinado en min; y  $L$  = longitud de la pieza cilíndrica en mm (in). Un cálculo más directo del tiempo de maquinado lo proporciona la ecuación siguiente:

$$T_m = \frac{\pi D_o L}{fv}$$

***Fórmula 1.5.***

donde  $D_o$  = diámetro del trabajo, mm (in);  $L$  = longitud de la pieza de trabajo, mm (in);  $f$  = avance, mm/rev (in/rev); y  $v$  = velocidad de corte, mm/min (in/min). Como práctica general, se añade una pequeña distancia a la longitud al principio y al final de la pieza de trabajo para dar margen a la aproximación y al sobrerrecorrido de la herramienta.

La velocidad volumétrica de remoción del material se puede determinar más convenientemente por la ecuación siguiente:

$$R_{MR} = vfd$$

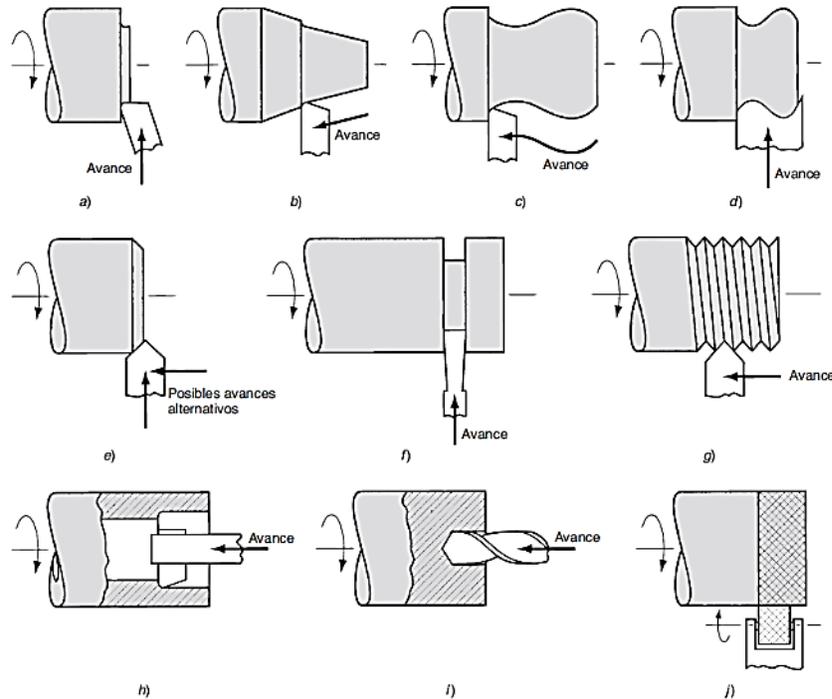
***Fórmula 1.6.***

donde  $R_{MR}$  = velocidad de remoción de material, mm<sup>3</sup>/min (in<sup>3</sup>/min). En esta ecuación las unidades de  $f$  se expresan simplemente como mm (in), ignorando el efecto de la rotación del torneado. Asimismo, se debe tomar las medidas necesarias para asegurarse de que las unidades de la velocidad sean consistentes con las de  $f$  y  $d$ .

Además del torneado, se puede realizar una gran variedad de operaciones de maquinado en un torno. En la Figura 1.5 se ilustran las siguientes:

- a) ***Careado.*** La herramienta se alimenta radialmente sobre el extremo del trabajo rotatorio para crear una superficie plana.
- b) ***Torneado ahusado o cónico.*** En lugar de que la herramienta avance paralelamente aleje de rotación del trabajo, lo hace en cierto ángulo creando una forma cónica.
- c) ***Torneado de contornos.*** En lugar de que la herramienta avance a lo largo de una línea recta paralela al eje de rotación como en torneado, sigue un contorno diferente a la línea recta, creando así una forma contorneada en la pieza torneada.
- d) ***Torneado de formas.*** En esta operación llamada algunas veces formado, la herramienta tiene una forma que se imparte al trabajo y se hunde radialmente dentro del trabajo.
- e) ***Achaflanado.*** El borde cortante de la herramienta se usa para cortar un ángulo en la esquina del cilindro y forma lo que se llama un “chaflan”.

- f) **Tronzado.** La herramienta avanza radialmente dentro del trabajo en rotación, en algún punto a lo largo de su longitud, para trozar el extremo de la pieza. A esta operación se le llama algunas veces partición.
- g) **Roscado.** Una herramienta puntiaguda avanza linealmente a través de la superficie externa de la pieza de trabajo en rotación y en dirección paralela al eje de rotación, a una velocidad de avance suficiente para crear cuerdas roscadas en el cilindro.
- h) **Perforado.** Una herramienta de punta sencilla avanza en línea paralela al eje de rotación, sobre el diámetro interno de un agujero existente en la pieza.
- i) **Taladrado.** El taladrado se puede ejecutar en un torno, haciendo avanzar la broca dentro del trabajo rotatorio a lo largo de su eje. El escariado se puede realizar en forma similar.
- j) **Moletado.** Ésta es una operación de maquinado porque no involucra corte de material. Es una operación de formado de metal que se usa para producir un rayado regular o un patrón en la superficie de trabajo.



**Figura 1.5. Otras operaciones diferentes al torneado.**

### 1.3.1.2. FRESADO

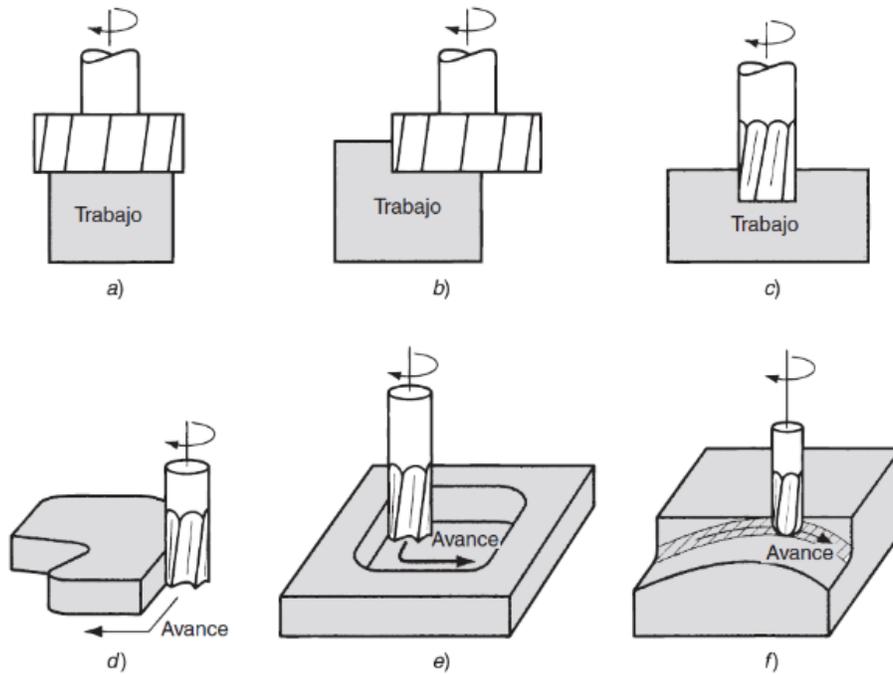
El fresado es una operación de maquinado en la cual se hace pasar una pieza de trabajo enfrente de una herramienta cilíndrica rotatoria con múltiples bordes o filos cortantes (en algunos casos raros se usa una herramienta con un solo filo cortante llamado fresa perfilada simple). El eje de rotación de la herramienta cortante es perpendicular a la dirección de avance. La orientación entre el eje de la herramienta y la dirección del avance es la característica que distingue al fresado del taladrado. En el taladrado, la herramienta de corte avanza en dirección paralela a su eje de rotación. La herramienta de corte en fresado se llama fresa o cortador para fresadora y los bordes cortantes se llaman dientes. La máquina herramienta que ejecuta tradicionalmente esta operación es una fresadora.

La forma geométrica creada por el fresado es una superficie plana. Se pueden crear otras formas mediante la trayectoria de la herramienta de corte o la forma de dicha herramienta. Debido a la variedad de formas posibles y a sus altas velocidades de producción, el fresado es una de las operaciones de maquinado más versátiles y ampliamente usadas.

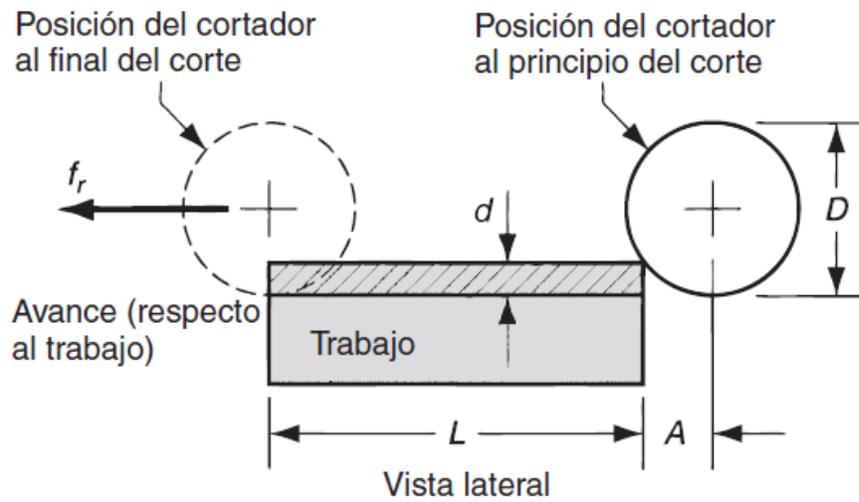
El fresado es una operación de corte interrumpido; los dientes de la fresa entran y salen del trabajo durante cada revolución. Esto interrumpe la acción de corte y sujeta los dientes a un ciclo de fuerza de impacto y choque térmico en cada rotación. El material de la herramienta y la forma del cortador deben diseñarse para soportar estas condiciones.

En el fresado frontal existen diversas formas; varias de ellas se ilustran en la Figura 1.6: a) **fresado frontal convencional**, en el que el diámetro de la fresa es más grande que el ancho de la pieza de trabajo, de tal manera que la fresa sobrepasa al trabajo en ambos lados; b) **fresado frontal parcial**, en el que la fresa sobrepasa al trabajo solamente en un lado; c) **fresado terminal**, en el cual el diámetro de la fresa es menor que el ancho del trabajo, de manera que se corta una ranura dentro de la pieza; d) **fresado de perfiles** es una forma de fresado terminal en el cual se corta una pieza plana de la periferia; e) **fresado de cavidades**, otra forma de fresado terminal usada para fresar cavidades poco profundas en piezas planas; f) **fresado de contorno superficial**, en el cual una fresa con punta de bola (en lugar de una fresa cuadrada) se hace avanzar hacia delante y hacia atrás, y hacia un lado y otro del trabajo, a lo largo de una trayectoria curvilínea a pequeños intervalos para crear una superficie tridimensional. Se requiere el mismo control

básico para maquinar los contornos de moldes y troqueles en cuyo caso esta operación se llama tallado o contorneado de troqueles.



**Figura 1.6. Formas del Fresado Frontal**



**Figura 1.7. Fresado periférico. Entrada de la fresa en la pieza de trabajo.**

La velocidad de corte se determina con el diámetro exterior de la fresa. Ésta se puede convertir a la velocidad de rotación del husillo usando una fórmula que por ahora debe ser familiar al lector:

$$N = \frac{v}{\pi D}$$

**Fórmula 1.7.**

El avance  $f$  en fresado se determina por lo general como el avance por diente cortante, llamado carga de viruta, y representa el tamaño de la viruta formada por cada filo de corte. Esto se puede convertir a velocidad de avance, tomando en cuenta la velocidad del husillo y el número de dientes en la fresa, como sigue:

$$f_r = N n_t f$$

**Fórmula 1.8.**

donde  $f_r$  = velocidad de avance en mm/min (in/min);  $N$  = velocidad del husillo en rev/min;  $n_t$  = número de dientes de la fresa; y  $f$  = carga de viruta en mm/diente (in/diente).

La remoción de material en el fresado se determina usando el producto del área de la sección transversal del corte por la velocidad de avance. Por consiguiente, si una operación de fresado de una plancha corta una pieza de trabajo con ancho  $w$  a una profundidad  $d$ , la velocidad de remoción de material es

$$R_{MR} = w d f_r$$

**Fórmula 1.9.**

Esto ignora la entrada inicial de la fresa antes de su enganche completo. La ecuación se puede aplicar al fresado terminal, fresado lateral, fresado frontal y otras operaciones de fresado, haciendo los ajustes apropiados en el cálculo del área de la sección recta del corte.

El tiempo requerido para fresar una pieza de trabajo de longitud  $L$  debe tomar en cuenta la distancia de aproximación requerida para enganchar completamente la fresa. Se considera primero el caso del fresado de una plancha, Figura 1.7. Para determinar el tiempo de ejecución

de una operación de fresado de la plancha, la distancia de aproximación  $A$  para alcanzar la velocidad de corte completo se determina mediante

$$A = \sqrt{d(D - d)}$$

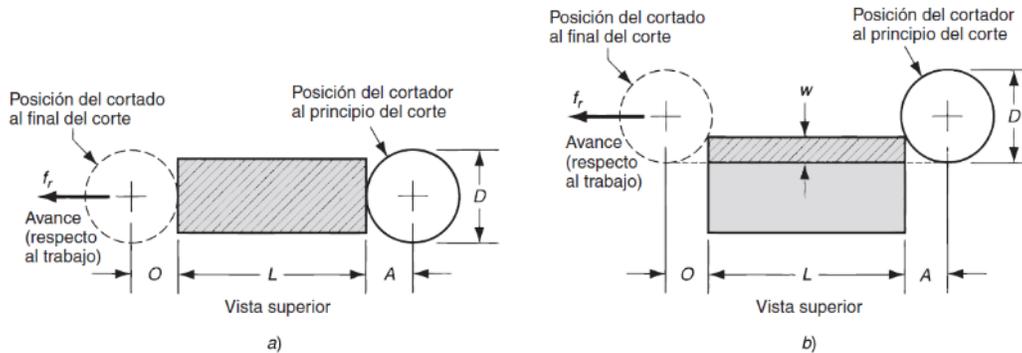
**Fórmula 1.10.**

donde  $d$  = profundidad de corte, mm (in); y  $D$  = diámetro de la fresa, mm (in). El tiempo para fresar la pieza de trabajo  $T_m$  es por tanto,

$$T_m = \frac{L + A}{f_r}$$

**Fórmula 1.11.**

Para el fresado frontal se acostumbra dejar para la aproximación la distancia  $A$  más una distancia  $O$ , de recorrido adicional. Hay dos casos posibles, como se muestra en la Figura 1.7. En ambos casos,  $A = O$ . El primer caso es cuando la fresa se centra sobre la pieza de trabajo rectangular. En la Figura 1.8a) es evidente que  $A$  y  $O$  son iguales a la mitad del diámetro del cortador.



**Figura 1.8. a) Fresador centrado sobre la pieza de trabajo b) Fresador desplazado hacia un lado del trabajo**

Esto es,

$$A = O = \frac{D}{2}$$

**Fórmula 1.12.**

donde  $D$  = diámetro de la fresa, mm (in).

El segundo caso es cuando la fresa sobresale a uno de los lados del trabajo como se muestra en la Figura 1.8b). En este caso, las distancias de aproximación y la distancia adicional están dadas por

$$A = O = \sqrt{w(D - w)}$$

***Fórmula 1.13.***

donde  $w$  = ancho del corte, mm (in). Por tanto, el tiempo de maquinado en cada caso está dado por,

$$T_m = \frac{L + 2A}{f_r}$$

***Fórmula 1.14.***

# CAPÍTULO 2

## MANUFACTURA POR COMPUTADORA



*Figura 2. Manufactura por Computadora*

Es cierto que las computadoras nos han hecho más simples algunos procesos, y en otros términos nos han ayudado a almacenar información que usualmente se plasmaba en papel, por lo tanto, podemos decir que han sido un factor importante en el desarrollo de piezas de cualquier tipo, y es por eso que a raíz de eso, se creó el diseño y manufactura por computadora (CAD/CAM), además de controlar las máquinas convencionales que conocemos por computadora (CNC).

## **2.1.CAD, CAM Y PLANO DE FABRICACIÓN**

### **2.1.1. CAD Y CAM**

“Computer-Aided Desing” (CAD) o como lo conocemos por su nombre en español “Diseño Asistido por Computadora” y “Computer-Aided Manufacturing” (CAM) o su nombre en español “Fabricación Asistida por Computadora” son tecnologías que van de la mano.

La importancia de los sistemas CAD/CAM en la actualidad es tal que, sin la ayuda de estas aplicaciones, los masivos niveles producción industrial actuales serían imposibles, y los procesos de diseño se detendrían.

Una herramienta CAD es un sistema software que aborda la automatización global del proceso de diseño de un determinado tipo de objeto o ente. Esto descarta como sistemas CAD a las aplicaciones que inciden sólo en algún aspecto muy concreto del proceso de diseño.

Los medios informáticos se pueden emplear en la mayor parte de las fases del proceso de diseño, siendo el dibujo el punto en el que más se han empleado. El éxito o fracaso de un sistema CAD radica en permitir la reducción del tiempo invertido en el ciclo de diseño y/o aumentar la calidad del resultado final. Esto se consigue fundamentalmente por el uso de sistemas gráficos interactivos, que permiten realizar las modificaciones en el modelo y observar inmediatamente los cambios producidos en el diseño.

En los sistemas CAD es esencial obtener una buena representación del modelo. Esto posibilita simplificar la generación de documentación y dibujos de detalle, pero permite, sobre todo, la utilización de métodos numéricos para realizar simulaciones, o incluso pruebas que sustituyan a la construcción de prototipos.

Esto es de una importancia vital en la ingeniería porque el ciclo de diseño clásico se ve modificado (y mejorado) cuando se emplea un sistema CAD, ya que se incluye una etapa de simulación entre la fase de creación del modelo y la fase de generación de bocetos. Esta pequeña modificación supone una reducción importante en la duración del proceso de diseño, ya que permite adelantar el momento en que se detectan algunos errores de diseño, con el consiguiente ahorro económico.

Los beneficios del CAD y CAM se pueden alcanzar por completo sólo si se establece entre ellos una interfaz efectiva, creando lo que usualmente se denomina CAD/CAM. El flujo de la

información en ambas direcciones asegura que las partes y ensambles serán diseñados con las capacidades y limitaciones de los materiales y procesos de manufactura en mente. Se pueden crear productos superiores y ganar tremendas ventajas competitivas. El esfuerzo empleado en los cambios en el diseño y en el proceso se reduce asegurando que esas transformaciones sean introducidas en la base de datos común, y de esta forma sean reconocidos inmediatamente en todas las etapas tanto del diseño como de la producción. Un beneficio importante es que la introducción del CAD/CAM (Figura 2.37) fuerza una revisión y mejoramiento del diseño y de las prácticas de manufactura existentes y de la planeación de la producción. El CAD/CAM es también una herramienta importante en la ingeniería concurrente.

Una extensión lógica es la *manufactura integrada por computadora (CIM)*, en la cual todas las acciones se llevan a cabo con referencia a una base de datos común. La *administración de la base de datos* es una tarea compleja pero no insuperable. Los dibujos y modelos por computadora sólo sirven para visualizar la geometría de las partes; no se permiten cambios en ellos. Si se van a hacer cambios en el diseño, proceso, programación, lista de materiales, normas de calidad, etc., se realizan en la base de datos; de esta forma se reflejan en toda la organización. La base de datos se actualiza continuamente con la información más reciente sobre la producción, ventas, etc. Para muchas industrias, la manufactura integrada por computadora (CIM) aún está en el futuro, pero ya ha comenzado.



**Figura 2.1. CAD / CAM imagen demostrativa.**

A continuación, se mencionan las condiciones que deben de cumplir los planos, piezas y diseños creados con la tecnología de las computadoras para poder presentar y hacer más fácil esta labor.

### **2.1.2. PLANO Y SUS ELEMENTOS TÉCNICOS**

El plano es un documento que contiene todos los elementos técnicos necesarios y suficientes para identificar y fabricar la pieza, dentro de estos elementos se pueden citar: la rotulación, el formato, el cajetín de datos, las líneas, la escala, las vistas, el acotamiento dimensional, el acotamiento de las tolerancias dimensionales, la indicación de las tolerancias geométricas y la indicación del acabado superficial.

Se desarrollará la teoría de los siguientes elementos: la rotulación, el cajetín de datos, las líneas y la escala, el acotamiento de las tolerancias dimensionales y las tolerancias geométricas.

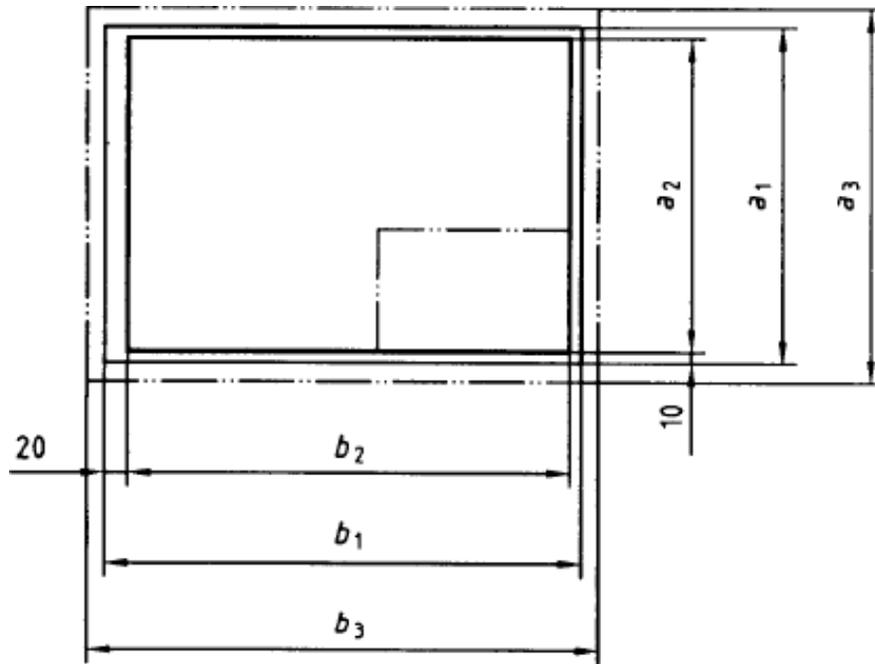
#### **2.1.2.1.FORMATO**

El formato es una hoja de papel con geometría rectangular, al cual se le dibujan una serie de elementos gráficos, dentro de los cuales se pueden mencionar: un recuadro de dibujo, un cajetín de rotulación, señales de centrado, señales de orientación, una graduación métrica, un sistema de coordenadas y señales de corte.

En nuestro país las normas que han sido utilizadas para establecer los aspectos técnicos del formato son: la DIN-476 del Manual 2 DIN Normas de dibujo (1969), la UNE-EN ISO 5457 (2000) la cual adopta íntegramente a la ISO 5457 (1999) y la Covenin 3477 (1999).

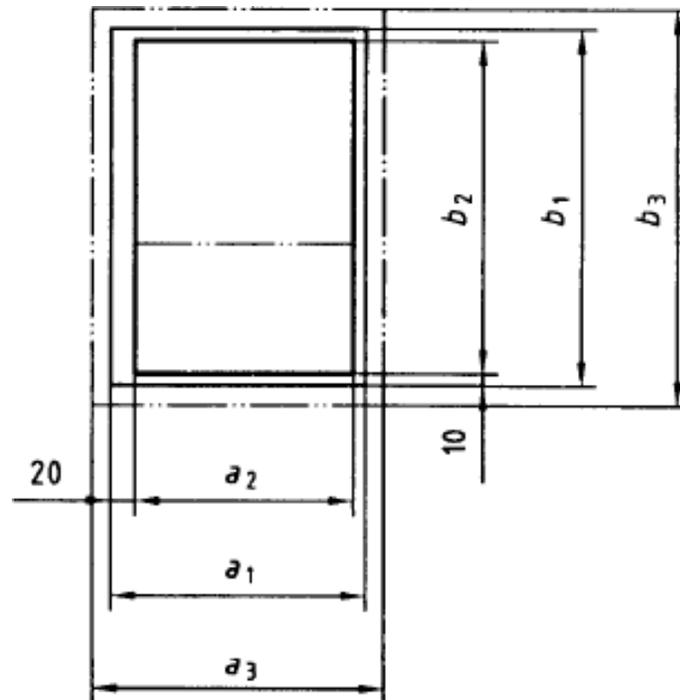
La norma UNE-EN ISO 5457 (2000), establece varios aspectos técnicos para la elaboración de un formato, de los cuales se van a mencionar los siguientes:

- a) Esta norma considera dos grupos de formatos los de la serie “A” ver Figuras 2.2 y 2.3, cuyas dimensiones se muestran en la Tabla 2.1, y los alargados los cuales la misma norma no recomienda su uso.



*Figura 2.2. Esquema dimensional de formatos de A3 al A0.*

*Fuente: UNE-EN ISO 5457 (2000).*



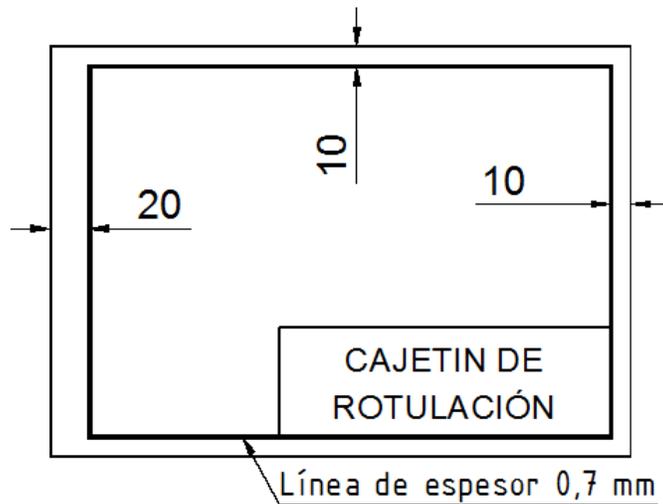
*Figura 2.3. Esquema dimensional del formato A4.*

*Fuente: UNE- EN ISO 5457 (2000).*

Designación	Hoja terminada		Área de dibujo		Hoja provisional	
	a1	b1	a1(±0,5)	b2(±0,5)	a3(±2)	b3(±2)
A0	841	1189	821	1159	880	1230
A1	594	841	574	811	625	880
A2	420	594	400	564	450	625
A3	297	420	277	390	330	450
A4	210	297	180	277	240	330
Dimensiones en milímetros						

**Tabla 2.1. Dimensiones principales de los formatos de la serie A. Fuente: UNE-EN ISO 5457 (2000).**

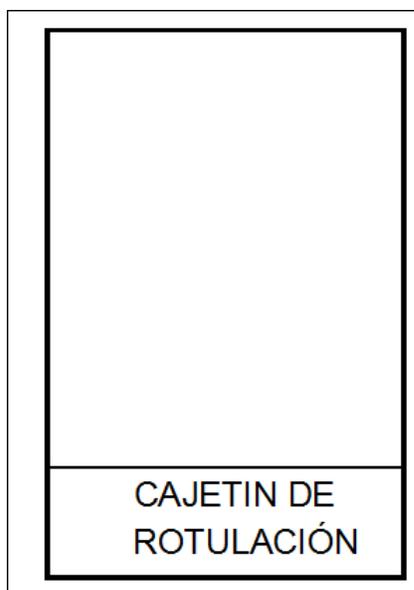
- b) El margen del lado izquierdo debe tener un ancho de 20 milímetros debido a que suele utilizarse como margen para encuadernación y el resto de los márgenes 10 milímetros, ver Figura 2.4.
- c) El recuadro que delimita el área de dibujo se debe trazar con línea continua gruesa de un espesor de 0,7 milímetros, ver Figura 2.4.
- d) Los formatos A3, A2, A1 y A0 solo se usan en posición horizontal y el cajetín de datos debe colocarse en la esquina inferior derecha como se muestra en la Figura 2.4.



**Figura 2.4. Ubicación del cajetín de rotulación en los formatos del A3, A2, A1 y A0.**

**Fuente: UNE-EN ISO 5457 (2000)**

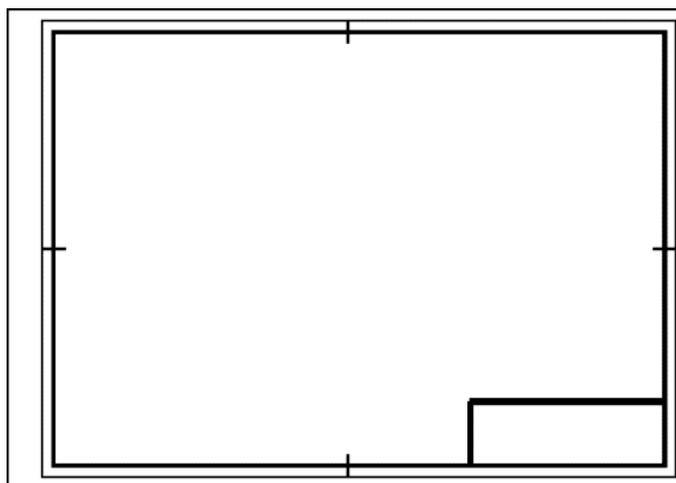
- e) En el formato A4 el cajetín de datos se coloca en el lado más corto como se muestra en la Figura 2.5.



**Figura 2.5. Ubicación del cajetín de rotulación en el formato del A4.**

**Fuente: UNE-EN ISO 5457 (2000)**

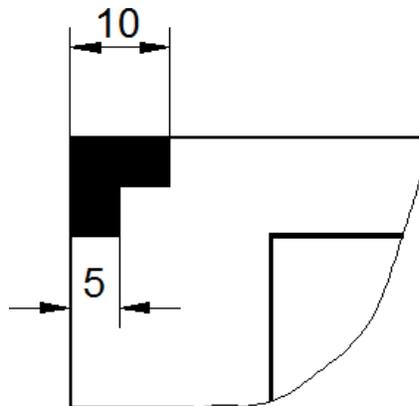
- f) El sentido de lectura del dibujo debe ser el mismo del cajetín de datos.
- g) Para facilitar el fotocopiado de los planos a los formatos se les dibujan cuatro señales de centrado como se muestra en la Figura 2.6, las cuales se trazan con un espesor mínimo de 0,7 milímetros y que parten de la línea del área de dibujo y lo sobrepasan cinco (5) milímetros.



**Figura 2.6. Señales de centrado**

**Fuente: UNE-EN ISO 5457 (2000)**

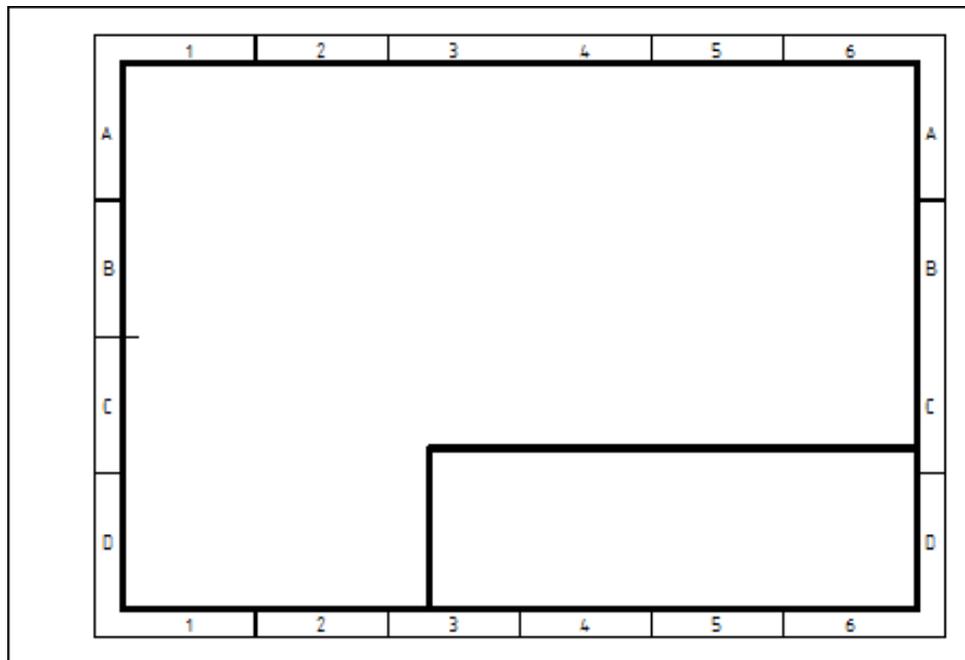
- h) Para facilitar el corte de los formatos, se pueden agregar dos rectángulos sobrepuestos de 10x5 milímetros como se muestra en la Figura 2.7.



**Figura 2.7. Señales de corte**

**Fuente: UNE-EN ISO 5457 (2000)**

- i) Se recomienda colocar un sistema de coordenadas en los formatos, que facilite la localización en el dibujo de detalles y modificaciones. El número de divisiones debe ser par con una dimensión que varié entre 25 y 75 milímetros como se muestra en la Figura 2.8.



**Figura 2.8. Sistema de coordenadas**

**Fuente: UNE-EN ISO 5457 (2000)**

### 2.1.2.2.EL CAJETÍN DE ROTULACIÓN O DATOS

La norma UNE-EN ISO 7200 (2004), la cual adopta íntegramente a la norma ISO 7200 (2004); lo define como uno o varios rectángulos adyacentes, que pueden dividirse en casillas y que sirven para colocar información escrita.

Dentro de la información que se puede colocar en el cajetín de datos se encuentran: el número del plano, el nombre del dibujo, el material de la pieza, el nombre del propietario del dibujo, los nombres y firmas de las personas involucradas con la elaboración, revisión y aprobación del plano, las fechas de elaboración, revisión y aprobación del plano, índices de revisión, símbolo indicativo del método de proyección, la escala principal, la indicación de las tolerancias generales, entre otros, ver Tabla 2.2.

					PLANOS DE REFERENCIA		PESO	TOLERANCIAS DE MEDIDAS GENERALES SEGUN ISO 2768	ESCALA
					N/A		4.5 Kg.		1:1
					 FACULTAD DE INGENIERIA	MATERIAL: ASTM A743 CF 8M		NOMBRE: TAPA DE PRESIÓN	
						PLANO No.: ME-221-3		PIEZA No 524	
						MEDIDAS EN MILIMETROS		PAGINA No 1	
						SUSTITUYE A: N/A		DE: 1	
						SUSTITUIDO POR: N/A			
0	IC-001-11	01.10.11	----	MIGUEL R.					
No	CAMBIO	FECHA	ZONA	REVISO					
	DIBUJO	10/10/2011		PEDRO PEREZ					
	REVISO	10/10/2011		M. RODRIGUEZ					
	APROBO	10/10/2011		CESAR CAMPOS					
2011	FECHA			NOMBRE	MODELO No. N/A				

**Tabla 2.2. Ejemplo de Cajetín de rotulación o datos**

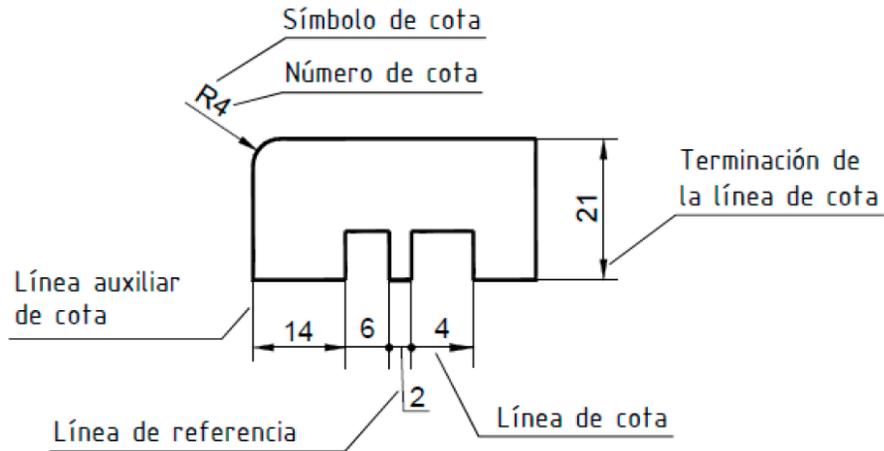
### 2.1.2.3.COTAS

Es la colocación de las medidas nominales de los elementos geométricos en las vistas de una pieza, mediante el uso de líneas, flechas, puntos, números, letras y símbolos.

Se denomina cota a la colocación del acotamiento dimensional sobre un elemento geométrico.

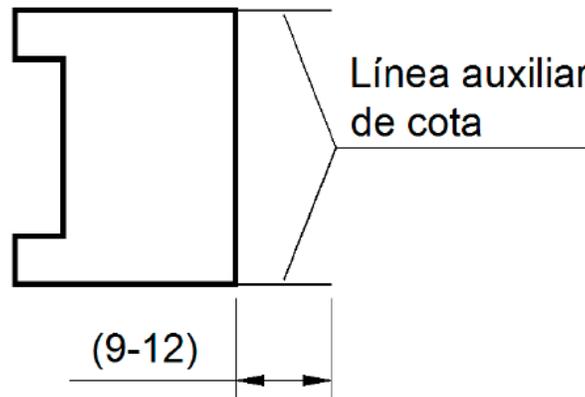
Existen varias normas que se utilizan para estandarizar el acotamiento dimensional, dentro de las cuales se pueden citar: la, la DIN-406 del Manual 2 DIN Normas de dibujo (1969), BS ISO 129-1 (2004), la UNE 1-039 (1994), la cual adopta íntegramente la ISO 129 (1985) entre otras.

Los elementos utilizados en el acotamiento dimensional son: la línea auxiliar de cota, la línea de cota, la terminación de la línea de cota, el número de cota, los símbolos de cota y la línea de referencia, ver Figura 2.9.



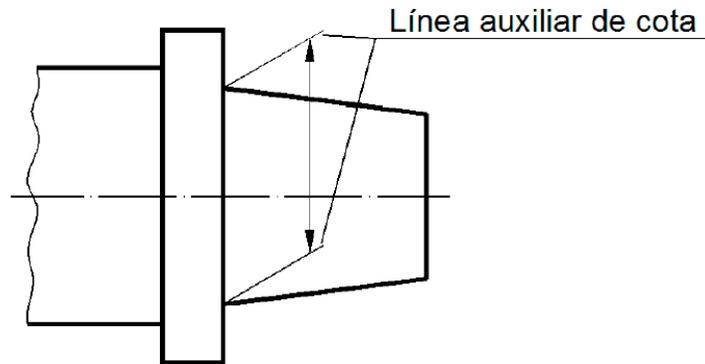
*Figura 2.9. Elementos de la cota dimensional*

La **línea auxiliar de cota** es una línea continua fina que se usa para delimitar la amplitud del elemento geométrico que se desea acotar o la posición de éste, y que normalmente se traza perpendicular al contorno acotado. Este elemento se traza desde un vértice o un eje con una longitud que depende de las dimensiones del formato utilizado para el plano. Para formatos pequeños como el A4 y el A3 la línea se puede trazar con una longitud que oscile entre nueve (9) y doce (12) milímetros como se muestra en la Figura 2.10 y para formatos más grandes se pueden utilizar las mismas dimensiones o una distancia mayor de tal forma que las cotas se puedan leer fácilmente.



*Figura 2.10. Dimensiones de las líneas auxiliares de cota.*

En algunos casos la línea auxiliar de cota puede trazarse inclinada con un ángulo de 60°, como se muestra en la Figura 2.11.

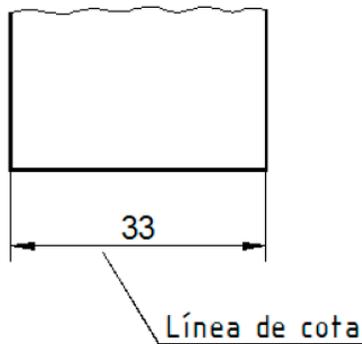


**Figura 2.11. Líneas auxiliares de cota trazadas en forma inclinada.**

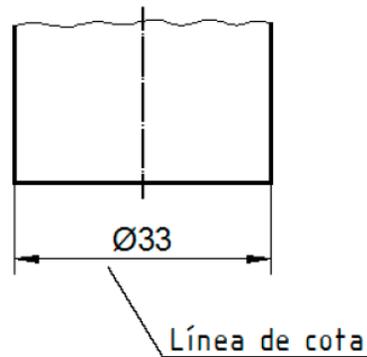
La **línea de cota** es una línea fina continua que se usa para indicar la dimensión del elemento geométrico acotado, y se puede trazar de las siguientes formas:

- a) Lineal y paralela al contorno de la pieza

Cuando se usa para acotar la longitud de elementos lineales (Figura 2.12a) o diámetro de elementos curvos como se muestra en la Figura 2.12b.



