

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“Propuesta de Aplicación de los Softwares
PowerSHAPE y PowerMILL como Herramientas de
Apoyo para el Maquinado CNC”**

PRESENTADO POR:

WILLIAM RENÉ MARTÍNEZ FUENTES

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE DE 2010.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ

SECRETARIO GENERAL :

LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIO :

ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DIRECTOR :

ING. JUAN ANTONIO FLORES DÍAZ

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO MECÁNICO

Título :

**“Propuesta de Aplicación de los Softwares
PowerSHAPE y PowerMILL como Herramientas de
Apoyo para el Maquinado CNC”**

Presentado por :

WILLIAM RENÉ MARTÍNEZ FUENTES

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores :

ING. JUAN ANTONIO FLORES DÍAZ
Dr. y M.Sc. JONATHAN ANTONIO BERRÍOS ORTIZ

San Salvador, Octubre de 2010.

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores :

ING. JUAN ANTONIO FLORES DÍAZ

Dr. y M.Sc. JONATHAN ANTONIO BERRÍOS ORTIZ

**Este trabajo lo dedico a DIOS,
Mi Familia y
Mis Amigos y Compañeros**

ÍNDICE GENERAL

	Página
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	i
I. EL DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA (CAD) Y LA FABRICACIÓN ASISTIDA POR COMPUTADORA (CAM).....	1
1.0 INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 ANTECEDENTES DEL DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA.....	2
1.2 EL DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA.....	5
1.3 MODELADO GEOMÉTRICO.....	9
1.3.1 DISEÑO GRÁFICO DE CURVAS.....	17
1.3.2 DISEÑO GRÁFICO DE SUPERFICIES.....	20
1.3.3 DISEÑO GRÁFICO DE SÓLIDOS.....	28
1.4 ANTECEDENTES DE LA FABRICACIÓN ASISTIDA POR COMPUTADORA...	34
1.5 LA FABRICACIÓN ASISTIDA POR COMPUTADORA.....	36
II. MANUALES PARA LA INTRODUCCIÓN AL APRENDIZAJE DE LOS SOFTWARES PowerSHAPE Y PowerMILL.....	79
2.0 INTRODUCCIÓN.....	80
2.1 NOTAS INTRODUCTORIAS PARA EL SOFTWARE PowerSHAPE.....	80
2.2 MANUAL DE INTRODUCCIÓN AL APRENDIZAJE DE PowerSHAPE.....	93
2.2.1 MODELADO DE ALAMBRES.....	94
2.2.2 MODELADO DE SUPERFICIES.....	131
2.2.3 MODELADO DE SÓLIDOS.....	160
2.3 NOTAS INTRODUCTORIAS PARA EL SOFTWARE PowerMILL.....	175
2.4 MANUAL DE INTRODUCCION AL APRENDIZAJE DE PowerMILL.....	190

	Página
2.4.1 EJEMPLO DE UN MOLDE.....	191
2.4.2 PASOS PREPARATORIOS.....	195
2.4.3 CREAR PROGRAMA NC.....	204
2.4.4 CREAR LA TRAYECTORIA DE DESBASTE.....	210
2.4.5 CREAR LA TRAYECTORIA DE DESBASTE DE RESTOS.....	224
2.4.6 CREAR LA TRAYECTORIA DE ACABADO A Z CONSTANTE INTERCALADO.....	235
2.4.7 CREAR EL ACABADO ESQUINAS: AUTOMÁTICO.....	254
2.4.8 DEFINIR ABRAZADERAS.....	264
2.4.9 CREAR PATRÓN DE TEXTO.....	274
2.4.10 SIMULAR EL MAQUINADO COMPLETO.....	284
2.4.11 ESCRIBIR PROGRAMAS NC.....	285
2.4.12 CREAR LAS HOJAS DE TALLER.....	293
III. DE PowerMILL HACIA EL CNC.....	308
3.0 INTRODUCCIÓN.....	309
3.1 PROGRAMACIÓN CNC.....	309
3.2 BASES PARA LA PROGRAMACIÓN DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS DE CNC.....	312
3.3 ANÁLISIS DE ALGUNAS DE LAS FUNCIONES G.....	318
3.4 EJES ADICIONALES EN MÁQUINAS HERRAMIENTAS DE CNC.....	333
CONCLUSIONES.....	337
RECOMENDACIONES.....	338
BIBLIOGRAFÍA.....	339
GLOSARIO.....	341

INTRODUCCIÓN GENERAL

Los sistemas CAD permiten el diseño de objetos tridimensionales por computadora, presentando múltiples ventajas como la interactividad y facilidad de crear nuevos diseños, la posibilidad de simular el comportamiento del modelo antes de la construcción del prototipo modificando, si es necesario, sus parámetros, la generación de planos con todo tipo de vistas, detalles y secciones, y la posibilidad de conexión con un sistema de fabricación asistida por computadora, para el maquinado automático. Las aplicaciones del CAD está extendida en muchas industrias como es en el diseño de circuitos integrados, el diseño de circuitos electrónicos, la industria aeronáutica, la industria del automóvil, la industria pesada, el diseño industrial, la ingeniería civil, el diseño arquitectónico, la industria textil, la industria de los plásticos, la industria del calzado. Así, el ingeniero mecánico debe ser capaz de integrarse en cualquier industria y hacer un uso eficiente de los sistemas CAD específicos para cada una de las necesidades, entonces se comprende la necesidad de tener las bases con un software dirigido a la especialidad de diseño como lo es PowerSHAPE.

También, es necesario el manejo de un software de fabricación asistida por computadora con orientación al maquinado fresado como lo es PowerMILL, el cual permite usar la computadora en el proceso de preparación del trabajo para la fabricación, simulando el maquinado antes de llevar a cabo la operación en la máquina de CNC, evitando así daños al equipo por colisiones y verificando que las instrucciones del programa de control numérico generado no contenga errores de sintaxis.

CAPÍTULO I

EL DISEÑO ASISTIDO POR

COMPUTADORA (CAD) Y LA

FABRICACIÓN ASISTIDA POR

COMPUTADORA (CAM)

1.0 INTRODUCCIÓN

El desarrollo del Diseño Asistido por Computadora (CAD) ha evolucionado desde la representación de objetos en la pantalla de una computadora hasta el modelado de un producto con todas sus características, esta representación de modelos se obtiene por medio de sistemas CAD que nos permiten “construir” estos modelos en ambientes tridimensionales o 3D que tienen un nivel de detalle muy alto, este logro se debe en buena medida a la utilización de computadoras con un alto grado de eficiencia que realizan un procesamiento de datos geométricos traduciéndolos en gráficas de muy buena resolución a la vista de los usuarios, un software de CAD es PowerSHAPE, el cual tiene varias ventajas en su utilización para el desarrollo de modelos 3D.

Los modelos creados en un software CAD pueden ser de una gran complejidad y deben ser maquinados aún con ciertas limitaciones tecnológicas dadas por los procesos de fabricación. El desarrollo de la Fabricación Asistida por Computadora (CAM) ha permitido que el maquinado tradicional en tornos y fresadoras se pueda planificar escogiendo todos los parámetros geométricos, tecnológicos y de la máquina que realizará el corte, permitiendo hacer una simulación del trabajo sobre el material en una computadora, esto se traduce en la optimización de las trayectorias de corte y el manejo de la información que será enviada a la máquina con tecnología de Control Numérico Computarizado (CNC).

1.1 ANTECEDENTES DEL DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA

En 1955, el Lincoln Laboratory del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) desarrolló el primer sistema gráfico SAGE (Semi Automatic Ground Environment) de las Fuerzas Aéreas Norteamericanas (US Air Forces). Este procesaba datos de radar y otras informaciones de localizaciones de objetos mostrándolos a través de una pantalla CRT (Tubo de Rayos Catódicos).

En ese mismo lugar, en 1962 Ivan Sutherland desarrolló el sistema Sketchpad basado en su propia tesis doctoral "A Machines Graphics Communications System". Con ello estableció las bases que conocemos hoy en día sobre los gráficos interactivos por computadora. Sutherland propuso la idea de utilizar un teclado y un lápiz óptico para seleccionar situar y dibujar conjuntamente con una imagen representada en la pantalla.

Aunque la mayor innovación fue la estructura de datos utilizada por Sutherland, que estaba basada en la topología del objeto que iba a representar, es decir describía con toda exactitud las relaciones entre las diferentes partes que lo componía. Antes de esto, las representaciones visuales de un objeto realizadas en la computadora, se habían basado en un dibujo y no en el objeto en sí mismo. Con el sistema Sketchpad de Sutherland, se trazaba una clara distinción entre el modelo representado en la estructura de datos y el dibujo que se veía en la pantalla.

Se desarrollaron en ITEK y General Motors proyectos paralelos al Sketchpad. El proyecto de ITEK (conocido como "The Electronic Drafting Machine") utilizaba una pantalla vectorial con memoria de refresco en disco duro, una computadora PDP-1 de Digital Equipment Corp. y una tableta y lápiz electrónico para introducir los datos.

En 1963 causó un gran revuelo la implementación en universidades del sistema Sketchpad. Lo más interesante fue la demostración de que la computadora era capaz de calcular que líneas eran las que definían la parte observable del objeto a la vez que eliminaba de la pantalla el resto. Las líneas ocultas eran almacenadas en la memoria de la computadora, en la base de datos, y volvían a aparecer cuando se colocaba el cuerpo en una posición diferente respecto al observador. Las limitaciones del sistema procedían más de la capacidad de las computadoras que del principio conceptual como tal.

El profesor Charles Eastman de la Universidad Carnegie Mellon desarrolla BDS (Building Description System). Este sistema estaba basado en una librería que incluía muchos

elementos arquitectónicos que pueden ser ensamblados y mostrar sobre la pantalla un diseño arquitectónico completo.

Basado en ITEK Control Data Corp., en 1965 se comercializó el primer CAD con un precio de US\$ 500,000. En ese año, el profesor J. F. Baker, jefe del Departamento de Ingeniería de la Universidad de Cambridge, inició en Europa las investigaciones trabajando con un ordenador gráfico PDP11. A. R. Forrest realizó el primer estudio de investigación con un CAD, realizando la intersección de dos cilindros.

Computervision desarrolló, 4 años después, el primer plotter (trazador) y un año más tarde empresas del mundo aeroespacial y del automóvil (General Motors, Lockheed, Chrysler, Ford) comienzan a utilizar sistemas CAD. En 1975 Textronic desarrolló la primera pantalla de 19 pulgadas, así como también el primer sistema CAD/CAM de la mano de AMD (Avion Marcel Dassault), siendo Lockheed la primera empresa en adquirirlo. A los dos años, se creó en la Universidad de Cambridge el Delta Technical Services y un año después se desarrolló el primer terminal gráfico mediante tecnología raster de la mano de Computervision. El precio de los sistemas CAD en esos años finales de la década de 1970 rondaba los US\$ 125,000.

En el año 1979, Boeing, General Electric y NIST desarrollaron un formato neutral de intercambio de datos IGES (Initial Graphics Exchange Standard) y en 1980 se creó Matra Datavision. En ese mismo año, nace Investrónica, empresa española con desarrollos CAD y CAM orientados al sector textil-confección.

En 1981 se creó Dassault Systemes, así como también la empresa 3D/Eye Inc. se convierte en la pionera en 3D y tecnología de gráficos, basados en desarrollos de la Universidad de Cornell. Unigraphics presenta Unisolid, el primer sistema de modelado sólido sobre una computadora PADL-2.

En la década del 80 del siglo pasado, John Walker fundó Autodesk (1982) junto a otros 12 fundadores. Compuesto por 70 personas, querían producir un programa CAD para

computadora personal (PC) con un costo inferior a los US\$ 1,000. En el Comdex de Noviembre de Las Vegas se presenta el primer AutoCAD.

El sistema universal de transferencia de datos STEP (Standard for the Exchange of Product model data) se inició en 1983. Dos años más tarde se presentó MicroStation, desarrollo CAD para PC, basado en PseudoStation de Bentley System, que permitía ver dibujos en formato IGDS.

En la década de los 90 del siglo pasado, McDonnell Douglas (Boeing) seleccionó el sistema Unigraphics para su empresa. En el año 1992, nace el primer AutoCAD sobre plataforma Sun, y 3 años más tarde sale al mercado la primera versión para Windows (AutoCAD versión 12). Unigraphics da el salto a Windows en 1995, consiguiendo que un año después General Motors firme el mayor contrato de la historia CAD/CAM con ellos ^[1].

Los líderes mundiales del mercado de software CAD son ^[2]:

Delcam con PowerSHAPE.

Siemens PLM Software con NX y Solid Edge.

Dassault Systemes con CATIA y SolidWorks.

Parametric Technology Corporation (PTC) con Pro/ENGINEER Wildfire.

McNeel & Associates con Rhinoceros.

Autodesk con AutoCAD, Autodesk AliasStudio y Autodesk 3ds Max.

1.2 EL DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA

El CAD atiende prioritariamente aquellas tareas exclusivas del diseño, tales como el dibujo técnico y la documentación del mismo, pero normalmente permite realizar otras tareas complementarias, relacionadas principalmente con la presentación y el análisis del diseño realizado. Sí bien un sistema CAD puede adoptar infinidad de aspectos y puede funcionar de muchas formas distintas hay algunas particularidades que todos comparten y que han sido adoptadas como normas: es espacial, cartesiano y vectorial. Esto significa que la información,

gráfica o no, posee una ubicación determinada en un espacio imaginario dominado por un sistema coordenado cartesiano. Así, toda información puede ser relacionada con la demás de acuerdo al lugar geométrico que cada una ocupa. Por ejemplo: una línea puede ser paralela a otra, o bien pueden cruzarse o estar alineadas, de modo que ambas líneas dan origen a diferentes significados de acuerdo a la relación entre ellas. A la vez, cada elemento es definido por sus propiedades geométricas y no geométricas en forma independiente del lugar que ocupan.

El CAD permite ordenar y procesar la información relativa a las características de un objeto, construir un modelo análogo. En el espacio imaginario es posible construir, con elementos también imaginarios, la mayor parte de los componentes; colocar cada elemento en la posición que le corresponde en relación a los demás, caracterizar cada elemento en función de sus propiedades intrínsecas (forma, tamaño, material, etc.) y también caracterizarlo en sus propiedades extrínsecas (función, precio, etc.). El propio CAD permite, a la vez, ver en la pantalla las plantas, cortes o vistas necesarios del modelo que se está construyendo y también posibilita modificar en cualquier momento las características del mismo. Los cambios al modelo son reflejados instantáneamente en las distintas formas de representación, por lo que el CAD hace posible la verificación constante de las decisiones del diseñador, sin necesidad de rehacer una y otra vez los dibujos. En cierto modo, el CAD evita la necesidad de dibujar; es decir: el diseñador decide como son las cosas y el CAD muestra como se ven. Además, pueden compartirse e integrarse las ideas combinadas de varios diseñadores, ya que es posible mover los datos dentro de redes informáticas internas o externas por medio de Internet, con lo que los diseñadores e ingenieros situados en lugares distantes entre sí pueden trabajar como un equipo ^[3].

Sistemas CAD

Los sistemas CAD pueden utilizarse para generar modelos con muchas, si no todas, las características de un determinado objeto. Sí bien cada sistema disponible funciona a su modo, todos coinciden en los aspectos principales. El CAD está concebido con las herramientas necesarias para la construcción de un objeto imaginario llamado modelo. El modelo puede ser bidimensional o tridimensional, los sistemas CAD actuales operan sobre modelos 3D. En estos sistemas es posible acceder a herramientas dispuestas para efectuar incorporaciones o modificaciones al modelo. Por ejemplo, una herramienta típica es aquella que permite incorporar objetos, curvas, superficies o sólidos, cada una de estas acciones es reflejada en el dibujo que el CAD efectúa para representar al modelo. Otro conjunto de herramientas permite establecer cuales vistas del modelo son mostradas en la pantalla, de acuerdo a las características del modelo y las preferencias del diseñador. Además, hay otras que permiten agregar cotas y textos descriptivos, rótulos y simbología convencional, etc. Algunos sistemas CAD incorporan herramientas que complementan a la tarea específica permitiendo crear imágenes muy realistas del modelo e incluso animaciones, así como también funciones que contabilizan los componentes del modelo.

Estructura de un sistema CAD

El diseño es un proceso iterativo de definición de un modelo, por lo tanto, un sistema CAD se debe basar en el establecimiento de un ciclo de edición soportado por técnicas de representación, de edición y de visualización. A un nivel más concreto, un sistema CAD debe realizar las siguientes funciones:

- Definición interactiva del objeto.
- Visualización múltiple.
- Cálculo de propiedades, simulación.
- Modificación del modelo.

- Generación de planos y documentación.
- Conexión con CAM.

Es difícil establecer un modelo universal de sistema de diseño. No obstante, a nivel general, y en base a las funciones a desempeñar, se puede establecer que todos los sistemas de diseño poseen al menos los siguientes componentes:

- Modelo. Es la representación computacional del objeto que se está diseñando. Debe contener toda la información necesaria para describir el objeto, tanto a nivel geométrico como de características. Es el elemento central del sistema, el resto de los componentes trabajan sobre él. Por lo tanto, determinará las propiedades y limitaciones del sistema CAD.
- Subsistema de Edición. Permite la creación y edición del modelo, tanto a nivel geométrico como también especificando propiedades abstractas del sistema. En cualquier caso la edición debe ser interactiva, para facilitar la exploración de posibilidades.
- Subsistema de Visualización. Se encarga de generar imágenes del modelo. Normalmente interesa poder realizar distintas representaciones del modelo, ya sea para que exista más de un modo de representar gráficamente el objeto que se está diseñando, o para permitir visualizaciones rápidas durante la edición, junto con imágenes más elaboradas para evaluar el diseño.
- Subsistema de Cálculo. Permite el cálculo de propiedades del modelo y la realización de simulaciones.
- Subsistema de Documentación. Se encarga de la generación de la documentación del modelo.

Indudablemente, tanto las técnicas de representación y edición del modelo, como la visualización, el cálculo o la documentación, dependen del tipo de objeto a modelar. No hay entonces, sistemas CAD universales.

El ciclo de diseño con un sistema CAD, se puede ver como una sucesión de modificación/visualización del modelo ^[4].

1.3 MODELADO GEOMÉTRICO

El modelo geométrico de un sistema CAD contiene toda la información necesaria para representar el objeto que se está diseñando, esto es, para realizar todas las operaciones requeridas sobre el modelo: editarlo, visualizarlo, realizar cálculos y simulaciones.

En esencia, el modelo geométrico es simplemente un conjunto de datos referentes a la geometría, estructura y propiedades del objeto. Los datos que contenga, dependerán de la naturaleza del objeto a diseñar. Esto es, será distinta la estructura de un modelo geométrico para representar un circuito eléctrico de la usada para representar el fuselaje de un avión. Además, a la hora de diseñar un modelo se debe tener en cuenta que la estructura deberá servir para realizar determinadas operaciones antes mencionadas: edición, visualización, cálculo de propiedades, etc.

Normalmente se necesitan estructuras más complejas para el modelo geométrico, para almacenar la estructura natural del elemento a diseñar, para facilitar la interacción y para mantener las dependencias entre componentes que lo constituyen, entendiendo por dependencias las relaciones de repetición, conexión, construcción.

Un modelo geométrico describe componentes con propiedades geométricas inherentes. Entre sus características destacan: su estructura espacial, la conectividad entre elementos y las propiedades asociadas a componentes espaciales.

En el proceso de diseño se utilizan representaciones gráficas de los objetos a diseñar, sobre las que trabaja el ingeniero. En muchos casos estas representaciones son imágenes sintéticas del objeto a diseñar (una pieza mecánica, una botella, la carrocería de un auto). En estos casos el modelo geométrico debe describir la geometría del objeto de la forma más precisa posible. No obstante, en otras situaciones, la información sobre la que trabaja el ingeniero es

un esquema del objeto (un circuito eléctrico, la planta de un edificio). En estos casos la información contenida en el modelo debe permitir generar el esquema, pero la geometría del esquema en sí (por donde pasa una línea que representa la conexión entre dos componentes) no es relevante ^[5].

Representación de curvas y superficies

Este tema aborda un aspecto más concreto del modelado geométrico: la representación de curvas y superficies, las cuales comparten los mismos fundamentos matemáticos y las mismas técnicas.

Las curvas y superficies poseen una representación matemática precisa, bien estudiada y suficientemente flexible. No obstante, y salvo raras excepciones, no es factible, en un sistema CAD, representar una curva, o superficie, mediante una ecuación, debido fundamentalmente a la necesidad de editar la representación. Comenzaremos estudiando su representación matemática.

A nivel matemático, las curvas y superficies se pueden representar como ecuaciones de varias formas, atendiendo a como aparezcan las distintas variables involucradas:

- Ecuaciones explícitas, en las que aparece de forma explícita una de las variables en función de las otras dos. Estas expresiones tienen alguna de las formas siguientes:

En 2D, $y = f(x)$ (curva en el plano), Figura 1.1.

En 3D, $z = f(x, y)$ (superficie) ó, $y = f_1(x)$, $z = f_2(x)$ (curva en el espacio), Figura 1.2.

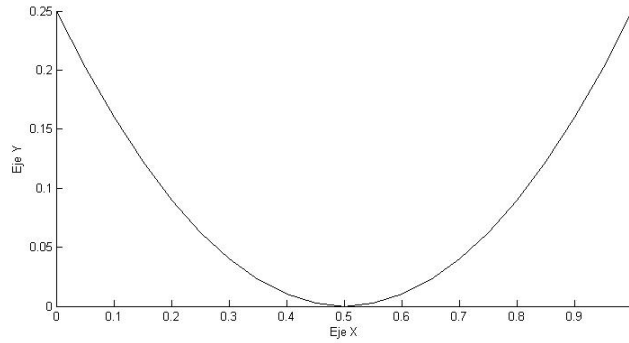


Figura 1.1 Curva explícita, $z(x) = (x - 0.5)^2$.

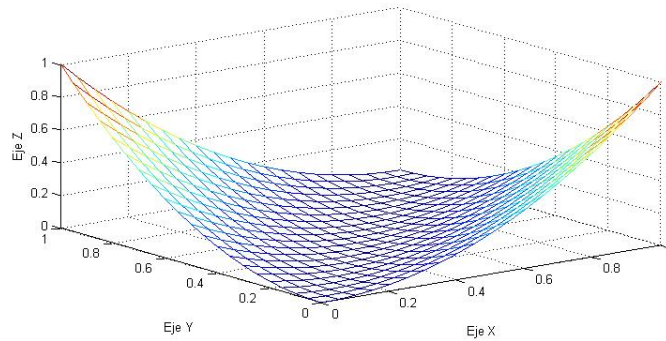


Figura 1.2 Superficie explícita, $z = (x - y)^2$.

Estas expresiones se suelen utilizar para curvas y superficies univaluadas. La evaluación de la superficie es muy fácil. Sin embargo es difícil utilizarlas para casos generales, dado que las superficies que se encuentran en la realidad, y que se quieren modelar no serán, normalmente, univaluadas.

- Ecuaciones implícitas, expresadas como una ecuación de las variables igualada a cero. En ellas no aparece ninguna variable despejada, por lo que su evaluación puede ser compleja. La expresión tendrá una de las formas siguientes:

$$f(x, y) = 0 \text{ (curva en el plano).}$$

$$f(x, y, z) = 0 \text{ (curva en el espacio).}$$

Un caso notable de curvas y superficies que se pueden expresar usando ecuaciones implícitas son las cuadráticas. Por ejemplo un círculo de radio unidad se puede expresar como:

$$x^2 + y^2 - 1 = 0 \text{ (Figura 1.3).}$$

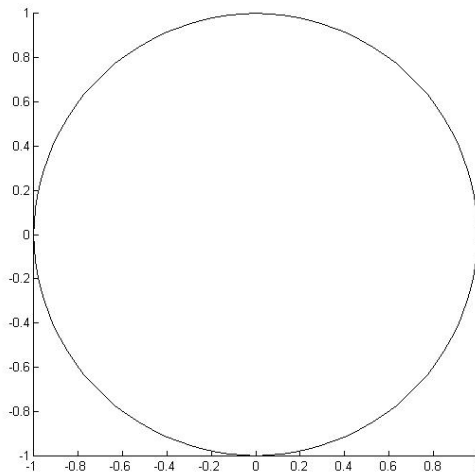


Figura 1.3 Curva implícita, $x^2 + y^2 - 1 = 0$.

Las ecuaciones implícitas poseen la ventaja de ser orientables, es decir, es factible determinar hacia qué lado de la superficie, o curva, se encuentra un punto sustituyendo sus coordenadas en la ecuación. Como desventaja, las ecuaciones implícitas pueden ser difíciles de evaluar. A partir de una expresión explícita se puede obtener una implícita pero, el recíproco no es siempre cierto.

- Ecuaciones paramétricas. La curva o superficie se describe en base a un conjunto de parámetros que la recorren, como un conjunto de ecuaciones que permiten obtener cada una de las coordenadas a medida que el parámetro evoluciona sobre el elemento. Una curva se expresa usando un parámetro u , que toma valores en un intervalo predeterminado, y dos o tres ecuaciones (según que se defina en el plano o el espacio). Así, una curva en el plano se define mediante el par de ecuaciones:

$$x = f_1(u)$$

$$y = f_2(u), u \in [u_1, u_2].$$

El círculo anterior se puede expresar mediante las ecuaciones paramétricas:

$$x = \cos(2\pi u)$$

$$y = \text{sen}(2\pi u), u \in [0,1].$$

Una superficie se describe en base a dos parámetros, (u,v) , que describen dos direcciones ortogonales sobre ella, y a tres ecuaciones que expresan las coordenadas en base a estos parámetros:

$$x = f_1(u, v)$$

$$y = f_2(u, v)$$

$$z = f_3(u, v), u \in [u_1, u_2], v \in [v_1, v_2].$$

Modificando los valores de los parámetros se recorre la superficie, obteniéndose las coordenadas de los puntos que están sobre ella.

Las expresiones paramétricas presentan la ventaja de ser flexibles, aunque no son orientables. Por otra parte, cualquier expresión explícita se puede poner, trivialmente, en forma paramétrica.

Proceso de diseño

En el ciclo de diseño de una curva, o superficie, el usuario sólo trabaja con los puntos de control, que son en sí la representación de la curva, o superficie, en el modelo. Por lo tanto, en el proceso de diseño el usuario seleccionará y modificará los puntos de control, hasta que se obtenga la curva o superficie deseada. El proceso puede comenzar con valores predeterminados asignados a los puntos de control. En este proceso, el dibujo de la curva

debe realizarse repetidas veces, al menos cada vez que el usuario mueve un punto, e idealmente mientras éste mueve los puntos con el dispositivo de entrada (durante el ciclo de realimentación). Por este motivo, cuando el hardware de la computadora no es suficientemente potente, la visualización durante la edición se simplifica, aproximando la curva como una malla de curvas (Figura 1.4).



Figura 1.4 Aproximación de curva como malla de curvas.

La mayor parte de los métodos de diseño de curvas y superficies se basan en la utilización de puntos de control a partir de los cuales se define ésta como un promedio de los puntos de control:

$$P(u) = \sum_{i=1}^n P_i \cdot B_i(u),$$

donde P_i son los puntos de control y $B_i(u)$ son funciones de forma, dadas en forma paramétrica.

Existen diversos métodos de diseño de curvas, con diferentes características. Entre estas, cabe destacar el carácter del método (que puede ser local o global) y el comportamiento respecto a los puntos de control (interpolante o no). Un método tiene carácter local cuando la modificación de un punto de control afecta solamente a la forma de la curva, o superficie, en las proximidades del punto de control. Por el contrario, en un método global, la modificación de un punto de control afecta a toda la curva o superficie. Es más fácil editar una curva o

superficie utilizando un método local, ya que permite ajustar la forma de la curva parte por parte.

Se dice que un método interpola a los puntos de control cuando el elemento generado (curva o superficie) pasa por ellos.

Habitualmente es necesario usar polinomios continuos por partes, para conseguir métodos de diseño local, lo que influye en el grado de continuidad de la curva. El grado de continuidad indica el número de veces que se puede derivar su ecuación obteniendo una función continua. Geométricamente esto está relacionado con la continuidad del elemento. Una curva con continuidad C^0 es continua, pero su pendiente no. Si la continuidad es C^1 la curva y su pendiente son continuas. La continuidad depende de la forma en que está parametrizada la curva. Para que la curva sea continua en un punto, sus vectores tangentes a la izquierda y derecha deben coincidir. No obstante, la magnitud del vector tangente no influye en la apreciación que se puede hacer de continuidad en el punto. Por este motivo, se suele hablar de continuidad geométrica, notada con G , en lugar de continuidad matemática. Una curva tiene continuidad geométrica en un punto sí las tangentes a izquierda y derecha tienen la misma dirección, independientemente de la magnitud del vector tangente (Figura 1.5). Por este motivo, la continuidad matemática implica continuidad geométrica (salvo el caso especial en que el vector tangente es nulo). Normalmente, se requiere como mínimo continuidad G^1 y con frecuencia G^2 .

También, se debe tener en cuenta la influencia del grado del polinomio de las funciones de forma. Cuando mayor sea el grado del polinomio más restricciones se pueden aplicar a la curva (ya que hay más coeficientes), pero también será mayor oscilación de ésta, y más costoso su cálculo.



Figura 1.5 Continuidad de curvas.

Las curvas de Bézier destacan por su simplicidad de formulación, tanto en la forma de Bézier usando polinomios de Bernstein, como en el planteamiento de De Casteljaou. Los Splines tienen una utilidad muy limitada en diseño, aunque son una buena opción cuando se quiere un método que interpole los puntos de control.

Las curvas B-Splines a diferencia de las curvas anteriores, permiten controlar el grado de continuidad. Por otro lado, es posible obtener el método de Bézier como caso particular de B-Spline.

En la Tabla 1.0 se resumen las características de los métodos descritos anteriormente.

Tabla 1.0 Características de algunos métodos de diseño de curvas, n es el número de puntos de control. La última fila muestra un ejemplo de ajuste para una B-Spline cúbico ^[6].

Método	Grado del Polinomio	Interpola	Carácter (nº de puntos que afectan un tramo)	Continuidad
Lineal	1	Si	Local (2)	C^0
Bézier	$n-1$	No (sólo extremos)	Global (n)	C^∞
Spline local	3	Si	Local (4)	C^1
Spline Global	3	Si	Global	C^2
B-Spline	Ajustable	No (se puede forzar)	Local (Ajustable)	Ajustable
B-Spline (cúbico)	3	No	Local (4)	C^2

1.3.1 DISEÑO GRÁFICO DE CURVAS

Curvas de Bézier

La ecuación de la curva es:

$$P(u) = \sum_{i=0}^n P_i \cdot B_i^n(u), \quad u \in [0,1].$$

En la Figura 1.6 se presentan las funciones de forma para $n=2$, y en la Figura 1.7 para $n=3$, en las cuales se puede observar que todas las funciones de forma son nulas en los extremos, salvo la primera y la última que valen uno para $u=0$ ó $u=1$. Esto implica que en los puntos extremos, es decir, al principio y final de la curva sólo influya uno de los puntos de control, y que en los extremos la curva pase por el primer o último punto de control.

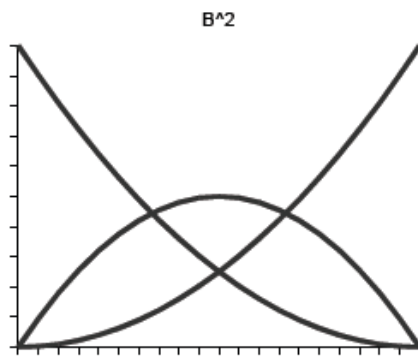


Figura 1.6 Funciones de forma grado 2.

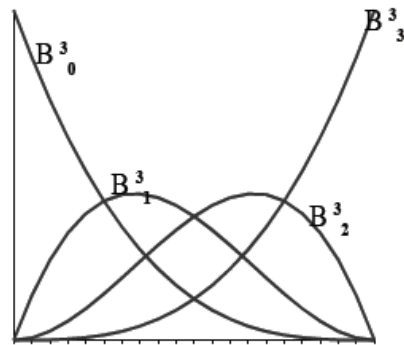


Figura 1.7 Funciones de forma grado 3.

Para ningún otro valor de u , hay funciones de forma con valor igual a uno. Esto implica que la curva no pasa por ningún otro punto de control.

Para cualquier valor de u la suma de las funciones de forma es igual a uno. Es decir, se puede ver las funciones de forma como pesos en una media ponderada de los puntos de control. Como consecuencia de esto, la curva estará siempre dentro de la envolvente convexa de los puntos de control (mínimo polígono convexo que contiene a los puntos de control).

Además, se puede observar también que cada una de las funciones de forma presenta un máximo, que se presenta en valores de u crecientes con el índice de la función. Esto hace que la influencia de cada punto de control sea mayor para un valor de u que crece con el índice del punto, por lo que la curva sigue la forma de la poligonal, pero de forma más suave.

Es fácil comprobar (calculando las pendientes en los extremos) que la dirección de salida en el primer punto de control coincide con la de la recta que pasa por el segundo punto de control, e igualmente la dirección de llegada al último punto es la de la recta que lo une al penúltimo (Figura 1.8).

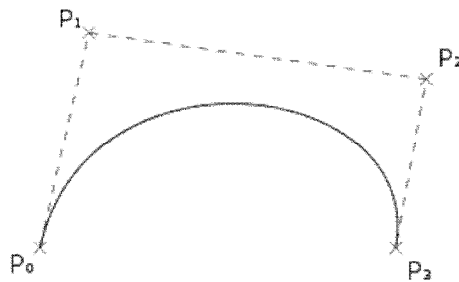


Figura 1.8 Construcción de una curva de Bézier.

En resumen, la curva tiene las siguientes propiedades:

- La curva es interior a la frontera convexa.
- Pasa por P_0 ($u=0$) y por P_n ($u=1$), pero no por los intermedios.
- La dirección de salida de estos puntos está determinada por P_1 y P_{n-1} .
- La curva sigue la forma de la poligonal.
- La continuidad es C^∞ .
- El grado del polinomio es el número de puntos de control menos uno.
- La modificación de un punto de control afecta a toda la curva.

Se pueden conectar curvas con continuidad prefijada, por ejemplo C^1 o C^2 [6].

Splines

Un spline es una curva definida en porciones mediante polinomios. En los problemas de interpolación, se utiliza a menudo la interpolación mediante splines ya que da lugar a resultados similares requiriendo solamente el uso de polinomios de bajo grado, evitando así las oscilaciones, indeseables en la mayoría de las aplicaciones, encontradas al interpolar mediante polinomios de grado elevado.

Para el ajuste de curvas, los splines se utilizan para aproximar formas complicadas. La simplicidad de la representación y la facilidad de cálculo de los splines los hacen populares para la representación de curvas, particularmente en el terreno de los gráficos por computadora.

El término spline hace referencia a una amplia clase de funciones que son utilizadas en aplicaciones que requieren la interpolación de datos, y/o un suavizado en la interpolación. Los splines son utilizados para la interpolación y/o suavizado de datos de una o varias dimensiones. Las funciones para la interpolación por splines normalmente se determinan como minimizadores de la aspereza sometidas a una serie de requisitos limitadores ^[7].

B-Splines

El término B-spline es la abreviatura de spline básica. Una B-spline es simplemente una generalización de una curva de Bézier ^[8]

Las B-spline son curvas polinómicas que se construyen conectando polinomios de un determinado grado. Los polinomios se obtienen por combinación de n puntos de control, utilizando una base de funciones de forma, cuyo orden es independiente del número de puntos de control:

$$P(u) = \sum_{i=0}^n P_i N_{i,k}(u), \quad u_{\min} \leq u \leq u_{\max}, \quad 2 \leq k \leq n+1.$$

En Bézier, el número de puntos determina el grado de la curva. En B-splines, el grado se controla por un parámetro especial (k), que es independiente del número de puntos de control, aumentando la flexibilidad del método ^[6].

NURBS

NURBS (Non Uniform Rational B-Splines) es un modelo matemático muy utilizado para generar y representar curvas y superficies.

Las NURBS, B-Splines racionales no uniformes, son representaciones matemáticas de geometría en 3D que gracias a su flexibilidad y precisión, se pueden utilizar para representar con precisión objetos geométricos estándar tales como líneas, círculos, elipses, esferas y toroides, así como formas geométricas libres como carrocerías de autos y cuerpos humanos ^[9].

1.3.2 DISEÑO GRÁFICO DE SUPERFICIES

Una superficie se describe matemáticamente usando dos parámetros, que establecen un sistema de coordenadas sobre ella, permitiendo recorrerla.

La superficie se puede definir directamente a partir de una malla de puntos de control, al igual que una curva, con la única diferencia de que los puntos de control forma una distribución bidimensional y que las funciones de forma dependen de dos parámetros, $B_{ij}(u,v)$.

Alternativamente, es posible definir una superficie a partir de una o varias curvas. Por otra parte, es cada vez más frecuente utilizar mallas de triángulos como una aproximación a la superficie. En esta sección se aborda la representación y diseño de superficies, su construcción a partir de curvas y la generación directa usando una malla de puntos de control.

Se pueden generar superficies simples a partir de un número reducido de curvas.

Superficies cilíndricas

Formadas por la traslación de un vector sobre una curva cualquiera. Equivale al barrido por traslación de la curva. La ecuación de la superficie es:

$$S(u, v) = P(u) + v \cdot \mathbf{r}$$

donde $P(u)$ es la ecuación de la curva y \mathbf{r} es un vector. Con este método es posible generar superficies que tengan simetría traslacional. Cuando la curva es una circunferencia la superficie generada es la lateral de un cilindro (Figura 1.9).

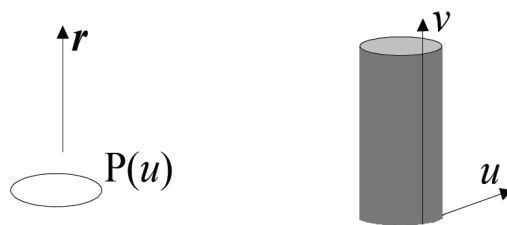


Figura 1.9 Generación de una superficie cilíndrica.

Superficies de revolución

Se obtiene al girar una curva plana respecto a un eje contenido en dicho plano. Si el eje de giro es el eje z , y la curva, $C(u)$ está contenida en el plano Z - X , esto es:

$$C(u) = [x(u), 0, z(u)]$$

la ecuación de la superficie es:

$$S(u, v) = [x(u) \cdot \cos(v), x(u) \cdot \text{sen}(v), z(u)], \text{ con } u \in [0, 2\pi].$$

Cuando la curva es un segmento de recta paralelo al eje de simetría, la superficie resultante es la cara exterior de un cilindro (Figura 1.10).

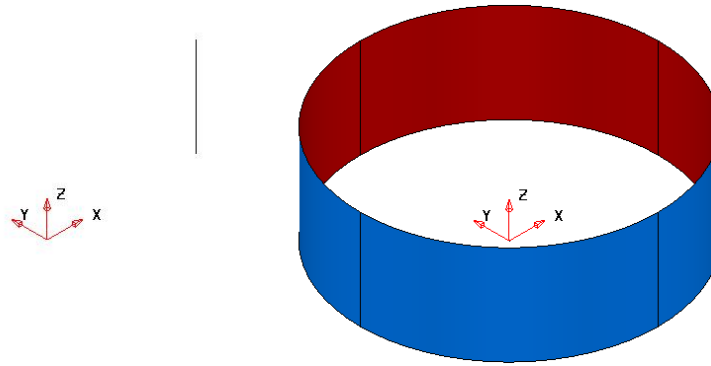


Figura 1.10 Superficie de revolución.

Sí la curva es una semicircunferencia, la superficie puede ser una esfera. Sí la curva es una circunferencia que no corta al eje, la superficie resultante es un toro.

Superficies regladas

La superficie está definida por la unión por interpolación lineal de dos curvas del espacio. Las dos curvas deben de tener el mismo rango de variación del parámetro:

$$S(u, v) = (1 - v) \cdot C_1(u) + v \cdot C_2(u).$$

Geoméricamente equivale a unir mediante segmentos los puntos de las dos curvas que tienen el mismo valor del parámetro (Figura 1.11).

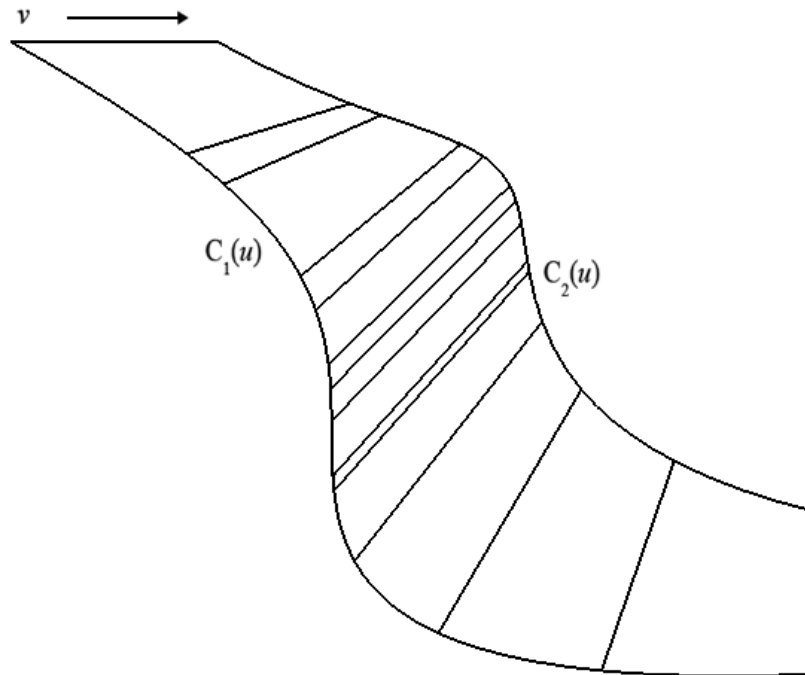


Figura 1.11 Superficie reglada.

Sí una de las curvas es una traslación de la otra, el resultado es el que se obtendría como una superficie cilíndrica construida con una de las curvas y el vector de traslación a hasta la otra. Por lo tanto, las superficies cilíndricas son un caso particular de superficie reglada.

Superficie de unión

Dada una familia de curvas con la misma parametrización $S_i(u)$, se puede construir una superficie interpolando los puntos con el mismo valor de parámetro en todas las curvas. La interpolación puede realizarse, por ejemplo con splines. Sí F_i son las funciones de forma del método de interpolación usado, la superficie vendrá dada por la expresión:

$$S(u, v) = \sum_{i=1}^n S_i(u) F_i(v).$$

Las superficies regladas son un caso particular de superficie de unión con interpolación lineal.

Generación de perfiles

Sí se crean superficies regladas o de unión se deben de generar previamente las curvas que describen los perfiles que se han de interpolar. Dos formas usuales de crear perfiles son:

- Por revolución. Dada una curva $P(u)$ y un eje, se obtienen perfiles a partir de la curva rotándola respecto al eje. La Figura 1.12 muestra el resultado de generar curvas por rotación para posteriormente generar superficies regladas. Obsérvese que el resultado no es una superficie de revolución.

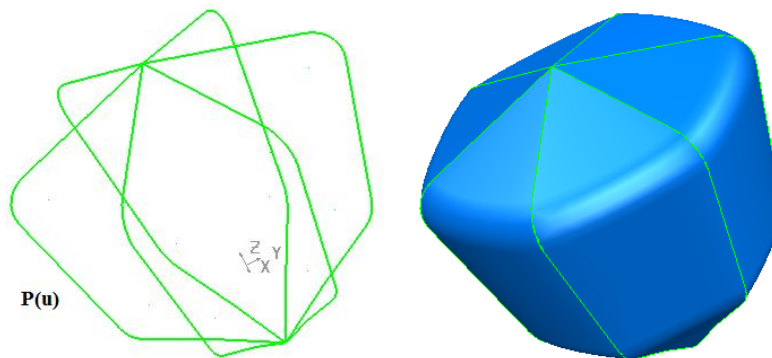


Figura 1.12 Sólido formado con seis superficies regladas.

- Perfil dirigido por un eje. Dada una curva plana $P(u)$ y una curva cualquiera $Q(u)$ se pueden obtener perfiles colocando la curva $P(u)$ sobre la $Q(u)$ con una orientación fija respecto a ésta (Figura 1.13).

Para ello se sigue el siguiente proceso:

1. Trasladar $P(u)$ hasta un punto de $Q(u)$,
2. Calcular tangente de $Q(u)$ en el punto de contacto
3. Girar $P(u)$ para que el plano que lo contiene sea perpendicular al la tangente

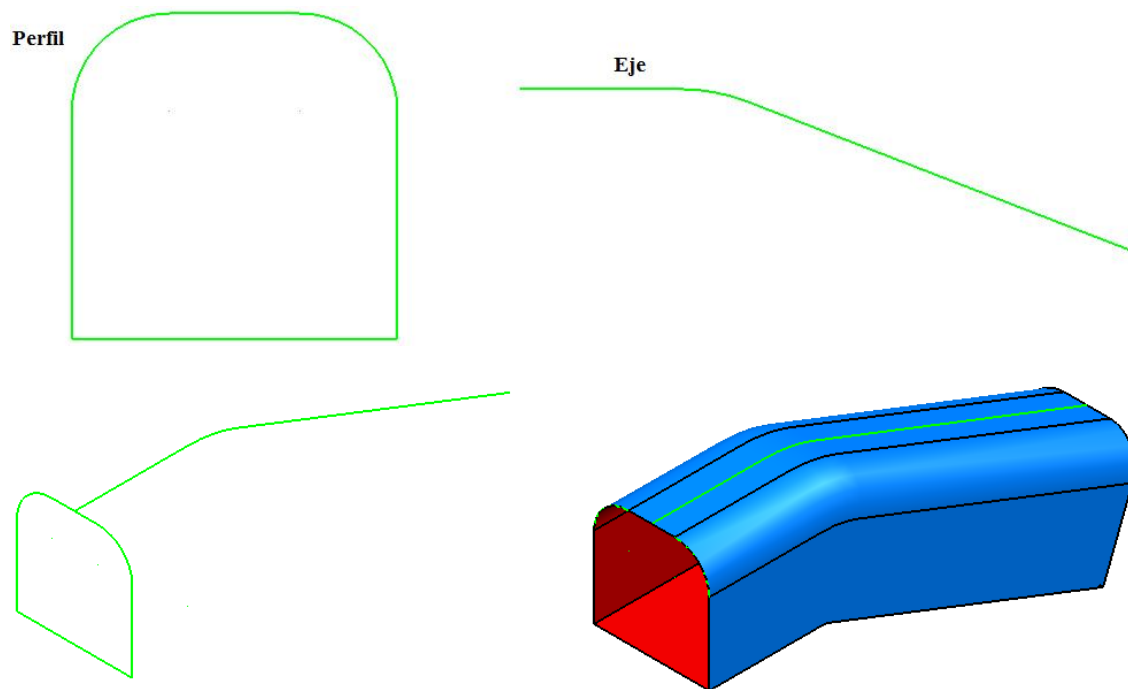


Figura 1.13 Perfil dirigido por un eje.

Generación de superficies a partir de mallas de puntos de control

Se pueden generalizar los métodos de diseño de curvas para superficies. En este caso se utiliza una malla rectangular de puntos de control, $P_{ij} = (x_{ij}, y_{ij}, z_{ij})$. La superficie se calcula a trozos, o parches (Figura 1.14), en la forma:

$$S(u, v) = [x(u, v), y(u, v), z(u, v)] = \sum_{j=0}^m \sum_{i=0}^n P_{ij} B_{ij}(u, v).$$

Las funciones de forma $B_{ij}(u, v)$ se pueden obtener por el producto de las funciones de forma en u y v , usadas para curvas.

$$B_{ij}(u, v) = F_i(u) \cdot G_j(v).$$

Donde $F(u)$ y $G(u)$ son funciones de forma. Obsérvese que las funciones de forma para u y v no tienen que ser las mismas. Pueden variar en grado, vectores de nodos, o incluso ser

métodos diferentes. Conceptualmente el proceso se puede ver como la generación de la superficie como una superficie de unión, usando como perfiles la familia de m curvas

$$C_i(u) = \sum_{i=0}^n P_{ij} F_i(u) \quad [6].$$

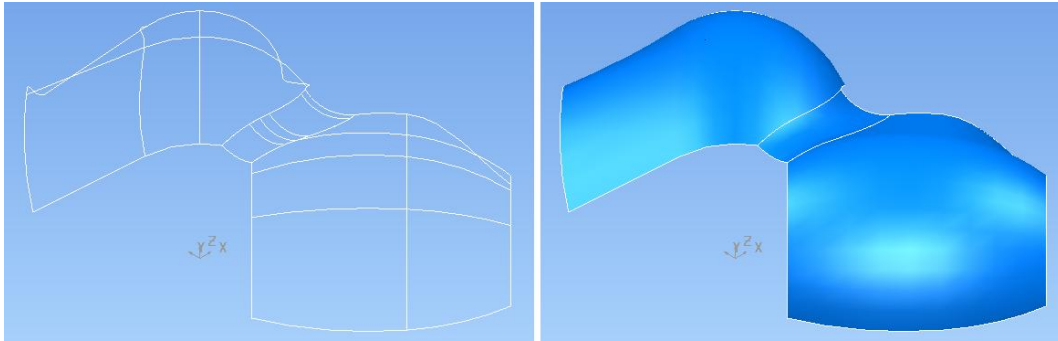


Figura 1.14 Generación de superficie a partir de malla.

Generación de superficies a partir de mallas triangulares

Una malla triangular puede ser definida como un conjunto de superficies triangulares, las cuales tienen vértices en común.

La malla puede ser representada como un vector de m superficies:

Malla $[m]$.

En donde la superficie triangular i tiene tres vértices, de tal manera que ésta puede ser representada por tres puntos:

$$Sup_i = [P_{ai}, P_{bi}, P_{ci}].$$

En donde P_{ai} , P_{bi} y P_{ci} son índices de un vector de puntos P , que tienen componentes en los ejes de coordenadas cartesianas:

$$P_{ai} = [P_{ai} \cdot x, P_{ai} \cdot y, P_{ai} \cdot z]$$

$$P_{bi} = [P_{bi} \cdot x, P_{bi} \cdot y, P_{bi} \cdot z]$$

$$P_{ci} = [P_{ci} \cdot x, P_{ci} \cdot y, P_{ci} \cdot z].$$

Un volumen cerrado puede ser representado con el esquema anterior, en donde existe un vector normal para cada superficie indicando el sentido hacia afuera del volumen, véase la Figura 1.15.

$$N_i = [N_i \cdot x, N_i \cdot y, N_i \cdot z]$$

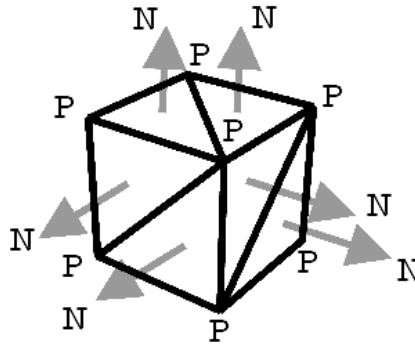


Figura 1.15 Vectores normales para cada superficie de un volumen cerrado.

El número de superficies de la malla determina la precisión del modelo y su orden es de miles (Figura 1.16) ^[10].

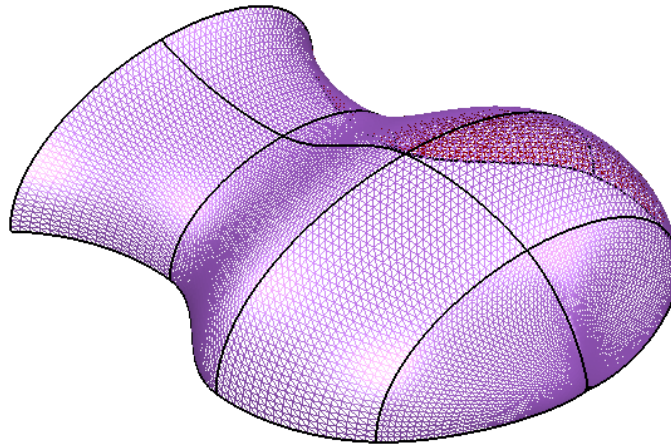


Figura 1.16 Geometría construida en base a mallas triangulares.

1.3.3 DISEÑO GRÁFICO DE SÓLIDOS

Durante la década del 70 del siglo pasado se comenzó a utilizar el sistema de modelado de alambres. En este sistema todos los elementos bidimensionales (líneas, arcos, etc.) son reemplazados por sus contrapartes en 3D. De esta manera, el modelo del objeto queda compuesto por el conjunto de vértices del sólido y por el conjunto de aristas que unen los vértices.

A pesar de que el modelo de alambres se sigue utilizando actualmente, especialmente en el diseño de superficies, éste presenta serias deficiencias. En primer lugar, es un sistema ambiguo (Figura 1.17). En segundo lugar, no se puede garantizar la validez del modelo, ya que no siempre se puede comprobar de manera automática si el usuario ha olvidado definir alguna arista. En tercer lugar, no es posible realizar la eliminación automática de partes ocultas, ya que se desconoce el conjunto de caras del sólido, ni tampoco se pueden hacer cálculos geométricos, porque se necesitaría conocer cuál es la parte interior del sólido.

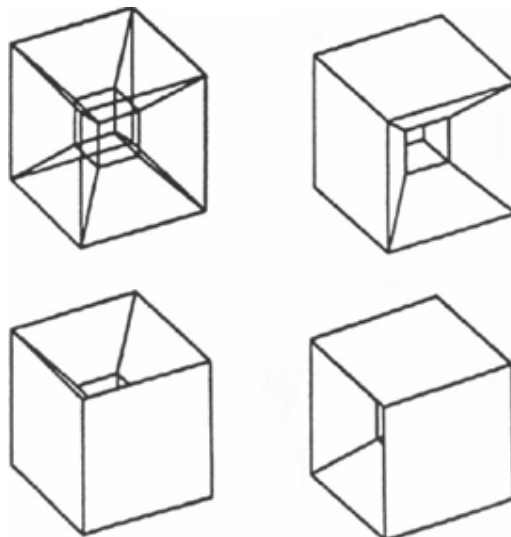


Figura 1.17 Ambigüedad del modelo de alambres.

Otro modelo, no ambiguo, es el llamado modelo de superficies. Este modelo posee información extra sobre las caras, además de la información geométrica del modelo de

alambres, lo que permite visualizar los objetos sin las líneas ocultas. Esta información sobre las caras indica la unión de las aristas en polígonos, pero no ofrece información sobre la orientación de las caras, por lo que no permite conocer cuál es la parte interior y exterior del sólido (esta deficiencia está superada en PowerSHAPE). Pero este modelo no es válido, por lo que no permite el cálculo de propiedades geométricas.

Dadas las desventajas de los modelos presentados, actualmente se tiende a utilizar modelos basados en esquemas de representación no ambiguos y válidos como los presentados a continuación.

Instanciación de primitivas

Este esquema describe sólidos que están formados por objetos que pertenecen a un número finito de familias caracterizadas por un número finito de parámetros. Cada miembro de la familia se representa por el nombre de la familia seguido por los valores numéricos de los parámetros de la familia. En terminología del modelado geométrico, una familia se denomina Primitiva, y cada miembro de ella, Instanciación, de aquí el nombre con el que se denomina este esquema de modelado ^[11].

Por primitivas se entienden los objetos básicos predeterminados de un sistema CAD, a partir de los cuales se construirá el diseño completo. Habitualmente, las primitivas suelen admitir uno o más parámetros para dar flexibilidad al diseño. Por ejemplo, muchos sistemas disponen de objetos paramétricos elementales, como bloques rectangulares, cilindros, esferas, conos, toros, etc. (Figura 1.18), con los parámetros necesarios para fijar sus dimensiones, posición y orientación.

Las primitivas serán más o menos complejas en función del grado de especialización del sistema. Por ejemplo, un sistema para el diseño de tuberías puede admitir como primitivas no sólo tramos rectos, bifurcaciones, reductores y codos, sino también distintos tipos de complejas válvulas, difusores, rejillas y demás accidentes comunes en este tipo de diseños. La

instanciación de una primitiva consiste en crear un objeto concreto asignando valores determinados a los parámetros que la definen.

Este esquema no es ambiguo, es único, sencillo de validar, conciso y sencillo de utilizar.

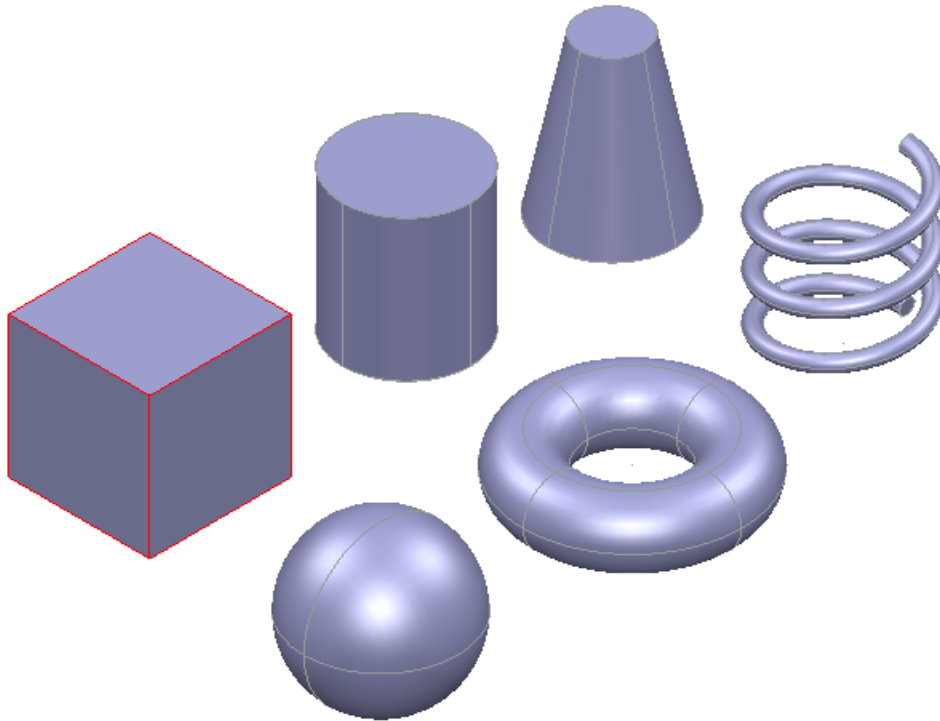


Figura 1.18 Sólidos primitivos: bloque, cilindro, cono, esfera, toro y muelle.

Modelo de barrido

El barrido es una operación que permite definir nuevos objetos a partir de una figura plana, llamada perfil de barrido, y una trayectoria, también llamada curva guía. El resultado es el objeto que se obtiene al desplazar el perfil a lo largo de la trayectoria (de forma continua). Si el perfil es una figura cerrada, se obtendrá un objeto sólido, mientras que un perfil abierto suele definir una superficie. Los dos tipos más comunes de barrido son el barrido por traslación, en el que la trayectoria es un segmento rectilíneo, y el barrido por rotación, consistente en desplazar el perfil girándolo un determinado ángulo con respecto a un eje, es decir, se trata de un barrido a lo largo de una trayectoria en forma de arco de círculo (Figura

1.19). Aunque el uso más habitual de estas operaciones es para la creación de objetos nuevos, un barrido permite también modificar un diseño existente, añadiéndole nuevas protuberancias, ribetes, etc.

Los tipos de barrido descritos son esquemas no ambiguos, pero no únicos.

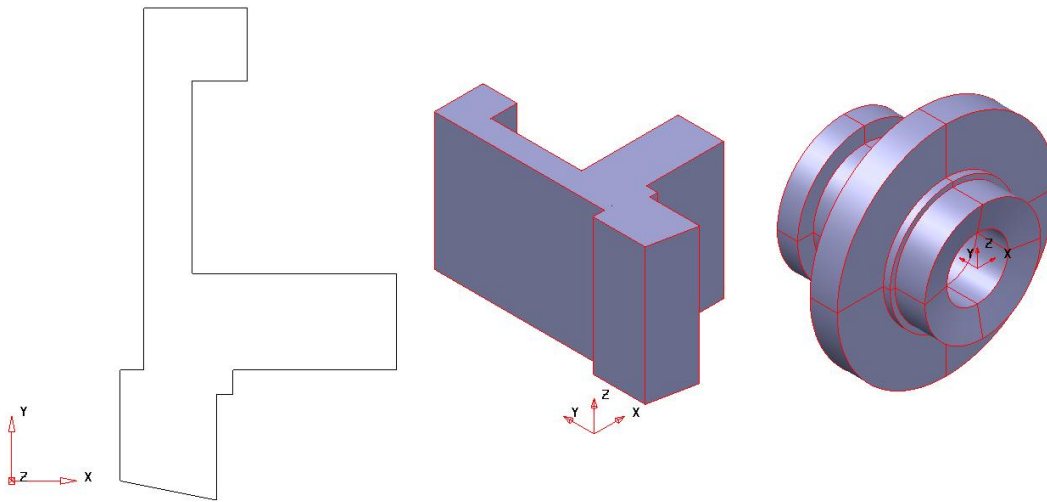


Figura 1.19 Construcción de un sólido por barrido traslacional y rotacional.

Modelo de fronteras

En este modelo los sólidos quedan determinados por los puntos que pertenecen a la frontera, ya que éstos separan los puntos interiores de los puntos exteriores del sólido. La frontera es representada por un conjunto disjuncto de caras, que pueden ser planas o curvas. Cada cara está acotada por un perímetro anular de aristas que se intersecan en vértices. Si la cara tiene agujeros, queda acotada, a su vez, por uno o más anillos internos de aristas. A este tipo de representación se le llama, también, representación poliédrica de sólidos (Figura 1.20).

La información asociada a los componentes de una superficie (caras, aristas, vértices) comprende dos partes. Una es la geométrica, que incluye la dimensión y localización en el espacio de cada componente. La otra es la topológica, que describe la conexión entre los elementos. Así, la geometría define puntos, líneas y planos, y la topología identifica un punto

como vértice que limita una línea que define una arista. Un anillo de aristas constituyen el polígono frontera de una superficie que define una cara.

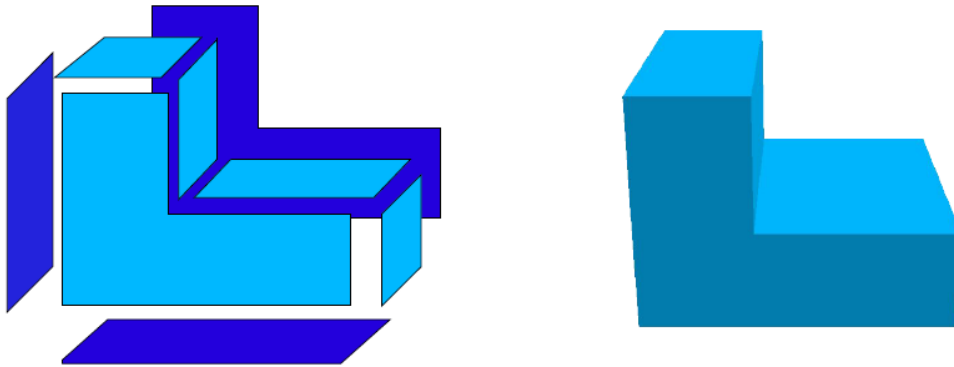


Figura 1.20 Representación de fronteras.

Cualquiera que sea la representación escogida para la topología y para la geometría de la frontera, lo más importante es que esté definido un sólido válido. Para conseguir que la frontera defina un sólido válido, las características que la superficie del sólido debe cumplir son las siguientes:

- Ser cerrada. Es decir, sin caras ni aristas sueltas. Esta condición se verifica si cada arista enlaza dos vértices y dos caras, y si, además, el perímetro de cada cara contiene igual número de aristas que de vértices.
- Que no haya caras que se intercepten entre sí.
- Ser orientable. Es decir, que defina dos semiespacios, uno interior al sólido y otro exterior.

La verificación de las dos primeras propiedades puede realizarse mediante la ecuación generalizada de Euler:

$$C + V - A = 2S + R - 2H$$

donde C es el número de caras del objeto, V es el número de vértices, A es el número de aristas, R es el número de anillos interiores de las caras, H es el número de agujeros pasantes del objeto, y S es el número de componentes separados (partes) del objeto.

Respecto a las características globales del esquema se puede decir que no es ambiguo, generalmente no es único, y es poco conciso, ya que es elevada la información a representar.

Modelo CSG

La Geometría Constructiva de Sólidos (CSG) es un esquema donde sólidos primitivos simples son combinados mediante operadores Booleanos regularizados que están incluidos directamente en la representación (Figura 1.21). Un objeto es almacenado como un árbol ordenado con operadores en los nodos internos, y primitivas simples en las hojas. Algunos nodos representan operadores Booleanos, mientras otros realizan traslaciones, rotaciones o escalamientos.