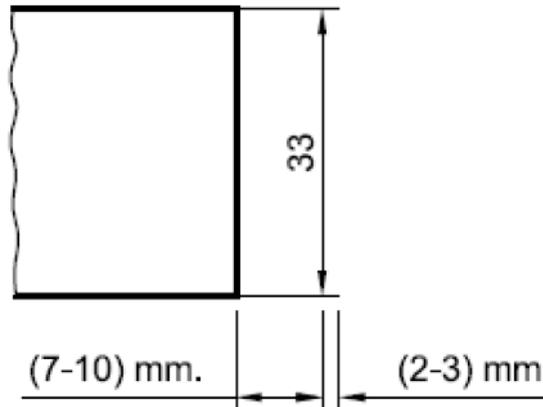
(a) Longitud de elemento línea



(b) Diámetro de elemento curvo

**Figura 2.12. Línea de cota paralela al contorno de la vista.**

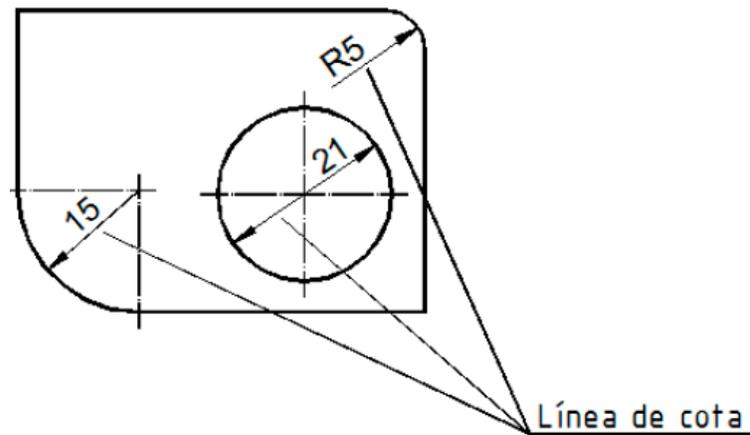
Esta línea se traza a una distancia que depende de las dimensiones del tamaño del formato utilizado para dibujar el plano, para formatos pequeños como el A2, el A3 y el A4 se recomienda trazarla a una distancia entre siete (7) y diez (10) milímetros, de tal manera que la línea auxiliar siempre sobrepase a la línea de cota entre dos (2) a tres (3) milímetros como se muestra en la figura 4.5.



**Figura 2.13. Distancia de trazado de línea de cota paralela al contorno.**

b) Lineal e inclinada respecto a los ejes de centros

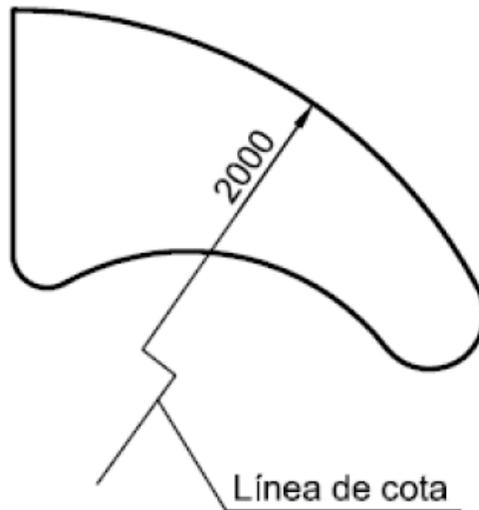
Se usa para acotar dimensiones de radios y diámetros de geometrías curvas como se muestra en la Figura 2.14.



**Figura 2.14. Línea de cota inclinada respecto a los ejes de centros.**

c) Inclínada con quiebre

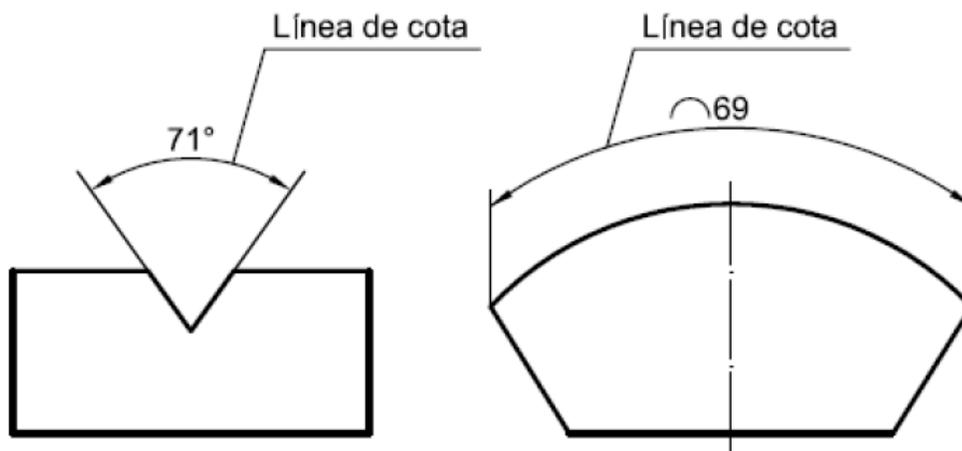
Se usa para acotar radios grandes y cuando su centro quede fuera del área del formato como se muestra en la Figura 2.15.



*Figura 2.15. Línea de cota inclinada con quiebre.*

d) Curva

Se utiliza para acotar ángulos o longitud de arcos de circunferencia como se muestra en la Figura 2.16.

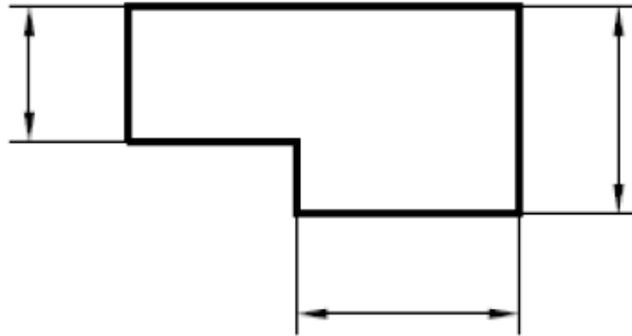


*Figura 2.16. Línea de cota curva.*

## e) Terminación en flecha llena

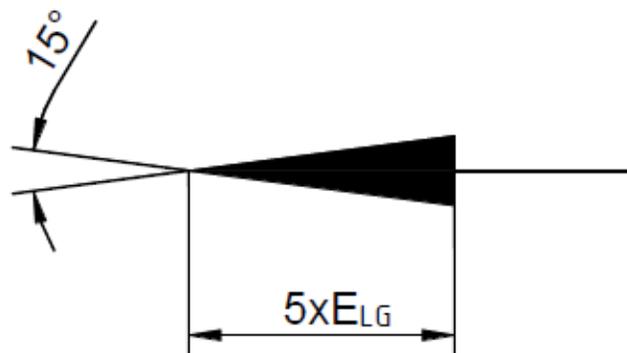
Las normas BS ISO-129-1 (2004) y DIN 406 del Manual 2 DIN Normas de dibujo (1969), establecen que la línea de cota en los planos industriales puede terminar en: una flecha cerrada y llena, en un punto, en un círculo, en una flecha abierta o en una flecha cerrada vacía.

La línea de cota termina en una flecha llena cuando se realiza el acotamiento tradicional como se muestra en la Figura 2.17.



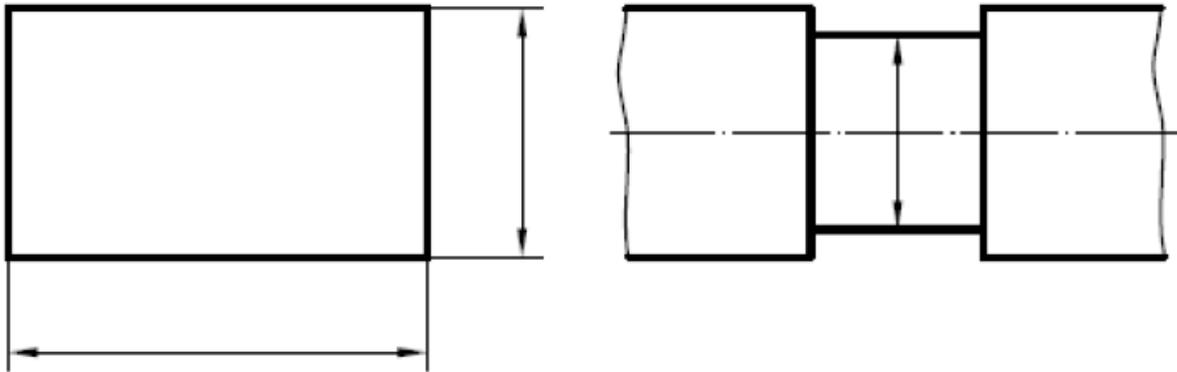
*Figura 2.17. Terminación de la línea de cota en flechas llenas.*

Las dimensiones de este tipo de flecha son proporcionales al espesor de la línea gruesa y su longitud es de aproximadamente cinco (5) veces el espesor de la línea gruesa ( $E_{LG}$ ) usada en el plano correspondiente y se trazan con un ángulo de inclinación de aproximadamente  $15^\circ$  como se muestra en la Figura 2.18.

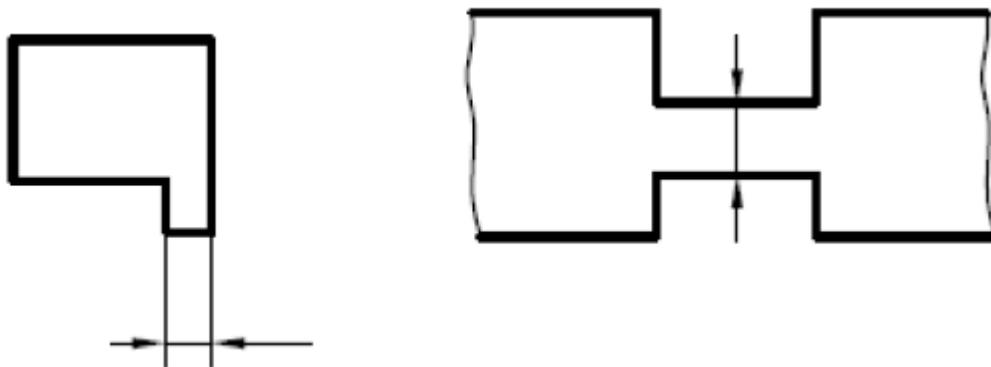


*Figura 2.18. Dimensiones y geometría de la flecha llena.*

Al colocar una cota, las flechas se dibujan por el lado interior de las líneas auxiliares de cota o dentro del espacio definido por la geometría acotada como se muestra en la Figura 2.19, pero cuando el espacio entre las líneas auxiliares de cota sea muy pequeño o el espesor de la pieza sea reducido las flechas se colocan por el lado exterior de las líneas auxiliares o del contorno de la pieza como se muestra en la Figura 2.20.



*Figura 2.19. Colocación normal de las flechas de cota.*



*Figura 2.20. Colocación de las flechas de cota cuando el espacio es reducido.*

#### 2.1.2.4.LA ESCALA

La escala es un factor de proporcionalidad que permite ajustar las dimensiones de la pieza a las dimensiones del formato seleccionado para dibujar el plano. Si la pieza es muy grande como por ejemplo el cigüeñal de un buque petrolero, se usa una escala de reducción para disminuir las dimensiones de las vistas del objeto; si la pieza es muy pequeña por ejemplo una pieza de un

reloj de pulsera, para realizar el plano de fabricación de la misma debe usarse una escala de ampliación y si la pieza posee unas dimensiones que permiten dibujar las vistas con sus dimensiones reales se usa una escala natural.

La norma UNE-EN ISO 5455 (1996), la cual adopta íntegramente a la norma ISO 5455 (1979); la define como la relación entre la medida lineal representada en el dibujo y la medida lineal del objeto.

Tipos de Escala:

- a) Escala natural: es aquella donde la relación entre la medida lineal representada en el dibujo y la medida lineal del objeto es igual a la unidad, se expresa (Escala 1 : 1).
- b) Escala de reducción: es aquella donde el valor de la relación entre la medida lineal representada en el dibujo y la medida lineal del objeto es inferior a la unidad, se expresa (Escala 1 : K).
- c) Escala de ampliación: es aquella donde el valor de la relación entre la medida lineal representada en el dibujo y la medida lineal del objeto es superior a la unidad, se expresa (Escala K : 1).

En la siguiente Tabla 2.3 se muestran las escalas recomendadas por la norma UNE-EN ISO 5455 (1979).

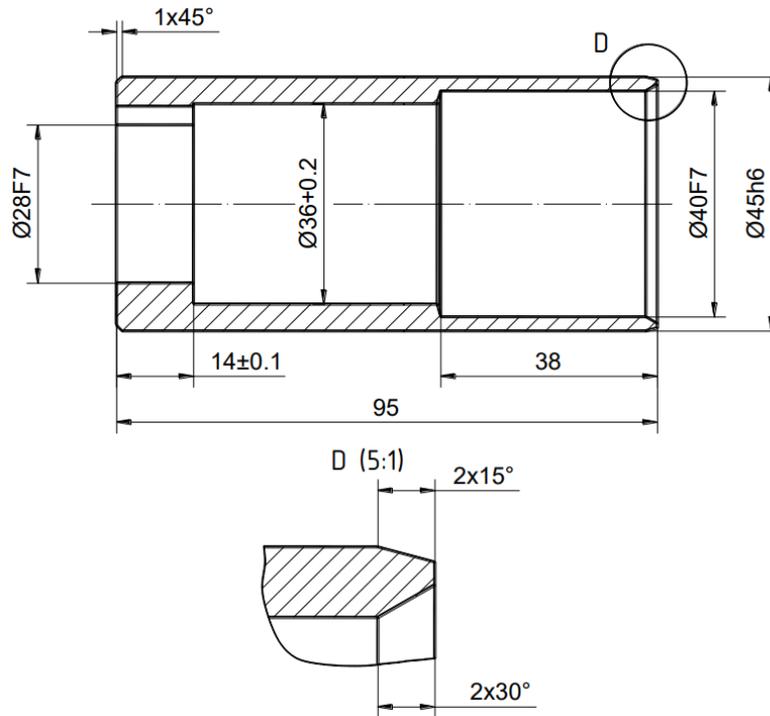
Tipo de escala	Escala recomendada.		
Natural	1:1		
Reducción	1:2	1:5	1:10
	1:20	1:50	1:100
	1:200	1:500	1:1000
	1:2000	1:5000	1:10000
Ampliación	50:1	20:1	10:1
	5:1	2:1	

**Tabla 2.3. Escalas recomendadas por la norma ISO 5455 (1979)**

**Fuente: UNE-EN ISO 5455 (1996)**

La escala se elige en función de la complejidad de la pieza a representar y del tamaño del formato a utilizar, lo cual debe permitir una interpretación del plano sencilla y sin ambigüedades.

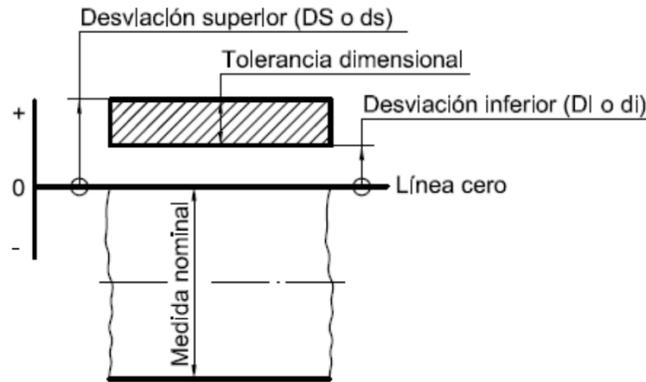
Cuando una pieza presente detalles muy pequeños y que no sean de fácil visualización a la escala principal del dibujo, la zona requerida debe encerrarse con un círculo e identificarse con una letra mayúscula, luego el detalle debe dibujarse a una escala mayor e identificarse como se muestra en la figura 2.21.



**Figura 2.21. Representación de la escala en un detalle ampliado.**

### 2.1.2.5.TOLERANCIAS DIMENSIONALES

Se utiliza para indicar el intervalo dentro del cual debe encontrarse la medida real del elemento geométrico de la pieza fabricada, para que cumpla con la función establecida en el diseño correspondiente. Dicho intervalo se define por una desviación superior (DS o ds) y una inferior (DI o di) como se muestra en la Figura 2.22. La desviación superior se denota por las letras mayúsculas “DS” cuando la tolerancia ésta referida a un agujero y por las letras minúsculas “ds” cuando ésta referida a un eje; y la desviación inferior se denota por las letras mayúsculas “DI” cuando la tolerancia ésta referida a un agujero y por las letras minúsculas “di” cuando ésta referida a un eje (sic) (Schey, J. A. 2000).

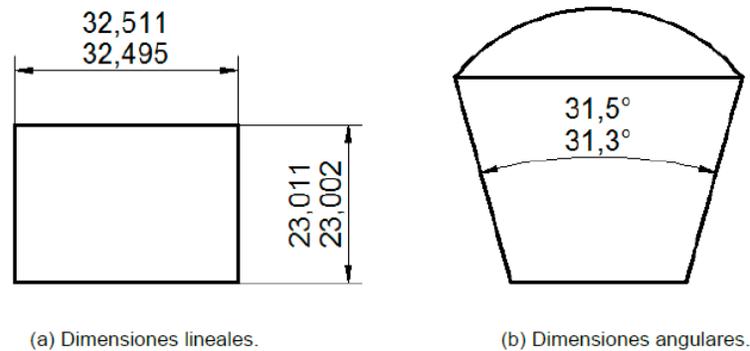


**Figura 2.22. Representación de la tolerancia dimensional.**

Existen varias normas internacionales que establecen los elementos para la indicación de este tipo de tolerancia y dentro de las cuales se pueden mencionar las normas DIN 406 y 7168 del Manual 2 DIN Normas de dibujo (1969), la BS ISO 129-1 (2004), la UNE-EN 20286-1 (1996) la cual adopta íntegramente a la ISO 286 (1988) y la UNE-EN 22768-1 (1994) la cual adopta íntegramente a la ISO 2768-1 (1989). Estas normas estandarizan que la indicación de este tipo de tolerancia se puede realizar acuerdo a los siguientes principios:

- a) Indicación mediante los valores límites de las medidas

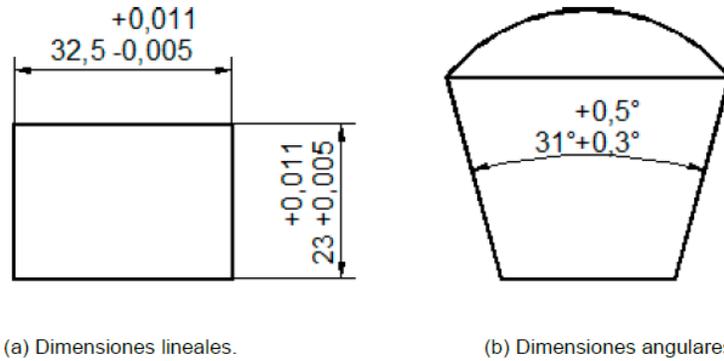
La tolerancia dimensional se establece colocando en la cota del elemento geométrico, el valor superior de la medida sobre el inferior como se muestra en la Figura 2.23.



**Figura 2.23. Indicación de la tolerancia dimensional mediante valores límites de las medidas.**

b) Indicación mediante las desviaciones de las medidas

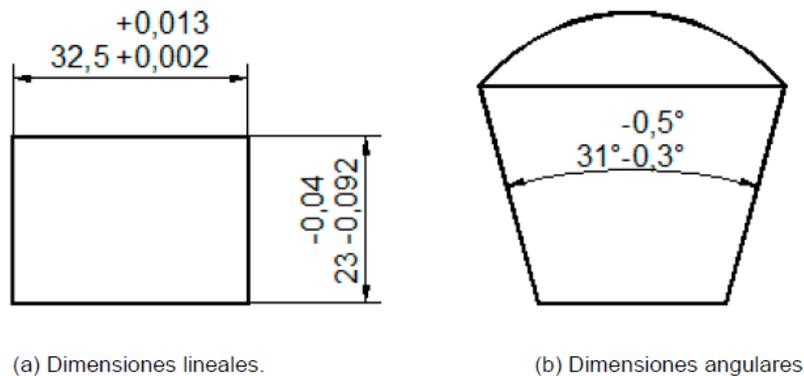
En este caso, la tolerancia dimensional se proporciona colocando en la cota del elemento geométrico las desviaciones de la tolerancia del lado derecho del número de cota y ubicando la desviación máxima sobre la mínima como se muestra en la Figura 2.24. El tamaño de las desviaciones debe ser igual al de la cota nominal.



**Figura 2.24. Indicación de la tolerancia dimensional mediante las desviaciones dimensionales.**

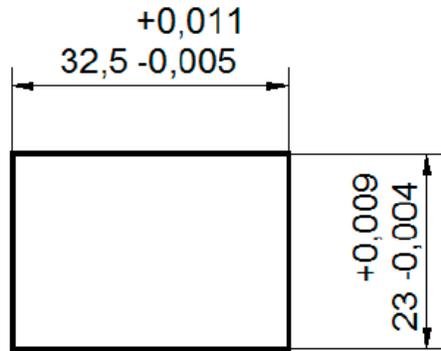
Se pueden presentar los siguientes casos:

- Cuando las dos desviaciones poseen el mismo signo, se indican como se muestra en la Figura 2.25.

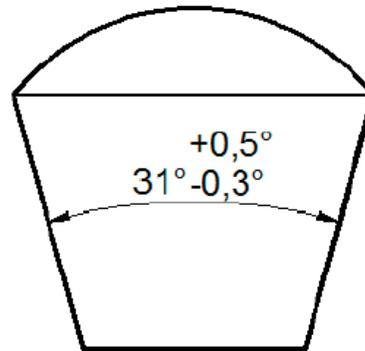


**Figura 2.25. Indicación de la tolerancia dimensional cuando las desviaciones poseen el mismo signo.**

- Cuando las desviaciones tienen signo diferente, se indican como se muestra en la Figura 2.26.



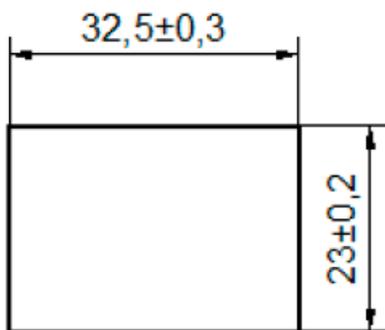
(a) Dimensiones lineales.



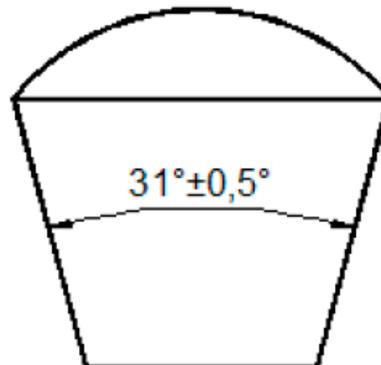
(b) Dimensiones angulares

**Figura 2.26. Indicación de la tolerancia dimensional cuando las desviaciones poseen signo diferente.**

- Cuando las desviaciones tienen signo diferente y el mismo valor numérico se dice que la tolerancia dimensional es simétrica y se indican como se muestra en la figura 2.27.



(a) Dimensiones lineales.

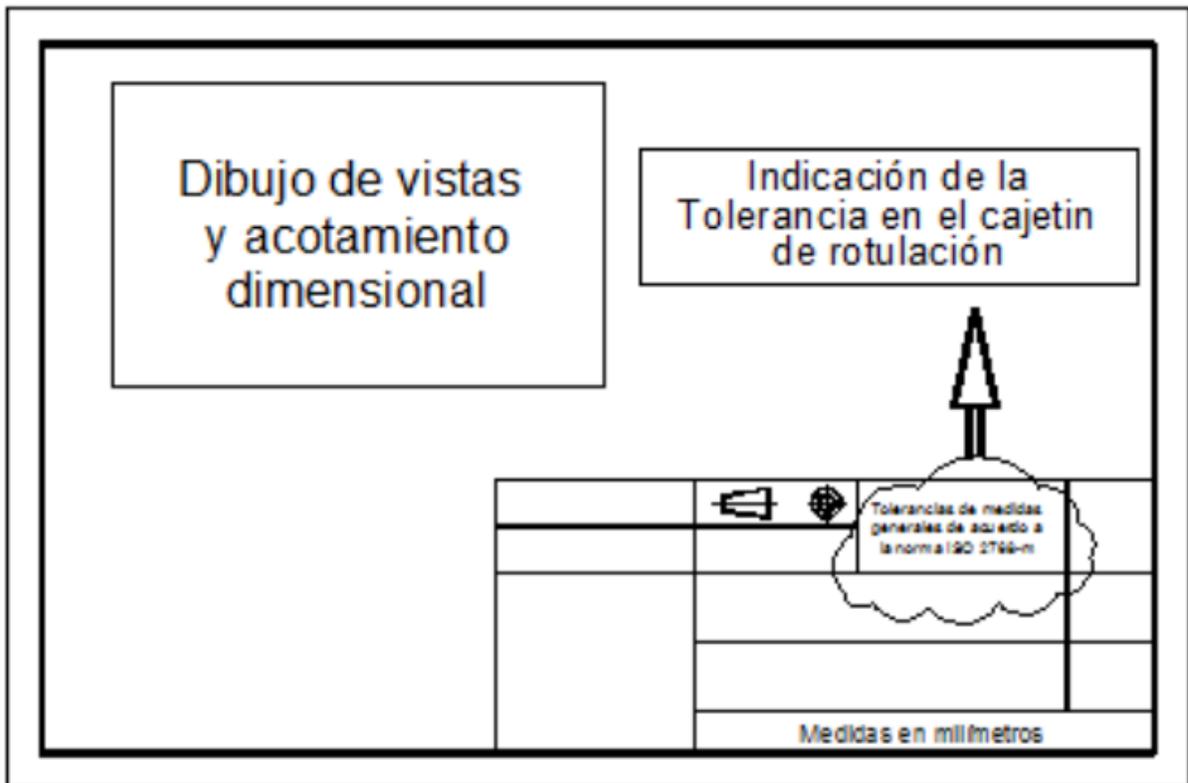


(b) Dimensiones angulares

**Figura 2.27. Indicación de la tolerancia cuando la desviación es simétrica.**

Existe también la indicación mediante la colocación de una nota en cajetín de rotulación. Este tipo de tolerancia dimensional normalmente se utiliza en elementos geométricos que no cumplen una función crítica en la pieza y se indican en el cajetín de rotulación o en un lugar muy cercano a él, colocando la norma y la clase de la tolerancia como se muestra en la Figura 2.28.

Las normas internacionales más utilizadas para indicar este tipo de tolerancia son la DIN 7168 del Manual 2 DIN Normas de dibujo (1969) y la UNE-EN 22768-1 (1994) la cual adopta íntegramente a la ISO 286 (1989). Estas normas establecen cuatro grados de tolerancia, los cuales son: fino (f), medio (m), basto (c) y muy basto (v). En la Tabla 2.4 se muestra un extracto de una de las tablas especificadas por la norma UNE-EN-22768-1(1994), para medidas lineales



**Figura 2.28. Indicación de tolerancias dimensionales generales en el cajetín de rotulación.**

Grado de precisión	Medidas nominales en milímetros.						
	>0.5	>3	>6	>30	>120	>400	>1000
	≤3	≤60	≤30	≤120	≤400	≤1000	≤2000
Fino(f)	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5
Medio(m)	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2
Basto(c)	±0.15	±0.2	±0.5	±0.8	±1.2	±2.0	±3.0
Muy basto(v)	-	±0.5	±0.1	±1.5	±2.0	±3.0	±4.0

**Tabla 2.4. Desviaciones de medidas lineales para tolerancias dimensionales generales, según la ISO 2768-1 (1989)**

**Fuente: UNE-EN 22768-1 (1994)**

### 2.1.2.6.TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS

Estas tolerancias se usan para controlar la forma, la orientación, la localización y la oscilación de los elementos geométricos de las piezas fabricadas. Dentro de estos elementos se pueden citar: un eje de simetría, un plano de simetría, una superficie plana, una superficie cilíndrica, entre otros.

La norma UNE-EN ISO 1101 (2004) la cual adopta íntegramente a la norma ISO 1101 (2004), las define como la zona de tolerancia, dentro de la cual debe estar contenido el elemento geométrico de la pieza. Se pueden mencionar como zonas de tolerancia las siguientes: el espacio interior de un círculo, el espacio entre dos círculos concéntricos, el espacio entre dos líneas equidistantes o dos rectas paralelas, el espacio interior de un cilindro, el espacio entre dos superficies equidistantes o dos planos paralelos, el espacio interior de una esfera, entre otros.

a) Símbolos utilizados

Los símbolos establecidos por la norma UNE-EN ISO 1101 (2004), para identificar este tipo de tolerancia se muestran en la Tabla 2.5.

Tolerancia	Característica	Símbolo
Forma	Rectitud	
	Planitud	
	Redondez	
	Cilindricidad	
	Perfil de una línea	
	Perfil de una superficie	
Orientación	Paralelismo	
	Perpendicularidad	
	Angularidad	
	Perfil de una línea	
	Perfil de una superficie	
Localización	Posición	

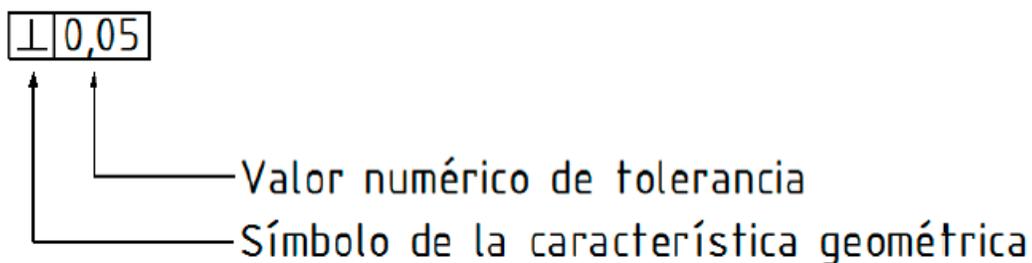
Tolerancia	Característica	Símbolo
Localización	Concentricidad (para dos centros)	
	Coaxialidad (para dos ejes)	
	Simetría	
	Perfil de una línea	
	Perfil de una superficie	
Oscilación	Oscilación circular radial	
	Oscilación axial	

**Tabla 2.5. Símbolos utilizados para indicar las tolerancias de forma, orientación, localización y oscilación.**

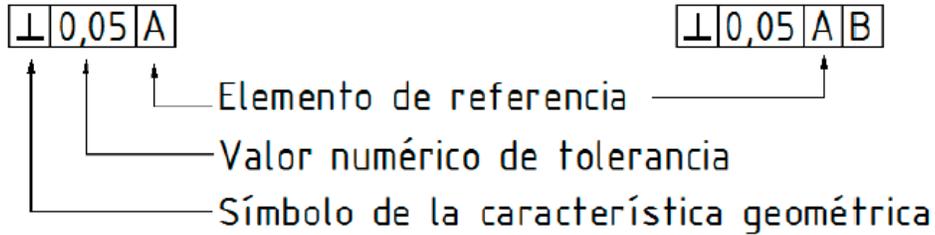
**Fuente: UNE-EN ISO 1101 (2004)**

b) Cuadro de tolerancia

Los requerimientos de estas tolerancias se indican mediante un cuadro rectangular dividido en dos o más casillas. Usándose dos casillas cuando la tolerancia geométrica no requiere indicación de referencia como se muestra en la Figura 2.29 y tres casillas o más cuando la tolerancia geométrica requiere indicación de referencia como se muestra en la figura 2.30.



**Figura 2.29. Cuadro de tolerancia geométrica con dos casillas.**



**Figura 2.30. Cuadro de tolerancia geométrica con más de dos casillas.**

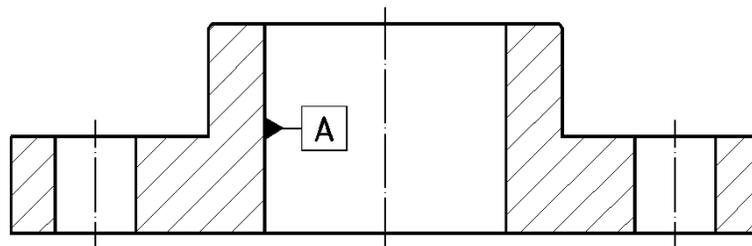
c) Indicación de referencia

La referencia de la tolerancia debe identificarse con una letra mayúscula (A, B, C,...) inscrita dentro de un cuadrado y unida a un triángulo de referencia sólido o hueco como se muestra en la Figura 2.31.

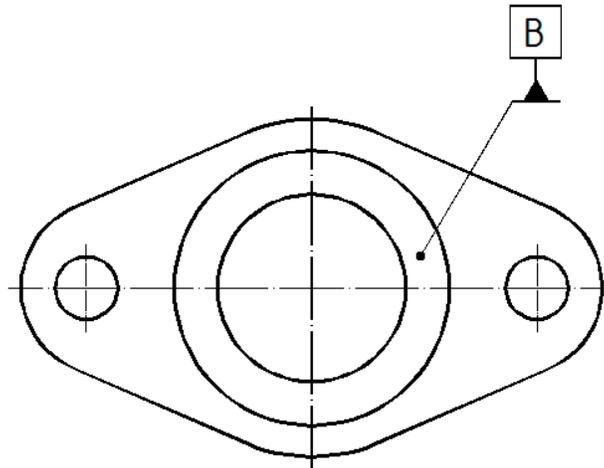


**Figura 2.31. Indicación de la referencia sobre un contorno.**

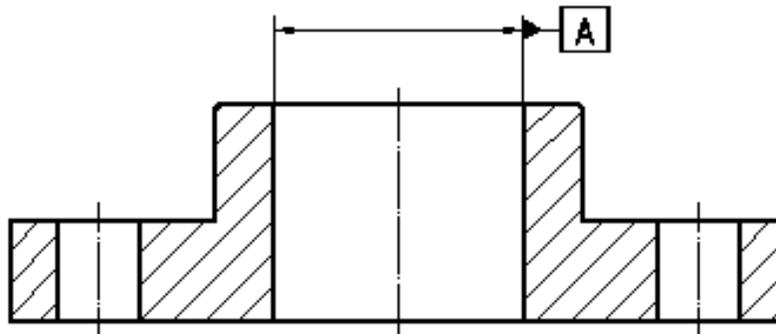
Esta referencia se puede ubicar de las siguientes formas: sobre una línea de contorno en una vista como se muestra en la Figura 2.32, en una línea auxiliar que apunte a una superficie como se muestra en la Figura 2.33, sobre una línea de cota como se muestra en las Figura 2.34, entre otros.



**Figura 2.32. Indicación de la referencia sobre una línea de contorno en una vista.**



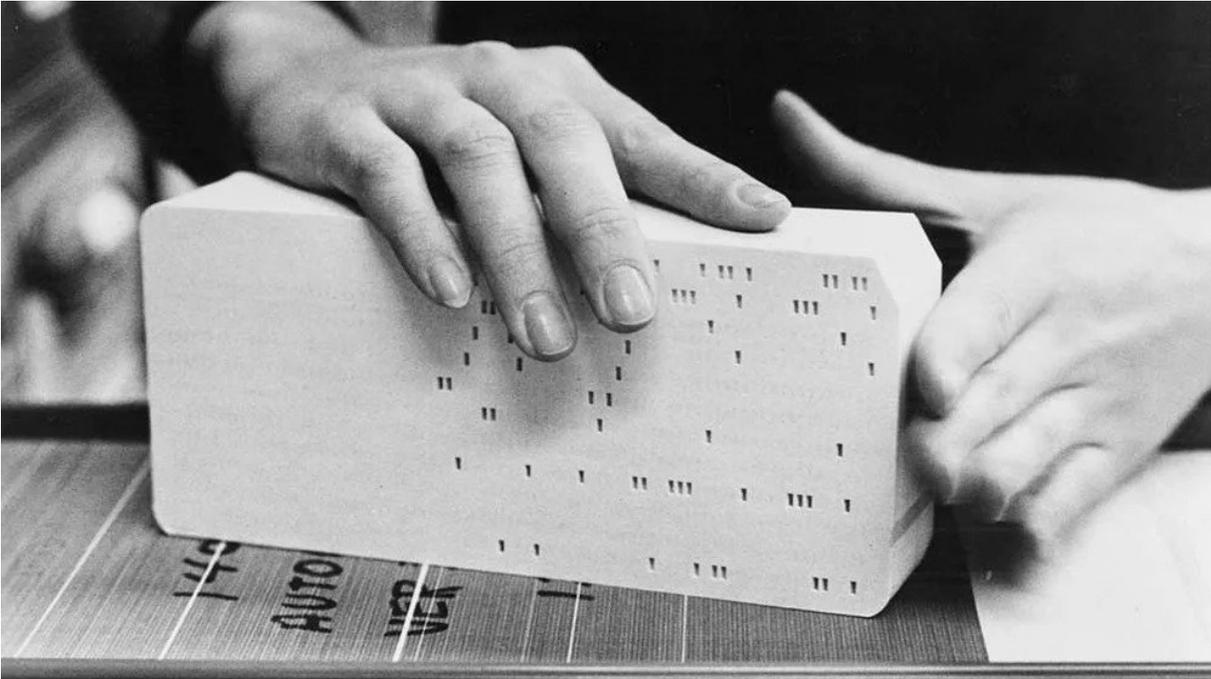
*Figura 2.33. Indicación de una referencia sobre una línea auxiliar que apunte a una superficie.*



*Figura 2.34. Indicación de una referencia sobre una línea de cota.*

## 2.2 CONTROL NUMÉRICO POR COMPUTADORA (CNC)

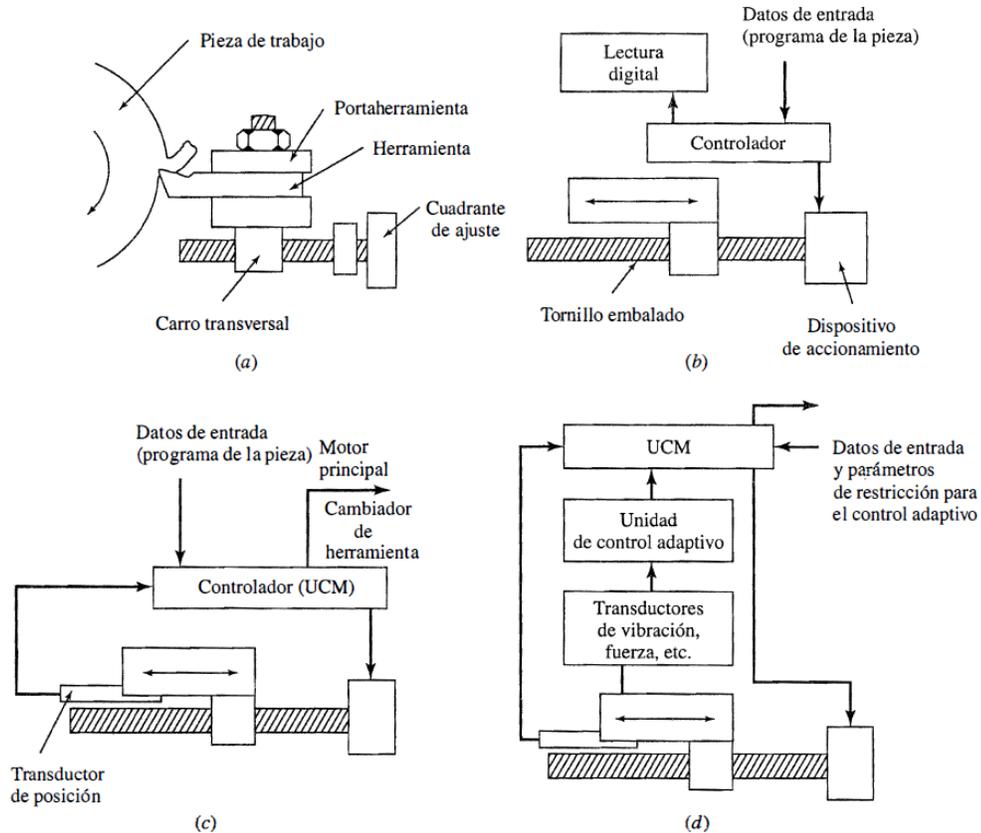
Pero antes de que existieran las computadoras, se podían hacer operaciones con tarjetas de manera binaria, lo que se conocía como control numérico (CN).