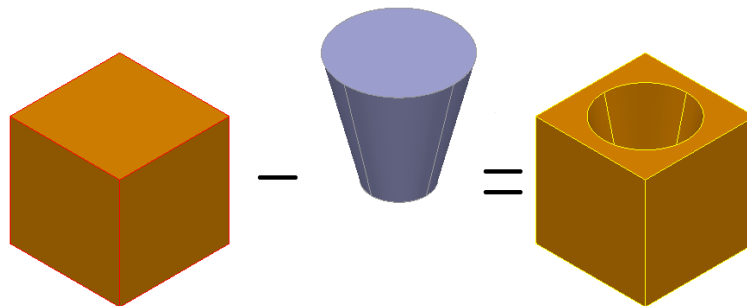


Figura 1.21 Construcción de un sólido CSG.

La geometría constructiva de sólidos es un método de modelado no ambiguo, válido, condicionado por el repertorio de primitivas disponibles. La principal debilidad del método es la no unicidad de las representaciones, ya que hay infinidad de formas de representar cualquier sólido ^[11].

1.4 ANTECEDENTES DE LA FABRICACIÓN ASISTIDA POR COMPUTADORA

La historia de los sistemas asistidos por computadora es principalmente la historia del diseño y la fabricación asistida por computadora, así también está unida al principio con la historia de la computación gráfica, ya que hasta la introducción de la computación gráfica fue posible crear, investigar y manipular los sólidos por computadora. El diseño y fabricación asistida por computadora se redujo sólo a la informática.

El primer diseño de máquina calculadora (calculadora con opciones de gráficos) fue presentado por Vannevar Bush en 1945, pero su propuesta nunca fue llevada a la práctica. Las primeras computadoras que permitían gráficos interactivos se hicieron a principios de los años 60 del siglo pasado gracias a la General Motors, Lockheed, la NASA y los Laboratorios Bell. Los primeros sistemas de computación gráfica, de diseño y de fabricación asistida por computadora fueron desarrollados para plataformas de hardware diferentes, pero los mayores productores de equipos de informática (IBM, DEC, Control Data, Texas Instruments) habían hecho caso omiso de esta área. Las primeras propuestas de estos sistemas se realizaron a menudo por los clientes; famosos centros de investigación llevaron a cabo mucho trabajo, por ejemplo, el Instituto de Tecnología de Massachusetts, la Universidad de Utah y la Xerox PARC en California. Así se desarrollaron sistemas que resolvían las tareas del diseño asistido por computadora en varias áreas, los cuales eran diferentes en calidad y amplitud. Poco a poco, unos quince de estos sistemas se han utilizado seriamente fuera de los lugares de desarrollo. Al inicio de la década de los 80 del siglo pasado fue de éxito para Unix, sucediendo a los antiguos propietarios de sistemas y sistemas asistidos por computadora. Estos años se caracterizaron por la dominación de las grandes empresas que produjeron sistemas sofisticados de software para diseño asistido por computadora y más tarde también para el seguimiento de los procesos técnicos. La cooperación entre clientes y empresas proveedoras de sistemas asistidos por computadora era muy cercana, algunas de las empresas

habían apoyado a un solo cliente y se crearon como departamento de los grandes gigantes de la industria. Europa no quiso estar a la zaga del desarrollo de los EE.UU. y sobre todo en Francia aparecieron empresas interesadas en el desarrollo de los sistemas asistidos por computadora y algunas de ellas tienen una posición importante en el ámbito actual.

La historia de la fabricación asistida por computadora viene desde la década de los 50 del siglo pasado, cuando la máquina de control numérico (CN) fue diseñada. Éste fue el primer impulso para la entrada de la electrónica y más tarde la tecnología informática en apoyo a la producción. Sin embargo, el desarrollo más extenso de los sistemas de fabricación asistida por computadora fue posible gracias a la creación de máquinas de producción controladas numéricamente por computadora (CNC), que datan de 1970. Dado que los sistemas CAM admiten los datos acerca de la geometría del producto, que ha sido creado por el sistema CAD, y se utiliza directamente para la creación de programas de CN y su producción en máquinas de CN y CNC; los grandes sistemas que cubren las áreas de diseño asistido por computadora y también siguen la fabricación asistida por computadora aparecieron en la década de los 80 del siglo pasado, estos sistemas son los llamados CAD/CAM.

La empresa más importante, que produjo amplios y costosos sistemas CAD/CAM fue Computervision, que prácticamente dominaron en las áreas de aeronáutica y la industria del automóvil. IBM desarrolló su propio sistema de CAD/CAM, que se unió más tarde con el sistema CATIA. A principios de la década de 1990 seis empresas estaban entrando fuertemente al mercado, produciendo sistemas que trabajaban bajo Unix, cerca en precio y calidad; cuatro de EE.UU. (Computervision, EDS/Unigraphics, Structural Research Dynamic Corp., Parametric Technology Corporation) y dos de Francia (Matra Datavision, y Dassault Systemes, donde la mayoría es propiedad de IBM). Estas compañías crearon sistemas modulares especialmente para el área de maquinaria, con precios de varios cientos de miles de dólares de EE.UU. por el sistema completo (hardware y software) en el lugar de trabajo.

Estas empresas también están dominando en el área de los grandes sistemas CAD/CAM en la actualidad.

El área de las computadoras personales (PC) no era atractivo para los sistemas CAM por esa época, principalmente por el hecho de que los sistemas CAD para PC fueron diseñadas sólo para dibujo 2D debido al bajo rendimiento de cálculo y estos no disponían con las funciones para la creación de modelos sólidos a partir de figuras desde las que es posible derivar los programas de CN para máquinas de producción y también que no permitían la creación de programas de CN de manera efectiva, por su bajo desempeño de cálculo. A principios de la década de 1990 los grandes sistemas CAD/CAM en estaciones de trabajo sólo estaban disponibles para el área de fabricación asistida por computadora. Entre 1990-1994 el desempeño de cálculo y rendimiento gráfico de las máquinas que trabajan bajo Unix se incrementó mucho más rápidamente en la PC, gracias principalmente a los productos de Silicon Graphics. Durante la segunda mitad de la década de 1990 el desarrollo poco común en el área de los componentes de PC, y la entrada de éstas con procesadores Pentium, Pentium Pro, Pentium II, que fueron competitivos por el desempeño con respecto a las estaciones de trabajo, pero su precio es sólo un factor parcial que ha permitido a los desarrolladores de los sistemas CAM orientarse también al área de la PC y permitir de este modo los beneficios del CAM a más usuarios ^[12].

1.5 LA FABRICACIÓN ASISTIDA POR COMPUTADORA

A partir de la información de la geometría de la pieza, del tipo de operación deseada, de la herramienta elegida y de las condiciones de corte definidas, el sistema calcula las trayectorias de la herramienta para conseguir el maquinado correcto en equipos tales como tornos, fresadoras, taladradoras, electroerosionadoras, etc. También, genera los programas de CN necesarios para fabricar las piezas en máquinas con CNC (Control Numérico Computarizado) ^[13]. Las máquinas-herramientas de CN que no tienen integrado este sistema CAM tienen que

codificar el programa en forma manual, en donde cada línea del programa es referida como un bloque de instrucciones el cual consiste en un código alfanumérico que define el trabajo a efectuar por la máquina.

Sistemas CAM

Son sistemas para la preparación de los datos y de los programas para el control de las máquinas de control numérico para la producción automatizada de las piezas mecánicas, de ensamble de conjuntos, de circuitos electrónicos, etc. Estos sistemas utilizan principalmente los datos geométricos y otros datos, que se ha adquirido durante el diseño computacional de la pieza, producido por el sistema CAD.

El área del control numérico (CN) es la parte más trabajada dentro de un sistema CAM. Es la tecnología, donde los programas para el control de las máquinas de producción se utilizan, por ejemplo para torno, fresado, taladrado, dobladoras de lámina, esmerilado, máquinas de corte convencionales y no convencionales (láser, plasma, chorro de agua), sino también para el trabajo mecánico y máquinas de prensado por sus sistemas de control. Existen dos tipos principales de control numérico, que son diferentes por el método de almacenamiento de programas. En el caso del CNC, el sistema de control de la máquina de producción está directamente conectado a la computadora de control local, donde se guarda el programa. El segundo, el método más moderno se caracteriza por la flexibilidad de control distribuido de varias máquinas de producción desde un centro común, DNC (Control Numérico Distribuido) [12].

Las herramientas para la creación de postprocesos, que permiten la transferencia de los datos geométricos que definen las trayectorias de herramientas a código aceptable para el sistema de control de la máquina de producción a la que pertenece; las bibliotecas de postprocesadores para los sistemas de control más utilizados y también los módulos de simulación que permite la animación del proceso de producción se han integrado como parte

de los sistemas CAM. El usuario puede verificar el proceso en acciones individuales que se realizan sobre el modelo y así se puede evitar las colisiones accidentales de la herramienta con la pieza de trabajo o con los montajes.

A continuación se caracteriza un sistema CAM de fresado, el software PowerMILL, de acuerdo a los componentes o herramientas antes mencionados.

Geometría

El modelo define la forma, tamaño y orientación del bloque o material en bruto que va a ser maquinado. Hay cinco maneras de definir el bloque:

Caja. Sí el material es un bloque rectangular que puede ser definido por puntos mínimos y máximos X, Y, Z (Figura 1.22).

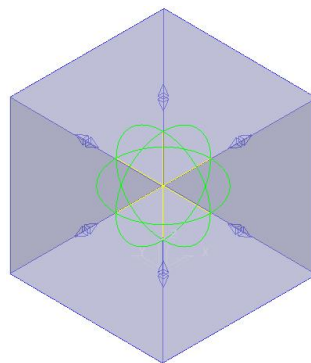


Figura 1.22 Bloque definido por caja.

Picture. Sí el material es una extrusión que puede ser definida por un contorno 2D (un trabajo pre-dibujado, Figura 1.23). El contorno debe ser guardado como un archivo picture (*.pic). Esta picture 2D debe formar un contorno cerrado y no interceptar consigo mismo (o con otro contorno).

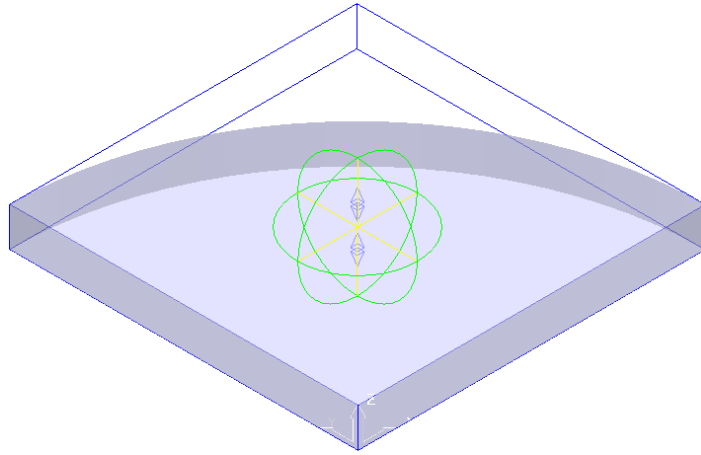


Figura 1.23 Bloque definido por picture.

Triángulos. Cuando el material en bruto es una forma compleja que puede ser definida por un modelo de triángulo 3D (un bloque prefabricado, Figura 1.24).

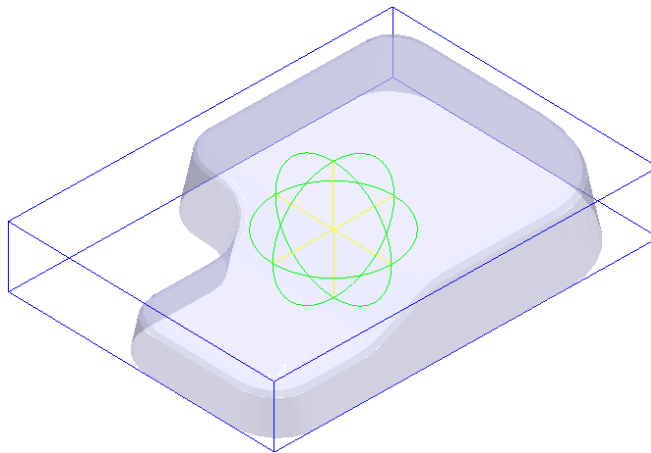


Figura 1.24 Bloque definido por triángulos.

Límite. Para el maquinado de una zona específica definida por un contorno extruido 2D (Figura 1.25).

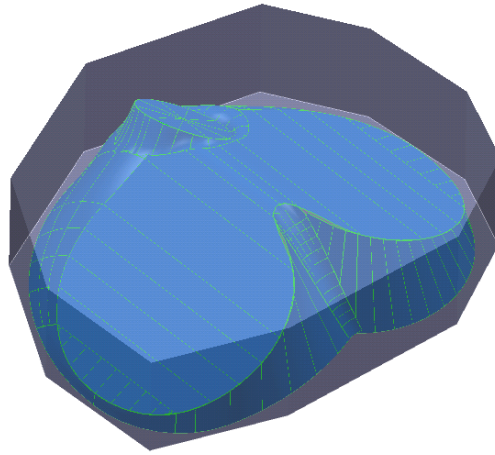


Figura 1.25 Bloque definido por un límite.

Cilindro. Cuando el material es un cilindro (Figura 1.26). El eje del cilindro es definido como el eje Z en funcionamiento.

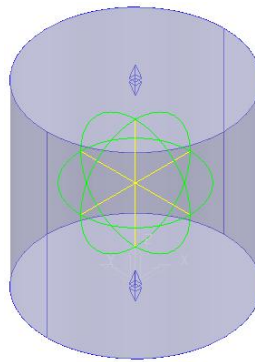


Figura 1.26 Bloque definido por un cilindro.

Cuando se selecciona un bloque se encierra en un cubo (o cilindro) de color azul con una flecha de doble cabezal en las caras. Esto es un bloque instrumentado, al colocar el puntero sobre la doble flecha en el lateral del bloque esta flecha se resalta y muestra la posición; máxima o mínima en el eje seleccionado. Al hacer clic y arrastrar el ratón se pueden modificar las dimensiones hasta conseguir la longitud apropiada.

El modelo podría necesitar ser rotado para ver las medidas alineadas al frente de la máquina herramienta, por ejemplo a lo largo del eje X. Lo mejor es crear un plano de trabajo y rotar sobre el mismo al modelo. Al rotar el nuevo plano de trabajo activo indirectamente se reorienta el modelo. Es posible también (pero no suele ser una buena práctica) rotar y/o mover el modelo respecto al sistema de coordenadas activo.

Los planos de trabajo son componentes alternativos o adicionales que pueden ser movidos u orientados desde el entorno global. Se usan frecuentemente en maquinado de 3 ejes y son un elemento esencial en la aplicación de estrategias de maquinado de 3+2 y 5 ejes.

No siempre es necesario crear y rotar o mover un plano de trabajo después de importar el modelo a PowerMILL, aunque dependería del modelo original, ya que la orientación es importada desde el sistema CAD.

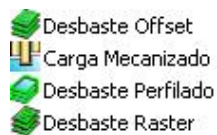
Operaciones deseadas

El tipo de trayectoria que se necesita crear se define según el tipo de operación (desbaste, acabado, maquinado especial).

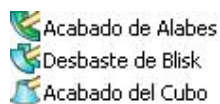
Desbaste 2.5D:



Desbaste 3D:



Blisks:



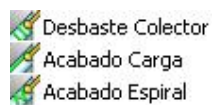
Taladros:



Acabado:



Colectores:



➤ Estrategia de desbaste

La estrategia seleccionada define el método utilizado para eliminar el material dentro de los contornos en cada nivel de desbaste.

Esos movimientos eliminan el material contenido dentro de los perfiles. Las opciones disponibles 2.5D y Desbaste 3D son:

- Desbaste curva 2D

Permite el desbaste dentro de una curva cerrada utilizando los movimientos raster (Figura 1.27). Es la forma más fácil de crear trayectorias de maquinado 2D. Si se desea aumentar un modelo 2.5D a sólido, partiendo de curvas, es necesario crear figuras, un conjunto de figuras o el asistente mecanizado 2D.

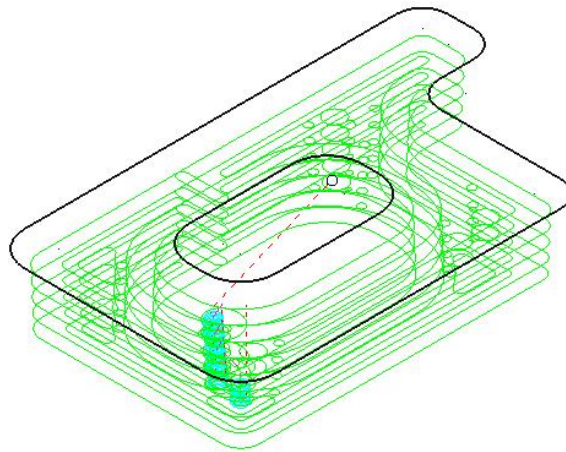


Figura 1.27 Estrategia de desbaste curva 2D.

- Perfilado curva 2D

Crea una trayectoria sencilla seguida de una o más curvas en una única altura de desbaste (Figura 1.28). Es una forma fácil de crear trayectorias de maquinado 2D. Si se desea aumentar un modelo 2.5D a sólido, partiendo de curvas, es necesario crear figuras, un conjunto de figuras o el asistente mecanizado 2D.

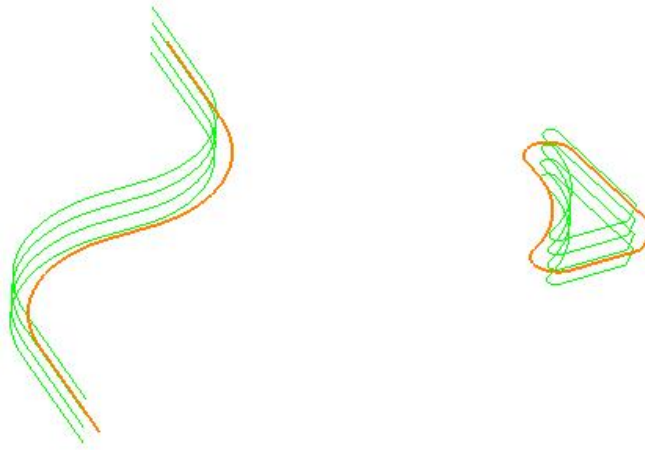


Figura 1.28 Estrategia de desbaste, perfilado curva 2D (curvas abierta y cerrada).

- Asistente mecanizado 2D

El asistente del mecanizado 2D ayuda a maquinar figuras en 2.5D (Figura 1.29).

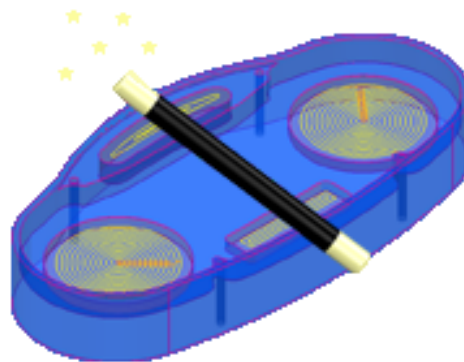


Figura 1.29 Estrategia de desbaste, asistente mecanizado 2D.

- Chaflán

Suaviza las aristas utilizando las herramientas específicas del chaflán (Figura 1.30). El achaflanado es utilizado para eliminar los bordes bruscos exteriores de un modelo después de haber sido completamente maquinado. El achaflanado minimiza las operaciones de suavizado manual de aristas, mejora el ensamble de conjuntos de piezas, añadiendo una conicidad a uno o ambos bordes coincidentes, se utiliza por razones estéticas y de seguridad.

El achaflanado crea una única pasada de acabado ya que las herramientas son mayores que la figura del chaflán.

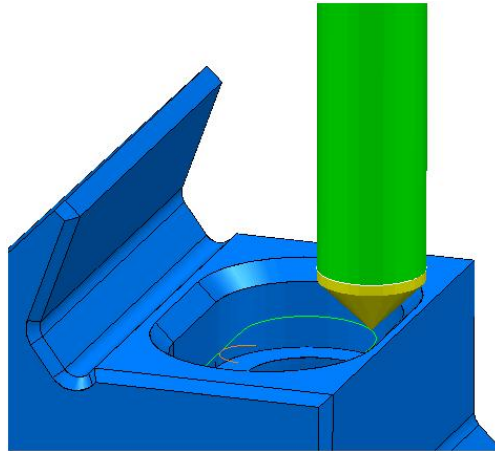


Figura 1.30 Estrategia de desbaste chaflán.

- Planeado

Crea superficies planas guiando una herramienta grande de corte sobre la superficie de la pieza de trabajo (Figura 1.31). La herramienta es una fresa plana que contiene insertos. El giro de la herramienta siempre tiene un eje de rotación perpendicular a la superficie de la pieza de trabajo. La geometría de la herramienta sólo permite una profundidad pequeña de corte. El planeado se utiliza normalmente para maquinar superficies planas en los componentes del motor de los vehículos, transmisión de válvulas y motores.

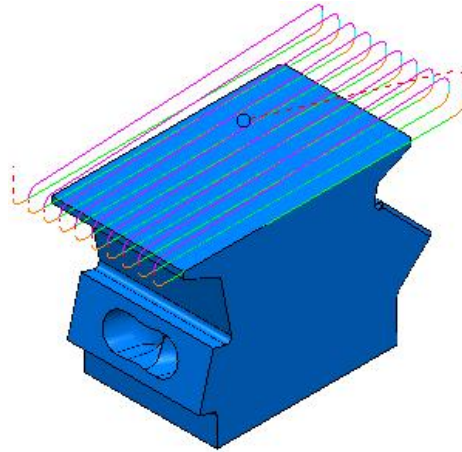


Figura 1.31 Estrategia de desbaste planeado.

- Desbaste Offset

Maquina una zona con contornos creados repetidamente offseteando el corte inicial (Figura 1.32). Si se selecciona un paso mayor que el radio de la herramienta, se activa automáticamente un comando para detectar y maquinar cualquier resto de material pequeño. Esta función crea trayectorias adicionales que son integradas dentro de la trayectoria principal. Con este método se producen menos levantadas de la herramienta.

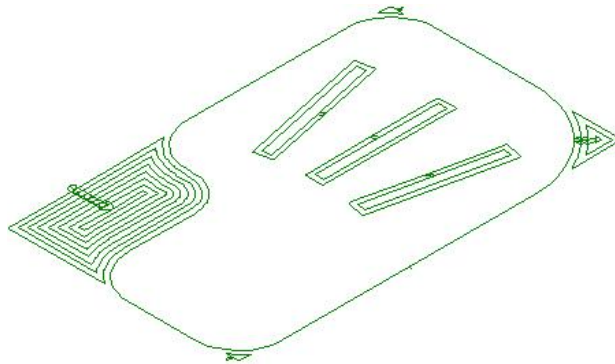


Figura 1.32 Estrategia de desbaste offset.

- Carga mecanizado

Es dónde una herramienta de corte especializada se utiliza para eliminar grandes cantidades de material de un componente a través de una serie de movimientos de carga vertical (Figura 1.33). El mayor beneficio de la carga de mecanizado es que el material eliminado puede ser muy grande y en ciertos casos exceder el índice alcanzable por más de un maquinado convencional.

Este maquinado exige una demanda extrema de la máquina CNC y de la herramienta de corte. Es fundamental que se entiendan bien las limitaciones de la máquina antes de emprender cualquier carga de mecanizado. Cuando no se reconocen esas limitaciones y se trabaja fuera de ellas, puede llevar consigo varias averías en el equipo.

Para crear una carga mecanizado es necesario tener una trayectoria existente que proporcione el patrón para la trayectoria y un modelo de restos que defina el estado actual del bloque.

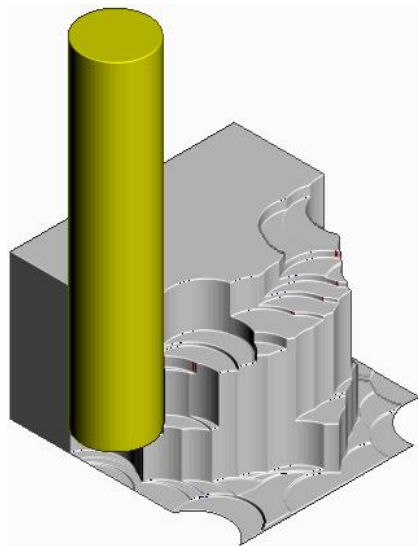


Figura 1.33 Estrategia de desbaste, carga mecanizado.

Hay que tener cuidado con los puntos de entrada, y los agujeros pre-taladrados dentro de cualquier cajera, de lo contrario serán ignorados.

Durante la carga de mecanizado, la herramienta soporta una enorme fuerza, esto puede ocasionar la rotura de la misma. Por esta razón, a menudo es necesario retraer la herramienta desde la pieza hasta el final de cada movimiento de corte. Esto disminuye la fuerza y la herramienta vuelve a su estado original así también no se obtienen movimientos de corte inesperados.

- Desbaste perfilado

Maquina alrededor de los perfiles creados a una altura Z (Figura 1.34).

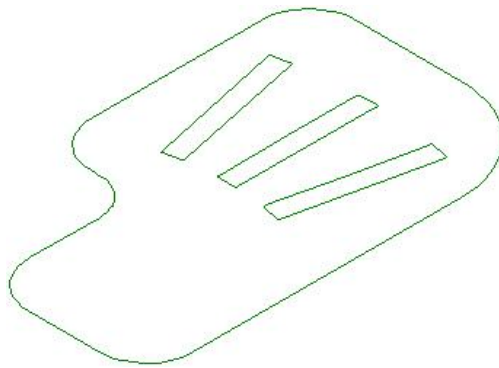


Figura 1.34 Estrategia de desbaste perfilado.

- Desbaste raster

Comprende líneas rectas que se mueven en paralelo hacia cualquiera de los ejes X ó Y (Figura 1.35).

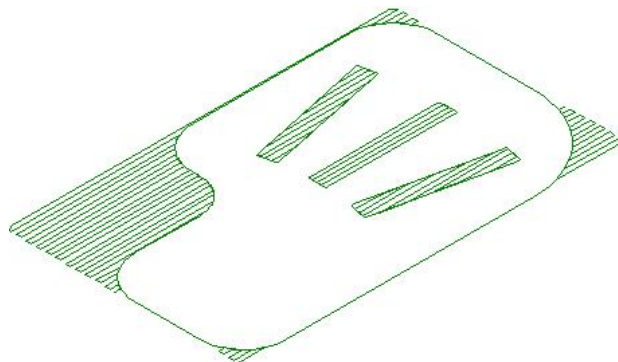


Figura 1.35 Estrategia de desbaste raster.

➤ Estrategias de acabado

La estrategia seleccionada define como se maquinará el modelo durante el acabado.

- Offset 3D

Crea una trayectoria offseteando el modelo y el bloque (Figura 1.36). Esta técnica es la mejor para maquinar zonas que necesitan un paso constante y funciona mejor en superficies casi horizontales.

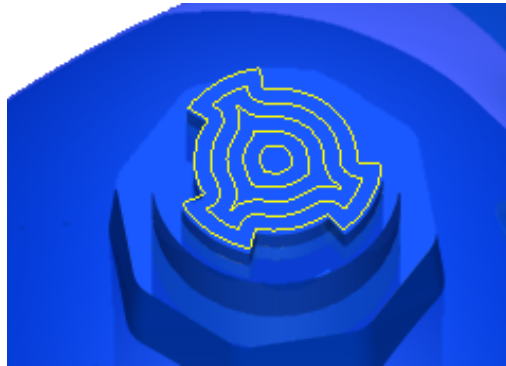


Figura 1.36 Estrategia de acabado, offset 3D.

- Z constante

Crea una trayectoria cortando el modelo a las alturas Z específicas (Figura 1.37). Esta funciona bien en las superficies casi verticales.

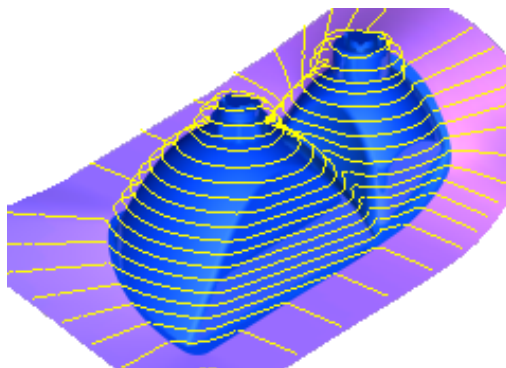


Figura 1.37 Estrategia de acabado, Z constante.

- Esquinas: según

Crea varias trayectorias de esquina que seguirán a las líneas trazadas (Figura 1.38). Se utiliza para maquinar esquinas que ocurren entre superficies no tangenciales. Son calculadas automáticamente dentro de cualquier límite existente. Si no hubiese ningún límite entonces se debe crear uno.

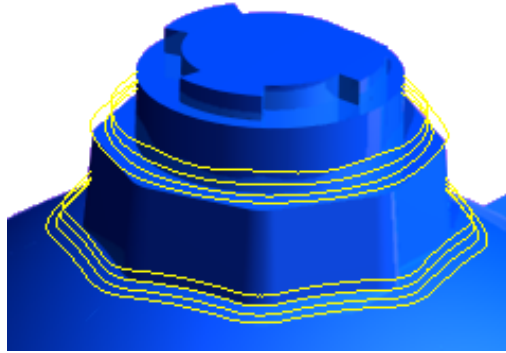


Figura 1.38 Estrategia de acabado, esquinas: según.

- Esquinas: automático

Crea varias trayectorias de esquina, trayectorias de cosido en zonas inclinadas y trayectorias según en las zonas bajas (Figura 1.39). Esta es útil para maquinar las esquinas que suceden entre las superficies no tangenciales. Son automáticamente calculadas dentro de cualquier límite existente. Si no hay límites entonces se debe crear uno.

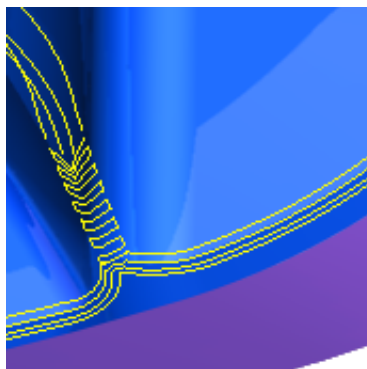


Figura 1.39 Estrategia de acabado, esquinas: automático.

- Esquinas: multibitangente

Crea una trayectoria con varios trazos tomando el contorno del área sin maquinar de la herramienta anterior definida en referencia herramienta (Figura 1.40). Esta es usada para maquinar áreas entre superficies no tangenciales. Son automáticamente calculadas dentro de cualquier límite existente. Si no hubiese ningún límite entonces se debe crear uno.

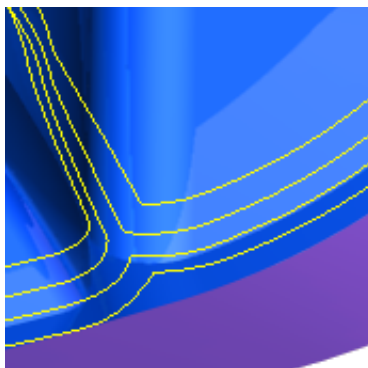


Figura 1.40 Estrategia de acabado, esquinas: multibitangente.

- Esquinas: bitangente

Crea una trayectoria de un trazo (Figura 1.41). Se utiliza para maquinar esquinas que ocurren entre superficies no tangenciales. Son calculadas automáticamente dentro de cualquier límite existente. Si no hubiese ningún límite entonces se debe crear uno.

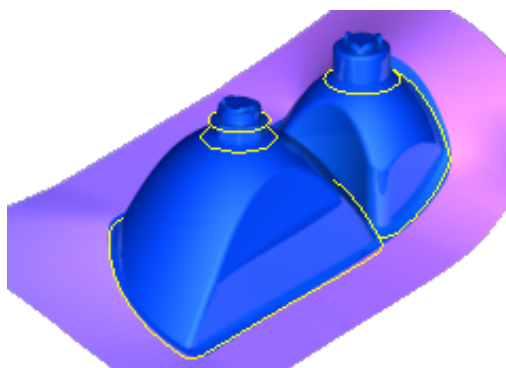


Figura 1.41 Estrategia de acabado, esquinas: bitangente.

- Esquinas: cosido

Crea una trayectoria de esquina que cortará a través de las líneas trazadas (Figura 1.42). Se utiliza para maquinar esquinas que ocurren entre superficies no tangenciales. Son calculadas automáticamente dentro de cualquier límite existente. Si no hubiese ningún límite entonces se debe crear uno.

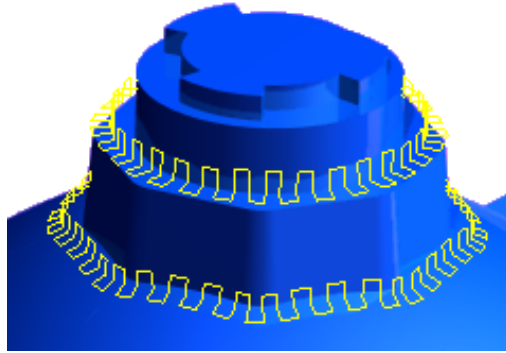


Figura 1.42 Estrategia de acabado, esquinas: cosido.

- Corte con disco

Utiliza una herramienta de disco tórica para crear las trayectorias de perfilado. El borde de la herramienta, en lugar de la punta es conducido a través de la superficie (Figura 1.43). Esta estrategia no cortará las aristas, pero realizará los movimientos de retracción, reposición y carga antes de continuar con el maquinado.

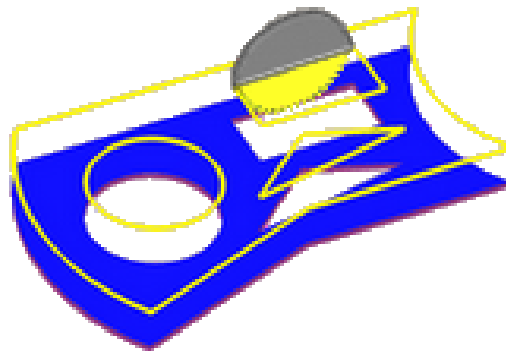


Figura 1.43 Estrategia de acabado, corte con disco.

- Patrón embebido

Utiliza un patrón embebido para definir los puntos de contacto de la trayectoria (Figura 1.44).

Antes de crear esta trayectoria de acabado es necesario crear un patrón embebido.

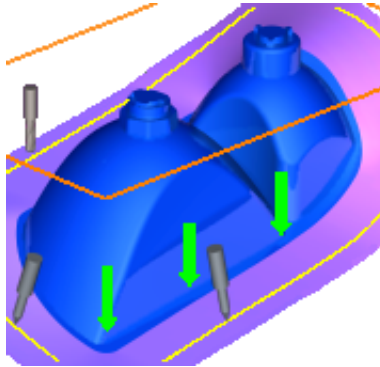


Figura 1.44 Estrategia de acabado, patrón embebido.

- Z constante intercalado

Es una estrategia que crea trayectorias Z constante en zonas inclinadas de un modelo y offset 3D en las zonas bajas (Figura 1.45). Esto es distinto del acabado Z constante optimizado, ya que se puede especificar cuando se modifica el maquinado desde el offset 3D a Z constante, y se puede especificar un solape dónde las trayectorias offset 3D y Z constante son creadas.

También el acabado Z constante optimizado sólo utiliza los segmentos completos, mientras que el acabado Z constante intercalado dividirá los segmentos en el límite bajo. Esto significa que las trayectorias Z constante intercaladas se repliegan más que las Z constante optimizado.

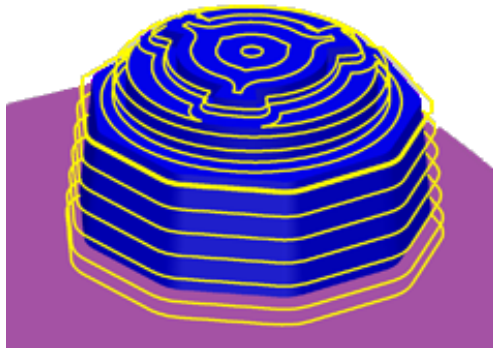


Figura 1.45 Estrategia de acabado, Z constante intercalado.

- Offset plano

Proporciona un interface sencillo para maquinar zonas planas en un modelo. Crea una trayectoria offseteando el modelo y el bloque (Figura 1.46).

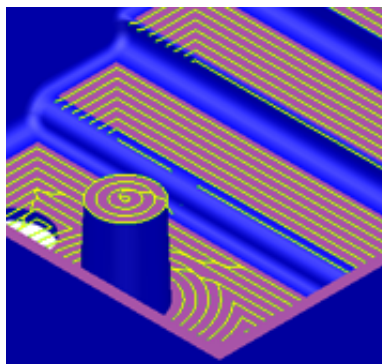


Figura 1.46 Estrategia de acabado, offset plano.

- Z constante optimizado

Crea automáticamente trayectorias a Z constante en zonas inclinadas del modelo y trayectorias offset 3D en zonas bajas del modelo (Figura 1.47).

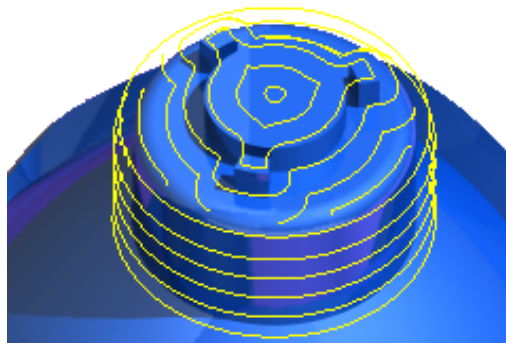


Figura 1.47 Estrategia de acabado, Z constante optimizado.

- Offset paramétrico

Maquina entre dos curvas. Esta estrategia se conduce desde una curva hacia la otra para crear la trayectoria offset paramétrica (Figura 1.48).

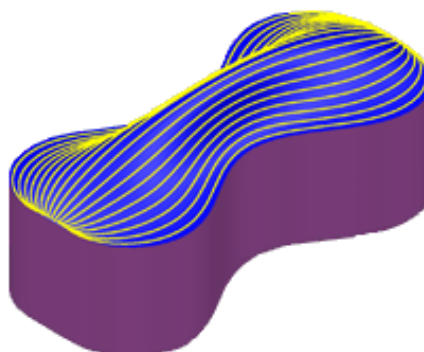


Figura 1.48 Estrategia de acabado, offset paramétrico.

- Patrón

Crea una trayectoria desde un patrón (una picture 2D) y entonces lo proyecta sobre el modelo (Figura 1.49). Después esto se maquina. El patrón puede contener cualquier cantidad de contornos 2D abiertos o cerrados.

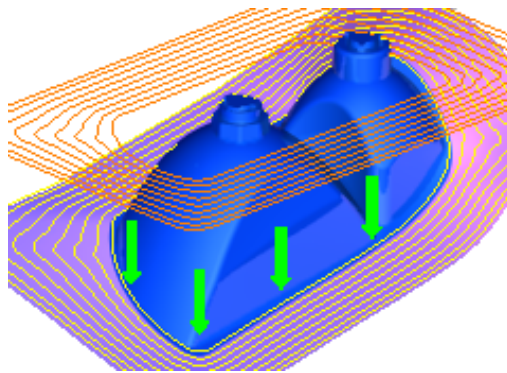


Figura 1.49 Estrategia de acabado patrón.

- Perfilado

Permite elegir un grupo de superficies y hacer un perfilado del exterior de esas superficies. Esta técnica sólo funciona en modelos de superficie (no en modelos de triángulos, Figura 1.50).

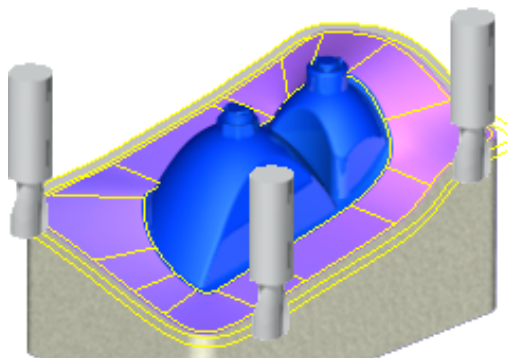


Figura 1.50 Estrategia de acabado perfilado.

- Proyección curva

Es muy similar a la estrategia de proyección línea, excepto que el patrón es una curva en lugar de una línea (Figura 1.51). Proyecta un patrón cilíndrico sobre el modelo. Este patrón es maquinado.

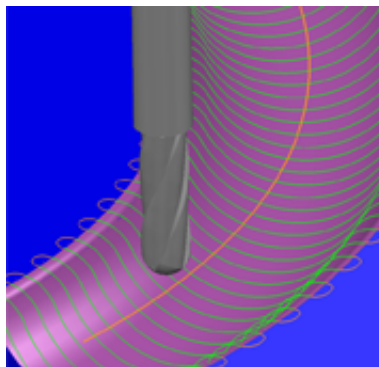


Figura 1.51 Estrategia de acabado, proyección curva.

- Proyección línea

Proyecta un patrón cilíndrico sobre el modelo (Figura 1.52). Este patrón es maquinado. Esta técnica de acabado es la más adecuada para superficies casi verticales. El centro de este cilindro es el foco del patrón y es definido por las barras de desplazamiento de azimut y elevación. El rango del patrón es descrito en términos de límites de altura y angular.

Permite la proyección hacia y desde una línea no vertical (típicamente horizontal). Imaginar el maquinado de medio cilindro sobre un plano. Proyectar hacia adentro para un cilindro macho, hacia afuera para la hembra. Un ángulo de elevación de 90° realiza la proyección horizontal de la línea, y un rango de $0-180^\circ$ (dependiendo del ángulo azimut) con una opción de línea que producirá segmentos de trayectoria a lo largo de la longitud del cilindro. Esta técnica es útil para moldes de botella.

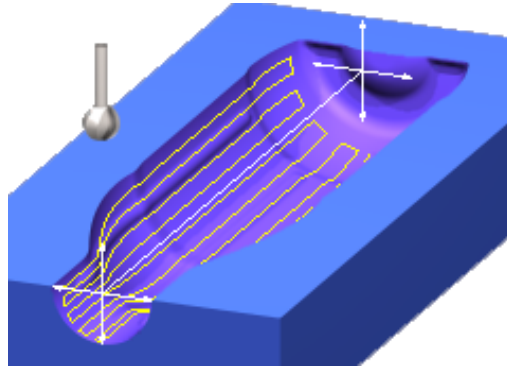


Figura 1.52 Estrategia de acabado, proyección línea.

- Proyección plano

Proyecta un patrón plano sobre el modelo (Figura 1.53). El patrón es maquinado. El plano, que está localizado por un punto fijo, puede ser rotado sobre el eje Z, e inclinado en el plano vertical. El rango del patrón es descrito en términos de límite de altura y anchura. Esta técnica puede ser utilizada para maquinar caras casi verticales, y superficies planas inclinadas que precisan de un paso vertical constante.

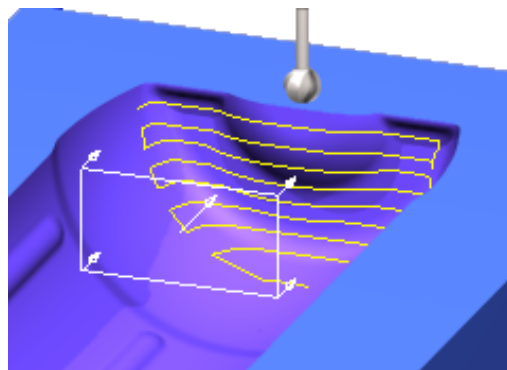


Figura 1.53 Estrategia de acabado, proyección plano.

- Proyección punto

Proyecta un patrón esférico sobre el modelo. El centro de esta esfera es el foco del patrón (Figura 1.54). Después este patrón es maquinado. El rango del patrón es definido en términos

de límites angulares y de elevación. Esta técnica de acabado es más adecuada para superficies casi verticales.

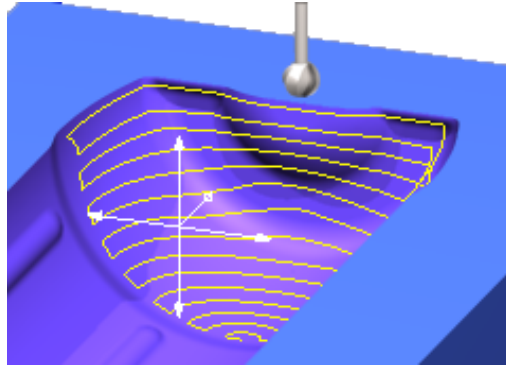


Figura 1.54 Estrategia de acabado, proyección punto.

- Proyección superficie

Es un tipo de maquinado de la superficie drive. Cuando se trabaja con multi-ejes se proporciona un maquinado paramétrico de 5 ejes normal a la superficie (Figura 1.55).



Figura 1.55 Estrategia de acabado, proyección superficie.

- Radial

Crea un patrón radial dentro de un límite y lo proyecta sobre el modelo (Figura 1.56). El patrón es maquinado.

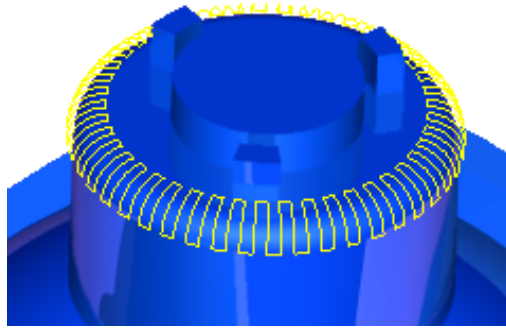


Figura 1.56 Estrategia de acabado radial.

- Raster

Crea un patrón raster dentro de un límite y lo proyecta sobre el modelo (Figura 1.57), esta técnica de acabado es la más adecuada para los modelos rectangulares.

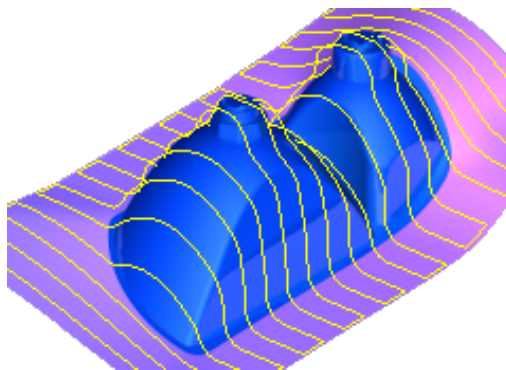


Figura 1.57 Estrategia de acabado raster.

- Raster plano

Se proporciona una interface sencilla para maquinar zonas planas de un modelo. Crea una trayectoria comprendida por movimientos de líneas rectas paralelas a cada eje, X ó Y (Figura 1.58).

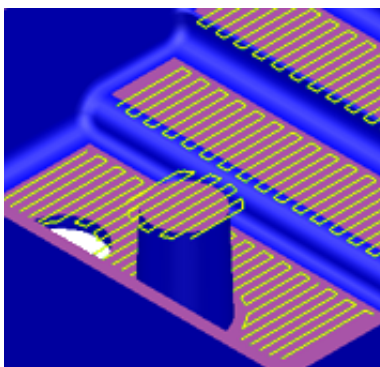


Figura 1.58 Estrategia de acabado, raster plano.

- 4 ejes

Crea una trayectoria por rotación alrededor del eje X, con el movimiento lineal facilitado por los ejes Y y Z (Figura 1.59).

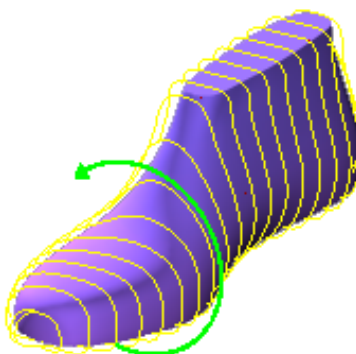


Figura 1.59 Estrategia de acabado, 4 ejes.

- Espiral

Crea un patrón espiral 2D dentro de un límite y lo proyecta sobre el modelo (Figura 1.60).

Después el patrón es maquinado.

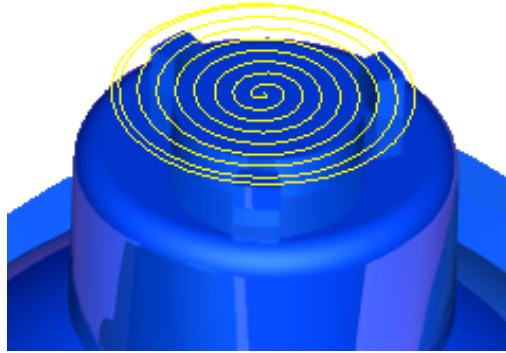


Figura 1.60 Estrategia de acabado espiral.

- Acabado de superficie

Es parecido a la proyección superficie, excepto que no existe proyección. El acabado de superficie sólo maquina la superficie seleccionada y no intentará maquinar otras superficies (Figura 1.61).

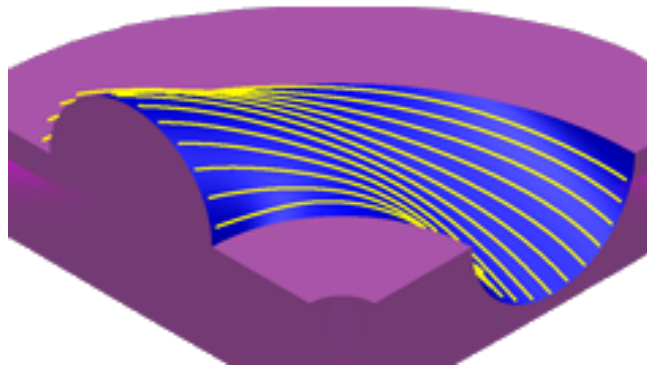


Figura 1.61 Estrategia de acabado de superficie.

- Swarf

Crea trayectorias que cortan con el lateral de la herramienta. Esta técnica sólo funciona en superficies desarrollables, de igual manera la herramienta necesita estar en contacto con la superficie durante toda la profundidad del corte (Figura 1.62).



Figura 1.62 Estrategia de acabado swarf.

- Perfilado alambre

Permite cortar hacia la izquierda o derecha de una curva 3D (Figura 1.63). Esto es similar al maquinado swarf alambre y al perfilado curva 2D ya que se crea una trayectoria cortando con el lateral de la herramienta y ésta sigue a la curva. Es una curva 3D, no una 2D, y no son necesarias las superficies.

Para crear una trayectoria perfilado alambre es necesario, primero crear un patrón desde la curva.

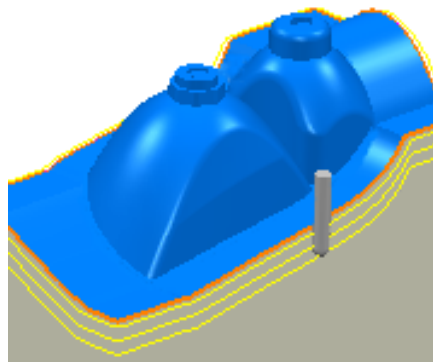


Figura 1.63 Estrategia de acabado, perfilado alambre.

- Swarf alambre

Crea una trayectoria swarf desde dos curvas modelo de alambre. Se crea una trayectoria que corta con el lateral de la herramienta ya que ésta sigue a las dos curvas (Figura 1.64). Como

en el caso del maquinado swarf es necesario crear una superficie desarrollable desde dos curvas modelo de alambre.

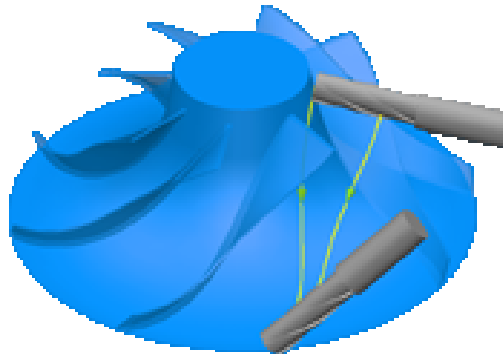


Figura 1.64 Estrategia de acabado, swarf alambre.

➤ Maquinado de colectores o tubos

En todos los casos, las estrategias que crean las trayectorias en un colector (o tubo) se retraen con seguridad desde el colector. Es necesaria una línea central aproximada del colector.

Las estrategias de colectores sólo funcionan con herramientas esféricas.

- Desbaste colector

Permite la eliminación rápida del material interior de un colector, crea una trayectoria offseteando el modelo y el bloque (Figura 1.65). Esta técnica es la mejor para maquinar zonas, que necesitan un paso constante y funciona mejor en superficies casi verticales.

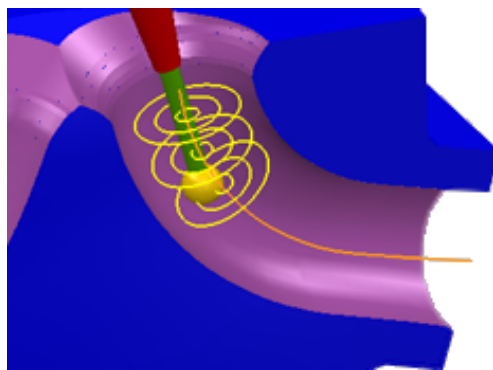


Figura 1.65 Estrategia maquinado de colector, desbaste colector.

- Acabado carga

Permite el maquinado de carga dentro de un colector. Este tipo de maquinado permite crear automáticamente los movimientos de retracción (Figura 1.66). Todas las trayectorias de carga son trayectorias continuas de 5 ejes.

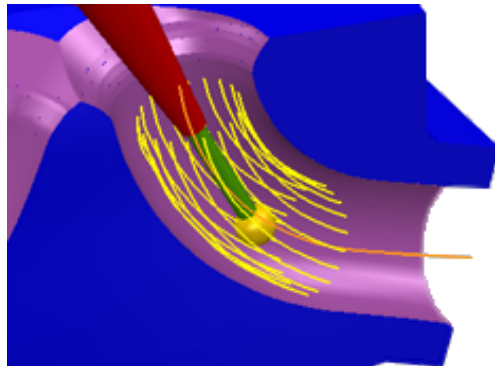


Figura 1.66 Estrategia maquinado de colector, acabado carga.

- Acabado espiral

Permite maquina en espiral dentro de un colector (Figura 1.67).

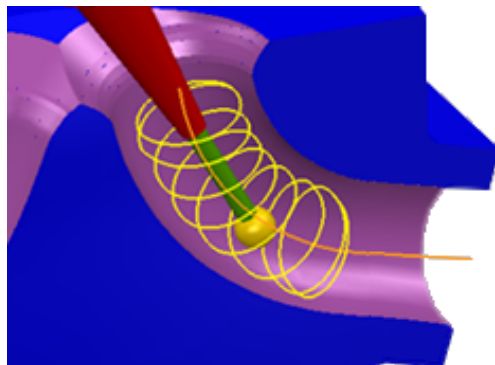


Figura 1.67 Estrategia maquinado de colector, acabado espiral.

➤ Maquinado de blisk o impulsor

Las estrategias de maquinado blisk funcionan con:

1. Las herramientas esféricas.

2. Un cubo simétrico cilíndrico que contenga una superficie de revolución sin trimar.
 3. Un cubo simétrico cilíndrico que contenga una superficie de revolución sin trimar que tiene que corresponderse con el perfil del álabe (y divisores).
 4. Al menos 2 álabes.
 5. Si hay un álabe divisor, es necesario extenderlo radialmente hasta el álabe izquierdo y derecho.
 6. El fillet tiene que estar en el mismo nivel (o conjunto) que el álabe.
- Acabado de álabes

Este tipo de estrategia de acabado maquina los álabes de un blisk o impulsor (Figura 1.68). Si se está realizando un álabe a la vez o una cajera a la vez, está condicionada a la operación de maquinado seleccionada.

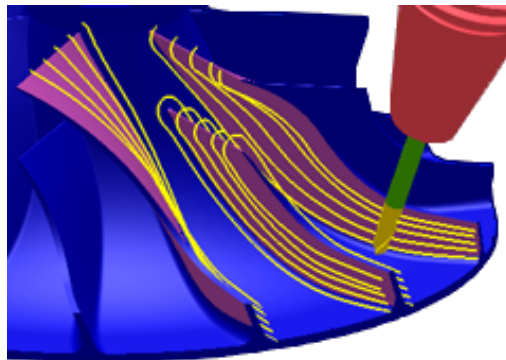


Figura 1.68 Estrategia maquinado de blisk, acabado de álabes.

- Desbaste de blisk

Permite la eliminación rápida del material al maquinar un blisk o impulsor. Este tipo de desbaste maquina justo hasta un nivel que puede ser completamente maquinado (Figura 1.69).

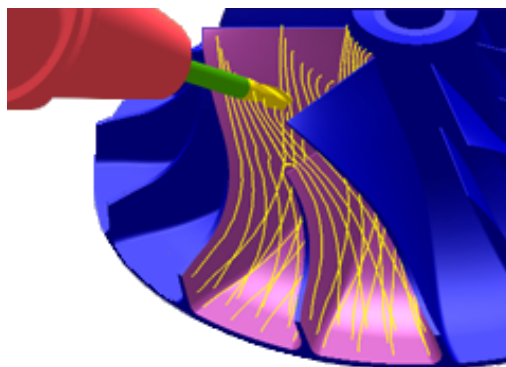


Figura 1.69 Estrategia maquinado de blisk, desbaste de blisk.

- Acabado del cubo

Maquina el cubo entre dos álabes (Figura 1.70).

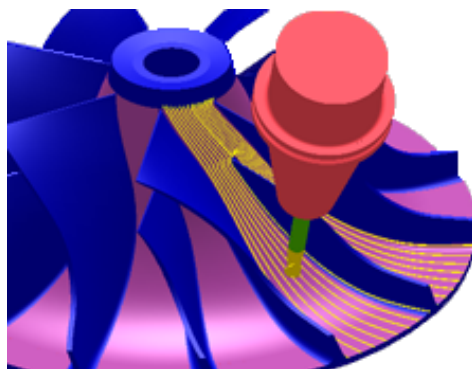


Figura 1.70 Estrategia maquinado de blisk, acabado del cubo.


➤ Taladros

- Estrategia Taladrado

El cuadro de diálogo de taladrado define que agujeros se van a taladrar y como.

Herramientas

Para cada tipo de operación a realizar con la fresadora le corresponde la herramienta adecuada, los tipos de herramienta que se pueden definir son las siguientes:

- Herramienta plana , la cual tiene los parámetros longitud (L) y diámetro (D),
Figura 1.71.

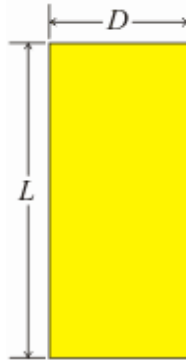



Figura 1.71 Parámetros de la herramienta plana.

- Herramienta esférica , la cual se define por sus parámetros longitud (L) y diámetro (D), Figura 1.72.

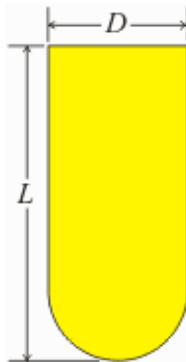



Figura 1.72 Parámetros de la herramienta esférica.

- Herramienta tórica , que tiene como parámetros longitud (L), diámetro (D) y radio de punta (R), Figura 1.73.

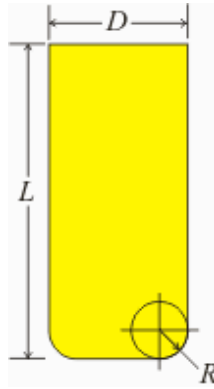



Figura 1.73 Parámetros de la herramienta tórica.

- Herramienta cónica esférica , la cual tiene los parámetros longitud (L), diámetro (D), radio de punta (R) y ángulo del cono (A), Figura 1.74.

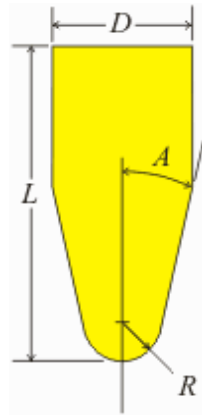



Figura 1.74 Parámetros de la herramienta cónica esférica.

- Herramienta cónica-tórica , la cual se define por sus parámetros longitud (L), diámetro (D), radio de punta (R), ángulo cónico (A), altura cónica (C), y conicidad (d), Figura 1.75.

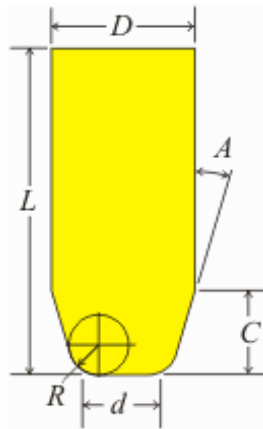



Figura 1.75 Parámetros de la herramienta cónica tórica.

- Herramienta taladrado , que tiene como parámetros longitud (L), diámetro (D) y ángulo del cono (A), Figura 1.76.

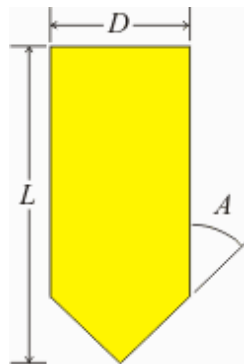



Figura 1.76 Parámetros de la herramienta taladrado.

- Herramienta disco , que tiene como parámetros longitud (L), diámetro (D) y radio de punta (R), Figura 1.77.

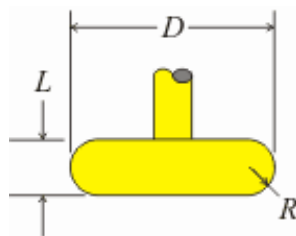



Figura 1.77 Parámetros de la herramienta disco.

- Herramienta tórica descentrada , la cual tiene los parámetros longitud (L), diámetro (D), radio de punta (R), radio punta Y (y) y radio de punta X (x), Figura 1.78.

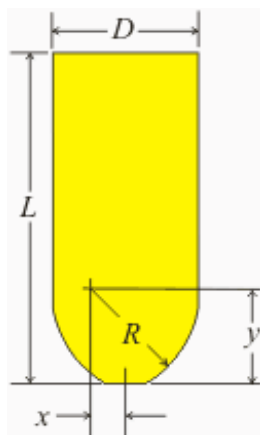



Figura 1.78 Parámetros de la herramienta tórica descentrada.

- Herramienta roscado , la cual se define por sus parámetros longitud (L) y diámetro (D), Figura 1.79.

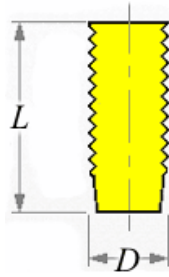





Figura 1.79 Parámetros de la herramienta roscado.



- Herramienta de forma , con esta opción se pueden crear herramientas complejas definiendo una mitad del perfil en términos de líneas y arcos. Una restricción es que la forma debe ser convexa. También se puede importar un ensamble de herramienta creado en un sistema CAD.
- Ruta de la Herramienta , tienen a menudo un 'ballrace' en la punta y es utilizado para guiar la herramienta contra el borde de una pieza de trabajo. La trayectoria creada con una Ruta de la Herramienta es del tipo perfilado o corte swarf, creado al utilizar una herramienta plana estándar con el diámetro seleccionado para igualarse con la posición del ballrace actual (o imaginariamente) utilizado para guiar la herramienta.


Se puede crear una trayectoria utilizando una Ruta de la Herramienta y después simular la trayectoria para ver el efecto de este tipo de herramienta.

Se pueden crear una Ruta de la Herramienta definiendo una mitad del perfil en términos de líneas y arcos. También se puede importar un ensamble de herramienta creado en un sistema CAD. Como diferencia a la herramienta de forma, la Ruta de la Herramienta puede ser cóncava.

Condiciones de corte

- Avance y velocidad , donde se definen el avance del maquinado y la velocidad de giro del cabezal. En las propiedades herramienta/material se especifican las condiciones de corte de la herramienta y el material (velocidad superficial o de corte, avance por diente, profundidad axial de corte y profundidad radial de corte). En condiciones de corte se especifica las condiciones de corte de la máquina herramienta (giro del cabezal o husillo, velocidad de avance, velocidad de carga y avance rasante) y el refrigerante a utilizar (el refrigerante siempre se desactiva al final de una trayectoria).

Todos los campos están precedidos por , lo que indica que serán calculados automáticamente según la herramienta de corte y la estrategia de maquinado escogidos. Si se modifica un valor manualmente el icono cambia a  para indicar que el valor ha sido modificado por el usuario.

- Alturas movimientos rápidos , define cuando la herramienta se mueve en rápido para llevar la herramienta entre dos puntos en el menor tiempo posible. El movimiento en rápido se realiza normalmente en los tres movimientos siguientes:
 1. Movimiento ascendente desde la posición del último corte hasta Z de seguridad.
 2. Movimiento trasversal en Z constante hasta la nueva posición del inicio del corte.
 3. Movimiento descendente hasta el inicio de Z de seguridad.

Las alturas de movimientos rápidos son las alturas en las que la herramienta se puede mover con seguridad sin golpear la pieza o las abrazaderas.

Z seguridad es la altura a la que la herramienta se retraerá de movimientos rápidos a movimiento de trabajo. Z inicial es la altura a la que la herramienta descenderá, para aplicar el avance de corte (Figura 1.80).

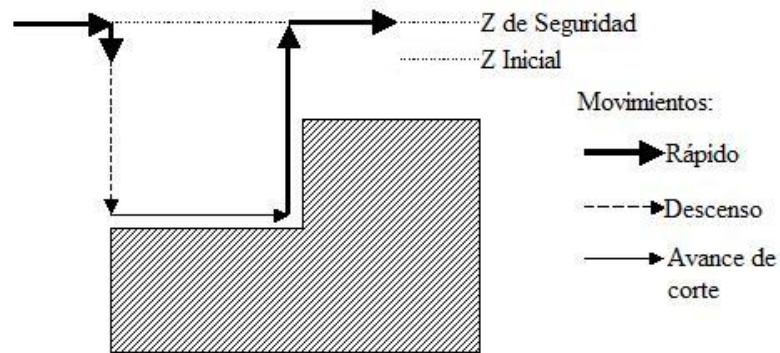




Figura 1.80 Alturas de movimientos rápidos.

- Punto inicial y final  , permite definir la posición de la herramienta al principio y final de la trayectoria.
- Entradas, salidas y uniones  , define los segmentos sin corte de una trayectoria (Figura 1.81).

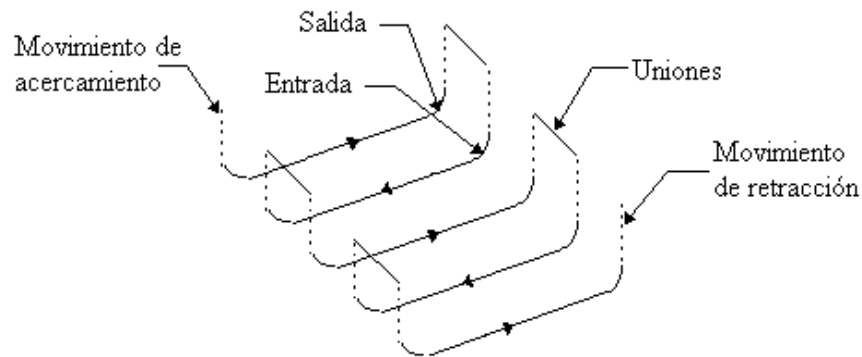







Figura 1.81 Segmentos sin corte de una trayectoria.

- Eje herramienta , controla la orientación de la herramienta mientras está maquinando una trayectoria multi-ejes. El valor por defecto es vertical el cual se utiliza para el maquinado 3 ejes estándar.
- Distribución de puntos , controla la distribución de puntos de cada trayectoria.
- Verificación automática , permite la verificación automática de las trayectorias en su creación.
- Espesor componente , permite definir el espesor del modelo.
- Verificar trayectoria , verifica la trayectoria para ver si cualquier parte colisiona.

Simulación

Existen tres modos de simulación de la trayectoria:

- 1) Simulación con la barra de herramientas de simulación (Figura 1.82), pone a la trayectoria seleccionada o al programa de CN a ejecutar la simulación utilizando la herramienta de corte (Figura 1.83).



Figura 1.82 Barra de herramientas de simulación.

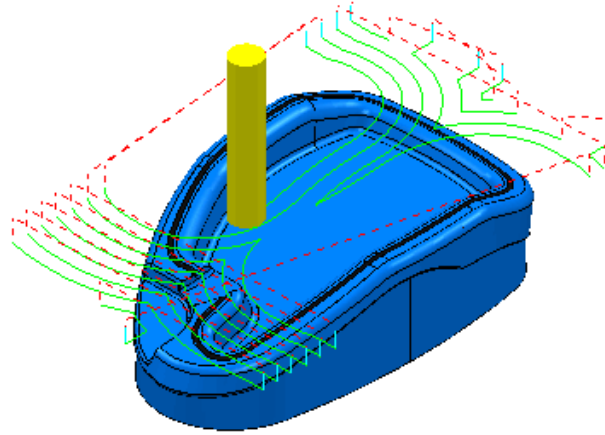


Figura 1.83 Simulación de la trayectoria con la herramienta.

- 2) Simulación con la barra de herramientas de ViewMill (Figura 1.84), permite seleccionar la representación gráfica del modelo de restos durante la simulación (Figura 1.85).



Figura 1.84 Barra de herramientas de ViewMill.

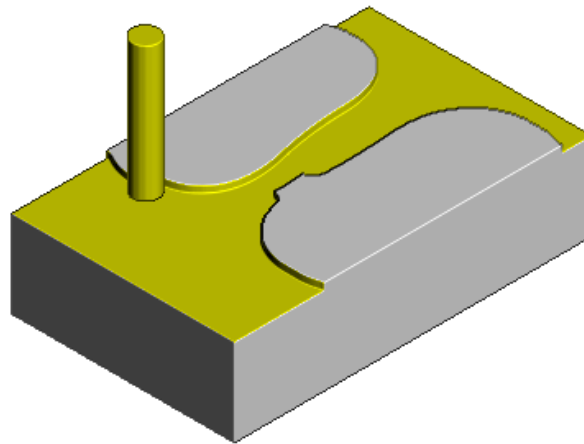


Figura 1.85 Simulación con sombreado multicolor sobre el modelo de restos.

- 3) Simulación con la barra de herramientas de la máquina (Figura 1.86), permite cargar la máquina herramienta entera y visualizarla (Figura 1.87).



Figura 1.86 Barra de herramientas de la máquina.

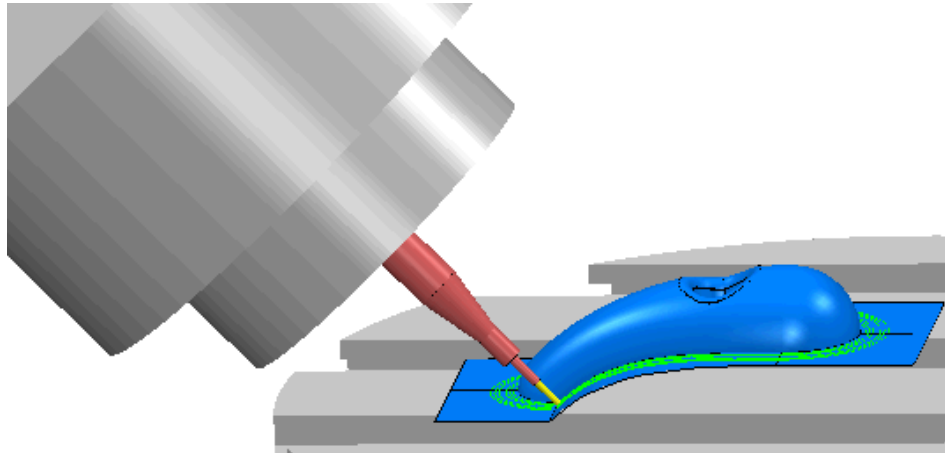


Figura 1.87 Simulación de la trayectoria con la máquina.

La simulación de la máquina y la simulación de ViewMill utilizan la barra de herramientas de simulación para seleccionar la trayectoria pertinente o el programa de CN y ejecutar la simulación utilizando la herramienta de corte. Así también se pueden combinar los diferentes modos de simulación para obtener una visualización óptima del maquinado.

Postprocesador

Cada máquina puede ser descrita por su modelo matemático, al que se refiere como el Modelo Cinemático de la Máquina. Este modelo contiene la información utilizada por el postprocesador de PowerMILL (PM-Post) para transformar las coordenadas recibidas desde el archivo CLDATA (Coordenadas del Modelo) a las coordenadas de una máquina herramienta. Esta transformación es llamada Problema Cinemático Inverso.

La resolución de este problema es una de las principales tareas del postprocesador y es más complejo al manejar las trayectorias multi-ejes. PowerMILL calculará primero todas las trayectorias, después las postprocesará utilizando las opciones de maquinado pre-seleccionadas.

Programa de CN

Un sistema CAM es un programador elemental pero sumamente veloz, gracias a su potencia de cálculo y capacidad de procesamiento de información gráfica obtenida de la propia geometría del modelo. Debido a la capacidad de estos sistemas se pueden desarrollar programas de CN para geometrías complejas, con superficies y curvas de formas muy complicadas.

El proceso de programación comienza con la definición de geometrías utilizando el sistema CAD (etapa de diseño del modelo), se utilizan las librerías de herramientas (creadas previamente) que representan las existencias del taller y las trayectorias generadas, entonces se pueden definir varios programas de CN en el proyecto, para el controlador específico de una máquina CNC.

Los sistemas CAM aplican solamente 4 funciones, G00, G01, G02 y G03. Eventualmente pueden generar ciclos fijos de taladrado, roscado, etc., y generar programas con compensaciones de herramienta. Si se analizan las funciones de la programación de CN, se puede concluir que la gran mayoría tienen la función de aliviar la tarea de la programación manual. El CAM no aplica estas ayudas. Pero debe considerarse contar con una base mínima de conocimientos de programación CNC ^[14].

CAPÍTULO II

MANUALES PARA LA

INTRODUCCIÓN AL APRENDIZAJE

DE LOS SOFTWARES PowerSHAPE

Y PowerMILL

2.0 INTRODUCCIÓN

La aplicación de los softwares PowerSHAPE y PowerMILL como ayuda para el maquinado CNC requiere tener los conocimientos básicos del manejo de las herramientas que los componen, en ese sentido se presentan como propuestas los manuales de introducción al aprendizaje para los softwares PowerSHAPE y PowerMILL, desarrollándose en el primero una introducción al software y el modelado de alambres, superficies y sólidos por medio de ejemplos prácticos y ejercicios a desarrollar. Para PowerMILL se hace una introducción al software y se desarrolla un solo ejemplo que muestra una buena cantidad de funciones.

2.1 NOTAS INTRODUCTORIAS PARA EL SOFTWARE PowerSHAPE


PowerSHAPE es un software modelador 3D, para el diseño de formas complejas. Este software es ideal para crear y preparar modelos para su fabricación, ya sea desde cero o modificando un modelo parcialmente completo que se importa desde otro sistema CAD.

PowerSHAPE soporta funciones típicas tales como cortar, copiar y pegar, arrastrar y soltar o la edición de objetos seleccionados. Cualquier objeto modelado (línea, arco, curva) puede también editarse desde menús desplegables que aparecen fácilmente haciendo clic con el botón derecho del ratón. Los menús contienen todas las operaciones principales disponibles para el objeto seleccionado.

Características que incluye:

- La facilidad de uso, la mayor parte de los objetos se pueden crear sólo con pulsar unas cuantas veces el ratón.
- Las dimensiones se pueden aumentar o disminuir con los tensores gráficos de los objetos para obtener el tamaño y la forma deseados. También se pueden introducir valores concretos desde los cuadros de diálogos.
- El cursor inteligente crea líneas de construcción y resalta los puntos clave de los objetos y las tangencias según el cursor pasa por encima de ellos.

Disposición de la pantalla

Al abrir PowerSHAPE haciendo doble clic en el icono , aparece la siguiente ventana:

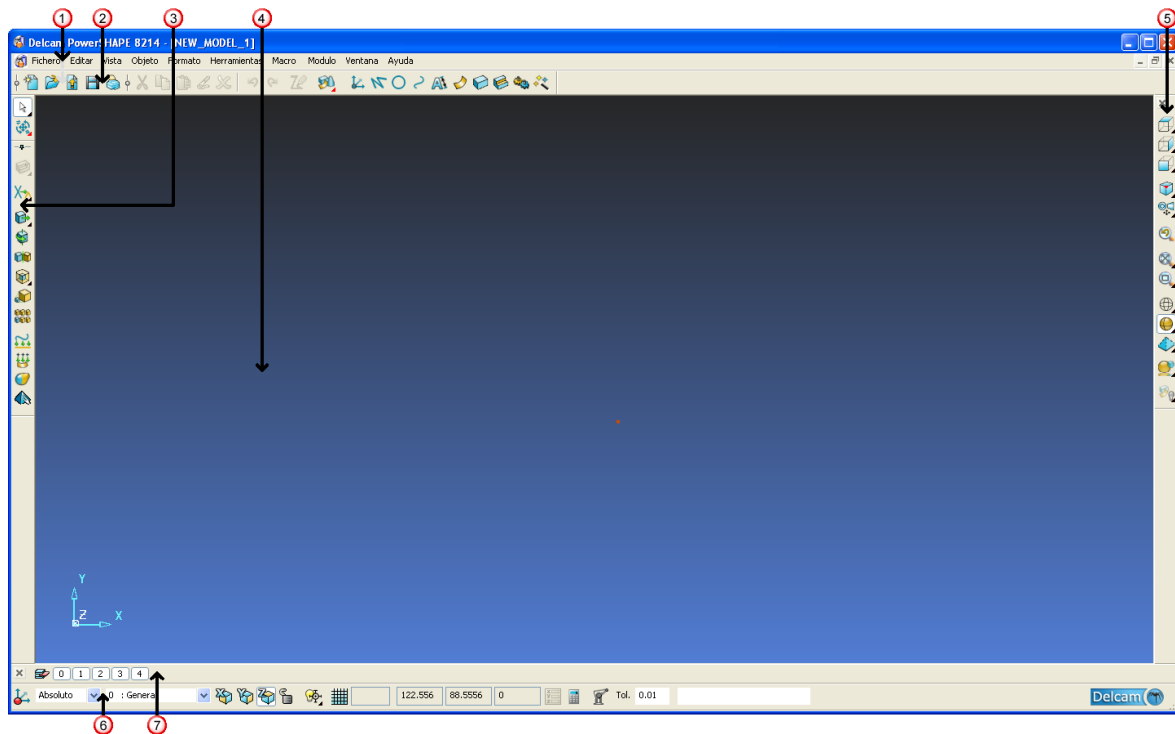


Figura 2.1 Entorno de PowerSHAPE.





La pantalla se divide en 7 zonas principales:

1) Barra de Menús. Todo lo que está dentro de PowerSHAPE se puede controlar desde las opciones de los menús, éstas se expanden desde la Barra de Menús, que aparece siempre en la parte superior de la ventana del software.

Al pulsar en una opción se abre el consiguiente submenú, que contiene comandos y más submenús. Las opciones aparecen difuminadas cuando no están disponibles para la ventana activa o para los objetos seleccionados. Las flechas ► muestran que existen más opciones en ese submenú. Si la opción es seguida de unos puntos suspensivos ... se abre un cuadro de diálogo para escoger las preferencias e introducir los detalles.

En la mayoría de los casos, las funciones que están disponibles desde el Menú Principal también lo están desde alguna de las barras de herramientas.

2) Barra de Herramientas Principal. Está siempre visible y aparece en la parte superior, incluye las siguientes secciones:

- Administración de modelo y fichero: , abrir nuevo modelo, abrir un modelo existente, importar fichero de datos, guardar modelo seleccionado e imprimir.
- Edición estándar: , cortar selección, copiar selección, pegar desde el portapapeles, pegar atributos a la selección y borrar.
- Opciones de modelado: , deshacer, rehacer, color de la entidad, modo modelado y modo drafting.
- Creación de objeto: , plano de trabajo, línea, arco, curva, cifras de cota, superficie, sólido, operaciones con sólidos, assembly y asistentes.

3) Barra de Herramientas de Edición General. Aparece automáticamente cuando se inicia el programa. Las barras de herramientas correspondientes a los iconos de creación de objeto aparecen o se ocultan dependiendo de las funciones en uso. La Barra de Herramientas Reparar Modelo, la Barra de Herramientas Análisis del Modelo y la Barra de Herramientas Edición y Reparación del Mallado se pueden seleccionar al colocar el puntero sobre el icono

de la Barra de Herramientas de Edición General, .

4) Ventana de Gráficos. Es la zona de trabajo de la pantalla. La zona de gráficos puede contener una sola ventana de gráficos o varias ventanas independientes que se superponen.

5) **Barra de Herramientas de Vistas.** Proporciona el acceso rápido a las vistas más utilizadas.

6) **Barra de Estado.** Está siempre en la zona inferior de la ventana de gráficos. Proporciona una breve descripción de las entidades que están bajo el cursor así como también algunas de las opciones de la configuración actual como puede ser, por ejemplo, establecer el plano de trabajo por defecto, mostrar cuadrícula (rejilla), desplegar la calculadora.

7) **Barra de Herramientas Niveles.** Se utiliza para añadir objetos a un nivel, muestra los iconos de los niveles empleados y nombrados. Sí se mueve el ratón encima del icono numerado, el nombre del nivel se muestra.

Barra de herramientas de vistas

En el lado derecho de la pantalla aparece la Barra de Herramientas de Vistas. Si la Barra de Herramientas de Vistas no está visible se puede acceder a ella desde la opción del menú Vista - Barras de Herramientas - Vistas.

Seleccionando uno de los iconos de las diferentes vistas del modelo en el área gráfica:



Vista superior (ver modelo por arriba del eje +Z).



Vista desde abajo (ver modelo por abajo del eje -Z).



Vista desde la derecha (ver modelo por la derecha del eje +X).



Vista desde la izquierda (ver modelo por la izquierda del eje -X).



Vista desde delante (ver modelo de frente del eje -Y).



Vista posterior (ver modelo por detrás del eje +Y).



ISO 1 (proyecta la vista isométrica 1).



ISO 2 (proyecta la vista isométrica 2).



ISO 3 (proyecta la vista isométrica 3).



ISO 4 (proyecta la vista isométrica 4).



Proyección americana + Iso (vista múltiple).



Proyección europea + Iso (vista múltiple).



Última vista, deja la vista como estaba antes de cambiarla.



Reajustar vista, ajusta el zoom para que el modelo ocupe toda la ventana de gráficos.



Acercar Zoom, duplica el tamaño de la vista.



Alejar Zoom, reduce a la mitad del tamaño la vista.



Zoom para el tamaño actual (1:1), sitúa el modelo al centro de la ventana en tamaño real.



Modo Pan, desplaza la vista por la ventana arrastrándola con el cursor.



Modo Rotación, rota la vista alrededor de una esfera que se sitúa en la ventana.



Modo Zoom, acerca la vista al mover el cursor hacia arriba y aleja la vista al moverlo hacia abajo.



Zoom Ventana, selecciona la zona específica del modelo para acercar hasta ocupar toda la ventana de gráficos.



Vista modelo de alambre, para mostrar la representación del modelo en modo de alambre con todas las líneas visibles.



Vista modelo alambre ocultos, muestra la vista en modo de alambre, pero todas las líneas que están detrás de las superficies permanecen ocultas.



Sombreado Resaltado, sombrea el modelo en un entorno reflejado que produce una imagen realista.



Vista sombreada, sombrea el modelo con el color seleccionado haciendo que las superficies parezcan sólidas.



Mostrar Vistas Transparentes, muestra sombreado transparente de color en las superficies y sólidos.



Sombreado y modelo alambre sombreado, utiliza sombreado de color y efectos de brillo para hacer que las superficies parezcan sólidas, pero el modelo de alambre no está oculto.



Bordes abiertos, muestra las mallas como bordes abiertos solamente.



Bordes abiertos e interiores, sombreado. Muestra las mallas como bordes abiertos e interiores sobre los triángulos sombreados.



Nodos y bordes abiertos, sombreado. Muestra las mallas como nodos y bordes abiertos sobre los triángulos sombreados.



Bordes abiertos e interiores, hueco. Muestra las mallas como bordes abiertos e interiores sobre los triángulos vacíos.



Nodos y bordes abiertos, hueco. Muestra las mallas como nodos y bordes abiertos sobre los triángulos vacíos.



Abrir el formulario de renderizado. Renderiza la imagen utilizando las configuraciones del cuadro de diálogo Render.



Renderizar la vista. Crea imágenes foto realistas del modelo sombreado.



Desblanquear. Muestra todas las entidades que se habían blanqueado previamente.



Blanquear selección. Permite eliminar (desdibujar temporalmente) los objetos seleccionados de la ventana.

Manipulación de la vista

El camino más fácil de controlar la perspectiva en PowerSHAPE es utilizando el ratón. Se recomienda utilizar los tres botones del ratón. Manteniendo pulsado el botón central y moviendo el cursor con el ratón en la ventana de gráficos, se puede controlar la vista del modelo. Al mover el ratón (con el botón del medio pulsado) el trackball es visible en la pantalla (Figura 2.2):

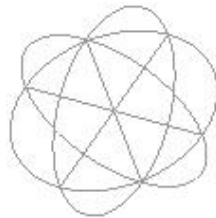


Figura 2.2 Trackball.

La Tabla 2.1 resume las vistas disponibles.

Tabla 2.1 Resumen de la manipulación de la vista con el ratón.

Manipulación de la vista	Ratón de 3 botones	Ratón de 2 botones
Modo Rotación	Botón Central	Ctrl + Shift + Botón Derecho
Rotar sobre X	Shift + Alt + Botón Izquierdo	Shift + Alt + Botón Izquierdo
Rotar sobre Y	Shift + Alt + Botón Central	No aplicado
Rotar sobre Z	Shift + Alt + Botón Derecho	Shift + Alt + Botón Derecho
Modo Pan	Shift + Botón Central	Shift + Botón Derecho
Acercar / Alejar	Ctrl + Botón Central	Ctrl + Botón Derecho
Zoom ventana	Ctrl + Shift + Botón Central	Alt + Botón Derecho
Reajustar Vista	F6	F6

La Barra de Herramientas de Vistas tiene opciones que están disponibles desde las teclas numéricas en la parte derecha del teclado. Primero, es necesario asegurarse que:

- El Bloque Numérico está activado
- La tecla Control está pulsada.

Después pulsar la tecla adecuada (Tabla 2.2).

Tabla 2.2 Resumen de la manipulación de la vista con el teclado numérico.

ISO 4 7	Vista desde atrás (Y) 8	ISO 3 9
Vista por la izda.(-X) 4	Vista por arriba (Z) 5	Vista por la derecha (X) 6
ISO 1 1	Vista por delante (-Y) 2	ISO 2 3
Vista por abajo (-Z) 0		


Sistema de unidades

Al arrancar PowerSHAPE, las unidades por defecto que están asociadas con la versión del software son seleccionadas. Aquí se utilizan milímetros (mm).

Se pueden modificar inmediatamente las unidades después de arrancar el software, pero no después de haber creado cualquier entidad. PowerSHAPE no convierte los valores entre los sistemas de unidades; de esta forma hay que seleccionar una conjunto apropiado de valores por defecto (milímetros o pulgadas).

Para modificar las unidades antes de iniciar el trabajo, por ejemplo de Métricas a Imperiales:

- 1) Desde el menú Herramientas, seleccionar Opciones. Aparece el cuadro de diálogo Opciones (Figura 2.3).

- 2) Seleccionar General haciendo clic en  para expandir el árbol y visualizar las opciones disponibles, seleccionar Unidades y tolerancias.
- 3) En la casilla Estándar desplegar el menú y seleccionar ANSI.

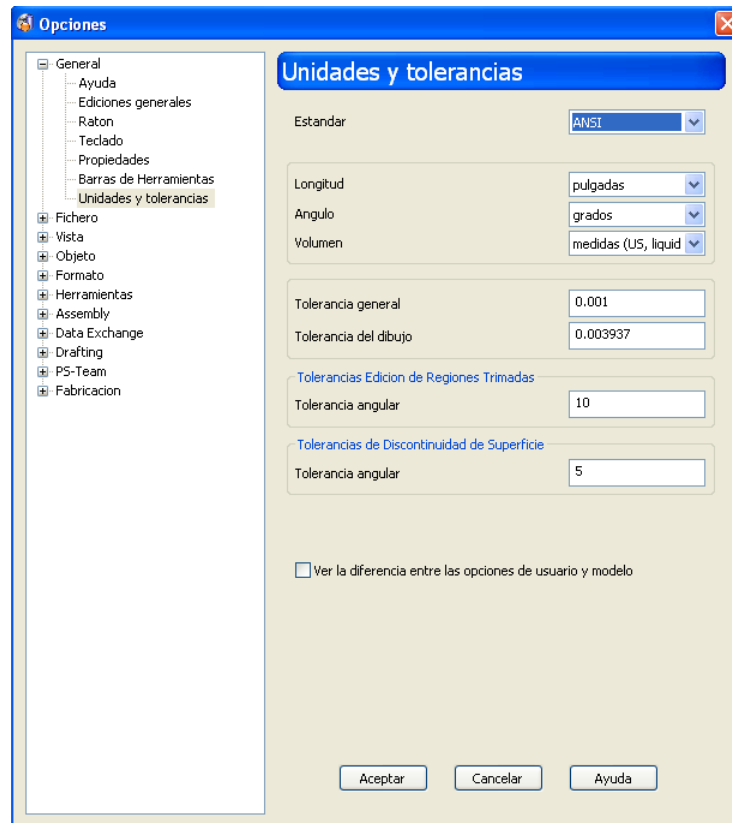


Figura 2.3 Cuadro de diálogo Opciones para cambiar el sistema de unidades.

- 4) Hacer clic en Aceptar para guardar los cambios.

Barra de estado






Crear/eliminar los planos de trabajo temporalmente. Para crear o eliminar un plano de trabajo temporal, solo está permitido un plano de trabajo temporal en un modelo.




Activar plano de trabajo. Usar esta lista desplegable para activar y desactivar planos de trabajo. También se puede utilizar para cambiar el nombre del plano de trabajo seleccionado.

 : General Nivel actual. Para seleccionar el nivel mostrado en el modelo.


 Plano principal. Usar para configurar el plano principal del espacio de trabajo actual. Cada icono muestra la etiqueta del eje que es normal al plano principal, por ejemplo, el botón Z representa el plano principal XY. Seleccionar uno de los botones para cambiar el plano principal.


 Bloqueo de plano activado/desactivado. Cuando el bloqueo de plano está activado , todos los puntos que se introduzcan utilizando el ratón se bloquean en el plano principal. Si el plano principal es, por ejemplo XY, en todos los puntos que se introduzcan por medio del ratón, la coordenada Z será cero.

 Cursor inteligente activado (por defecto). Proporciona asistencia dinámica para sus dos funciones primarias:

- Introducir Puntos, activa las líneas de construcción y etiquetas para arrastrar objetos, soltar objetos y para creación de puntos.
- Selección, sombrea el objeto bajo del cursor mostrando cuales están listos para ser seleccionados.

 Cursor inteligente desactivado.

 Colocar los puntos clave. Para que sólo sean detectados los puntos clave en el modelo cuando son introducidos. Cualquier cosa que no sea un punto clave es ignorada por ésta función. En los elementos modelo de alambre el cursor será colocado lo más cerca del punto clave.

 Colocar los puntos clave en el centro. Es una opción restrictiva que filtra todas las entradas de puntos excepto el círculo y los centros de agujeros. Esto es especialmente útil cuando se dimensionan un gran número de agujeros concéntricos.



Líneas de construcción desactivadas. Las líneas de construcción del cursor inteligente están activadas por defecto. Si se desactivan, no aparecen hasta que se vuelvan a activar. Todas las demás funciones están disponibles.



Rejilla activada/desactivada. La rejilla es útil cuando el posicionamiento de objetos es exacto sobre las líneas de la rejilla.

Escala de rejilla de plano. La escala está bloqueada al valor de 10 por defecto. Para desbloquear la escala, seleccionar la opción Escala Definida por el Usuario de la página Vista - Blanquear y Rejilla en la ventana de diálogo Opciones.

Coordenadas. Son tres casillas, que sirven para mostrar las coordenadas X, Y, Z del cursor.



Abrir el cuadro de diálogo de Posición. Está disponible cuando está en modo creación de objeto, por ejemplo creando líneas. Hacer clic para que aparezca el cuadro de diálogo Posición, donde existen varias formas para introducir posiciones.



Abrir la Calculadora. Permite hacer cálculos mientras se trabaja en un modelo, introducir expresiones complejas, medir objetos en el modelo.



Conectar/Desconectar el Brazo de Medir. Al conectar el brazo de medir aparece un cursor rojo y esférico que representa el palpador. PowerSHAPE está ahora listo para aceptar los componentes digitalizados del brazo. Si no estuviese conectado el brazo de medir, aparecería un cuadro de diálogo mostrando las posibles fallas.

Tol.

Tolerancia general. Muestra el valor general de tolerancia, el cual se puede cambiar en este cuadro.

Introducir Comando. Para introducir datos, ver los datos previamente introducidos y para que aparezca el comando ventana.

Teclas rápidas

La Tabla 2.3 es una lista de las teclas rápidas que se usan frecuentemente. Estas teclas rápidas aparecen en los menús en sus respectivas opciones. Es necesario asegurarse que el Bloque Numérico está activado cuando corresponda.

Tabla 2.3 Resumen de teclas rápidas.

Opción de menú	Tecla rápida
Fichero - Nuevo	Ctrl + N
Fichero - Abrir	Ctrl + O
Fichero - Cerrar	Ctrl + F4
Fichero - Guardar	Ctrl + S
Fichero - Imprimir	Ctrl + P
Fichero - Salir	Alt + F4
Editar - Deshacer	Ctrl + Z
Editar - Cortar	Ctrl + X
Editar - Copiar	Ctrl + C
Editar - Pegar	Ctrl + V
Editar - Pegado Especial	Ctrl + E
Editar - Seleccionar - Siguiete selección	Alt + N
Editar - Seleccionar - Despejar Selección	Ctrl + D
Editar - Seleccionar - Seleccionar Todo	Ctrl + A
Vista - Sombreado - Modelo Alambre	F2
Vista - Sombreado - Sombreado	F3
Vista - Sombreado - Sombreado Transparente	F4
Vista - Sombreado - Modelo Alambre Sombreado Transparente	F10
Vista - Sombreado - Modelo Alambre Sombreado	F11
Vista - Sombreado - Línea Dinámica Oculta	F12
Vista - Desde - Última Vista	F5
Vista - Desde - Vista Guardada	Ctrl + F5
Vista - Blanquear - Blanquear Selección	Ctrl + J
Vista - Blanquear - Blanquear Excepto	Ctrl + K
Vista - Blanquear - Mostrar Blanquear	Ctrl + Y
Vista - Desblanquear	Ctrl + L
Vista - Actualizar	Ctrl + R
Objeto - Superficie - A partir de una Red	Ctrl + W

Continúa

Continuación. Tabla 2.3 Resumen de teclas rápidas.

Opción de menú	Tecla rápida
Objeto - Superficie - Desde un modelo de alambre separado	Ctrl + G
Objeto - Superficie - Creación automática de superficies	Ctrl + T
Objeto - Superficie - Fillet	Ctrl + F
Objeto - Curva - Curva Compuesta	Ctrl + H
Formato - Transparencia - Dinámica...	Shift + F4
Herramientas - Análisis del Modelo - Sombreado de Suavidad	F7
Herramientas - Análisis del Modelo - Sombreado de Contrasalidas	F8
Herramientas - Análisis del Modelo - Sombreado Radio Mínimo	F9
Macro - Ejecutar...	Ctrl + M
Intercambiar ventanas de gráficos individuales en el menú Ventana	Ctrl + F6
Ayuda - Contenido e Índice	F1
Interrumpir operación actual, cerrar modo de creación	Esc

2.2 MANUAL DE INTRODUCCIÓN AL APRENDIZAJE DE PowerSHAPE

Un modelo es una representación “real” de un componente que se ha realizado en la computadora, resultado del diseño de ingeniería. Se pueden construir los modelos desde un conjunto de objetos geométricos (líneas, arcos, curvas, superficies y sólidos) que juntos representan los componentes.

Un modelo se puede ver desde cualquier ángulo y se puede sombrear para verlo muy similar al componente real. También se pueden modelar otras propiedades, como por ejemplo el centro de gravedad, el momento de inercia y el volumen.

Los modelos de PowerSHAPE pueden constar de distintas entidades, incluidas en tres tipos: modelo de alambre, superficies y sólidos. Estas entidades se utilizan para el diseño de formas complejas.

El software tiene un proceso de creación de objetos en dos pasos:

- 1) La creación inicial da como resultado un objeto en el modelo. En esta etapa el objeto puede no tener exactamente la forma deseada.
- 2) Durante la segunda etapa se ajustará el objeto hasta que tenga la forma exacta que se desee conseguir.

En este manual se proporciona una demostración paso a paso que resalta aspectos y características distintas de este software.

2.2.1 MODELADO DE ALAMBRES


Los objetos modelo de alambre son: puntos, planos de trabajo, líneas, arcos, curvas, texto, dimensiones etc. Estos pueden ser de 2D ó 3D y son esenciales para el dibujo y además para crear la mayor parte de las superficies y sólidos.


Octágono. Se mostrarán diferentes formas de introducir las coordenadas de posición de los objetos que componen el elemento octágono dentro del espacio de trabajo, también cómo utilizar el blanqueo (desdibujar temporalmente los elementos), los objetos no se borran sino que se ocultan y se pueden desblanquear cuando se desee, así mismo el octágono será asignado a un nuevo nivel en el que los grupos de entidades guardadas pueden ser rápidamente seleccionados, temporalmente eliminados, o devueltos a la zona gráfica si fuese necesario (por defecto el nivel es 0). Esto es más duradero que utilizar blanquear/desblanquear.


- Abrir PowerSHAPE.

Esto crea un nuevo modelo y abre una nueva ventana de gráficos para él. La nueva ventana automáticamente pasa a ser la ventana activa. La barra de título muestra el nombre del modelo y un número secuencial:



- De la Barra de Herramientas Principal seleccionar el menú Línea , la Barra de Herramientas Línea se abre a la izquierda de la pantalla, ésta contiene varias opciones.

Seleccionar la opción Crear una línea continua .

- Mover el ratón en la ventana de gráficos, aparece una línea temporal junto al cursor . El cursor desplaza las coordenadas de posición, que se encuentran en la zona Coordenadas XYZ en la Barra de Estado , la ordenada Z permanece con valor 0 porque por defecto se trabaja en el plano XY. Introducir la coordenada inicial 0 de la línea (para X0 Y0 Z0) en Introducir comando y pulsar Intro.

Mover el cursor por la pantalla, a medida que se mueve, éste da una indicación de la longitud y el ángulo de la línea (Figura 2.4). Esta es una de las funciones del cursor inteligente.

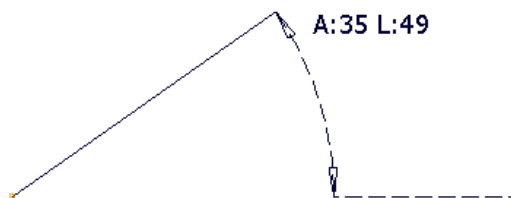


Figura 2.4 Ángulo de 35° y longitud de la línea de 49 mm.

- Mover el ratón hasta alcanzar un ángulo 0° (en sentido antihorario). El ángulo indicador desaparecerá en éste punto.
- Alargar la línea hasta alcanzar una longitud de 50, y hacer clic con el botón izquierdo del ratón. La línea se tornará de color amarillo para indicar que está completa. La siguiente línea continúa automáticamente desde el final de la línea anterior.

- Mover el ratón hasta conseguir un ángulo de 45° , y hacer clic con el botón izquierdo del ratón para finalizar la línea con cualquier longitud (Figura 2.5).

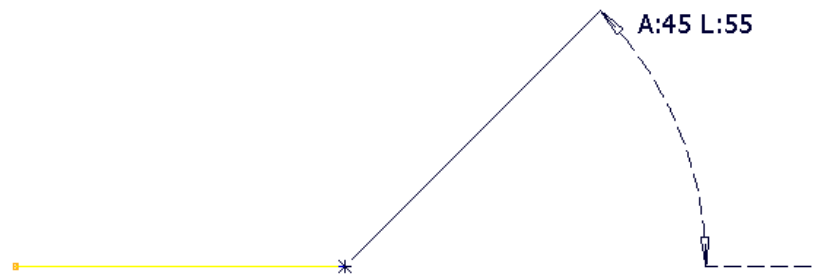


Figura 2.5 Segunda línea a 45° y longitud de 55 mm.


- Salir del modo de creación de línea pulsando la tecla Esc. La línea finalizada se pone de color amarillo y tiene una flecha indicando su dirección. La línea necesita ser modificada para que tenga una longitud de 50 mm.
- Mover el cursor hasta la línea, pasando a ser una mano .
- Pulsar el botón derecho del ratón sobre la línea, aparecerá el siguiente menú (Figura 2.6):




Figura 2.6 Menú de línea 2.

En éste menú se resaltan las opciones disponibles. El título indica que el elemento es una línea y que está en el nivel llamado General, que en este caso es el nivel 0 por defecto.

- Seleccionar Modificar. Aparecerá el formulario Editor de líneas, Figura 2.7 (hacer doble clic sobre una línea utilizando el botón izquierdo del ratón, también abrirá el Editor de líneas), desde él se puede modificar la longitud de la línea, invertir su sentido, y cambiar las coordenadas del punto inicial o final, así como el ángulo azimut (aparente) y la elevación.

Figura 2.7 Formulario Editor de líneas.

- Modificar Longitud a 50 y hacer clic en Aceptar.
- Desde menú Línea, seleccionar la opción Crear una línea continua .
- Mover el ratón hacia el final de la última línea. Cuando el cursor inteligente se encuentra en el punto final, aparece la palabra Final (Figura 2.8).

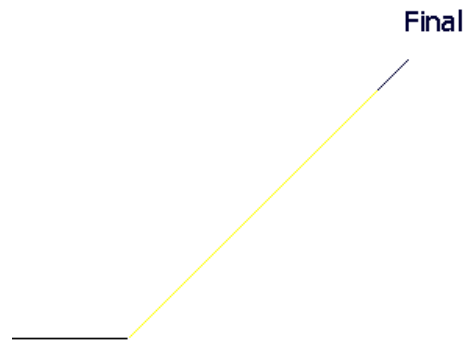


Figura 2.8 Punto final de la línea.

- Hacer clic con el botón izquierdo del ratón una vez que el texto aparezca, lo que dará la posición exacta para fijar el inicio de la próxima línea.
- Puede ocurrir que se quede sin espacio en la ventana de gráficos. Para mover la vista de los elementos mantener presionado la tecla Shift + Botón central, mover el ratón, colocando la vista de los elementos con el espacio suficiente para dibujar en la parte superior. Mover el ratón verticalmente hacia arriba hasta una distancia de 50 y pulsar el botón izquierdo del ratón. Ahora tres lados del octágono están dibujados en la pantalla (Figura 2.9).

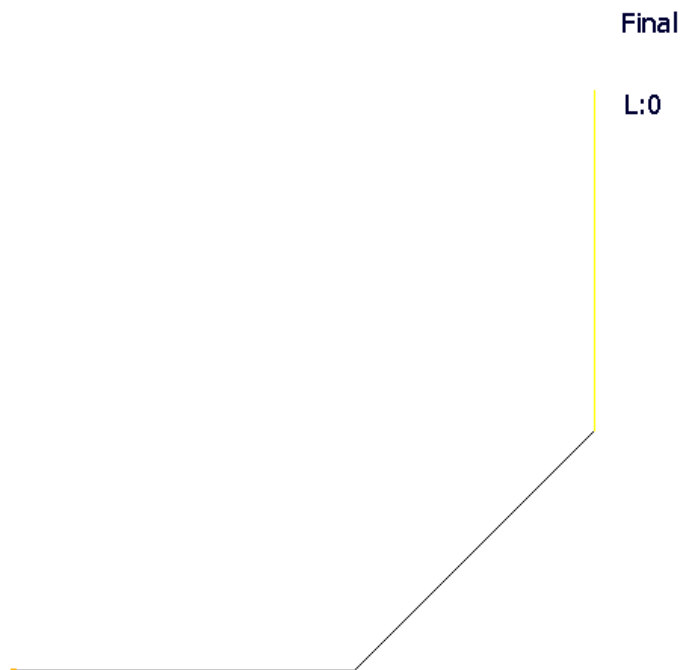



Figura 2.9 Tres líneas del octágono dibujadas.

Las siguientes líneas serán dibujadas utilizando el cuadro de diálogo de Posición.

- Desde la Barra de Estado, seleccionar Abrir el cuadro de diálogo de Posición . Aparece el formulario Posición, con la pestaña Cartesiano seleccionada para ver las opciones cartesianas, por ejemplo, moverse en X, Y y Z. Este formulario tiene muchas opciones para introducir las posiciones. Cuando escribe coordenadas en la casilla Introducir comando , situada en la Barra de Estado, está utilizando en realidad este formulario, en su opción por defecto, que son coordenadas cartesianas relativas.
- Seleccionar la pestaña Polares (Figura 2.10), aquí se pueden definir los ángulos sobre el plano actual, desde la posición seleccionada o desde la posición X0 Y0 Z0.

El Ángulo está medido alrededor del punto, la Distancia es la longitud de la línea y la Elevación es el ángulo que la línea se levanta desde el plano. Si se deja como 0, se crea un ángulo 2D plano.

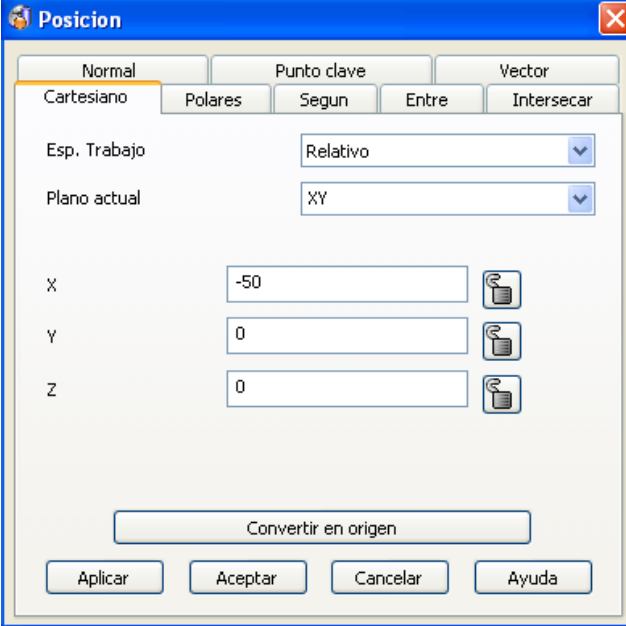
Figura 2.10 Formulario Posición, pestaña Polares.

Indicar un Ángulo de 135° y una Distancia de 50 y pulsar Aplicar (Figura 2.10).

La línea se dibuja y el formulario posición permanece abierto hasta que se hace clic en Aceptar o Cancelar (no cerrar).

- Seleccionar la pestaña Cartesiano en el formulario.

Introducir una distancia de -50 en X. Pulsar Aplicar (Figura 2.11).



Posicion

Normal Punto clave Vector

Cartesiano Polares Segun Entre Intersecar

Esp. Trabajo Relativo

Plano actual XY

X -50

Y 0

Z 0

Convertir en origen

Aplicar Aceptar Cancelar Ayuda

Figura 2.11 Formulario Posición, pestaña Cartesiano.

Ha sido creada la mitad de la forma octagonal (Figura 2.12).

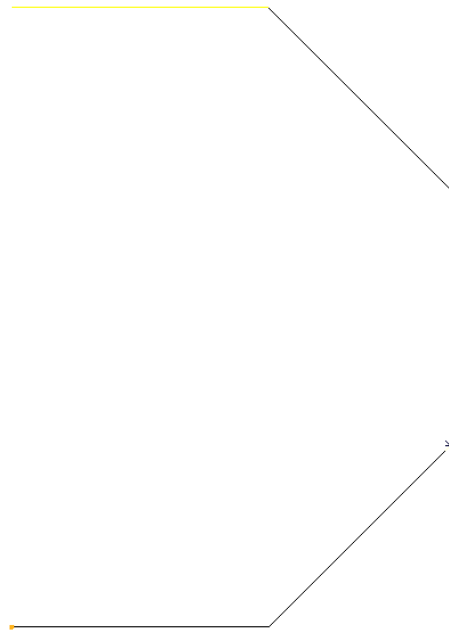


Figura 2.12 Medio octágono dibujado.

- Seleccionar la pestaña polar en el formulario.

Introducir un Ángulo de 225 y una Distancia de 50. Hacer clic en Aplicar en el formulario (Figura 2.13).

Angulo	225	
Distancia	50	
Elevacion	0	

Figura 2.13 Formulario Posición, pestaña Polares.

- Seleccionar la pestaña Cartesiano e introducir una distancia de -50 en Y. Pulsar Aceptar (Figura 2.14).

X	0	
Y	-50	
Z	0	

Figura 2.14 Formulario Posición, Cartesianas.

- Mover el cursor al final de la primera línea, hasta que aparezca la palabra Final y hacer clic con el botón izquierdo del ratón para seleccionar la posición (Figura 2.15).

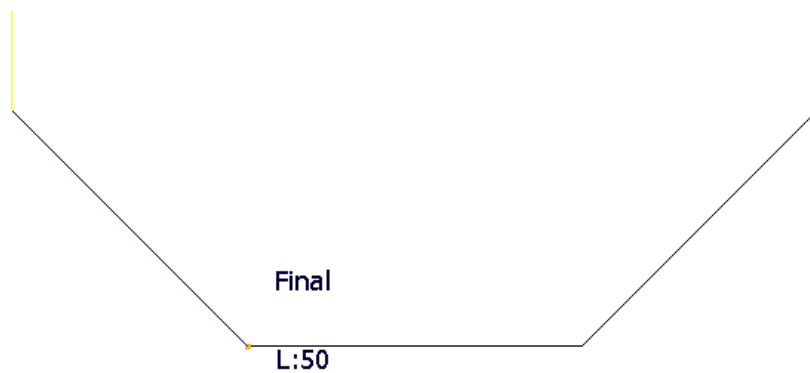


Figura 2.15 Cerrar el octágono.

- Salir fuera de la creación de líneas pulsando Esc.

- Hacer clic en una parte vacía de la ventana de gráficos, fuera del modelo para desactivar las líneas.

El modelo de alambre del octágono está completo (Figura 2.16).

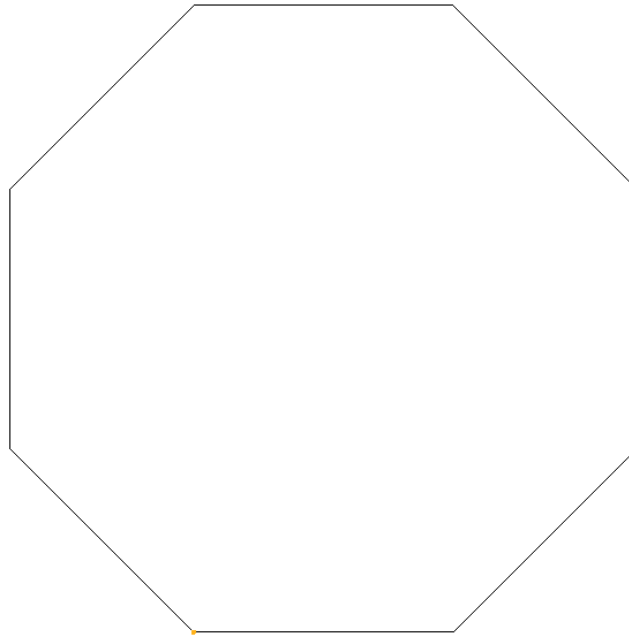


Figura 2.16 Octágono.

- Pulsar el botón izquierdo sobre una de las líneas para seleccionarla (se torna amarilla) y luego pulsar el botón derecho sobre la línea, se abre el menú del elemento, después seleccionar Blanquear, Figura 2.17 (teclas rápidas Ctrl + J), la línea seleccionada ya no aparecerá.

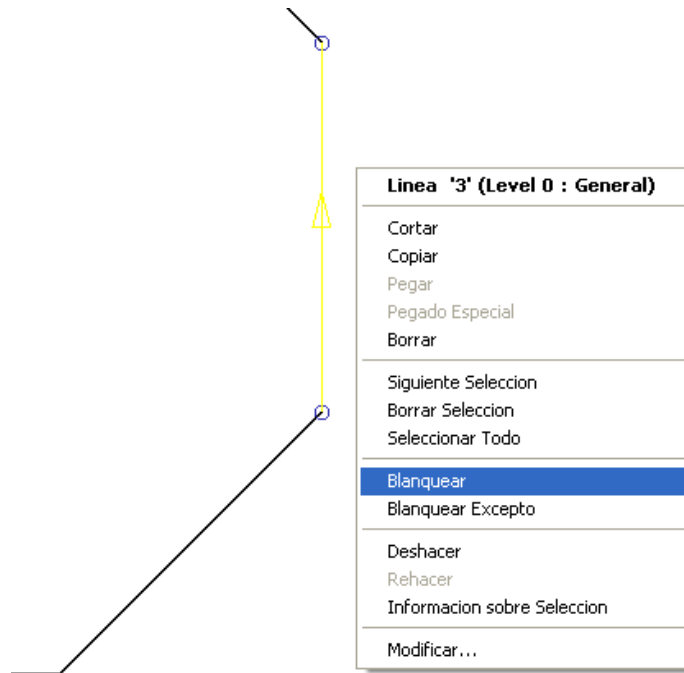


Figura 2.17 Seleccionar Blanquear del menú del elemento.

- Pulsar el botón izquierdo sobre otra de las líneas para seleccionarla y luego pulsar el botón derecho sobre la línea, se abre el menú del elemento, después seleccionar la opción Blanquear Excepto, Figura 2.18 (teclas rápidas Ctrl + K), los elementos no seleccionados ya no aparecerán.

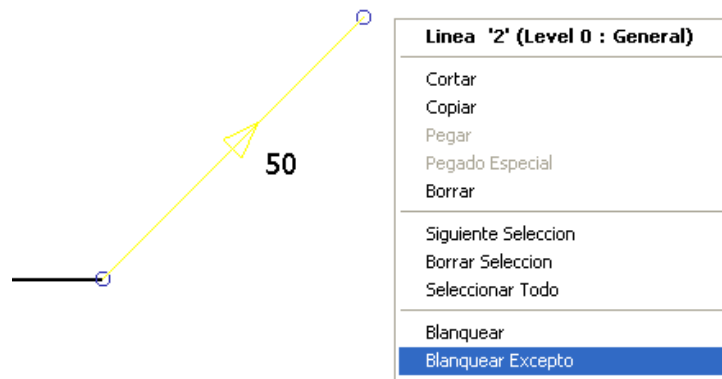


Figura 2.18 Seleccionar Blanquear Excepto del menú del elemento.

- Hacer clic con el botón derecho del ratón en la zona de gráficos y desde el menú Vista seleccionar Desblanquear, Figura 2.19 (teclas rápidas Ctrl + L), todas las líneas blanqueadas serán seleccionadas y aparecerán junto con la entidad no seleccionada.

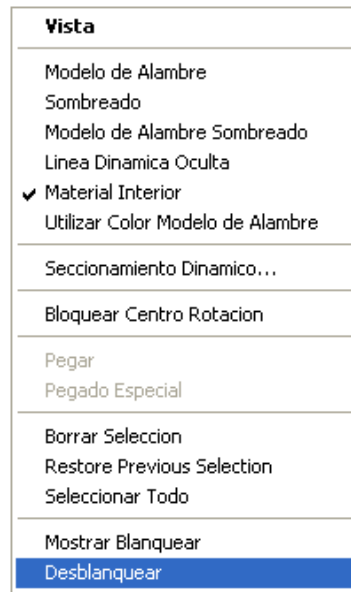



Figura 2.19 Seleccionar Desblanquear del menú Vista.

- Desde la Barra de Herramientas Niveles, seleccionar el botón Formulario niveles . El formulario Nivel aparece y es utilizado para definir nuevos niveles y para activarlos o desactivarlos.



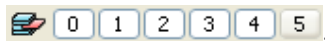
Los nuevos nombres para los niveles son introducidos dentro de las ranuras vacías. En el nivel 5, introducir el nombre Octágono y hacer clic con el botón izquierdo del ratón en el icono  del nivel número 5, éste cambia a  para mostrar que ha sido activado (Figura 2.20).



Figura 2.20 Formulario Nivel.

- Seleccionar Aceptar.
- Mantener el botón izquierdo del ratón pulsado para dibujar un recuadro sobre el octágono, todas las líneas son seleccionadas (se tornan amarillas).
- Mover el cursor sobre el nivel 5 y hacer clic con el ratón (desactivar)

. Al hacer clic con el ratón se asignarán todos los elementos seleccionados dentro de ese nivel.

Con el botón izquierdo del ratón se activará o desactivará el nivel. El octágono desaparece de la pantalla ya que el nivel está desactivado. Ahora se puede guardar el modelo.

- Desde la Barra de Menús seleccionar Fichero - Guardar (Figura 2.21).

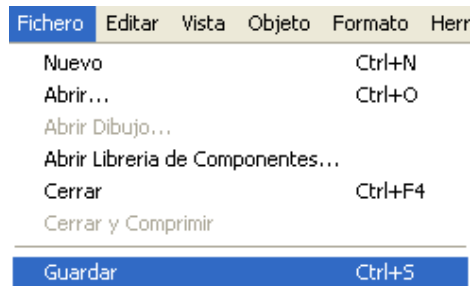


Figura 2.21 Seleccionar Guardar.

Puesto que no ha guardado previamente el proyecto, aparece el cuadro de diálogo Guardar como (Figura 2.22).

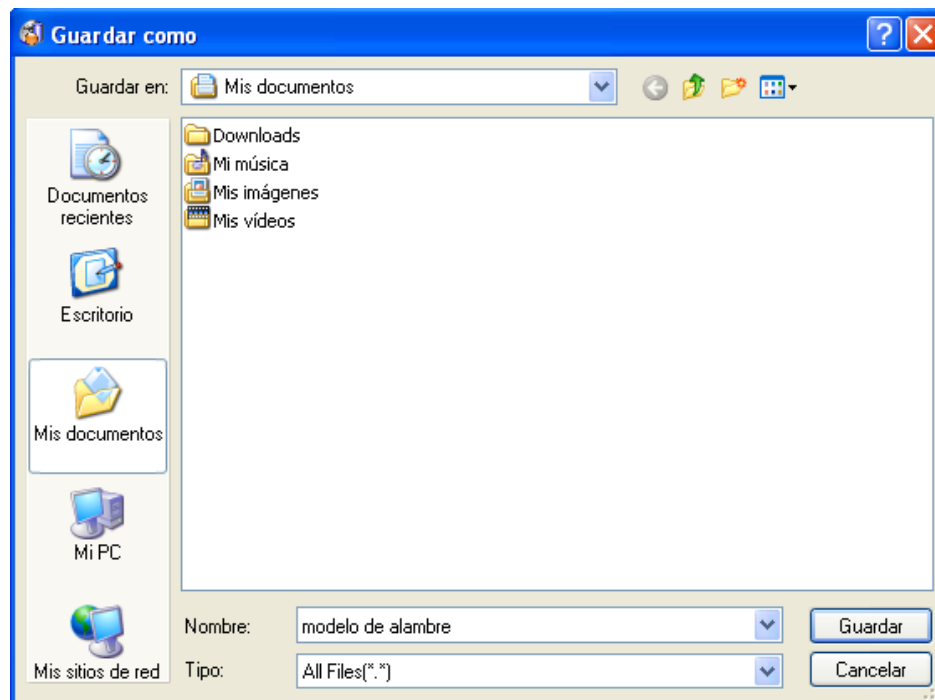


Figura 2.22 Cuadro de diálogo Guardar Modelo Como.

- Escribir Nombre: modelo de alambre y pulsar Guardar. El nuevo nombre aparece en la parte superior de la ventana:

seleccionar Fichero - Cerrar.

Ejercicios

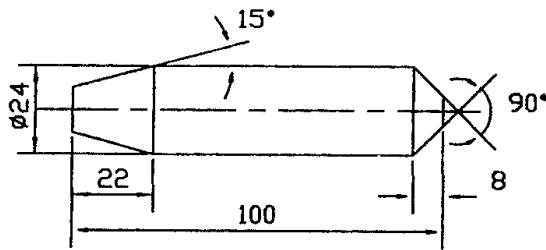


Figura 2.23 Ejercicio #1.

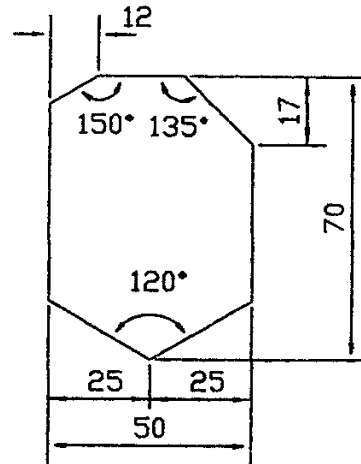


Figura 2.24 Ejercicio #2.

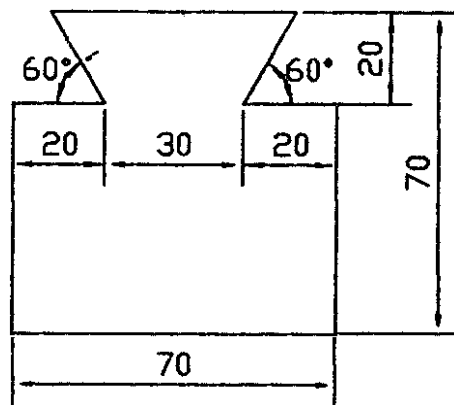


Figura 2.25 Ejercicio #3.

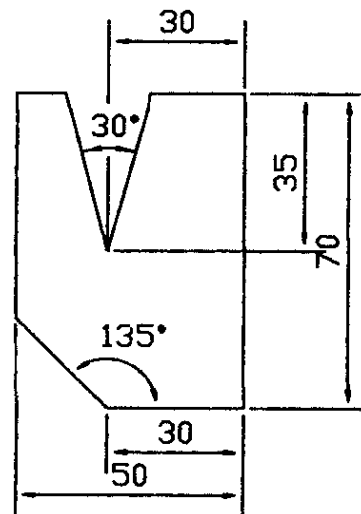


Figura 2.26 Ejercicio #4.

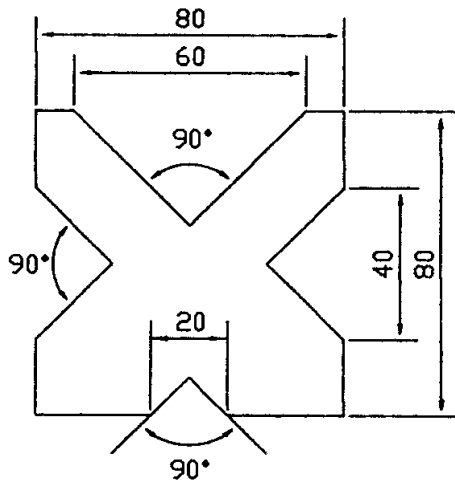


Figura 2.27 Ejercicio #5.

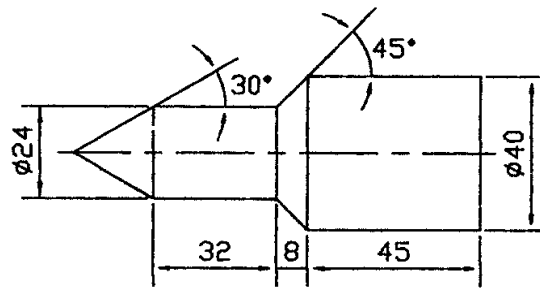


Figura 2.28 Ejercicio #6.

Junta. El siguiente ejemplo muestra la utilización de arcos para crear una junta (Figura 2.29). Los arcos son creados en el plano XY. Se dibujan líneas de construcción para ayudar a colocar en posición los elementos constructivos y se limitarán las partes que no son elementos del modelo.

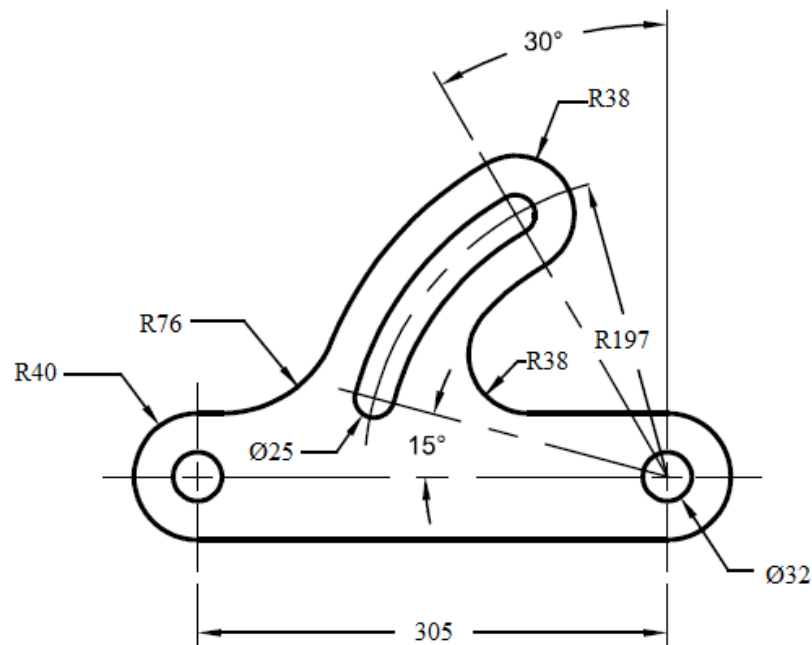





Figura 2.29 Junta.

- De la Barra de Herramientas Principal seleccionar la opción Abrir nuevo modelo .
 - De la Barra de Herramientas Principal seleccionar el menú Arco , la Barra de Herramientas Arco se abre a la izquierda de la pantalla, ésta contiene varias opciones. Seleccionar la opción Crear un arco completo (círculo) .
- Cuando se selecciona esta opción, es necesario definir la posición del centro del círculo. Esta puede ser configurada introduciendo un valor o utilizando el cursor inteligente.
- En la casilla de Introducir comando escribir 0 para definir la posición del centro del círculo (para X0 Y0 Z0) y pulsar Intro, luego con el cursor en la ventana de gráficos pulsar la tecla Esc.

Se crea una previsualización de un círculo con un radio basado en el valor por defecto. El radio puede ser modificado seleccionando el círculo y arrastrando los tensores gráficos (las flechas mostradas) hasta que aparezca el valor necesario de 16 (Figura 2.30).

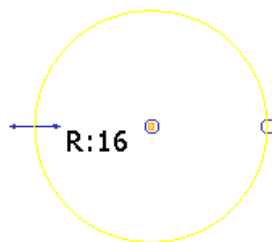



Figura 2.30 Previsualización del círculo.

El círculo tiene ahora el radio correcto. Otro método puede ser utilizado para crear el segundo círculo en la misma posición central: el cursor inteligente.

- Seleccionar Crear un arco completo (círculo) .

- Para modificar el radio por defecto, escribir en la casilla de Introducir comando: r 40

, pulsar Intro. Posicionar el cursor sobre el centro del primer círculo para que aparezca la etiqueta de construcción Centro (Figura 2.31).

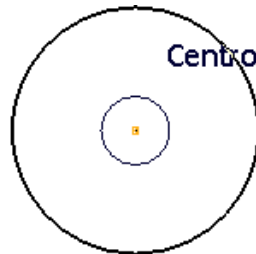







Figura 2.31 Etiqueta de construcción.

Hacer clic con el botón izquierdo del ratón para situar el centro del nuevo círculo. Los dos círculos básicos están completos. Para los círculos posteriores se utilizará la casilla Introducir comando para indicar el radio y el centro del círculo.

- Crear un arco completo (círculo)  con un radio de 16 mm , pulsar Intro, con centro en X 305 , pulsar Intro.
- Crear un arco completo (círculo)  con un radio de 40 mm , pulsar Intro, con centro en X 305 , pulsar Intro.
- Desde la Barra de Herramientas Vista seleccionar Reajustar vista , para visualizar ambos conjuntos de círculos, para mover la vista de los elementos mantener presionado la tecla Shift + Botón central, mover el ratón, colocando la vista de los elementos con el espacio suficiente para dibujar en la parte superior. Crear una línea de construcción a partir de los círculos con centro en X 305. De la Barra de Herramientas Principal seleccionar el menú Línea , la Barra de Herramientas Línea se abre a la izquierda de

la pantalla, ésta contiene varias opciones. Seleccionar la opción Crear una sola línea . Hacer clic en el centro de los círculos situados en X 305 y arrastrar el cursor hasta la posición que muestra A:120 L:197, hacer clic para dibujar la línea (Figura 2.32).