*Figura 2.35. Mazo de tarjetas perforadas.*

El control de máquinas se ha practicado desde hace mucho con dispositivos analógicos, por ejemplo, comparando el voltaje generado por un transductor con un voltaje de control. Sin embargo, los mayores avances en el control de manufactura fueron realizados por la introducción del control numérico (CN). En el sentido más amplio, CN es el uso de instrucciones codificadas simbólicamente para el control automático de un proceso o maquinaria. Se han desarrollado varias formas de CN:

El hardware para el CN básico incluye la *unidad de control de la máquina* (UCM, Figura 2.36), que contiene la lógica que se requiere para traducir información a una acción apropiada; servomotores, y, si el control es de lazo cerrado, dispositivos de retroalimentación y circuitos asociados. El plan de acción es proporcionado por la UCM en forma de un programa en una cinta perforada, cinta magnética o disco.

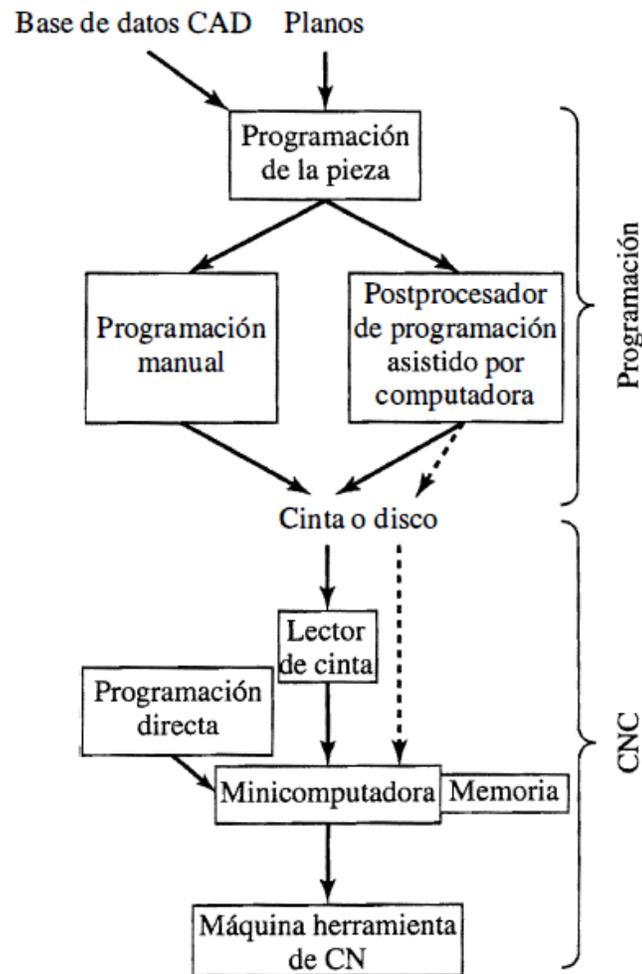


**Figura 2.36. Todos los procesos de manufactura se deben controlar. Como ejemplo, torneado con control (a) manual, (b) de lazo abierto, (c) de lazo cerrado y (d) adaptativo. El control adaptativo realiza acciones en la manera que lo haría un maquinista calificado**

Usualmente los programas son preparados por un programador o por el operador de la máquina herramienta, y leídos en la UCM por un lector de cinta. La UCM está equipada para realizar varias funciones. Las funciones de la UCM son parcial o completamente asumidas por una computadora (una mini o microcomputadora asignada a la máquina herramienta, Figura. 2.37). El programa en su totalidad se lee en la memoria. Como las computadoras se pueden reprogramar fácilmente, se obtiene una flexibilidad de operación mucho mayor. Por ejemplo, es posible trazar una curva compleja sin ningún rompimiento en la continuidad, y de esta forma obtener la aproximación más cercana para el contorno deseado. También se pueden agregar programas que proporcionen funciones tecnológicas, realicen control adaptivo, así como incorporar algunos elementos de un modelo de proceso. Los microprocesadores usados en lugar de los circuitos de CN equipados son más confiables y pueden tener características de

autodiagnóstico. En general, la parte o programa de proceso aún se recibe en cinta o disco, aunque muchos sistemas de CNC permiten programación directa. La computadora tiene memoria suficiente para servir no sólo como un compensador, sino también para almacenar los programas necesarios para una operación prolongada.

Tanto el CN como el CNC elevan la productividad y reproductividad, aumentando de esta forma la precisión, calidad y confiabilidad del producto final. El CNC minimiza los errores introducidos por el lector de cinta, ya que ésta sólo se lee una vez; también reduce los gastos generales relativos al CN.



*Figura 2.37. Microcomputadora dedicada al CNC*

### 2.2.1 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN CNC

El control numérico es un sistema de fabricación automatizada mediante la ejecución de programas en los que se describen las acciones de la máquina (arranque, parada, etc.) y los movimientos de la herramienta necesarios para obtener el producto final (pieza). La elaboración de estos programas es los que denominamos “Programación de control numérico”.

La programación es, por tanto, la base del control numérico y es absolutamente indispensable que cualquier operario que intervenga en el proceso de fabricación a través de este sistema, ya sea en la oficina técnica o en el taller, lo conozca en profundidad.

Por otra parte, partiendo de la base de que los programas se modifiquen con el tiempo, está demostrado que la posibilidad de realizar modificaciones a pie de máquina es más rápido y operativo que modificar programas en el ordenador. Y si además tenemos en cuenta que la tecnología avanza a pasos agigantados y que en los últimos tiempos se han desarrollado potentes sistemas de Mecanizado Asistido por Ordenador (CAM), podemos entender la necesidad de que el técnico en mecanizado deba conocer el/los lenguajes de programación disponibles en las máquinas que utilice.

En el mercado actual existen diversos controles de CNC (Control Numérico Computerizado) como: Siemens, Fagor, Fanuc, etc., pero por razones operativas y didácticas no podremos trabajar con todos (sic) (Tornero, F. 2008).

La programación no es más que una secuencia ordenada de instrucciones, de manera que el control de la máquina las ejecuta en el orden en que han sido escritas. Así pues, si tenemos en cuenta los aspectos característicos de la fabricación de elementos mecánicos, podemos deducir fácilmente que en los programas de control numérico habrá que introducir toda la información relativa a la pieza (datos geométricos) así como la información necesaria para el funcionamiento de la máquina (datos tecnológicos).

La escritura de los programas se realiza mediante una serie de códigos alfanuméricos (letras y números) que se introducen siguiendo unas pautas determinadas, que constituyen lo que se llama “Programación”. Ésta puede ser: programación estructural y programación abierta.

# Estructura de un Programa CNC

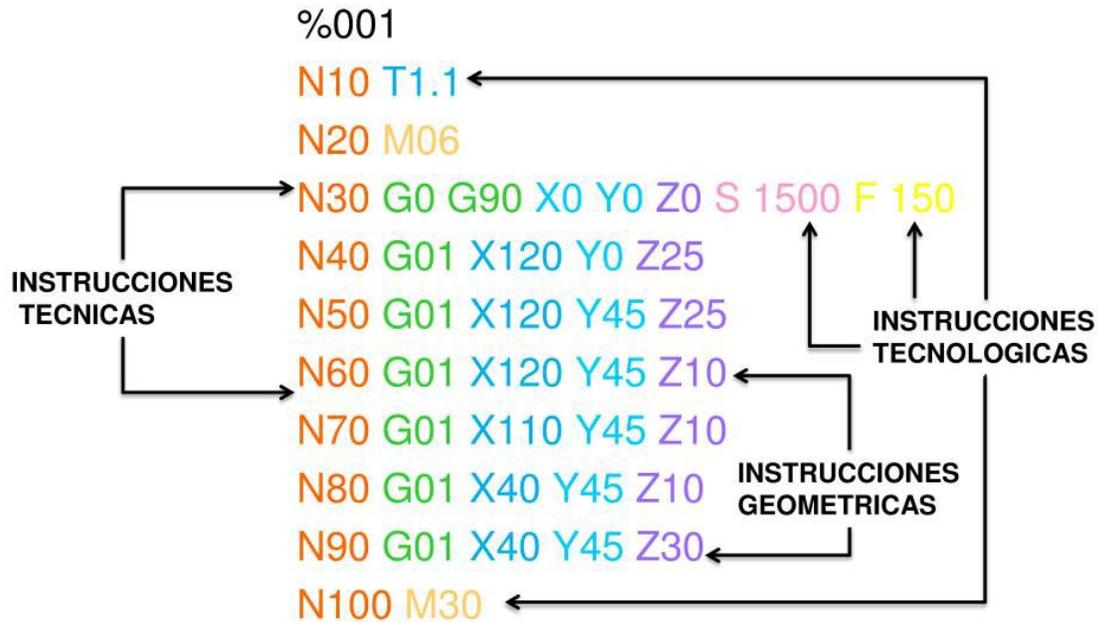


Figura 2.38. Estructura estándar de programación ISO

## 2.2.1.1 PROGRAMACIÓN ESTRUCTURAL

Es el tipo de programación en la que se utiliza una estructura, más o menos cerrada, para comunicar los datos al control. Normalmente tiene forma tabular y no es muy frecuente su utilización; no obstante, algunas empresas como EMCO la utilizan en alguno de sus productos.

Como se aprecia en la Tabla. 2.6, cada dato se coloca en su columna correspondiente, pudiendo quedar huecos en las filas en donde no se necesitan datos.

N	G (M)	X (I)	Z (K)	F	S	T	D
10	M03						
20	90			100	850	4	4
30	00	150	200				
40	01	140	-150	80			
.							
.							
.							

**Tabla 2.6. Programación Estructural**

**2.2.1.2 PROGRAMACIÓN ABIERTA**

La programación abierta es la más utilizada en la programación de control numérico. Está basada en la escritura lineal de los programas, independientemente de la posición que ocupen los datos.

Así se puede encontrar un programa como el siguiente.

```

N10 G90 G0 X60 Z2 F120 S960
N20 M03 T2 D2; GIRO Y SELECCION DE HERRAMIENTA
;COMIENZO DEL MECANIZADO
G0 X55 Z2
G1 X55 Z-35 F80
.
.
.
    
```

**Figura 2.39. Ejemplo de programación abierta.**

Como se aprecia, las líneas de programa no guardan ninguna estructura predeterminada e incluso se pueden utilizar textos a modo de comentarios.

La programación abierta se puede dividir en tres categorías en función de la manera de introducir los datos: estándar, conversacional y mixta. Veamos cada una de ellas.

### 2.2.1.3 PROGRAMACIÓN ESTÁNDAR

Este tipo de programación se realiza, generalmente, a través del ordenador y es la más utilizada en la docencia por poderse realizar en las aulas de informática, independientemente de la ubicación de la máquina. Requiere de un conocimiento exacto de las funciones de programación y de las estructuras de las mismas, así como de un software que permita la simulación de los mecanizados. Se divide en dos tipos:

**Programación ISO.** Es un sistema de programación normalizado y común a todos los controles del mercado. Está regulado por la norma DIN 6602T “Desarrollo de programas para máquinas de control numérico”, que coincide con la norma estándar internacional ISO/DIS 6893 y ISO/DP 6893 “Control numérico de máquinas”. En ella están reguladas las funciones básicas de desplazamientos (G0, G1, G2, etc.), así como las de regulación y control de la máquina (M3, M30, G90, etc.).

**Programación con Ciclos.** Es un sistema de programación particular de cada control por lo que, generalmente, no son compatibles ciclos de distintos controles.

Como ejemplo, veamos dos líneas de programación para un mismo ciclo de torneado recto. La primera corresponde a un ciclo de torneado recto para un control Fagor 8050T y la segunda para un ciclo de torneado recto de un torno con control Siemens Sinumerik 840. Podremos apreciar las notables diferencias.

G81 X50 Z-20 Q65 R-44 C2 D0.5 L0.5 M0.2 F100 H80 → Fagor 8050T

CYCLE95 (UPNAME, 5,1.2, 0.6, ,0.2, 0.1, 0.2, 9, ,0.5) → Siemens Sinumerik 840.

Su fundamento consiste en agrupar en una sola función las acciones de varias funciones ISO. Por este motivo los programas son más cortos y por tanto se minimiza la posibilidad de error.

Para entenderlo mejor, veamos las líneas de programación necesarias para realizar una pasada de cilindrado y lo compararemos con el ciclo correspondiente:

```
G0 X30 Z2; COLOCA LA HERRAMIENTA EN EL PUNTO INICIAL  
G0 X28 Z2; PROFUNDIDAD DE PASADA  
G1 X28 Z-30; CILINDRA  
G1 X30 Z-30; REFRENTADO LATERAL  
G0 X30 Z2; VUELTA AL PUNTO INICIAL
```

*Figura 2.40. Pasada de cilindrado con funciones ISO.*

```
G81 X28 Z-30 Q30 R-30 C1 D1 L0 M0 F100 H0
```

*Figura 2.41. Pasada de cilindrado con CICLO.*

Es evidente no sólo la diferencia de espacio necesario en el programa (téngase en cuenta que un desbastado se consigue a base de cilindrados) sino la facilidad de programación (con una sola línea se pueden hacer varias pasadas de cilindrado en el desbaste).

#### **2.2.1.4 PROGRAMACIÓN CONVERSACIONAL**

Esta programación se realiza a pie de máquina y como su propio nombre indica, consiste en mantener una especie de conversación con la máquina. Esta conversación se realiza desde el panel de control de la propia máquina, comunicándole a ésta los datos que te vaya solicitando en cada momento.

Este tipo de programación, al ser más intuitiva que las anteriores, no requiere de un operario tan especializado en lenguajes de programación.

```

M640T.MZK
#7771 (HEX-FORMAT) (A30318016/OP.20) (Size 48 Blocks) M640T

PNO. MAT  OD-MAX  ID-MIN  LENGTH  RPM  FIN-X  FIN-Z  WORK FACE MPX  FIN-LENGTH
0  CST  IRN  204.      410.    1200  0.4   0.1     0.

PNO. MODE
1  MTR  OUT

SEQ SHP      SPT-X    SPT-Z    FPT-X    FPT-Z          RADIUS
1  LIN      56.     164.
2  LIN      204.    410.

PNO. MODE # 1 # 2 # 3 # 4 # 5 # 6 # 7 # 8 # 9 #10 #11 #12
2  M      8

PNO. MODE #  CPT-X  CPT-Z    RV  FV R-FEED R-DEP.  R-TOOL  F-TOOL
+ 3  BAR  FCE 0    204.  164.    150  0.2  1.5     11

-----
CLEARANCE  U3      U4      U5      U6
2.        2.      2.      2.

RELAY      P1X      P1Z      P2X      P2Z      P3X      P3Z
POINT

PARAMETER  U33      U34      K1      K4      K5
1.        1.      ***     ***     ***

TURRET ROTATE POSITION
ROUGH      P17 U1    U2      X      Z      M-CODE M-CODE GR  OFS-No.
CUTTING   1  5.    20.
FINISH     P17 U1    U2      X      Z      M-CODE M-CODE GR  OFS-No.
CUTTING   1  5.    20.
0         0

-----
SEQ SHP S-CNR  SPT-X    SPT-Z    FPT-X    FPT-Z  F-CNR/$  RADIUS/0  ROUGH
1  LIN      *      *      56.     168.9  *

PNO. MODE #  CPT-X  CPT-Z    RV  FV R-FEED R-DEP.  R-TOOL  F-TOOL
+ 4  BAR  OUT 1    204.  168.9  150  200  0.2  1.5     7      9

-----
CLEARANCE  U3      U4      U5      U6
2.        2.      2.      2.

RELAY      P1X      P1Z      P2X      P2Z      P3X      P3Z
POINT
    
```

Figura 2.42. Programación Conversacional MAZAK

### 2.2.1.5 PROGRAMACIÓN MIXTA

Es una mezcla de todas las anteriores, ya que en la actualidad existen controles que permiten seleccionar la forma de comunicarse con ellos en función de las capacidades del operario. Se puede dividir en: programación manual a pie de máquina, programación manual con ordenador y programación mediante CAD-CAM.

**Programación manual a pie de máquina.** (Figura 2.43) Con este sistema el operario introduce los datos directamente al control desde el panel de la máquina, con la mera observación del plano (programación conversacional). Solamente es aconsejable cuando las piezas no ofrezcan ningún tipo de dificultad o para realizar pequeñas modificaciones en piezas ya programadas.

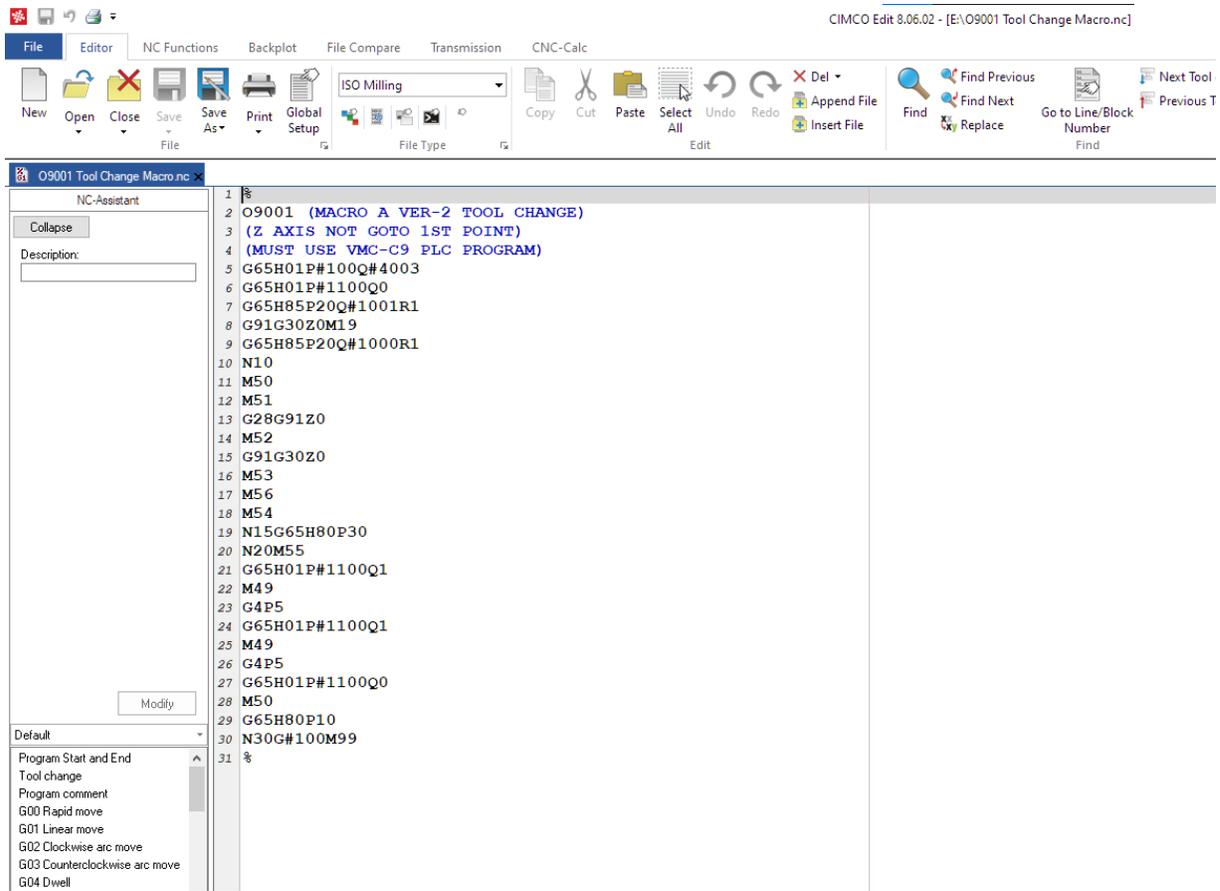


*Figura 2.43. Programación a pie de máquina Panel de Control MAZAK*

**Programación manual con ordenador.** Este sistema permite la creación de programas en lugares donde no se encuentra la propia máquina (oficina técnica, despacho, etc.) y por tanto necesita de un software que lo permita (programación estándar, Figura. 2.44).

**Programación mediante CAD - CAM.** Es el sistema puntero del mercado y hacia el que se inclinan los nuevos desarrolladores de control numérico. Consiste en la utilización de potentes paquetes de software de diseño (NX, Solid Edge, Solid Cam, etc.) que son capaces de realizar los programas de control numérico basándose en sólidos diseñados con aplicaciones CAD (Diseño Asistido por Computador).

Necesitan de personal muy especializado, que además de conocer el funcionamiento de las máquinas de control numérico, tenga conocimientos en el manejo de software de diseño 3D (CAD).



**Figura 2.44. Ejemplo de Software para programación manual, CIMCO Edit 8.**

### 2.2.2 INTERFAZ CNC

Como término especializado del universo discursivo informático la interfaz designa un dispositivo capaz de asegurar el intercambio de datos entre dos sistemas (o entre un sistema informático y una red de comunicación). A partir de esta matriz puramente informática – «interfaz» como dispositivo hardware–, se desarrollaron diferentes concepciones que reconstruiremos en las próximas páginas. Sin embargo, conviene anticipar que el concepto en cuestión posee una historia preinformática que se remonta a las investigaciones científicas en el campo de la hidrostática efectuadas hace más de un siglo.

Según The Oxford English Dictionary el término «interfaz» se usaba a fines del siglo XIX para definir «una superficie entre dos porciones de materia o espacio que tienen un límite en común». En sintonía con esta definición, en la Hydrostatic de Bottomley (1882) la interfaz es definida

como «una superficie de separación, plana o curva, entre dos porciones contiguas de la misma sustancia». Como ya indicamos, el término será sucesivamente retomado por los informáticos para definir un artefacto material que permite el intercambio de datos entre dos sistemas diferentes.

La interfaz, como podemos observar, ya no se considera una especie de membrana que separa dos espacios o porciones de materia, sino un dispositivo que garantiza la comunicación –entendida ésta como «intercambio de datos»– entre dos sistemas informáticos diferentes (por ejemplo, un ordenador y un aparato periférico como la impresora) o entre un sistema informático y una red de comunicación. A través de la interfaz, la computadora envía una serie de informaciones –una página de texto o una imagen– a un dispositivo externo –la impresora–, el cual responde transmitiendo otros datos –la impresora puede indicarle al ordenador cuánto tiempo falta para la conclusión de la impresión o avisar si falta papel–. Dos elementos caracterizan esta concepción «informática» de «interfaz»:

- La interfaz es un dispositivo hardware, material, una especie de puente físico que conecta dos sistemas diferentes.
- Existe un intercambio bidireccional de información entre los dos sistemas.

El Dictionary of Computing (Oxford Science Publications, Oxford University Press, Nueva York, 1983) define la interfaz de la siguiente manera:

1. Límite en común entre dos sistemas, dispositivos o programas.
2. La conexión de señal y los circuitos de control asociados utilizados para conectar dispositivos.
3. Especificaciones de comunicación entre dos unidades de programa.
4. Dar una interfaz.
5. Interactuar.

Como se puede apreciar, si bien se mantiene todavía la idea de un intercambio de información, la interfaz ya no es considerada un dispositivo hardware sino un conjunto de procesos, reglas y convenciones que permiten la comunicación entre el hombre y las máquinas digitales. La interfaz se presenta, así como una especie de gramática de la interacción entre el hombre y la computadora.

Por lo tanto, una interfaz CNC es esa comunicación o un camino de 3 vías entre el humano, la computadora y nuestra máquina de Control Numérico por Computadora.



*Figura 2.45. Ejemplos de Interfaces.*

# CAPÍTULO 3

## REPROGRAMACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LA INTERFAZ DE LA CHEVALIER 1418VMC



*Figura 3. Centro de Maquinado Chevalier 1418VMC-40*

Entre el LIME I y el LIME II hay un laboratorio de CNC, el cual se usa para las materias de Manufactura por Computadora de Ingeniería Mecánica Eléctrica y la de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora de Ingeniería Industrial. Dentro de ese laboratorio hay 2 máquinas CNC, un torno y un centro de maquinado, este trabajo se centra en el Centro de Maquinado Chevalier 1418VMC con control FANUC 0-MD, el cual sufrió un percance que dejó a la máquina fuera del 50% de su funcionamiento, es por eso que se dio a la tarea de investigar cuál era el problema que ocasionaba que la máquina no funcionaba como debería e implementar una interfaz para aprovechar las funcionalidades de esta máquina de grado Industrial.



*Figura 3.1. Laboratorio CNC – Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (Campo 4)*

### **3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y REPROGRAMACIÓN**

El Centro de Maquinado Chevalier 1418VMC es un equipo que se encuentra en el laboratorio CNC de Ingeniería de Campo 4, esta maquina presentaba diversos problemas, no obstante, uno como Ingeniero no puede sólo sacar especulaciones de lo que le ocurrió, por ello lo primero que se hizo fue darnos a la tarea de investigar lo que le sucedió a la máquina, así que procedió

a indagar en la máquina para encontrar el problema y así darnos una idea más amplia para resolverlo.

Se tuvo algunas dudas sobre lo que le pasaba a la máquina, sin embargo, todas las opiniones coincidieron que la máquina había recibido una colisión y desde entonces ya no podía hacer cambio de herramienta y no sólo eso, cuando se giraba el carrusel (Figura 3.2) de la máquina por medio de comandos en el MDI, este tenía un sonido, ahora bien, una vez que se tuvo información relevante para saber por dónde resolver la problemática; ya se había hecho un cable de interfaz, el cual conseguimos con el encargado del laboratorio, ya que más adelante lo íbamos a necesitar, porque se tenía que hacer pruebas y de ser posible implementar una interfaz.



*Figura 3.2. Carrusel de la Chevalier 1418VMC*

Es necesario comentar que en nuestra generación 2012 hubo problemas con la máquina, el cual generó que no tuviéramos prácticas en la máquina, esta problemática se extendió, así que detectamos que esto mermaba la formación de los Ingenieros, ya que varias generaciones no habían podido utilizarla.

Retomando el tema, se procedió a entrar al laboratorio y dar una inspección visual a la máquina, luego se encendió la máquina y había que revisarla lo que nos habían dicho y efectivamente, vimos que no se podía efectuar el cambio de herramienta y en el MDI al girar el carrusel se escuchaba el sonido (Figura 3.3); el MDI es una opción de la máquina que nos permite ejecutar comandos de manera inmediata sin tener que cargar algún programa; estos problemas ocasionaban que los ingenieros encargados de dar materias dentro del laboratorio optaban por maquinar sólo madera y usar programas simples para su uso, la preocupación en este tema y que es importante mencionar, es que se revisó las horas de trabajo de la máquina y se observó que está prácticamente nueva, además que se tiene una máquina de grado industrial para hacer maquinados complejos y que requieren de una muy buena precisión, esto ayudaría bastante a maquinar cosas para el mismo LIME II principalmente, además que se podría trabajar con otras áreas dentro de Ingeniería para hacer maquinados e incluso maquinados para otras áreas dentro de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán como Veterinaria, Ingeniería Agrícola o incluso Ingeniería en Alimentos.



*Figura 3.3. Centro de Maquinado Chevalier 1418VMC*

Se aprovechó el conocimiento para resolver estas problemáticas y utilizarlas para el presente trabajo, es por eso que nos dimos a la tarea de hallar las causas puntuales del porqué la máquina tenía lo que tenía, cosa que no iba a ser sencilla, en primera instancia, nadie sabía con certeza porque no podían cambiar la herramienta de la máquina, tan sólo era especulaciones de lo que había pasado y en segunda instancia en el manual de la Chevalier, no se encontraba las alarmas que este arrojaba.

Se procedió a revisar la parte mecánica y efectivamente se encontró que le habían pegado a la máquina, parte del problema había sido confirmado, habían sido dos impactos, uno en la parte del carrusel (Figura 3.4) y otro en una pieza importante del carrusel en la parte de arriba (Figura 3.5).



*Figura 3.4. Espacio 11 de herramienta en carrusel dañado.*



*Figura 3.5. Conexión de pasador dañado*

Esta parte mecánica estuvo de nuestros límites, por lo que para eso tuvieron que venir a repararlo técnicos calificados, no obstante, para la parte del software si se pudo detectar y revisar las alarmas que arrojaba la máquina, el indicio de que la memoria estaba dañada era que al meter el comando M06 o M6 para cambio de herramienta, ésta se alarmaba, esta alarma, no venía en el manual y había otra alarma, las alarmas eran la 008 P/S ALARM (Figura 3.5) y 101 P/S ALARM, una cosa rara o cuanto menos curiosa, fue que la segunda alarma no aparecía sino unos cuantos segundos, por lo que no se pudo tomar captura de esta en cuestión.

No se logró encontrar la alarma en el Manual de la máquina, ya que era una revisión antigua, por lo que tuvimos que solicitar a FANUC los manuales y gracias a los manuales que nos ellos nos proporcionaron (estos manuales no están disponibles al público como tal, hay que solicitarlos ya que hay ciertos procedimientos de la empresa para proporcionarlos, por cuestiones de seguridad), pudimos identificar en primera instancia la alarma en el Apéndice y era una alarma de errores en el programa y se refería a lo siguiente (Tabla 3.1):

MANUAL DEL OPERADOR

G LISTA DE ALARMAS

1) Errores de Programa (alarma P/S)

Number	Significado	Contenidos y solución
008	USO ILEGAL DE LA TERMINACIÓN DEL PROGRAMA	Se ha intentado ejecutar EOR (%) porque no se encuentra M02, M30 o M99 al final del programa. Corrija el programa.
101	POR FAVOR PURGE LA MEMORIA	Se ha presionado el botón de apagado mientras se reescribía la memoria por medio de la operación de editar programa. Cuando esta alarma ocurre, coloque el parámetro PWE a 1, luego presione el botón de encendido mientras sostiene la tecla <DELET>. Todos los programas serán eliminados.

*Tabla 3.1. Lista de Alarmas control FANUC 0-MD*



*Figura 3.5. 008 P/S ALARM*

Debido a la naturaleza de la problemática que se encontró, en esta parte nos centraremos específicamente en la programación, más adelante explicaremos el porqué.

Una vez que se detectó estas alarmas, se procedió a revisar porqué se estaban dando, es por eso que se tuvo que revisar de nueva cuenta los manuales para poder acceder a las memorias de la máquina y determinar porqué sólo estas dos alarmas aparecían sin aparente congruencia, fue ahí cuando decidimos que se tenía que revisar todos los programas de la máquina, incluyendo los programas especiales, estos hacen que la máquina haga sus funciones principales y sin ellos no sería posible ejecutar ciertas funciones, por eso, en esta parte explicaremos lo importante que es conocer un poco más la máquina y porqué el personal calificado, es el único que debe de mover estas funciones.

**IMPORTANTE:** Antes de continuar es necesario mencionar que como son parámetros que protegen y guían a la máquina en su funcionamiento, hay detalles e información que se omitirán en el presente trabajo, esto por cuestiones de seguridad y salvaguardar la integridad de la Chevalier 1418VMC, queda estrictamente prohibido acceder sin la supervisión o la guía de personal calificado, ya que de no ser así, podría dejar inservible la máquina hasta requerir los servicios de la compañía fabricante del control FANUC, lo que se traduce en Altos costos económicos, rezago de prácticas de laboratorio y formación académica.

Esta parte la hizo nuestro compañero Joel Valdés Astorga con el debido cuidado, las precauciones que esto requiere, bajo la supervisión y consentimiento del encargado en turno, ya que tiene un poco más de experiencia con las máquinas CNC, asimismo con ayuda del manual de parámetros y bajo la ayuda de un técnico de Chevalier y otro de FANUC.

El primero paso para empezar la reprogramación y revisar todos los programas de la máquina era desbloquear parámetros de accesos, permitirnos ver macros ocultas de funcionalidades y averiguar qué era lo que sucedía, así que se procedió hacer el procedimiento indicado por el técnico de FANUC:



Additional parameters:

\* parámetro omitido por seguridad \*

\* parámetro omitido por seguridad \*

No. 38.7&6      Device type-      10xxxxxx = RS-232

El orden en que debes restablecer es: primero parámetros de CNC donde debes subir a mano todos los 900's antes de enviar tu archivo de respaldo, después de subir Parametros CNC deberas apagar/encender y a continuación cargar parámetros de PMC en pantalla de Diagnosticos. Finalmente ya puedes subir el resto de la información como programas, offsets, macros, etc

¡Saludos! (sic) A. Gonzalez. (correo electrónico, 8 de octubre de 2020)

Los parámetros omitidos fueron los que nos permitió acceder a todas las librerías y revisar que había pasado con los programas, así que se procedió a la tarea de seguir las instrucciones de manera puntual y de acuerdo a lo establecido por el técnico y tuvimos éxito, al analizar todas las librerías, incluyendo los macros importantes, encontramos el error en el programa O9001 (Figura 3.6), fue ahí cuando se encontró que alguien corrompió la memoria del dispositivo y/o la editó, antes de decir con certeza que pasó, hubo dos hipótesis acerca de lo que pudo haber sucedido, en una se podría decir que alguien conectó una computadora con virus y al tratar de pasar el programa corrompió la memoria, esto infiere que alguien con desconocimiento también movió los parámetros con antelación, cosa que es preocupante ya que se hizo sin supervisión y sin decirle a nadie lo que hacía y la segunda hipótesis infiere con los testimonios de los Ingenieros de acuerdo a la colisión de la máquina, ya que al colisionar, en lugar de apretar el botón de paro de la máquina, le dieron al botón de apagar y esto ocasionó que se corrompieran los programas de la máquina y de igual manera que en la anterior hipótesis ya le habían movido a las parámetros para desbloquear estas librerías que deberían estar bloqueadas, esto afectó directamente los programas que venían por defecto dentro de la máquina; un detalle importante a mencionar es que aún con la memoria corrupta, se pueden meter programas de manera manual,



se muestra en la Figura 3.6 observamos que este estaba inservible, ahí radicaba el problema principal del porqué no se podía hacer nuestro cambio de herramienta.

Antes de continuar, es necesario explicar que es un Macro B para un mejor entendimiento de lo que este programa implica y su importancia, además de entender un poco más su nomenclatura.

Macro es un lenguaje de programación que se utiliza en los controles numéricos FANUC.

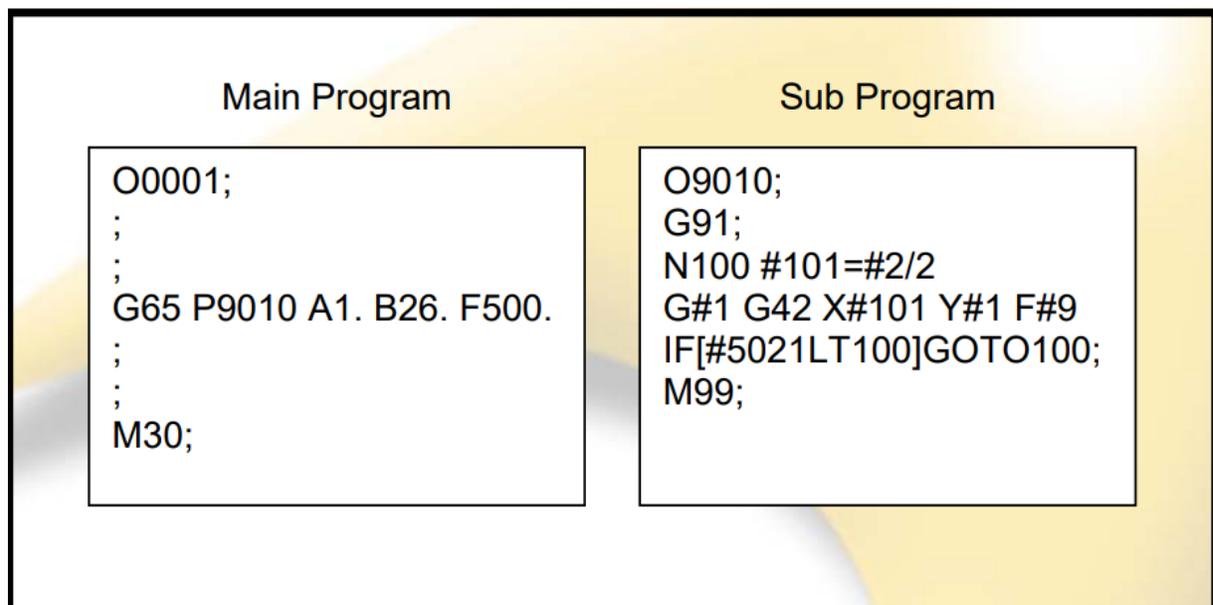
Su función es dotar de inteligencia a los programas.

Para convertir un programa en inteligente es necesario poder sustituir los valores por variables.

Una variable es un dato al que se puede asignar un valor.

La sintaxis de una variable se identifica mediante un "#" y un número de identificación.

Aunque los subprogramas son útiles para repetir la misma operación, la función de macros personalizados también te permite el uso de variables, aritméticas y operadores lógicos y ramas condicionales para una fácil creación en general de programas, tales como los pequeños y los ciclos enlatados definidos por el usuario. Un programa de maquinado puede llamar un Macro personalizado con un simple comando, como un subprograma, la única diferencia es que en el subprograma podemos manipular la información como queramos (Figura 3.7).



**Figura 3.7. Programa y Subprograma**

En el mundo del Macro B, todo gira alrededor de variables, esto es porque el 90% de la información visible en el control FANUC, tiene su propio directorio de variables, estas se conocen como Variables de Sistema. FANUC también le ofrece al usuario final su propio establecimiento de variables, hay dos tipos, locales y comunes, localizadas en: [OFFSET] – {MACRO}

A continuación, se encuentran algunas Variables de Sistema:

- Offsets de herramientas
- Offsets de trabajo
- Posición de ejes
- Información Modal
- Señales PMC
- Alarmas
- Operación Automático de Control
- Temporizadores y Contadores

Y algunos otros más.

Un programa de maquinado ordinario especifica el código G y la distancia a recorrer directamente con la variable numérica; por ejemplo G01 X100.0.

Con un macro personalizado, los valores numéricos puedes ser directamente especificados usando una variable de número. Cuando una variable de número es usada, el valor de la variable puede ser cambiada por el programa o usando operaciones en el panel MDI.

<pre>#2=0 #1=#2+100; G01 X#1 F200;</pre>
--

***Figura 3.8. Ejemplo de Estructura y utilización del Macro.***

Cuando se especifica una variable, se especifica un signo de número (#) seguida de un número de variable. El objetivo general de los lenguajes de programación es permitir que un nombre sea

asignado a una variable, pero esta capacidad sólo está disponible para macros personalizados en las series 30xi.

Ejemplo: #1

Una expresión puede ser utilizada para especificar una variable de número. En dado caso, la expresión debe de estar entre corchetes.

Ejemplo: #[#1+#2-12]

Una vez comprendido esto, necesitábamos hacer dos cosas, la primera era conseguir el Macro para cambio de Herramienta y la otra era purgar la memoria del sistema para volver a empezar desde cero, así que ahora para conseguir el “TOOL CHANGE MACRO” había que ponerse en contacto con la empresa que hizo la máquina y esta fue su respuesta al comunicarnos con ellos y pedirles el programa, así que les mandamos la información de la máquina (Figura 3.8).



*Figura 3.8. Placa de Información de la Chevalier 1418VMC*

Y esto fue lo que contestó:

```
9001, 9002 & 9003 macros Backup
Attachment O9001.txt
%
O9001(MACRO A VER-3 TOOL CHANGE)
(Z AXIS NOT GOTO 1ST POINT)
(MUST USE VMC-C9 PLC PROGRAM)
G65H01P#100Q#4003
G65H01P#1100Q0
G65H85P30Q#1001R1
G91G30Z0M19
G65H85P20Q#1000R1
N10
M50
M51
G28G91Z0
M52
G91G30Z0
M53
M56
M54
N15G65H80P30
N20M55
G65H01P#1100Q1
M49
G4P5
G65H01P#1100Q0
M50
G65H80P10
N30G#100M99
%
```

H. Avila. (correo electrónico, 3 de septiembre de 2020)

Y ahora sí, ya con el respaldo del programa, se pudo purgar la memoria de la Chevalier 1418 VMC, ya que estaba completamente comprobado por la alarma que arrojaba se iban a eliminar todos los programas incluyendo el Macro corrupto, así que en el manual de la Chevalier 1418VMC se encontraba como hacerlo y se hizo para solucionar este problema. Una vez solucionado el problema de la memoria, ahora sólo se tenía que implementar una interfaz Máquina – PC y PC – Máquina para cargar de nueva cuenta el Macro que esta necesita, si hacemos programación Manual específicamente para esta máquina no podemos meter los

símbolos, por ello no podíamos cargar el programa de manera manual, es por eso que la interfaz era necesaria.