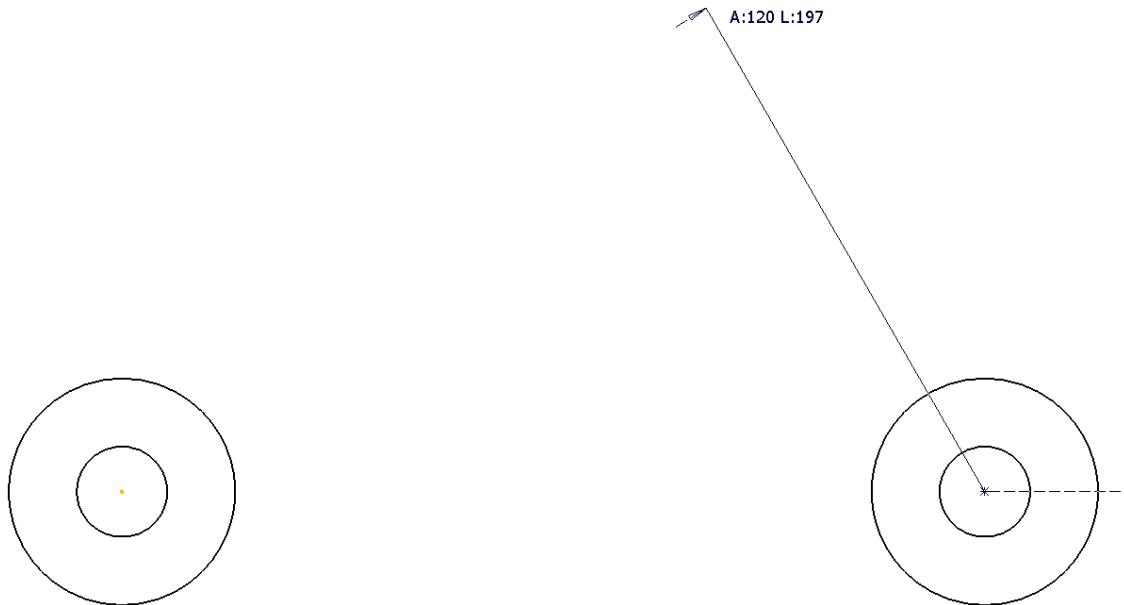





Figura 2.32 Línea de construcción.

- De la Barra de Herramientas Principal seleccionar el menú Arco , la Barra de Herramientas Arco se abre a la izquierda de la pantalla, ésta contiene varias opciones. Seleccionar la opción Crear un arco completo (círculo) , introducir un radio de 12.5 mm , pulsar Intro, posicionar el cursor sobre el extremo de la línea de construcción para que aparezca la etiqueta de construcción Final, pulsar Intro.
- Crear un arco completo (círculo) , con un radio de 38 mm , pulsar Intro, posicionar el cursor sobre el extremo de la línea de construcción para que aparezca la etiqueta de construcción Centro, pulsar Intro (Figura 2.33).

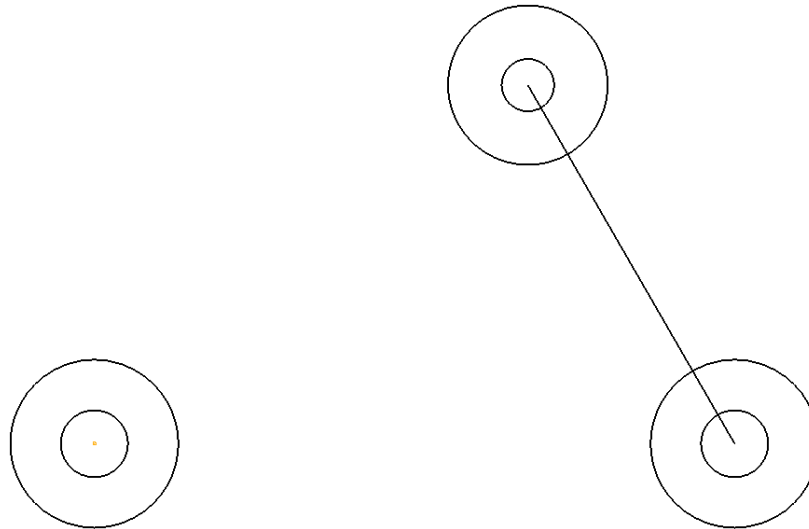




Figura 2.33 Círculos dibujados en extremo de línea de construcción.

- Crear una línea de construcción a partir de los círculos con centro en X 305. Seleccionar la opción Crear una sola línea . Hacer clic en el centro de los círculos situados en X 305 y arrastrar el cursor hasta la posición que muestra A:165 L:197, hacer clic para dibujar la línea (Figura 2.34), pulsar Esc, si no muestra el ángulo o longitud exacta crear la línea y modificar los parámetros (Longitud y Azimut) en el formulario Editor de líneas que aparece haciendo doble clic sobre la línea seleccionada (color amarillo).
- Crear un arco completo (círculo) , con un radio de 12.5 mm , pulsar Intro, posicionar el cursor sobre el extremo de la última línea de construcción para que aparezca la etiqueta de construcción Final, pulsar Intro, luego pulsar Esc (Figura 2.34).

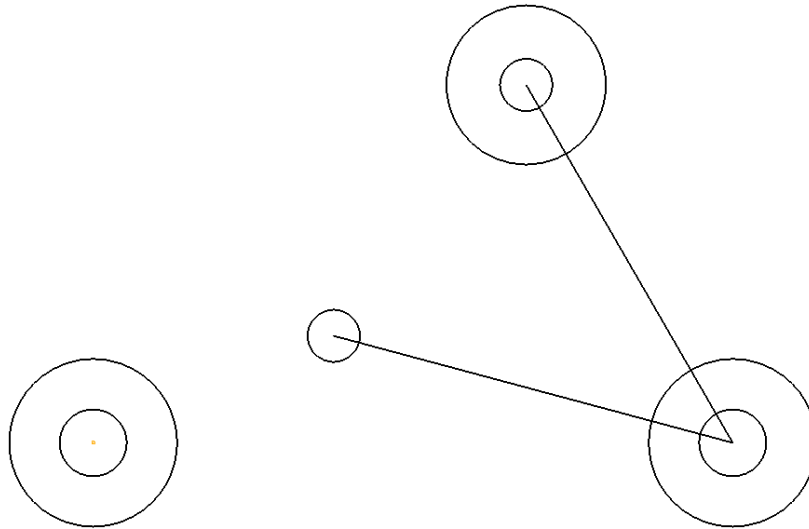




Figura 2.34 Círculo dibujado en extremo de línea de construcción.

- Borrar ambas líneas de construcción seleccionándolas (una a la vez) con un clic (se tornan amarillas) y pulsar Supr.
- Crear la línea entre los círculos de radio 40 mm. Seleccionar la opción Crear una sola línea . Colocar el cursor en parte baja del círculo en X 0 hasta que muestre la etiqueta de construcción Intersección, hacer clic, alargar la línea hasta alcanzar el otro círculo y que muestre la etiqueta de construcción Intersección, hacer clic (Figura 2.35).
- Crear una línea de construcción entre los círculos de radio 40 mm. Seleccionar la opción Crear una sola línea . Colocar el cursor en parte superior del círculo hasta que muestre la etiqueta de construcción Intersección, hacer clic, alargar la línea hasta alcanzar el otro círculo y que muestre la etiqueta de construcción Intersección, hacer clic (Figura 2.35).

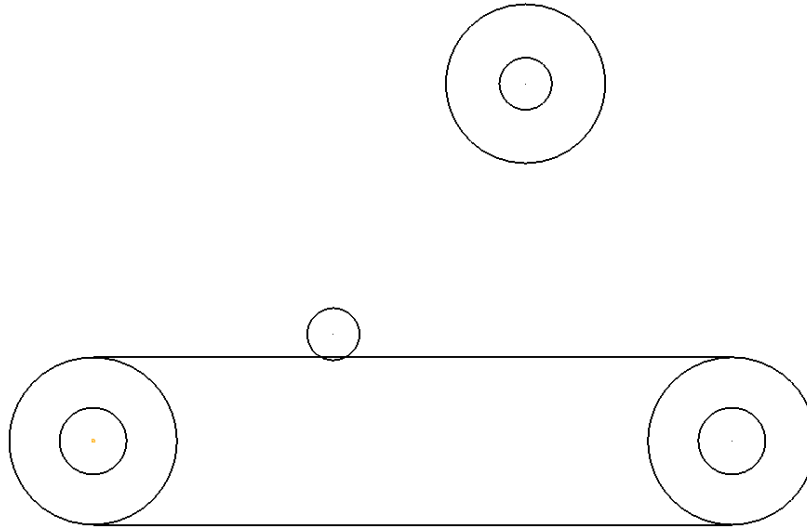




Figura 2.35 Línea del modelo y línea de construcción.

- Desde el menú Arco , seleccionar Crear un arco a través del centro, radio y tramo . Hacer clic en el centro de los círculos situados en X 305 y arrastrar el cursor hasta la posición más próxima que muestra la etiqueta de construcción Activado en una posición tangente al círculo superior de radio 12.5 mm (ayudarse girando el scroll del ratón para hacer acercamientos de la zona de tangencia.), hacer clic y arrastrar el cursor hacia el círculo inferior de 12.5 mm hasta la posición más próxima que muestra la etiqueta de construcción Activado en una posición tangente (ayudarse girando el scroll del ratón para hacer acercamientos de la zona de tangencia.). Repetir el proceso en los mismos círculos con las posiciones más alejadas de los mismos (Figura 2.36).

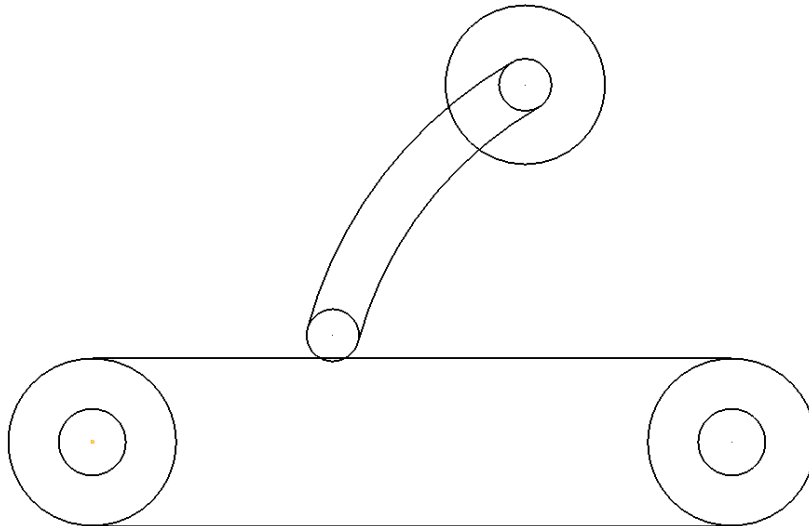




Figura 2.36 Líneas de arco entre círculos.

Desde el menú Arco , seleccionar Crear un arco a partir del centro, radio y tramo . Hacer clic en el centro de los círculos situados en X 305 y arrastrar el cursor hasta la posición más próxima que muestra la etiqueta de construcción Activado en el círculo superior de radio 38 mm (ayudarse girando el scroll del ratón para hacer acercamientos de la zona de tangencia.), hacer clic y arrastrar el cursor hacia la línea construcción inferior hasta la posición más próxima de intersección de las líneas (ayudarse girando el scroll del ratón para hacer acercamientos de la zona de intersección). Repetir el proceso en los mismos círculos con las posiciones más alejadas de los mismos (Figura 2.37).

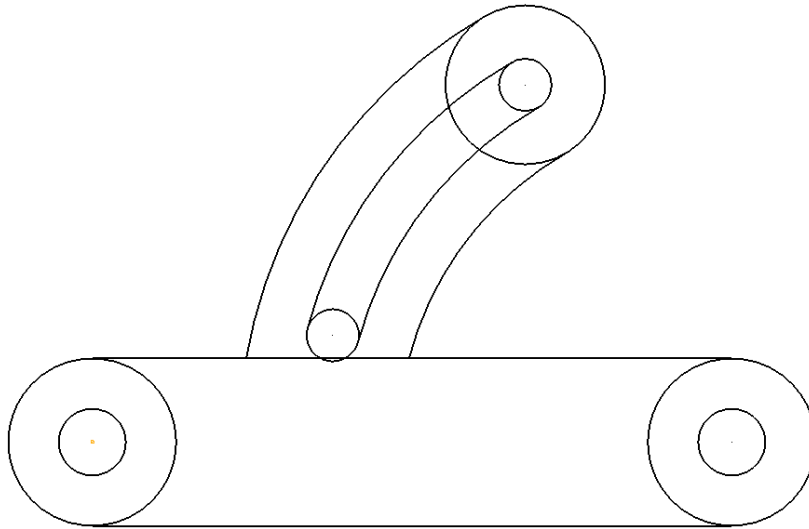



Figura 2.37 Líneas de arco entre círculo y línea de construcción.

- Seleccionar Crear un fillet con trimado , introducir un radio de 38 mm , pulsar Intro, posicionar el cursor sobre la línea de arco que va del círculo superior de radio 38 mm hacia la línea de construcción y hacer clic cuando se muestre la etiqueta Primera Entidad Fillet, luego arrastrar el cursor hacia la línea de construcción y hacer clic cuando se muestre la etiqueta Segunda Entidad Fillet (Figura 2.38).

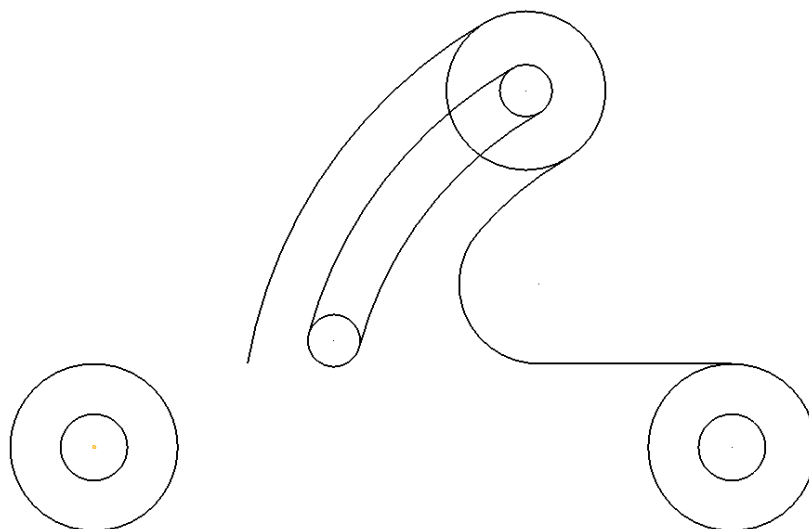



Figura 2.38 Arco de fillet.

- Redibujar la línea de construcción entre el círculo de radio 40 mm y la línea de arco.
- Seleccionar Crear un arco a partir de tres puntos/entidades , posicionar el cursor sobre la línea de arco que va del círculo superior de 38 mm hacia la línea de construcción y hacer clic cuando se muestre la etiqueta Tangente, luego arrastrar el cursor hacia la línea de construcción y hacer clic cuando se muestre la etiqueta Tangente, hacer clic entre las dos líneas, aparece el formulario Confirmar el arco, introducir el radio exacto de 76 mm y pulsar Siguiete solución si es necesario, hasta obtener la forma deseada (Figura 2.39).

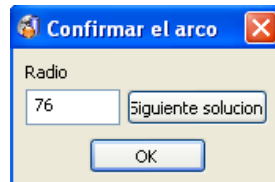


Figura 2.39 Formulario Confirmar el arco.

El arco con tangencia entre las dos líneas se crea (Figura 2.40).

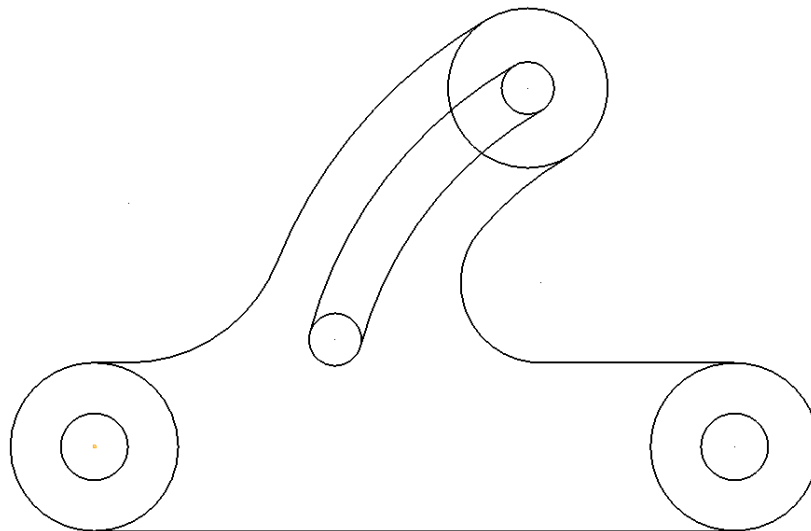




Figura 2.40 Curva tangente entre línea de arco y línea de construcción.

- Hacer clic en Mostrar las opciones de ediciones generales . Aparece la barra de herramientas de Edición General, seleccionar la opción Modelos de alambre limitados interactivamente , mover el cursor sobre cada línea o parte no deseada y hacer clic con el botón izquierdo del ratón una a una para eliminarlas, ayudarse girando el scroll del ratón para hacer acercamientos de las zonas (Figura 2.41).

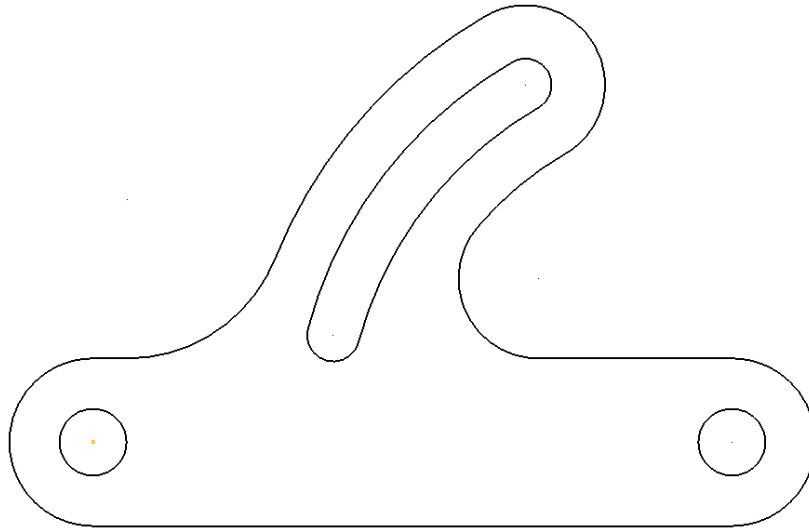



Figura 2.41 Junta.

Para guardar el modelo, hacer clic en el botón Guardar modelo seleccionado  en la Barra de Herramientas Principal. Aparece el cuadro de diálogo Guardar como. Escribir el Nombre: junta y pulsar Guardar.

Ejercicios

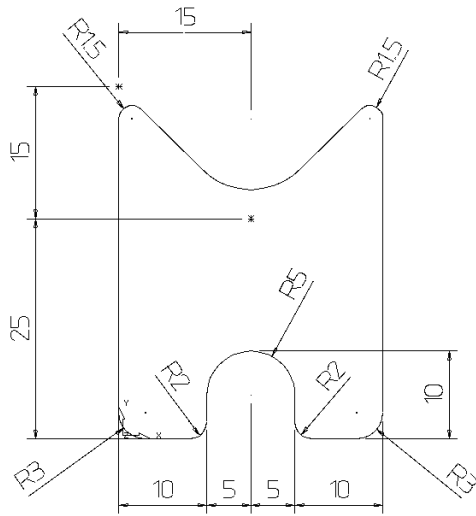


Figura 2.42 Ejercicio #7.

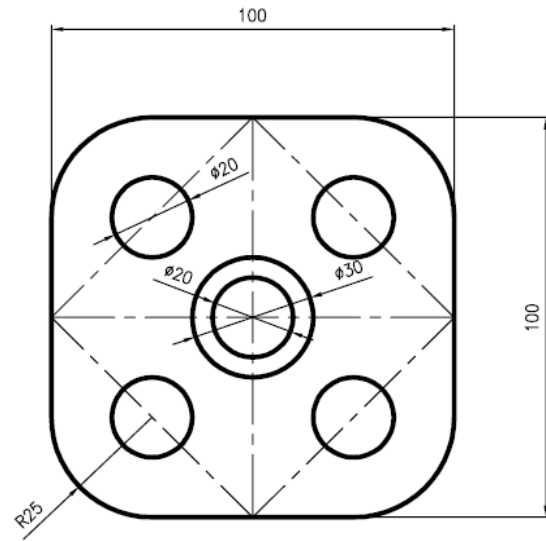


Figura 2.43 Ejercicio #8.

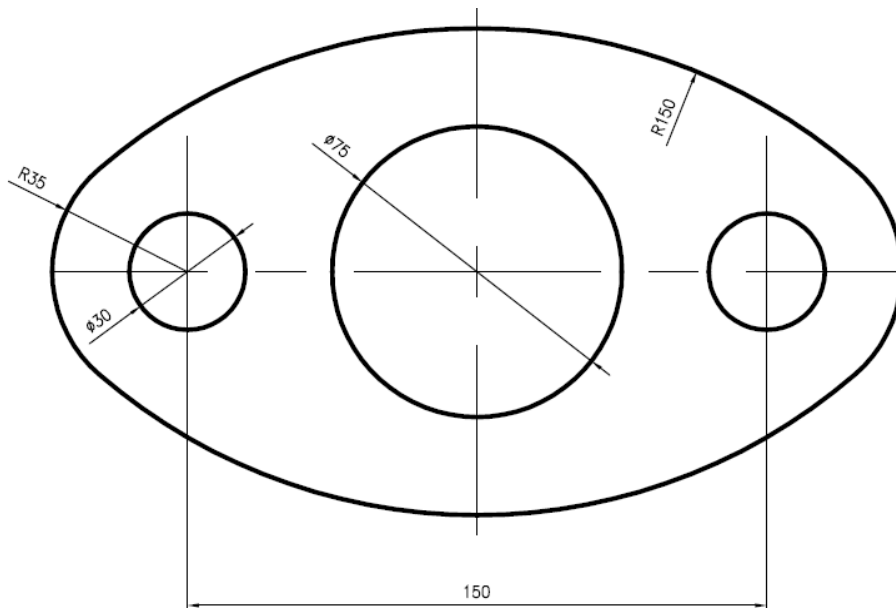


Figura 2.44 Ejercicio #9.

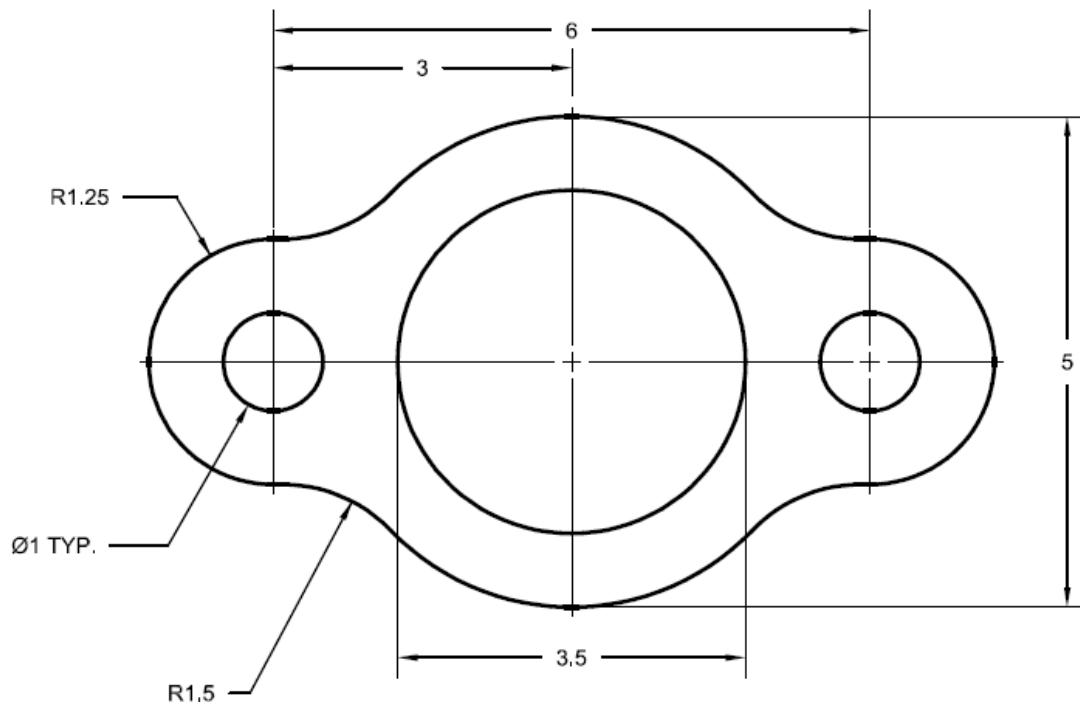


Figura 2.45 Ejercicio #10, cotas en pulgadas.

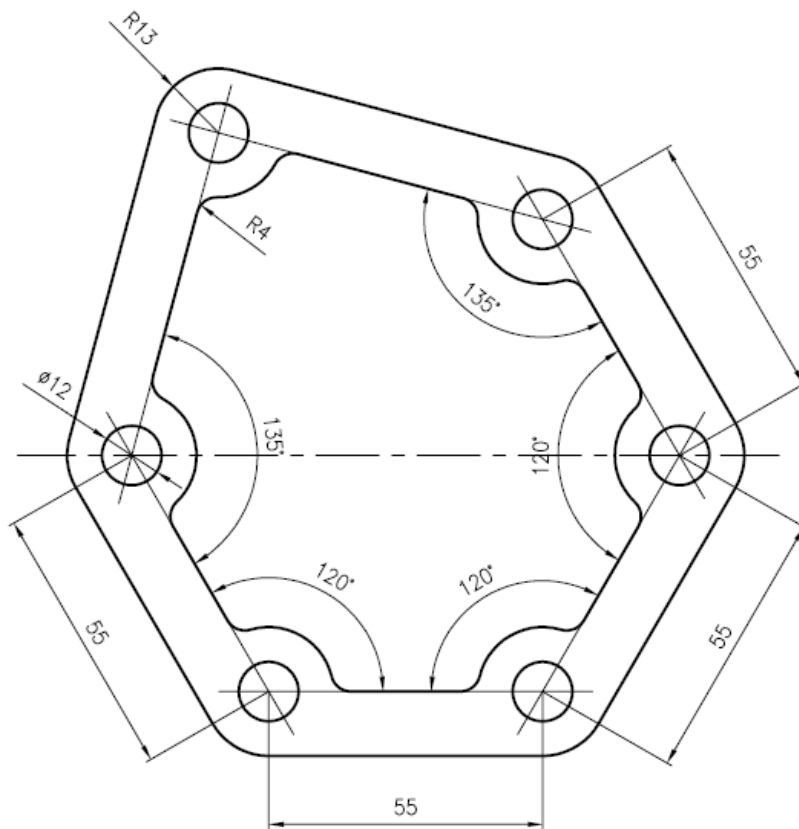


Figura 2.46 Ejercicio #11.

Rueda dentada. En este ejemplo se utilizan arcos para crear el modelo, se usan las líneas de construcción para facilitar la limitación de los objetos, se utilizará la función de rotar objetos, se creará una curva compuesta.

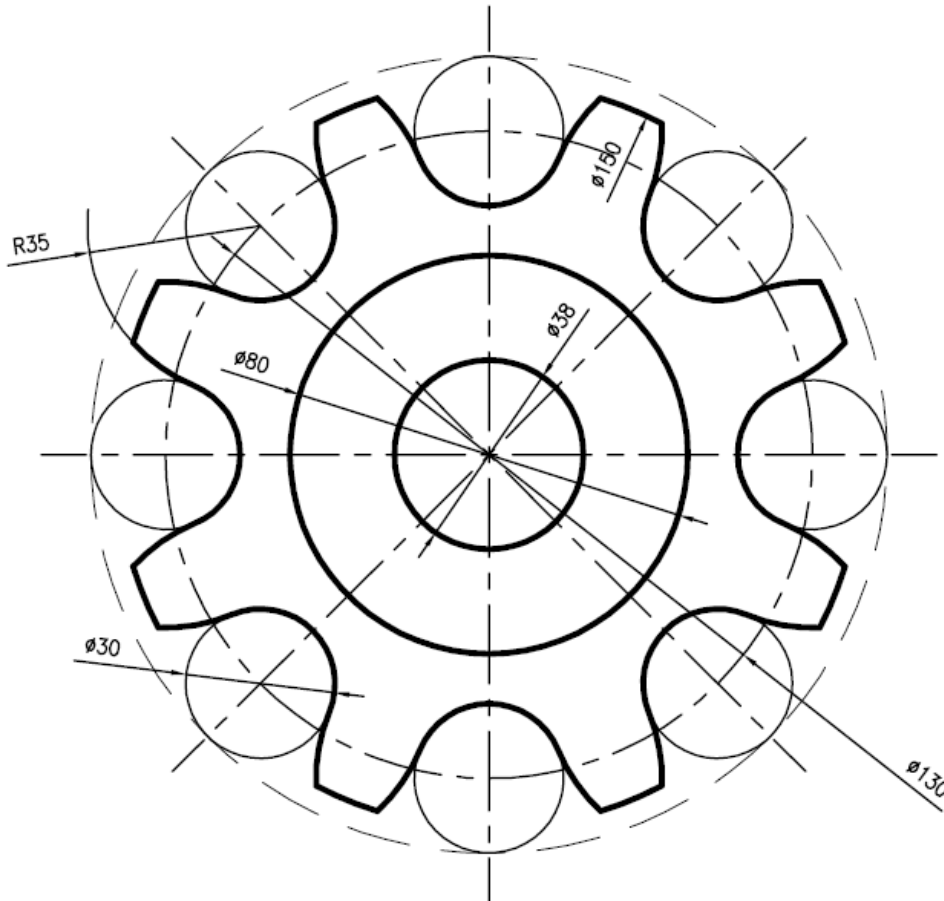







Figura 2.47 Rueda dentada.

- De la Barra de Herramientas Principal seleccionar la opción Abrir nuevo modelo .
- Crear un arco completo (círculo) , con , con centro en .
- Crear un arco completo (círculo) , con , con centro en .

- Crear una línea de construcción. Seleccionar la opción Crear una sola línea . Colocar el cursor en el centro del círculo, hacer clic, alargar la línea en dirección de Y positivo (hacia arriba) hasta una longitud de 65, hacer clic.
- Crear un arco completo (círculo) , con , con centro en el extremo superior de la línea de construcción (Figura 2.48), pulsar Esc.

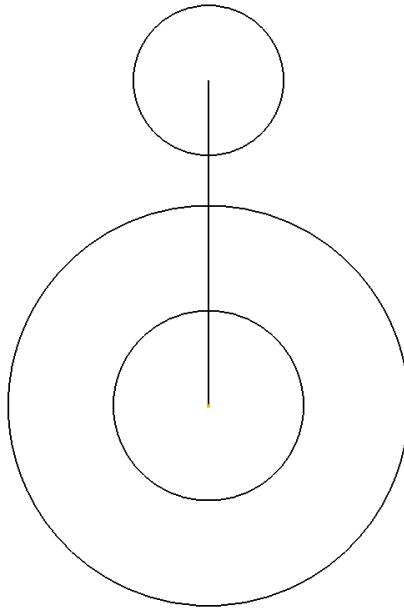



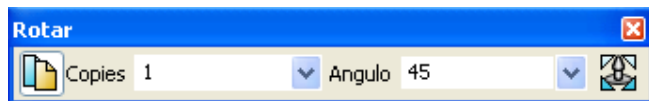




Figura 2.48 Geometría construida.



- De los iconos de Plano Principal en la Barra de Estado verificar que esta seleccionado el eje Z , como normal al plano actual.
- Seleccionar la línea de construcción y el círculo en su extremo superior haciendo un recuadro que los contenga (se tornan amarillos) o mantener pulsada Ctrl y seleccionar individualmente.
- Hacer clic en Mostrar las opciones de ediciones generales . Aparece la Barra de Herramientas de Edición General, seleccionar la opción Rotar objeto (Rotate ítems) .


esta opción permite crear objetos duplicados espaciados alrededor del eje de rotación, normal al plano de trabajo actual.

Se abre el formulario Rotar:



en la ventana de gráficos, aparece el marcador del eje de rotación situado en el origen. Hacer clic en Guardar original para activarlo , introducir 1 en la casilla Número de copias (Copies), introducir un ángulo de rotación de 45 en la casilla Ángulo, pulsar Intro para rotar los objetos (Figura 2.49). Cerrar el formulario haciendo clic en .

- Crear un arco a través del centro, radio y tramo . Hacer clic en el centro del círculo situado en X 0 Y 65 y arrastrar el cursor hasta el borde más próximo del círculo recién duplicado, cuando aparezca la etiqueta Activado y R:35 hacer clic, arrastrar el cursor en sentido horario hasta un ángulo aproximado de -65° y hacer clic (Figura 2.49).
- Crear un arco a través del centro, radio y tramo . Hacer clic en el centro del círculo duplicado y arrastrar el cursor hasta el borde más próximo del círculo situado en X 0 Y 65, cuando aparezca la etiqueta Activado y R:35 hacer clic, arrastrar el cursor en sentido antihorario hasta un ángulo aproximado de 65° y hacer clic (Figura 2.49).

Crear un arco a través del centro, radio y tramo . Hacer clic en el centro del círculo ubicado en X 0, y arrastrar el cursor fuera del arco tangente al círculo ubicado en X 0 Y 65 hacer clic cuando muestre R:75, arrastrar el cursor en sentido antihorario hasta atravesar el otro arco y hacer clic (Figura 2.49). Es importante que este arco atraviese a los arcos creados previamente.

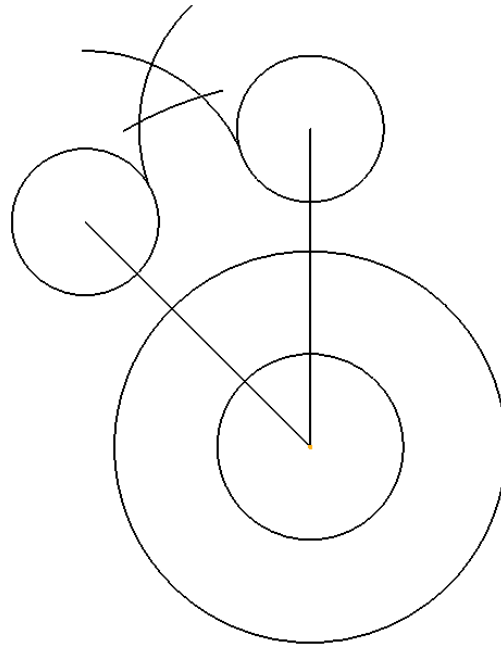




Figura 2.49 Círculo y línea rotadas, arcos creados.

- Hacer clic en Mostrar las opciones de ediciones generales . Aparece la Barra de Herramientas de Edición General, seleccionar la opción Modelos de alambre limitados interactivamente , mover el cursor sobre cada línea o parte que no forma al diente y hacer clic con el botón izquierdo del ratón una a una para eliminarlas, incluyendo las líneas de construcción (Figura 2.50).

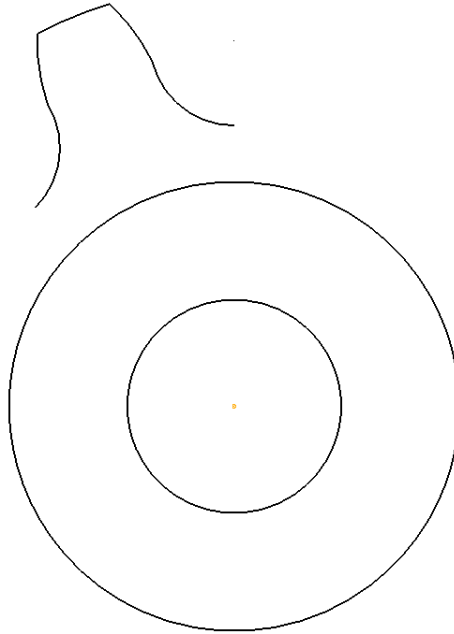
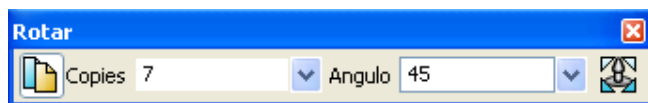




Figura 2.50 Diente completo.

- Seleccionar el diente haciendo un recuadro que lo contenga (se torna amarillo) o mantener pulsada Ctrl y seleccionar individualmente los elementos.

Seleccionar la opción Rotar objeto , se abre el formulario Rotar:



Hacer clic en Guardar original para activarlo , introducir 7 en la casilla Número de copias (Copies), introducir un ángulo de rotación de 45 en la casilla Ángulo, pulsar Intro para rotar los objetos (Figura 2.51). Cerrar la barra de herramientas haciendo clic en .

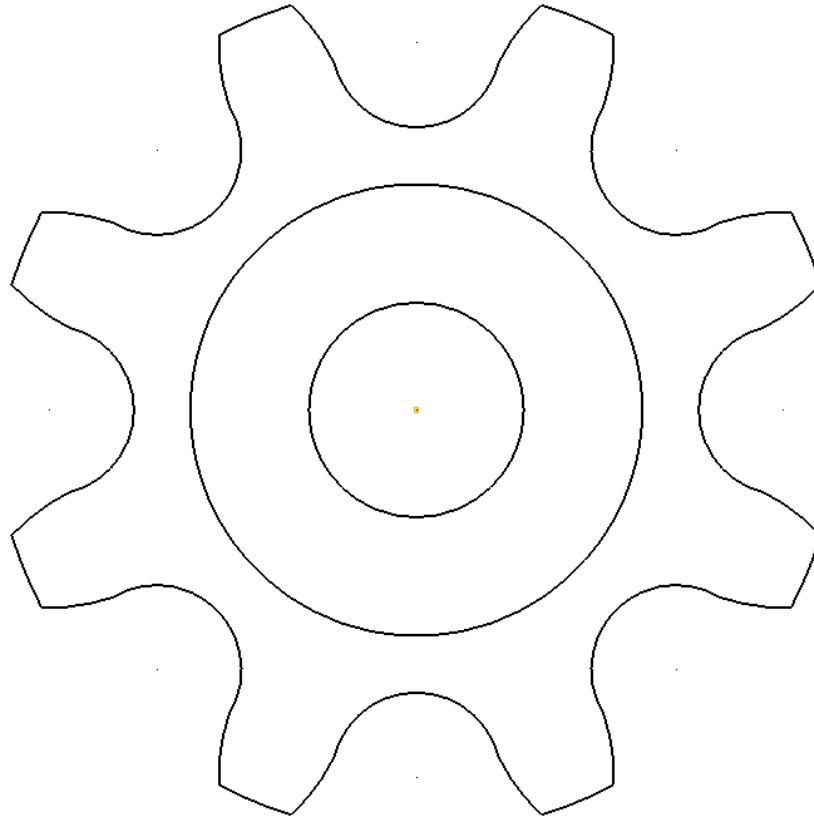


Figura 2.51 Rueda dentada.

- Una curva compuesta es una única entidad, creada a lo largo de la ruta de una o más líneas, arcos y curvas existentes. Una vez que se ha creado una curva compuesta se puede utilizar para una gran variedad de funciones como pueden ser la creación de sólidos y superficies.
- Como el perfil de los dientes es una trayectoria cerrada, la curva compuesta se creará manteniendo pulsada la tecla Alt y haciendo clic sobre un elemento de la curva (Figura 2.52).

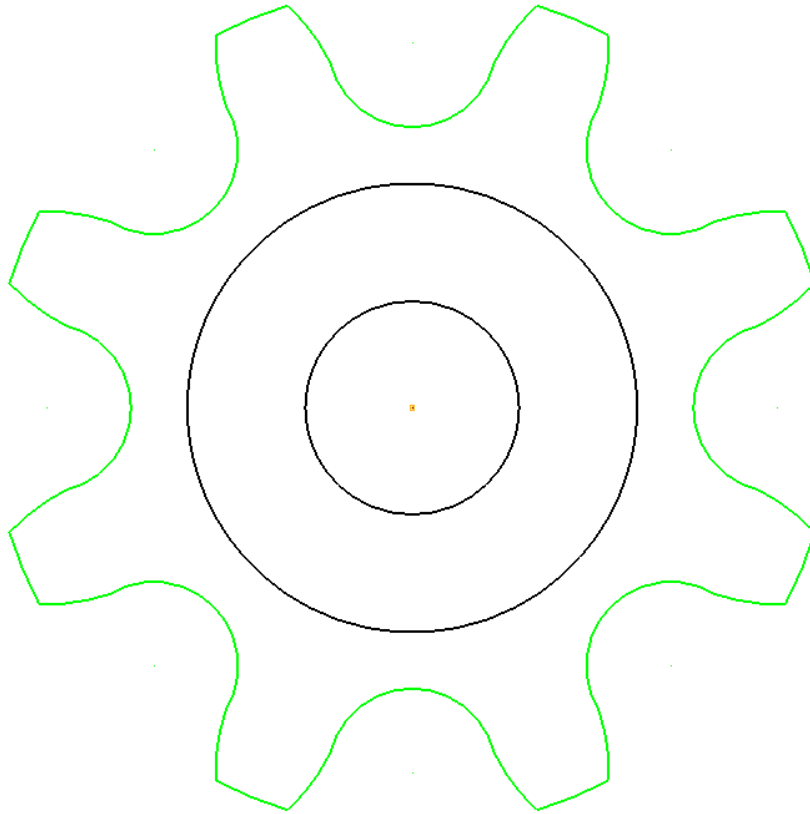




Figura 2.52 Curva compuesta.

De la Barra de Herramientas Principal seleccionar la opción Cifras de cota , la Barra de Herramientas de Cota se abre a la izquierda de la pantalla, ésta contiene varias opciones. Seleccionar la opción Radio , seleccionar los círculos y posicionar las cotas (Figura 2.53).

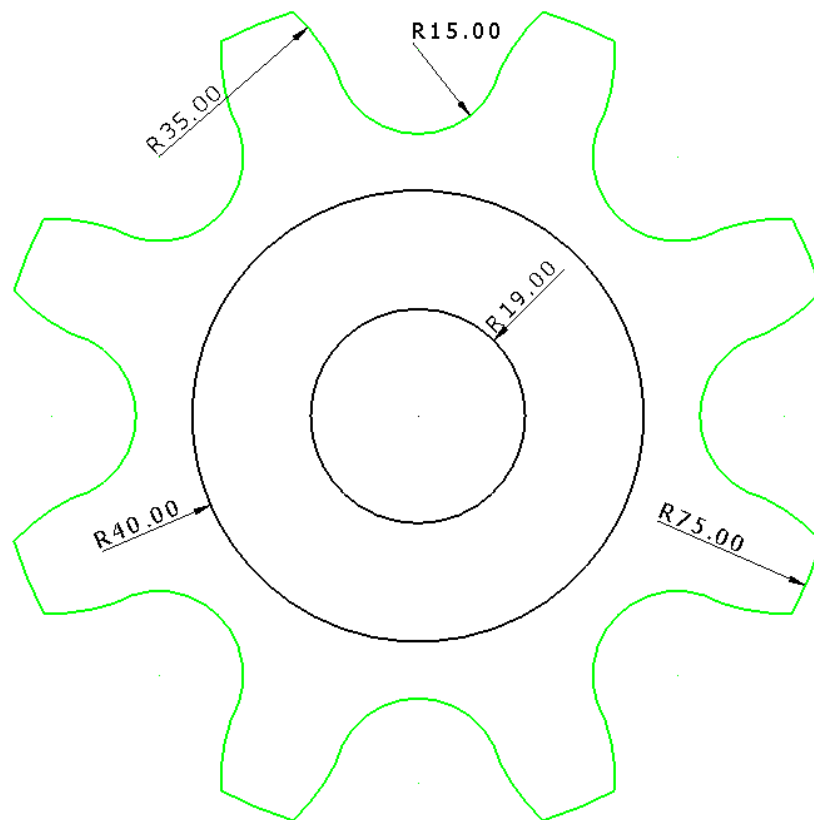



Figura 2.53 Cifras de cota.

Para guardar el modelo, hacer clic en el botón Guardar modelo seleccionado  en la Barra de Herramientas Principal. Aparece el cuadro de diálogo Guardar como. Escribir el Nombre: rueda dentada y pulsar Guardar.

Ejercicios

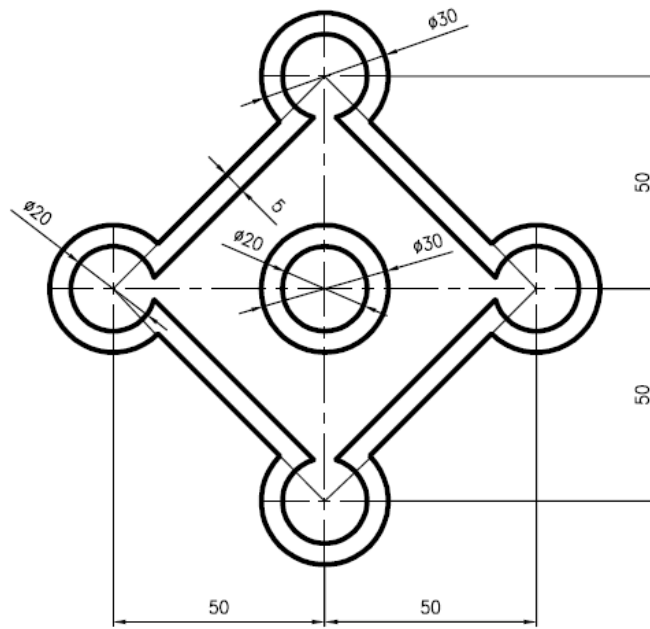


Figura 2.54 Ejercicio #12.

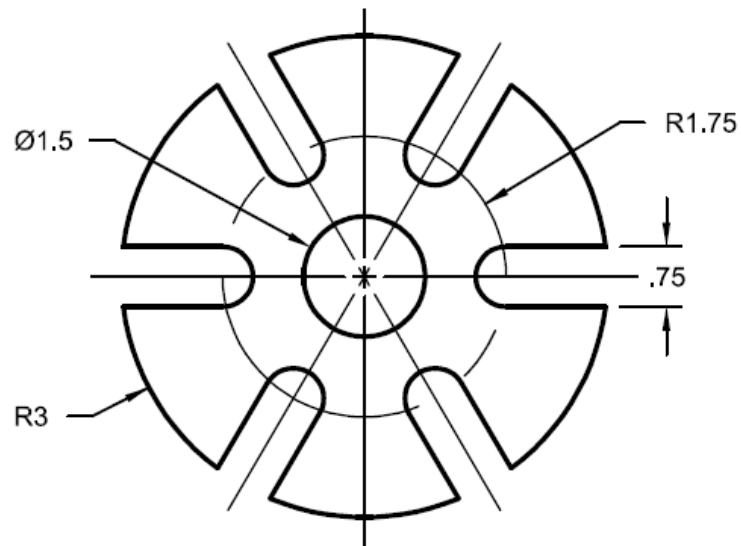


Figura 2.55 Ejercicio #13, cotas en pulgadas.

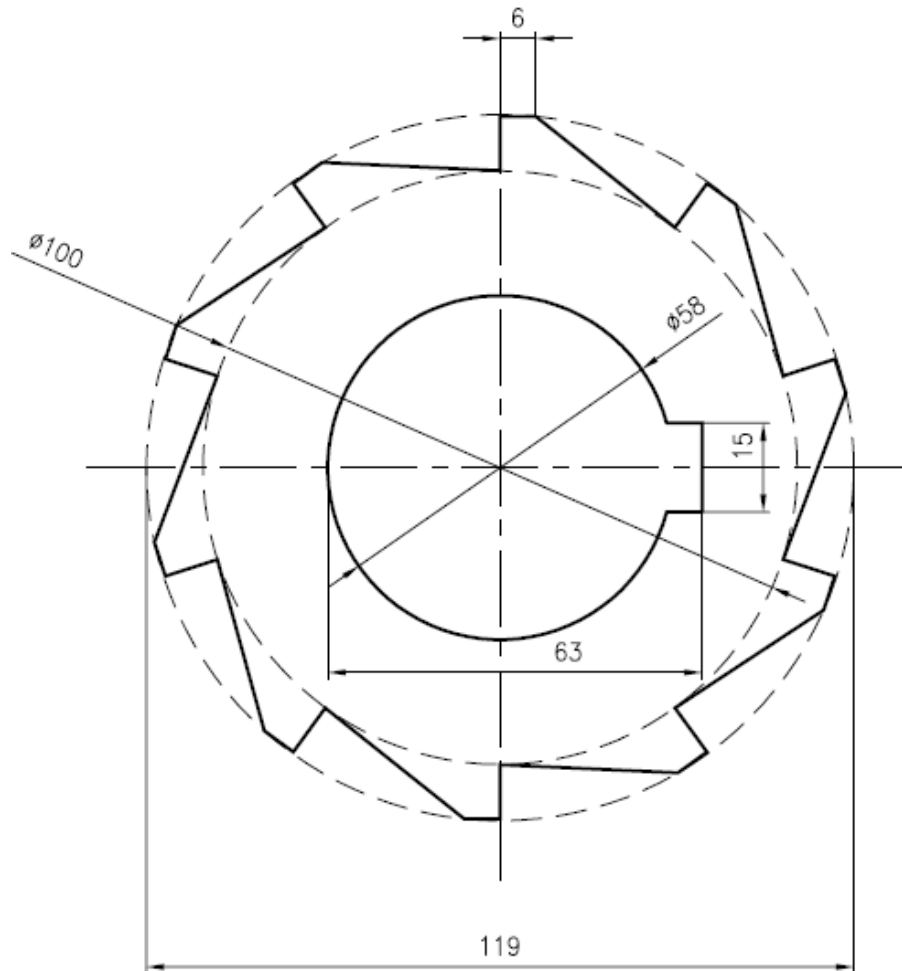


Figura 2.56 Ejercicio #14.

2.2.2 MODELADO DE SUPERFICIES

Las superficies pueden ser creadas desde el modelo de alambre, directamente como formas primitivas estándar, o por conversión de un modelo sólido. Una superficie es como una piel estirada a través de los lados de una red modelo de alambre. Un modelo 3D creado como superficies se comporta como una forma hueca.

➤ Superficies parametrizadas (primitivas).

Se pueden crear superficies rápidamente, definidas por unos cuantos parámetros dimensionales básicos, pero la forma original es imposible de modificar. Las siguientes son superficies parametrizadas:

- Primitivas: planos, bloques, cilindros, conos, esferas, toros y muelles.
- Superficies extruidas.
- Superficies de revolución.

Palanca. En el siguiente ejemplo las opciones de las primitivas serán aplicadas a la construcción del diseño básico de una palanca.












- De la Barra de Herramientas Principal seleccionar la opción Abrir nuevo modelo .
- De la Barra de Herramientas Principal seleccionar el menú Plano de trabajo , la Barra de Herramientas Plano de Trabajo se abre a la izquierda de la pantalla, ésta contiene varias opciones. Seleccionar la opción Crear un plano de trabajo simple . Escribir en la casilla Introducir comando , pulsar Intro.
Este plano de trabajo se activa  1  y proporcionará un marcador visual para el origen dimensional, el cual está alineado al plano Absoluto.
- De la Barra de Herramientas Principal seleccionar el menú Superficie , la Barra de Herramientas Superficie se abre a la izquierda de la pantalla, ésta contiene varias opciones. Seleccionar la opción Plano Primitivo . Escribir en la casilla Introducir comando , pulsar Intro. Pulsar Esc.
- Seleccionar la vista ISO 1 .
- Hacer doble clic sobre el plano para abrir el formulario Plano, modificar Ancho (X) y Longitud (Y), a un valor de 100, seleccionar la pestaña Espacio de trabajo y modificar la definición de la posición Z a 40, clic en aceptar (Figura 2.57).



Figura 2.57 Modificar dimensiones y posición.

Desde la Barra de Herramientas Vista seleccionar Reajustar vista , para visualizar toda la superficie creada.

- De la Barra de Herramientas Superficies , seleccionar Bloque Primitivo . Escribir en la casilla Introducir comando , pulsar Intro. Pulsar Esc. Hacer doble clic sobre el bloque para abrir el formulario Bloque, modificar las dimensiones Longitud (X) a 100, Ancho (Y) a 100 y Altura (Z) a 40 (Figura 2.58), clic en Aceptar.

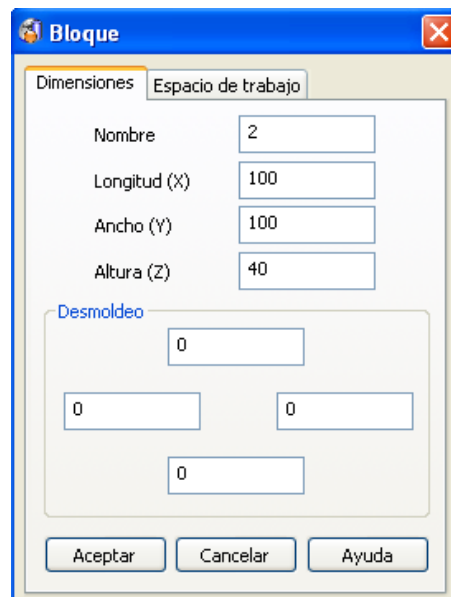


Figura 2.58 Modificar dimensiones.





- De la Barra de Herramientas Superficies , seleccionar Cono Primitivo . Escribir en la casilla Introducir comando , pulsar Intro. Hacer doble clic sobre el cono para abrir el formulario Cono, modificar las dimensiones Radio Superior a 5, Radio de la Base a 27.5 y Longitud a 50 (Figura 2.59), clic en Aceptar.



Figura 2.59 Modificar dimensiones.

- De la Barra de Herramientas Superficies , seleccionar Cilindro Primitivo . Escribir en la casilla Introducir comando , pulsar Intro. Hacer doble clic sobre el cilindro para abrir el formulario Cilindro, modificar las dimensiones Radios a 5 y Longitud a 60 (Figura 2.60).

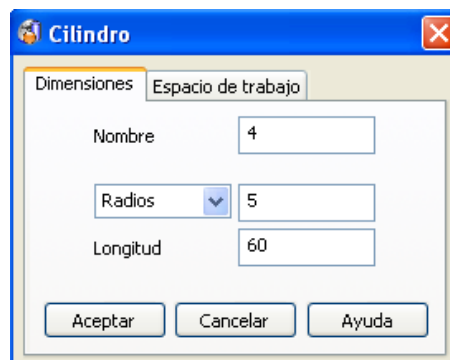





Figura 2.60 Modificar dimensiones.

Desde la Barra de Herramientas Vista seleccionar Reajustar vista , para visualizar toda la geometría creada.

- De la Barra de Herramientas Superficies , seleccionar Esfera Primitiva . Escribir en la casilla Introducir comando , pulsar Intro. Hacer doble clic sobre la esfera para abrir el formulario Esfera, modificar Radio a 15 (Figura 2.61), clic en Aceptar.

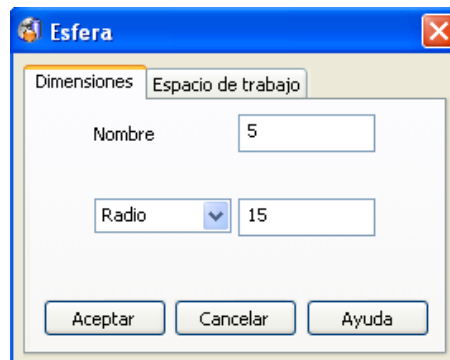


Figura 2.61 Modificar Radio.





- De la Barra de Herramientas Superficies , seleccionar Toro Primitivo . Escribir en la casilla Introducir comando , pulsar Intro. Hacer doble clic sobre el toro para abrir el formulario Toro, modificar las dimensiones Radio menor a 1.5 y Radio mayor a 6.5 (Figura 2.62), clic en Aceptar.



Figura 2.62 Modificar dimensiones.

- De la Barra de Herramientas Superficies , seleccionar Muelle . Escribir en la casilla Introducir comando , pulsar Intro. Hacer doble clic sobre el muelle para abrir el formulario Realce, modificar las dimensiones Altura a 48.5, deseleccionar la casilla Radios Constantes y escribir Radio Superior 6.3, Radio de la Base 29 (Figura 2.63), seleccionar la pestaña Sección y modificar Radio a 1.5 (Figura 2.63), clic en Aceptar.

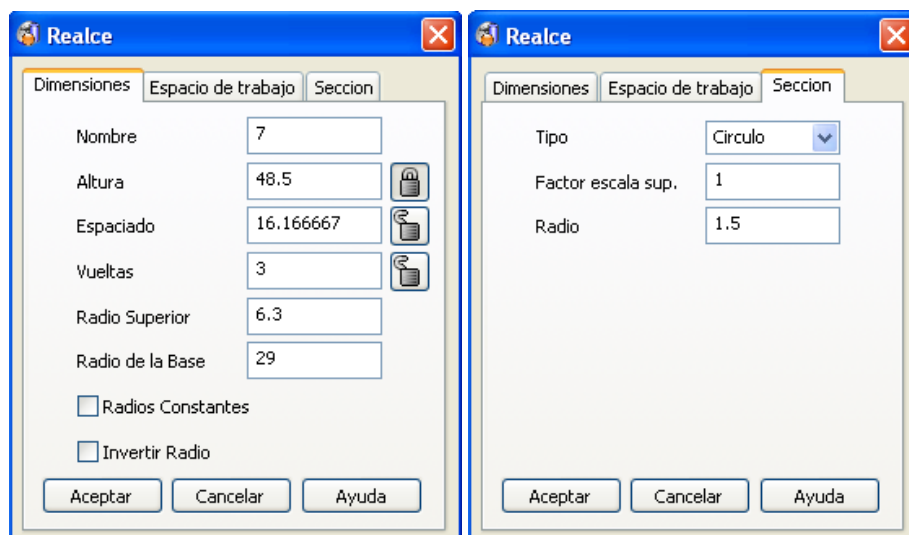


Figura 2.63 Modificación de parámetros.

A continuación se muestra el modelo finalizado (Figura 2.64):

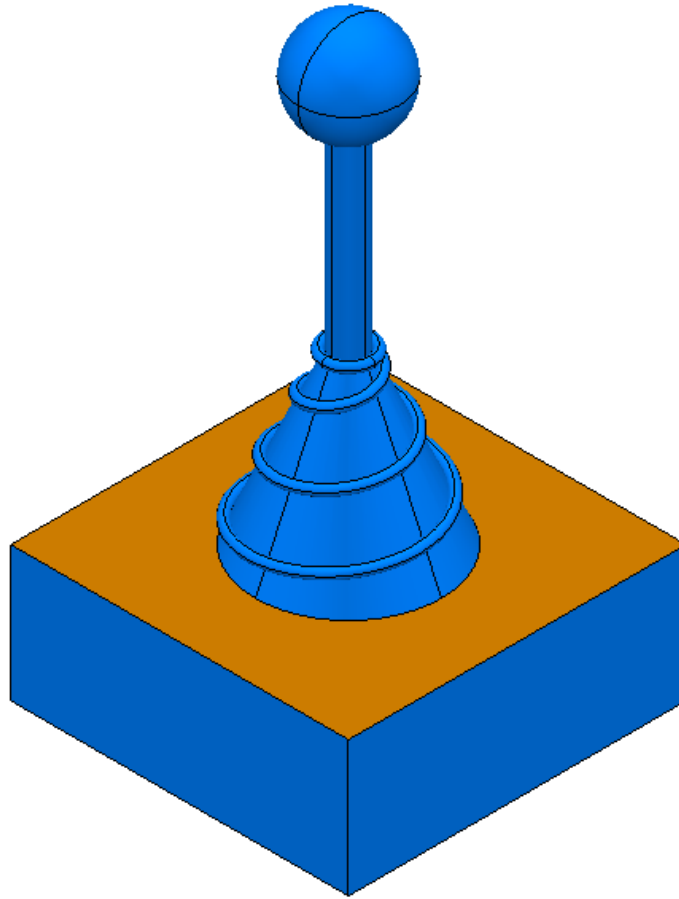









Figura 2.64 Palanca.

Para guardar el modelo, hacer clic en el botón Guardar modelo seleccionado  en la Barra de Herramientas Principal. Aparece el cuadro de diálogo Guardar como. Escribir el Nombre: palanca y pulsar Guardar.

Bloque. En el siguiente ejemplo se creará un plano de trabajo que tendrá una orientación perpendicular al plano Absoluto y se dibujará un modelo de alambre respecto a este plano. Para obtener una superficie de extrusión, el modelo de alambre tiene primero que unirse dentro de una entidad única, una curva compuesta.

- De la Barra de Herramientas Principal seleccionar la opción Abrir nuevo modelo .

- De la Barra de Herramientas Principal seleccionar el menú Plano de trabajo , la Barra de Herramientas Plano de Trabajo se abre a la izquierda de la pantalla, ésta contiene varias opciones. Seleccionar la opción Crear un plano de trabajo simple . Escribir en la casilla Introducir comando , pulsar Intro. Este plano de trabajo se activa  1  y proporcionará un marcador visual para el origen dimensional.
- Hacer doble clic sobre el plano de trabajo, aparece el formulario Plano de trabajo, en la zona Rotar pulsar Rotar con respecto a X , se despliega la Calculadora, introducir un valor de 90 y hacer clic en Aceptar, clic en Aceptar en el formulario (Figura 2.65).

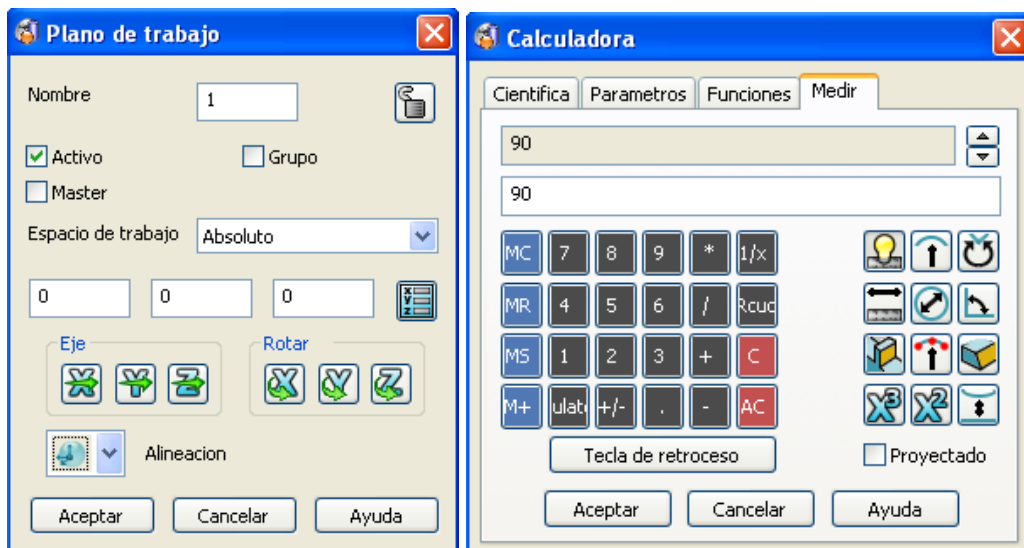



Figura 2.65 Formulario Plano de trabajo y Calculadora.

- Desde la Barra de Herramientas de Vista hacer clic en Vista superior (+Z) .
- Crear la siguiente geometría empezando con el origen en la esquina inferior izquierda (Figura 2.66):

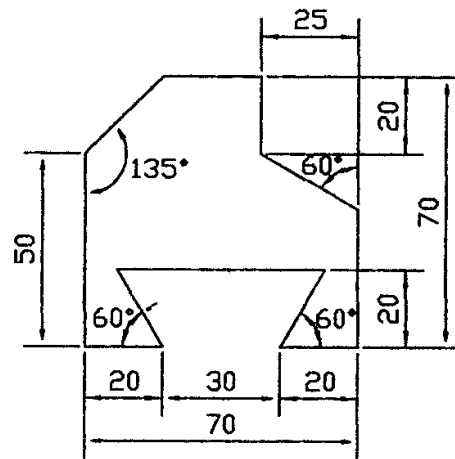





Figura 2.66 Bloque.

- Como el perfil es una trayectoria cerrada, la curva compuesta se creará manteniendo pulsada la tecla Alt y haciendo clic sobre un elemento de la curva.

- Seleccionar la vista ISO 1 .

- De la Barra de Herramientas Superficie , seleccionar Superficie de Extrusión . Se crea una superficie de extrusión, normal al plano, desde la curva compuesta seleccionada con un valor por defecto.

La superficie de extrusión tiene tensores gráficos (dos conjuntos de flechas dobles), utilizarlas para modificar dinámicamente la longitud sobre el eje Z a un valor de 50 mm (Figura 2.67).