Así que a continuación veremos la configuración de nuestra interfaz CNC – PC y PC – CNC.

### **3.2. CABLE DE DATOS Y CONFIGURACIÓN DE LA INTERFAZ**

Como vimos en el punto anterior, se creó una necesidad debido a que la única forma de poner un programa de con estas características únicamente podía ser mediante una interfaz y todo lo que conlleva crear una, aquí la razón por la cual mencionamos que únicamente nos enfocáramos en la programación, en este punto nos enfocaremos ahora en la creación del cable de datos y la interfaz que se utilizó para solucionar esta necesidad y terminar con la reparación que se hizo en la programación, ya que si aún no está cargado el programa que le da el correcto funcionamiento a la máquina entonces aún no está hecha la reparación por completo.

Aquí se retomó lo que habíamos comentado de pedirle un cable al Ingeniero Felipe Díaz del Castillo, con el tesista que trató de hacer esta interfaz, este cable será importante porque es el mismo que utilizamos para hacer la interfaz, sólo que con una configuración diferente.

Empecemos por definir que es un cable de datos: Los cables de datos son una parte importante de una computadora, ya que proporcionan una conexión entre varios componentes de hardware. Esto permite a la computadora comunicarse con sus diversas partes propias. Un cable de datos también permite a una computadora comunicarse con otras.

El cable de datos es, esencialmente, cualquier tipo de medio capaz de transportar una señal binaria de comunicación eléctrica. Los datos binarios son una serie de unos y ceros que se envían como señal eléctrica entre dos lugares.

Hay una consideración para los cables de datos y esta es que: es importante buscar en la documentación o ponerte en contacto con el proveedor de hardware para verificar que tipo de cable de datos vas a utilizar. Conectar el tipo incorrecto de cable (o configuración) no es aconsejable y puede causar problemas de hardware.

Ahora bien, ahora sí, de acuerdo con lo mencionado por el contacto de FANUC (A. Gonzalez, 2020), procederíamos a revisar la configuración del cable que habíamos obtenido del Ingeniero

Felipe y de no ser la correcta, la cambiaríamos. El cable con el cual se tenía que hacer la configuración tiene estas características:

Es un cable RS-232, entraremos más en detalle con esto, este cable tiene una comunicación serial, ¿qué es esto?, la comunicación serial es un protocolo de comunicación entre dispositivos que se incluye de manera estándar en prácticamente cualquier computadora.

La mayoría de las computadoras incluyen puertos seriales. Actualmente puertos USB, aunque aún se encuentran algunas con puerto sería RS-232.

La comunicación serial RS232 es un protocolo común utilizado por dispositivos y equipos usados en instrumentación. La comunicación serial puede ser utilizada para adquisición de datos, control, depuración de código, etc.

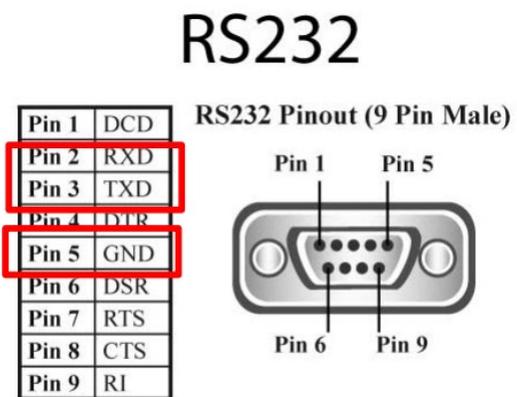
El concepto de comunicación serial permite la transmisión-recepción bit a bit de un byte completo, este método de comunicación puede alcanzar mayores distancias.

Por el contrario, la especificación *IEEE 488* (comunicación en paralelo) determinar que el largo del cable para el equipo no puede ser mayor a 20 metros, con no más de 2 metros entre cualesquier dos dispositivos; por el contrario, utilizando comunicación serial el largo del cable puede llegar a los 1200 metros.

Típicamente, la comunicación serial se utiliza para transmitir datos en formato ASCII.

Para realizar la comunicación se utilizan 3 líneas de transmisión:

- Tierra (o referencia),
- Transmitir,
- Recibir (Figura 3.9).

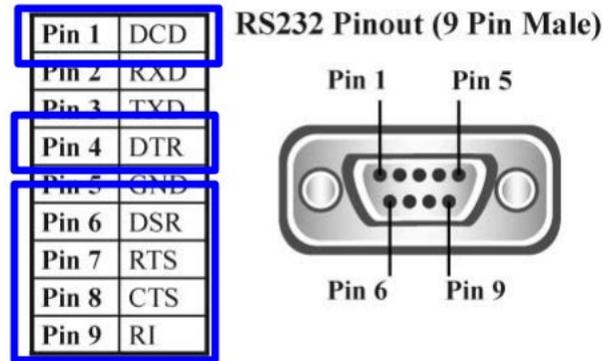


**Figura 3.9. Pin 9 RS232**

Debido a que la transmisión es asíncrona, es posible enviar datos por una línea mientras se reciben datos por otra.

Existen otras líneas disponibles para realizar el *handshaking* (Figura 3.10), o intercambio de pulsos de sincronización, pero no son forzosamente requeridas.

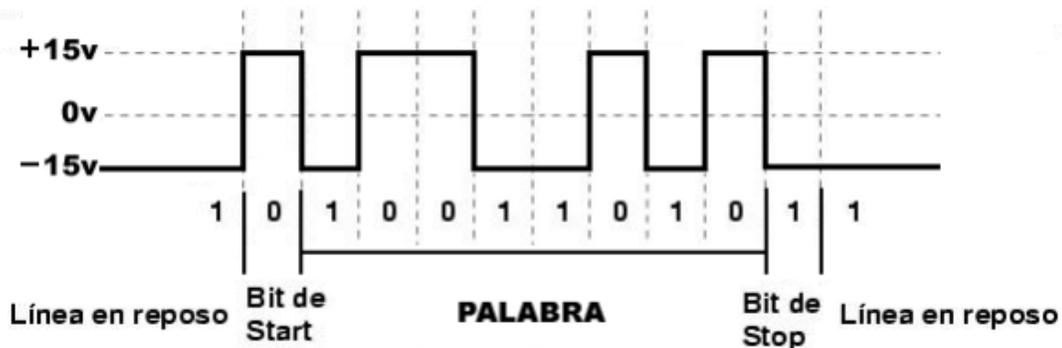
## RS232



*Figura 3.10. Líneas disponibles RS232*

Las características más importantes de la comunicación serial son:

- La **velocidad de transmisión**
- El **número de bits de datos**
- El número de **bits de paro**
- Y si cuenta con **bit de paridad**



*Figura 3.11. Diagrama de bits para la comunicación serial*

Para que dos puertos se puedan comunicar, es necesario que las características sean iguales.

**Velocidad de transmisión (baud rate):**

Indica el número de bits por segundo que se transfieren, y se mide en baudios (bauds).

Por ejemplo, 300 baudios representa 300 bits por segundo.

Cuando se hace referencia a los ciclos de reloj se está hablando de la velocidad de transmisión.

Por ejemplo, si el protocolo hace una llamada a 4800 ciclos de reloj, entonces el reloj está corriendo a 4800 Hz, lo que significa que el puerto serial está muestreando las líneas de transmisión de 4800 Hz.

Las velocidades de transmisión más comunes son de **115200, 9600 y 4800**.

Es posible tener velocidades más altas, pero se reduciría la distancia máxima posible entre los dispositivos.

Las altas velocidades se utilizan en comunicaciones en paralelo cuando los dispositivos se encuentran uno junto al otro, como es el caso de dispositivos GPIB / IEEE488.

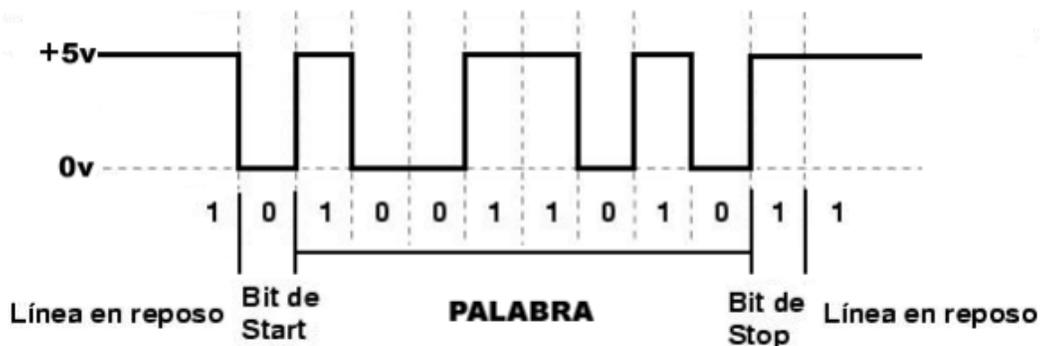
**Bits de datos:**

Se refiere a la cantidad de bits (palabra) en la transmisión.

Cuando la computadora envía un paquete de información, el tamaño de ese paquete no necesariamente será de **8 bits**.

Las cantidades más comunes de bits por paquete son 5, 7 y 8 bits (Figura 3.12).

El número de bits que se envía depende en el tipo de información que se transfiere.



*Figura 3.12. Diagrama de bits comunes*

Por ejemplo, la representación de caracteres ASCII estándar tiene un intervalo de valores que va de **0 a 127**, es decir, utiliza **7 bits**.

Para **ASCII extendido** es de **0 a 255**, lo que utiliza **8 bits**.

Si el tipo de datos que se está transfiriendo es texto simple (ASCII estándar), entonces es suficiente con utilizar 7 bits por paquete para la comunicación.

Un **paquete** se refiere a una transferencia de un byte, incluyendo los bits de inicio/paro, bits de datos, y paridad. Debido a que el número actual de bits depende en el protocolo que se seleccione, el término paquete se usará para referirse a todos los casos.

#### **Bits de paro:**

Usado para indicar el fin de la comunicación de un solo paquete.

Los valores típicos son **1, 1.5 o 2 bits**.

Debido a la manera como se transfiere la información a través de las líneas de comunicación y que cada dispositivo tiene su **propio reloj**, es posible que los dos dispositivos **no estén sincronizados**. Por lo tanto, los bits de paro no sólo indican el fin de la transmisión sino además dan un **margen de tolerancia** para esa diferencia de los relojes.

Mientras **más bits de paro se usen**, mayor será la **tolerancia** a la sincronía de los relojes, sin embargo la transmisión será más lenta.

#### **Paridad:**

Es una forma sencilla de verificar si hay errores en la transmisión serial.

Existen cuatro tipos de paridad:

- par,
- impar,
- marcada y
- espaciada.

La opción de no usar paridad alguna también está disponible.

Start bit	Data	Parity bit(optional)	Stop bit							
	0	1	2	3	4	5	6	7		

*Figura 3.13. Cuadro de lógica*

En caso de **habilitar la paridad par o impar**, el puerto serial fijará el bit de paridad (el último bit después de los bits de datos) a un valor para asegurarse que la transmisión tenga un **número par o impar de bits** en estado **lógico alto**.

Por ejemplo, si la información a transmitir es 011 y la paridad es par, el bit de paridad sería 0 para mantener el número de bits en estado alto lógico como par.

Si la paridad seleccionada fuera impar, entonces el bit de paridad sería 1, para tener 3 bits en estado alto lógico.

La paridad marcada y espaciada en realidad no verifican el estado de los bits de datos; simplemente fija el bit de paridad en **estado lógico alto para la marcada, y en estado lógico bajo para la espaciada**.

Esto permite al dispositivo receptor **conocer de antemano el estado de un bit**, lo que serviría para **determinar si hay ruido** que esté afectando de manera negativa la transmisión de los datos, o si los relojes de los dispositivos no están sincronizados.

Es el conector serial hallado en las PCs IBM y compatibles.

Es utilizado para una gran variedad de propósitos, como conectar un ratón, impresora o modem, así como instrumentación industrial.

Gracias a las mejoras que se han ido desarrollando en las líneas de transmisión y en los cables, existen aplicaciones en las que se aumenta el desempeño de RS-232 en lo que respecta a la distancia y velocidad del estándar.

RS-232 está limitado a comunicaciones de punto a punto entre los dispositivos y el puerto serial de la computadora. El hardware de RS-232 se puede utilizar para comunicaciones seriales en distancias de hasta 50 pies.

- “1” lógico: -3v..-25v
- “0” lógico: +3v..+25v
- Mark: “1”
- Space: “0”
- Start bit: “0”
- Stop bit: “1”

Terminales del RS-232 (Figura 3.14):

DB9	DB25	MISIÓN	DEFINICION
1	8	DCD	Deteccion portadora de datos
2	3	RxD	Recepcion de Datos
3	2	TxD	Transmision de Datos
4	20	DTR	Terminal de Datos Listo
5	7	GND Signal	Circuito Común
6	6	DSR	Dispositivo de Datos Listo
7	4	RTS	Peticion de Envio
8	5	CTS	Dispositivo de Datos Listo
9	22	RI	Indicador de llamada (Ring)

*Figura 3.14*

De acuerdo con las configuraciones del cable, se hizo la revisión del cable para verificar cual traía, la configuración estaba mal, por eso se tuvo que modificar de acuerdo con este diagrama (Figura 3.15).

El cable es un DB9 a DB25

El "Handshaking" consta de una configuración (Figura 3.16) y la configuración de todo el cable para en conector Hembra FANUC RS232 DB25 al dispositivo RS232 DB9 (Figura 3.15).

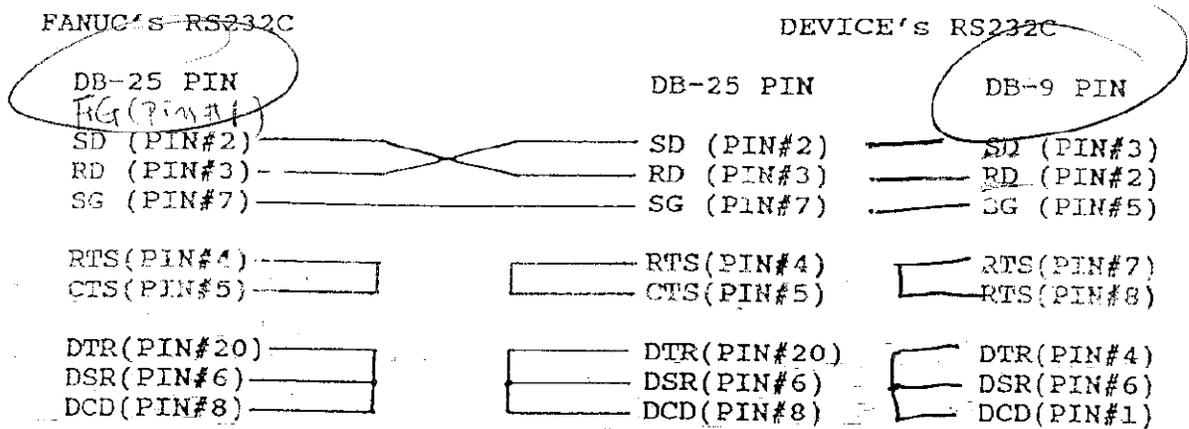


Figura 3.15. Configuración completa del Cable para la interfaz (DB25-DB25 y DB25-DB9)

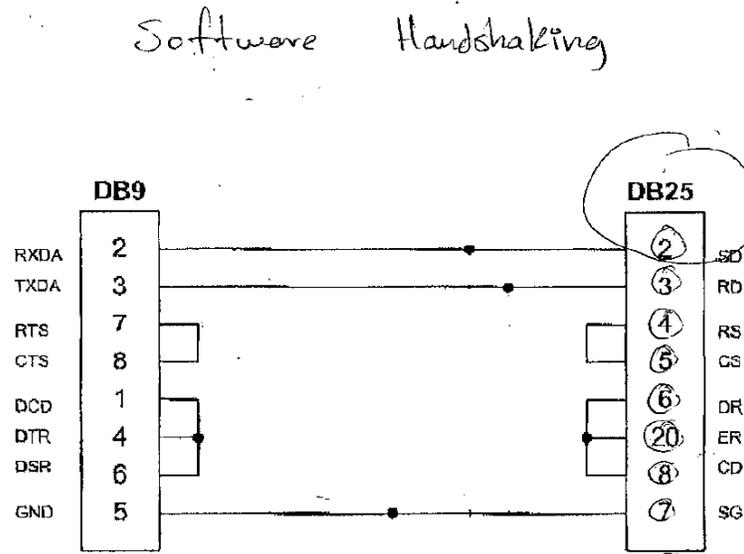
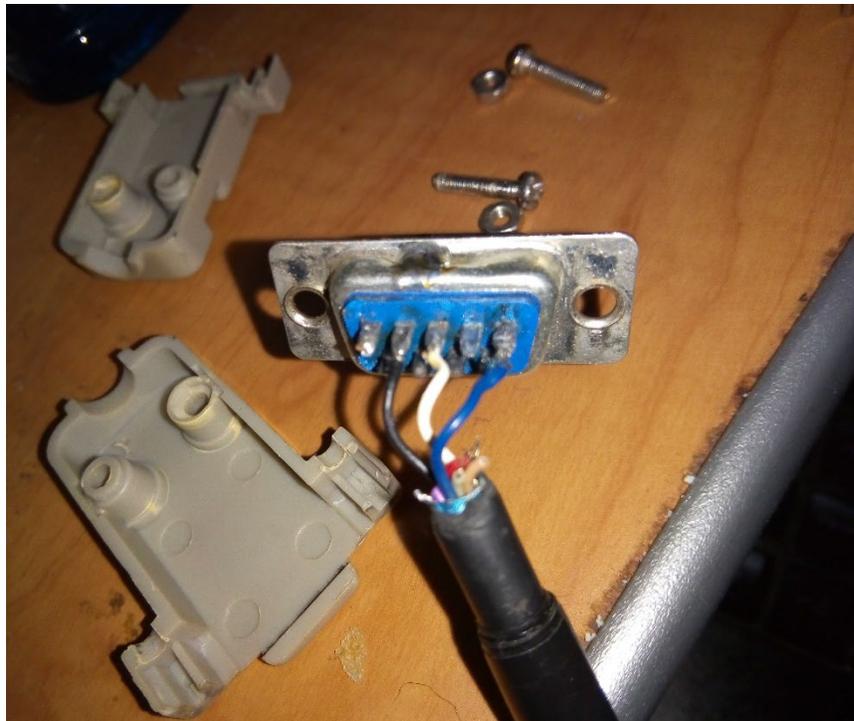
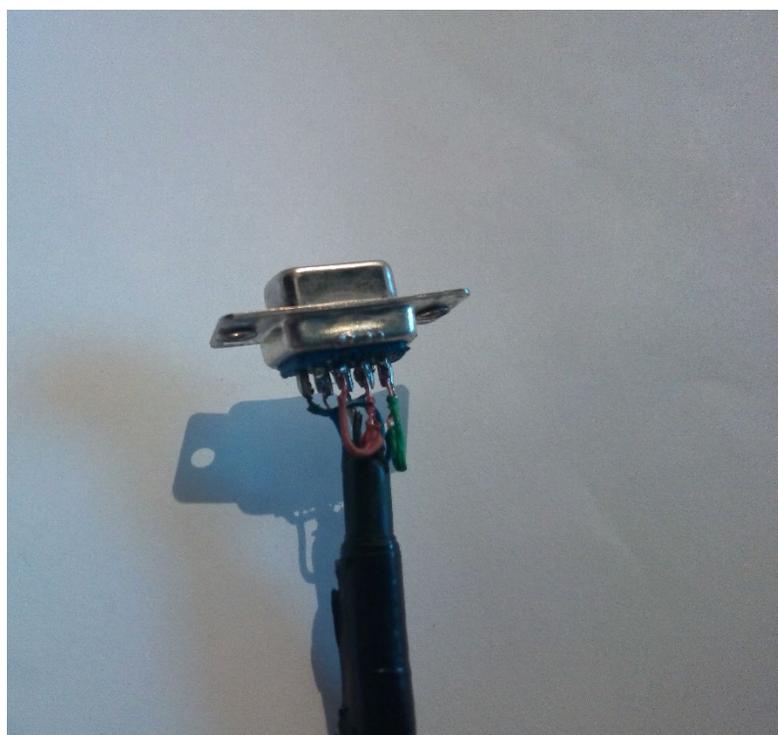


Figura 3.16. Configuración del Software Handshaking

Y a continuación se muestra como quedó el cable ya soldado con esta configuración del DB9, solamente la configuración de DB25 estaba bien.



*Figura 3.17. Configuración antigua del DB9*



*Figura 3.18. Configuración correcta del DB9*

Bien, ya hizo el cable, así que ahora se procedió con la tarea de hacer la configuración de la Interfaz y meter los programas a la máquina, bajo las condiciones de conexión tanto del programa, como de la máquina. Para esto se usó un programa que viene dentro de una máquina en el laboratorio de CNC, ya que ahí se tiene una computadora de escritorio con Windows XP, esto es una fortuna y una ventaja por dos razones, ya que Windows XP cuenta con un programa que se puede utilizar para hacer la conexión y ésta cuenta con un puerto DB9, el programa a utilizar se llama HYPERTERMINAL (Figura 3.19).

¿Qué es Hyperterminal?

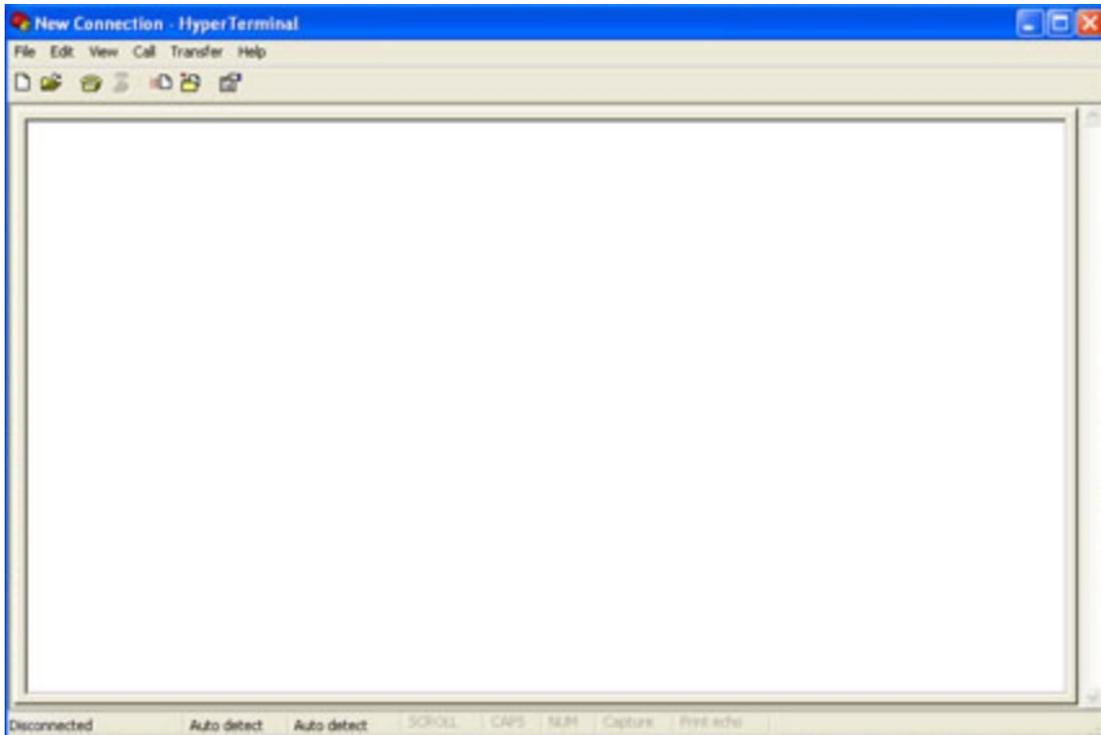
Hyperterminal es como se llamaba el programa de Windows que permitía establecer conexiones de telnet con otros dispositivos.

Si nos fijamos en los equipos de hoy en día, cada vez se incluyen menos tipos de conexiones. Casi todas han sido sustituidas por distintas modalidades de puertos USB. En este extremo, los últimos MacBook de apple, únicamente incluyen un USB tipo C que sirve incluso para cargar el portátil.

Sin embargo, antiguamente, los ordenadores disponían de todo tipo de conexiones: puertos LPT para impresoras, puertos RJ11 para las conexiones vía módem (teléfono), conexiones de red de distinto tipo, etc. Uno de estos puertos eran precisamente los DB9, puertos de comunicaciones o simplemente, puertos COM.

Con el programa de hyperterminal, mediante telnet, podías conectar a distintos puertos de routers, modems, firewalls, etc sobre todo en lo que se conoce a veces como modo consola (por conectarse por un puerto de consola). Un modo de «administración» que permite configurar la máquina de forma más directa y prescindiendo de todo elemento accesorio.

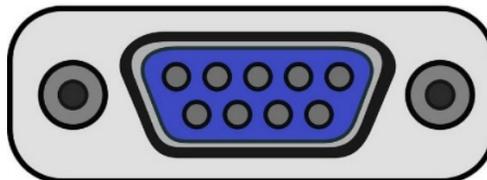
En Windows para poder realizar estas comunicaciones, necesitas un programa externo. Hasta Windows XP, este programa de hyperterminal se incluía como parte del software incluido con el propio sistema operativo.



*Figura 3.19. Hyperterminal*

Para este caso se utilizó el puerto COM de la máquina, esto es:

Un puerto COM es simplemente una interfaz de E/S que permite conectar un dispositivo serie a un ordenador. Es posible que también escuche que los puertos COM se llaman puertos serie. La mayoría de los ordenadores modernos no tienen puertos COM, pero hay muchos dispositivos de puerto serie que aún utilizan la interfaz. Los instrumentos de laboratorio, los equipos médicos y los sistemas de punto de venta a menudo utilizan conexiones serie.



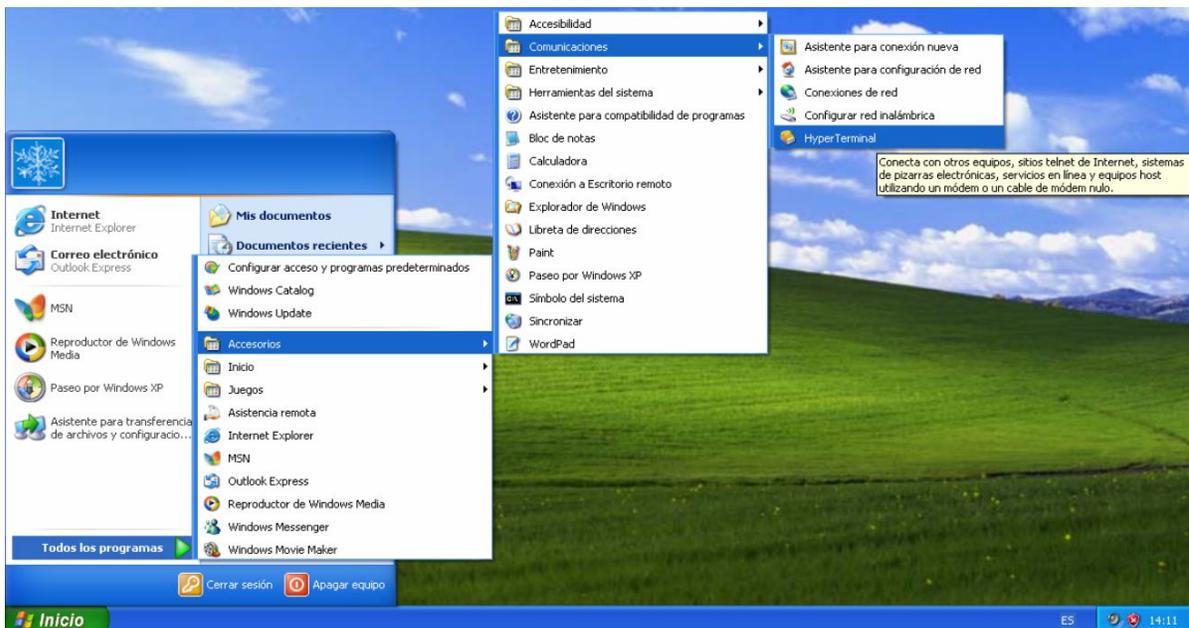
*Figura 3.20. Puerto COM*

Entonces, ¿qué son los puertos COM? Son interfaces asincrónicas que cuando se conectan a un dispositivo serie pueden transmitir un bit de datos a la vez. La designación COM se debe a su uso como puertos de comunicación en ordenadores compatibles con IBM. En los ordenadores personales tradicionales, COM1 y COM2 se usan a menudo para conectar un dispositivo de puerto serie, como un módem o un ratón. Así es como se ve un puerto COM DB9.

A continuación, se explica la configuración de la interfaz en la PC para la Chevalier 1418VMC:

### Configuración de la PC para transmitir y recibir datos.

- 1) Encender la computadora y correr el programa HyperTerminal, desde *Inicio* → *Accesorios* → *Comunicaciones* → *HyperTerminal*.



*Figura 3.21. Ruta de HyperTerminal*

Después de algunos segundos se abrirá la ventana

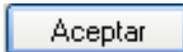
- 2) Nombre del tipo de conexión colocamos en **RS232**, elegimos el ícono que queramos y damos clic en .



*Figura 3.22. Nueva conexión*

Saldrá la ventana de “Número de Teléfono”

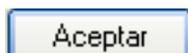
3) En la ventana de **Conectar a** se selecciona **COM1** y después clic en

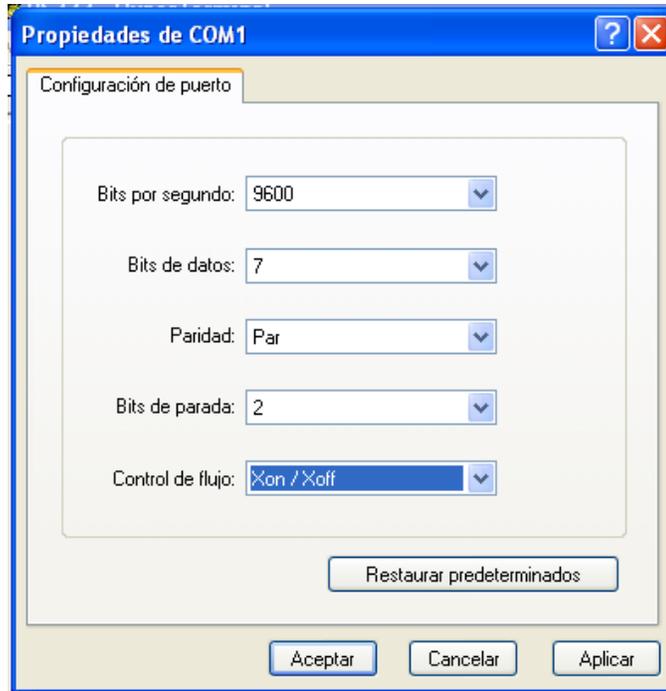


*Figura 3.23. Ventana “Conectar a”*

4) En la ventana de **Propiedades de COM1**, seleccionamos las opciones como muestra la

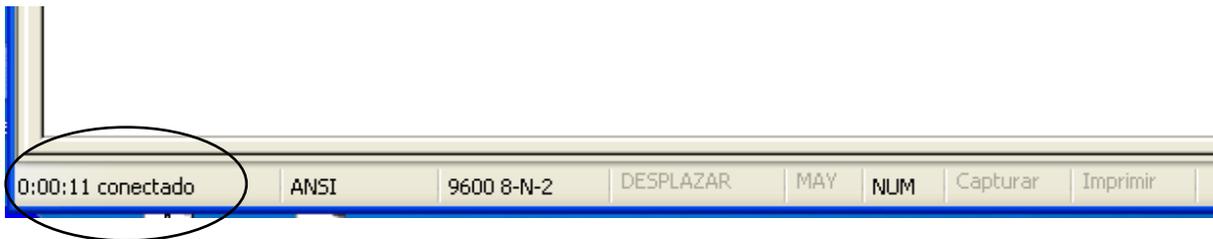
Figura 3.24 y le damos a





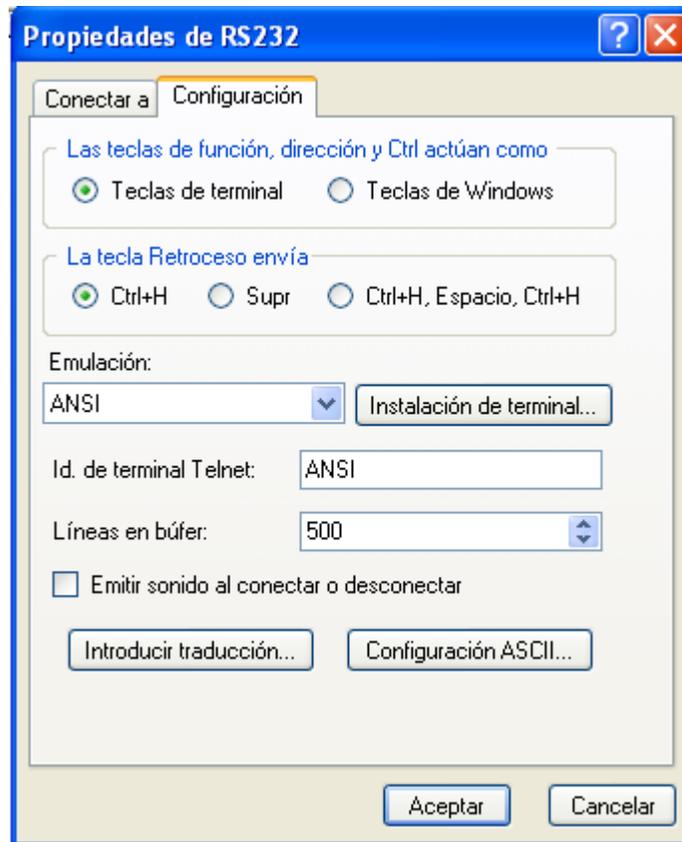
*Figura 3.24*

- 5) La ventana **RS232-HyperTerminal** ahora debería estar visible. En la esquina inferior izquierda de la ventana, debería aparecer **CONECTADO**, esto significa que ya se encuentra hay conexión.



*Figura 3.25. HyperTerminal Conectada*

- 6) Dar clic en la opción de **PROPIEDADES** arriba de la ventana de HyperTerminal.
- 7) Dar clic en la pestaña de **CONFIGURACIÓN**, luego en el recuadro de **EMULACIÓN** seleccionar **ANSI**.



**Figura 3.26. Propiedades RS232**

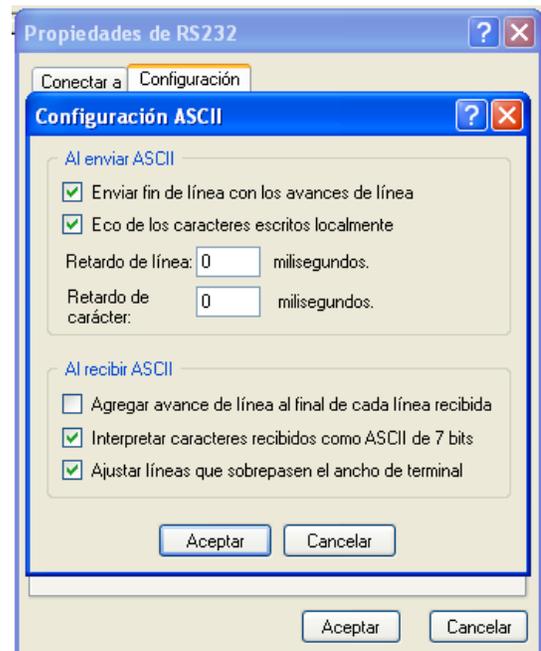
- 8) Dar clic al botón de Configuración ASCII.
- 9) Asegúrese que las casillas estén marcadas.

“Enviar fin de línea con los avances de línea”

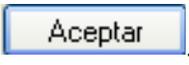
“Eco de los caracteres escritos localmente”

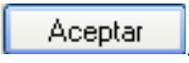
e

“Interpretar caracteres recibidos como ASCII de 7 bit”



**Figura 3.27. Propiedades ASCII**

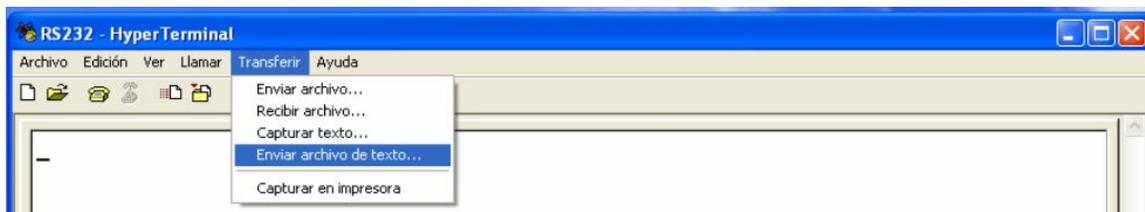
10) Clic en el botón .

11) Clic en el botón .

**¡LISTO!, la configuración está hecha.**

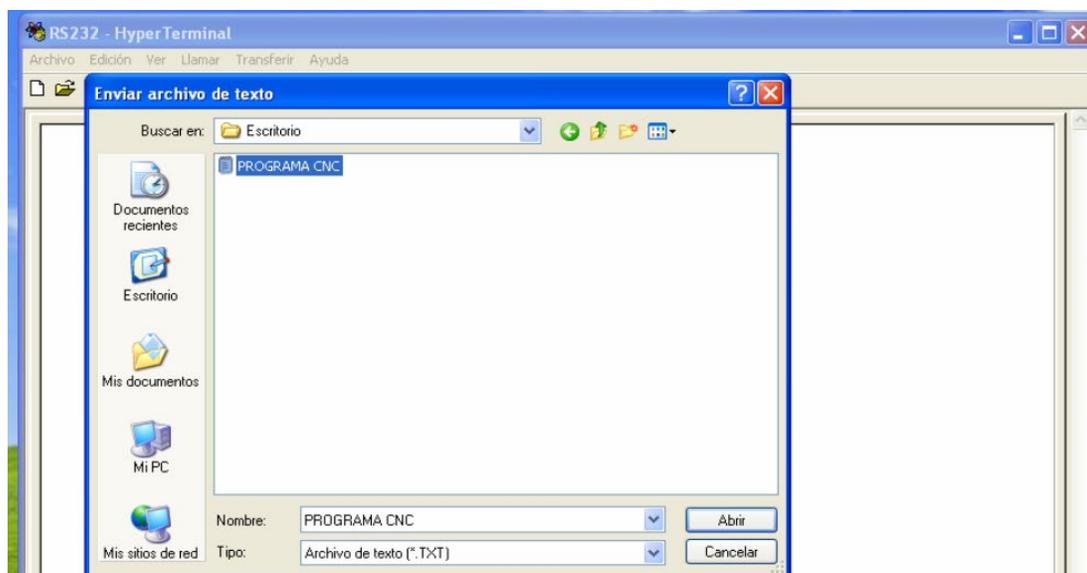
Ahora, ya configuramos esta parte, sólo queda revisar como pasar los programas desde la PC a la CNC.

- 1) En la PC, en las opciones de arriba de la HyperTerminal con el RS232 abierto, le damos clic en el menú **TRANSFERIR** y luego seleccionamos **ENVIAR ARCHIVO DE TEXTO**.



*Figura 3.28. Envío de programa a la CNC*

- 2) Ahora seleccionamos el archivo que queremos mandar y le damos clic en **OPEN** para comenzar a mandar los datos a la CNC.



*Figura 3.29 Selección de archivo para envío a la CNC*

Este procedimiento se refiere a la configuración del programa, no obstante, no es el procedimiento completo para pasar el programa a la máquina ya que existen pasos que tenemos que hacer en la CNC para que esté listo para recibirlo. Para ver el proceso completo ver el Apéndice D.

# CAPÍTULO 4

## PROPUESTA DE MAQUINADO PARA EL ÁREA DE MANUFACTURA CNC



*Figura 4. Retén*

Es bien sabido que uno en su formación como ingeniero busca ejemplos palpables de la manufactura, si bien podemos imaginar creaciones, también es necesario agilizar la mente del ingeniero para que pueda manejar situaciones en donde a falta de “recursos” este pueda ingeniárselas para poder maquinar una pieza, para este caso, elegimos una pieza que conlleva dos procesos, uno es el de torneado y otro es el de fresado en máquinas CNC y que sea viable para el laboratorio CNC.