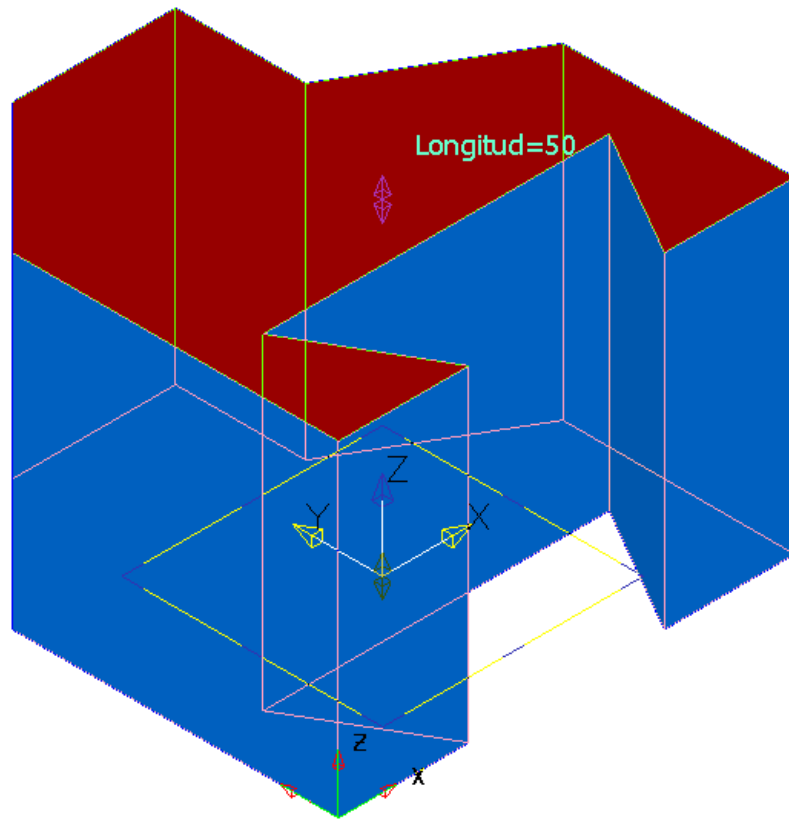





Figura 2.67 Tensores gráficos para modificar la longitud.

- De la Barra de Herramientas Curva , seleccionar Crear una Curva Compuesta trazándola . Aparece la Barra de Herramientas Crear curva compuesta. Ésta tiene todas las opciones necesarias para el trazado de una curva compuesta en ambos bordes extremos de la superficie de extrusión:



Seleccionar Establecer el punto inicial desde la barra de herramientas . El cursor pasa a ser dos barras verticales como el icono de establecer el punto inicial. Un círculo marcará el punto inicial seleccionado.

Con el botón izquierdo del ratón, seleccionar una línea. La curva compuesta es creada según la ruta, si toca un punto dónde hay direcciones opcionales éstas serán indicadas mediante una flecha y su color modificado a rosa y amarillo para seleccionar manualmente la ruta correcta (Figura 2.68).

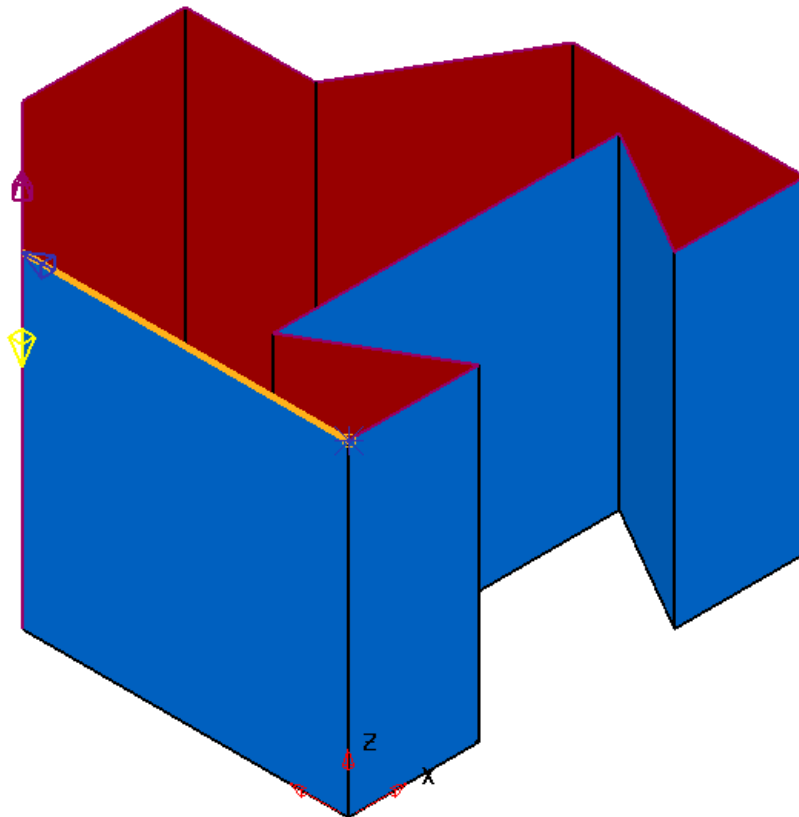




Figura 2.68 Punto inicial y primera línea establecidos.

- Cuando se cierre la ruta de la curva compuesta seleccionar Guardar  en la barra de herramientas
- Rotar la vista del modelo manteniendo pulsado el botón central y moviendo el ratón para visualizar el extremo inferior de la superficie y repetir el procedimiento de creación de la curva compuesta.
- Seleccionar Salir . Se han creado las curvas compuestas (Figura 2.69).

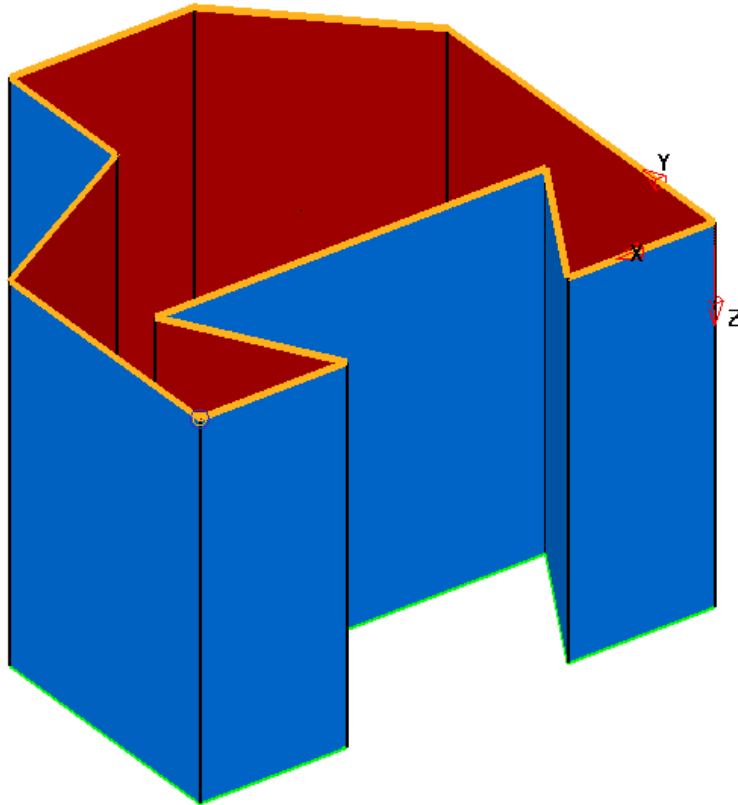




Figura 2.69 Curvas compuestas creadas en ambos extremos.

- Seleccionar una de las curvas compuestas. De la Barra de Herramientas Superficie , seleccionar Creación Automática de Superficies , se abre el formulario Creación Automática de superficies con la opción Relleno seleccionada como la mejor opción de los métodos (Figura 2.70). Sí la previsualización se ajusta a la superficie requerida hacer clic en Aceptar.

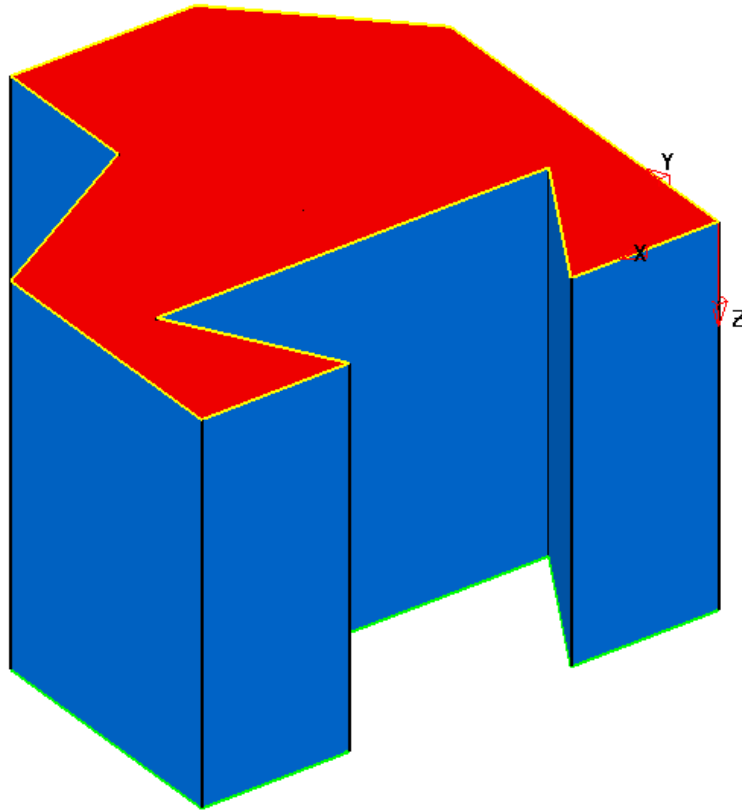






Figura 2.70 Superficie de relleno.

- Si la superficie creada es color rojo (el rojo indica la parte interna), se debe invertir. Hacer clic derecho sobre la superficie y seleccionar del menú Power Superficie la opción Invertir, la superficie se invierte, mostrándose de color azul, que es el exterior.
- Rotar la vista del modelo seleccionando la vista ISO 1 , para visualizar el otro extremo del modelo y repetir el procedimiento de creación automática de superficies.

Activar el plano de trabajo Absoluto seleccionándolo de la lista desplegable

 Absoluto , seleccionar la vista ISO 1  (Figura 2.71).

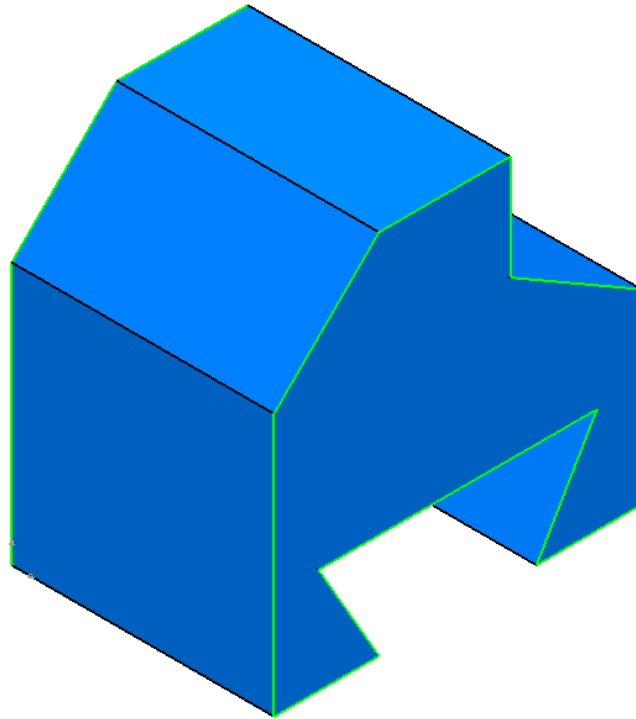




Figura 2.71 Bloque con sus lados cerrados.

Para guardar el modelo, hacer clic en el botón Guardar modelo seleccionado  en la Barra de Herramientas Principal. Aparece el cuadro de diálogo Guardar como. Escribir el Nombre: bloque y pulsar Guardar.

Eje. En el siguiente ejemplo se creará un modelo de alambre. Para obtener una superficie de revolución, el modelo de alambre tiene que rotar alrededor del eje correcto. Los colores del modelo no son representativos del material, entonces se le puede asignar el color según el tipo de material constructivo y crear imágenes foto realísticas.

- De la Barra de Herramientas Principal seleccionar la opción Abrir nuevo modelo .
- Crear la siguiente geometría como una línea continua introduciendo las posiciones en la casilla Introducir comando, empezando con la línea vertical de longitud 18 con origen en 0 (Figura 2.72):

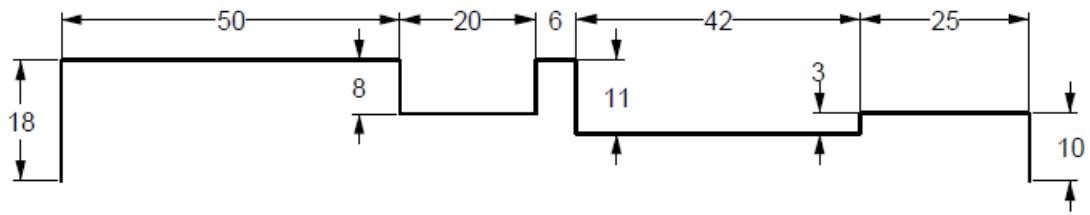








Figura 2.72 Perfil de eje.

- En la Barra de Estado seleccionar el Eje X   , ésta geometría será girada 360° alrededor del plano de trabajo creando una superficie.
- Seleccionar el modelo de alambre con un recuadro y luego de la Barra de Herramientas Superficie , seleccionar Superficie de revolución . Seleccionar la vista ISO 1  (Figura 2.73).

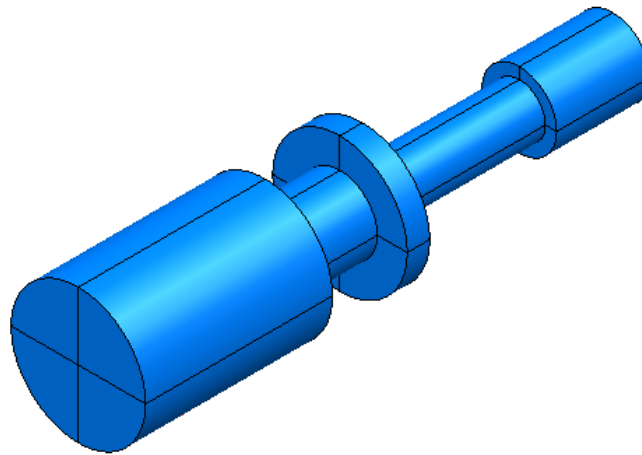



Figura 2.73 Eje.

- Seleccionar la superficie creada. De la Barra de Menús hacer clic en Formato y seleccionar Materiales..., se abre el formulario Selección de Material. De la lista desplegable Tipo de material escoger Metal y seleccionar Bronze, hacer clic en Aceptar (Figura 2.74).



Figura 2.74 Formulario Selección de Material.

- De la Barra de Herramientas Vista seleccionar Sombreado Resaltado , aparece el modelo con perspectiva y reflejos que se ven en la superficie que dan una apariencia muy realista, esto es más evidente al girar el modelo usando el botón central del ratón (Figura 2.75).

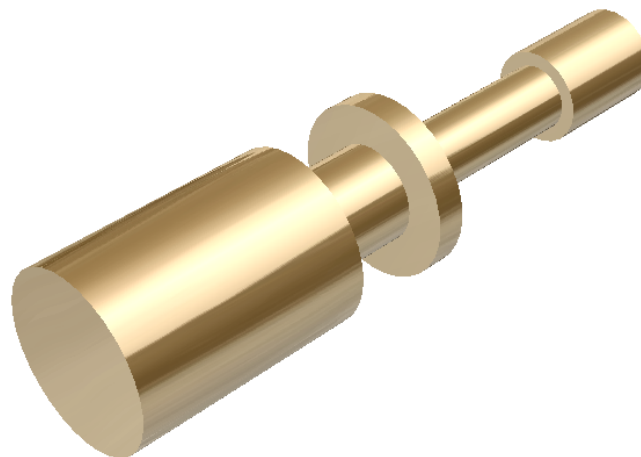



Figura 2.75 Sombreado resaltado.

- De la Barra de Herramientas Vista seleccionar Abrir el formulario de renderizado , se abre el formulario Sombrear, cambiar las entradas como se muestra (Figura 2.76) y hacer clic en Sombrear. Clic en Aceptar.

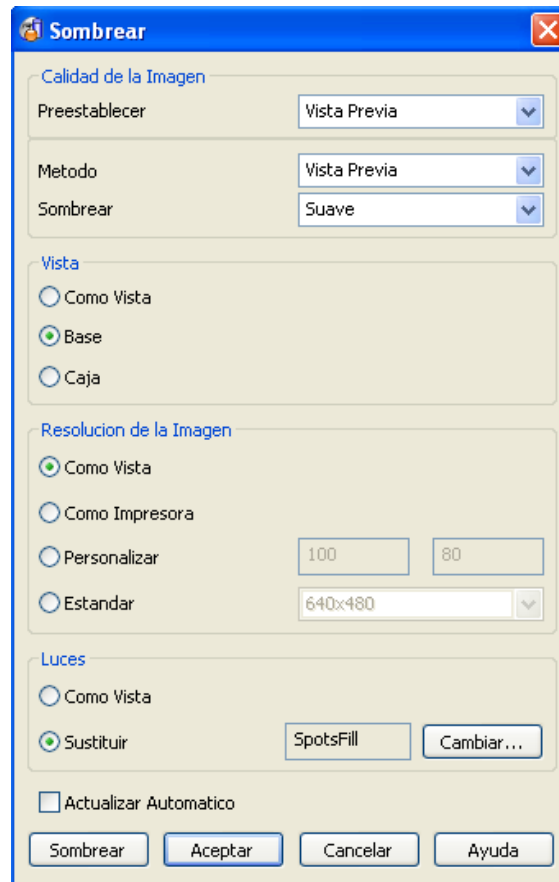


Figura 2.76 Formulario Sombrear.

Se crea la imagen renderizada (Figura 2.77).

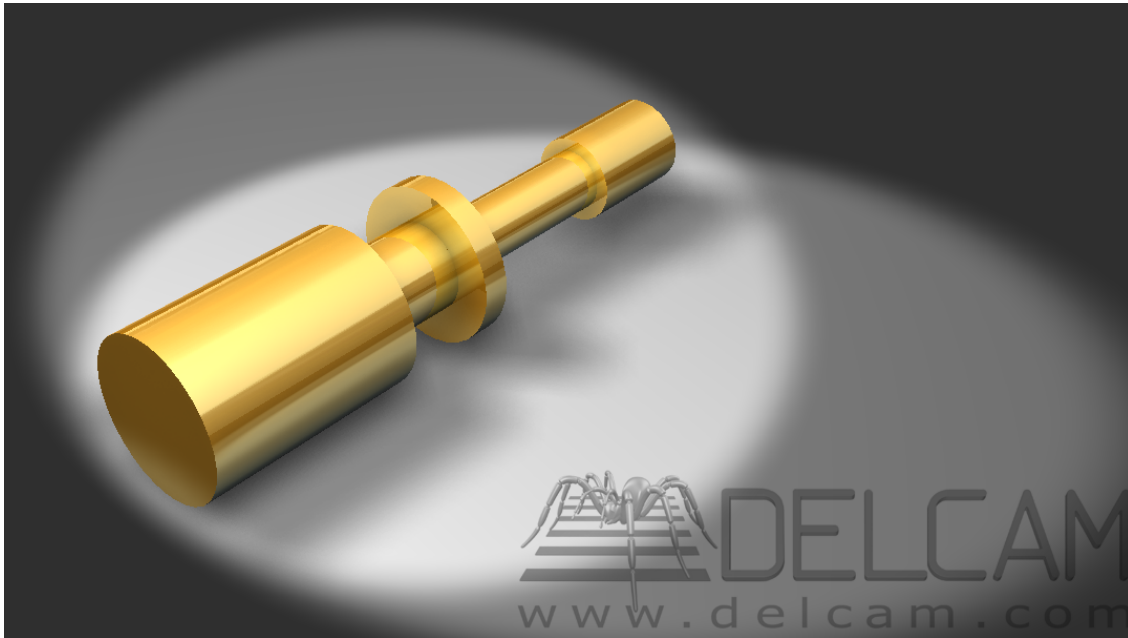




Figura 2.77 Imagen foto realista.

- Cerrar la vista renderizada haciendo clic en la X    de la ventana.

Para guardar el modelo, hacer clic en el botón Guardar modelo seleccionado  en la Barra de Herramientas Principal. Aparece el cuadro de diálogo Guardar como. Escribir el Nombre: eje y pulsar Guardar.

➤ **Superficies PowerSurface.**

Una superficie modelada con PowerSHAPE se conoce como una PowerSurface, la cual está formada por una red (o modelo de alambre) de curvas. Las curvas a lo largo de la superficie se llaman longitudinales y las que corren a lo ancho se llaman laterales, todas se pueden editar individualmente. El área de la superficie que se encuentra entre pares adyacentes de laterales y longitudinales se llama parche (Figura 2.78). En algunos casos puede existir otra curva (opcional) llamada spine.

Las curvas controlan los puntos clave por los que debe pasar la superficie y las direcciones de las tangentes en estos puntos. Las curvas de control son curvas cúbicas de Bezier.

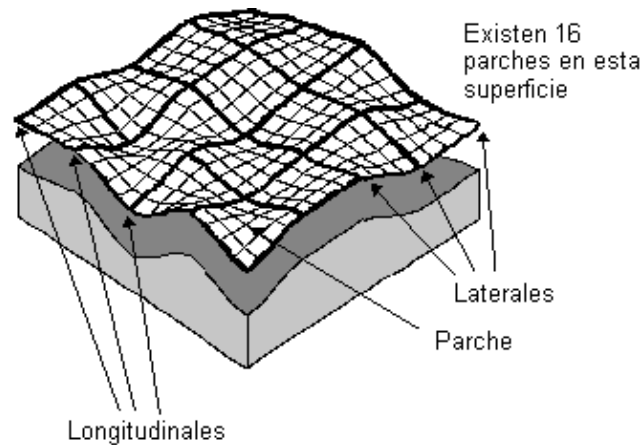


Figura 2.78 PowerSurface.



Las siguientes son superficies PowerSurface:

- Superficies desde modelo de alambre (las incluidas en las opciones de creación automática de superficies, excepto la superficie de Relleno que es superficie NURBS), superficies bead, superficies desde parches.
- Superficies fillet.
- Superficies de partición y desmoldeo.

Además, a las superficies parametrizadas se les pueden editar sus curvas para darle una forma nueva, convirtiéndolas primero en una PowerSurface. Adicionalmente las superficies NURBS (Non-Uniform Rational B-Spline) y las superficies Bezier Control Point (BCP) también se pueden leer desde otros sistemas CAD.

Curva lateral. Una curva puede ser definida como un perfil continuo de líneas, arcos o curvas que contienen al menos dos puntos. Pueden ser de 2 ó 3D, también pueden ser abiertas o cerradas.

- De la Barra de Herramientas Principal seleccionar la opción Abrir nuevo modelo .

- Crear un Plano de trabajo simple  en 0.
- Crear una línea continua  desde 0 en el plano de trabajo, 10mm en Y, 10mm en X, y 10mm en -Y hasta crear la 'forma n' (Figura 2.79).

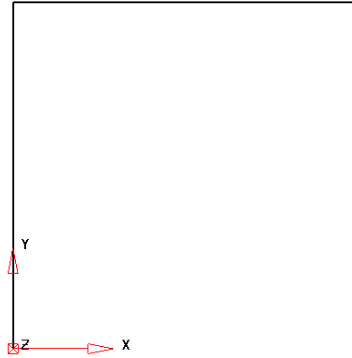






Figura 2.79 Líneas base en el plano XY.

- Seleccionar la vista ISO 1 . Seleccionar las tres líneas con un recuadro.
- Desde la Barra de Herramientas de Edición General , seleccionar Mover/copiar

objeto . Se abre el formulario Mover: . Hacer

clic en Guardar original para activarlo , escribir 2 para el número de copias y el valor de en la casilla Introducir comando, pulsar Intro, obteniéndose tres conjuntos de líneas (Figura 2.80).

- Cerrar el formulario haciendo clic en .

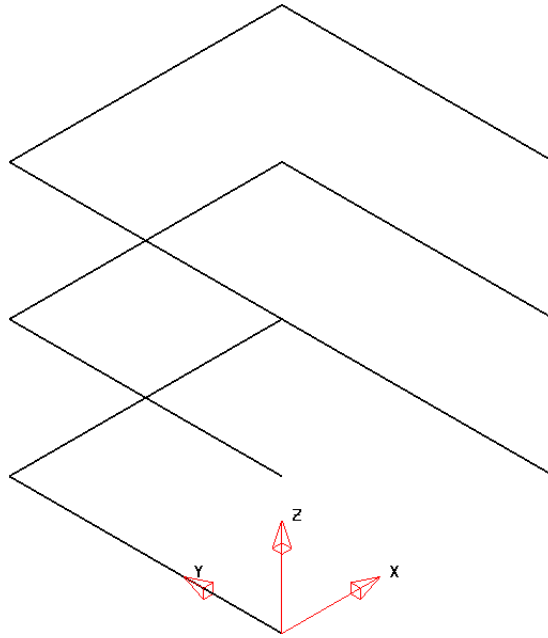




Figura 2.80 Copias creadas.

- Convertir en curvas compuestas cada conjunto de líneas, manteniendo pulsada la tecla Alt y haciendo clic sobre un elemento de la curva.
- Cada curva compuesta será filleteada a un radio distinto. Desde el menú Arco , seleccionar Crear un fillet con trimado . Introducir el valor en la casilla Introducir comando, pulsar Intro, después hacer clic con el botón izquierdo del ratón en la curva inferior.
Introducir el valor en la casilla Introducir comando, pulsar Intro, después hacer clic con el botón izquierdo del ratón en la curva central.
Introducir el valor en la casilla Introducir comando, pulsar Intro, después hacer clic con el botón izquierdo del ratón en la curva superior. Pulsar Esc (Figura 2.81).

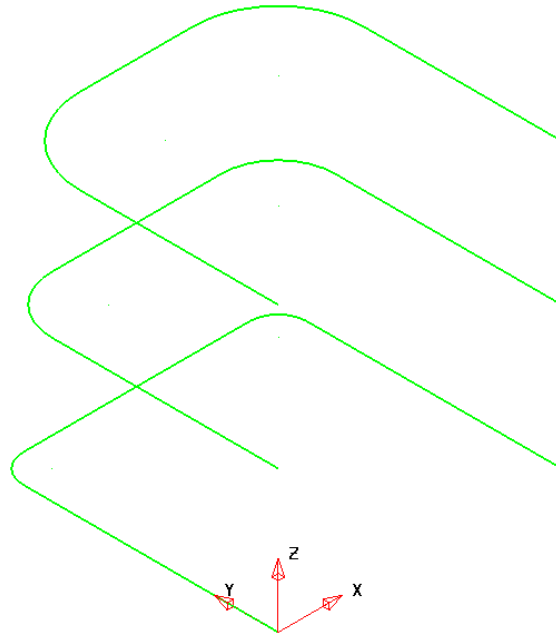


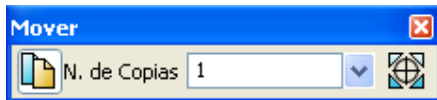






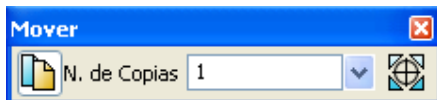
Figura 2.81 Curvas filleteadas.


- Serán copiadas dos curvas adicionales hasta crear un total de 5 curvas. Seleccionar la curva compuesta inferior, desde la Barra de Herramientas de Edición General , seleccionar Mover/copiar objeto . Se abre el formulario Mover:




Hacer clic en Guardar original para activarlo , escribir 1 para el número de copias y el valor de en la casilla Introducir comando, pulsar Intro, cerrar el formulario haciendo clic en .

- Seleccionar la curva compuesta central, desde la Barra de Herramientas de Edición General , seleccionar Mover/copiar objeto . Se abre el formulario Mover:



Hacer clic en Guardar original para activarlo .

escribir 1 para el número de copias y el valor de en la casilla Introducir comando, pulsar Intro, cerrar el formulario haciendo clic en .

Las curvas están listas para crear la superficie lateral (Figura 2.82).

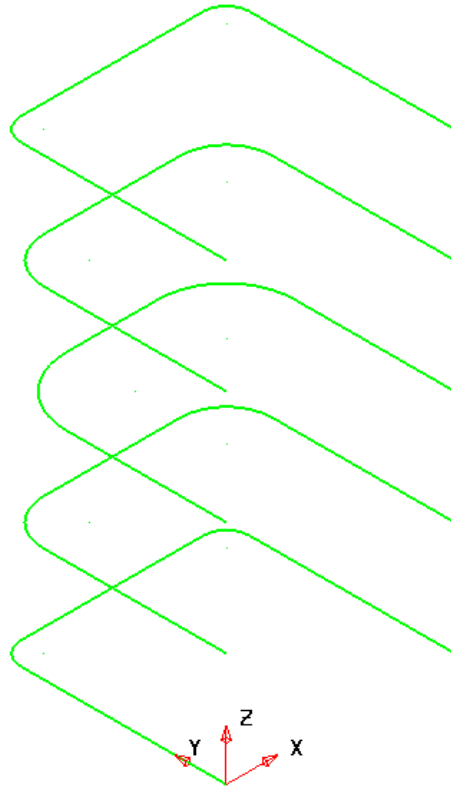




Figura 2.82 Curvas listas para crear superficie.

- Seleccionar todas las curvas compuestas. De la Barra de Herramientas Superficie , seleccionar Creación Automática de Superficies , se abre el formulario Creación Automática de Superficies con la opción Curvas Separadas seleccionada como la mejor opción de los métodos. Sí la previsualización se ajusta a la superficie requerida hacer clic en Aceptar.

- Si la superficie creada es color rojo en el exterior (el rojo indica la parte interna), se debe invertir. Hacer clic derecho sobre la superficie y seleccionar del menú Power Superficie la opción Invertir, la superficie se invierte, mostrándose de color azul en el exterior (Figura 2.83).

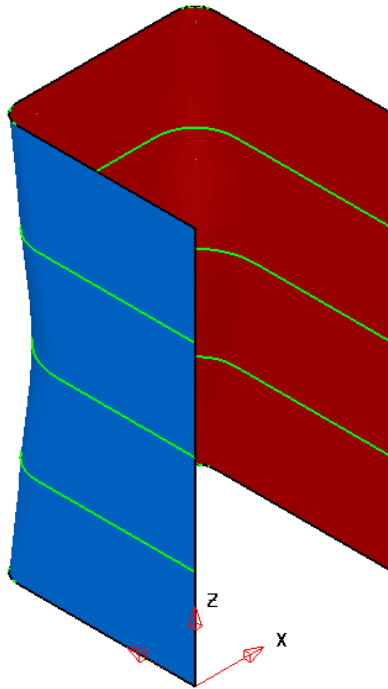












Figura 2.83 Curva lateral.


Para guardar el modelo, hacer clic en el botón Guardar modelo seleccionado  en la Barra de Herramientas Principal. Aparece el cuadro de diálogo Guardar como. Escribir el Nombre: curva lateral y pulsar Guardar.

Tubería. Las superficies pueden limitarse en una intersección entre ellas, además se puede suavizar la unión con una superficie de fillet.

- De la Barra de Herramientas Principal seleccionar la opción Abrir nuevo modelo .

- En la Barra de Estado seleccionar el Eje X   , ésta geometría será creada en el eje correcto. De la Barra de Herramientas Superficie , seleccionar Cilindro Primitivo . Escribir en la casilla Introducir comando , pulsar Intro. Hacer doble clic sobre el cilindro para abrir el formulario Cilindro, modificar las dimensiones Radios a 50 y Longitud a 200.

En la Barra de Estado seleccionar el Eje Y   , seleccionar Cilindro Primitivo . Escribir en la casilla Introducir comando , pulsar Intro. Hacer doble clic sobre el cilindro para abrir el formulario Cilindro, modificar las dimensiones Radios a 35 y Longitud a 100.

- Rotar la vista del modelo manteniendo pulsado el botón central y moviendo el ratón para visualizar la intersección (Figura 2.84). Seleccionar la vista ISO 1 .

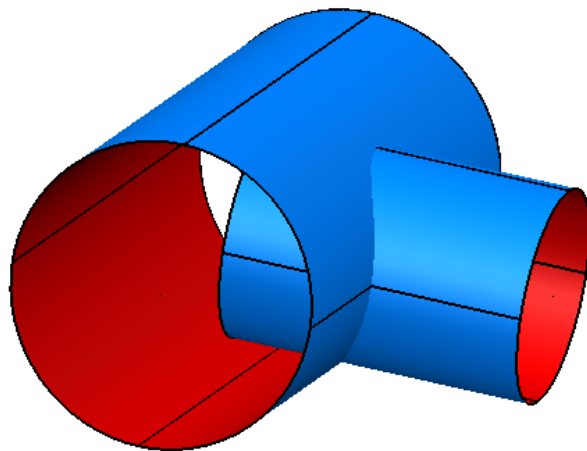






Figura 2.84 Cilindros intersectados.

- Desde la Barra de Herramientas de Edición General , seleccionar Limitar selección , aparece la Barra de Herramientas Limitar selección:



, hacer clic sobre un cilindro y luego sobre el otro, el modelo aparece con una opción de trimado, si no es la requerida (cilindro pequeño limitado hasta intersección), pasar a las opciones disponibles utilizando el icono Siguiete solución . Cuando aparezca la opción deseada (Figura 2.85), cerrar la Barra de Herramientas Limitar seleccion haciendo clic en .

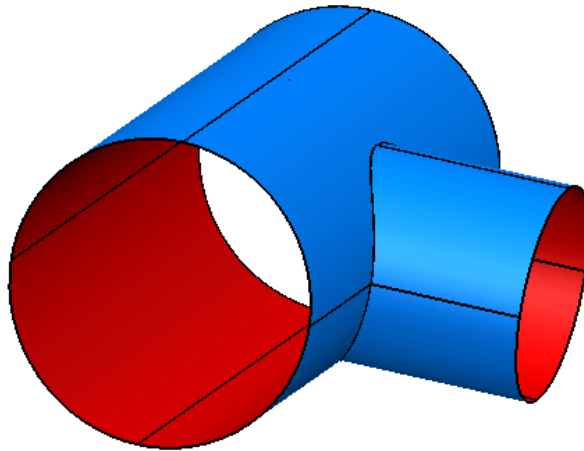





Figura 2.85 Cilindros limitados en intersección.

- Seleccionar ambas superficies y después la Vista modelo de alambre . De la Barra de Herramientas Superficie , seleccionar Superficie fillet , el formulario Superficie fillet aparece con un radio del fillet cóncavo recomendado (Figura 2.86).

Superficie fillet

Radio del fillet: 5

Concavo
 Convexo

Trimar Fillet a lo largo de aristas
 Fillet de todas las rutas

Tipo de esquina: Roll

Total: 1

Selección

Primaria Secundaria

Superficies	✓	Superficies	✗
		Mod. alambre	✗

Figura 2.86 Formulario Superficie fillet.

Aparecen flechas con la dirección de la superficie, las flechas que apuntan hacia afuera significan que es el exterior de la superficie (Figura 2.87).

- Seleccionar Vista Previa en el formulario Superficie fillet. La ruta del fillet aparece como la línea central del rodamiento de una bola que corre a lo largo de las superficies (Figura 2.87). Si no es esto lo requerido, entonces se pueden modificar los valores y las superficies y previsualizar de nuevo. Si esto es válido seleccionar Aceptar en el formulario.

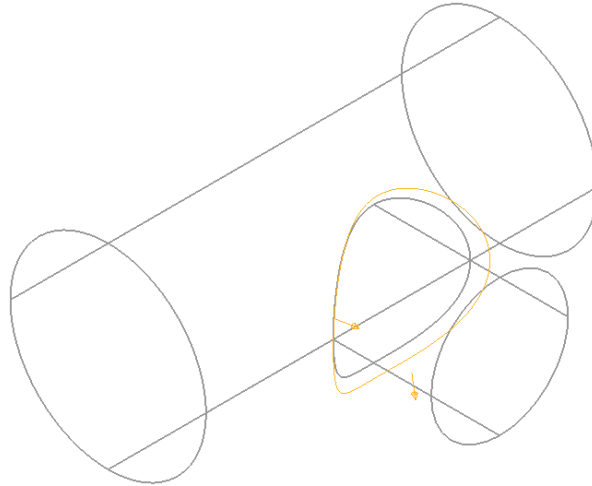


Figura 2.87 Vista previa superficie fillet.


El formulario Seleccionar ruta de fillet aparece. La curva previsualizada se pone de color amarillo para mostrar que esta seleccionada. Si sólo hubiese una ruta de fillet pulsar en Aceptar (Figura 2.88). Cuando se tienen varias rutas de fillet independientes, tendremos que seleccionar una y Aplicar, después se seleccionará otra ruta y Aplicar, y así sucesivamente hasta haber finalizado.

 El formulario de diálogo tiene un título "Seleccionar ruta de fillet" y un botón de cerrar en la esquina superior derecha. El contenido incluye:

- Una línea de texto: "Seleccionar la línea inicial".
- Otra línea de texto: "Seleccionar una de las bifurcaciones resaltadas" con un botón "Completa" a la derecha.
- Una línea de texto: "Seleccionar o insertar un arco".
- Una fila de controles: un menú desplegable vacío, un menú desplegable con "ABS", un campo de texto con "0" y un botón "Borrar".
- Una fila de controles: un campo de texto con "5", el texto "Ley", un icono de una flecha verde y un menú desplegable.
- Una fila de controles: un campo de texto con "5", un botón "Chaflan" y un botón "Extender".
- Una fila de controles: el texto "Cambiar radio nominal", un campo de texto con "5" y un icono de un candado.
- Una fila de botones: "Aplicar", "Aceptar", "Cancelar" y "Ayuda".

Figura 2.88 Formulario Seleccionar ruta de fillet.

Se crea la superficie fillet.

- Seleccionar Vista sombreada  (Figura 2.89).

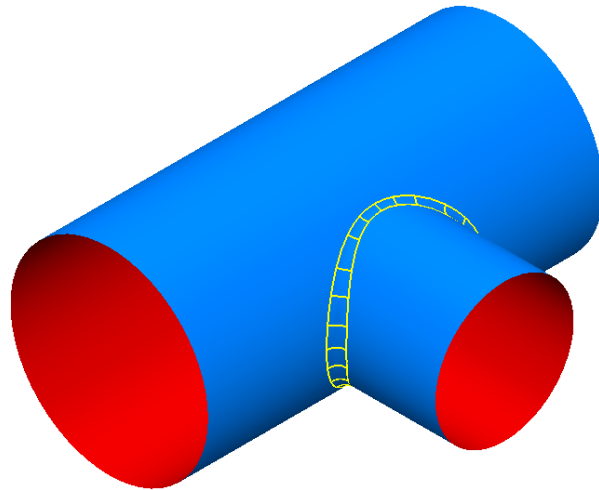



Figura 2.89 Superficie fillet en intersección.

Para guardar el modelo, hacer clic en el botón Guardar modelo seleccionado  en la Barra de Herramientas Principal. Aparece el cuadro de diálogo Guardar como. Escribir el Nombre: tubería lateral y pulsar Guardar.

Ejercicios

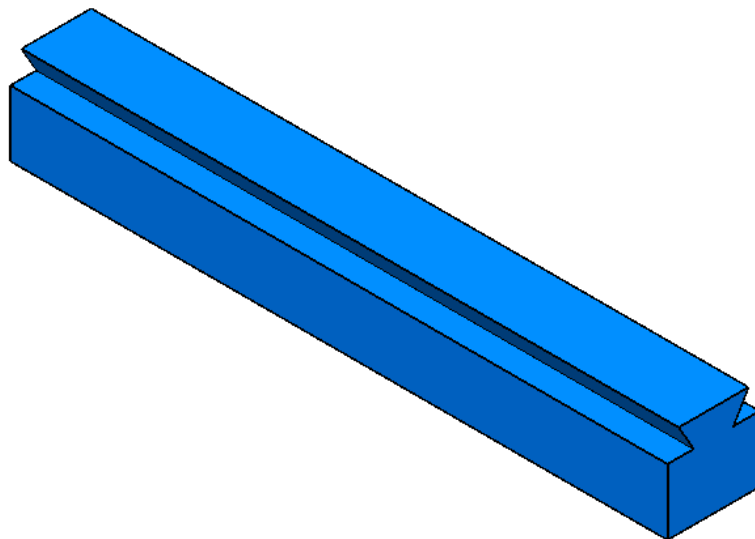


Figura 2.90 Ejercicio #15, extruir 70 mm y cerrar extremos de Ejercicio #3.

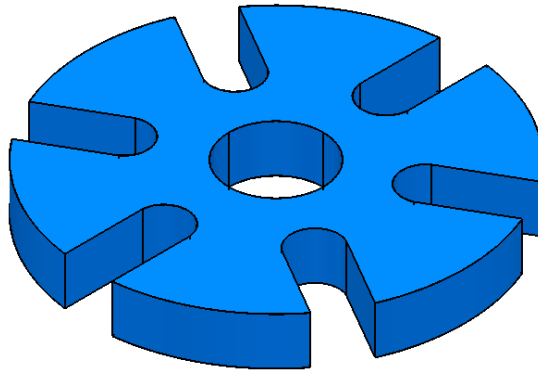



Figura 2.91 Ejercicio #16, extruir ½" y cerrar extremos de Ejercicio #13.

2.2.3 MODELADO DE SÓLIDOS

Los sólidos son creados directamente desde el modelo de alambre, como formas primitivas estándar, o por conversión de una selección de superficies. Un modelo 3D creado como un sólido se comporta como una masa cerrada.

Guía de flechas. En el siguiente ejemplo se creará un modelo de alambre, para obtener un sólido de extrusión.

- De la Barra de Herramientas Principal seleccionar la opción Abrir nuevo modelo .
- Crear la siguiente geometría (Figura 2.92):

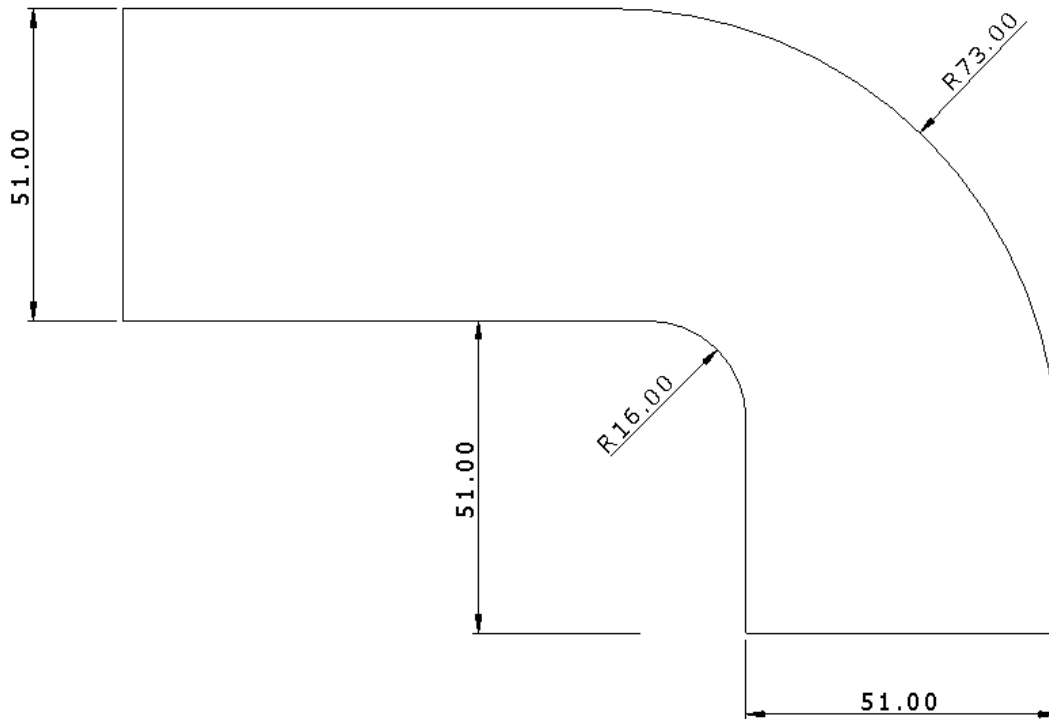







Figura 2.92 Perfil de guía.

- Seleccionar todos los elementos con un recuadro, seleccionar el menú Sólido , seleccionar la opción Crear una o más extrusiones sólidas .
- Hacer doble clic sobre el sólido para abrir el cuadro de dialogo Extrusión, modificar el parámetro Longitud a 13, en la pestaña Espacio de trabajo seleccionar Rotar alrededor de Z , se abre la Calculadora, introducir el valor de -90 y pulsar Aceptar, hacer clic en Aceptar del formulario Extrusión (Figura 2.93).
- Se abre a la izquierda de la pantalla el Árbol de figuras del sólido  1, éste contiene la historia de operaciones realizadas en un sólido. Cada operación sobre el sólido se define como una figura en el árbol. El color rojo de la bandera indica que el nombrado 1 es el sólido activo. Hacer clic dos veces sobre 1, cambiar el nombre a “guía”  , pulsar Intro.

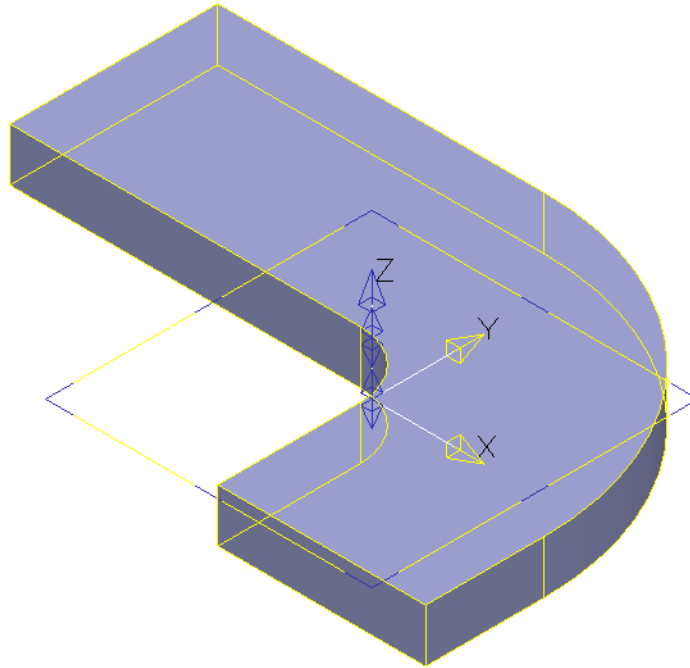



Figura 2.93 Sólido de extrusión creado.

- Desde la Barra de Herramientas de Vista seleccionar Vista desde abajo (-Z) , crear un rectángulo con líneas en el extremo inferior de la forma L con 13 mm de ancho (Figura 2.94).

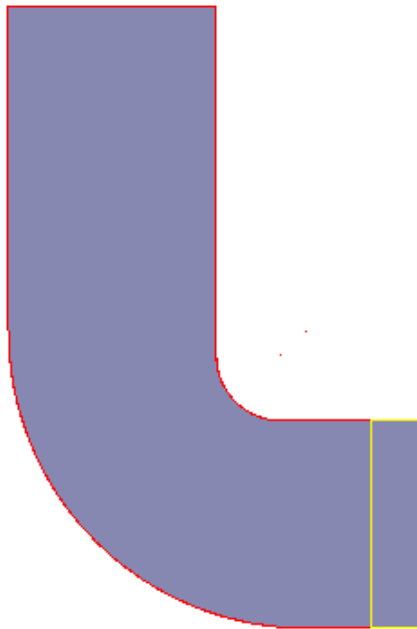




Figura 2.94 Rectángulo en extremo inferior.

- Seleccionar todos los elementos del rectángulo, seleccionar el menú Sólido , seleccionar la opción Crear una o más extrusiones sólidas .
- Hacer doble clic sobre el sólido para abrir el cuadro de dialogo Extrusión, modificar el parámetro Largo negativo a 51, Longitud a 0 y hacer clic en Aceptar del formulario Extrusión (Figura 2.95).

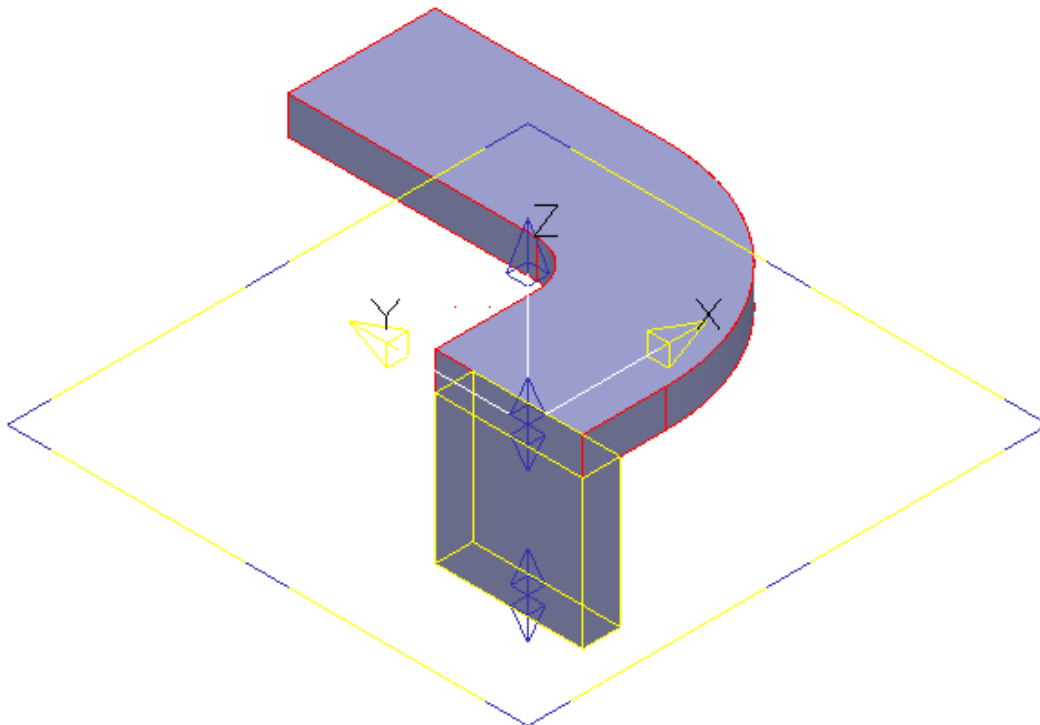
















Figura 2.95 Pestaña.

- Seleccionar los dos elementos con un recuadro, Seleccionar el menú Operaciones con Sólidos , seleccionar la opción Añadir sólido, superficie o símbolo seleccionado al sólido activo .
- Dibujar una línea de construcción en el borde exterior de la pestaña. En la Barra de Estado seleccionar el Eje X , seleccionar el menú Sólido , seleccionar

Crear un cilindro sólido , crear el cilindro en el centro de la línea con un radio de 25.5 mm, hacer doble clic sobre el cilindro y modificar Longitud a 13 y ajustar el radio.

- Seleccionar los dos elementos con un recuadro, seleccionar el menú Operaciones con Sólidos , seleccionar la opción Añadir sólido, superficie o símbolo seleccionado al sólido activo .
- Dibujar una línea de construcción en el borde exterior de la pestaña, atravesando el centro del círculo. En la Barra de Estado seleccionar el Eje X   , seleccionar el menú Sólido , seleccionar Crear un cilindro sólido , crear el cilindro en el centro de la línea con un radio de 19 mm, hacer doble clic sobre el cilindro y modificar Longitud a 13.
- Seleccionar el menú Operaciones con Sólidos , seleccionar la opción Borrar el sólido, superficie o símbolo seleccionado desde el sólido activo , borrar la línea de construcción (Figura 2.96).

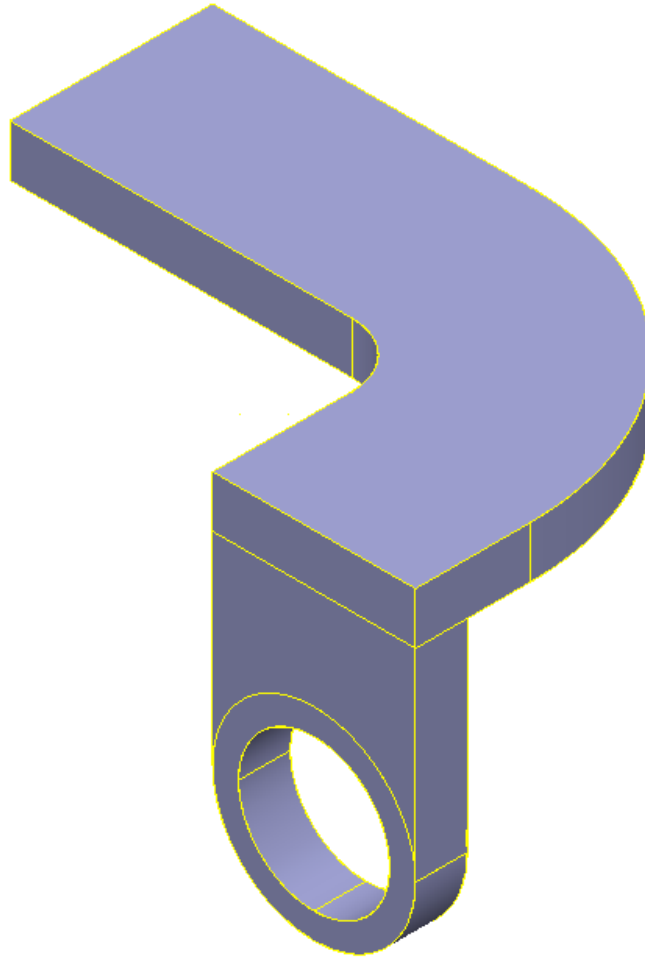


Figura 2.96 Figura creada.

En el Árbol de figuras del sólido se muestran las operaciones realizadas hasta el momento (Figura 2.97).

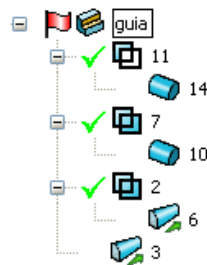


Figura 2.97 Árbol de figuras del sólido con las operaciones realizadas.

- Crear un rectángulo con líneas en el extremo superior de la forma L invertida con 13 mm de ancho (Figura 2.98).

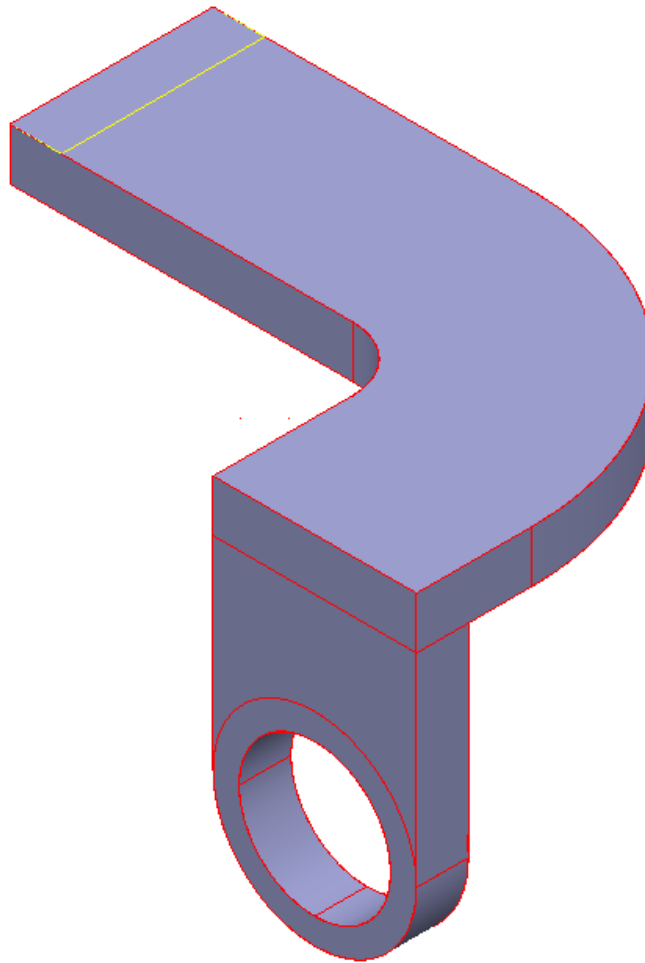





Figura 2.98 Rectángulo en extremo superior.

- En la Barra de Estado seleccionar el Eje Z , seleccionar todos los elementos del rectángulo, seleccionar el menú Sólido , seleccionar Crear una o más extrusiones sólidas .

- Hacer doble clic sobre el sólido creado para abrir el cuadro de diálogo Extrusión, modificar el parámetro Longitud a 51 y hacer clic en Aceptar del formulario Extrusión (Figura 2.99).

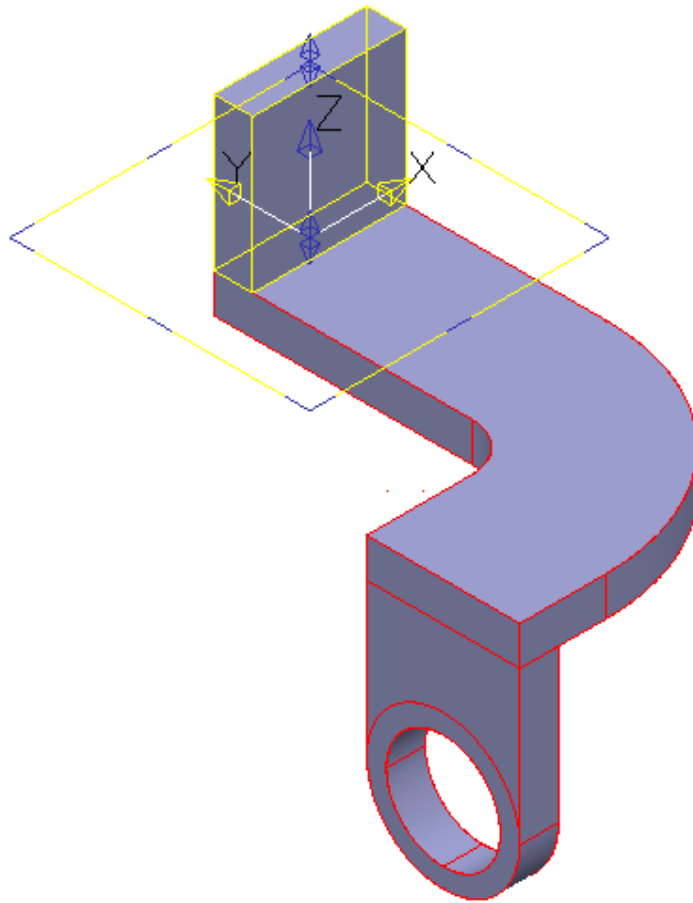








Figura 2.99 Pestaña superior.

Dibujar una línea de construcción en el borde exterior de la pestaña. En la Barra de Estado seleccionar el Eje Y   , seleccionar Crear un cilindro sólido , crear el cilindro en el centro de la línea con un radio de 19 mm, hacer doble clic sobre el cilindro y modificar Longitud a 13 y ajustar el radio.

- Seleccionar el menú Operaciones con Sólidos , seleccionar la opción Borrar el sólido, superficie o símbolo seleccionado desde el sólido activo , borrar la línea de construcción (Figura 2.100).

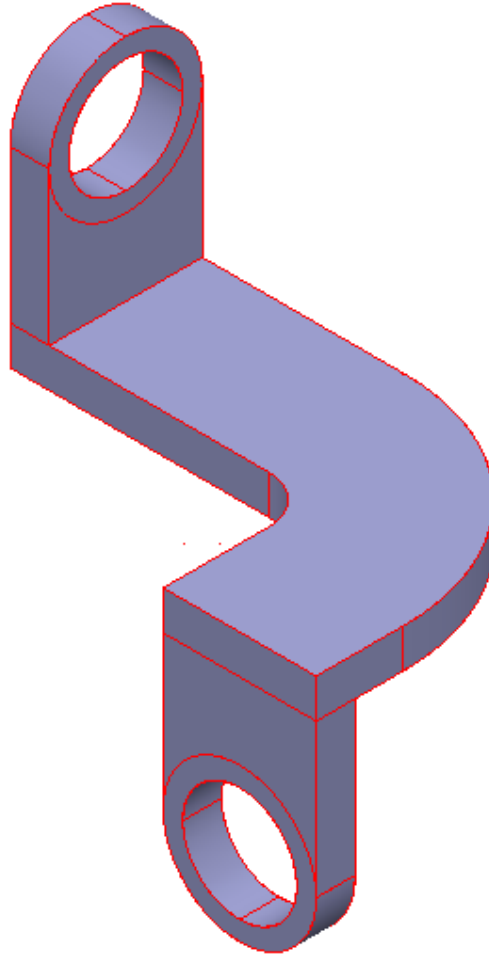


Figura 2.100 Guía de flechas.

En el Árbol de figuras del sólido se muestran las operaciones realizadas hasta el momento (Figura 2.101).

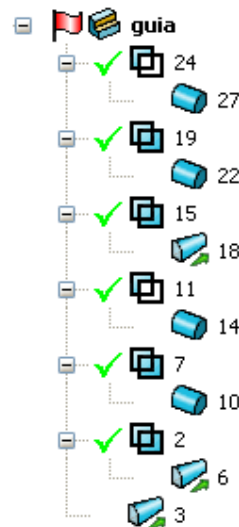








Figura 2.101 Árbol de figuras del sólido con las operaciones realizadas.

Cuña. En el siguiente ejemplo se creará una cuña a partir de sólidos primitivos y se creará una figura pentagonal y un cilindro para hacer los vaciados.

- De la Barra de Herramientas Principal seleccionar la opción Abrir nuevo modelo .
- Seleccionar el menú Sólido , seleccionar Crear un cilindro sólido , crear el cilindro en , pulsar Esc, hacer doble clic sobre el cilindro y modificar Longitud a 100 y ajustar Radios a 60, hacer clic en Aceptar del formulario Cilindro.
- Seleccionar Crear cono sólido , crear el cono en , pulsar Esc, hacer doble clic sobre el cono y modificar Longitud a 100, ajustar Radio de la Base a 60 y Radio Superior a 40, hacer clic en Aceptar del formulario Cono.
- Seleccionar el menú Operaciones con Sólidos , seleccionar la opción Añadir sólido, superficie o símbolo seleccionado al sólido activo , (Figura 2.102).

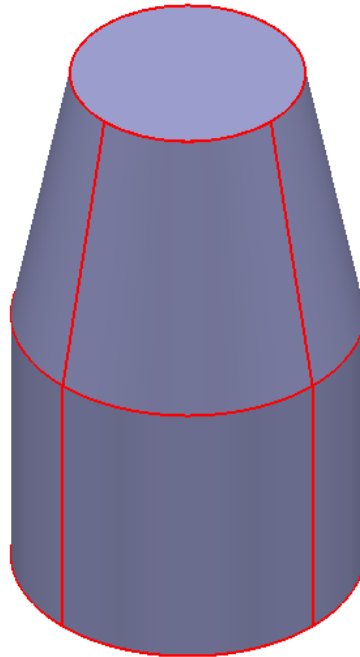




Figura 2.102 Sólido formado con cilindro y cono.

A la izquierda de la pantalla esta el Árbol de figuras del sólido  1. El color rojo de la bandera indica que el nombrado 1 es el sólido activo. Hacer clic dos veces sobre 1, cambiar el nombre a “cuña”  , pulsar Intro (Figura 2.103).

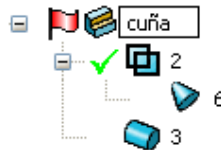






Figura 2.103 Árbol de figuras del sólido con las operaciones realizadas.

- Blanquear el sólido (Ctrl + J), seleccionar el menú Sólido , seleccionar Crear un cilindro sólido , crear el cilindro en , pulsar Esc, hacer doble clic sobre el cilindro y modificar Longitud a 205 y ajustar Radios a 20, hacer clic en Aceptar del formulario Cilindro.

- Desblanquear el sólido cuña (Ctrl + L), seleccionar el menú Operaciones con Sólidos , seleccionar el cilindro, seleccionar la opción Borrar el sólido, superficie o símbolo seleccionado desde el sólido activo , (Figura 2.104).

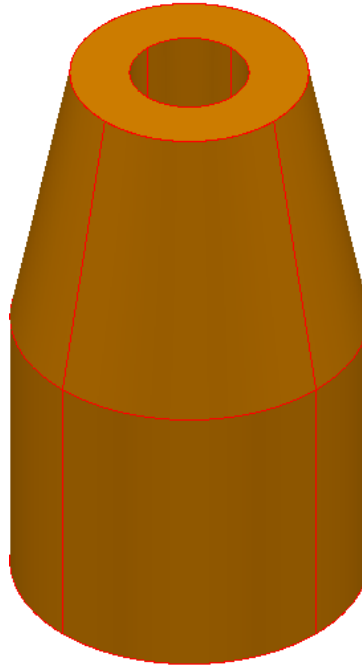







Figura 2.104 Sólido con vaciado cilíndrico.