El objetivo de este capítulo es proponer una pieza con aplicación en la Industria de Manufactura, con el motivo de incentivar el **ingenio** del Ingeniero Mecánico, para que él pueda ver un ejemplo real y crear su propio programa y forma de maquinarlo, bajo diferentes condiciones y materiales, si bien no existen pasos exactos en este proceso, es pertinente que aprenda a sistematizarlos para que cuando el Ingeniero encuentre ejemplos reales, se sientan aún más confiados y preparados a la hora de aplicar los conocimientos adquiridos en su formación. La información de la pieza es meramente informativa ya que la propuesta es para que el Ingeniero busque un material para maquinarla, crear su proceso y guiarse mediante el presente trabajo.

#### 4.1. DESCRIPCIÓN Y ELECCIÓN DE LA PIEZA

Para la selección de la pieza se consideró que se pueda trabajar en el laboratorio de manufactura CNC de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, así que para efectos prácticos, elegiremos una pieza que se manufactura para la industria petrolera, además de ser atractivo para el estudiante, ya que, a lo largo de la carrera se ven materias donde se analizan y se ven la mecánica de fluidos, los motores que los impulsan y las piezas que los componen, es por eso que creemos que la mejor elección es un “retain” o por su traducción al español “retén”, el nombre convencional es el “sello mecánico”, este retén forma parte de una pieza más grande llamada “gland seal”, que vendría siendo un cierre mecánico de cartucho o sello mecánico de cartucho, que va en las bombas de grado petrolero, las cuales usualmente se manufacturan con un acero AISI 316 en su mayoría.

Ahora bien, veamos la pieza, que parte de nuestro sello mecánico ocupa y su descripción.

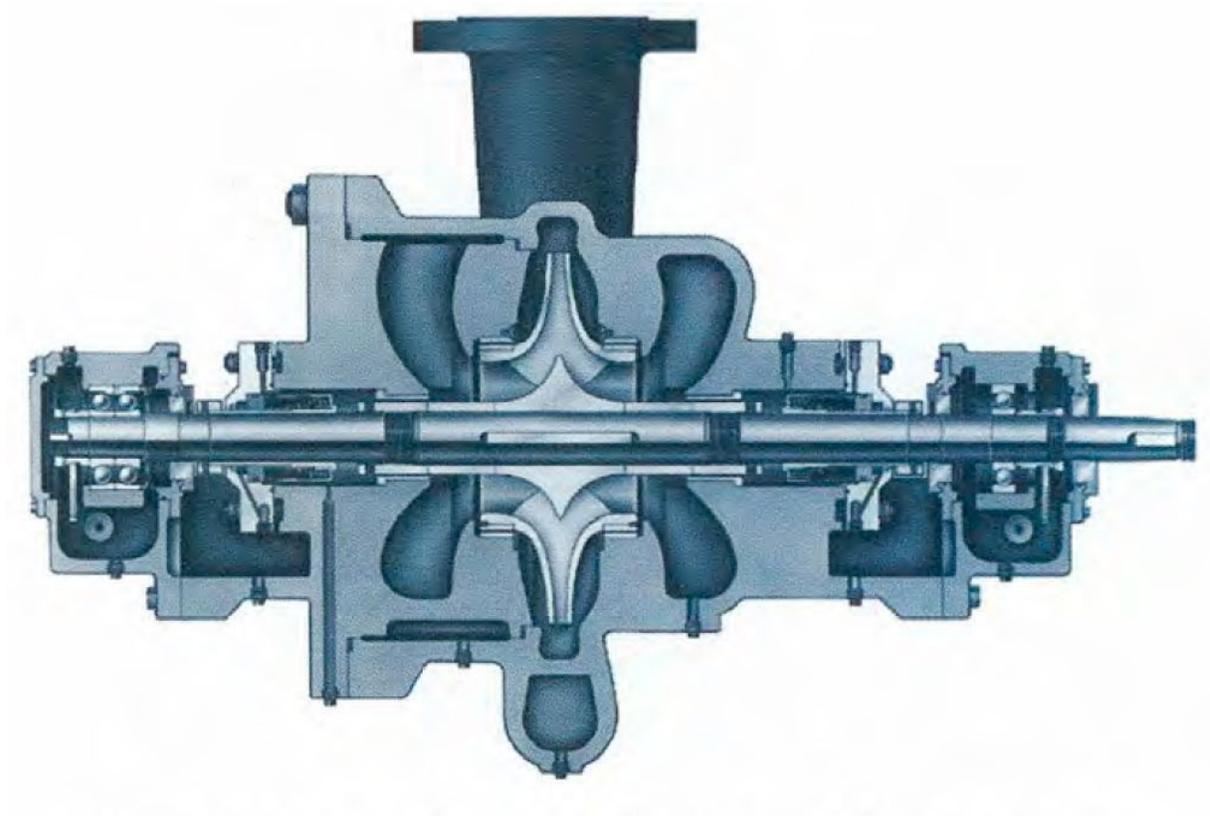
En la industria del petróleo hay procesos importantes, uno de ellos es la transportación del crudo para su refinación.

**Refinación.** El proceso de refinación es uno de los procesos industriales más complejos y el que requiere mayor variedad de bombas. Los productos que se manejan en una refinería tienen densidades que varían desde 0.6 a mayores que 1.0; viscosidades menores que las del agua y otras tan altas que ni siquiera las bombas centrífugas las pueden manejar; las temperaturas llegan a 850°F, y las presiones alcanzan hasta 1,200 lb / plg<sup>2</sup>.

Sin embargo, la industria petrolera es la que ha hecho el mayor esfuerzo para estandarizar sus procesos lo cual se observa en las normas del A.P.I. (American Petroleum Institute. )

En la Figura 4.1 se muestra el diagrama de un proceso de refinación.

En el proceso de refinación existen muchos procesos específicos, que quedan fuera del alcance de este trabajo. En general, podríamos decir que la mayoría de bombas son centrífugas, construidas en acero, ya que el hierro no resiste bien las tensiones existentes y que las especificaciones para los motores establecen claramente que deben ser a prueba de explosiones. También se usan materiales tales como el acero inoxidable, acero al cromo, monel, etc. El diseño de los estoperos requiere cuidado especial, ya que no debe haber ningún tipo de fugas; con tal objeto se usan los sellos mecánicos.



*Figura 4.1. Bomba de proceso con impulsor entre baleros, línea J, para servicio en refinerías de petróleo. (Cortesías de Ruhrpumpen.)*

Generalmente en las bombas centrífugas estándar se usa bronce y en el caso de aceros inoxidable éstos deberán tener una diferencia mínima de dureza, de 50 Brinell.

**Estoperos, Empaques y Sellos.** La función de éstos es evitar el flujo hacia afuera, del líquido bombeado a través del orificio por donde pasa la flecha de la bomba, y el flujo de aire hacia el interior de la bomba.

El estopero es una cavidad concéntrica con la flecha donde van colocados los empaques; de éstos existen diversos tipos.

Prácticamente en todos los estoperos se tendrá que ejercer una cierta presión para contrarrestar o equilibrar la que ya existe en el interior de la bomba.

Por esta razón, los empaques deben comportarse plásticamente para ajustarse debidamente y ser lo suficientemente consistentes para resistir la presión a que serán sometidos durante el funcionamiento de la bomba.

Debido a la misma presión, se origina en la flecha una fricción bastante considerable con el consabido aumento de temperatura, por lo cual deberá procurarse un medio de lubricación y enfriamiento.

Ello se logra mediante la introducción de una pieza que no se deforma llamada *jaula de sello*, la cual tiene una forma acanalada y a la cual se le hace llegar desde la misma carcasa, o desde una fuente externa un líquido de enfriamiento.

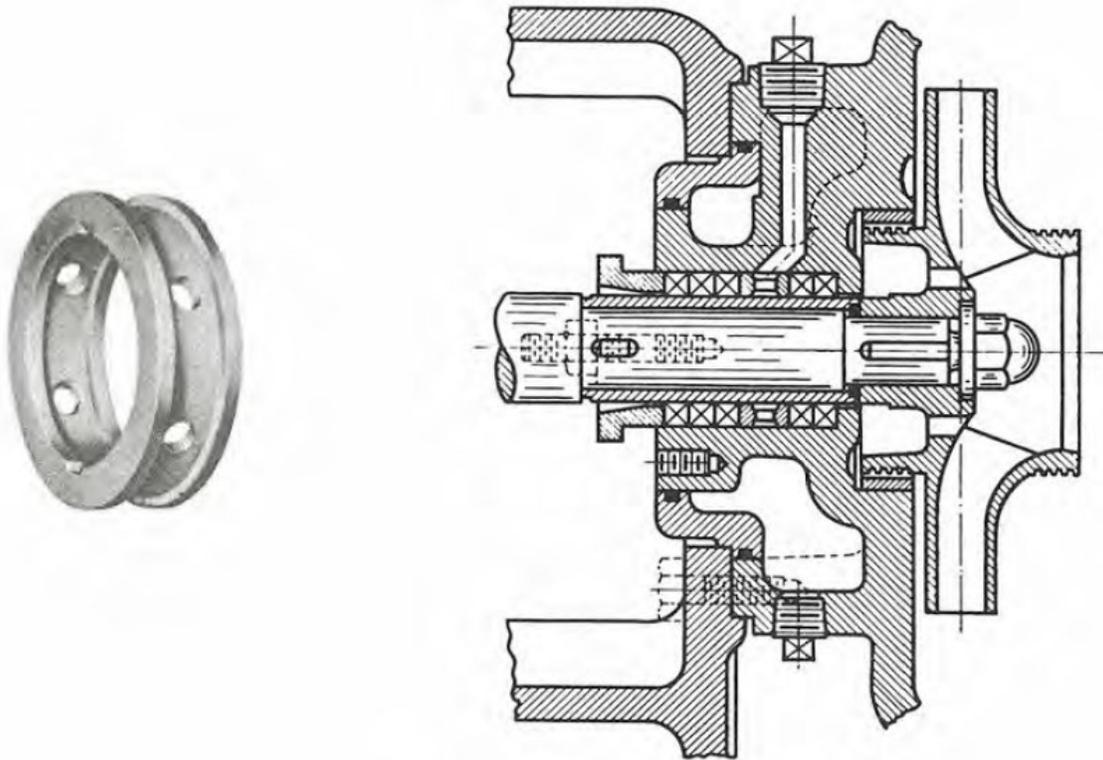
La presión de los empaques se efectúa por medio del *prensaestopas*, una pieza metálica que se mueve por medio de tornillos. La disposición de los elementos citados se muestra en la Figura 4.2.

Los materiales usados como empaques en las bombas centrífugas pueden ser diversos, pero los más usados son:

1. Empaque de asbesto. Este es comparativamente suave y aconsejable para agua fría y agua a temperatura no muy elevada. Es el más comúnmente usado en forma de anillos cuadrados de asbesto grafitado.
2. Para presiones y temperaturas más altas pueden usarse anillos de empaque de una mezcla de fibras de asbesto y plomo o bien plásticos, con el mismo plomo, cobre o aluminio.

Sin embargo, estos empaques se usan para otros líquidos diferentes del agua en procesos industriales químicos o de refinación.

3. Para sustancias químicas se utilizan empaques de fibras sintéticas, como el teflón, que dan excelentes resultados.



*Figura 4.2. Jaula de sello*

**Sellos mecánicos.** En aquellos casos en que se usa el empaque convencional y prensaestopas debe dejarse un pequeño goteo, ya que de otra manera el calor y fricción generado sobre la flecha es muy grande, dañándola y haciendo que el motor tome más potencia.

Sin embargo, hay ocasiones en que se desea que no se produzca ninguna fuga, o bien el líquido ataca a los empaques haciendo que su cambio sea frecuente. En estos casos se usa un sello mecánico que consiste en dos superficies perfectamente bien pulidas que se encuentran en contacto una con otra. Una de ellas es estacionaria y se encuentra unida a la carcasa, mientras que la otra gira con la flecha.

Los materiales de ambas superficies en forma de anillos son diferentes (generalmente una es de carbón o teflón y la otra de acero inoxidable).

El apriete de una superficie contra otra se regula por medio de un resorte. En los demás puntos por donde podría existir una fuga se ponen anillos y juntas de material adecuado, con lo cual se logra que el flujo que se escapa sea reducido prácticamente a nada.

Existe una gran cantidad de diseños de diferentes fabricantes y dos tipos básicos, el sello interior o sea dentro de la caja de empaques, y el sello externo.

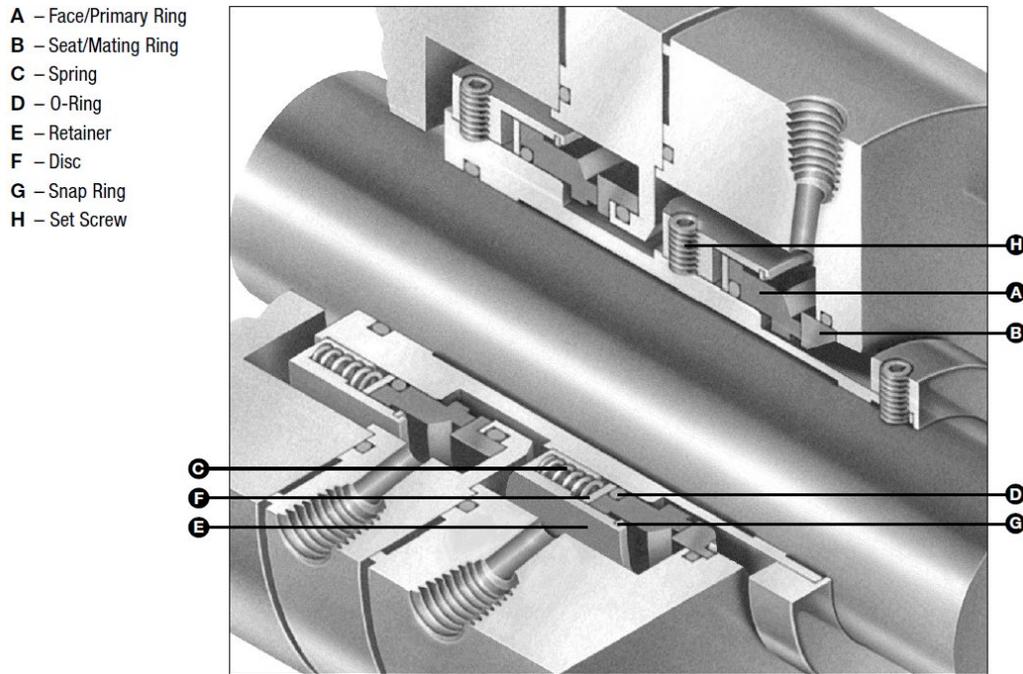
Existe además el sello mecánico desbalanceado y el balanceado, entendiéndose por ello que la presión que ejerce el líquido sobre ambas caras debe ser la misma. En la Figura 4.3 se ilustran mejor los sellos mecánicos.



*Figura 4.3. Sello Mecánico de Cartucho*

Bien, llegamos a la parte que se buscaba, en donde se muestra en la Figura 4.3 la pieza que queremos hacer, este sello mecánico es menos robusto, no obstante, nos permite ver la pieza que queremos maquinar. De acuerdo con el catálogo de John Crane, podemos ver otra clase de

sello mecánico en donde podemos apreciar el corte y sus componentes (Figura 4.4), aquí es donde encontramos el retén que es la pieza que se propone, esta pieza está adaptada a dimensiones para poder maquinar en el laboratorio de CNC, asimismo en el catálogo encontramos que la composición de la pieza se manufactura con un acero inoxidable 316 (Tabla 4.1).



**Figura 4.4. Sello Mecánico autorefrigerante y sus componentes (E - Retainer)**

SEAL COMPONENTS	MATERIALS	
	Description	Options
Face/Primary Ring	Carbon*	—
Seat/Mating Ring	Reaction Bonded Silicon Carbide	Alpha SiC
O-Ring	Fluoroelastomer	Buna-N EPDM Perfluoroelastomer
Disc Set Screws Retainer Snap Ring	316 Stainless Steel	Monel® Alloy C-276 (UNS N10276)
Springs	316 Stainless Steel	Monel Alloy C-276 (UNS N10276)

**Tabla 4.1. Materiales de los componentes de la prensaestopa.**

El acero inoxidable 316 se utiliza por lo general en aplicaciones industriales que involucran procesar químicos, así como en aplicaciones marinas, es decir, en ambientes salinos, como regiones costeras y áreas al aire libre donde las sales descongelantes son comunes.

Otras aplicaciones comunes del acero inoxidable 316 incluyen:

- Procesamiento químico y equipos de almacenamiento
- Equipos de refinería
- Ambientes marinos, especialmente aquellos con cloruros

Adicionalmente, debido a sus cualidades no reactivas, el acero inoxidable 316 se utiliza en la fabricación de instrumentos quirúrgicos médicos.

El acero inoxidable 316 es un acero inoxidable austenítico de cromo-níquel que contiene entre dos y 3% de molibdeno. El contenido de molibdeno aumenta la resistencia a la corrosión, mejora la resistencia a las picaduras en soluciones de iones de cloruro y aumenta la resistencia a altas temperaturas.

Adicionalmente, es particularmente efectivo en ambientes ácidos y sirve para proteger contra la corrosión causada por los ácidos sulfúrico, clorhídrico, acético, fórmico y tartárico, así como los sulfatos ácidos y los cloruros alcalinos.

Conocido como grado marino, el grado 316 posee muchas variantes. Las más comunes reciben las letras L, F, N y H; cada una es ligeramente diferente y se utilizan para distintos propósitos. En esta ocasión, la designación “L” significa que el acero 316L posee menos carbono que el 316.

Propiedades físicas de los aceros tipo 316 y 316L son:

- Densidad: 0.799g / centímetro cúbico
- Resistencia eléctrica: 74 microhm-centímetros (20 grados Celsius)
- Calor específico: 0.50 kiloJoules / kilogramo-Kelvin (0–100 grados Celsius)
- Conductividad térmica: 16,2 vatios / metro-Kelvin (100 grados Celsius)
- Módulo de elasticidad (MPa):  $193 \times 10^3$  en tensión
- Rango de fusión: 2,500–2,550 grados Fahrenheit (1,371–1,399 grados Celsius)

En cuanto a los porcentajes de los elementos utilizados para crear estas aleaciones, están:

Elemento	Tipo 316 (%)
Carbón	0.08 máx.
Manganeso	2,00 máx.
Fósforo	0.045 máx.
Azufre	0.03 máx.
Silicio	0,75 máx.
Cromo	16.00-18.00
Níquel	10.00-14.00
Molibdeno	2.00-3.00
Nitrógeno	0,10 máx.

**Tabla 4.2. AISI 316 Composición**

Muy bien, ya se tiene la pieza elegida, el material del cual está constituido y parte de sus características geométricas, esto nos servirá a continuación, ya que se tuvo que calcular y considerar ciertas variables para su maquinado de acuerdo al material y a la geometría de esta misma.

#### **4.2. MUESTRA DEL DISEÑO POR COMPUTADORA Y SIMULACIÓN DE PROCESO DE MANUFACTURA**

Como comentamos en un principio, gracias al CAD o al Diseño Asistido por Computadora, es más fácil realizar esta parte del diseño (valga la redundancia), ya que existen varios programas para poder realizarlo, como por ejemplo, AutoCAD, PowerMill, Catia, SolidWorks, es por eso que tenemos que elegir uno de ellos, así que para este trabajo se utilizó SolidWorks, es uno de los más intuitivos y fáciles de usar, además de ser también uno de los más completos para trabajar, el objetivo del diseño por computadora es ahorrar dinero, ya que antes solían armarse

prototipos, prototipos que necesitaban ser soldados, armados mediante ajustes mecánicos que costaban tiempo y dinero, además de que estos tenían ciertos errores que podían interferir antes de un acabado final, por lo que, ahora el diseñar con un programa de computadora ayuda a eliminar todo este proceso que realmente es obsoleto y con muchas fallas.

En la página de SolidWorks encontramos que:

#### Diseño/Ingeniería

Independientemente de lo que estén creando, los diseñadores e ingenieros necesitan las mejores herramientas y soluciones para desarrollar el próximo producto de alta calidad, comercializarlo y satisfacer las demandas de los clientes.

#### CAD 3D de SOLIDWORKS para equipos de escritorio

Durante más de 25 años, SOLIDWORKS® ha sido el estándar fiable del sector en diseño e ingeniería. Las soluciones intuitivas de diseño en 3D y desarrollo de productos de SOLIDWORKS ayudan a conceptualizar, crear, validar, comunicar, gestionar y transformar ideas innovadoras en grandes diseños de productos.

- Cree diseños de forma rápida y precisa, incluidos modelos 3D y dibujos 2D de ensamblajes y piezas complejos.
- Optimice los costes de diseño y fabricación utilizando herramientas de estimación de costes y realizando comprobaciones de la viabilidad de fabricación.
- Interactúe con los miembros del equipo y controle las revisiones con herramientas estandarizadas de gestión de datos.
- Evite errores y repeticiones utilizando herramientas integradas de análisis de la tensión y el movimiento.

Catia y SolidWorks son de los softwares más solicitados en la Industria, no obstante, como dijimos SolidWorks es más intuitivo, por lo que elegimos este, cabe mencionar también que no buscamos enseñar el uso del software, solo mencionaremos el software con el que logramos el diseño y resultado final, esto con el objetivo que los Ingenieros en su formación busquen la

manera de replicar el ejemplo creado mediante el plano con el software de su preferencia, sólo mostraremos lo esencial y el resultado final.

La pieza en cuestión se puede apreciar en la parte central de la Figura 4.3, no obstante, también podemos verla de manera “individual” en la Figura 4.5

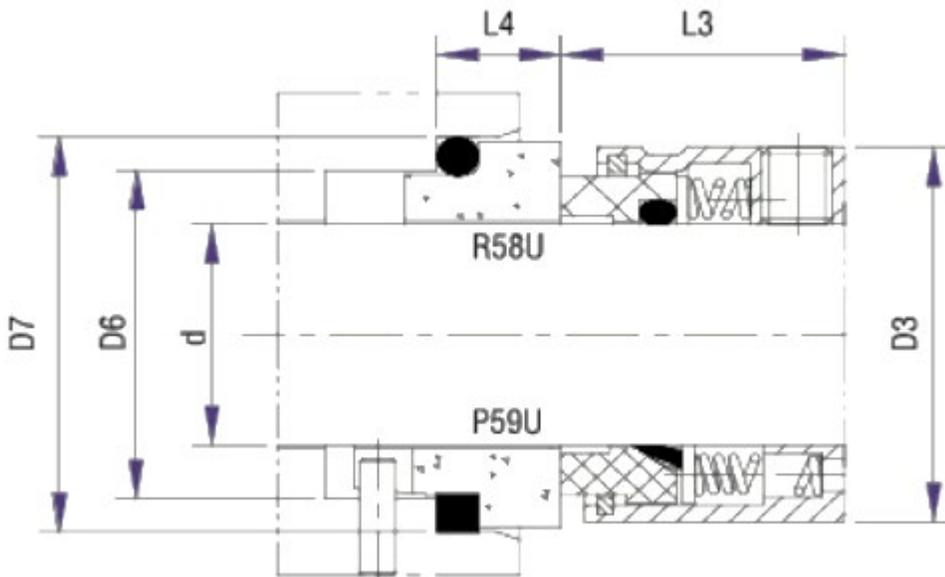


*Figura 4.5. Retén (Retainer)*

Esta pieza la podemos hacer de acuerdo con las medidas que nos restringen las máquinas de laboratorio CNC dentro de la Facultad, pero para esto debemos de identificar que procesos va a llevar la pieza, este es que, al ser una pieza circular, va a tener que llevar un proceso de torneado, la pieza no la vemos por dentro, pero lleva barrenos, por lo que después del torneado llevará un proceso de barreando hecho por fresadora, luego entonces llevará un proceso de torneado y uno de fresado.

Hay ciertas consideraciones que tenemos que hacer para hacer esta pieza, la primera es como estas bombas ya existen, tenemos que utilizar un plano ya existente, este plano está sacado de la página de ASINO-SEAL y se muestra en la Figura 4.6, la segunda consideración a hacer la correcta interpretación de la pieza de acuerdo al plano, como tercer instancia comprender los componentes que va a llevar dentro de la pieza, para comprender esta parte en la elección de la pieza vimos ciertos detalles, no obstante, a la hora de diseñar tenemos que comprender las partes y el funcionamiento de cada de ellas, como habíamos comentado, es una pieza de una bomba centrífuga, por lo tanto, esta pieza contiene unos resortes Figura 4.4C, asimismo una cara rotatoria, por lo cual necesita un espacio en donde embone el Carbón Figura 4.4A, estos resortes

sirven para amortiguar el movimiento que genera el eje, por lo que deben de ir cajas para acoplarlos, existen otros barrenos que omitiremos por cuestiones didácticas, estos se encuentran de manera transversal a los barrenos de los resortes Figura 4.4H, todo esto en la parte inferior, la función de los barrenos omitidos es fijar la pieza a la estructura principal, cabe mencionar que el sellado de esta pieza sustituye al portaestopas en las bombas centrífugas convencionales porque en la industria petrolera se utilizan materiales altamente corrosivos y no se pueden dejar goteos.



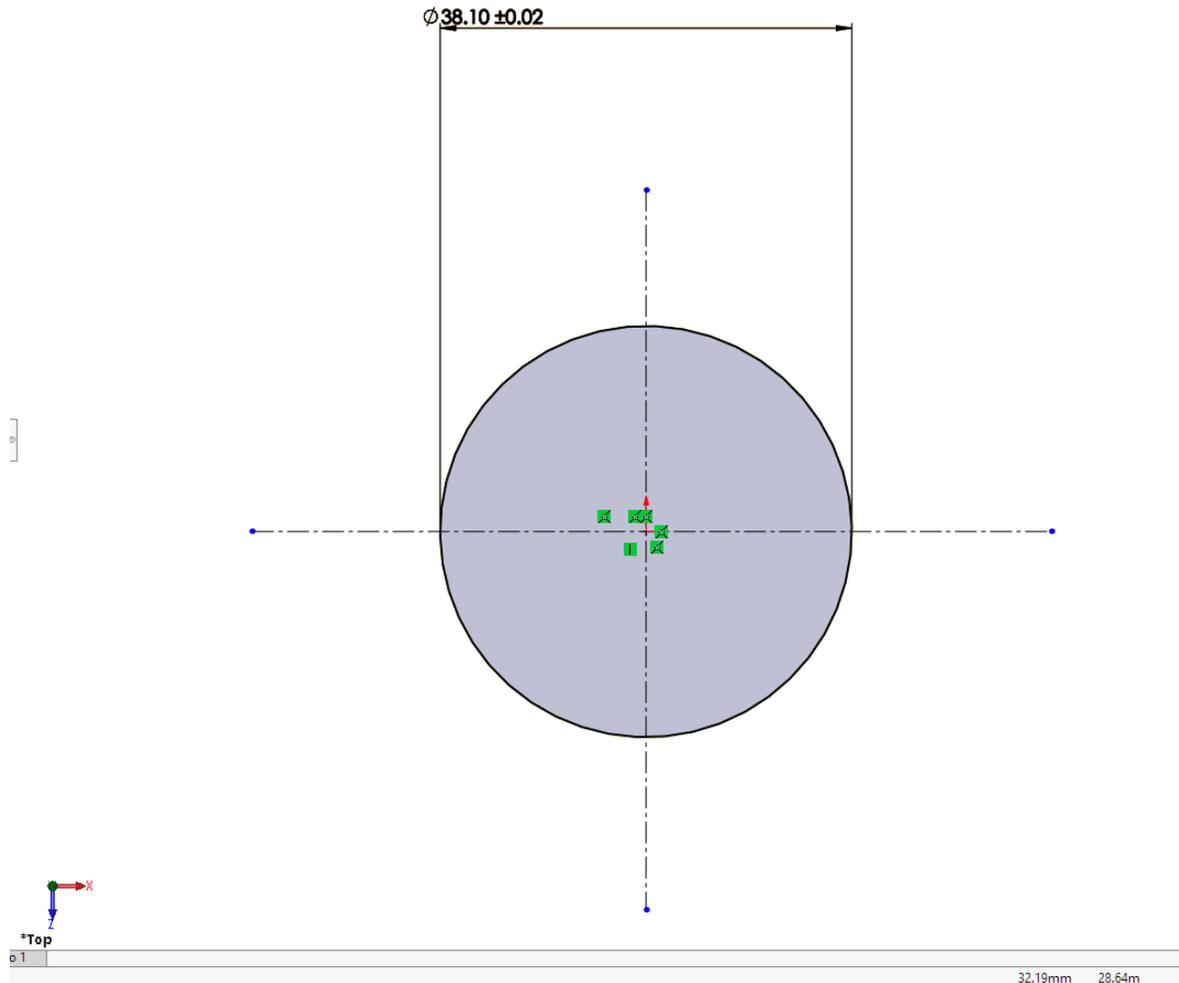
**Figura 4.6. Plano de la Figura 4.4E y sus componentes (ASINO-SEAL – Sello Mecánico Utilizado En El Medio Químico Corrosivo)**

Antes de continuar, debemos de elegir el sistema métrico en el cual vamos a trabajar, así que utilizaremos el Sistema Internacional (SI), para efectos de este utilizaremos un submúltiplo del metro, que será milímetros (mm). Ahora considerando que tenemos un torno pequeño en el laboratorio de Manufactura CNC, lo máximo que alcanza como diámetro de pieza a maquinar son 2 pulgadas, esto equivale a 50.8 milímetros, en cuanto al centro de maquinado no tenemos restricción, porque la mesa del centro de maquinado mide más de 2 metros.

Cubiertos todos estos puntos pasemos al diseño en el programa SolidWorks.

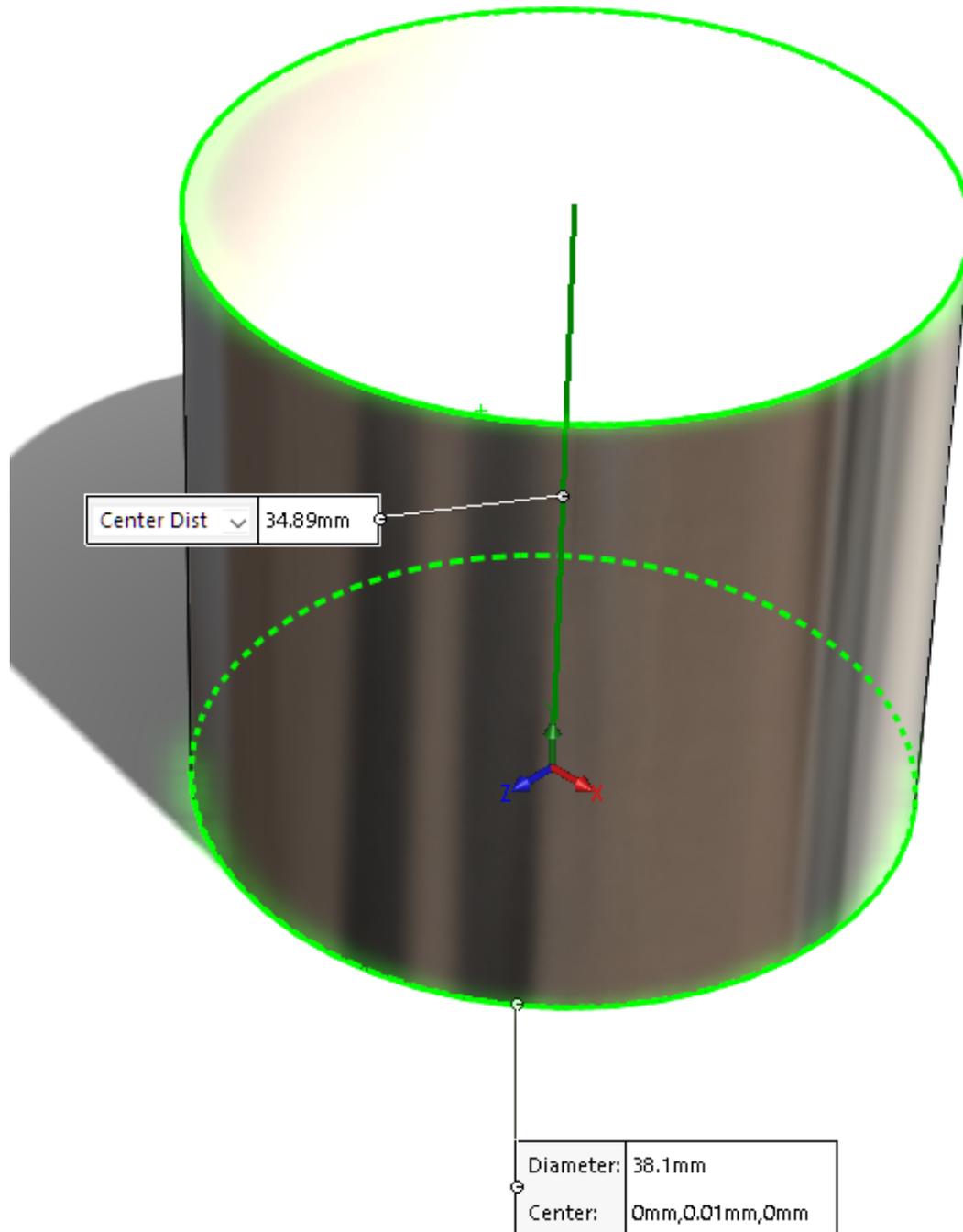
**SolidWorks.** Como es para efectos didácticos podemos ir trabajando la pieza y luego crear el plano de trabajo, por lo que, para efectos de esta, así será.

El primer paso es crear el plano principal de trabajo en el programa.



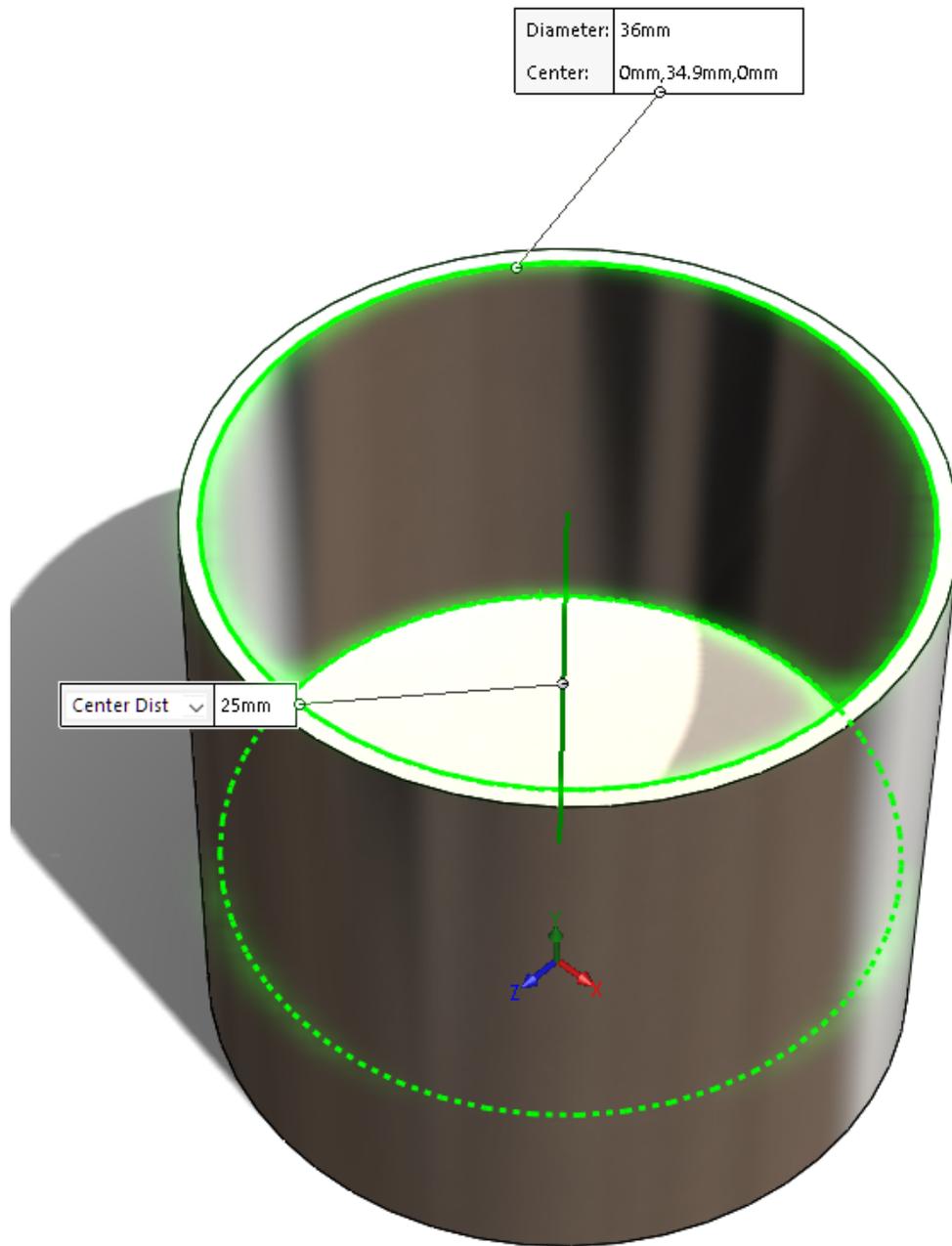
*Figura 4.7. Plano de trabajo Retén*

Creamos un círculo de torneado con un diámetro mayor de 38.1 mm, esta tiene una medida crítica que hay que considerar ya que va a ir acoplado a una parte importante del sello mecánico, una vez creado esto procedemos a extruir a la pieza a la altura de 34.9 mm



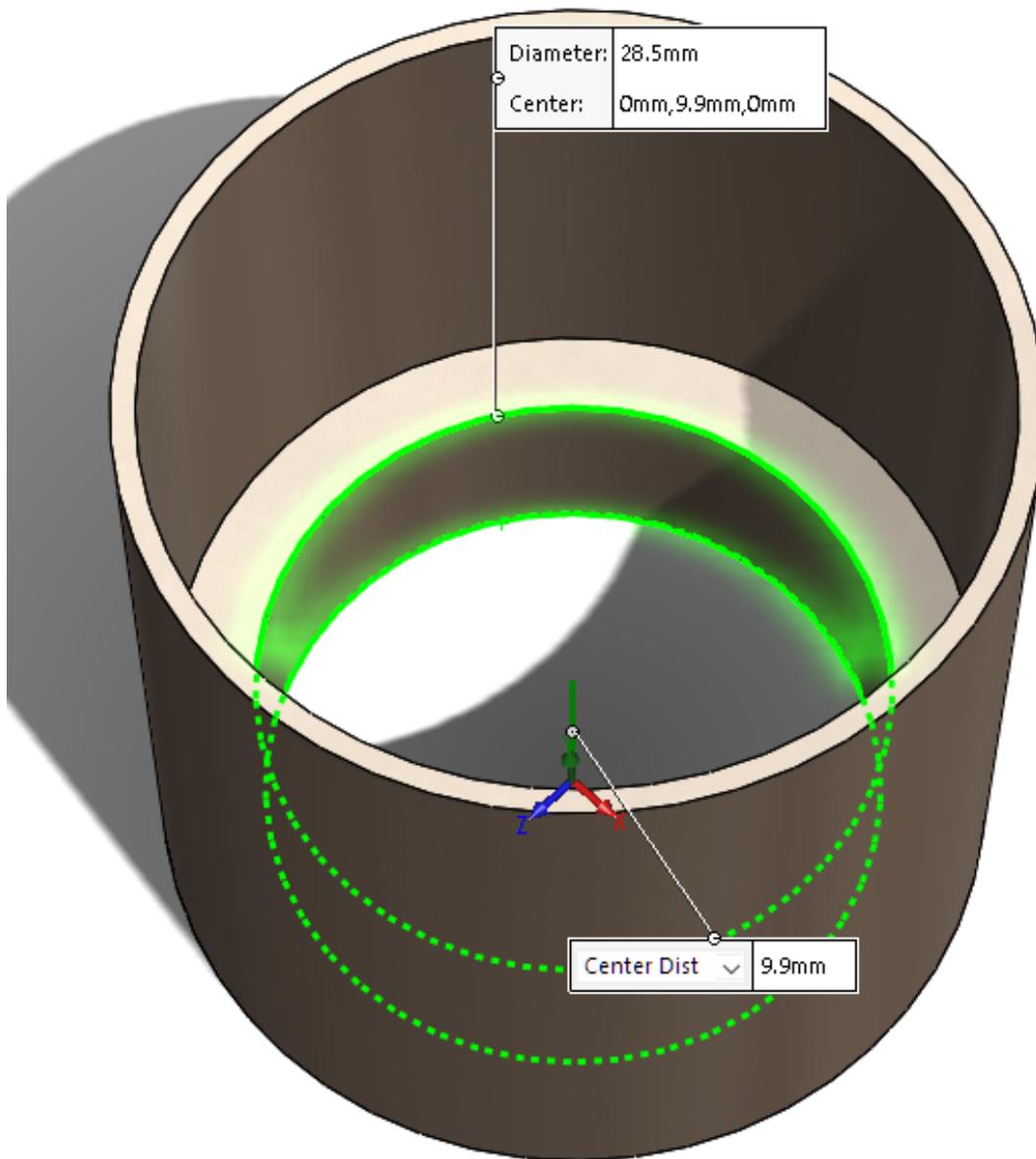
*Figura 4.8. Diámetro mayor de la pieza*

Luego generamos la parte interior de la pieza con el maquinado con una circunferencia interior con un diámetro medio de 36 mm y 25 mm de profundidad.