- Seleccionar Vista desde la izquierda (-X) , se selecciona automáticamente Utilizar la cara XY del plano de trabajo   , blanquear el sólido (Ctrl + J), dibujar una línea de construcción con inicio en y final en , seleccionar Crear polígono , se abre el cuadro de dialogo Polígono, modificar Numero de lados a 5 y seleccionar Vértice (figura 2.105).

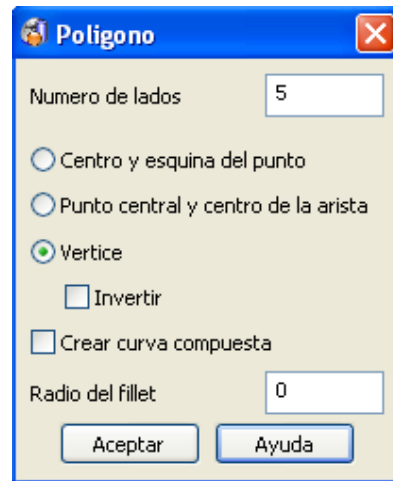


Figura 2.105 Cuadro de diálogo Polígono.

- Escribir los valores en Introducir comando para establecer la posición del vértice superior del pentágono y mover el cursor a la derecha del vértice sobre la línea de construcción y hacer clic cuando se muestre el rotulo Activado y L:50, aproximadamente (Figura 2.106).

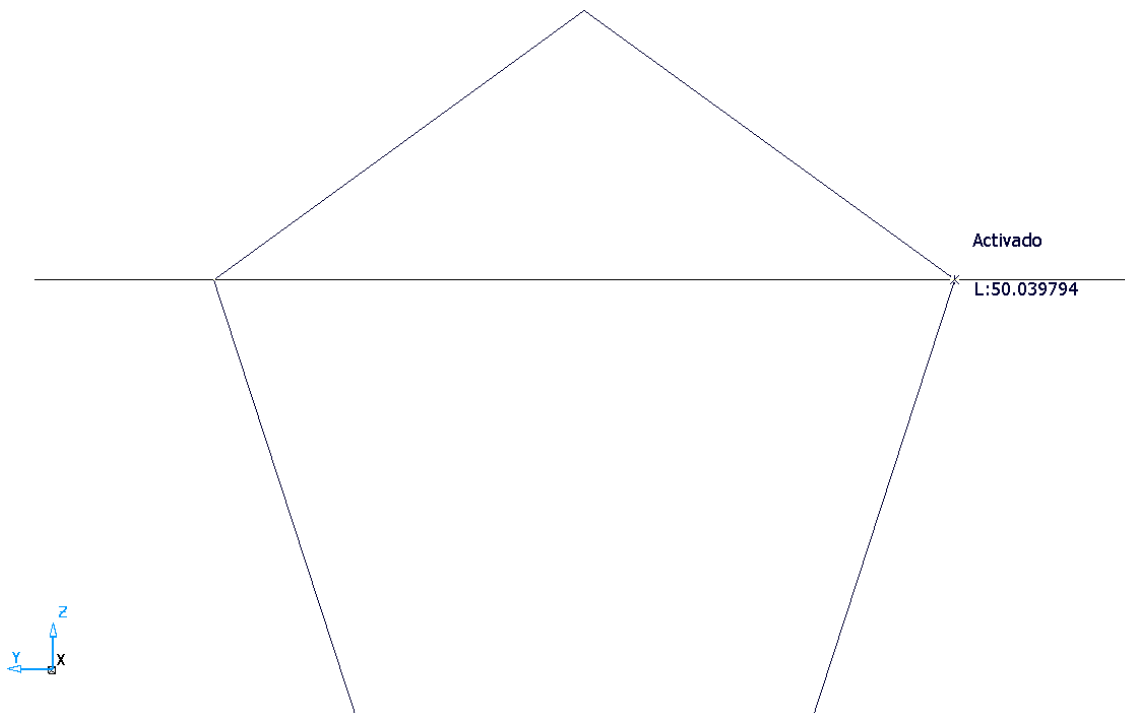






Figura 2.106 Pentágono.

- Borrar la línea de construcción y seleccionar los elementos del pentágono, con un recuadro, seleccionar el menú Sólido , seleccionar la opción Crear una o más extrusiones sólidas .

Hacer doble clic sobre el sólido para abrir el cuadro de dialogo Extrusión, modificar el parámetro Longitud a 100 y Largo negativo a 100, hacer clic en Aceptar.

Desblanquear el sólido cuña (Ctrl + L), seleccionar el menú Operaciones con Sólidos , seleccionar el pentágono extruido, seleccionar la opción Borrar el sólido, superficie o símbolo seleccionado desde el sólido activo , (Figura 2.107) ^[14] .

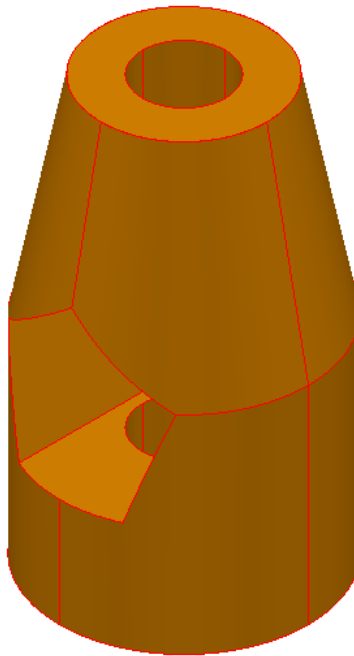


Figura 2.107 Sólido cuña.

Ejercicios

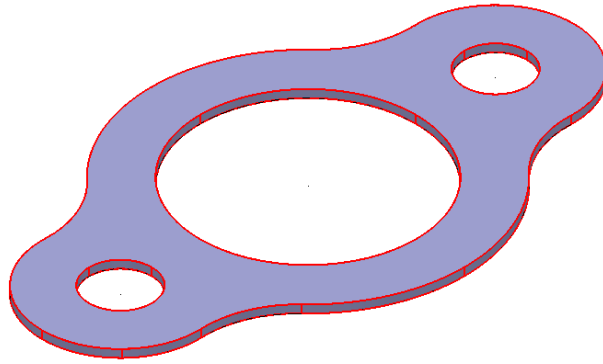


Figura 2.108 Ejercicio #17, extruir 1/4" el Ejercicio #10.

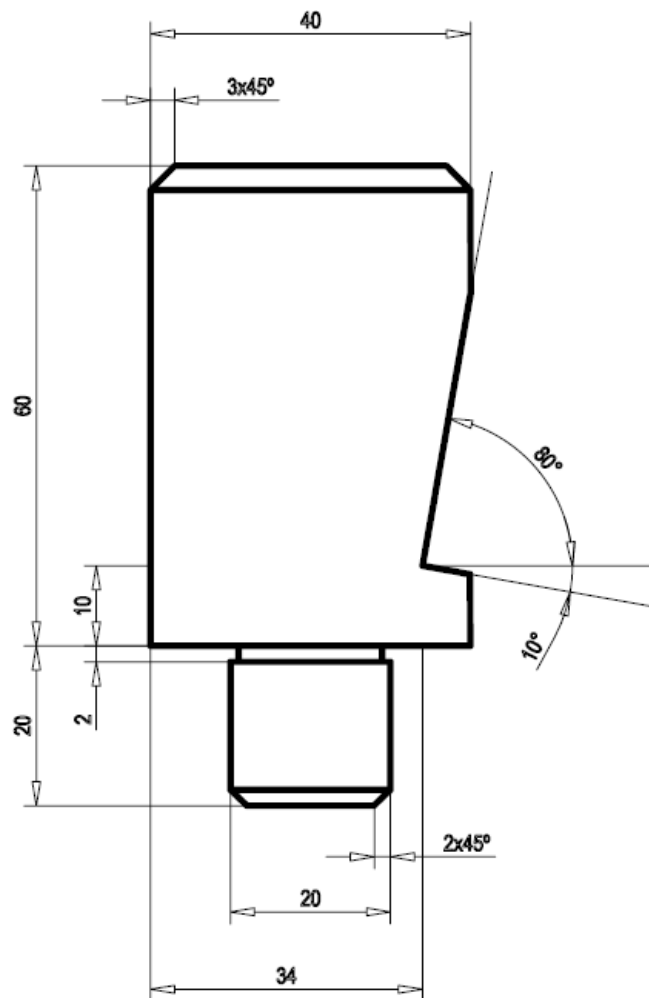


Figura 2.109 Ejercicio #18, crear el sólido cilíndrico.

2.3 NOTAS INTRODUCTORIAS PARA EL SOFTWARE PowerMILL


PowerMILL es un software para fresado CAM NC, que rápidamente crea trayectorias de maquinado CNC de cualquier forma que se desee sin colisiones (desde el maquinado en 2.5D hasta el de 5 ejes simultáneos) sobre un archivo importado CAD en una variedad de formatos. PowerMILL admite modelos de alambre, triángulo, superficie y sólidos. Se puede verificar una trayectoria o un programa NC completo en la pantalla, frente a otros modelos (por ejemplo las abrazaderas), utilizando la simulación de la pieza de trabajo, que permite cargar la máquina herramienta, y ver la máquina y la simulación del corte desde distintas perspectivas.

Características que incluye:

- Una amplia variedad de estrategias de maquinado que incluyen el desbaste eficaz, el acabado de alta velocidad y las técnicas de maquinado en 5-ejes.
- Tiempos rápidos en el cálculo para la creación de trayectorias y postprocesados.
- Herramientas potentes para asegurar una ejecución óptima en la máquina herramienta.

Los parámetros de maquinado utilizados en los ejemplos han sido seleccionados para ilustrar los resultados de los distintos comandos y las opciones de PowerMILL. En general el valor dado no es el adecuado para el corte en las máquinas de control numérico. Si desea maquinar cualquier pieza basada en los ejemplos dados, revise y ajuste los parámetros para garantizar las condiciones de un corte seguro.

Disposición de la pantalla

Al abrir PowerMILL haciendo doble clic en el icono , aparece la siguiente ventana:

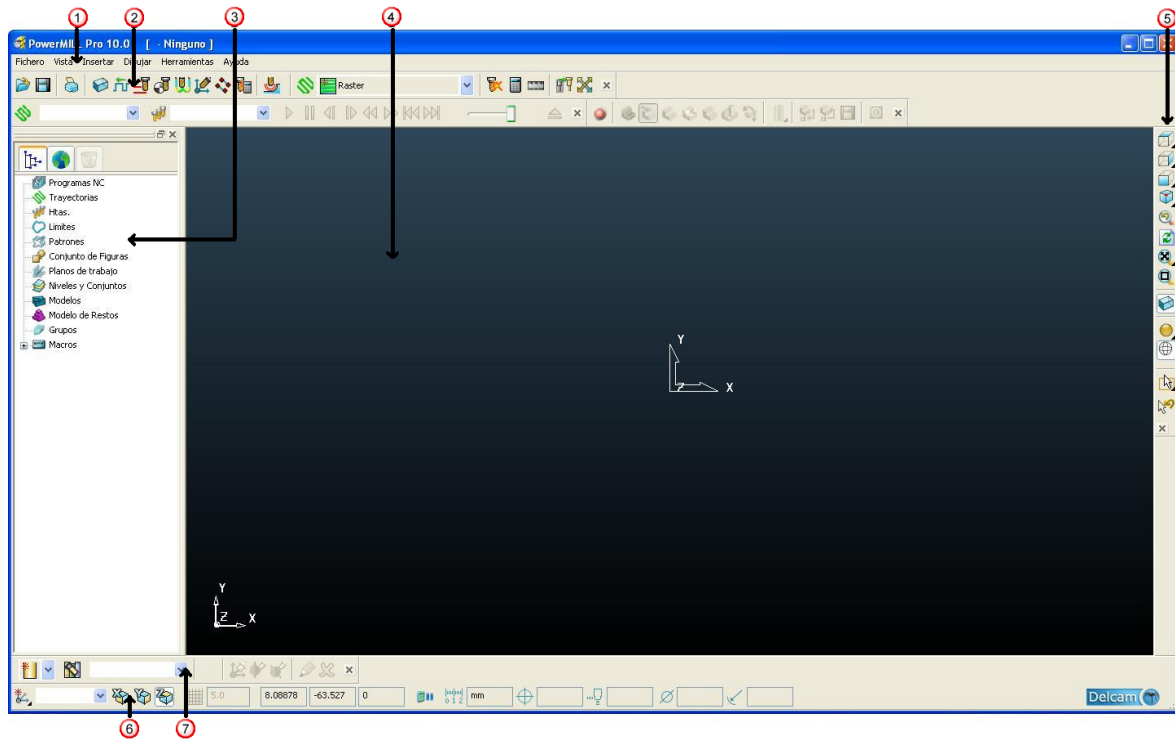


Figura 2.110 Entorno de PowerMILL.

La pantalla se divide en 7 zonas principales:

- 1) **Barra de Menús.** Proporciona el acceso a diferentes menús. Al seleccionar un menú, como por ejemplo Fichero, se abre una lista de comandos asociados y sub-menús. Las opciones aparecen difuminadas cuando no están disponibles para la ventana activa o para los objetos seleccionados. Los sub-menús son indicados por una flecha pequeña ► en la parte derecha del texto. Si la opción es seguida de unos puntos suspensivos ... se abre un cuadro de diálogo para escoger las preferencias e introducir los detalles.
- 2) **Barra de Herramientas Principal.** Proporciona el acceso rápido a los comandos normalmente utilizados.
- 3) **Explorador.** Proporciona el control sobre todas las entidades de PowerMILL.
- 4) **Ventana de Gráficos.** Es la zona de trabajo de la pantalla.

5) **Barra de Herramientas de Vista.** Proporciona el acceso rápido a las vistas más utilizadas.

6) **Barra de Estado e Información.** Proporciona la información relacionada con lo que se muestra tanto actualmente así como también algunas de las opciones de la configuración actual. Puede ser, por ejemplo, una breve descripción de las entidades que están bajo el cursor, o la información sobre el cálculo que se está realizando.

7) **Barra de Herramientas de Herramienta.** Facilita la creación rápida de herramientas.

Configuración de los directorios de trabajo

Antes de comenzar cualquier trabajo en PowerMILL se realiza lo siguiente para especificar una carpeta local y las rutas de los directorios por defecto:

- 1) Crear una carpeta en Escritorio, Mis documentos, con el nombre “NOMBRE ALUMNO” respectivo. Desde la Barra de Menús, seleccionar Herramientas - Personalizar Directorios.... Aparece el cuadro de diálogo de los Directorios de PowerMILL (Figura 2.111).

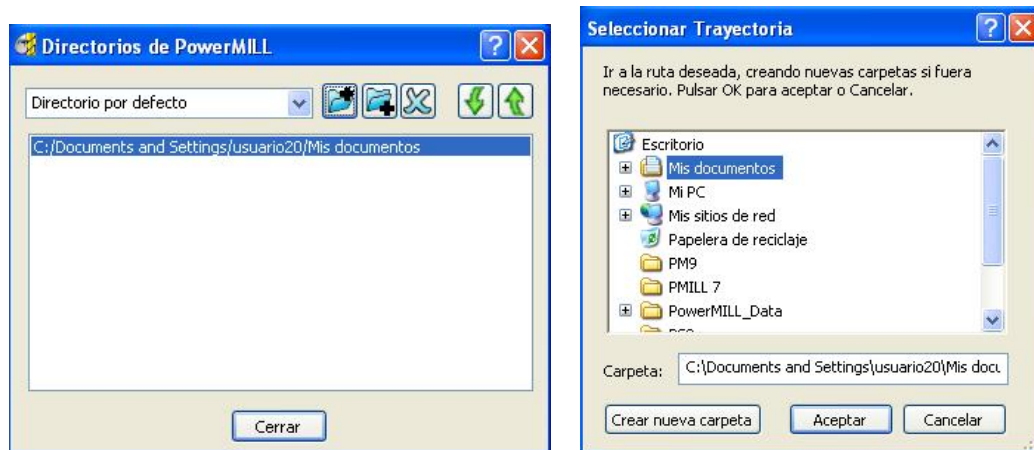




Figura 2.111 Cuadros de diálogo para configurar los directorios de trabajo.

- 2) Seleccionar Directorio por defecto de la lista desplegable.

- 3) Para añadir un Directorio por defecto, hacer clic en , y utilizar el cuadro de diálogo Seleccionar Trayectoria para seleccionar la posición deseada (C://Mis Documentos/ "NOMBRE ALUMNO", Figura 2.111), clic en Aceptar. El directorio se añade a la lista. Se pueden añadir varias rutas a la lista del Directorio por defecto, pero solo estará activa una a la vez.
- 4) Hacer clic en Cerrar.

El directorio de trabajo por defecto se ha modificado a la ruta del directorio seleccionado y todas las operaciones del fichero como Abrir Proyecto, Guardar Proyecto, Importar Modelo, Exportar Modelo son modificadas a esta posición.

Explorador

El panel del Explorador  en la parte izquierda de la Ventana de Gráficos controla la visualización y estado de todas las entidades de PowerMILL, incluyendo programas NC, trayectorias, herramientas y así sucesivamente.

El ejemplo siguiente es el Explorador donde muestra una variedad de entidades y controles asociados:

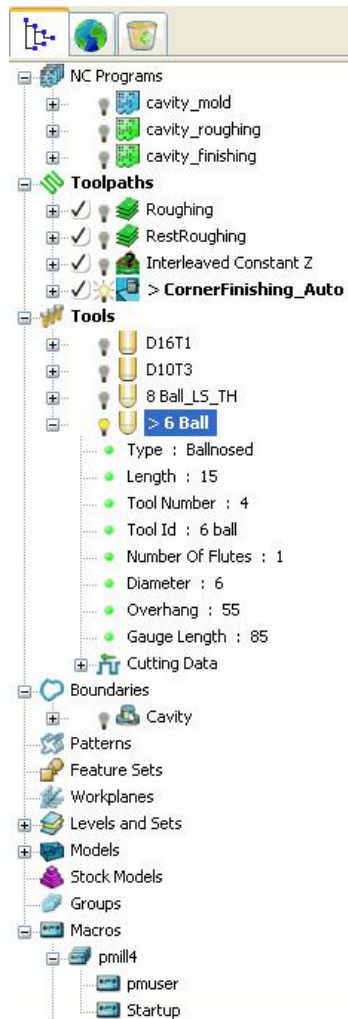















Figura 2.112 Explorador de PowerMILL.

Los controles funcionan de una manera similar para todas las entidades:


- Los iconos más  para expandir la carpeta asociada y menos  para cerrar la carpeta asociada
- Los iconos de las bombillas diferentes , ,  funcionan de tres formas para dibujar entidades, como por ejemplo las trayectorias y herramientas:
 -  es la configuración por defecto cuando se crea una entidad por primera vez, que indica que actualmente está activa.

- Hacer clic en  para cambiar el icono a  para indicar que la entidad está dibujada.
- Al hacer clic en  se modifica el icono a  para indicar que la entidad está ahora oculta, o desdibujada. Estos dos iconos  y  funcionan como un interruptor. Si una entidad está desdibujada se vuelve activa de nuevo después de haber estado inactiva y se vuelve al icono inicial .

En el ejemplo anterior, > 6 Ball es la herramienta activa desdibujada, y > CornerFinishing_Auto es la trayectoria activa dibujada.

Renombrar una entidad

Las entidades proporcionan nombres numéricos por defecto en su creación. Así, por ejemplo, la primera trayectoria que se crea es automáticamente llamada "1", la segunda "2", y así sucesivamente.

A menudo es mejor renombrar una entidad para proporcionar un nombre más significativo. La forma más rápida de realizar esto es resaltar la entidad en el explorador, y después hacer clic sobre ella. El nombre está ahora resaltado y tiene una casilla alrededor: .

Indicar el nuevo nombre, por ejemplo RestRough, y pulsar Intro .

Otra forma de renombrar una entidad individual es haciendo clic con el botón derecho del ratón y seleccionar la opción Renombrar desde el menú (este es el menú que muestra las distintas opciones para una entidad determinada), Figura 2.113.

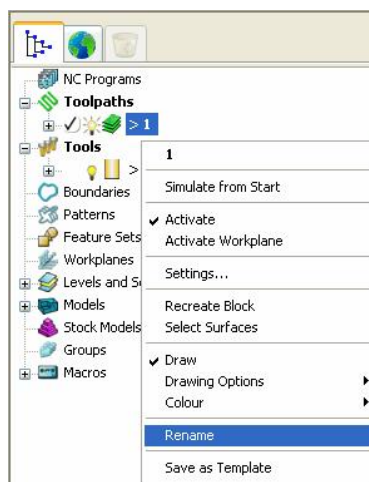


Figura 2.113 Renombrar una entidad desde el menú emergente.

Barra de herramientas de vista

En el lado derecho de la pantalla aparece la Barra de Herramientas de Vista. Si la Barra de Herramientas de Vista no está visible se puede acceder a ella desde la opción del menú Vista - Barra de Herramientas - Vista.

Seleccionando uno de los iconos de las diferentes vistas del modelo en el área gráfica:



Vista por arriba del eje Z.



Vista por abajo del eje -Z.



Vista desde la derecha del eje X.



Vista por la izquierda del eje -X.



Vista por delante del eje -Y.



Vista desde atrás del eje Y.



Vista Isométrica 1, proyecta la vista angular ISO 1.



Vista Isométrica 2, proyecta la vista angular ISO 2.



Vista Isométrica 3, proyecta la vista angular ISO 3.



Vista Isométrica 4, proyecta la vista angular ISO 4.



Última Vista, lleva de nuevo a la vista anterior del modelo.



Actualizar, vuelve a dibujar todos los componentes mostrados actualmente, reparando cualquier daño de la vista actual.



Ajustar el tamaño de la imagen en el centro de la ventana.



Acercar, duplica el tamaño de la imagen.



Alejar, reduce a la mitad del tamaño de la imagen.



Zoom por ventana, acerca la zona específica de la imagen.



Bloque, dibuja o desdibuja un bloque translucido cuando han sido definidos la forma, tamaño y orientación del material en bruto que va a ser mecanizado.



Sombrear Espesor del Límite, sombrea los componentes de un modelo por su espesor del límite.



Sombrear Modo Mecanizado Límite, sombrea los componentes de un modelo, especificado en el Modo Mecanizar Límite en la pestaña Superficies en el cuadro de diálogo Espesor Componente para el límite especificado.



Sombrear Espesor de la Trayectoria, sombrea los componentes de un modelo por el espesor de la trayectoria.



Sombrear Modo Mecanizado de la Trayectoria, sombrea los componentes de un modelo, especificado en el Modo Mecanizar en la pestaña Superficies en el cuadro de diálogo Espesor Componente para la trayectoria especificada.



Sombrear Modo Verificación.



Sombrear Modo Verificación del Mecanizado.



Sombrear Espesor por Defecto, sombrea los componentes de un modelo por el espesor de la trayectoria como el especificado en la pestaña Superficies por Defecto en el cuadro de diálogo Espesor del Componente.



Sombrear Modo Mecanizado por Defecto, sombrea los componentes de un modelo según el Modo Mecanizar especificado en la pestaña Superficies por Defecto en el cuadro de diálogo Espesor Componente.



Sombreado de contrasalidas, ayuda a identificar las contrasalidas. Depende de la orientación de las superficies.



Sombreado radio mínimo, ayuda en la elección de la herramienta más adecuada. Trabaja independientemente de la orientación de las superficies.



Sombrear multicolor, sombrea el modelo del mismo color que el modelo de alambre.



Sombrear liso, sombrea el modelo con el color seleccionado en el campo Color en la zona de Sombreado del cuadro de diálogo Opciones Dibujo del Modelo.



Modelo Alambre, para mostrar u ocultar la representación del modelo en modo de alambre.



Seleccionar arrastrando el cursor, selecciona todas la entidades al hacer clic y arrastrar el cursor sobre entidades individuales o arrastrar sobre varias entidades adyacentes para seleccionarlas.



Seleccionar utilizando un recuadro, selecciona todas las entidades contenidas dentro de un recuadro.



Ultima selección, vuelve la entidad actual a la selección anterior.

Manipulación de la vista

El camino más fácil de controlar la perspectiva en PowerMILL es utilizando el ratón. Se recomienda utilizar los tres botones del ratón. Manteniendo pulsado el botón central y moviendo el puntero con el ratón en la zona de gráficos, se puede controlar la vista del modelo. Al mover el ratón (con el botón del medio pulsado) el trackball es visible en la pantalla (Figura 2.114).

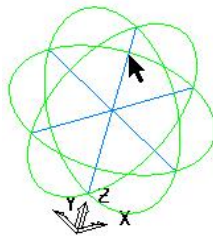


Figura 2.114 Trackball.

Arrancar con el cursor en el medio de la ventana y pulsar el botón central del ratón, arrastrar el cursor por la pantalla. La imagen se mueve, ya que se mueve el ratón.

La Tabla 2.4 resume las vistas disponibles.

Tabla 2.4 Resumen de la manipulación de la vista con el ratón.

Manipulación de la vista	Ratón de 3 Botones	Ratón de 2 Botones
Rotación	Botón Central	Ctrl + Shift + Botón Derecho
Rotar sobre X	Shift + Alt + Botón Izquierdo	Shift + Alt + Botón Izquierdo
Rotar sobre Y	Shift + Alt + Botón Central	No aplicado
Rotar sobre Z	Shift + Alt + Botón Derecho	Shift + Alt + Botón Derecho
Modo Pan	Shift + Botón Central	Shift + Botón Derecho
Acercar / Alejar	Ctrl + Botón Central	Ctrl + Botón Derecho
Zoom por recuadro	Alt + Botón Central	Alt + Botón Derecho
Ajustar	F6	F6

La Barra de Herramientas de Vista tiene opciones que están disponibles desde las teclas numéricas en la parte derecha del teclado. Primero, es necesario asegurarse que:

- el Bloque Numérico está activado
- la tecla Control está pulsada.

Después pulsar la tecla adecuada (Tabla 2.5).

Tabla 2.5 Resumen de la manipulación de la vista con el teclado numérico.

ISO 4 7	Vista desde atrás (Y) 8	ISO 3 9
Vista por la izda.(-X) 4	Vista por arriba (Z) 5	Vista por la derecha (X) 6
ISO 1 1	Vista por delante (-Y) 2	ISO 2 3
Vista por abajo (-Z) 0		


Sistema de unidades

Al arrancar PowerMILL, las unidades por defecto que están asociadas con la versión del software son seleccionadas. Aquí se utilizan milímetros (mm).

Se pueden modificar inmediatamente las unidades después de arrancar el software, pero no después de haber creado cualquier entidad. PowerMILL no convierte los valores entre los sistemas de unidades; de esta forma hay que seleccionar una conjunto apropiado de valores por defecto (milímetros o pulgadas).

Para modificar las unidades antes de iniciar el trabajo, por ejemplo de Métricas a Imperiales:

- 1) Desde el menú Herramientas, seleccionar Opciones. Aparece el cuadro de diálogo Opciones.

- 2) Seleccionar Sistema de Unidad y hacer clic en  para expandir el árbol y visualizar las opciones disponibles (Figura 2.115).
- 3) Seleccionar Sistema de Unidad del sub-conjunto. Aparece la página del Sistema de Unidad.
- 4) Seleccionar Imperial (pulgadas).

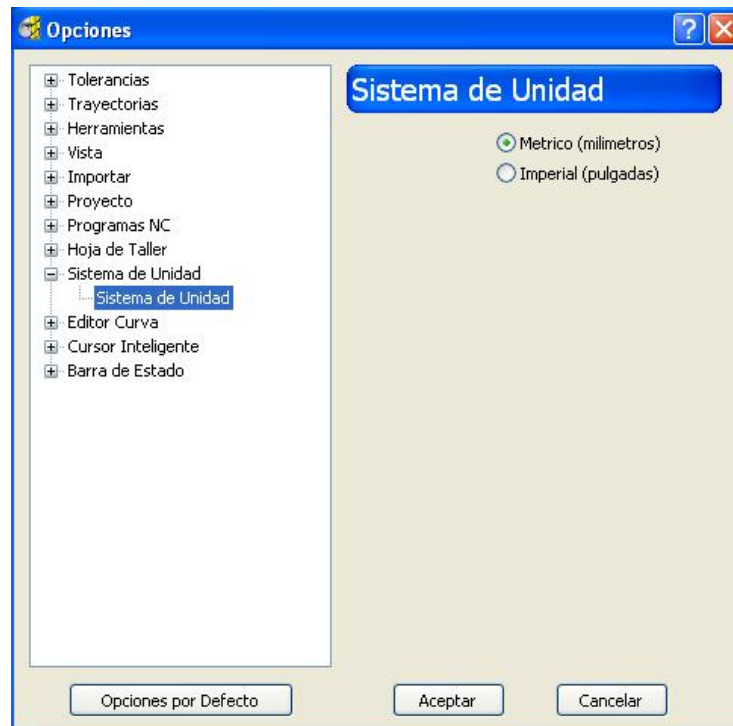


Figura 2.115 Cuadro de diálogo Opciones para cambiar el sistema de unidades.

- 5) Hacer clic en Aceptar para guardar los cambios.

Longitud de la herramienta

En la Figura 2.116 se muestra una herramienta de corte constituida por una punta (amarillo) y una caña (verde) montada en un portaherramientas. La herramienta está asentada en el husillo de una máquina (gris).

- Los colores mostrados aquí corresponden a aquellos utilizados en el cuadro de diálogo de Herramientas en PowerMILL.

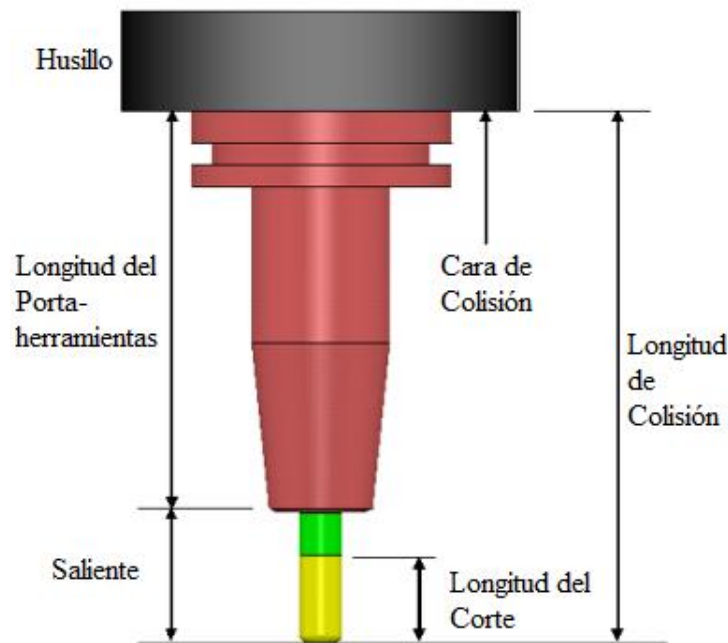


Figura 2.116 Herramienta de corte.

La Longitud del Corte representa la zona de corte que elimina el material. Esto está establecido en PowerMILL como la Longitud de la Punta.

El Saliente es la cantidad por la que la zona de corte sobresale del portaherramientas. Esto incluye normalmente la parte de la Longitud de la Caña. El Saliente es fijo cuando la zona de corte está montada en el portaherramientas.

Para obtener la máxima vida de la herramienta, el Saliente se reduce al mínimo necesario para evitar que el portaherramientas golpee la pieza o el material sin maquinar.

La Longitud del Portaherramientas es la longitud total de todas las partes del conjunto del portaherramientas que sobresalen del husillo cuando el portaherramientas está montado en la máquina.

La Longitud de Colisión es la longitud total de la zona de corte y del conjunto del portaherramientas cuando está montado en la máquina. Esto se mide desde la punta de la herramienta a la Cara de Colisión, que es la cara conectada al husillo.

Teclas rápidas

Los menús tienen teclas rápidas (por ejemplo, Ctrl + O abre un proyecto y Ctrl + S lo guarda) y las teclas rápidas nemotécnicas (por ejemplo, Alt + F abre el menú Fichero). Una lista de las teclas rápidas se muestra a continuación en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6 Resumen de teclas rápidas.

Opción de menú	Tecla rápida
Fichero - Abrir Proyecto	Ctrl + O
Fichero - Guardar Proyecto	Ctrl + S
Fichero - Imprimir	Ctrl + P
Fichero - Borrar Selección	Ctrl + D
Vista - Herramienta - Abajo del Eje	Ctrl + Alt + A
Vista - Herramienta - De Lado	Ctrl + Alt + S
Vista - Actualizar	Ctrl + R
Vista - Blanquear Selección	Ctrl + J
Vista - Blanquear Excepto	Ctrl + K
Vista - Mostrar Blanqueo	Ctrl + Y
Vista - Desblanquear	Ctrl + L
Vista - Barra de Herramientas - Vista	Alt + V
Insertar - Proyecto	Ctrl + I
Dibujar - Bloque	Ctrl + Alt + B
Dibujar - Cursor - Cruz	Ctrl + H
Dibujar - Cursor - Herramienta	Ctrl + T
Dibujar - Modelo Alambre	F2
Dibujar - Sombreado	F3

2.4 MANUAL DE INTRODUCCION AL APRENDIZAJE DE PowerMILL

Antes de comenzar el maquinado, es necesario dar la configuración a la pieza correctamente.

Esto incluye abrir el modelo, definir un bloque que representa el material en bruto, y definir varios parámetros (por ejemplo, la geometría de la herramienta y los avances).

También se puede crear una variedad de trayectorias, por ejemplo:

- **Desbaste**
 - Desbaste para eliminar rápidamente la mayor parte del exceso de material.
 - El desbaste de restos elimina el material dejado por la herramienta de desbaste, dejando zonas que necesitan herramientas de corte más pequeñas para volver a ser maquinadas.
- **Acabado de Alta Velocidad**
 - Offset 3D para superficies de alta calidad (en estas el paso es constante a través de todas las superficies independientemente de si son paredes con pendientes o zonas planas).
 - Z Constante para laterales inclinados, y opcionalmente, una espiral continua.
 - Z Constante Optimizado para la carga de las herramientas y para disminuir los cambios bruscos en la dirección (Offset 3D para zonas planas y acabado Z constante para zonas más inclinadas).
- **Maquinados Especializados**
 - Maquinado de Esquinas para eliminar ángulos que ocurren entre superficies no tangenciales.
 - Maquinado Perfilado para perfilar el exterior de las superficies seleccionadas.
 - Maquinado por Proyección para zonas más o menos accesibles y maquinado multi-ejes.
 - Maquinado de 4 Ejes para mecanizar componentes cilíndricos.

- Maquinado Swarf para el corte con el lateral de la herramienta. Se puede crear una trayectoria swarf desde dos curvas modelo de alambre y utilizar las herramientas cónicas que sean necesarias.

Existen tres modos de simulación de la trayectoria:

- **Simulación**, pone a la trayectoria seleccionada o al programa NC a ejecutar la simulación utilizando la herramienta de corte. Se accede desde la Barra de Herramientas de Simulación.
- **Simulación de ViewMill**, permite seleccionar la representación gráfica del modelo de restos durante la simulación. Se accede desde la Barra de Herramientas de ViewMill.
- **Simulación de la Máquina**, permite cargar la máquina herramienta entera y visualizarla. Se accede desde la Barra de Herramientas de la Máquina.

Las trayectorias también pueden salir en cualquiera de los siguientes formatos:

- Formato cutfile estándar (.cut).
- Formato picture (.pic).
- Formato archivo .tap para el postprocesado (Programa NC).

En este Manual de Introducción se proporciona una demostración paso a paso que resalta aspectos y características distintas de este software.

2.4.1 EJEMPLO DE UN MOLDE

En este ejemplo se enseña cómo crear trayectorias utilizadas para maquinar moldes de forja.

1. Abrir PowerMILL
2. Cargar y visualizar el modelo
3. Seguir los pasos de preparación para obtener el modelo listo para el maquinado
4. Guardar el proyecto
5. Crear el Programa NC

6. Crear y simular cada una de las cuatro trayectorias:

- Desbaste, para eliminar rápidamente la mayor parte del exceso de material utilizando la estrategia de Desbaste Offset.
- Desbaste de Restos, para eliminar material adicional utilizando una herramienta pequeña (se utilizará de nuevo una estrategia de Desbaste Offset; esta vez sólo se maquinará el material que no ha sido eliminado por la trayectoria anterior).
- Z Constante Intercalado, para crear movimientos en Z Constante sobre las zonas inclinadas del modelo junto con los movimientos Offset 3D en las zonas bajas, dentro de un límite especificado.
- Esquinas: Automático, elimina el material de las trayectorias anteriores dónde no fue posible el acabado, en particular en las esquinas entre las superficies no tangenciales.

7. Definir Abrazaderas

8. Crear Patrón de Texto

9. Escribir Programas NC

10. Crear las Hojas de Taller

Cargar y visualizar el modelo

- Abrir PowerMILL
- Seleccionar Fichero - Ejemplos... (Figura 2.117).



Figura 2.117 Seleccionar Fichero - Ejemplos... desde la barra de menús.

El cuadro de diálogo Abrir ejemplos (Figura 2.118), aparece para abrir la carpeta dónde están instalados los tutoriales.

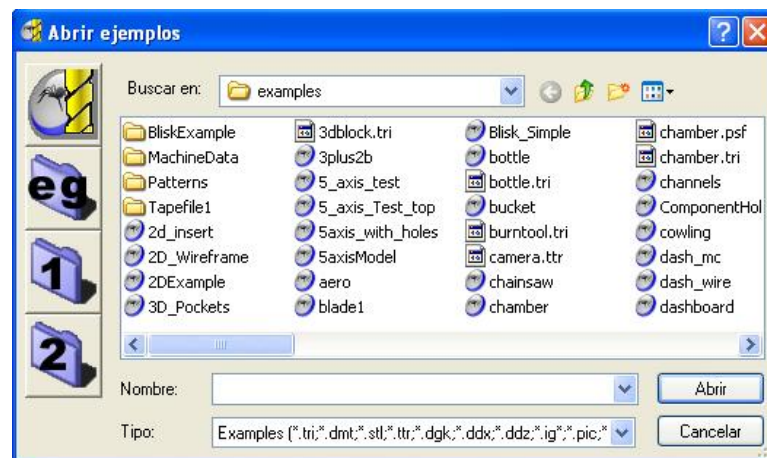






Figura 2.118 Cuadro de diálogo Abrir ejemplos.


- Seleccionar la cavidad llamada die.dgk, y después hacer clic en Abrir.
- Hacer clic en el icono Ajustar  en la Barra de Herramientas Vista para ajustar el archivo dentro de la visualización. Seleccionar Vista por arriba (Z) , cambiar a vista ISO 1 , seleccionar el icono Sombrear liso  activándolo y desactivándolo (dejar activo). Algunas veces es útil ver el interior de un modelo. En

relación a esto, el modelo puede aparecer translúcido: haga clic con el botón derecho del ratón sobre el modelo y seleccione la opción Translúcido (Figura 2.119).



Figura 2.119 Selección de opción translúcido y su cuadro de diálogo.

Introducir el porcentaje de translúcido que necesite (0 por ciento = opaco, 100 por ciento = transparente). El modelo aparece en sombreado translúcido permitiendo al usuario ver los detalles internos. Para volver al sombreado normal en el cuadro de dialogo Indicar translúcido (porcentaje) indique cero.

Seleccionar el icono Modelo Alambre  activándolo y desactivándolo (dejar inactivo), el molde debe estar en Vista ISO 1, Sombreado y sin mostrar el Modelo de alambre (Figura 2.120):

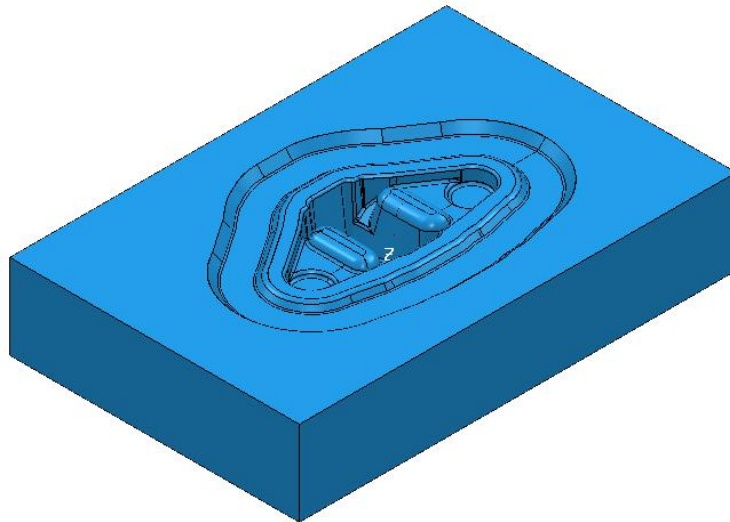


Figura 2.120 Vista del modelo.


2.4.2 PASOS PREPARATORIOS

Vistas de Sombreado radio mínimo y de contrasalidas

Estas dos opciones visuales de sombreado aparecen en la Barra de Herramientas Vista a la derecha de la pantalla. Es útil saber antes de generar las herramientas y las trayectorias que hay radios mínimos en el modelo y también identificar las contrasalidas.

Abrir la Barra de Herramientas Sombreado colocando el puntero sobre el icono de Sombreado liso como se muestra:



Seleccionar el icono de Sombreado radio mínimo  de la Barra de Herramientas. Cualquier radio interno que sea más pequeño que el especificado como Radio mínimo de herramienta aparecerá sombreado en rojo. Examinar el modelo para identificar las áreas que son inaccesibles para el radio especificado (sombreados en rojo, Figura 2.121).

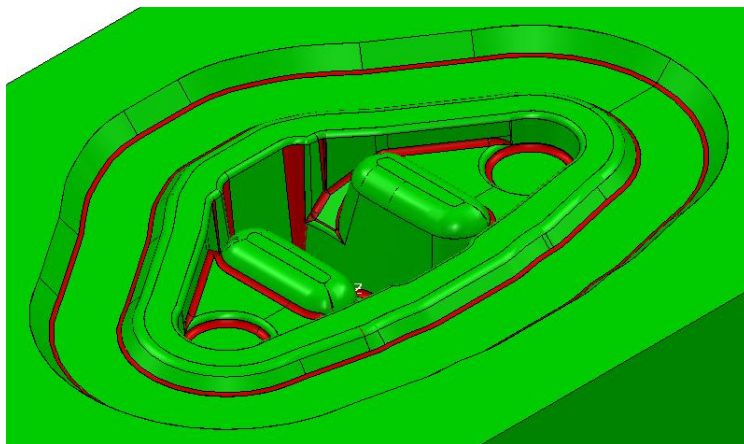


Figura 2.121 Sombreado radio mínimo.

Los radios internos que se pueden observar sombreados en rojo, identifican visualmente que no podrán ser maquinados a su tamaño correcto con el valor por defecto de herramienta utilizada.

El Radio de herramienta mínimo especificado puede ser modificado en las Opciones de Dibujo en el menú de Modelos del Explorador (Figura 2.122).

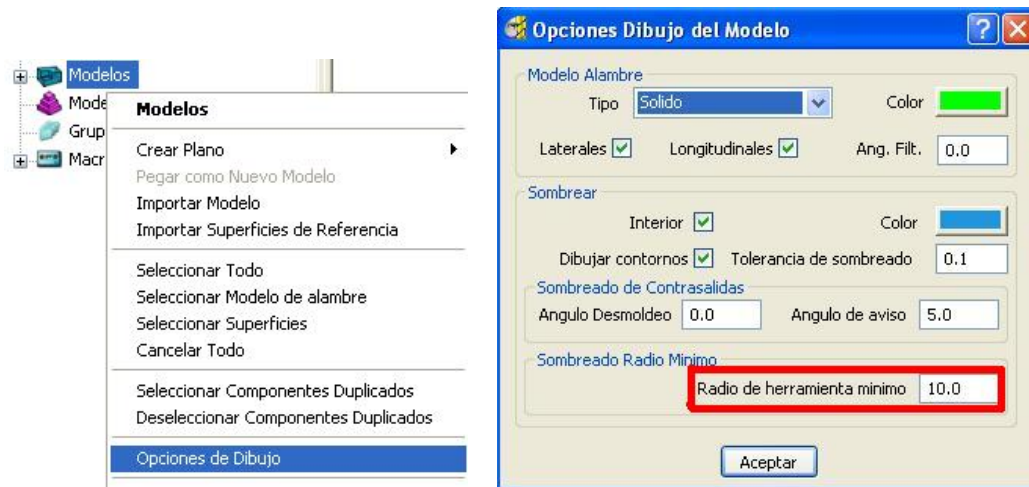


Figura 2.122 Selección de Opciones de Dibujo y su cuadro de diálogo.


Cambiar el valor de Radio de herramienta mínimo a 2.

El sombreado en algunas partes del modelo ha cambiado de rojo a verde lo que significa que desde el punto de vista de acabado estas zonas son accesibles totalmente para la herramienta esférica de diámetro 4.

Cambiar el valor de Radio de herramienta mínimo a 1.5.

Todas las zonas rojas han desaparecido ahora porque el tamaño de la herramienta que garantiza el acceso a todas las zonas de la pieza es una herramienta esférica de diámetro 3.

El modelo también se puede visualizar analizando el tamaño de las contrasalidas.

Seleccionar el icono de Sombreado de contrasalidas  en la Barra de Herramientas Sombreado.

El modelo se sombrea en tres colores diferentes: rojo, verde y amarillo.

Las zonas rojas representan ángulos iguales o menores al Ángulo Desmoldeo especificado en Opciones Dibujo del Modelo (por defecto es 0).

Las zonas verdes representan los ángulos que sobrepasan el Ángulo de aviso especificado en Opciones Dibujo del Modelo (por defecto es 5).

Las zonas amarillas representan los ángulos de valor entre el Ángulo Desmoldeo y el Angulo de aviso (en este momento no hay zonas amarillas, Figura 2.123).

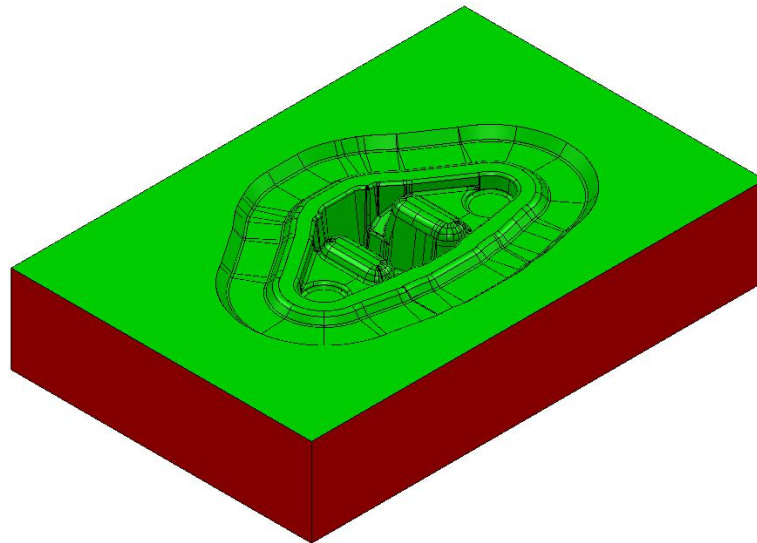


Figura 2.123 Sombreado de contrasalidas.

En este modelo en particular las zonas amarillas representarían ángulos entre los 0 y 5 grados.

Poner un Ángulo Desmoldeo de -0.2 y un Ángulo de aviso de 0.2 (Figura 2.124).



Figura 2.124 Modificar Ángulo Desmoldeo y Ángulo de aviso.

Todas las zonas rojas han desaparecido y todo permanece verde y amarillo. Si alguna zona roja permanece entonces esto indicaría una situación mayor de -0.2 grados. Las zonas amarillas indican caras verticales porque la diferencia entre el Ángulo Desmoldeo y de aviso es muy pequeño (Figura 2.125).

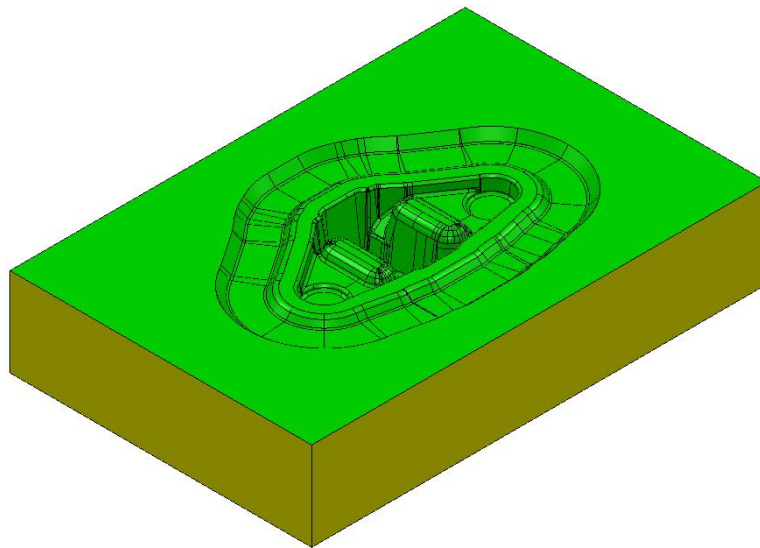



Figura 2.125 Las contrasalidas dependen de la orientación de las superficies.

Aceptar las Opciones Dibujo del Modelo.


Seleccionar el icono de Sombreado de contrasalidas  de nuevo (desactivarlo).

Asegurarse que el icono Modelo Alambre  está activado para que sólo aparezca alambre.

Definir el Bloque alrededor del molde

El bloque define el tamaño del material en bruto. La pieza es maquinada desde el bloque. En este caso, el bloque tiene una forma cuboide rectangular.

Para definir el bloque:

- Hacer clic con el ratón en el botón del Bloque  en la Barra de Herramientas Principal.

- En el cuadro de diálogo Bloque, comprobar lo siguiente (Figura 2.126):
 - Definido por: Caja, puede ser definido por los puntos mínimos y máximos X, Y, Z.
 - Sistema de Coordenadas: Plano trabajo activo, el bloque es definido en las coordenadas del plano de trabajo activo.
 - En la zona Calcular los Límites, la Expansión es configurada a 0 (realiza un offset al tamaño mínimo del bloque con el valor especificado) y el Tipo como Modelo (determina que entidad se utiliza para calcular los límites).
 - Dibujar, esta opción está seleccionada.

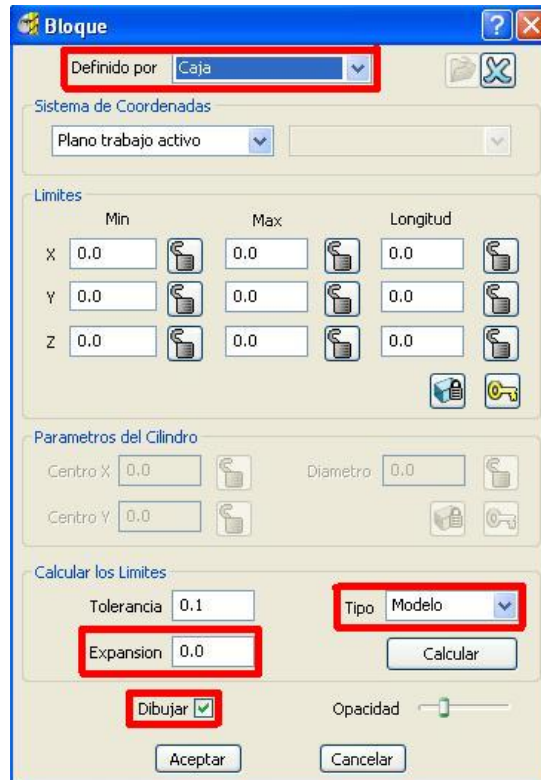


Figura 2.126 Definición de los parámetros del bloque.

- Hacer clic en el botón Calcular para definir una forma cuboide incluida en el molde, y hacer clic en Aceptar para cerrar el cuadro de diálogo (Figura 2.127).

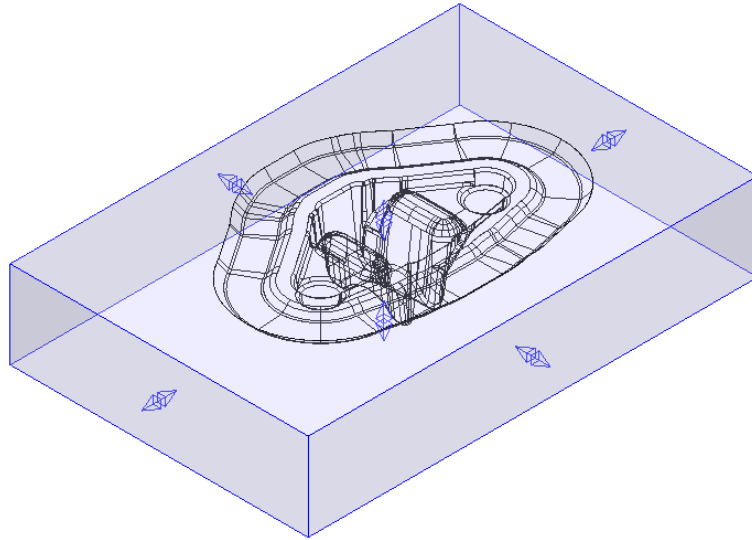




Figura 2.127 Bloque mostrado con el modelo alambre.

Para activar o desactivar el bloque, hacer clic en el botón de Bloque  en la Barra de Herramientas Vista.

Avance del Maquinado y Velocidad de Giro del Cabezal

Hacer clic en el icono Avance y Velocidad  en la Barra de Herramientas Principal. Aparecerá la ventana Avance y Velocidad (Figura 2.128) que permite al usuario introducir los avances y velocidades apropiados para la estrategia de maquinado.

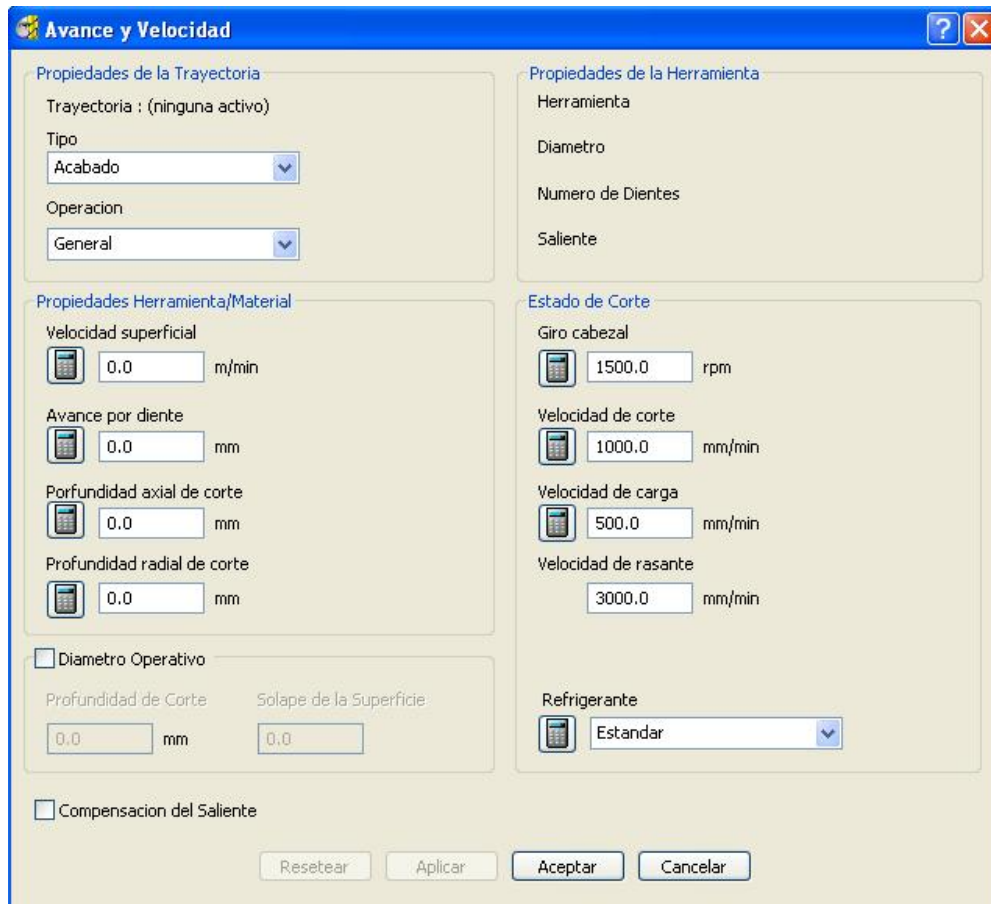




Figura 2.128 Cuadro de diálogo Avance y Velocidad.


Todos los campos están precedidos por , lo que indica que serán calculados automáticamente según la herramienta de corte y la estrategia de maquinado escogidos. Si se modifica un valor manualmente el icono cambia a  para indicar que el valor ha sido modificado por el usuario.

Dejar los valores por defecto y hacer clic en Cancelar.

Especificar las Alturas de Movimientos Rápidos

Las Alturas de Movimientos Rápidos son las alturas en las que la herramienta se puede mover con seguridad sin golpear la pieza o las abrazaderas.

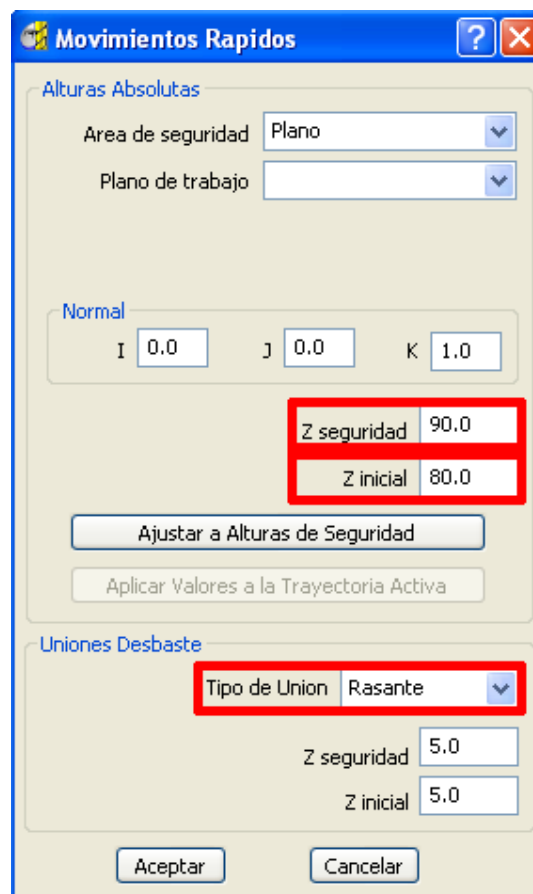
Para especificar las Alturas de Movimientos Rápidos:

- Hacer clic en el icono de Alturas Movimientos Rápidos  en la Barra de Herramientas Principal.
- En el cuadro de diálogo Movimientos Rápidos escribir (Figura 2.129):

Z seguridad: 90, es la altura constante en Z a la que la herramienta se levantará antes de realizar movimientos rápidos sobre la pieza de trabajo.

Z inicial: 80, es la altura a la que la herramienta descenderá en movimiento rápido, antes de aplicar el avance de corte.

Tipo de Unión: Rasante, asegura que los movimientos en rápido aumentan la Z de Seguridad Incremental sobre la altura de corte más baja para evitar golpear el modelo antes de disminuir la Z Inicial Incremental.



El cuadro de diálogo "Movimientos Rápidos" muestra la configuración de alturas y uniones. Se detallan los valores configurados en la siguiente tabla:

Categoría	Parámetro	Valor
Alturas Absolutas	Area de seguridad	Plano
	Plano de trabajo	
Normal	I	0.0
	J	0.0
	K	1.0
Normal	Z seguridad	90.0
	Z inicial	80.0
Uniones Desbaste	Tipo de Union	Rasante
	Z seguridad	5.0
	Z inicial	5.0

Botones de acción: Ajustar a Alturas de Seguridad, Aplicar Valores a la Trayectoria Activa, Aceptar, Cancelar.

Figura 2.129 Cuadro de diálogo Movimientos Rápidos.

- Hacer clic en Aceptar para guardar las configuraciones y cerrar el cuadro de diálogo.

Especificar el Punto Inicial de la herramienta

Esta es la posición de seguridad para la herramienta al moverse antes y después de cada cambio de herramienta u operación de maquinado. Dependiendo del tipo de herramienta este podría cambiar la posición actual de la herramienta.

- Hacer clic en el icono Punto Inicial y Final , aparece el cuadro de diálogo (Figura 2.130).

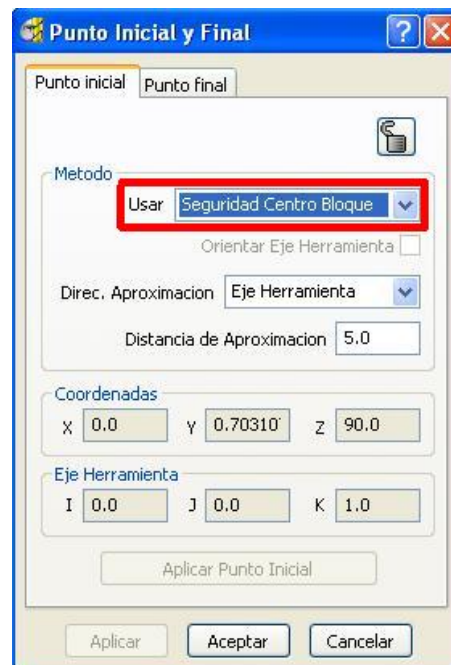



Figura 2.130 Cuadro de diálogo Punto Inicial y Final.

- En la pestaña del Punto inicial, seleccionar la opción Seguridad Centro Bloque en el campo Usar para resetear los valores de X e Y al centro del modelo con la coordenada Z en Z seguridad.
- Hacer clic en Aceptar para guardar las configuraciones y cerrar el cuadro de diálogo.

Guardar el Proyecto la primera vez

PowerMILL guarda todas las entidades, junto con una copia del modelo como un único proyecto.

Para guardar el proyecto:

- Hacer clic en el botón Guardar  en la Barra de Herramientas Principal. Puesto que no ha guardado previamente el proyecto, aparece el cuadro de diálogo Guardar Proyecto Como (Figura 2.131).

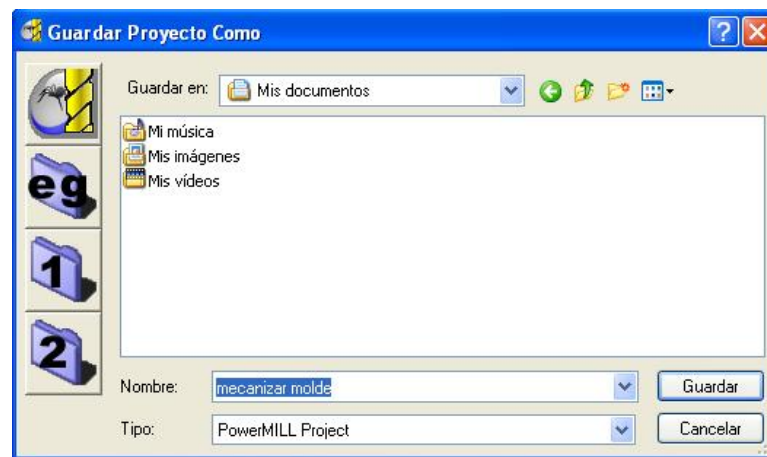



Figura 2.131 Cuadro de diálogo Guardar Proyecto Como.

- Desplazarse al directorio que ha creado para su proyecto, e introducir un nombre para el proyecto en el campo Nombre, por ejemplo mecanizar molde.
- Hacer clic en Guardar.

De aquí en adelante, hacer clic en el botón Guardar  a intervalos regulares para actualizar la versión guardada del proyecto.

2.4.3 CREAR PROGRAMA NC

El Programa NC contiene los comandos y configuraciones de salida que especifican cómo los controladores de la máquina maquinarán la pieza.

Es aconsejable crear un Programa NC, y establecer las preferencias antes de crear cualquier trayectoria. No obstante, va a ser fácil añadir trayectorias creadas a los Programas NC posteriormente.

Configurar las preferencias del Programa NC

1. Hacer clic con el botón derecho del ratón en Programas NC en el Explorador, y seleccionar las Preferencias... para configurar los parámetros utilizados en la creación del Programa NC (Figura 2.132).



Figura 2.132 Seleccionar Preferencias de Programas NC en el Explorador.

2. En la pestaña Salida del cuadro de diálogo Preferencias NC, seleccionar Usar Proyecto: Activado para escribir el archivo del Programa NC dentro de la carpeta del proyecto (Figura 2.133).
3. Indicar el nombre del archivo de salida que se va a utilizar por defecto en el campo Fichero de Salida, pero en este caso no modificar, ya que la variable %[ncprogram] proporciona al archivo de salida el mismo nombre que el programa NC (Figura 2.133).