*Figura 4.9. Diámetro medio de la pieza*

Luego generamos la parte interior de la pieza con el maquinado con una circunferencia interior con un diámetro menor de 28.5 mm y 9.9 mm de profundidad a partir de los 25 mm que ya teníamos.



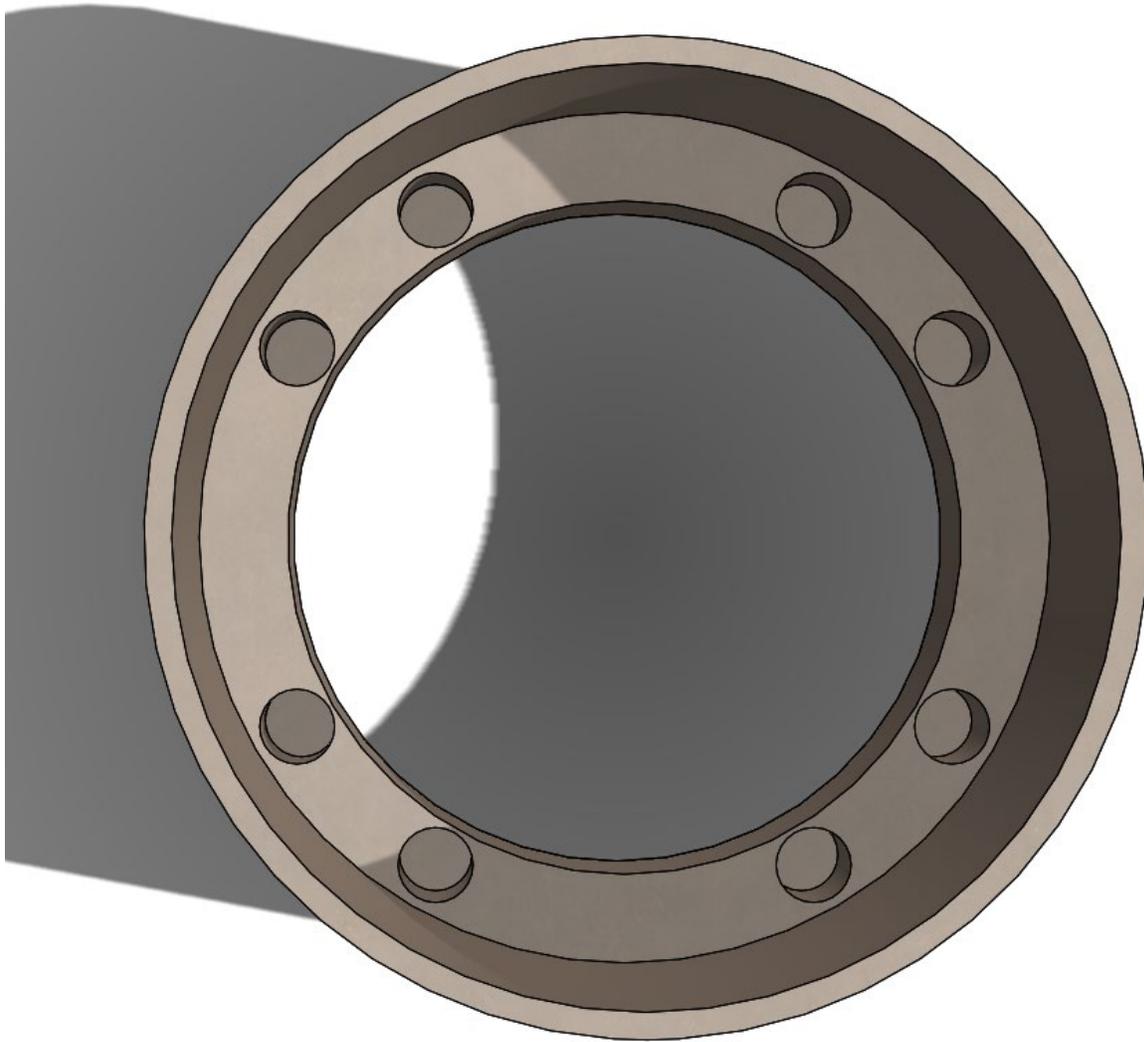
*Figura 4.10. Diámetro menor de la pieza*

Como última parte del torneado sería crear una pequeña ranura, esta ranura se hace con la intención de acoplar la pieza de grafito o carbón que lleva dentro.

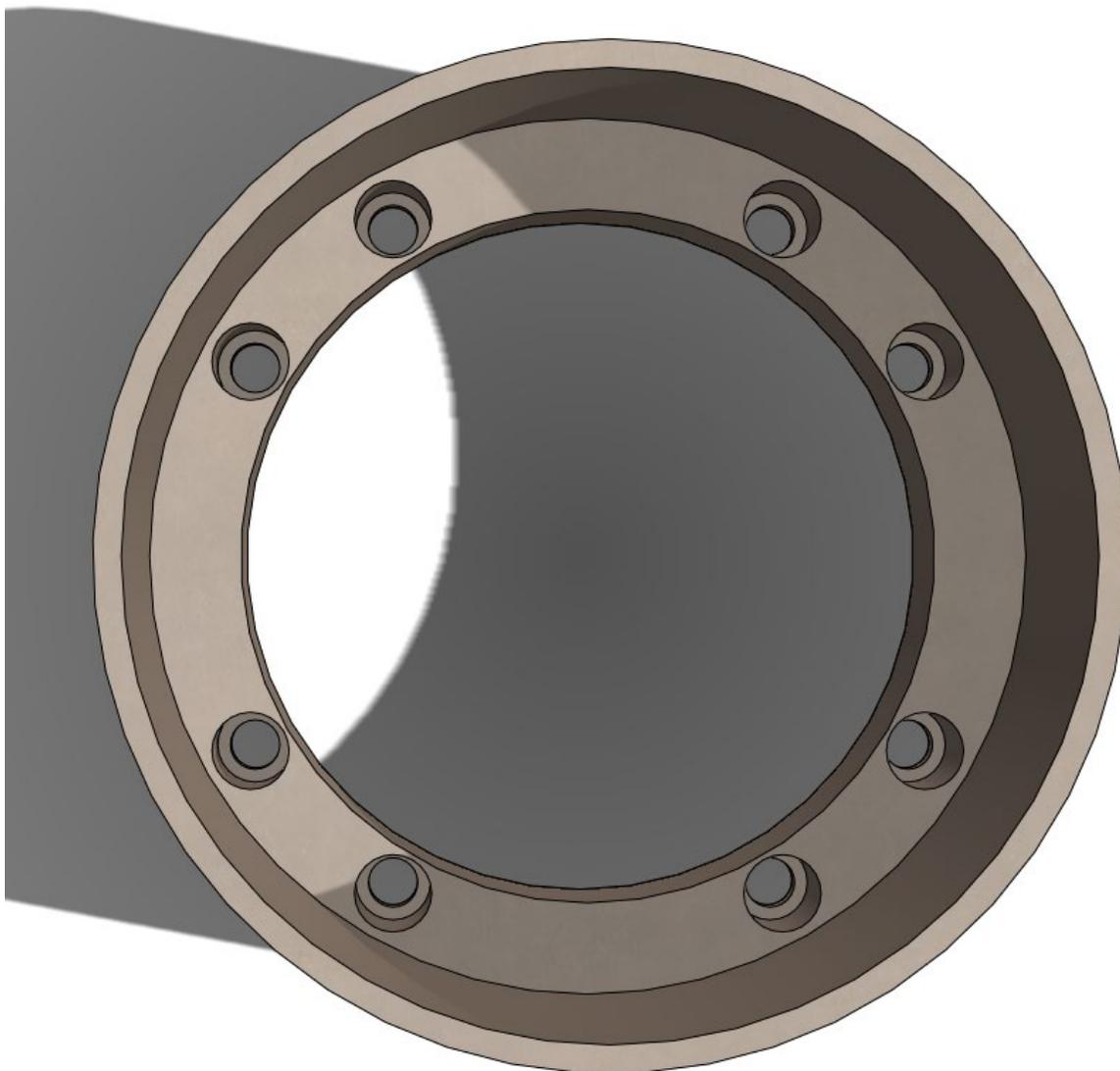


*Figura 4.11. Ranura de 0.9 mm*

Ahora iremos con la parte del fresado, así que generamos los barrenos, para este caso haremos 8 barrenos, esta clase de barrenos las conoces como “cajas” (Figura 4.12), para después crear otros barrenos dentro, llamados barrenos pasados (Figura 4.13).



*Figura 4.11. 8 Cajas de  $\text{Ø}3.175 \text{ mm}$  con  $\text{I}8 \text{ mm}$*

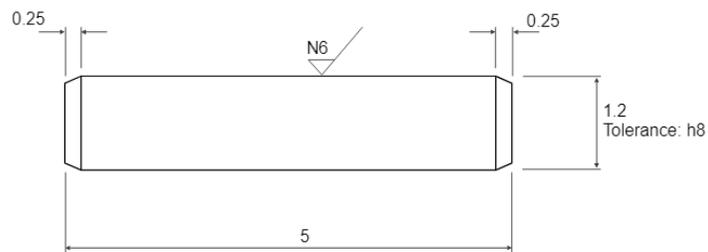


*Figura 4.12. Barrenos pasados de  $\text{Ø}2.1$  mm*

Estas piezas llegan a tener algo llamado “dowel pin” (Figura 4.13), igual de acero inoxidable 316 por lo que agregamos también este paso al proceso de fresado de la pieza, esta medida está estandarizada a 1.2 mm (Figura 4.14) e igualmente se agrega otro barreno no pasado (Figura 4.15).



**Figura 4.13. Dowel Pin**

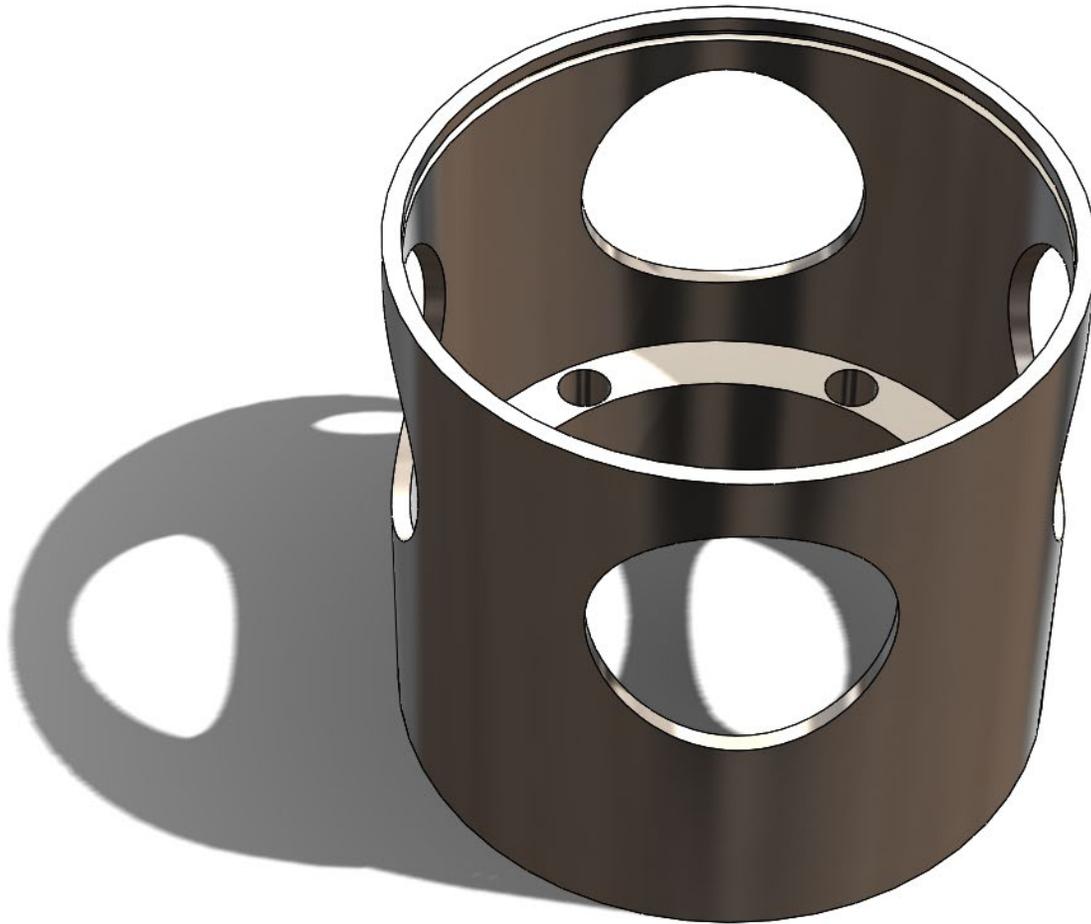


**Figura 4.14. 1.2mm x 5mm ISO2338 h8 Tolerance Parallel Dowel Pin**



**Figura 4.15. 2X Ø1.2 mm con J3 mm y barreno de Ø3.78 mm**

Como último paso es crear 4 ventanas a la pieza.



*Figura 4.16. 4 ventanas de  $\varnothing 16.50$  mm*

Una vez creada la pieza le pedimos al mismo programa que haga el plano respecto a las medidas que elegimos, también hay que considerar que muchos de los planos que nos encontramos en la industria vienen en inglés por lo que el plano que generamos vendrá en inglés y debe tener los requisitos de un plano, pero con las especificaciones en inglés y con el sistema métrico elegido. A continuación, mostramos el resultado del plano de la pieza con un formato personalizado por nosotros y diferente diseño del cajetín de rotulación.

MODIFICATIONS: ISSUE 0, FIRST DESING REV. 0

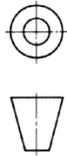
DRAWING No. A0-0000-001

MATL 316 SS

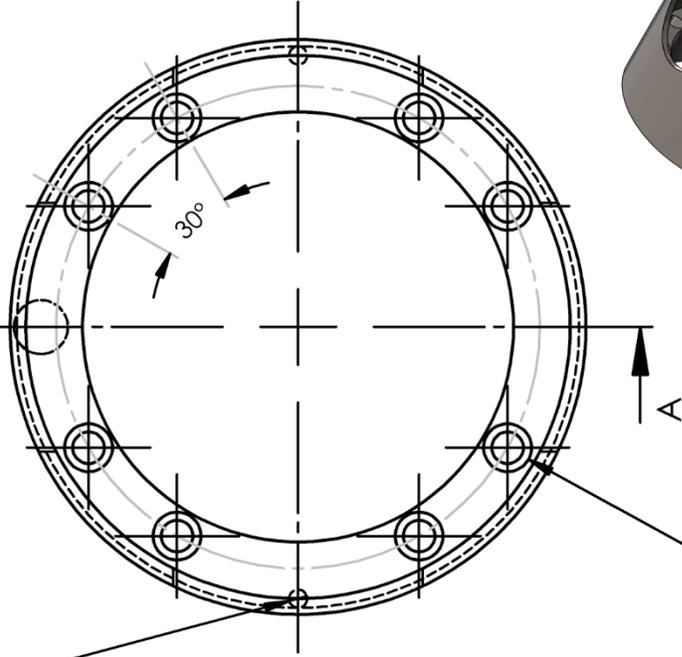
DESCRIPTION STANDAR RETAINER

Original Ref. Data

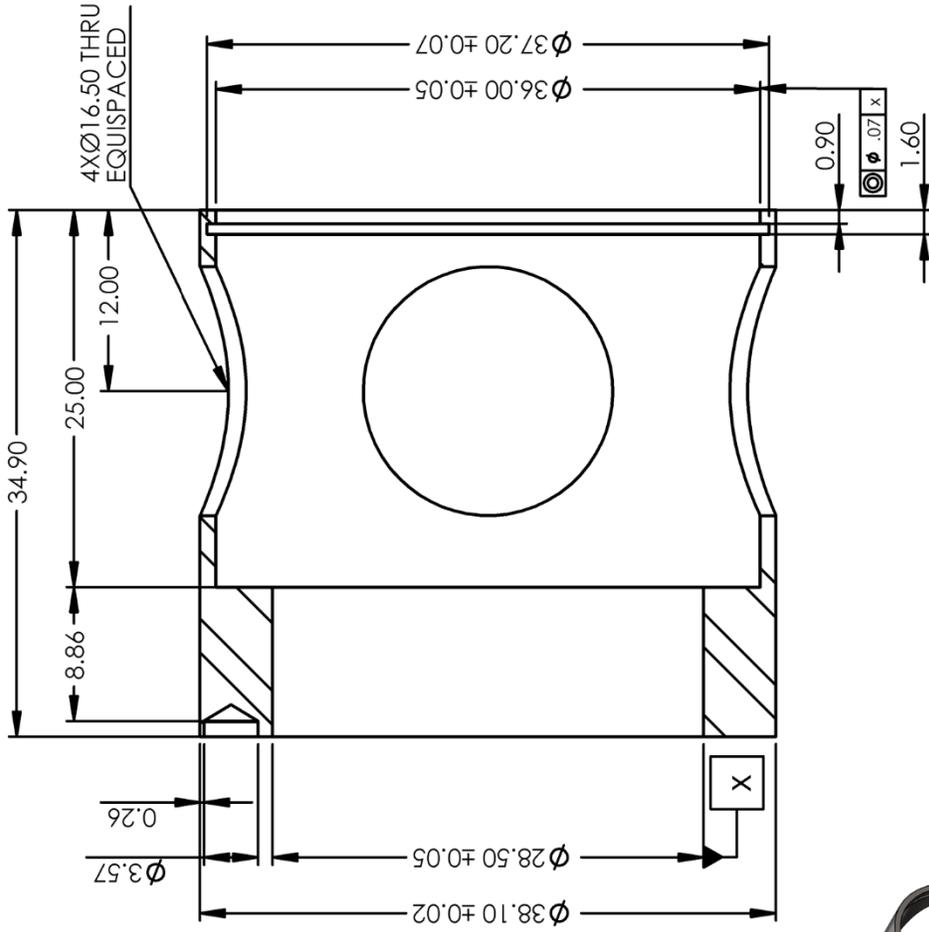
No. Reference



2X  $\phi 1.20 \nabla 3.00$   
EQUISPACED  
ON A 36 PCD  
FROM THE OTHER SIDE



8X  $\phi 2.1$  THRU  
 $\nabla \phi 3.175 \nabla 8.00$   
EQUISPACED  
ON A 32.00 PCD

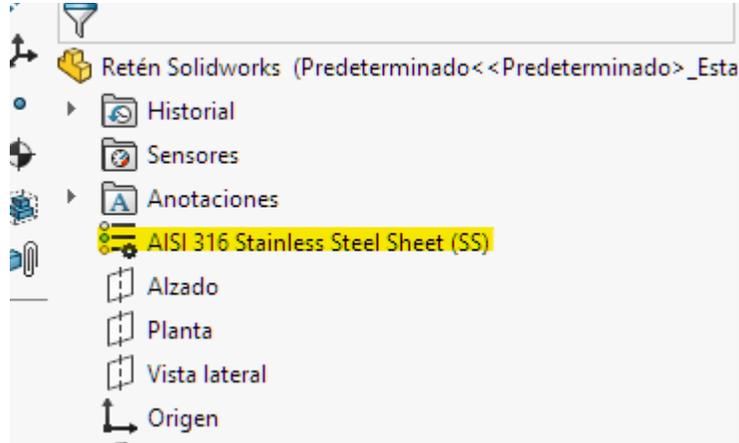


SECTION A-A  
SCALE 2 : 1

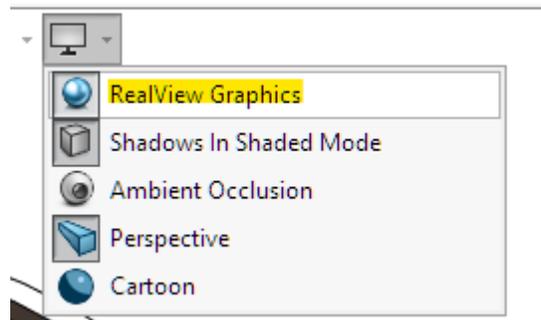
General Tolerances		Hole Positions		Surface Finish		Unspecified Corners		TITLE:		SCALE	BY	DATE	REV.	DESIGN BY	DESIGN AUTH
Over	To	Value		125	millimeters (Ra) Unless Stated	Internal 0.508 max. External 0.152/0.254		STANDAR RETAINER Ø 38.10 TYPE A		2:1	ENGR. DEPT	30/04/2022	0	ENG. JOEL VALDES	
0	101.4mm	±0.127						Refer to Standar Drawing Symbols Refer to Standar Abbreviations							
101.4mm	304.8mm	±0.203													
304.8mm	508mm	±0.254													
508mm		±0.508													
										DRAWING No.		SHT. No.		ISSUE	
										A0 - 000 - 001		1 of 1		0	



Otra característica que tiene el programa es que puedes elegir el material del cual está constituida la pieza (Figura 4.17) y acorde a la tarjeta gráfica que tenga la computadora te puede dar la vista realista de la pieza y otros elementos estéticos (Figura 4.18).



*Figura 4.17. Selección del Material*



*Figura 4.18. Vista Realista*

Concluida esta parte vemos como el CAD o Diseño Asistido por Computadora juega un papel importante para el Ingeniero, como habíamos comentado, este reduce el tiempo y costos de fabricación de prototipos, además con esta herramienta ahora es posible mostrarle un bosquejo al cliente o visualizar nosotros de mejor manera aquello que queremos hacer, además de ser susceptible a cambios de este o de mejoras a futuro en las piezas si así se requiriera.

Ahora pasemos a la parte donde la simulación de la Manufactura juega un papel muy importante, a esta parte es a la que conocemos como CAM o Manufactura Asistida por Computadora, la

simulación de la Manufactura nos va ayudar a revisar si los “pasos” o instrucciones que vamos a insertar en las CNCs son correctos, el CAM nos va a permitir visualizar si van a existir colisiones en la máquina, contribuyendo a conservar la integridad de los equipos, además a visualizar si en verdad la programación que estamos creando va a funcionar de la manera que debe hacerlo y en caso de no ser así, podremos igualmente visualizarlo y corregirlo antes de cargar nuestros datos en la CNC

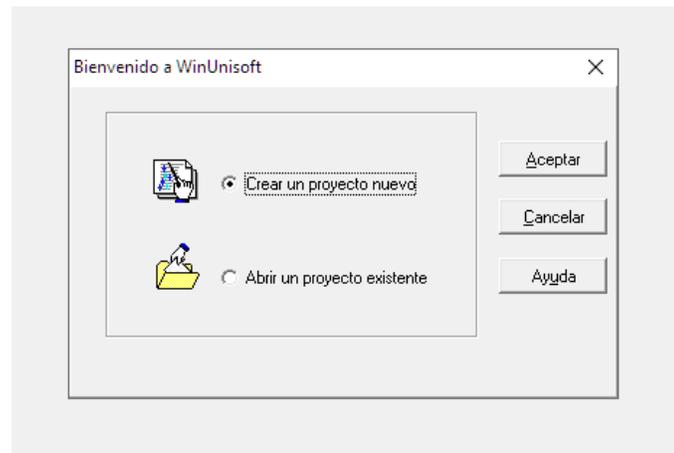
Para esta parte se utilizó 2 programas, WinUnisoft para la parte del torneado y un complemento de Mastercam que funciona con SolidWorks para la parte del fresado con el fin de mostrar diferentes alternativas de CAM que el estudiante puede usar.

**WinUnisoft (Figura 4.19):**



*Figura 4.19. WinUnisoft Simulador CNC*

Este programa al abrirlo nos muestra si queremos crear un nuevo proyecto o abrirlo (Figura 4.20).



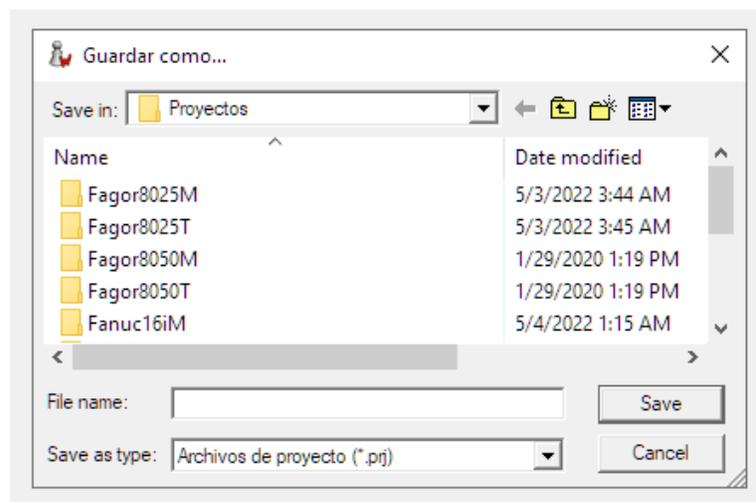
*Figura 4.20. Apertura o creación de un proyecto nuevo en WinUnisoft*

Así que le damos en Crear un proyecto nuevo y nos aparecerá la siguiente ventana (Figura 4.21).



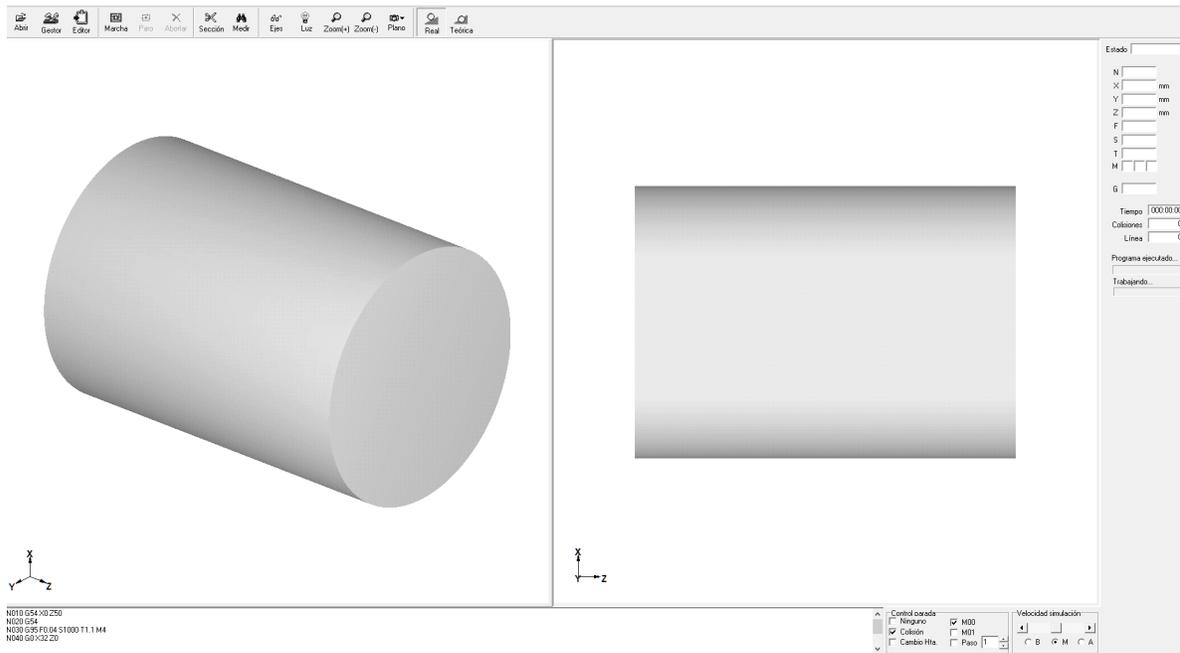
**Figura 4.21. Basar proyecto en plantilla**

Vemos que hay diferentes máquinas para, en este caso vamos a tomar una Fagor8025T, hay varias similitudes entre la Fanuc y la Fagor, esto en el ámbito laboral se encuentra mucho, usualmente encontraremos similitudes a la hora de programar, no obstante, cada máquina tiene sus códigos específicos de trabajo o de ciclos, por lo que es importante revisar el manual de la máquina antes de operarla. Una vez seleccionada la máquina nos aparecerá la ventana de la Figura 4.22:



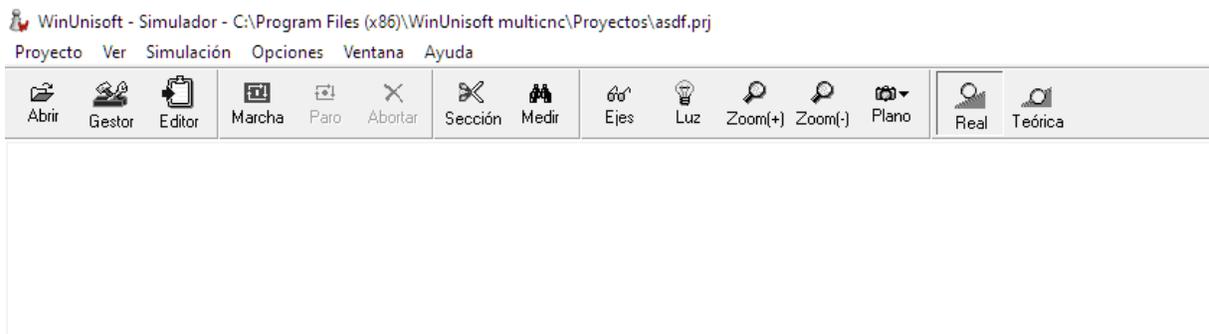
**Figura 4.22. Elegir nombre del proyecto**

Una vez elegido el nombre nos desplegará la pieza con valores preestablecidos (Figura 4.23).



**Figura 4.23. Pieza y programa por defecto**

En este programa de CAM como en el proceso del CAD, es necesario que el alumno los explore para comprender su funcionamiento, sin embargo, damos una breve explicación para modificar parámetros, la pestaña de GESTOR modifica todo lo que tiene que ver con la máquina, herramientas, pieza y límites, la pestaña de EDITOR sirve para editar el programa y por último el botón de MARCHA para correr el programa con su respectivo botón de PARO, como se muestra en la Figura 4.24.



**Figura 4.24. Gestor y Editor de WinUnisoft**

A continuación, se muestra la programación que se utilizó, la pieza terminada y el corte seccionado, el mismo programa genera los PDFs de esto.

Proyecto: C:\PROGRA~2\WINUNI~1\PROYEC~1\RETNDE~1.nc	Fecha: 05/10/2018
Programa en CNC: 00000	

**Programa CNC:**

N0010 G54 Z100  
N0020 G54  
N0030 G95 F0.05 S1000 T1.1 M4  
N0040 G0 X40 Z2  
N0050 G1 Z-1  
N0060 G1 X0  
N0070 G0 Z2  
N0080 G0 X37 Z3  
N0090 G68 P0=K40 P1=K0 P5=K1 P7=K1.5 P8=K0.8 P9=K0 P13=K0120 P14=K0150  
N0100 G0 X41 Z4  
N0110 G95 F0.05 S1200 T1.1 M4  
N0120 G0 X38.1 Z2  
N0130 G1 X38.1 Z0  
N0140 G1 X38.1 Z-36.9  
N0150 G0 X40 Z2  
N0160 G95 F0.04 S1000 T2.2 M4  
N0170 G0 X16 Z3  
N0180 G68 P0=K20 P1=K0 P5=K1 P7=K1.5 P8=K0.8 P9=K0 P13=K0220 P14=K0270  
N0190 G0 X21 Z4  
N0200 G95 F0.05 S1200 T4.4 M4  
N0210 G0 X36 Z2  
N0220 G1 X36 Z0  
N0230 G1 X36 Z-25  
N0240 G1 X28.1 Z-25  
N0250 G1 X28.1 Z-36.9  
N0260 G1 X20 Z-36.9  
N0270 G0 X20 Z5  
N0280 G95 F0.05 S1000 T3.3 M4  
N0290 G0 X40 Z2  
N0300 G1 Z-1  
N0310 G1 X0  
N0320 G0 Z2  
N0330 G0 X37 Z3

N0340 G68 P0=K40 P1=K0 P5=K1 P7=K1.5 P8=K0.8 P9=K0 P13=K0380 P14=K0400  
 N0350 G0 X41 Z4  
 N0360 G95 F0.05 S1200 T3.3 M4  
 N0370 G0 X38.1 Z2  
 N0380 G1 X38.1 Z0  
 N0390 G1 X38.1 Z-36.9  
 N0400 G0 X40 Z2  
 N0460 G95 F0.05 S1200 T6.6 M4  
 N0470 G0 X34 Z2

**Figura 4.25. Programa del Retainer – Parte 1**

Proyecto: C:\PROGRA~2\WINUNI~1\PROYEC~1\RETNDE~1.nc Programa en CNC: 00000	Fecha: 05/10/2018
---	-------------------



N0480 G0 Z-2  
 N0490 G1 X37  
 N0500 G1 X34  
 N0510 G0 Z6  
 N0410 G95 F0.03 S500 T5.5 M4  
 N0420 G0 X40 Z-36.9  
 N0430 G1 X15  
 N0440 G1 X40  
 N0450 G0 Z3  
 N0520 M30

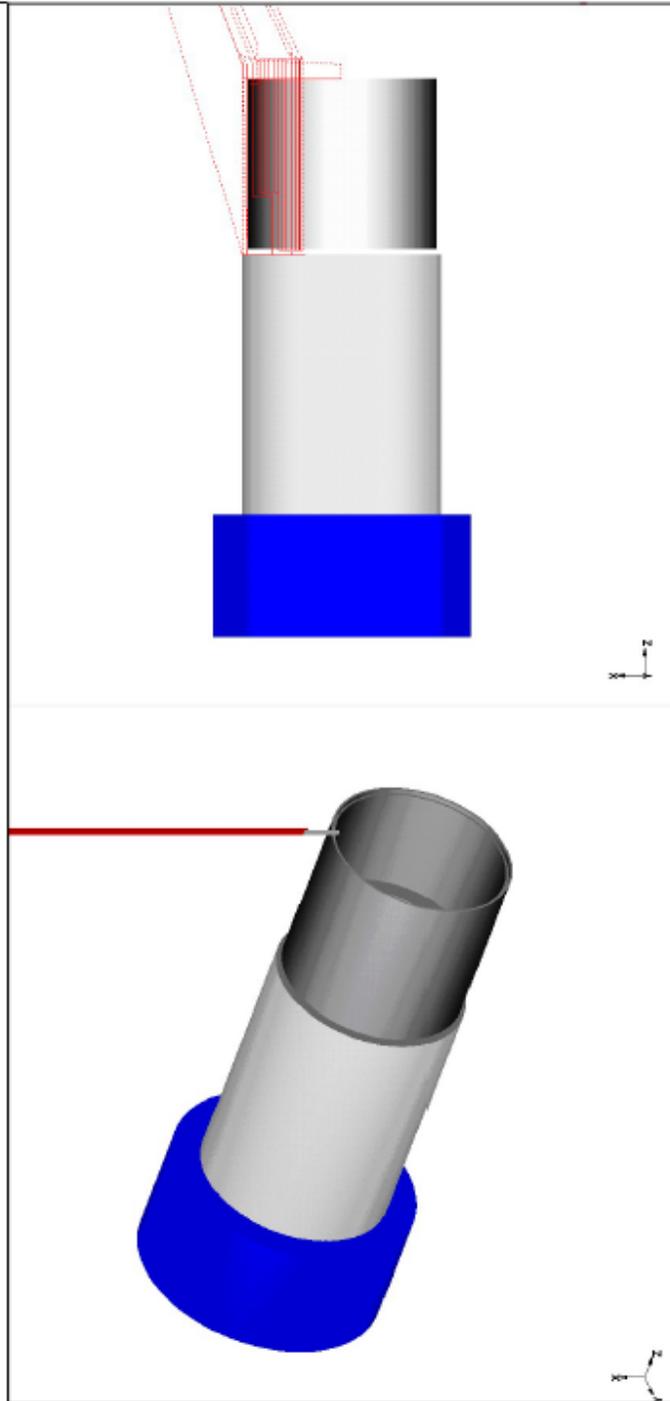
**Figura 4.26. Programa del Retainer – Parte 2 (Final)**

Como se mencionó, este programa no sólo nos da el programa sino la pieza terminada simulada con su trayectoria (Figura 4.27), asimismo podemos apreciar la parte seccionada (Figura 4.28).

Proyecto: C:\PROGRA~2\WINUNI~1\PROYEC~1\RETNDE~1.prj	Fecha: 05/10/2018
Programa en CNC: 00000	



**Simulación Pieza:**

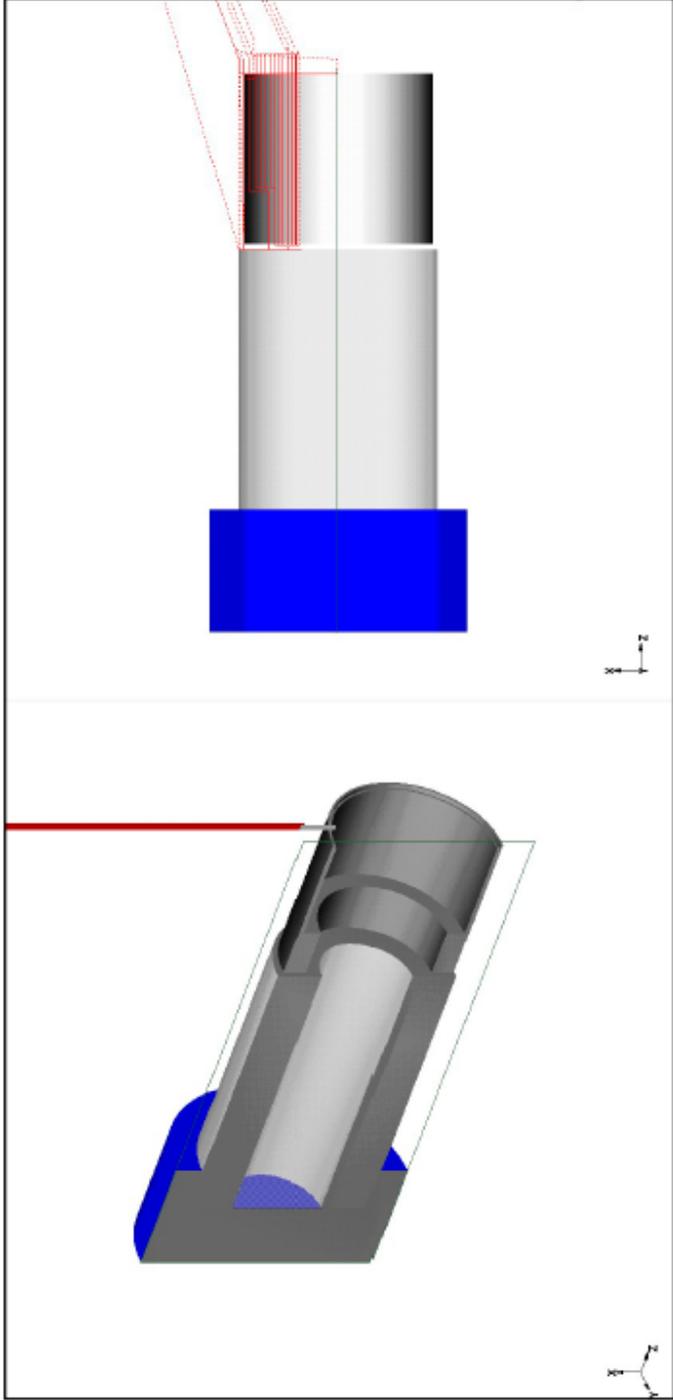


*Figura 4.27. Trayectoria y maquinado final completo*

Proyecto: C:\PROGRA~2\WINUNI~1\PROYEC~1\RETNDE~1.prj Programa en CNC: 00000	Fecha: 05/10/2018
--	-------------------



**Simulación Pieza:**



*Figura 4.28. Trayectoria y maquinado final seccionado*

Como se comentó, comenzamos con la parte teórica (ver Apéndice E), para calcular la velocidad de maquinado del Acero Inoxidable 316 usaremos la siguiente fórmula:

$$n = \frac{V_c * 1000}{\pi * D_m}$$

***Fórmula 4.1***

Donde tenemos que

$$V_c = 115 \text{ (SFM)}$$

$$D_m = 38.1 \text{ mm}$$

Entonces tenemos que, hay que agregar un 0.3048, por las unidades que se manejan que ya SFM equivale a ft/min:

$$n = \frac{115 * 0.3048 * 1000}{\pi * 38.1 \text{ mm}} = 292.84 \text{ RPM} \approx 300 \text{ RPM}$$

***Fórmula 4.2***

Aquí hay un detalle muy importante a mencionar, aquí se usa un poco la experiencia en maquinados, 300 RPM es mucho por las características de la pieza, por lo tanto, se recomienda usar 140 RPM, claramente esto depende de la máquina, del inserto que se esté usando y otro poco, de la práctica en maquinados.

En el programa las RPM equivalen a nuestra letra “S”, por lo tanto, S = 140, en cuanto a la variable F dentro del programa vienen siendo nuestro  $f_n$  es decir nuestro avance por revolución, F = 0.305 mm por revolución y nuestra profundidad de corte sería de 2.286 mm.

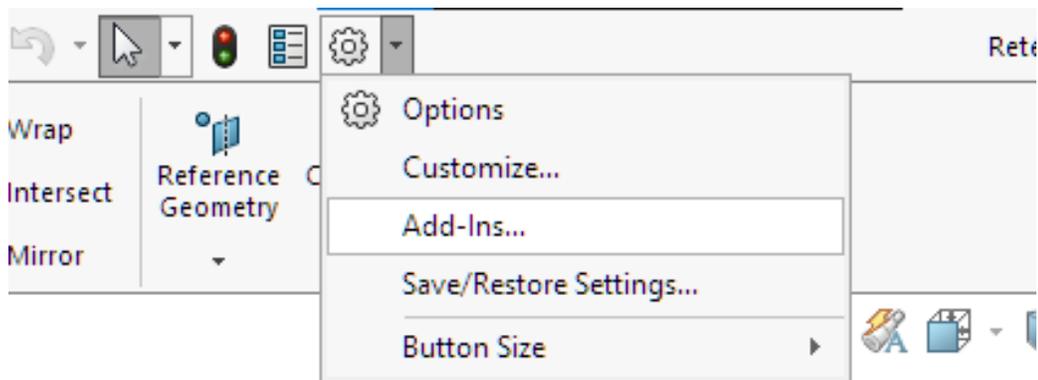
Bien, ya comprobamos que si metemos la información que hicimos en una máquina con las mismas características obtendremos la pieza que buscamos, ahora viene la parte del fresado, lo importante de esto es que el alumno comprenda de mejor manera la función de calcular y lo combine con la experiencia para poder obtener resultados óptimos, por lo que en la parte del fresado se hará igualmente la programación más no los cálculos de la velocidad de corte con el fin de incentivar al alumno a realizarlo de acuerdo a las variables y programa que él considere adecuado para trabajarlo.

Mastercam For SolidWorks (Figura 4.29):



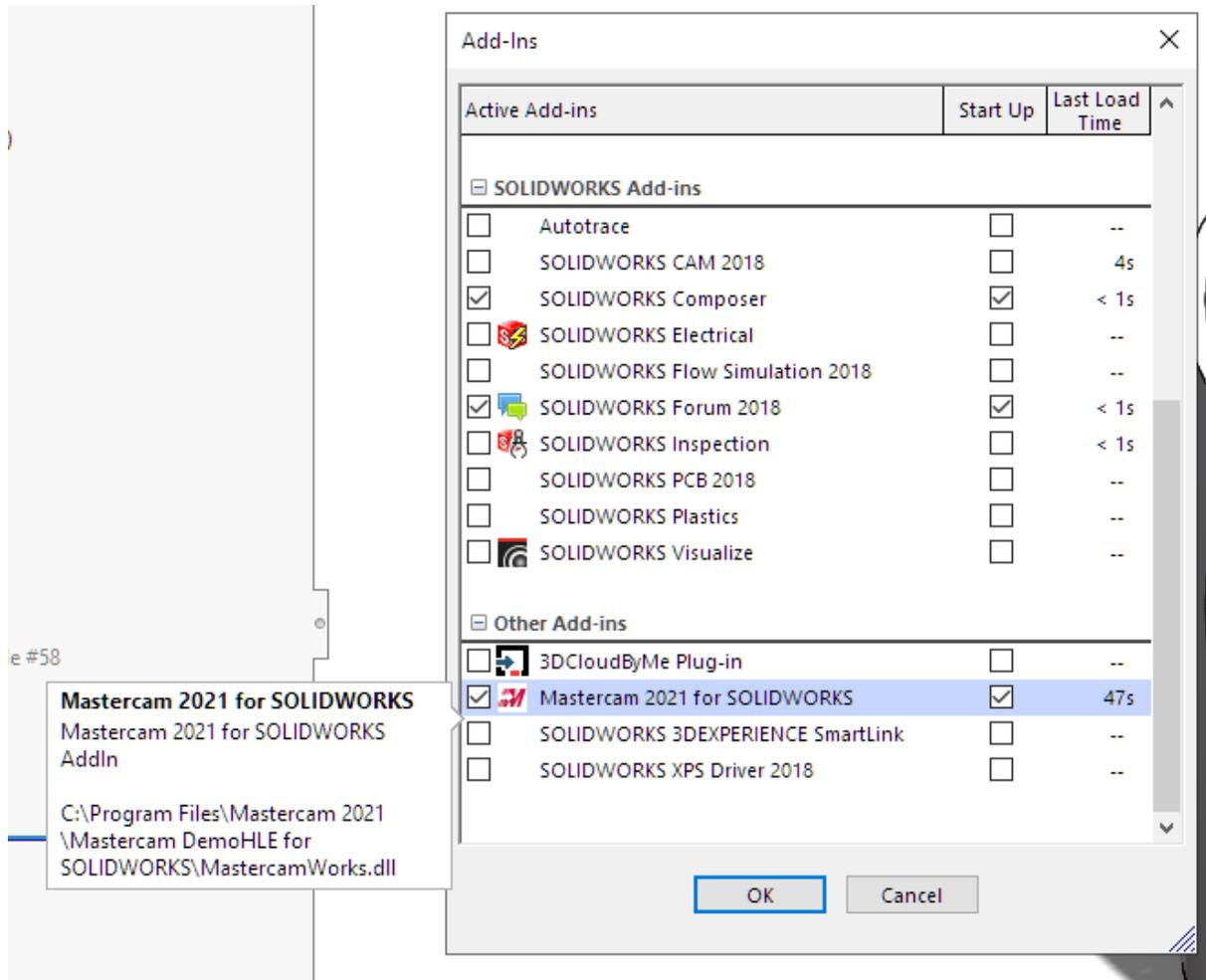
*Figura 4.29 Complemento de SolidWorks*

Finalmente se utilizó este complemento para hacer nuestra última simulación, pero primero tenemos que activarla para poder utilizarla, así que nos vamos al engrane y le damos en Add-ins... (Figura 4.30), la ventaja de esto es que ya al tener el Sólido de la pieza trabajada en SOLIDWORKS, nos será más sencillo trabajarlo ahí, no obstante, de tener el Mastercam instalado en alguna máquina, podemos exportar piezas al programa.



*Figura 4.30. Complementos*

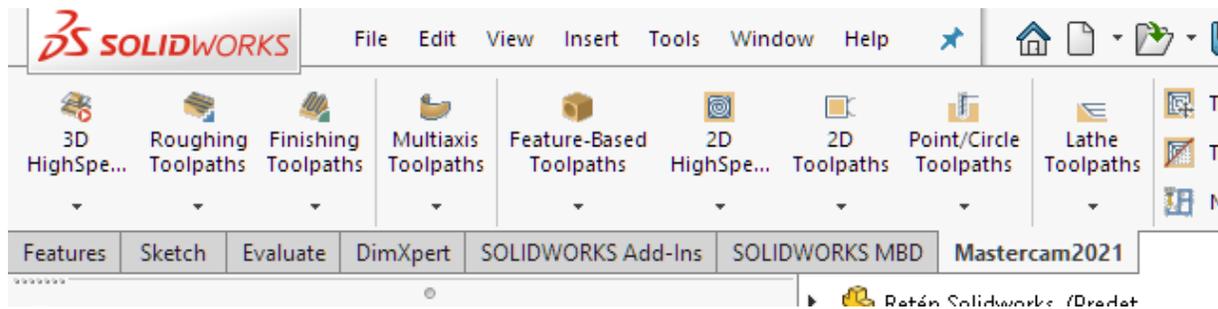
Luego nos vamos abajo del todo y activamos el Mastercam 2021 para SOLIDWORKS, como muestra en el mensaje es una versión de Demostración la que tenemos instalada para uso de estudiantes, por lo que podemos hacer la simulación, en caso de que queramos obtener el programa, valga la redundancia, simplemente hay que pagar la versión de pago para acceder a este beneficio de obtener la programación, como nosotros simplemente estamos haciendo una propuesta, nos sirve perfectamente la versión de estudiante para demostrar la simulación.



**Figura 4.31. Mastercam 2021 for SOLIDWORKS**

Una vez activada esta función le damos en “OK” y ya tendremos activada la pestaña en nuestro programa en SOLIDWORKS, dicha pestaña (Figura 4.32) se agregará al final de las demás y

nos mostrará todas las opciones de Mastercam, como mencionamos es una versión de demostración por lo que faltarán librerías.



*Figura 4.32. Pestaña para el uso de Mastercam 2021*

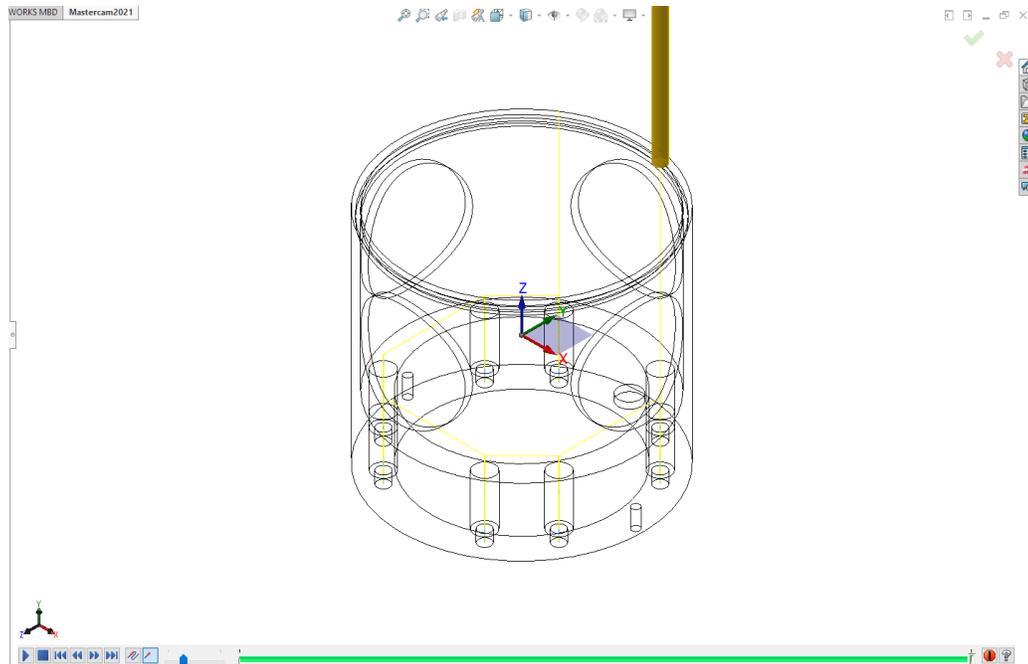
A continuación, se muestra la simulación de la pieza y como queda en el programa de Mastercam.

Lo primero que tenemos que hacer son los barrenos pasados, estos son de 2.1 mm, por lo que se elige los parámetros (Figura 4.33), con el desahogo de la herramienta y donde queremos que inicie, con los demás barrenos que se vayan a hacer, en este caso van a ser 8 barrenos a maquinar así que son 8 puntos.

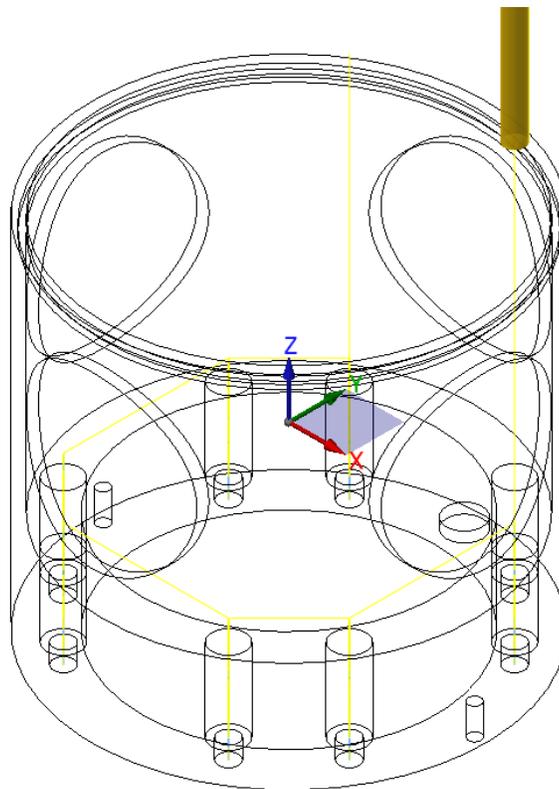


*Figura 4.33. Propiedades e instrucciones Mastercam Ø2.1 mm*

Y luego le damos clic izquierdo en “Toolpath” para que nos muestre la simulación de esta, solo tenemos que darle al botón Reproducir en la parte inferior del esquema donde tenemos la pieza y una vez hecho esto nos mostrará toda la trayectoria del maquinado como se muestra en la Figura 4.34 y elegimos la estructura alámbrica para apreciar mejor la operación.



**Figura 4.34. Corrida de la Simulación broca Ø2.1 mm**

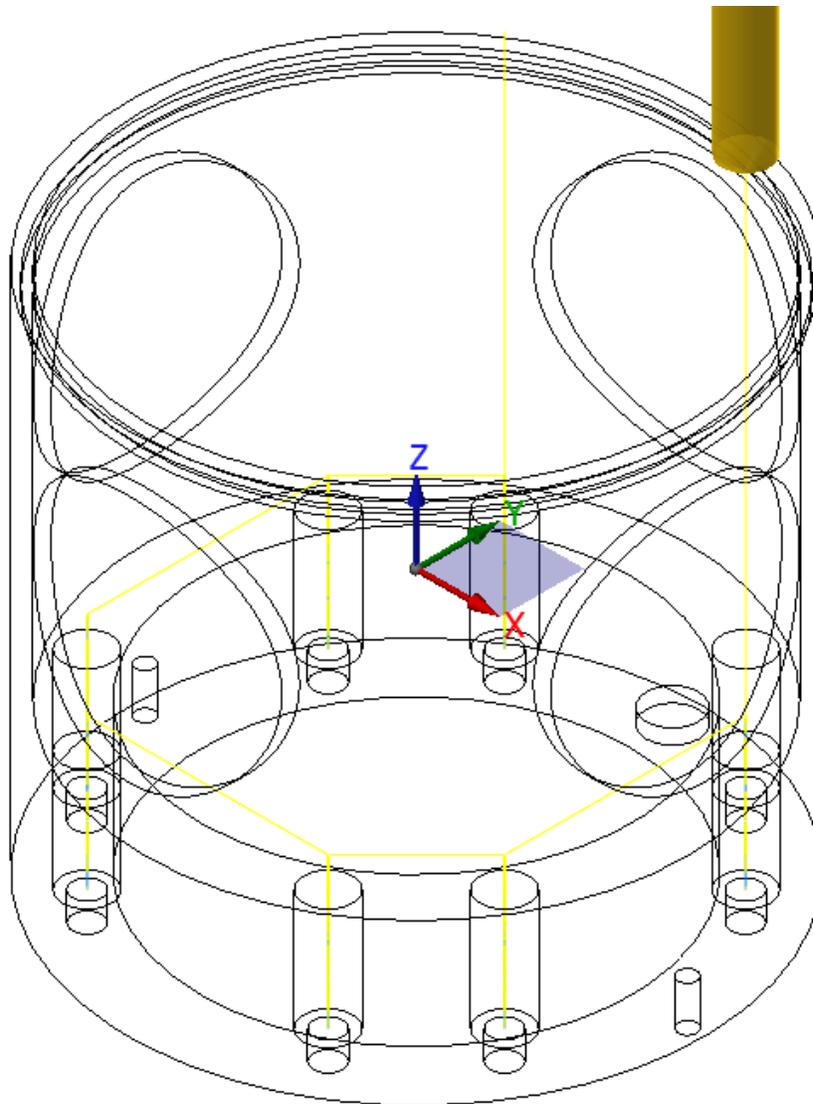


**Figura 4.35 Acercamiento a la simulación broca Ø2.1 mm**

El siguiente paso es hacer la simulación de las brocas de 1/8'' para hacer la caja, primero va la broca que nos crea el barreno (Figura 4.36 y Figura 4.37) y luego la broca plana que nos crea la caja (Figura 4.38 y Figura 4.39).



**Figura 4.36. Propiedades e instrucciones Mastercam Ø3.175 mm**



**Figura 4.37. Simulación broca Ø3.175 mm (1/8'')**



Figura 4.38. *Propiedades e instrucciones Mastercam Ø3.175 mm*

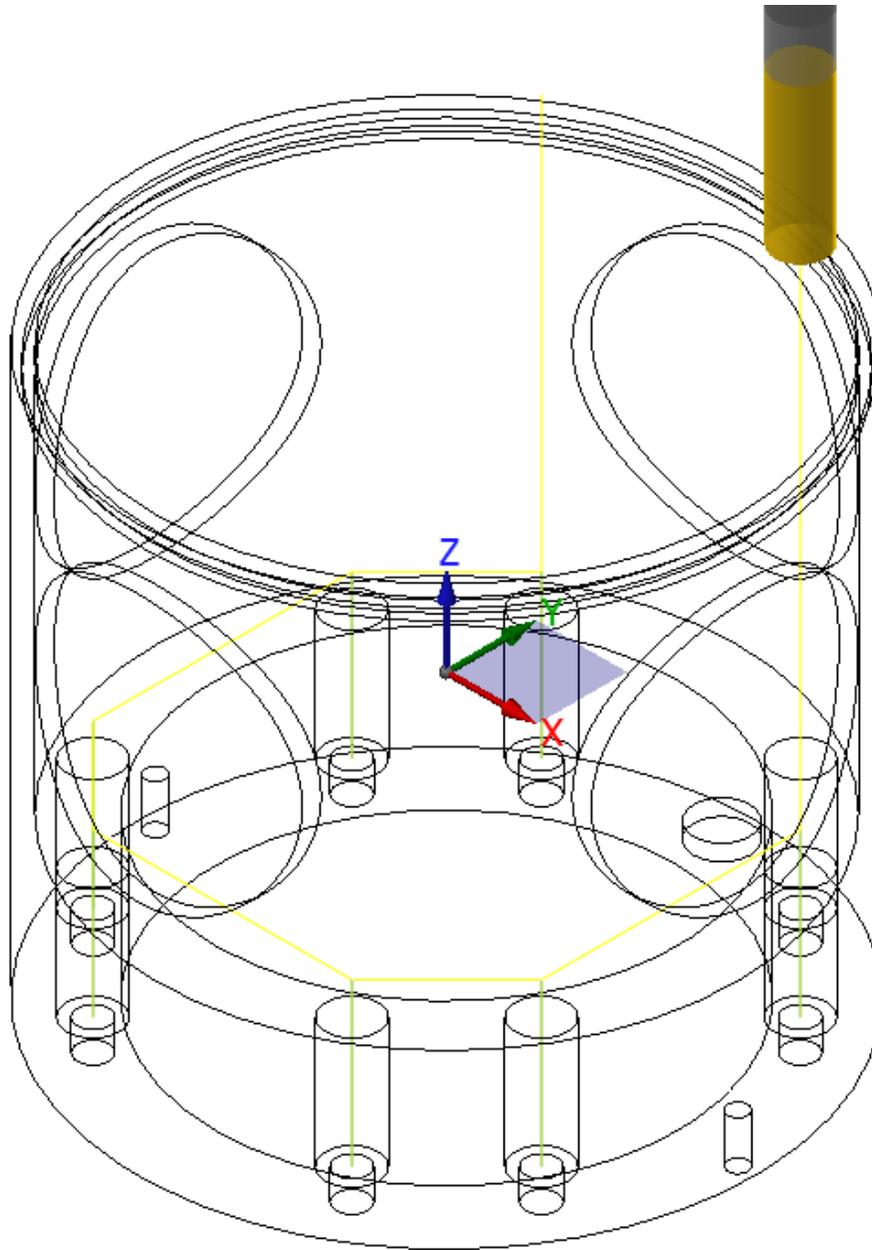
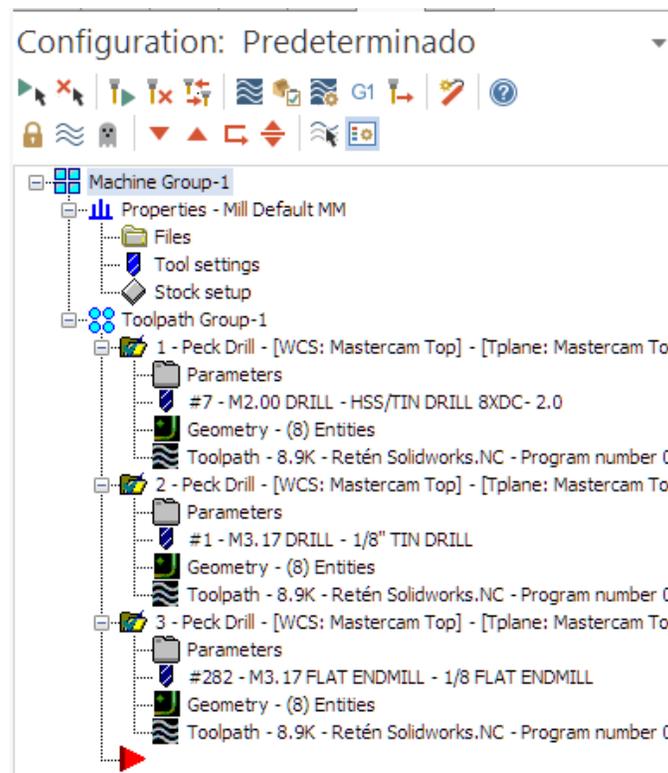


Figura 4.39. *Simulación broca plana Ø3.175 mm (1/8")*

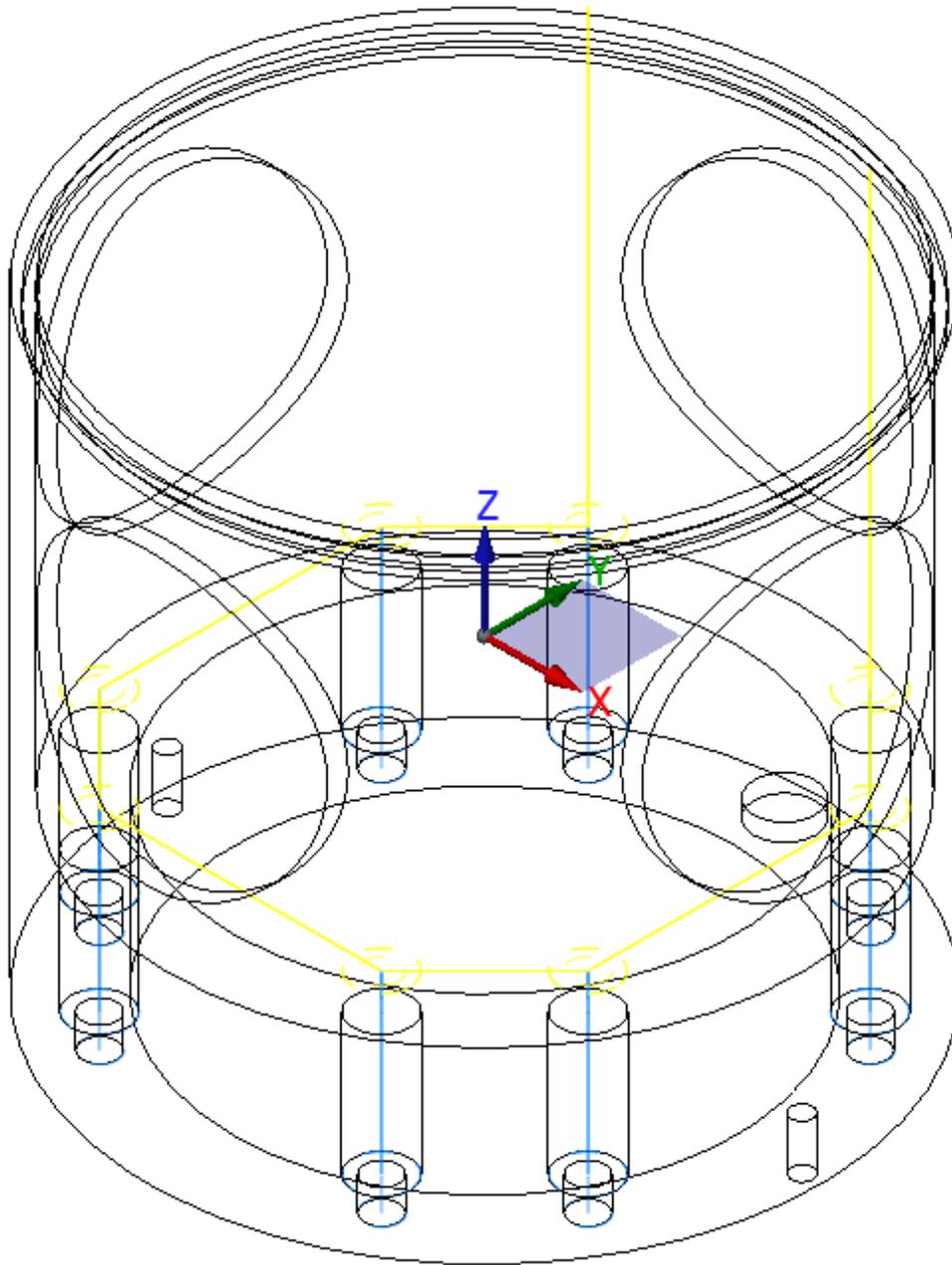
Finalmente, como se muestra en la Figura 4.40, es como queda la programación de las trayectorias en el programa bajo las condiciones de cada barreno.



**Figura 4.40. Programación Mastercam para maquinado completo**

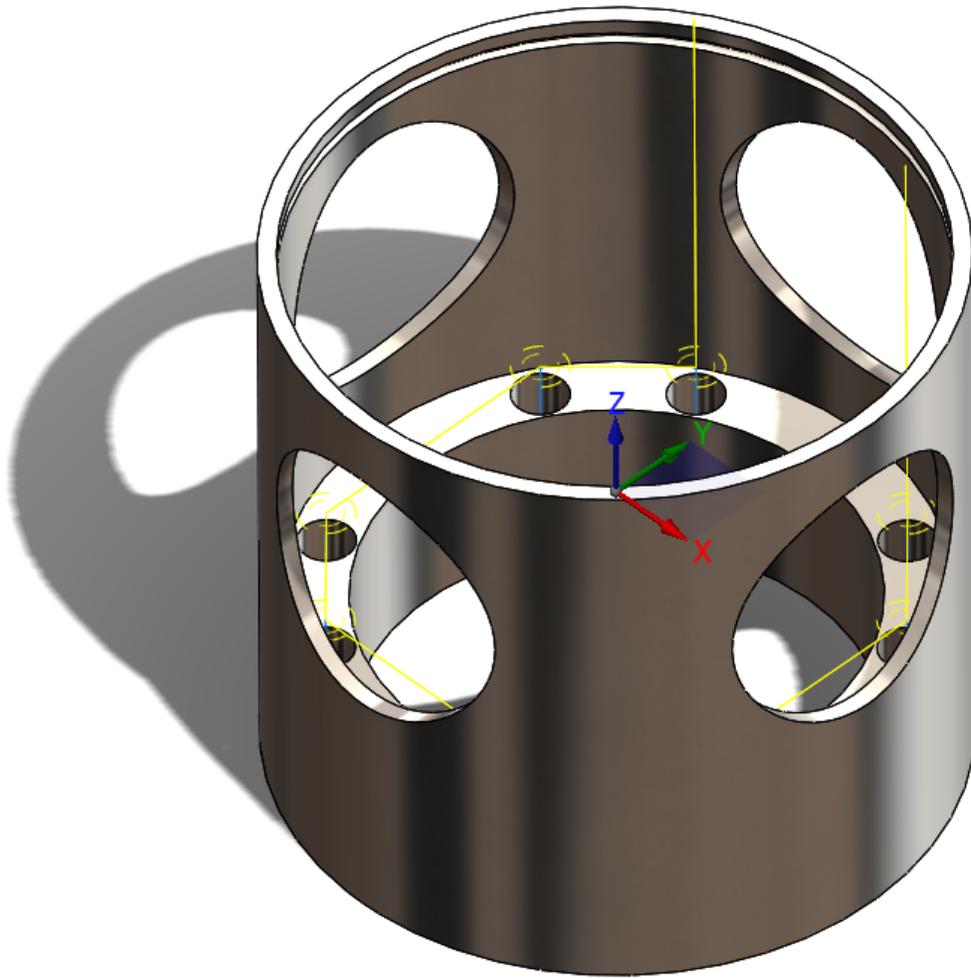
En cuanto a la vista completa de todas las trayectorias, se puede observar en la Figura 4.41, las trayectorias rápidas o que generan el G00 en programación CNC, están indicadas de color amarillo y las trayectorias de corte o que generan el G01 en programación CNC, están indicadas en el color azul, asimismo las trayectorias más remarcadas es que una misma operación pasa por ahí y las que se ven con un color menos intenso es porque solo pasaron una vez por ese lugar del maquinado.

La estructura alámbrica nos permite ver esto, asimismo podemos observarlas en la vista real en la Figura 4.42, las trayectorias, caso contrario de la otra vista no se ven completas como nos gustaría, pero nos permite visualmente delimitar lo que está pasando.



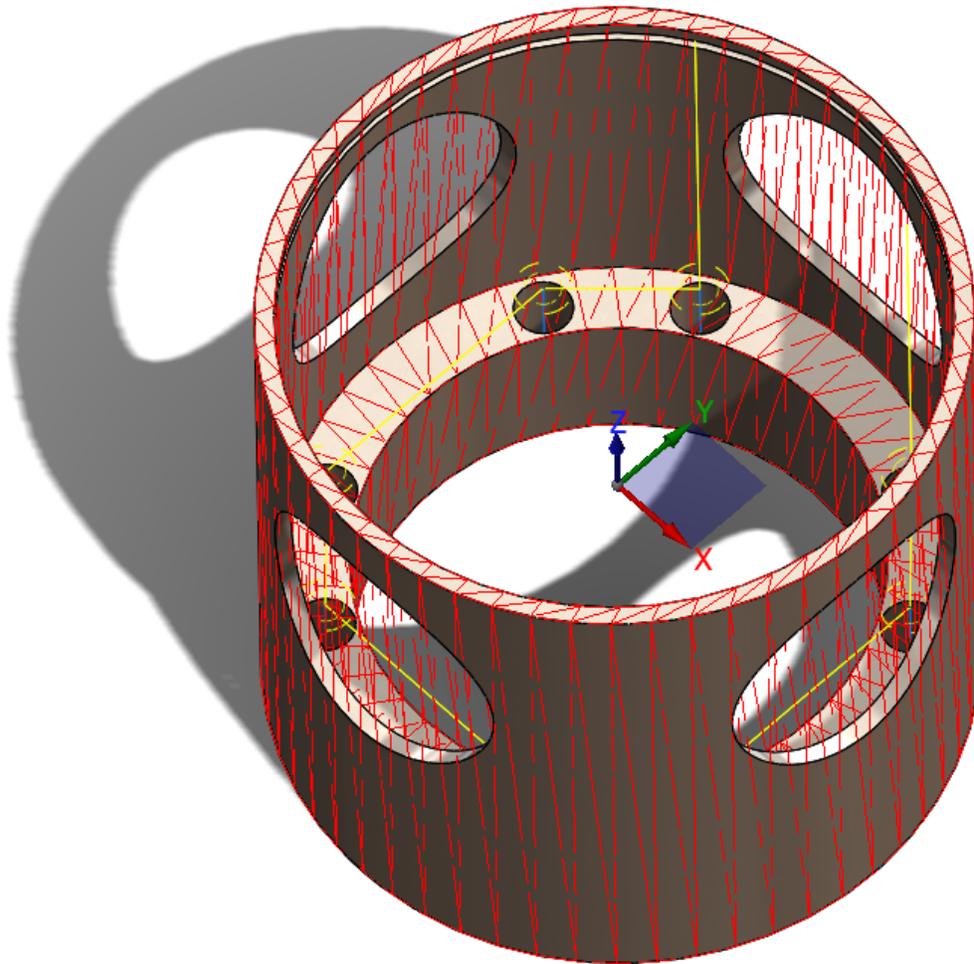
***Figura 4.41. Todas las trayectorias de maquinado***

También este complemento tiene otras funciones que veremos a continuación, que nos ayudan a visualizar mejor la simulación en una máquina.



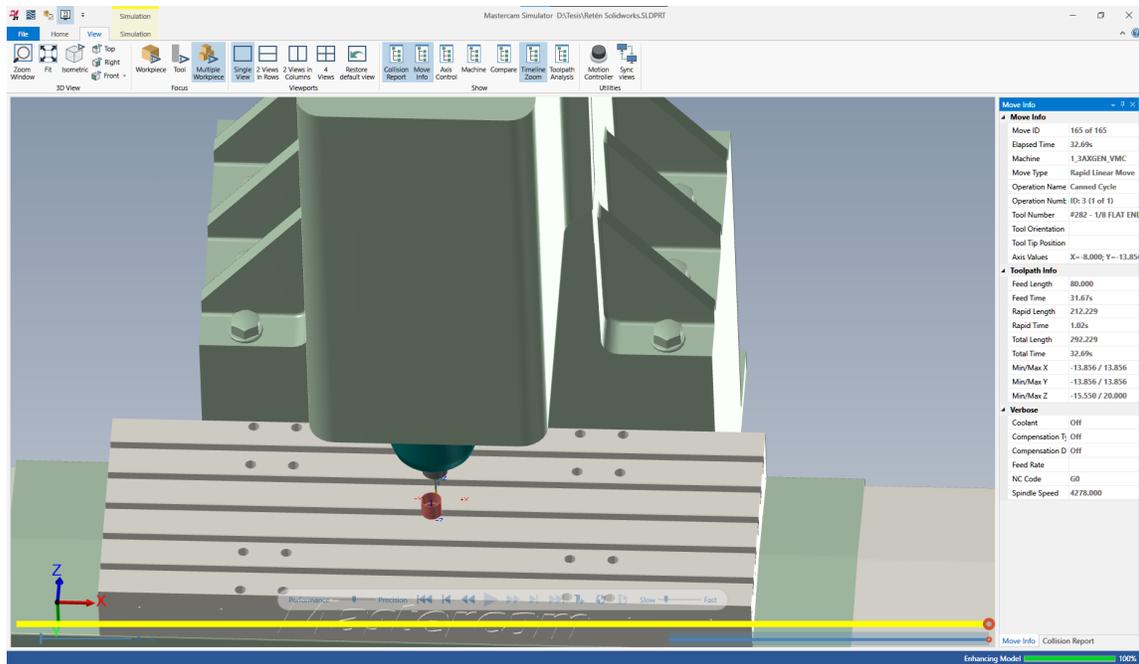
*Figura 4.42. Trayectorias en vista real de la pieza*

Esto es el stock setup, este nos permite poner una malla en el maquinado (Figura 4.43), esta malla es la pieza o el bruto de la pieza para que al momento de maquinar o hacer desbastes y acabados, esta malla de color rojo se baja rebajando a la forma que elegimos en el maquinado, dándonos así, información aún más acertada de lo que estamos haciendo, este es otro de los tantos beneficios del CAM.

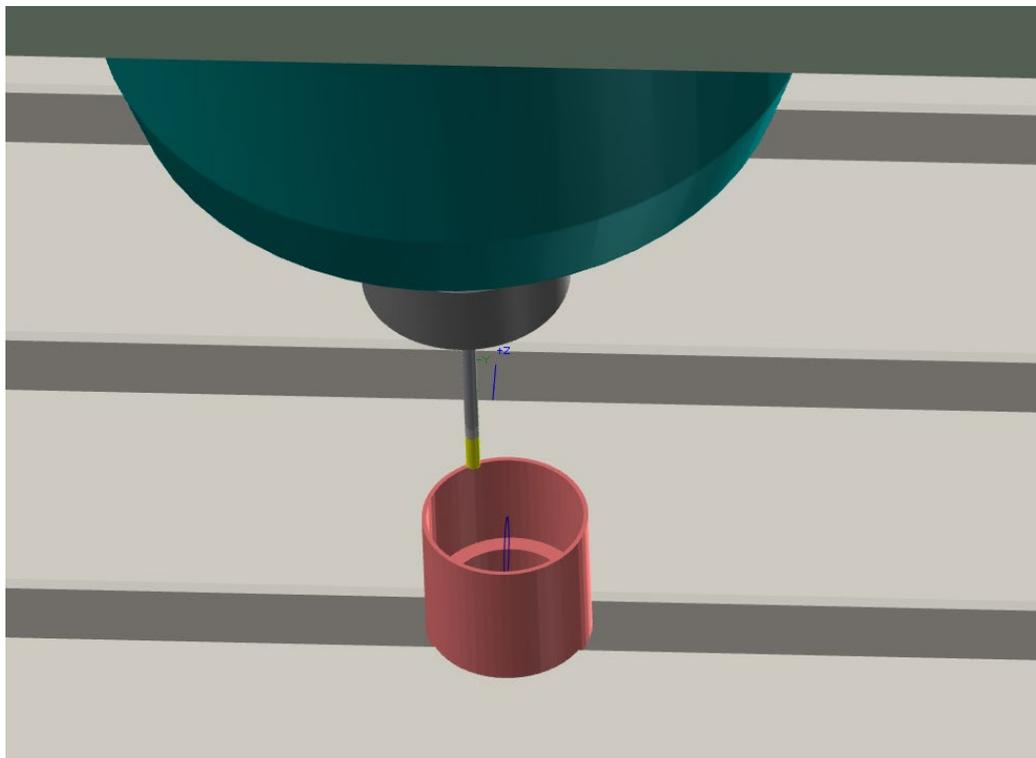


*Figura 4.43. Malla roja – Sólido sin operaciones de maquinado de la pieza*

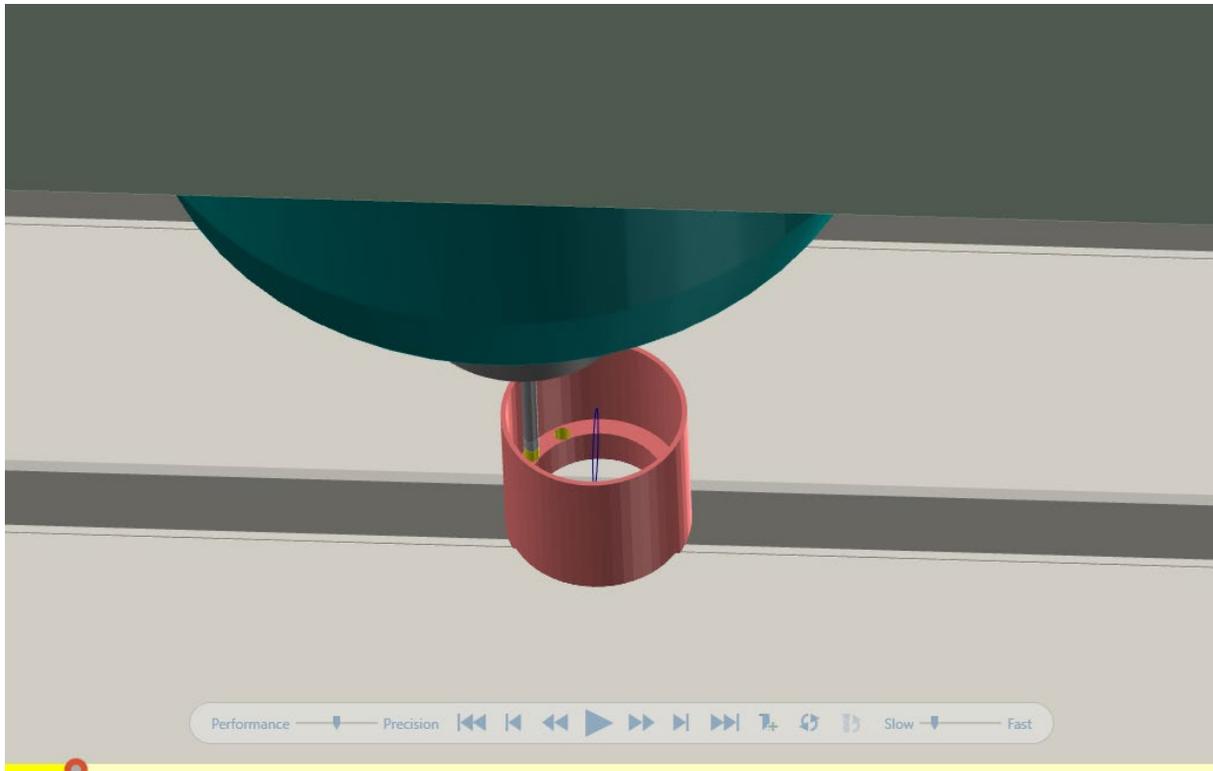
En la Figura 4.33 mencionábamos de darle clic izquierdo, sin embargo, si le damos clic derecho, este nos manda al simulador de Mastercam que se muestra en la Figura 4.44, este simulador, nos muestra la Figura 4.43 de color rosa, en una mesa de trabajo de una máquina CNC y sin ser aún maquinada, aquí se puede apreciar mejor la pieza (Figura 4.45), sin los barrenos, ni las ventanas que vemos en SolidWorks, en el programa si le damos clic en reproducir, comenzará a maquinarla como se ve en la Figura 4.46.