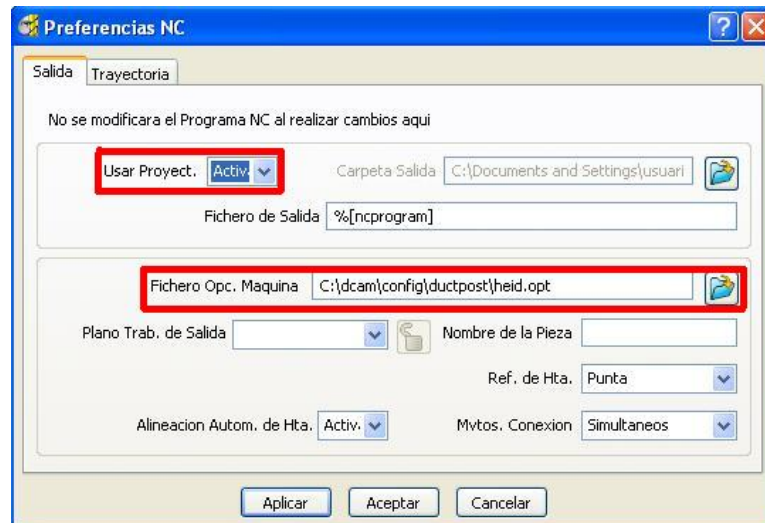


Figura 2.133 Cuadro de diálogo Preferencias NC.


4. Hacer clic en el botón Abrir  próximo a Fichero Opciones Máquina para abrir el cuadro de diálogo Seleccione fichero opciones máquina. Buscar la carpeta dónde los archivos de opción son guardados, y seleccionar el archivo de opción máquina necesario (en este caso heid.opt) y hacer clic en Abrir (Figura 2.134).



Figura 2.134 Cuadro de diálogo Seleccione fichero opciones máquina.

Se cierra el cuadro de diálogo Seleccione fichero opciones máquina y se regresa al cuadro de diálogo Preferencias NC.

5. Hacer clic en Aceptar para guardar las modificaciones y cerrar el cuadro de diálogo.

Crear un Programa NC

1. Hacer clic con el botón derecho del ratón en Programas NC en el Explorador, y seleccionar la opción Crear Programa NC (Figura 2.135).



Figura 2.135 Seleccionar Crear Programa NC de Programas NC en el Explorador.

2. En el cuadro de diálogo Programa NC (Figura 2.136), en el campo Nombre, indicar el nombre que se desee para el Programa NC. Por ejemplo molde.

Programa NC : molde

Nombre: molde

Fichero de Salida: C:\Documents and Settings\usuario20\Mis documentos\mecanizar r

Fichero Opc. Maquina: C:\dcam\config\ductpost\heid.opt

Plano Trab. de Salida: [dropdown] Nombre de la Pieza: 1

Numero del Programa: 1 Ref. de Hta.: Punta

Alineacion Autom. de Hta.: Activa Mvtos. Conexion: Simultaneos

Trayectoria	Numero	Diametro	Punta	Colisor	Saliente	Herramienta ID	Tipo	Tc
[Empty table body]								

Resetear Cambio Hta.: Sobre nueva hta Numerar Hta.: Como la especificac

Posicion Cambio Hta.: Despues de la Cont

Herramienta ID: [input] Numero de la Hta.: [input] Longitud Colision: [input]

Compensacion de la Hta. Longitud: [input] Radio: [input]


Longitud Offset: [input] Radio Offset: [input]

Salida Ciclo Taladrado: [input] Refrigerante: [input]

Fichero de Salida: [input]

Escribir Aplicar Aceptar Cerrar

Figura 2.136 Cuadro de diálogo Programa NC.

- Hacer clic en el botón Opciones . El cuadro de diálogo Opciones aparece con el panel Salida visible (Figura 2.137).

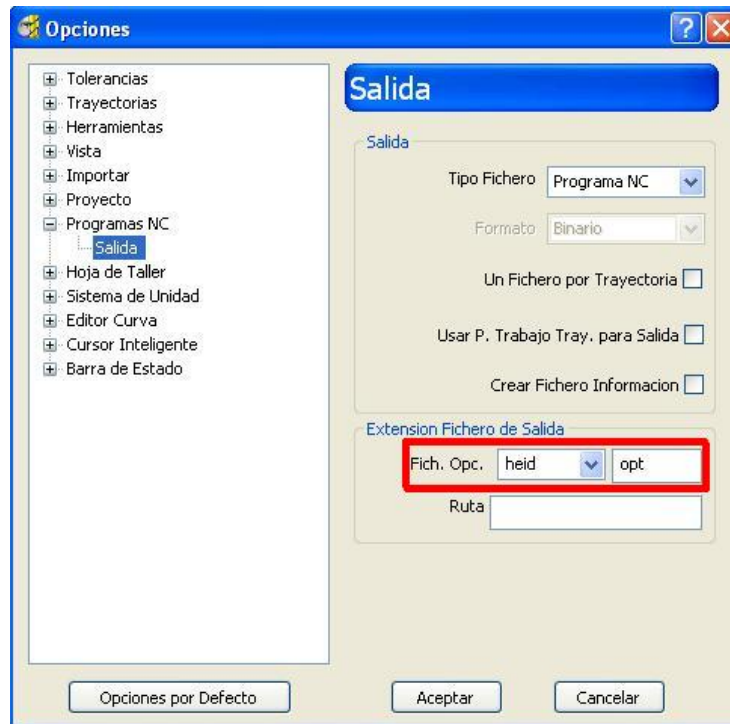


Figura 2.137 Cuadro de diálogo Opciones.

- a. Desde la lista desplegable Fichero Opciones en la zona Extensión Fichero de Salida, seleccionar heid (Figura 2.137).
 - b. Hacer clic en Aceptar para actualizar y cerrar el cuadro de diálogo de Opciones.
4. Hacer clic en Aceptar en el cuadro de diálogo Programa NC para aplicar las selecciones y cerrar el cuadro de diálogo.


Para visualizar la entidad que se ha creado, hacer clic en  para expandir el nodo de los Programas NC. La entidad se activa automáticamente (esto significa que el texto aparece en negrita precedido por el símbolo >, Figura 2.138).



Figura 2.138 Programa NC creado visto en el Explorador.

Cualquier trayectoria creada es automáticamente añadida al programa NC activo actualmente.

2.4.4 CREAR LA TRAYECTORIA DE DESBASTE

La trayectoria de desbaste elimina rápidamente la mayor parte del exceso de material utilizando una estrategia de Desbaste Offset. Esta maquina la zona con contornos que son creados repetidamente offseteando el contorno inicial hasta dónde sea posible, y descendiendo al siguiente nivel y repitiendo el offset hasta la parte inferior de la pieza.

Para crear una trayectoria de desbaste:

- En la Barra de Herramientas Principal, de la lista desplegable Crear trayectoria hacer clic en Desbaste Offset (Figura 2.139).



Figura 2.139 Lista desplegable Crear trayectoria.

Aparece el siguiente cuadro de diálogo (Figura 2.140):





Figura 2.140 Cuadro de diálogo de la trayectoria Desbaste Offset.

El lateral izquierdo del cuadro de diálogo es estándar para todas las trayectorias y define los parámetros utilizados para crear la trayectoria (como por ejemplo Herramienta, Tolerancias, Paso, Paso Vertical y Límite). El lateral derecho del cuadro de diálogo contiene datos específicos para la estrategia de la trayectoria.

- Proporcionar a la trayectoria un Nombre apropiado, por ejemplo Desbaste.

Definir la Geometría de la Herramienta

- En el cuadro de diálogo Desbaste Offset, hacer clic en la flecha  próxima al botón

Crear una herramienta  en la zona de Herramienta, y seleccionar la opción

Crear una herramienta tórica .

- En el cuadro de diálogo Herramienta tórica (Figura 2.141), escribir:

Nombre: D16T1

Longitud: 30 mm

Radio de Punta: 1 mm

Diámetro: 16 mm

Número de la Herramienta: 1

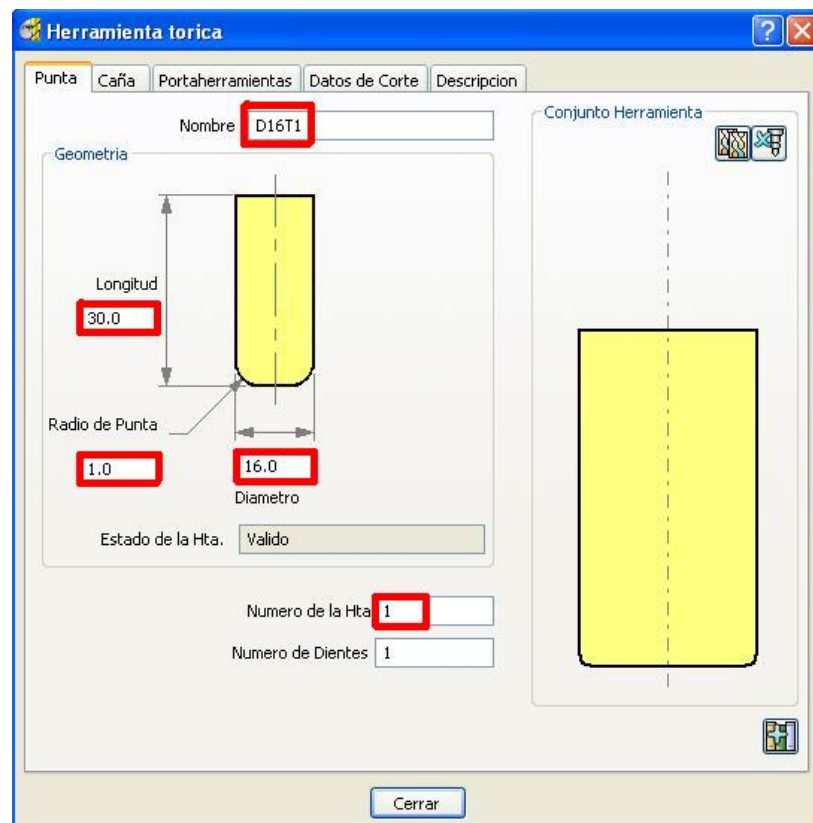



Figura 2.141 Cuadro de diálogo Herramienta tórica, Punta.

- Seleccionar la pestaña Caña, y después hacer clic en Añadir una caña  para añadir un componente a la caña (Figura 2.142). Escribir:

Diámetro Superior: 16

Longitud: 70

El Diámetro Inferior predetermina automáticamente el Diámetro Superior. Esto puede ser aceptable para la herramienta actual.

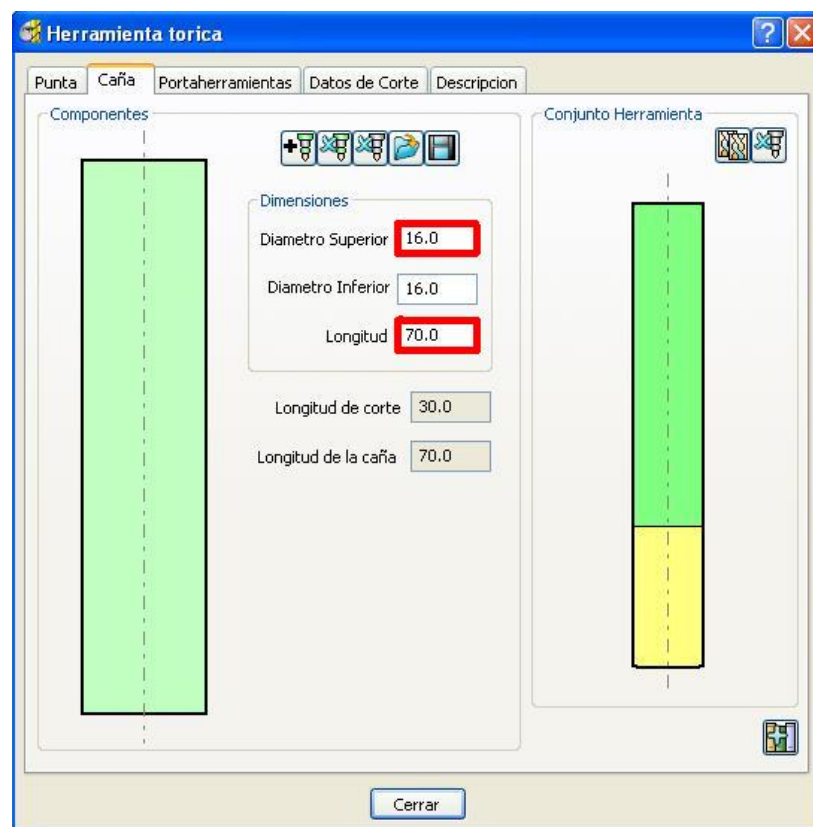


Figura 2.142 Cuadro de diálogo Herramienta tórica, Caña.

- Hacer clic en Cerrar.

La herramienta se alinea automáticamente con el eje Z (Figura 2.143).

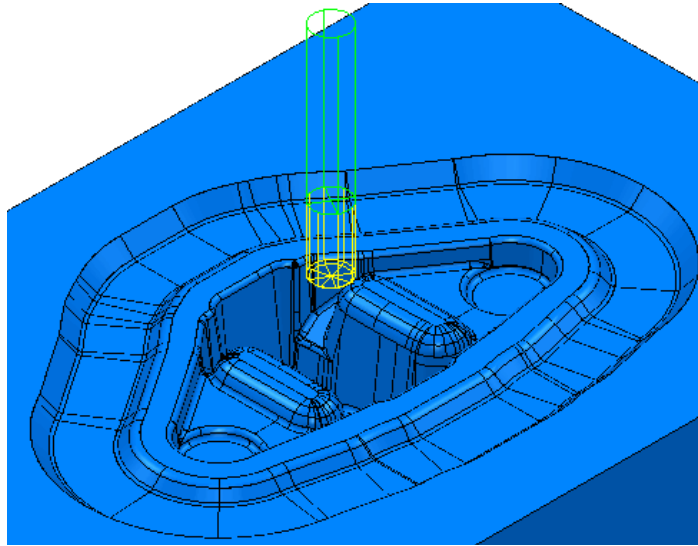


Figura 2.143 Herramienta creada alineada con el eje Z.

Se puede visualizar y editar la herramienta creada:

- En el Explorador:


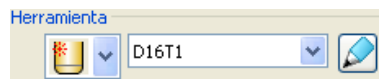
Expandir  **Htas.** para visualizar la herramienta que se ha creado. Expandir el nodo de la herramienta para visualizar los detalles de la herramienta (Figura 2.144).



Figura 2.144 Detalles de la herramienta en el Explorador.

- En la zona de Herramienta en el cuadro de diálogo Desbaste Offset:



- Desde la Barra de Herramientas de la Herramienta:








Definir las tolerancias

- En la zona de Tolerancias del cuadro de diálogo Desbaste Offset (Figura 2.145), introducir una Tolerancia de 0.2 mm.



Figura 2.145 Edición de Tolerancias, Espesor, Paso y Paso Vertical.

- Hacer clic en el botón Espesor  para activar los campos de Espesor axial  y Espesor radial .
- Introducir un Espesor radial  de 0.5 mm.
- Introducir un Espesor axial  de 0.1 mm.
- En la zona Paso, indicar un Paso de 7.0 mm.
Paso: define la distancia entre offset sucesivos.
- En la zona Paso Vertical, indicar un Paso Vertical de 4.0 mm.

Paso Vertical: define las Alturas de Desbaste a Z constante.

Si la opción Automático está seleccionada, las Alturas de Desbaste se crean automáticamente al calcular la trayectoria, y cualquier valor de las Alturas de Desbaste se borrará.

- Seleccionar la parte del cuadro de diálogo llamada Filtro de Área (Figura 2.146), y modificar el Umbral (UDH) a 0.8.

UDH: Unidades del Diámetro de la Herramienta, que es la distancia relativa al diámetro de la herramienta. Entonces con una herramienta de 16 mm y un UDH de 0.8, proporciona un valor actual de 12.8 mm.



Figura 2.146 Edición de Filtro de Área.

La precisión de la pieza maquinada creada por PowerMILL está limitada por la precisión del modelo leído dentro del programa. El modelo original debe haber sido creado con una tolerancia adecuada.

Completar el cuadro de diálogo Desbaste Offset, y crear la trayectoria de desbaste.

- En el cuadro de diálogo Desbaste Offset (Figura 2.147):
 - Seleccionar Rampa en el campo Tipo de la zona Movimientos de Entrada, esto permite a la herramienta la aproximación en rampa dentro del modelo en un ángulo especificado durante los movimientos de desbaste.
 - En la zona Mecanizado de Alta Velocidad, activar la casilla Suavizar Perfilado para permitir el ajuste por arcos de los cortes para evitar cambios bruscos en la dirección, y dejar el Radio de Esquina (UDH) a 0.050

- Activar la casilla Grado de Suavizado, y ajustarlo a un valor pequeño, como por ejemplo 5%, esto reemplaza las aristas por medio de esquinas redondeadas. Define la desviación máxima de las aristas (la desviación puede ser configurada al 40% del paso. Esto significa que si se tiene un paso de 10mm, la desviación máxima desde la arista hasta la esquina redondeada es de 4mm).
- En la esquina inferior derecha del cuadro de diálogo, modificar el valor en el campo Tipo a Modelo (ésta opción aumenta el número de levantadas), y dejar la Dirección Automática (esto selecciona automáticamente la dirección de los movimientos del offset).



Figura 2.147 Completar cuadro de diálogo Desbaste Offset.



- Hacer clic en Aplicar para calcular la trayectoria.

El progreso se muestra en la Barra de Estado en la parte inferior de la pantalla.

- Una vez creada la trayectoria, hacer clic en Cancelar para cerrar el cuadro de diálogo de la trayectoria.

Mostrar la trayectoria de desbaste

Para mejorar la visualización de la trayectoria, se puede modificar la representación del modelo y el bloque.

- Hacer clic en los botones de Sombreado liso  y Modelo Alambre  para desdibujar el modelo (Figura 2.148).

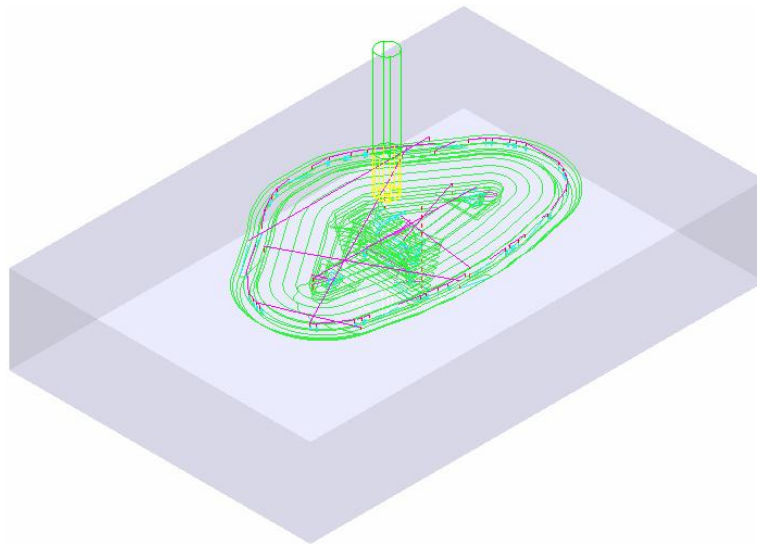



Figura 2.148 Vista del bloque, herramienta y trayectoria.

- Hacer clic en el botón Bloque  de la Barra de Herramientas de Vista para borrar el bloque.
- Para acercar la imagen, mantener pulsada la tecla Ctrl y el botón central (o derecho) del ratón, y arrastrar el ratón hacia arriba (Figura 2.149).

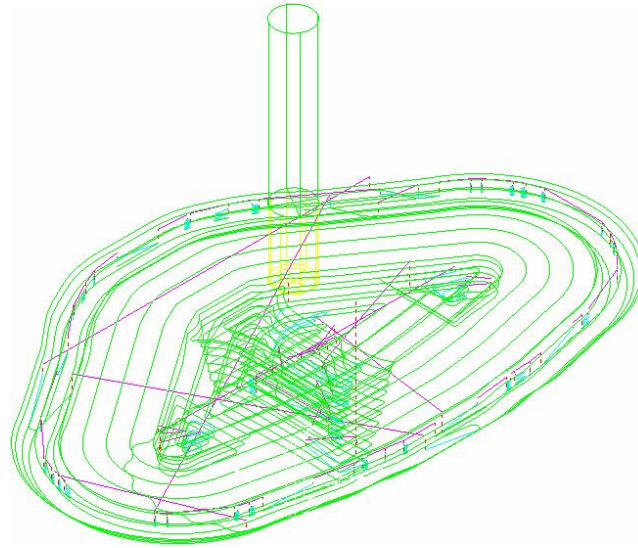


Figura 2.149 Vista con acercamiento de la herramienta y trayectoria.






- Hacer clic en el icono  para expandir Trayectorias en el Explorador. La nueva trayectoria aparece en negrita y precedida por el símbolo > para indicar que está activa (Figura 2.150).



Figura 2.150 Trayectoria Desbaste en el Explorador.

- Para activar o desactivar la trayectoria, hacer clic en el símbolo de la bombilla para mostrar el cambio entre  y  (dejar desactivada).
- Hacer clic en el botón  próximo a la trayectoria para expandir y visualizar los parámetros utilizados para crear la trayectoria.

Se puede hacer clic en el icono  próximo a cualquiera de esos parámetros para ver los detalles específicos (Figura 2.151).

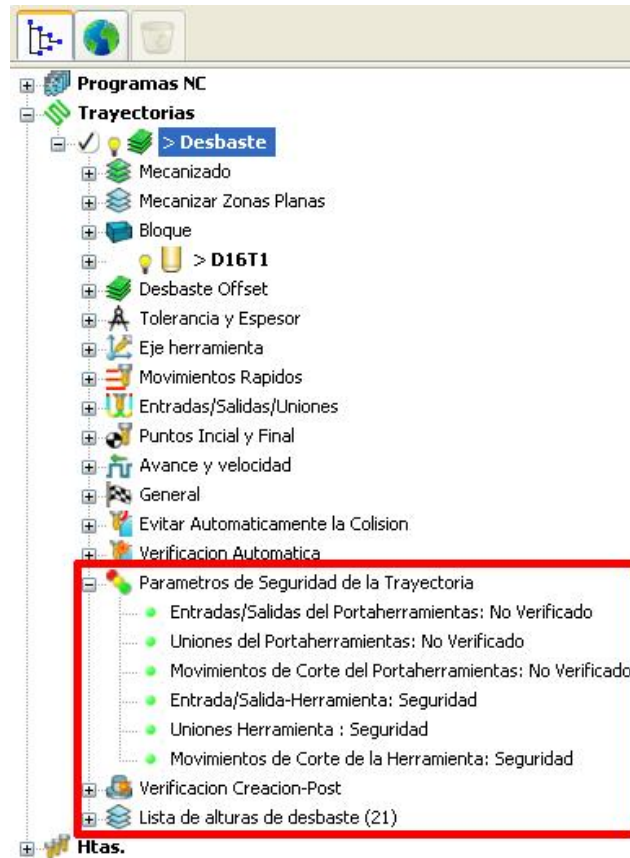





Figura 2.151 Detalles de los Parámetros de Seguridad de la Trayectoria en el Explorador.

Al hacer clic en este icono  se ocultan los parámetros asociados. El icono Estado de Seguridad  en la parte superior del árbol de la trayectoria indica que está libre de colisiones pero no verificados los detalles del portaherramientas. Para obtener más información, expandir los Parámetros de Seguridad de la Trayectoria en el árbol de la trayectoria (Figura 2.151).

Guardar los cambios en el proyecto

Cuando no se han guardado los cambios (en este caso, la información de la trayectoria) en el proyecto, aparece un asterisco (*) en la barra del título:






Hacer clic en el botón Guardar  en la Barra de Herramientas Principal para guardar los cambios del proyecto y sobrescribir el archivo anterior. Se añade la información de la trayectoria al proyecto, y desaparece el asterisco del encabezado del proyecto:



Simular la trayectoria de desbaste

Para visualizar una simulación de la trayectoria:

- Hacer clic en el botón ISO 1  en la Barra de Herramientas Vista para resetear la vista.
- En la Barra de Herramientas ViewMill, hacer clic en el botón Activa/desactiva ViewMill . El icono se pone de color verde , y se activa la ventana de simulación que inicialmente muestra un bloque gris claro en el fondo actual (Figura 2.152).

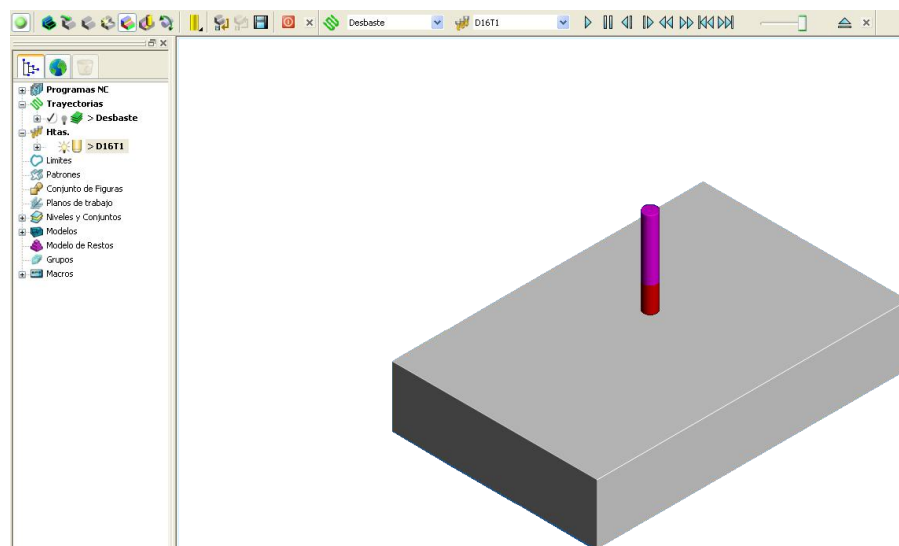
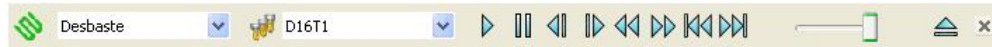





Figura 2.152 Entorno de simulación de ViewMill.

- Si la Barra de Herramientas Simulación no aparece, seleccionar Vista - Barra de Herramientas - Simulación, y después seleccionar la trayectoria Desbaste en la primera de las dos listas desplegables. La herramienta se selecciona automáticamente, y los botones de Ejecución aparecen resaltados:



- Estos botones en la Barra de Herramientas ViewMill  controlan la visualización de la simulación. Seleccionar la opción Imagen sombreada multicolor  para visualizar el material eliminado por distintas trayectorias, por ejemplo el desbaste y el desbaste de restos.
- Para iniciar la simulación, hacer clic en el botón Iniciar . Permitir que la simulación se ejecute hasta el final (Figura 2.153).

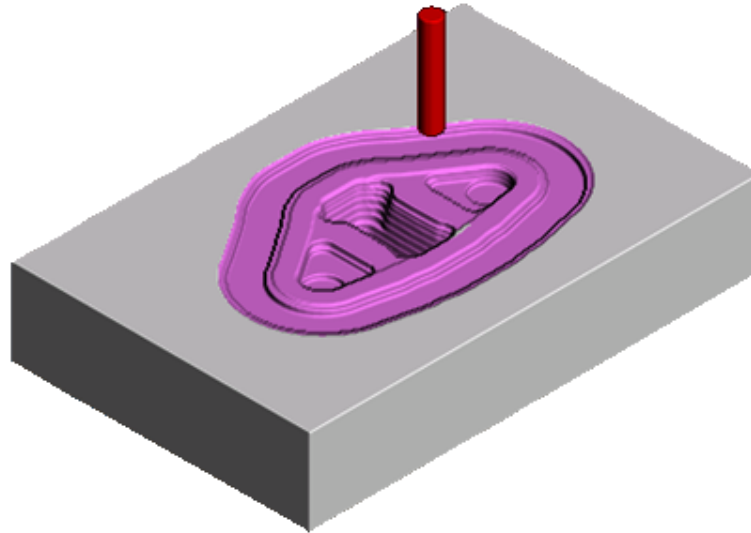




Figura 2.153 Simulación de maquinado con ViewMill.

- Desactivar ViewMill , seleccionar la opción Ninguna imagen .

2.4.5 CREAR LA TRAYECTORIA DE DESBASTE DE RESTOS


La trayectoria de desbaste de restos utiliza herramientas más pequeñas para eliminar escalones grandes y desbastar zonas del modelo que una herramienta grande no podría alcanzar, como por ejemplo cajas o aristas.

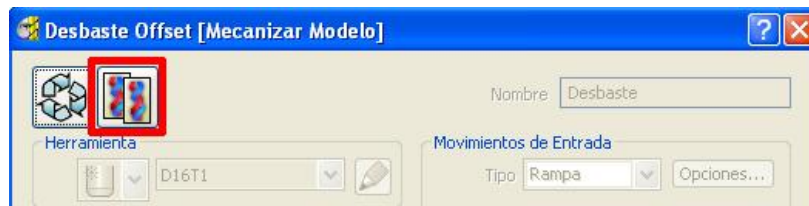
Para crear una trayectoria de desbaste de restos:

- Mostrar la Configuración... de la trayectoria de Desbaste (Figura 2.154):

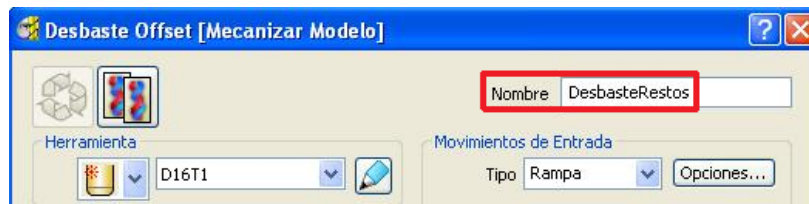


Figura 2.154 Seleccionar Configuración de la trayectoria Desbaste.

- Hacer clic en el botón Crear una nueva trayectoria basada en esta :



- Se crea una copia de la trayectoria con el sufijo _1. Para renombrarlo escribir DesbasteRestos en el campo Nombre.




Definir la geometría de la herramienta de desbaste de restos

La herramienta de desbaste de restos se puede basar en una herramienta existente, aunque es necesario un diámetro más pequeño y un radio de punta grande.

- En la zona de Herramienta del cuadro de diálogo Desbaste Offset, hacer clic en el



- En el cuadro de diálogo Herramienta tórica, hacer clic en  para crear una nueva herramienta basada en la herramienta de desbaste existente. El nombre por defecto que se proporciona es D16T1_1 (Figura 2.155).

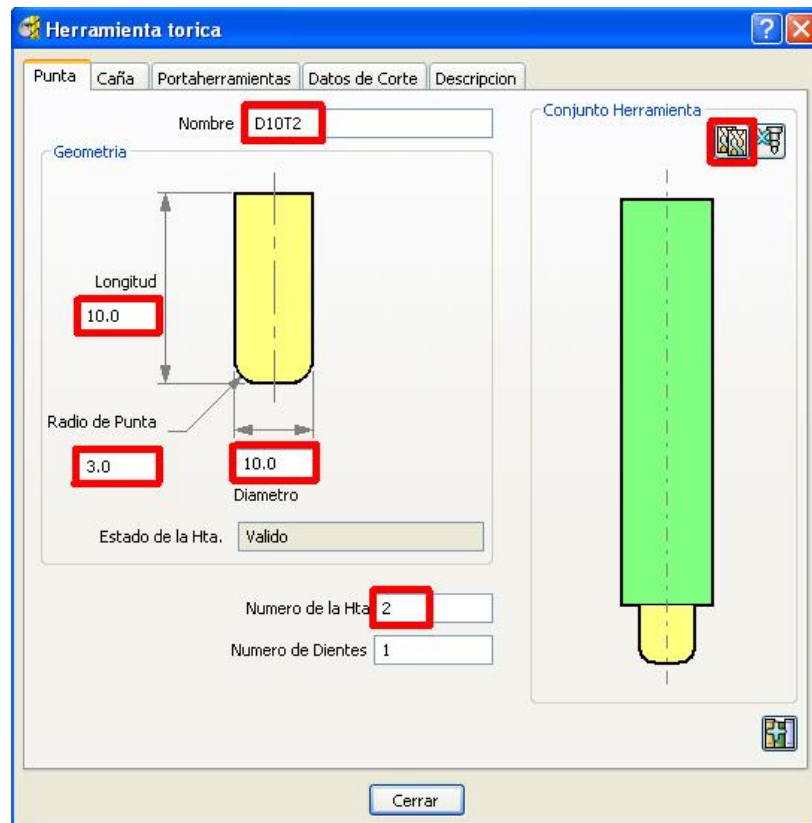


Figura 2.155 Cuadro de diálogo Herramienta tórica, Punta.

Escribir (Figura 2.155):

Nombre: D10T2

Longitud: 10 mm

Radio de Punta: 3 mm

Diámetro: 10 mm

Número de la Herramienta: 2

- Hacer clic en la pestaña Caña.

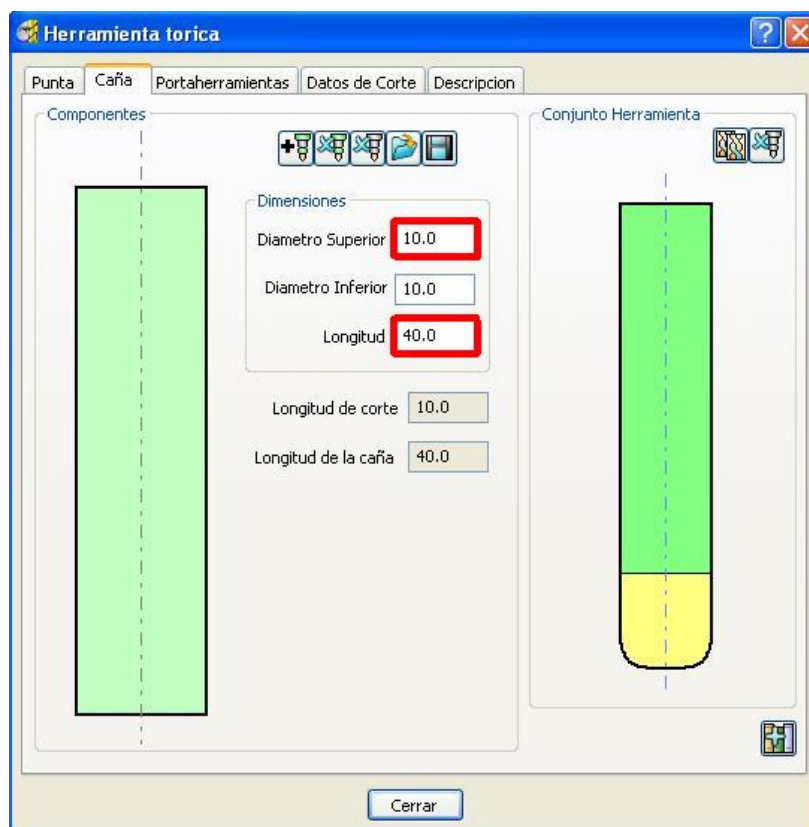


Figura 2.156 Cuadro de diálogo Herramienta tórica, Caña.

La caña existente no es la apropiada y debería modificarse. Modificar los valores de (Figura 2.156):

Diámetro Superior: 10

Longitud: 40

- Hacer clic en Cerrar.

Se puede visualizar y editar la herramienta creada:

- En el Explorador.
- En la zona de Herramienta en el cuadro de diálogo Desbaste Offset.
- Desde la barra de herramientas de Herramienta.

Modificar los valores de Paso y Paso Vertical

- En la zona Paso del cuadro de diálogo Desbaste Offset, introducir 3.0 mm en el campo Paso.
- Introducir 1.5 mm en el campo Paso Vertical (Figura 2.157).



Figura 2.157 Modificar el Paso y Paso Vertical.

Completar el cuadro de diálogo Desbaste Offset, y crear la trayectoria de desbaste de restos

- En el cuadro de diálogo Desbaste por Offset, activar la casilla Desbaste de Restos.

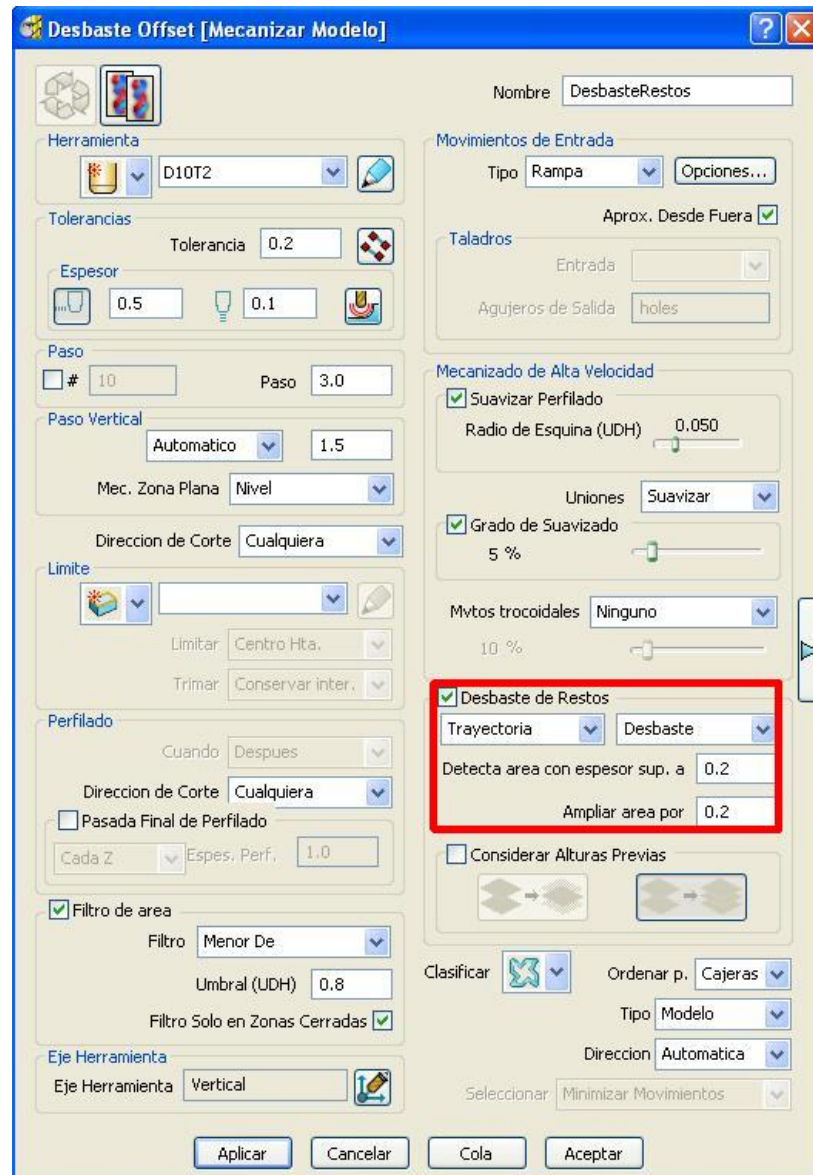


Figura 2.158 Completar el cuadro de diálogo Desbaste Offset.

Escribir (Figura 2.158):

Tipo de Referencia: Trayectoria.




Nombre de Referencia: Desbaste (el nombre de la trayectoria de desbaste).

Detectar área con espesor superior a: 0.2 mm. El cálculo ignora el material más delgado de 0.2mm. Esto ayuda a evitar zonas delgadas que están siendo desbastadas dónde el beneficio de un segundo corte no tendría valor.

Ampliar área por: 0.2 mm. Las zonas de restos son expandidas por 0.2 mm medidas a lo largo de la superficie. Esto puede ser útil en unión con Detectar área con espesor superior a, para reducir las zonas que se van a maquinar (como por ejemplo aristas), y después offsetear levemente las zonas para asegurar que todos los detalles sean maquinados (por ejemplo en las esquinas).

- Hacer clic en Aplicar para calcular la trayectoria.
- Una vez creada la trayectoria, hacer clic en Cancelar para cerrar el cuadro de diálogo de la trayectoria.

Mostrar la trayectoria de desbaste de restos

- Hacer clic en los botones de Sombreado liso , Modelo Alambre , y Bloque  para desdibujar el modelo y el bloque, y después acercar la vista de la trayectoria manteniendo pulsada la tecla Ctrl y el botón central (o derecho) del ratón, y arrastrar el ratón hacia arriba (Figura 2.159).

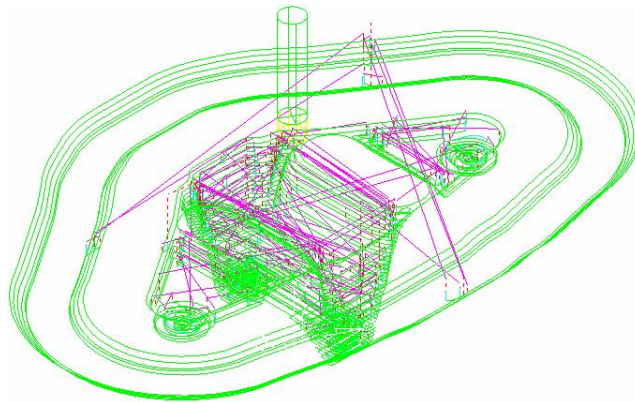


Figura 2.159 Vista con acercamiento de la herramienta y trayectoria.



- Hacer clic en el icono  para expandir Trayectorias en el Explorador. La nueva trayectoria aparece en negrita y precedida por el símbolo > para indicar que está activa (Figura 2.160).




Figura 2.160 Trayectoria DesbasteRestos en el Explorador.


Para guardar los cambios del proyecto, hacer clic en el botón Guardar  en la Barra de Herramientas Principal.

Simular la trayectoria de desbaste de restos con la máquina

Para visualizar la simulación de la trayectoria de desbaste de restos con la máquina herramienta cortando la pieza:

- En la Barra de Herramientas de Simulación, seleccionar la trayectoria DesbasteRestos en la primera de las dos listas desplegables. La herramienta se selecciona automáticamente (para visualizarla debe estar activada  en el explorador) y los botones de Activar son resaltados:



- Hacer clic en Importar el modelo de la máquina herramienta  en la Barra de Herramientas de Máquina Herramienta para cargar la máquina herramienta necesaria:



Si no aparece la Barra de Herramientas de la Máquina Herramienta, seleccionar Vistas - Barra de Herramientas - Máquina Herramienta desde el menú.

- Moverse al directorio MachineData y seleccionar la máquina herramienta necesaria, en este caso head-table.mtd. La máquina herramienta tendrá siempre la extensión .mtd (Figura 2.161).



Figura 2.161 Cuadro de dialogo Importar Máquina Herramienta.

Si no hubiese ningún portaherramientas definido se verá algo parecido a la Figura 2.162.

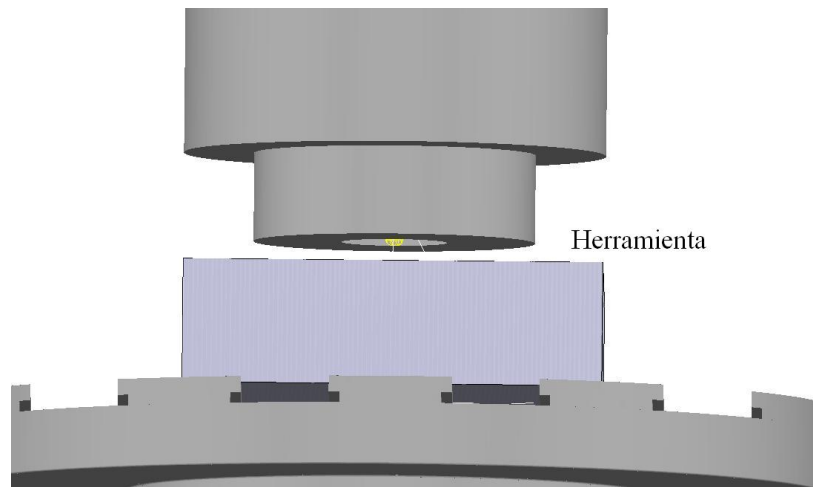


Figura 2.162 Herramienta con portaherramientas sin definir.

- Para simular el efecto de tener un portaherramientas definido es necesario editar la definición de la herramienta. Desde el Explorador clic derecho sobre la herramienta D10T2, en el menú individual de la Herramienta, seleccionar la opción Configuración... y después seleccionar la pestaña Portaherramientas.

- Indicar un valor para el Saliente: 55, que es equivalente a la longitud del portaherramientas.
- Hacer clic en el botón Cerrar para implementar este cambio. Se verá algo similar a la Figura 2.163.

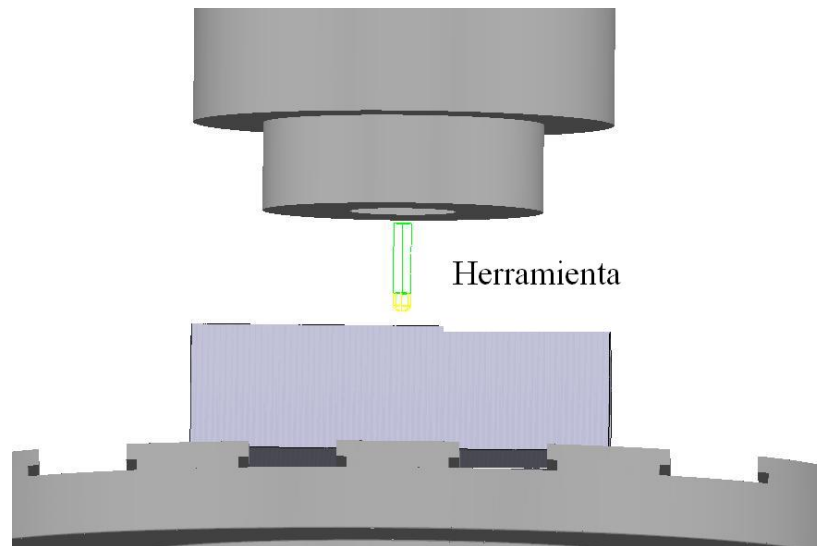


Figura 2.163 Definición de portaherramientas virtual.

El campo Saliente del cuadro de diálogo Herramienta - Portaherramientas es utilizado como un valor de offset distancia de colisión en la simulación de la máquina herramienta.

- Para iniciar la simulación, hacer clic en el botón Activar
- Si desea Detener la simulación en cualquier momento, hacer clic en
- Cuando complete la simulación, hacer clic en para descargar el modelo de simulación y desactivar los botones en la Barra de Herramientas Simulación.
- Ocultar la máquina haciendo clic en para desactivar .
- Simular nuevamente siguiendo los pasos de la simulación de la trayectoria de desbaste (Figura 2.164).

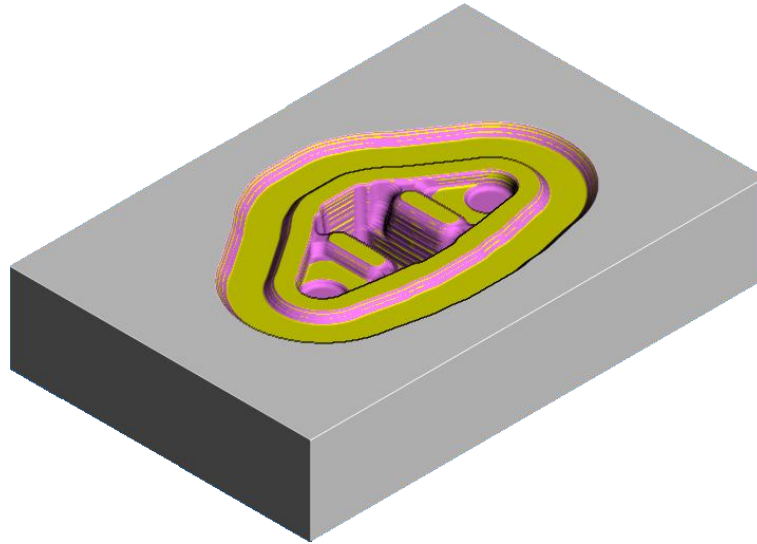




Figura 2.164 Simulación de maquinado con ViewMill.

Cerrar la sesión de desbaste

Ahora se han creado las trayectorias de desbaste. Guardar el proyecto y cerrar PowerMILL hasta que se creen las estrategias de acabado.

Para guardar los cambios del proyecto, hacer clic en el botón Guardar  en la Barra de Herramientas Principal.

Para salir, seleccionar Fichero - Salir desde el menú, o hacer clic en Cerrar  en la esquina superior derecha de la ventana de PowerMILL.

Volver a abrir el proyecto

- Volver a abrir PowerMILL; se cargan automáticamente las barras de herramientas y las selecciones del color de la sesión anterior.
- Seleccionar desde el menú Fichero - Proyectos Recientes, y después seleccionar el proyecto que contenga el ejemplo del molde (Figura 2.165):

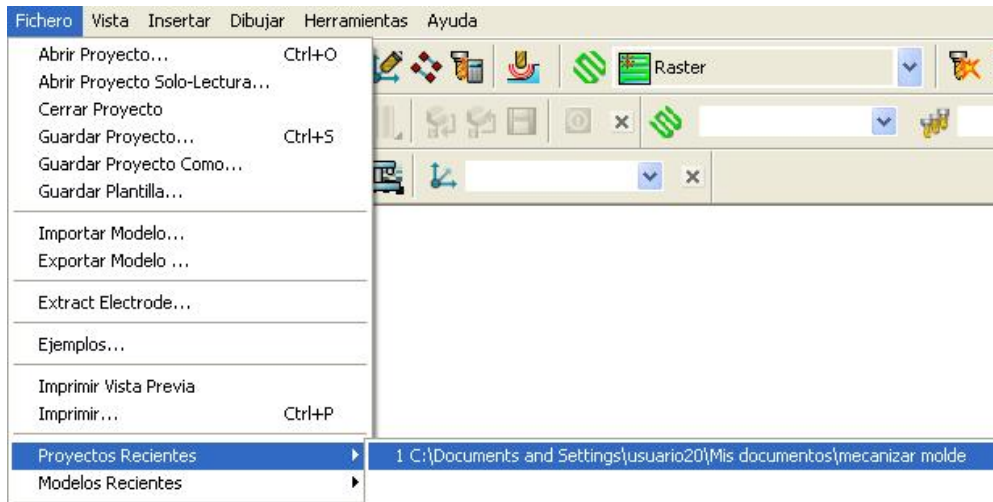


Figura 2.165 Abrir el proyecto desde la Barra de Menús.

- Cuando el proyecto se ha vuelto a cargar, ajustar el tamaño del modelo y la orientación que sea necesaria (Figura 2.166).

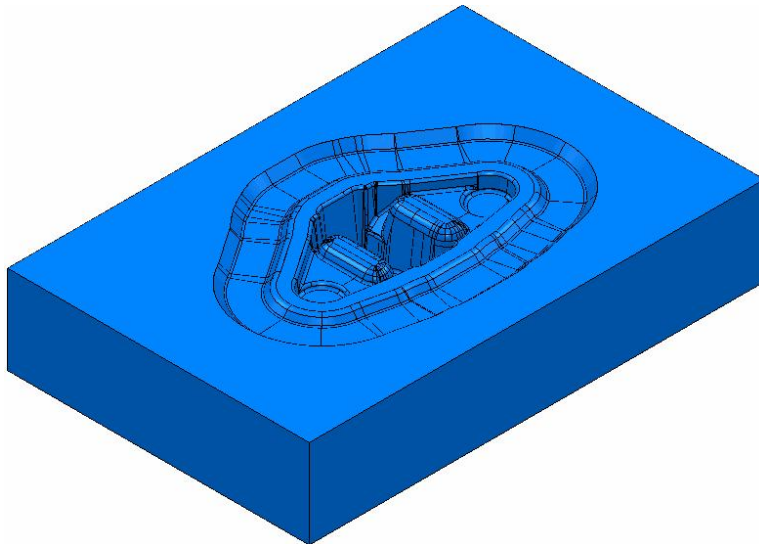



Figura 2.166 Vista del modelo.

Comprobar las entidades que están activas

Antes de crear las trayectorias de acabado, se puede verificar que son añadidas automáticamente al Programa NC:

- Verificar que el Programa NC molde en el Explorador aparece en negrita y precedido del símbolo > para indicar que está activo. Si no estuviese activo, hacer clic con el botón derecho del ratón en el nombre del Programa NC molde y seleccionar la opción Activar.
- Expandir Trayectorias, y desdibujar las herramientas y las trayectorias haciendo clic en el icono de la bombilla hasta que aparezca . Ahora se podrán ver fácilmente las nuevas trayectorias de acabado cuando se creen (Figura 2.167).

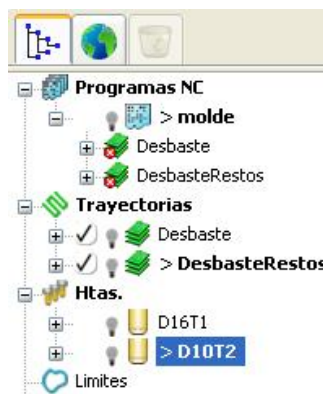



Figura 2.167 Programa NC molde activo y herramientas desactivadas.

2.4.6 CREAR LA TRAYECTORIA DE ACABADO A Z CONSTANTE INTERCALADO

- Hacer clic en el botón Estrategias de la Trayectoria  en la Barra de Herramientas Principal para abrir el cuadro de diálogo Estrategia Selector.
- Seleccionar la opción Z Constante Intercalado en la pestaña Acabado, y hacer clic en OK (Figura 2.168).

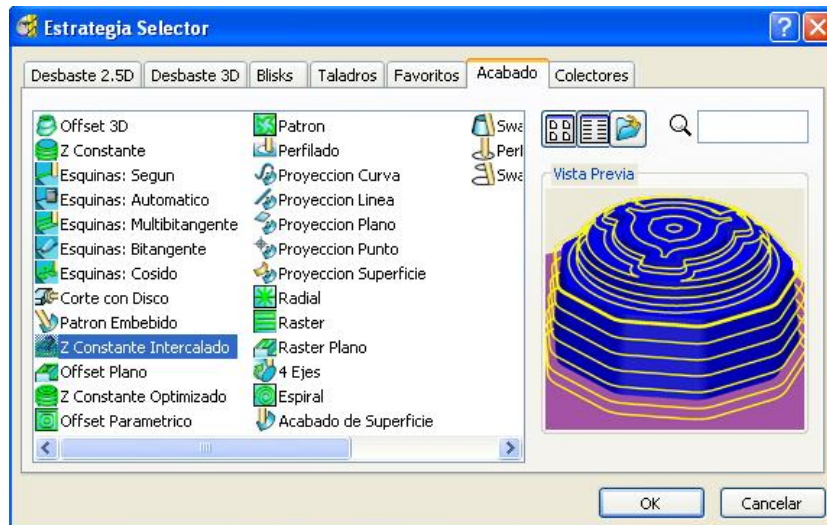


Figura 2.168 Cuadro de diálogo Estrategia Selector.

- En el cuadro de diálogo Z Constante Intercalado, introducir ZConstanteI en el campo Nombre.
- Introducir 0.5 en el campo Paso (Figura 2.169).

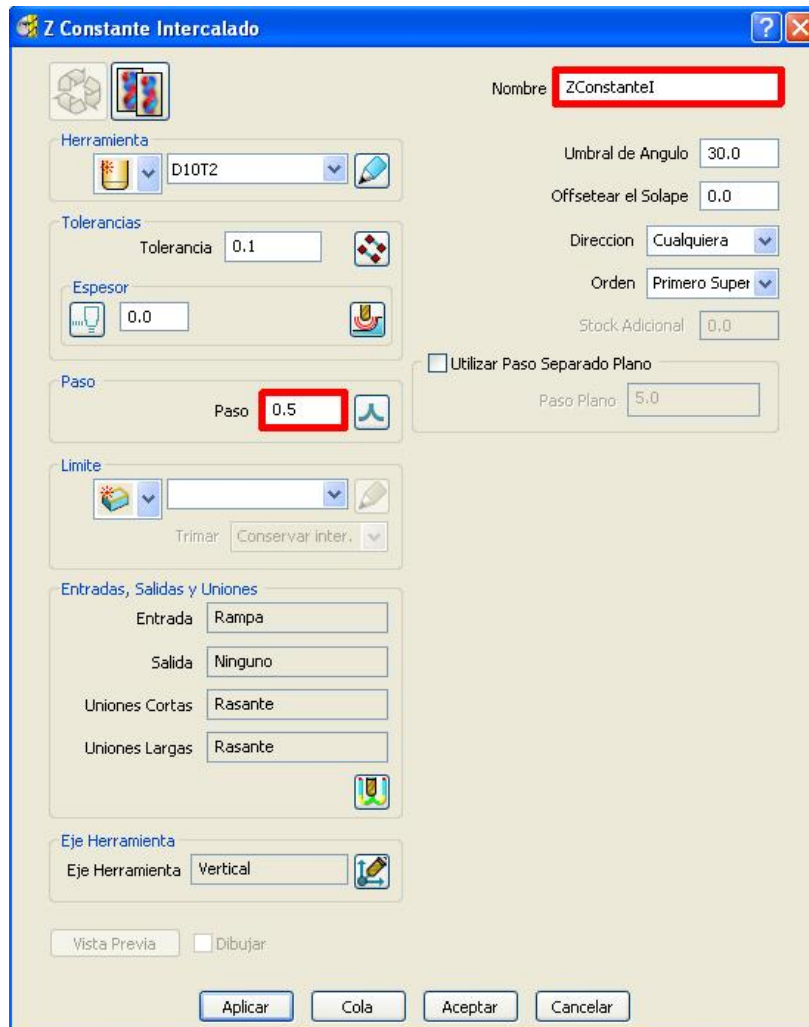


Figura 2.169 Cuadro de diálogo de la trayectoria Z Constante Intercalado.

Definir la geometría de la herramienta de la trayectoria a Z Constante Intercalado

La herramienta que aparece actualmente en el cuadro de diálogo Z Constante Intercalado es la misma herramienta que se utilizó para la trayectoria de desbaste de restos. Esta herramienta no es la apropiada para la estrategia de la trayectoria actual, y tiene que ser modificada.


- Seleccionar el icono de Crear una herramienta esférica  desde la lista desplegable en el campo Herramienta (Figura 2.170).



Figura 2.170 Seleccionar crear una herramienta esférica.

- En el cuadro de diálogo Herramienta Esférica introducir (Figura 2.171):

Nombre: 8 Ball_LS_TH

Longitud: 20 mm

Diámetro: 8 mm

Número de la Herramienta: 3

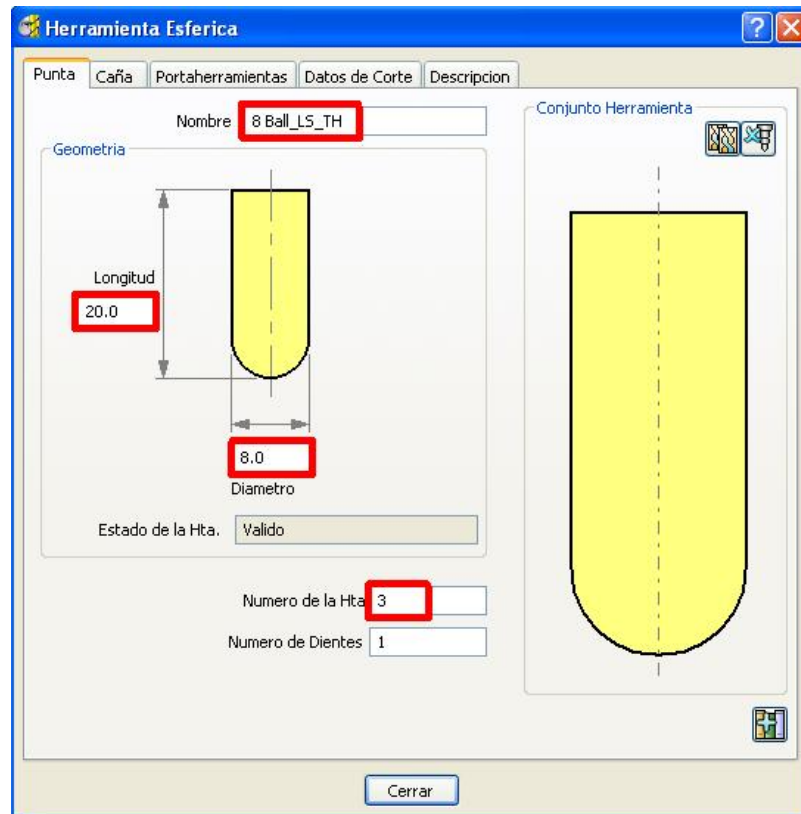



Figura 2.171 Cuadro de diálogo Herramienta Esférica, Punta.

- Seleccionar la pestaña Caña, y después hacer clic en Añadir una caña  para añadir un componente a la caña. Escribir (Figura 2.172):
 Diámetro Superior: 12
 Diámetro Inferior: 8
 Longitud: 25

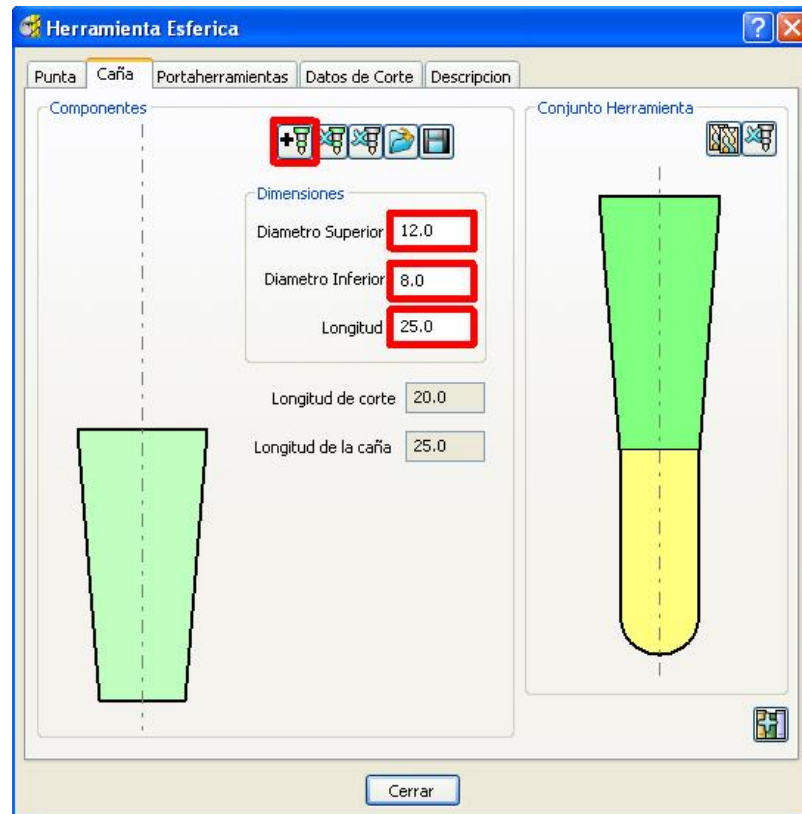



Figura 2.172 Cuadro de diálogo Herramienta Esférica, Caña.

- Hacer clic en Añadir una caña  para añadir un segundo componente a la caña.

Indicar (Figura 2.173):

Diámetro Superior: 12

Longitud: 30

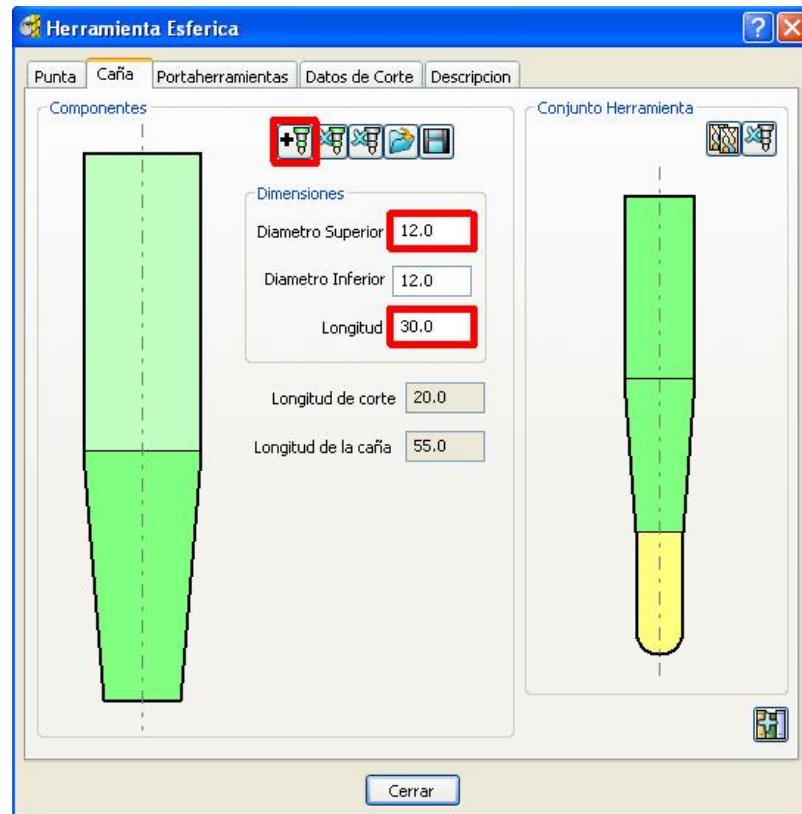


Figura 2.173 Segundo componente de la caña.