*Figura 4.44. Simulador de Mastercam*



*Figura 4.45. Pieza sin maquinar en la máquina de simulación*



***Figura 4.46. Reproducción del proceso de Manufactura en Mastercam***

Para más detalles acerca del maquinado en el Fresado ver el Apéndice F.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Ciertamente la información y tecnologías para el Ingeniero se han ido actualizando día con día, es por eso que con el presente trabajo mostramos el día a día de un Ingeniero en la resolución de problemas, atacamos variables importantes que busca el Ingeniero en su formación, como ya mencionamos la resolución de problemas y proponer soluciones o diseños de manera eficaz y viable dentro de las áreas multidisciplinarias que nos forman, para resolverlos. Tales áreas, se encuentran en forma de asignaturas dentro del plan de estudios de Ingeniería Mecánica Eléctrica, y algunas estas es posible ejemplificarla, como son Comunicación Oral y Escrita, por la forma en que te debes de dirigir a las personas y adquirir información asertivamente para la reparación de la máquina, Geometría Analítica, porque cuando debemos de calcular variables a pie de máquina para encontrar coordenadas o ángulos importantes, gracias a estos conocimientos podemos hacerlo, Química porque la CNC necesita un soluble refrigerante en ciertos materiales para evitar que la pieza se caliente y ésta en ocasiones está mezclada con agua y la dureza del agua de la zona es importante, además del pH que maneje la solución en mezcla, Dibujo para el debido acomodo de datos, la información que lleve el plano y la interpretación de este de acuerdo a la normatividad, éstas como ejemplos de materias de los primeros semestres y como ejemplos de materias de últimos semestres serían, Procesos de Conformado de Materiales, para comprender el proceso completo en la formación de un material y su composición para igualmente comprender su comportamiento ante los ambientes sometidos, Procesos de Corte de Materiales, para comprender la manera en que actual un material sobre otro para producir ese efecto cortante, ya se positivo o negativo, Diseño por Computadora para para utilizar programas que nos ayuden a diseñar y en ello ahorrar recursos valiosos dentro de la industria y finalmente las de área interdisciplinaria en la formación del Ingeniero Mecánico Eléctrico del campo disciplinario de Diseño Mecánico y Fabricación, como la de Manufactura por Computadora, que nos muestra el CAD, el CAM y el CAE y la Metalurgia Mecánica apoyada de las demás materias para mostrarnos el proceso de extracción de la materia prima y esta transformada en metales con sus composiciones químicas, todo lo que convella la forja de estos mismos y los esfuerzos que soportan los materiales.

Una vez comprendido el detrás de la formación, vemos de manera más acertada y puntual el fundamento de estos, la importancia de la reparación de la Chevalier 1418VMC es fundamental para la formación del Ingeniero en su campo disciplinario de Diseño Mecánico y Fabricación, esto habilita que los alumnos actuales y de futuras generaciones puedan trabajar con el equipo y realizar prácticas más complejas, ya que la condición anterior de la máquina no lo posibilitaba, ayudando a su formación en el aula y lo proyecten en el mundo laboral, ya que la Chevalier 1418VMC tan sólo tiene 28 horas con 28 minutos de trabajo, eso generará interés por usarla a sus óptimas condiciones al saber que está prácticamente nueva y a la creación de proyectos futuros, el crear la interfaz también fue importante ya que es el medio de pasar programas con Macros complejos o programas sencillos de manera más fácil y rápida, para enfocarse más en el set up de piezas que en escribir un programa largo en una máquina, lo que puede acarrear errores y tiempo, tiempo que podrían usar los alumnos en maquinar diversas piezas de manufactura.

Proponer retos como la pieza propuesta del presente trabajo para los alumnos siempre es importante, porque los incentiva a usar el ingenio mediante el aprendizaje, además de utilizar la curiosidad como medio de aprendizaje también. El utilizar esa motivación para comprender el funcionamiento de las máquinas y aunado a la muestra de ejemplos reales palpables para ellos ayuda a encaminarlos a seguir queriendo aprender.

En cuanto a las recomendaciones, se hacen las siguientes:

- Implementar la hoja de prohibición para editar parámetros de la CNC (ver Apéndice A).
- Revisar la hoja de primera puesta en marcha. (ver Apéndice B)
- Que los profesores de asignatura encargados de impartir las materias de laboratorio CNC reciban un curso para capacitarlos en el uso correcto de la Chevalier 1418VMC y su programación.
- Cuando la máquina haga alguna colisión apretar automáticamente el botón de “PARO DE EMERGENCIA” en lugar de apagar la máquina para no dañarla.
- Crear piezas para los LIME I, II, III y IV.
- Utilizar la Chevalier 1418VMC para proyectos de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, tanto para Campo 4, como para Campo 1 y del Centro de Asimilación Tecnológica.

# GLOSARIO Y NOMENCLATURA

## GLOSARIO

Barreno. - Un barreno es un dispositivo o herramienta utilizado para realizar agujeros o pozos cilíndricos extrayendo el material sólido perforado.

Barrenos. – Agujero hecho con una barrena o un barreno.

Baud rate. - La tasa de baudios (en inglés baud rate) —también conocida como baudaje— es el número de unidades de señal por segundo. Un baudio puede contener varios bits.

Bit. – En informática y otras disciplinas, unidad mínima de información, que puede tener solo dos valores (cero o uno).

Centro de Maquinado. - Son los equipos esenciales para lograr hacer un maquinado, y son útiles como artefactos que producen no sólo máquinas, sino también Centros de Maquinados, en sí mismas.

Chevalier. – Chevalier Machinery es una compañía estadounidense dedicada a la manufactura de equipos de molienda, torneado y fresado.

Esquema. - Esquema es una representación gráfica de la asociación de ideas o conceptos que se relacionan entre sí.

FANUC. - FANUC es un grupo de compañías, principalmente FANUC Corporation de Japón, Fanuc America Corporation con sede en Rochester Hills, Estados Unidos, y FANUC Robotics Europe SA con sede en Luxemburgo, que ofrecen productos y servicios de automatización industrial como robots y sistemas de control numérico.

Handshaking. – Establecimiento de comunicación

Hardware. - Conjunto de elementos físicos o materiales que constituyen una computadora o un sistema informático.

Hyperterminal. - Es como se llamaba el programa de windows que permitía establecer conexiones de telnet con otros dispositivos.

Interfaz. - La interfaz es un dispositivo hardware, material, una especie de puente físico que conecta dos sistemas diferentes.

Máquina. - Es un conjunto de elementos móviles y fijos cuyo funcionamiento posibilita aprovechar, dirigir, regular o transformar energía, o realizar un trabajo con un fin determinado.

Maquinado. - Se refiere al uso de máquinas para procesar materiales según especificaciones basadas en los dibujos de diseño.

Módem. – Es un dispositivo que envía información entre el mundo exterior o red de área extensa (WAN) y tu casa. Convierte una conexión entrante (cable coaxial, línea telefónica, línea de fibra óptica o cualquier otra) en una de Ethernet, lo que le permite al router de Wi-Fi conectarse a Internet.

Norma. - Es una manera aceptada de hacer algo. Puede tratarse de la fabricación de un producto, el manejo de un proceso, entregar un servicio o suministrar materiales. Las normas pueden cubrir una enorme gama de actividades que realizan las organizaciones y que usan sus clientes.

OFFSET. – Es una forma de distancia pre-medida dada una posición específica.

Operación. - Ejecución de una acción.

Prensaestopas. - Es un sellado del eje relativamente sencillo y extremadamente robusto para las bombas.

Puerto COM. - Una interfaz de E/S que permite conectar un dispositivo serie a un ordenador.

Sello mecánico. - Es un dispositivo que permite unir sistemas o mecanismos, evitando la fuga de fluidos, conteniendo la presión, mueven el punto de cierre lejos del eje por medio de caras o discos especialmente diseñados, los cuales se desgastan con el tiempo. Gracias a este proceso, se obtiene un periodo de vida útil más largo que otras alternativas de funcionamiento más rígido como los sellos de labios o retén.

Simulación. - Es una herramienta muy potente para la evaluación y el análisis de los sistemas nuevos y los ya existentes. Permite anticiparse al proceso real, validarlo y obtener su mejor configuración.

Software. - Conjunto de programas y rutinas que permiten a la computadora realizar determinadas tareas.

Telnet. - El Protocolo Telnet (TELNET) proporciona un método estándar para que los dispositivos de terminal y los procesos orientados a terminal intercambien información. Normalmente los programas de emulación de terminal que le permiten iniciar la sesión en un sistema principal remoto utilizan TELNET.

TOOL CHANGE MACRO. - Macro de cambio de herramienta.

Toolpath. – Trayectoria de la herramienta.

Trayectoria. - Es el lugar geométrico de las posiciones sucesivas por las que pasa un cuerpo en su movimiento.

Vista alámbrica. - Visualiza todas las aristas del modelo.

## **NOMENCLATURA**

AMEF. – Análisis de modo y efecto de falla.

ASCII. – Código Estadounidense Estándar para el Intercambio de Información, por sus siglas en inglés (American Standard Code for Information Interchange).

BS. – Estándar Británico, por sus siglas en inglés (British Standard).

CAD. – Diseño Asistido por Computadora, por sus siglas en inglés (Computer Aided Design).

CAE. – Ingeniería Asistida por Computadora, por sus siglas en inglés (Computer Aided Engineering).

CAM. – Manufactura Asistida por Computadora, por sus siglas en inglés (Computer Aided Manufacturing).

CIM. – Manufactura Integrada por Computadora, por sus siglas en inglés (Computer Integrated Manufacturing).

CN. – Control Numérico.

CNC. – Control Numérico por Computadora.

DB25. - El conector DB25 es un conector analógico de 25 clavijas de la familia de conectores D-Subminiature (D-Sub o Sub-D).

DB9. - El conector DB9 (originalmente DE-9) es un conector analógico de 9 clavijas de la familia de conectores D-Subminiature (D-Sub o Sub-D).

DIN. – Instituto Alemán de Normalización.

IBM. - International Business Machines Corporation es una reconocida empresa multinacional estadounidense de tecnología y consultoría con sede en Armonk, Nueva York.

Ing. – Ingeniero.

ISO. – Organización Internacional de Normalización, por sus siglas en inglés (International Organization for Standardization).

ISO/DIS. – DIS de la futura norma ISO 45001 de Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.

ISO/DP. – Especificación del protocolo de transporte.

LIME. - Laboratorio de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

MDI. – Introducción Manual de Datos, por sus siglas en inglés (Manual Data Input Mode).

PC. - Computadora Personal, por sus siglas son en inglés (Personal Computer).

PRM. – Parámetro.

UCM. – Unidad de Control de la Máquina.

UNE-EN. – Versión oficial en español de las normas europeas.

VMC. – Centro de Maquinado Vertical, por sus siglas en inglés (Vertical Machining Center).

### **Métricos**

m. – metro

mm. – milímetro

in. – pulgadas, por su abreviatura en inglés (inches)

ft. – pies, por su abreviatura en inglés (foot)

rev/min. – revolución sobre minuto

m/min. – metro sobre minuto

ft/min. – pies sobre minuto

in/min. – pulgadas sobre minuto

mm<sup>3</sup>/min. – milímetro cúbico sobre minuto

in<sup>3</sup>/min. – pulgada cúbica sobre minuto

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) MECANIZADOS (4 de febrero de 2021) *HISTORIA DE LOS CNC*. INTER 2000, S.L.U. Recuperado el 29 de abril de 2022 de <https://www.inter2000mecanizados.com/post/historia-de-los-cnc>
- 2) Schey, J. A. (Ed.). (2000). *PROCESOS DE MANUFACTURA*. (3ª ed.). Mc Graw Hill.
- 3) Groover, M. P. (2002). *FUNDAMENTOS DE LA FUNDICIÓN DE METALES*. (3ª ed.). Mc Graw Hill. Pennsylvania.
- 4) FANUC. (Junio, 1998). *FANUC Series 0 / 00 / 0-Mate for Machining Center OPERATOR'S MANUAL*. (8ª ed.).
- 5) FANUC. (Abril, 1997). *FANUC Series 0-TD/0-GCD FANUC Series 0-MD/0-GSD Maintenance Manual*. (2ª ed.).
- 6) FANUC. (Marzo, 1997). *FANUC Series 0-MD/0-GSD Parameter Manual*. (1ª ed.).
- 7) Tornero, F. (2008). *Preparación y Programación de Máquinas de Control Numérico*. (1ª ed.). Cano Pina.
- 8) OpenCourseWare (2009). *Tema 2 - Introducción a los Sistemas CAD / CAM / CAE*. Universitat de València. Recuperado de [http://ocw.uv.es/ingenieria-y-arquitectura/expresion-grafica/eg\\_tema\\_2.pdf](http://ocw.uv.es/ingenieria-y-arquitectura/expresion-grafica/eg_tema_2.pdf)
- 9) Campos, C. (Julio, 2014). *El plano de fabricación de piezas mecánicas. Estudio de su elaboración y lectura*. Universidad de Carabobo. Recuperado de <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/handle/123456789/3931/ccampos.pdf?sequence=1>
- 10) Scolari, C. A. (2004). *Hacer clic: hacia una sociosemiótica de las interacciones digitales*. Barcelona, España. Editorial Gedisa.
- 11) TORNOS. (6 de junio de 2017). *Macro B Máquinas ISO*. (1ª ed.).
- 12) Ben Groves. (s.f.). *Macro B Programming Manual*. (1ª ed.) CNC DATA.
- 13) techlandia (s.f.). *Definición de los cables de datos*. Recuperado el 17 de abril de 2022 de [https://techlandia.com/definicion-cables-datos-hechos\\_88761/](https://techlandia.com/definicion-cables-datos-hechos_88761/)
- 14) Instituto Tecnológico de Querétaro. (s.f.). *Comunicaciones Digitales: Protocolos seriales (uC)*. Recuperado el 17 de abril del 2022 de [http://www.itq.edu.mx/carreras/IngElectronica/archivos\\_contenido/Apuntes%20de%20materias/ETD1022\\_Microcontroladores/4\\_SerialCom.pdf](http://www.itq.edu.mx/carreras/IngElectronica/archivos_contenido/Apuntes%20de%20materias/ETD1022_Microcontroladores/4_SerialCom.pdf)

- 15) tecnozero. (s.f.). *Hyperterminal Windows 7*. Empresas informáticas Madrid. <https://www.tecnozero.com/mantenimiento-informatico/hyperterminal-windows-7/#que-es-hyperterminal>
- 16) Weis, O. (4 de noviembre de 2020). *¿Qué es un puerto COM? - preguntas frecuentes sobre el puerto serie*. Serial over Ethernet. <https://www.serial-over-ethernet.com/es/serial-to-ethernet-guide/what-is-com-port/>
- 17) Viejo, M., Álvarez, J. (2003). *Bombas: Teoría, diseño y aplicaciones*. (3ª ed.). Limusa. México.
- 18) James R. Wasser. (Nov, 05, 1995) Barrier seal systems (U.S. Patent #5,468,002) USPTO. Recuperado el 30 de abril de 2022 de <https://www.johncrane.com/en/products/mechanical-seals/o-ring-pusher/type-48sc>
- 19) jnblog. (16 de octubre de 2018) *Acero Inoxidable 304 Y 316: Distintos Grados Ofrecen Resistencia Única A La Corrosión*. JN ACEROS. Recuperado el 30 de abril de 2022 de <https://jnaceros.com.pe/blog/acero-inoxidable-304-316-resistencia-corrosion/>
- 20) jnblog. (13 de diciembre de 2019) *¿Cuáles Son Las Propiedades Del Acero Inoxidable 316 Y 316L?*. JN ACEROS. Recuperado el 30 de abril de 2022 de <https://jnaceros.com.pe/blog/propiedades-acero-inoxidable-316-316l/>
- 21) Dassault Systemes (s.f.) *Diseño/Ingeniería*. SOLIDWORKS. Recuperado el 30 de abril de 2022 de <https://www.solidworks.com/es/domain/design-engineering>
- 22) ICS. (Noviembre, 1997) *Parallel pins, of unhardened steel and austenitic stainless steel*. ISO. Recuperado el 30 de abril de 2022 de <https://www.iso.org/standard/20001.html>
- 23) Software WinUnisoft. <https://www.alecop.com/equipamiento-didactico/areas/fabricacion-mecanica/winunisoft/>
- 24) Complemento de Mastercam para Solidworks. <https://www.mastercam.com/solutions/mastercam-for-solidworks/>

APÉNDICE A  
MÁQUINAS CNC (PROHIBICIÓN)



MÁQUINAS CNC



QUEDA ESTRICTAMENTE PROHIBIDO  
CAMBIAR LOS PARÁMETROS DE LA  
MÁQUINA



EN CASO DE REQUERIR ASISTENCIA  
LLAMAR AL ENCARGADO DE  
LABORATORIO

## APÉNDICE B

### PROCEDIMIENTO DE ENCENDIDO DE LA CHEVALIER



## MÁQUINAS CNC



Procedimiento para encender el Centro de Maquinado Chevalier  
1418VMC-40

1. Se enciende el compresor que se encuentra a la entrada del LIME II.
2. En la parte posterior de nuestro Centro de Maquinado se gira hacia la derecha el interruptor.
3. Se abre la llave de paso del aire comprimido.
4. Se enciende el control FANUC 0-MD de la máquina con el botón verde que se encuentra debajo de la lista de códigos del lado izquierdo de la pantalla.
5. Esperemos que la alarma de aire comprimido se apague (indicador luminoso en la parte superior de la máquina del lado derecho) y le damos al botón de "RESET".

# APÉNDICE C

## PRIMERA PUESTA EN MARCHA



### MÁQUINAS CNC



#### Primera puesta en Marcha antes de utilizar la Chevalier 1418VMC-40

Para evitar el desgaste anormal de la máquina de las caras deslizantes, pegado de bordes y malos funcionamientos en el centro de maquinado, se requiere tener en cuenta las 3 rutinas de calentamiento de acuerdo a la especificación del fabricante en la Tabla 1. Cabe mencionar que el hacer estas rutinas de calentamiento, contribuyen a una alta precisión de las piezas a fabricar.

Procedimiento para el calentamiento del husillo.		
Para prolongar la vida útil de los rodamientos del husillo, por favor ejecute los siguientes procedimientos de calentamiento.		
Tiempo de espera (h)	Velocidad del husillo (Nmax)	Tiempo de calentamiento (min)
8 – 24	Nmax. 20%	10
	Nmax. 60%	10
24 – 72	Nmax. 20%	10
	Nmax. 40%	10
	Nmax. 60%	10
Mayor a 72	Nmax. 20%	10
	Nmax. 40%	10
	Nmax. 60%	10
	Nmax. 80%	10
Observación:		
<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Cuando sea superior a 9000 rpm el balance dinámico de la herramienta debe ser G2.5 o más bajo.</li> <li>b. Cuando el uso continuo es de más de <math>N_{max} * 75\%</math> rpm, es necesario alrededor de una hora de descanso cada 24 horas.</li> <li>c. La mejor proporción del rango de velocidad: Aprox. 70% por debajo de <math>N_{max} * 75\%</math> rpm. Aprox. 20% <math>N_{max} * 75\%</math>-90% rpm, Aprox. 10%, <math>N_{max} * 90\%</math>-100% rpm.</li> </ul>		

**Tabla 1. Periodos de calentamiento proporcionados por el proveedor.**  
**Fuente: Manual de centro de maquinado Chevalier (1418VMC40, 2007)**

Rutina para estado inactivo de 8 – 24 horas (Tabla 2).

Instrucción	Descripción de la Instrucción
M03 S2000;	Activación del husillo para que gire a 2000 RPM en sentido horario.
G04X300;	Activa el temporizador, para que el husillo gire durante 5 minutos.
M05;	El husillo se desactiva
G04 X20.0;	Activa el temporizador, para que el husillo se desactive durante 20 segundos.
M04 S2000;	Activación del husillo para que gire a 2000 RPM en sentido antihorario.
G04X300;	Activa el temporizador, para que el husillo gire durante 5 minutos.
M05;	El husillo se desactiva
G04 X20.0;	Activa el temporizador, para que el husillo se desactive durante 20 segundos.
M03 S6000;	Activación del husillo para que gire a 6000 RPM en sentido horario.
G04X300;	Activa el temporizador, para que el husillo gire durante 5 minutos.
M05;	El husillo se desactiva
G04 X20.0;	Activa el temporizador, para que el husillo se desactive durante 20 segundos.
M04 S6000;	Activación del husillo para que gire a 6000 RPM en sentido antihorario.
G04X300;	Activa el temporizador, para que el husillo gire durante 5 minutos.
M02;	Fin del programa.

**Tabla 2. Rutina de calentamiento 1.**

**Fuente: Elaboración Joel Valdés Astorga.**

Para el resto de rutinas es el mismo procedimiento que el de la rutina 1 agregando el porcentaje faltante.

## APÉNDICE D

### ENVÍO DE ARCHIVOS A LA CNC



## MÁQUINAS CNC



Procedimiento para transferir un programa al Centro de Maquinado  
Chevalier 1418VMC-40 con el cable RS232

1. En la CNC, presione la tecla  para que muestre la pantalla de programas.
2. Elija el modo "EDIT" de la máquina.
3. Presione la tecla multifunción [I/O].
4. Después elija el directorio O#### del programa, asegúrese de elegir un número de programa ajeno al que haya en el directorio actual, de lo contrario, esta se alarmará.
5. Presione la tecla multifunción [READ]. Para cancelar la introducción de datos en cualquier momento, presione la tecla multifunción [STOP].
6. En la PC, elija el programa y envíelo a la CNC.
7. Después de que la transferencia esté completada, presione la tecla multifunción [CAN], para mostrar la pantalla de programas de nuevo.

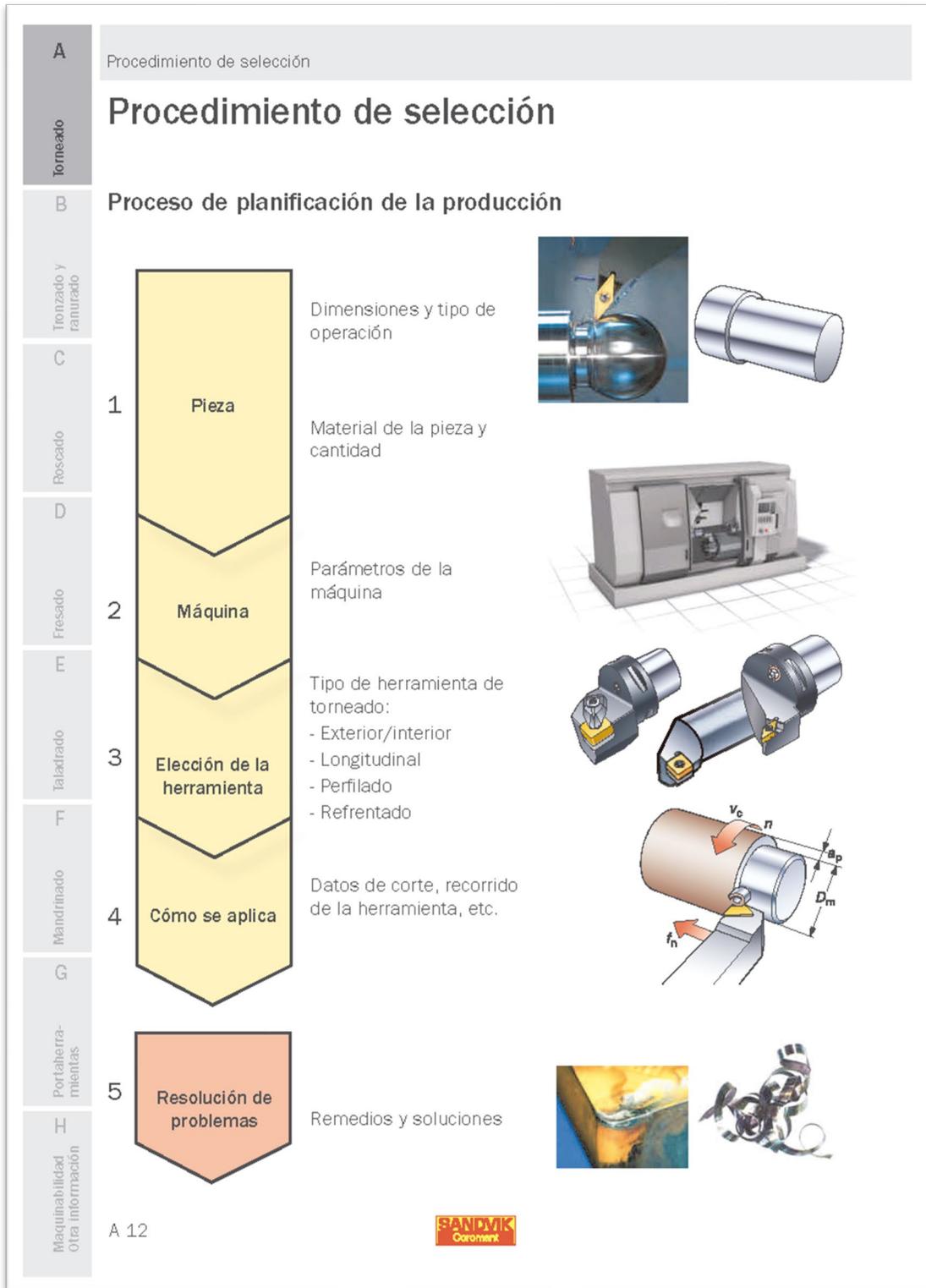
¡LISTO!

El programa ya debería aparecer con el número asignado en la lista de programas de la CNC.

**IMPORTANTE:** Antes de hacer este procedimiento, asegúrese de no hacer ninguna otra operación, ni de apagar la máquina en el proceso, en caso de que esto suceda, comuníquese con el encargado de laboratorio antes de volver a trabajar con la máquina.

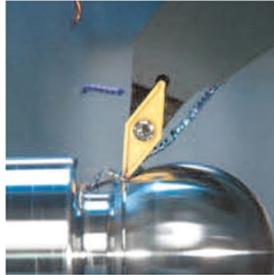
# APÉNDICE E

## PROCESO DE PLANIFICACIÓN DEL TORNEADO



## 1. Componente y material de la pieza

### Parámetros que hay que tener en cuenta



#### Pieza

- Analice las dimensiones y exigencias de calidad de la superficie que se va a mecanizar.
- Tipo de operación (longitudinal, perfilado y refrentado).
- Exterior, interior
- Desbaste, mecanizado medio o acabado
- Recorridos de la herramienta
- N.º de pasadas
- Tolerancias

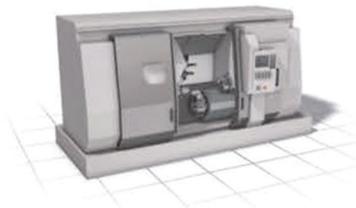


#### Material

- Maquinabilidad
- Fundición o premecanizado
- Rotura de la viruta
- Dureza
- Elementos de aleación

## 2. Parámetros de la máquina

### Estado de la máquina



#### Consideraciones importantes acerca de la máquina:

- Estabilidad, potencia y par, especialmente para diámetros más grandes
- Sujeción de la pieza
- Posición de la herramienta
- Número de cambios de herramienta/número de herramientas en la torreta
- Limitaciones de velocidad del husillo (rpm), avanzador de barra
- ¿Dispone de husillo secundario o de contrapunto?
- Utilización de todo el soporte posible
- Facilidad de programación
- Presión de refrigerante.



A

Procedimiento de selección

Torneado

### 3. Elección de herramientas

#### Distintas formas de optimizar el torneado

B

Tronzado y ranurado



##### Ventajas

- Versatilidad de funcionamiento.
- Ángulo de posición grande.
- Para torneado y refrentar.
- Buena tenacidad en desbaste.

##### Desventajas

- Pueden producir vibración al torneado piezas delgadas.

C

Roscado

#### Torneado con plaquitas Wiper



##### Ventajas

- Aumente el avance y gane en productividad.
- Utilice la velocidad de avance normal y gane en calidad superficial.
- Impulse la productividad.

##### Desventajas

- El filo de la plaquita rasadora Wiper no resulta eficaz para torneado inverso y perfilado.

D

Fresado

E

Taladrado

#### Nuevas tendencias en cuanto a torneado de perfiles

F

Mandrinado



##### Ventajas

- Aumente el avance y gane en productividad.
- Utilice la velocidad de avance normal y gane en calidad superficial.
- Impulse la productividad.
- Tolerancia
- Tiempo de preparación

Ubicación rígida de la plaquita mediante guías en T.

G

Portaherramientas

H

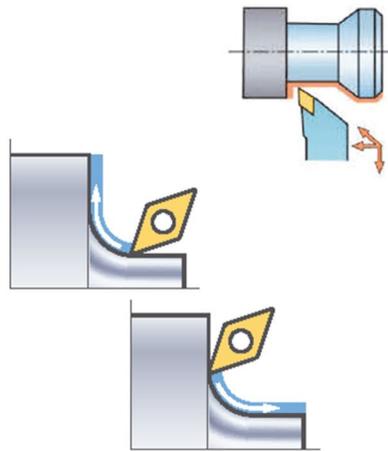
Maquinabilidad  
Otra información

A 14



## 4. Cómo se aplica

### Consideraciones importantes de aplicación



El recorrido de la herramienta tiene un impacto significativo en el proceso de mecanizado.

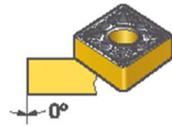
Influye:

- Control de la viruta
- Desgaste de plaquita
- Calidad superficial
- Vida útil de la herramienta.

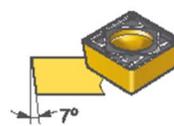
En la práctica, el portaplaquetas, la geometría de plaquita y su calidad, además del material de la pieza y el recorrido de la herramienta tienen una influencia considerable sobre el tiempo de ciclo y la productividad.

## 5. Resolución de problemas

### Áreas que se deben considerar



Tipo negativo



Tipo positivo

#### Tipo de plaquita

- Utilice plaquetas positivas para reducir las fuerzas de corte en general, así como para operaciones de torneado interior.

#### Rotura de la viruta

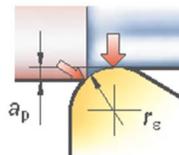
- Optimice la rotura de la viruta modificando la profundidad de corte, el avance o la geometría de plaquita.

#### Radio de punta

- La profundidad de corte no debería ser inferior a 2/3 del radio de punta ( $r_s$ ).

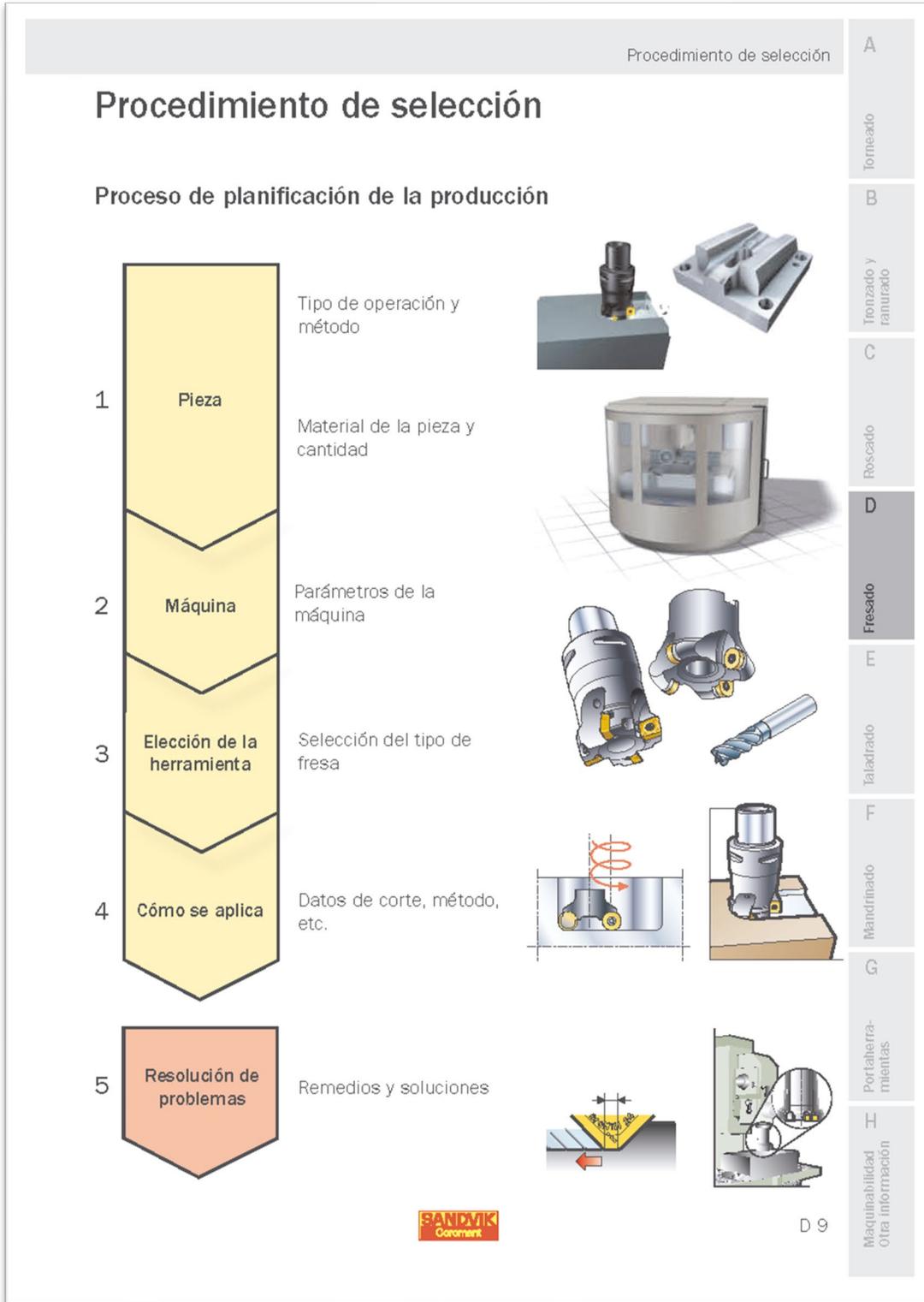
#### Desgaste de plaquita

- Compruebe que el desgaste en incidencia no supere la recomendación general de 0.3 mm.



# APÉNDICE F

## PROCESO DE PLANIFICACIÓN DEL FRESADO



A

Procedimiento de selección

Torneado

## 1. Componente y material de la pieza

B

Tronzado y ranurado

### Parámetros que hay que tener en cuenta



#### Forma geométrica

- Superficie plana
- Cavidades profundas
- Bases/paredes delgadas
- Ranuras

C

Roscado



#### Material

- Maquinabilidad
- Formación de viruta
- Dureza
- Elementos de aleación

#### Tolerancias

- Precisión de dimensiones
- Acabado superficial
- Distorsión de la pieza
- Integridad superficial

D

Fresado

E

Taladrado

## 2. Parámetros de la máquina

### Estado de la máquina

F

Mandrinado



#### Material

- Potencia disponible
- Antigüedad/estado, estabilidad
- Horizontal/vertical
- Tipo y tamaño de husillo
- Número de ejes/configuración
- Sujeción de la pieza

#### Portaherramientas

- Amplios voladizos
- Sujeción deficiente
- Desviación axial/radial

G

Portaherramientas

H

Maquinabilidad  
Otra información

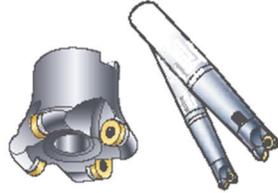
D 10



### 3. Elección de herramientas

#### Distintas formas de optimizar el fresado

##### Fresas con plaquitas redondas



##### Ventajas

- Fresas robustas.
- Gran flexibilidad para planeado y perfilado.
- Fresas de alto rendimiento y polivalentes.

##### Desventajas

- Las plaquitas redondas requieren máquinas más estables.

##### 45° planeado



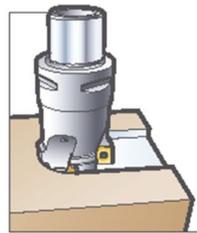
##### Ventajas

- Elección general para planear.
- Equilibrio de fuerzas de corte axiales y radiales.
- Uniforme entrada en el corte.

##### Desventajas

- Máx. profundidad de corte 6-10 mm.

##### Fresa para escuadrar de 90°



##### Ventajas

- Gran versatilidad.
- Profundidad de corte amplia.
- Fuerza de corte axial baja (piezas delgadas).
- Plaquitas de corte ligero con 4 filos reales.

##### Desventajas

- El avance por diente es relativamente reducido, mientras que  $f_z = h_{ex}$ .

A

Procedimiento de selección

Torneado

## 4. Cómo se aplica

### Consideraciones importantes de aplicación

B

Tronzado y ranurado



#### Número de filos/paso

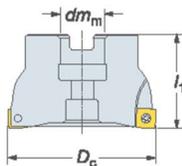
- Es importante seleccionar el paso o número de filos correcto.
- Afecta tanto a la productividad como a la estabilidad.

#### Estabilidad

- Seleccione el tamaño de husillo o el diámetro exterior más grande posible.

C

Roscado



#### Geometría de plaquita

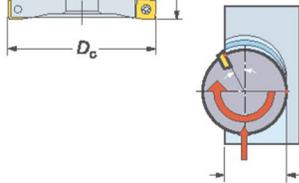
- Seleccione la geometría correspondiente para mecanizado ligero, medio o pesado.

#### Formación de viruta según la posición de la fresa

- Utilice siempre fresado hacia abajo/a favor.
- Desplace la fresa fuera del centro.
- Utilice una fresa con un diámetro un 20-50% más grande que el corte.

D

Fresado



E

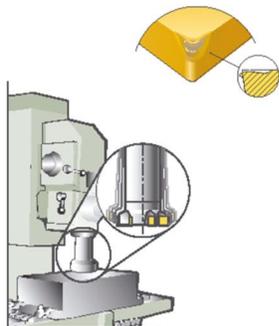
Taladrado

## 5. Resolución de problemas

### Áreas que se deben considerar

F

Mandrinado



#### Desgaste de la plaquita y vida útil de la herramienta

- Compruebe el patrón de desgaste y ajuste los datos de corte si es necesario.

#### Acabado superficial incorrecto

- Compruebe la desviación del husillo.
- Utilice plaquitas Wiper.
- Reduzca el avance por diente.

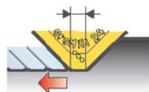
G

Portaherramientas

#### Vibración

- Fijación débil.
- Voladizos largos.
- Pieza débil.
- Tamaño del cono del husillo.

H

Maquinabilidad  
Otra información

D 12