- Seleccionar la pestaña Portaherramientas, y hacer clic en Añadir portaherramientas



para añadir un componente al portaherramientas. Indicar (Figura 2.174):

Nombre: 8 mm BH

Diámetro Superior: 20

Diámetro Inferior: 20

Longitud: 20

Saliente: 55

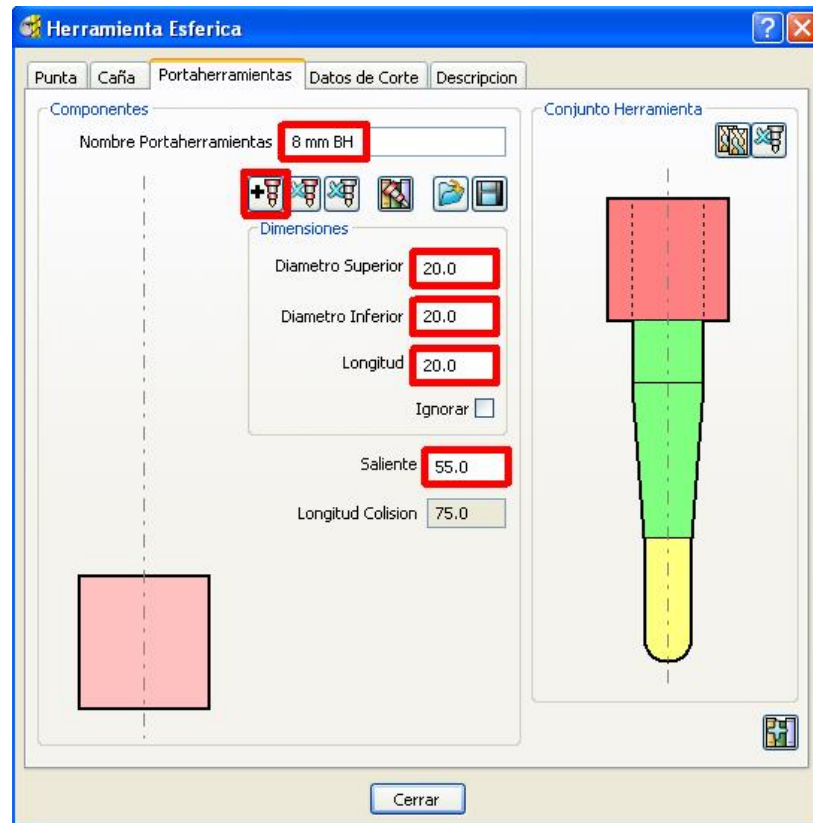



Figura 2.174 Componente de portaherramientas.

- Hacer clic en Añadir portaherramientas  para añadir la parte superior del portaherramientas. Indicar (Figura 2.175):

Diámetro Superior: 60

Diámetro Inferior: 60

Longitud: 10

Saliente: 55

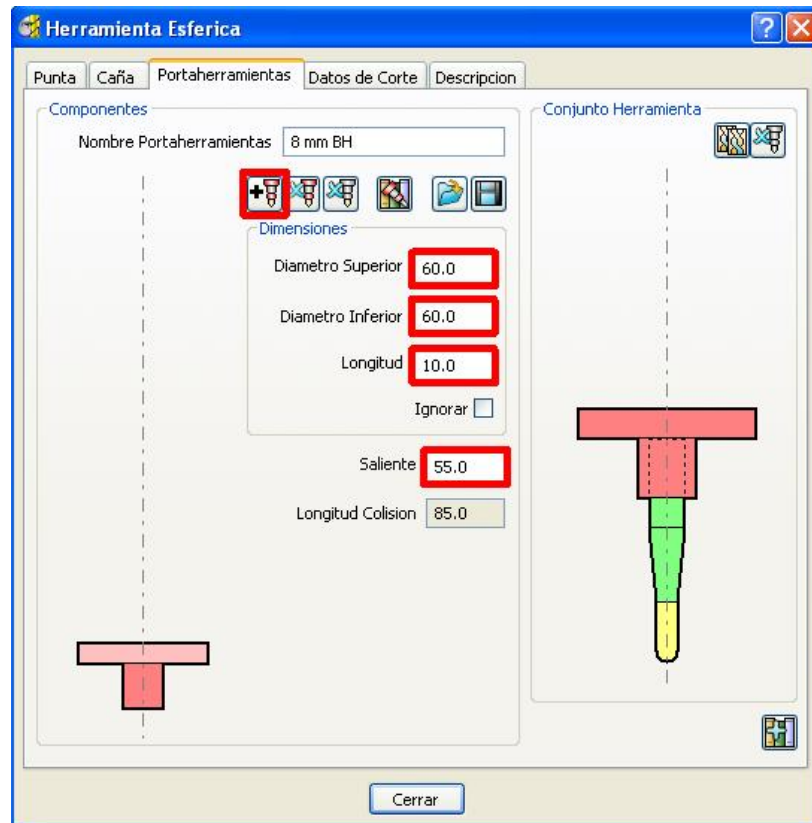


Figura 2.175 Segundo componente del portaherramientas.

- Hacer clic para Cerrar para actualizar el cuadro de diálogo de la trayectoria con la nueva herramienta (Figura 2.176).

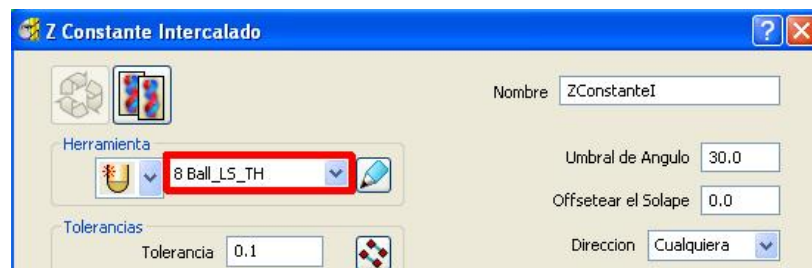


Figura 2.176 Herramienta creada en el cuadro de diálogo de la trayectoria.

La nueva herramienta aparece en el Explorador, y en la Barra de Herramientas de Herramienta, y también se dibuja en la ventana de gráficos dónde se alinea automáticamente con el eje Z (Figura 2.177).

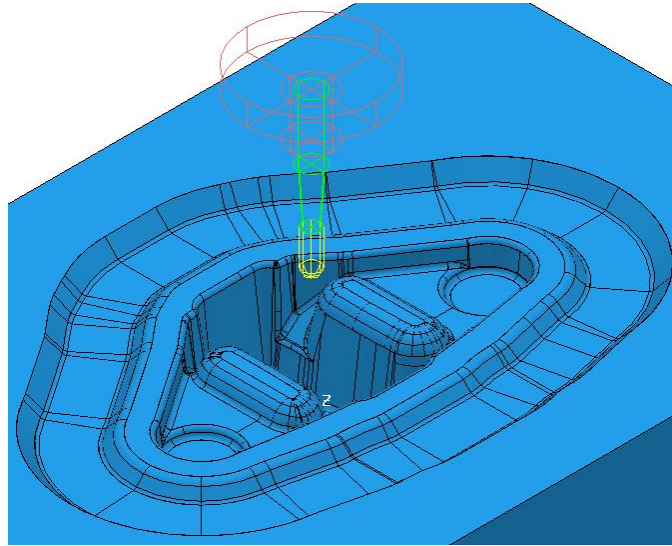


Figura 2.177 Herramienta creada alineada con el eje Z.

- La trayectoria aún no está completa ya que necesita un límite, pero se puede cerrar el cuadro de diálogo sin crear la trayectoria. Hacer clic en Aceptar para cerrar el cuadro de diálogo.

Crear el Límite para la superficie seleccionada

Ya que sólo es la cavidad la que necesita ser acabada por esta trayectoria, se puede crear un límite para la cavidad.




- Desdibujar la herramienta 8 Ball_LS_TH haciendo clic en la bombilla  del Explorador (Figura 2.178).



Figura 2.178 Desdibujar herramienta.

- Hacer clic en el botón Bloque  para desdibujarlo, y utilizar el icono Modelo Alambre , para dibujar el modelo de alambre.

- Seleccionar sólo las superficies de la cavidad.

Hacer clic derecho con el ratón sobre el modelo y Seleccionar Superficies haciendo clic izquierdo con el ratón (Figura 2.179).

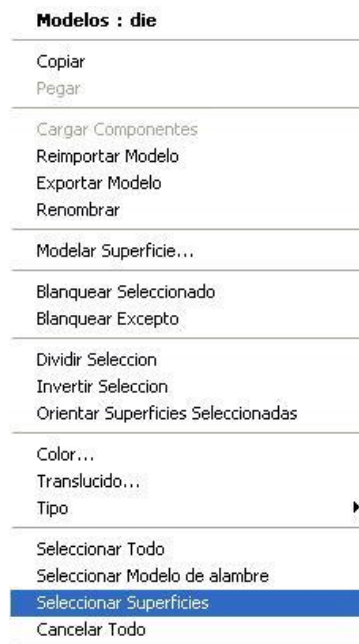


Figura 2.179 Menú emergente del modelo.

Deseleccionar las otras superficies manteniendo la tecla Ctrl pulsada y haciendo clic izquierdo sobre las superficies (Figura 2.180).

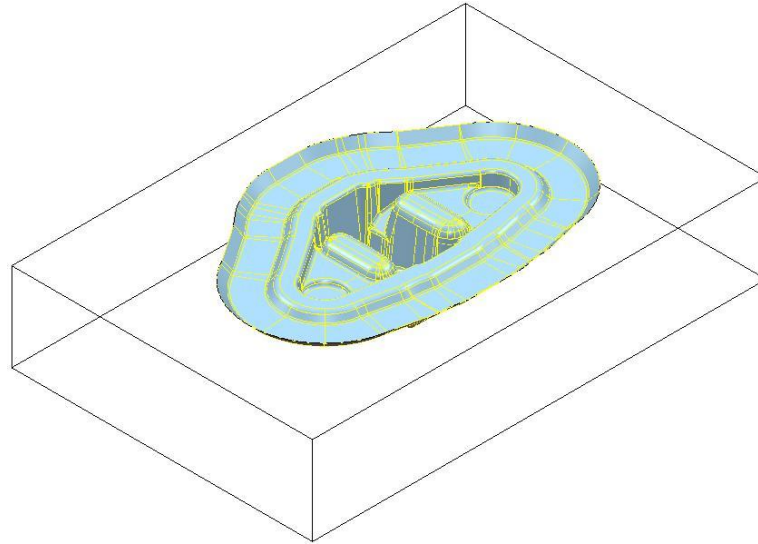


Figura 2.180 Superficies de la cavidad seleccionadas.

- Hacer clic con el botón derecho del ratón en Límites en el Explorador, y seleccionar la opción Crear Límite - Superficie Seleccionada desde el menú (Figura 2.181).



Figura 2.181 Crear Límite a partir de superficies seleccionadas.

- En el cuadro de diálogo Límite de Superficies Seleccionada, introducir (Figura 2.182):

Nombre: Cavidad

Herramienta: seleccionar 8 Ball_LS_TH desde la lista desplegable.

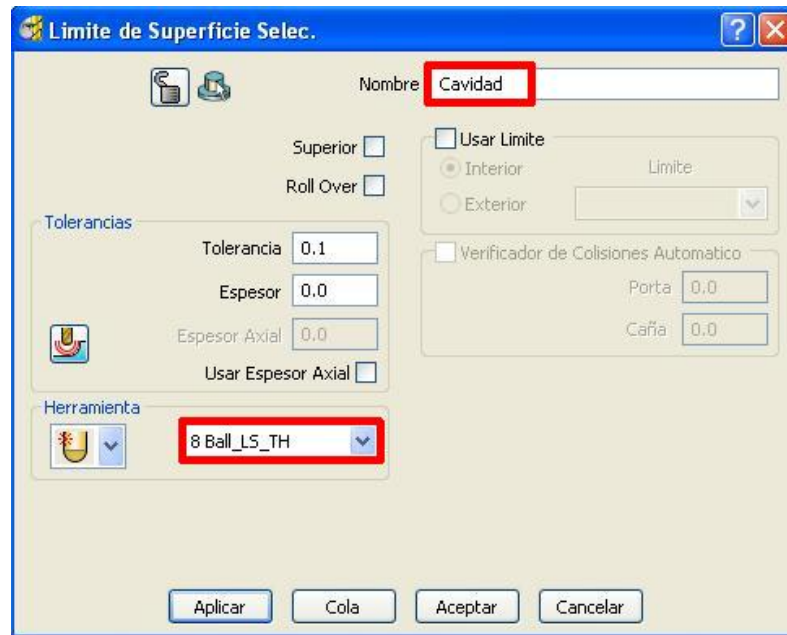


Figura 2.182 Cuadro de diálogo Límite de Superficies Seleccionada.

- Hacer clic en Aplicar.
- El límite es calculado. Aparece en color blanco por defecto (Figura 2.183):

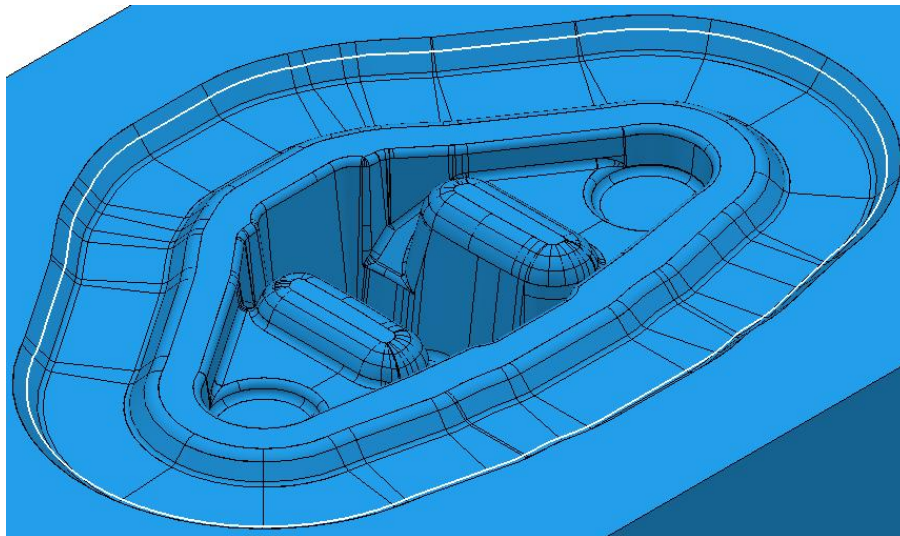



Figura 2.183 Límite dibujado sobre el modelo.

- Hacer clic en Aceptar para cerrar el cuadro de diálogo del límite.

Para guardar los cambios del proyecto, hacer clic en el botón Guardar  en la Barra de Herramientas Principal.

Completar y crear la trayectoria de acabado a Z Constante Intercalado

Ahora es necesario añadir el límite creado a la trayectoria de acabado Z Constante Intercalado junto con las entradas, salidas y uniones apropiadas.

- Expandir Trayectorias en el Explorador.
- Hacer clic con el botón derecho del ratón en la trayectoria ZConstanteI, y seleccionar la opción Configuración... desde el menú (Figura 2.184).



Figura 2.184 Seleccionar Configuración de la trayectoria ZConstanteI.


- En el cuadro de diálogo Z Constante Intercalado localizar la zona Límite e introducir (Figura 2.185):

Límite: seleccionar Cavidad desde la lista desplegable.

Trimar: seleccionar Conservar Interior desde la lista desplegable.



Figura 2.185 Parámetros del límite para la trayectoria.

- En la zona Entradas, Salidas y Uniones hacer clic en .
- En el cuadro de diálogo Entradas, Salidas y Uniones, seleccionar la pestaña Entradas e introducir (Figura 2.186):

1ª Opción: seleccionar Ninguno desde la lista desplegable.

2ª Opción: seleccionar Ninguno desde la lista desplegable.

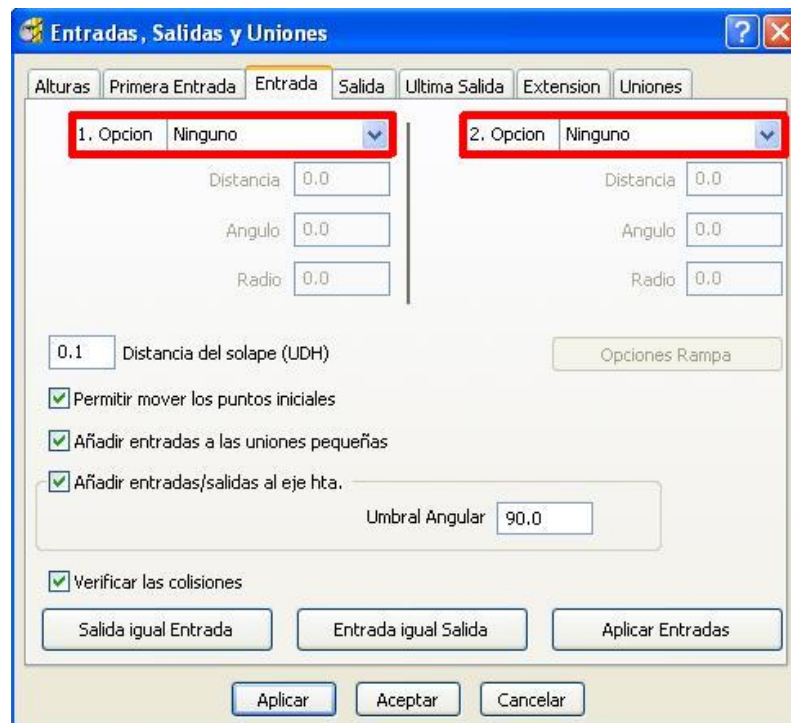


Figura 2.186 Cuadro de diálogo Entradas, Salidas y Uniones.

- Hacer clic en Aplicar.
- Seleccionar la pestaña Uniones para definir cómo realizar los movimientos de unión entre los movimientos de corte en la trayectoria. En el campo Corta, seleccionar Sobre Superficie desde la lista desplegable para definir los tipos de movimientos de unión utilizados para conectar las pasadas adyacentes (Figura 2.187).

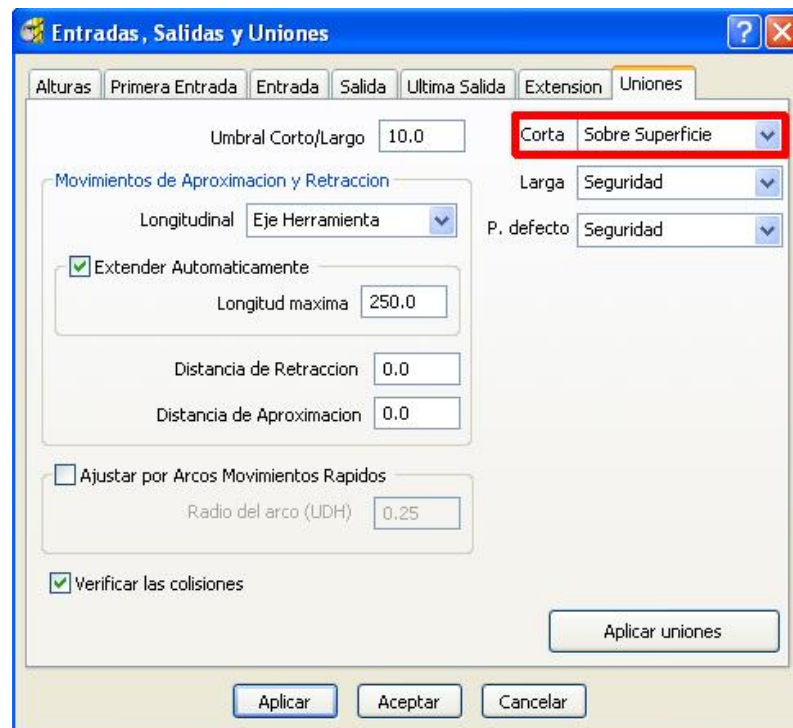


Figura 2.187 Definir los movimientos de unión.

- Hacer clic en Aceptar para introducir las configuraciones dentro del cuadro de diálogo y cerrar el de Entradas, Salidas y Uniones.
- Hacer clic en Aplicar para calcular la trayectoria.
- Una vez creada la trayectoria, hacer clic en Cancelar para cerrar el cuadro de diálogo de la trayectoria.

Mostrar la trayectoria Z Constante Intercalado

Al haberse creado la trayectoria, ésta aparece en la pantalla (Figura 2.188):

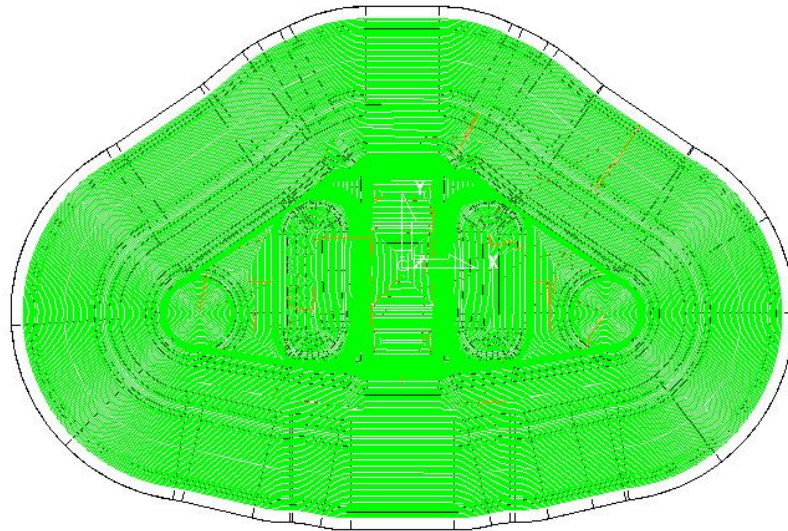


Figura 2.188 Vista superior de la trayectoria.



Hacer clic en el icono  para expandir Trayectorias en el Explorador. La nueva trayectoria aparece en negrita y precedida por el símbolo > para indicar que está activa (Figura 2.189).



Figura 2.189 Trayectoria ZConstanteI en el Explorador.

Para guardar los cambios del proyecto, hacer clic en el botón Guardar  en la Barra de Herramientas Principal.

Simular el Programa NC con las trayectorias creadas

La nueva trayectoria se ha añadido automáticamente al Programa NC activo (Figura 2.190).

Si por alguna razón la trayectoria no estuviese, utilizar el ratón para arrastrar manualmente la trayectoria sobre el Programa NC molde.



Figura 2.190 Trayectoria ZConstanteI en Programa NC molde.

Para simular el Programa NC:








- Hacer clic en el botón ISO 1  en la Barra de Herramientas Vista para resetear la vista.
- En la Barra de Herramientas ViewMill, hacer clic en el botón Activa/desactiva ViewMill . El icono se pone de color verde , y se activa la ventana de simulación que inicialmente muestra un bloque gris claro en el fondo actual.
- Desde la Barra de Herramientas ViewMill  seleccionar la opción Imagen Sombreada Multicolor  para poder visualizar las diferencias entre las trayectorias.
- En el Explorador, mantener activas  las herramientas para visualizarlas durante la simulación, hacer clic con el botón derecho del ratón en el nombre del Programa NC molde, y seleccionar del menú Simular desde el inicio (Figura 2.191).



Figura 2.191 Simulación del Programa NC molde.

- El Programa NC es seleccionado automáticamente en la Barra de Herramientas de Simulación, y el botón Activar se activa.



- Hacer clic en el botón Activar , permitiendo que la simulación se lleve a cabo hasta el final (Figura 2.192).

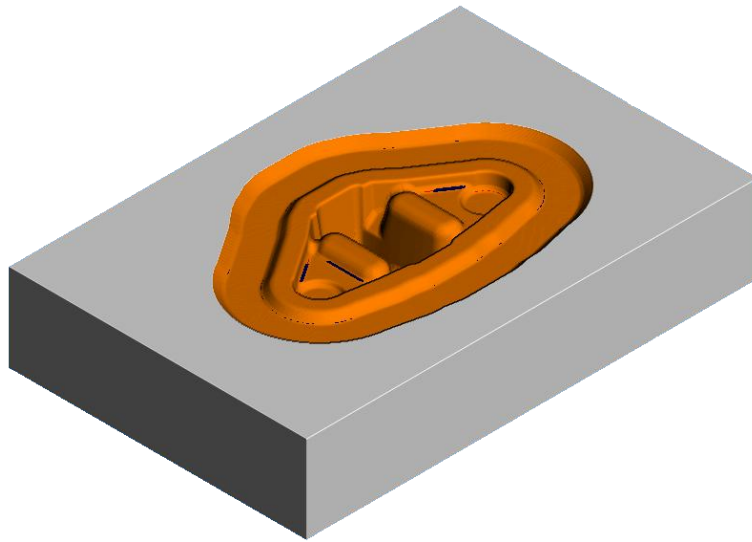



Figura 2.192 Simulación del Programa NC molde.

- En el Explorador desactivar  las herramientas y hacer zoom en las zonas sin maquinar. Se puede ver que algunas esquinas necesitan eliminarse, particularmente entre superficies no-tangenciales (Figura 2.193).

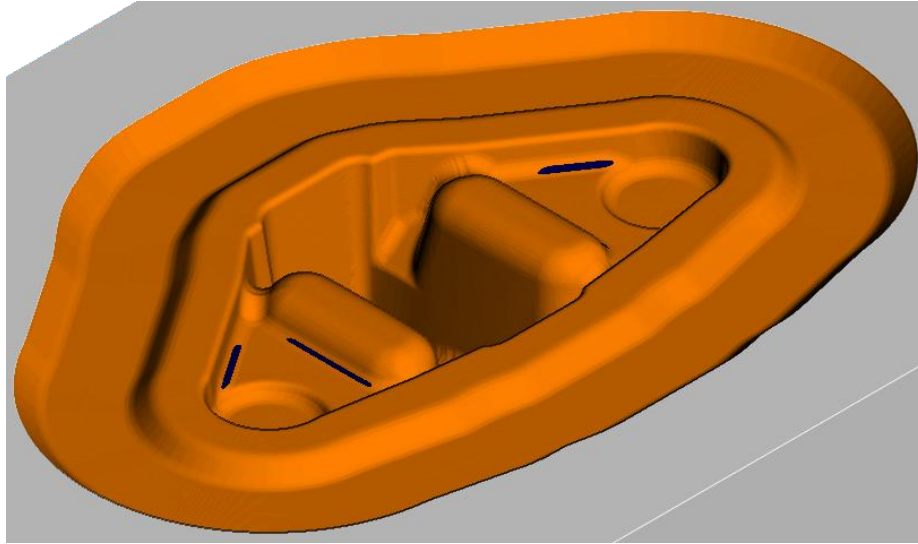






Figura 2.193 Esquinas sin maquinar visibles.

- Hacer clic en el botón Salir de ViewMill , y seleccionar Sí para detener la simulación. El botón Activa/desactiva ViewMill pasa de color verde  a rojo , y aparece la ventana estándar de PowerMILL.

2.4.7 CREAR EL ACABADO ESQUINAS: AUTOMÁTICO

El acabado Esquinas: Automático utiliza una herramienta más pequeña para crear los movimientos de Cosido en las zonas con pendientes y los movimientos Longitudinales en las zonas bajas. Este acabado maquina las aristas que quedan, en particular las superficies no-tangenciales.

Para crear el acabado Esquinas: Automático:

- Hacer clic en el botón Estrategias de la Trayectoria  en la Barra de Herramientas Principal para abrir el cuadro de diálogo Estrategia Selector.
 - Seleccionar la opción Esquinas: Automático en la pestaña Acabado, y hacer clic en OK (Figura 2.194).

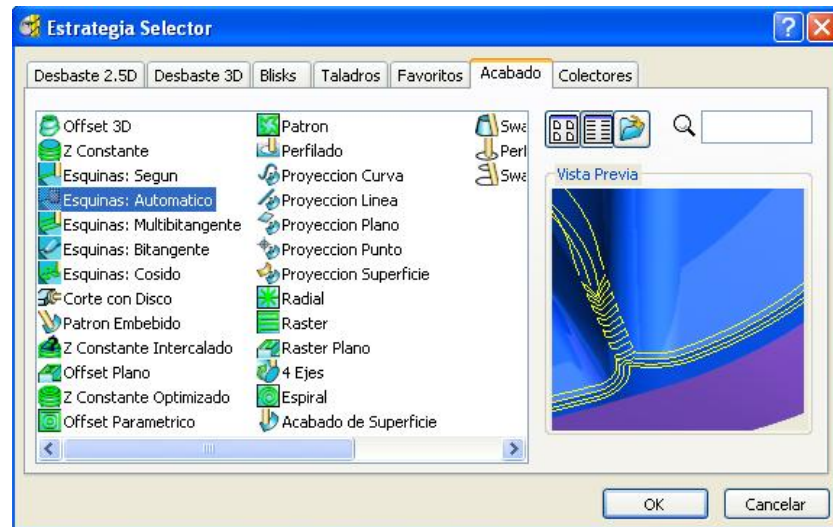


Figura 2.194 Cuadro de diálogo Estrategia Selector.

- En el cuadro de diálogo Esquinas: Automático, escribir AcabadoEA en el campo Nombre.
- La opción seleccionada en blanco en el campo Límite (Figura 2.195).

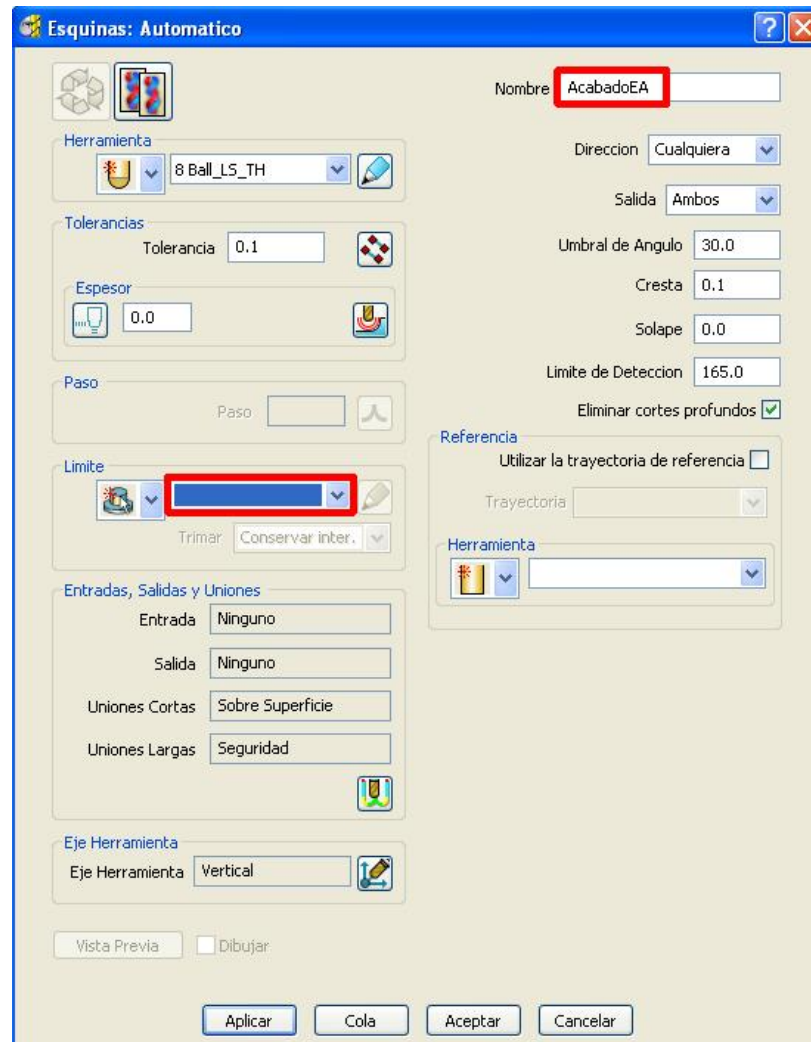



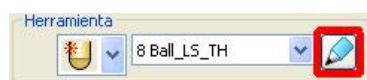
Figura 2.195 Cuadro de diálogo de la trayectoria Esquinas: Automático.

Definir la geometría de la herramienta para el acabado de esquinas


Se puede basar la herramienta del Acabado de Esquinas en la herramienta existente en la Z Constante Intercalado, aunque es necesario un diámetro más pequeño.

- En la zona Herramienta del cuadro de diálogo Esquinas: Automático, seleccionar

herramienta 8 Ball_LS_TH, y hacer clic en el botón Editar :



, se abre el cuadro de diálogo de la Herramienta Esférica (Figura 2.196).

- Hacer clic en  para crear una nueva herramienta basada en la de Z Constante Intercalada. Se nos proporciona el nombre por defecto 8 Ball_LS_TH_1.

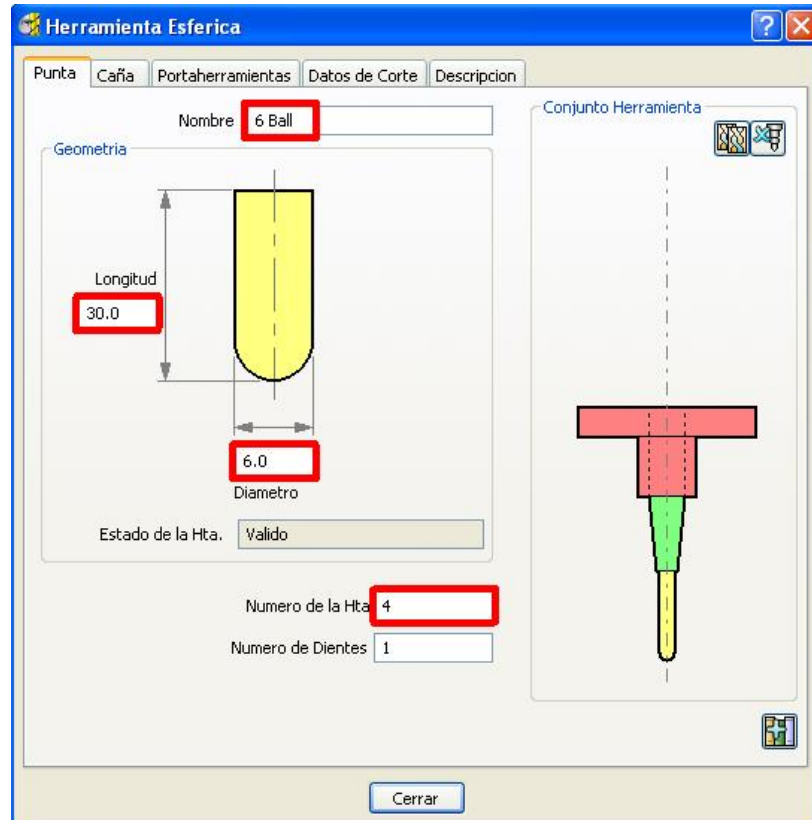


Figura 2.196 Cuadro de diálogo Herramienta Esférica.

Escribir:

Nombre: 6 Ball

Longitud: 15 mm

Diámetro: 6 mm

Número de la Herramienta: 4

- Para ajustar la caña a la correspondiente punta, seleccionar la pestaña Caña, hacer clic sobre el componente inferior (toma un color verde claro), e introducir 6 en el campo Diámetro Inferior (Figura 2.197).

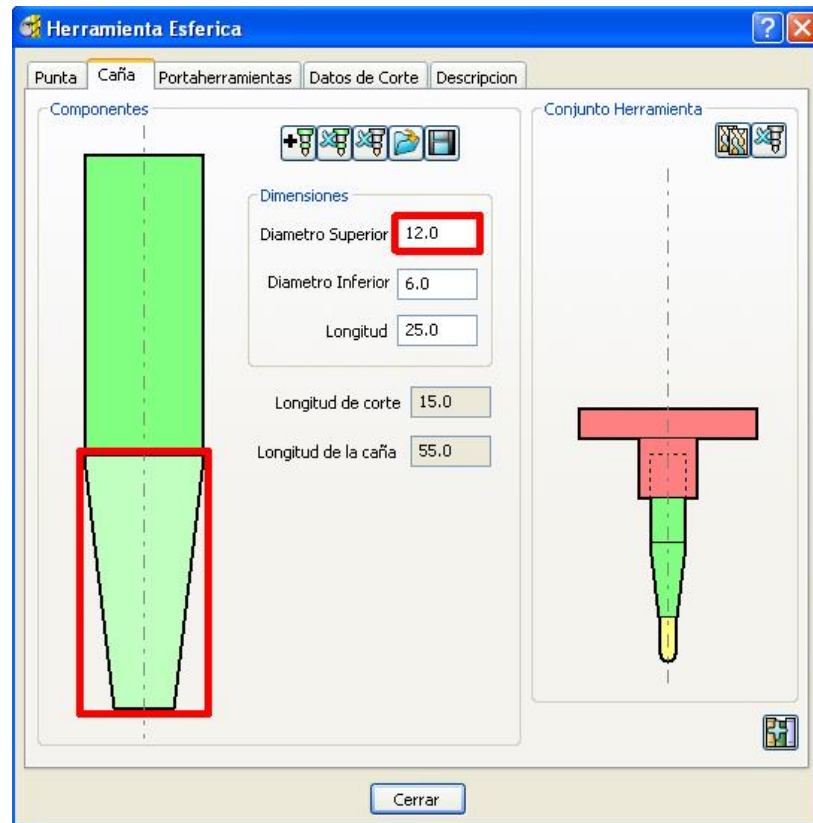
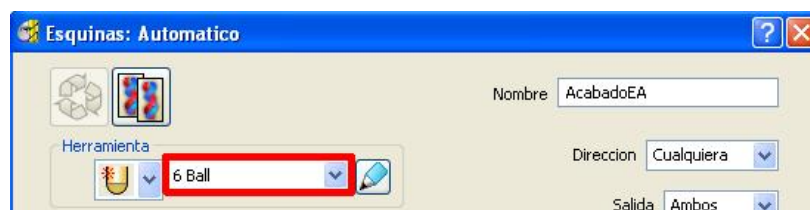


Figura 2.197 Ajustar la caña a la correspondiente punta.

- Se puede dejar el Portaherramientas tal como está, hacer clic en Cerrar para actualizar el cuadro de diálogo de la trayectoria con la nueva herramienta:



La nueva herramienta aparece en el Explorador, y en la Barra de Herramientas de Herramienta, y también se dibuja en la ventana de gráficos dónde se alinea automáticamente con el eje Z.

Completar y crear el acabado Esquina: Automático

En el cuadro de diálogo Esquinas: Automático, completar la definición de la trayectoria introduciendo (Figura 2.198):

- Dirección: Cualquiera. Seleccionar esta opción para utilizar tanto el método del Material derecha como el Material izquierda.
- Salida: Ambos. Seleccionar esta opción para crear dos trayectorias separadas tanto para zonas planas como pendientes.
- Umbral de Ángulo: 65. Especifica el ángulo, medido desde la horizontal, lo que determina la división entre las partes planas y pendientes del solape de la superficie.
- Cresta: 0.01. Define el máximo de la altura de cresta permitido. El paso entre las pasadas de la herramienta es calculado automáticamente a partir de este valor, la geometría de la herramienta y la pieza.
- Solape: 0.5. Indica hasta dónde se extiende la trayectoria más allá de los bordes de la zona sin maquinar. También se utiliza el valor del solape entre las partes planas y pendientes de la trayectoria.
- Límite de Detección: 165. Indica un valor para especificar el ángulo en el que PowerMILL encuentra las aristas. Sólo son maquinadas las aristas menores que el ángulo especificado.
- Herramienta: 8 Ball_LS_TH, en la zona Referencia. Esta es la herramienta utilizada para crear la trayectoria Z Constante Intercalado. El acabado Esquina: Automático realiza una comparación entre las herramientas actuales y anteriores, y maquina automáticamente las aristas que las herramientas anteriores no podían acceder.

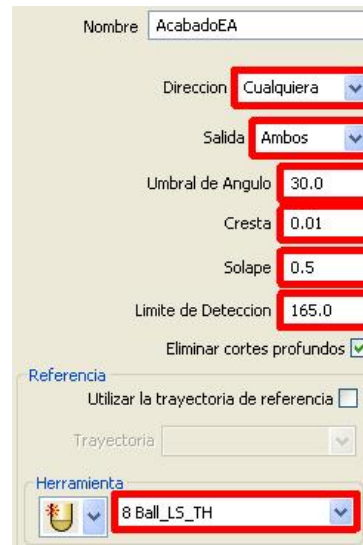


Figura 2.198 Completar la definición de la trayectoria.

- Hacer clic en Aplicar para calcular la trayectoria.
- Una vez creada la trayectoria, hacer clic en Cancelar para cerrar el cuadro de diálogo de la trayectoria.

Mostrar el acabado Esquinas: Automático

Al crear la trayectoria, ésta aparece en la pantalla (Figura 2.199):

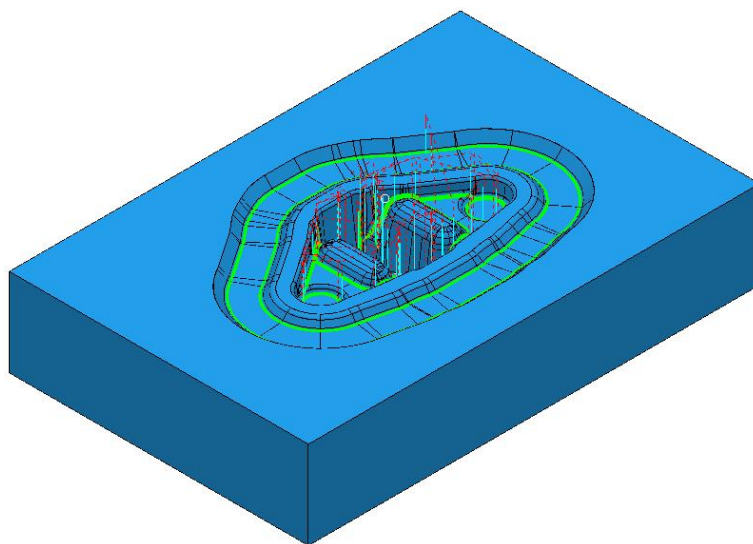




Figura 2.199 Vista de la trayectoria de acabado.

Hacer clic en el icono  para expandir Trayectorias en el Explorador. La nueva trayectoria aparece en negrita y precedida por el símbolo > para indicar que está activa.






Si el Programa NC molde permanece activo, la trayectoria se añade automáticamente (Figura 2.200).



Figura 2.200 Trayectoria de acabado agregado a Programas NC molde.

Para guardar los cambios del proyecto, hacer clic en el botón Guardar  en la Barra de Herramientas Principal.

Simular el acabado Esquinas: Automático

- Hacer clic en el botón ISO1  en la Barra de Herramientas Vista para resetear la vista.
- En la Barra de Herramientas ViewMill, hacer clic en el botón Activa/desactiva ViewMill . El icono se pone de color verde , y se activa la ventana de simulación que inicialmente muestra un bloque gris claro en el fondo actual.
- Desde la Barra de Herramientas ViewMill , seleccionar la opción Imagen Sombreada Multicolor  par poder visualizar las diferencias entre las trayectorias.



- En el Explorador, mantener activas  las herramientas para visualizarlas durante la simulación, hacer clic con el botón derecho del ratón en el nombre del Programa NC molde, y seleccionar del menú Simular desde el inicio (Figura 2.201).



Figura 2.201 Simulación del Programa NC molde.

- El Programa NC es seleccionado automáticamente en la Barra de Herramientas de Simulación, y el botón Activar se activa.



- Hacer clic en el botón Activar , permitiendo que la simulación se lleve a cabo hasta el final (Figura 2.202).

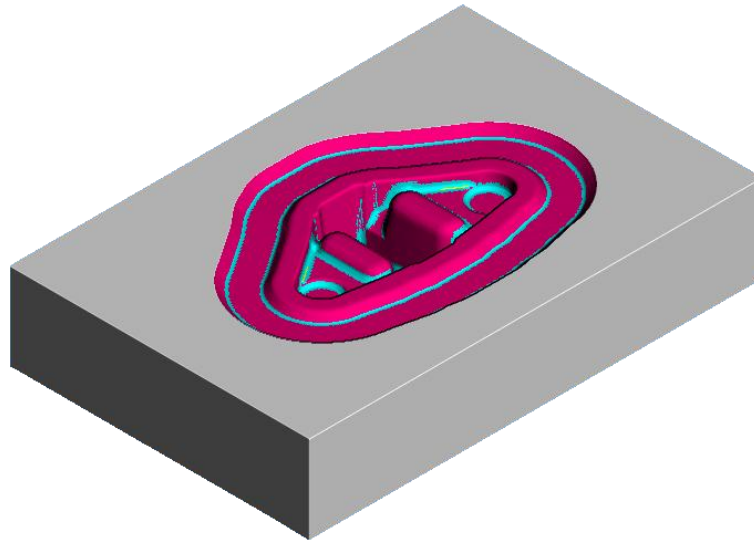


Figura 2.202 Simulación de maquinado.

- Realizar zoom en las zonas maquinadas para visualizar cómo han quedado las superficies no tangenciales (Figura 2.203).

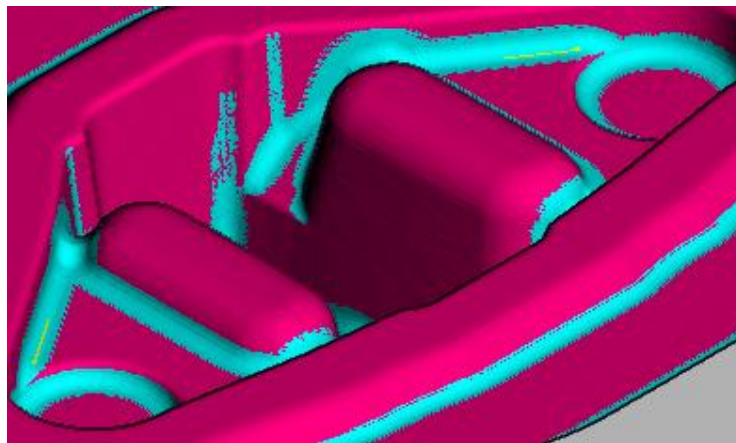


Figura 2.203 Vista con acercamiento de maquinado de superficies no tangenciales.

Esto se compara con las trayectorias de acabado previas que dejaron algo de material en las esquinas (Figura 2.204).

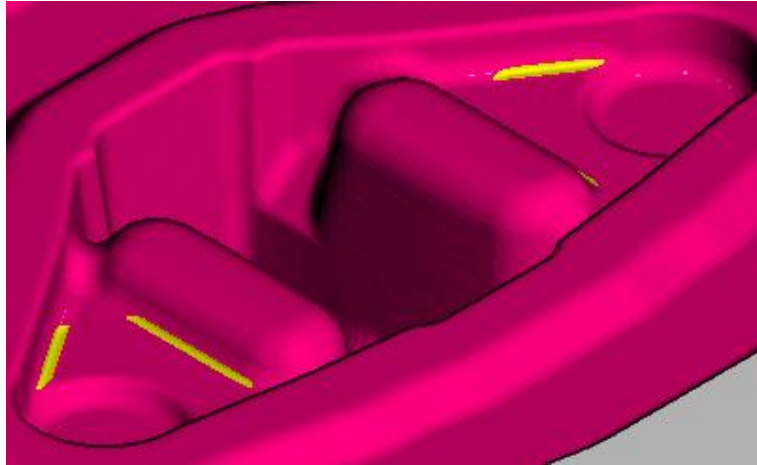






Figura 2.204 Esquinas sin maquinar visibles.

- Hacer clic en el botón Salir de ViewMill , y seleccionar Sí para detener la simulación. El botón Activa/desactiva ViewMill pasa de color verde  a rojo , y aparece la ventana estándar de PowerMILL.

2.4.8 DEFINIR ABRAZADERAS

Los modelos usualmente son provistos al taller en un estado “listo para maquinar”. Estos modelos raramente (si acaso) contienen detalles de cómo se sujetará la pieza en la máquina, el encargado tiene que asegurarse de que las trayectorias no colisionen con las abrazaderas, editando las trayectorias o asegurándose de que la representación del material en bruto tiene clara la posición de las abrazaderas.

- Seleccionar la superficie de referencia.

El modelo tiene una superficie que será utilizada para colocar las abrazaderas (una en cada esquina). Antes de seleccionar la superficie debe desdibujarse el bloque  desde la Barra de Herramientas Vista.

Hacer clic sobre la superficie para seleccionarla y luego hacer clic derecho con el ratón para desplegar el menú Modelos y seleccionar Modelar Superficie... para enviar a la superficie al Modelado PowerMILL (Figura 2.205).

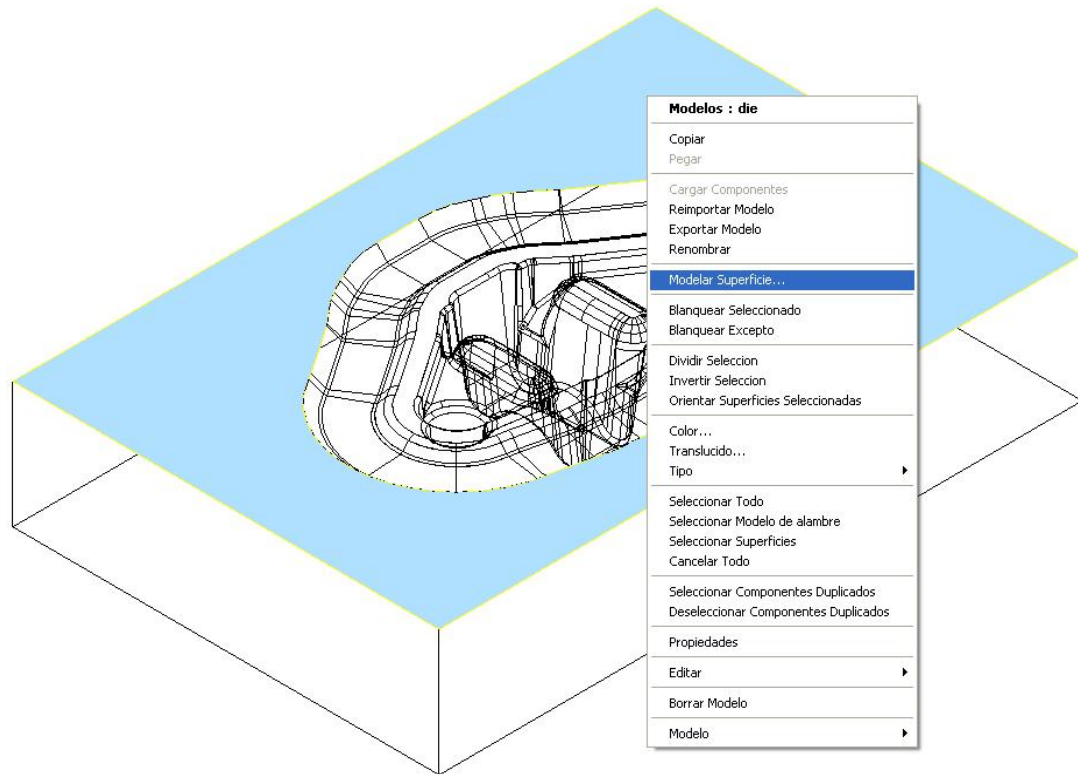


Figura 2.205 Seleccionar superficie y enviar a Modelado PowerMILL.

Aparece la ventana de Modelado PowerMILL acoplada dentro de la ventana de PowerMILL como se muestra en la Figura 2.206.

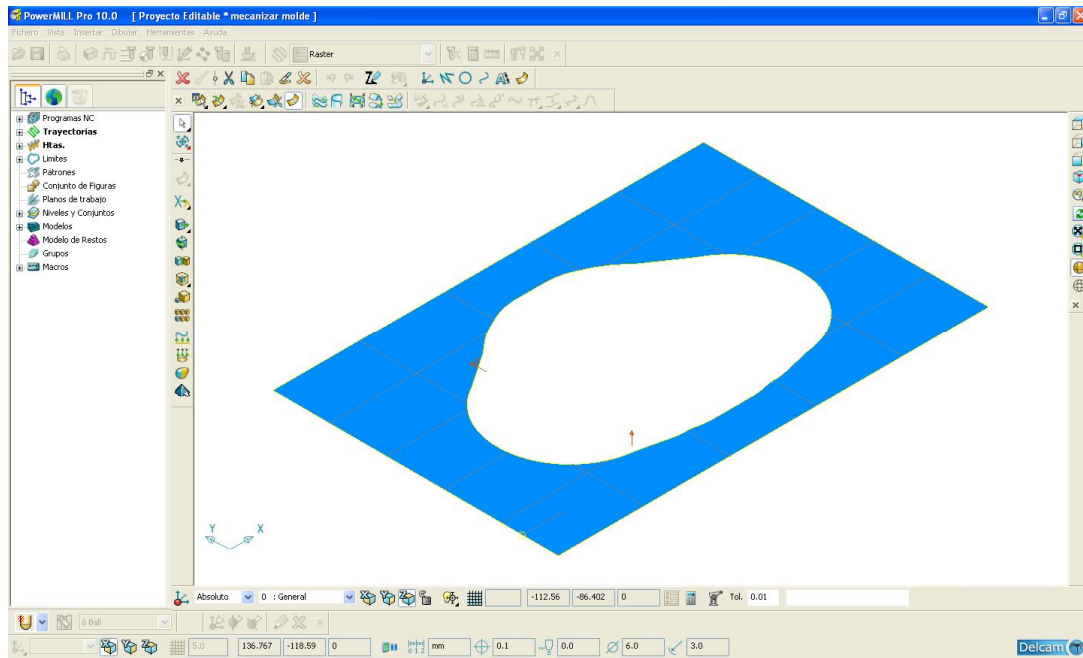

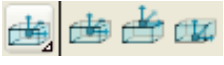






Figura 2.206 Ventana de Modelado PowerMILL.

- Establecer el plano de trabajo.

Mantener seleccionada la superficie y hacer clic en el icono Plano de trabajo  de la Barra de Herramientas de Modelado PowerMILL (arriba de la ventana), una nueva Barra de Herramientas se abre a la izquierda de la pantalla, ésta contiene varias opciones . Utilizar la opción Crear un plano de trabajo simple en el centro de la selección .

- Crear la primer abrazadera.

De la Barra de Herramientas de Modelado PowerMILL seleccionar el icono Superficie , una nueva Barra de Herramientas se abre a la izquierda de la pantalla, ésta contiene varias opciones . Utilizar la opción Bloque Primitivo  para definir la forma de la abrazadera. El cursor cambia y

muestra la imagen de un bloque en 3D, cuando se acerca a la esquina superior se muestra Punto clave (Figura 2.207).

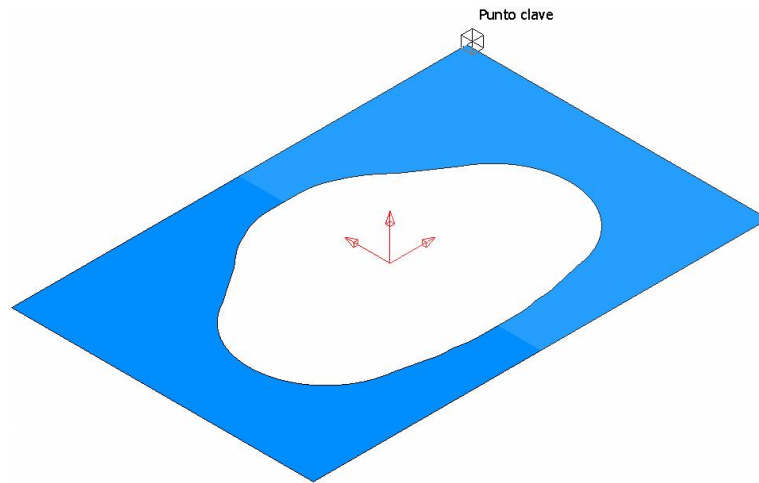



Figura 2.207 Crear bloque primitivo en punto clave.

Hacer clic en la esquina asegurándose de tener activo el icono Utilizar la cara XY del plano de trabajo , en la Barra de Herramientas de Información. El bloque se crea a un tamaño por defecto, de acuerdo a la escala del zoom y a la orientación de la vista, lo cual permite que sea visible inmediatamente (Figura 2.208).

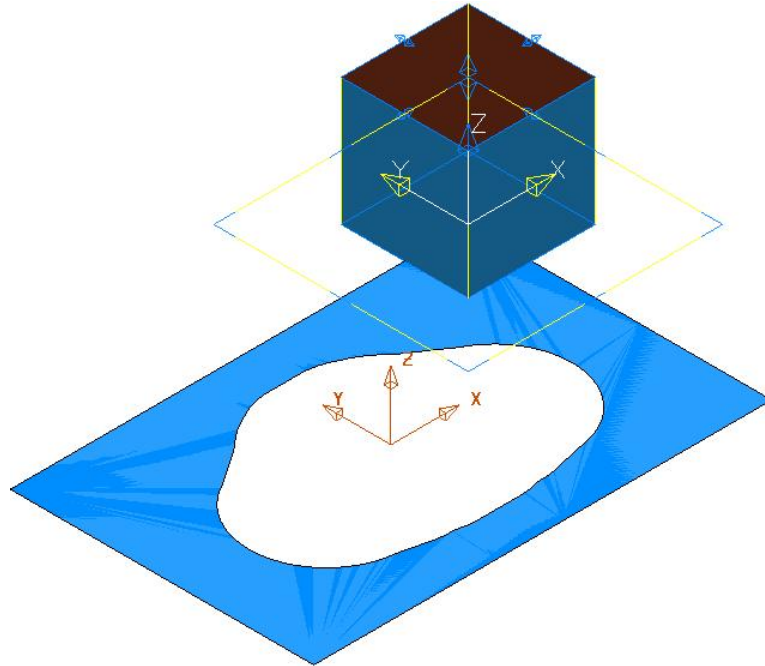


Figura 2.208 Bloque primitivo creado.

El bloque se puede modificar dinámicamente, arrastrando la flecha azul doble se modifica la altura, dejar con 30 mm, el borde superior modifica el largo y ancho, arrastrándolo, dejarlo con una longitud de 80 mm en X e igualmente 80 mm en Y (Figura 2.209).

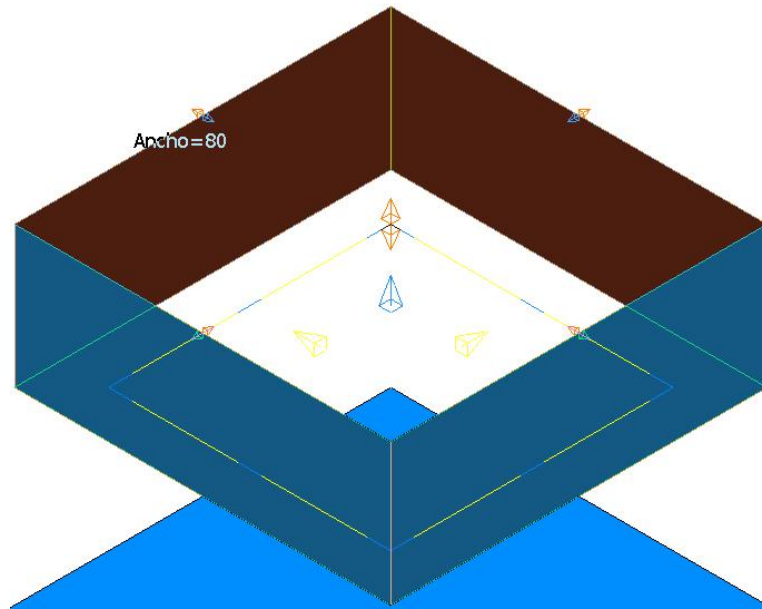



Figura 2.209 Modificación dinámica de las dimensiones del bloque.

Estas dimensiones son un poco más grandes que las abrazaderas que se utilizarán, dando así un margen de seguridad.

- Cerrar la cara superior de la abrazadera.

Cuando se tienen las dimensiones de la abrazadera definidas, crear una curva compuesta alrededor del borde superior. De la Barra de Herramientas Modelado

PowerMILL seleccionar el icono Curva , una nueva Barra de Herramientas se abre a la izquierda de la pantalla, ésta contiene varias opciones, seleccionar Crear una

Curva Compuesta trazándola , se despliega la Barra de Herramientas Crear curva

compuesta: , hacer clic

sobre uno de los bordes superiores del bloque, se crea una curva compuesta, dibujada color naranja con punta de flecha azul y un asterisco en la otra punta (si tiene la

dirección contraria hacer clic en Invertir curva , Figura 2.210).

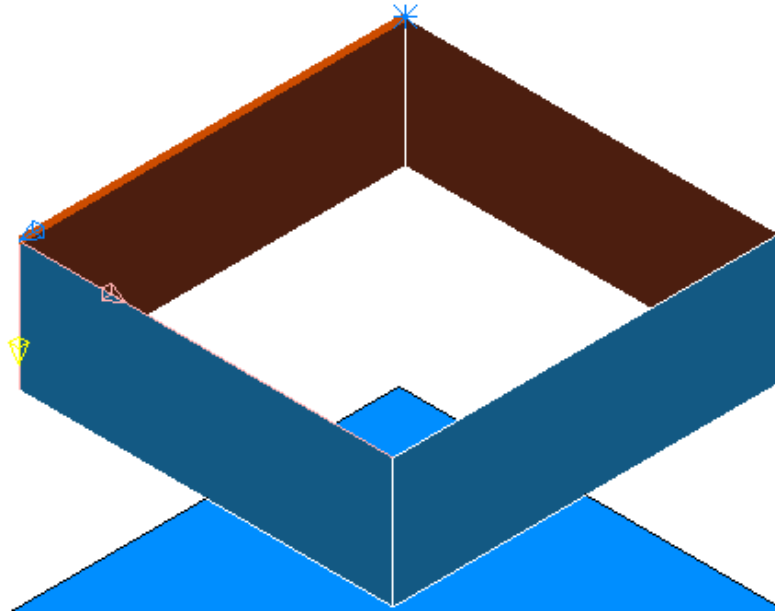


Figura 2.210 Crear primera línea de la curva compuesta.

Las flechas roja y amarilla indican las posibles direcciones a seguir, hacer clic sobre las flechas que marcan el camino sobre la cara superior hasta completar la curva compuesta cerrándola (Figura 2.211).

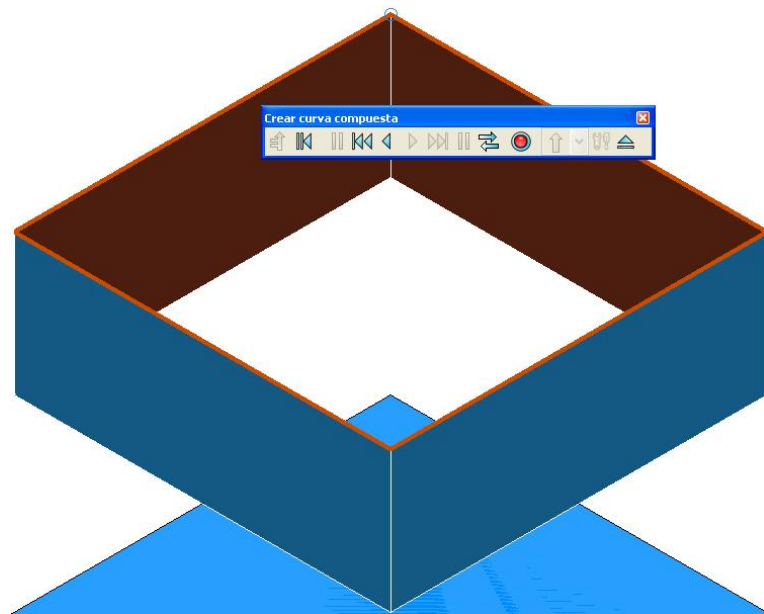






Figura 2.211 Curva compuesta en el borde superior.

Hacer clic en Guardar , en la Barra de Herramientas Crear curva compuesta, finalmente cerrar la barra de herramientas haciendo clic en Salir .

De la Barra de Herramientas Modelado PowerMILL seleccionar el icono Superficie , una nueva Barra de Herramientas se abre a la izquierda de la pantalla, ésta contiene varias opciones, seleccionar Creación Automática de Superficies . La nueva superficie es creada a partir de la curva compuesta seleccionada (Figura 2.212).

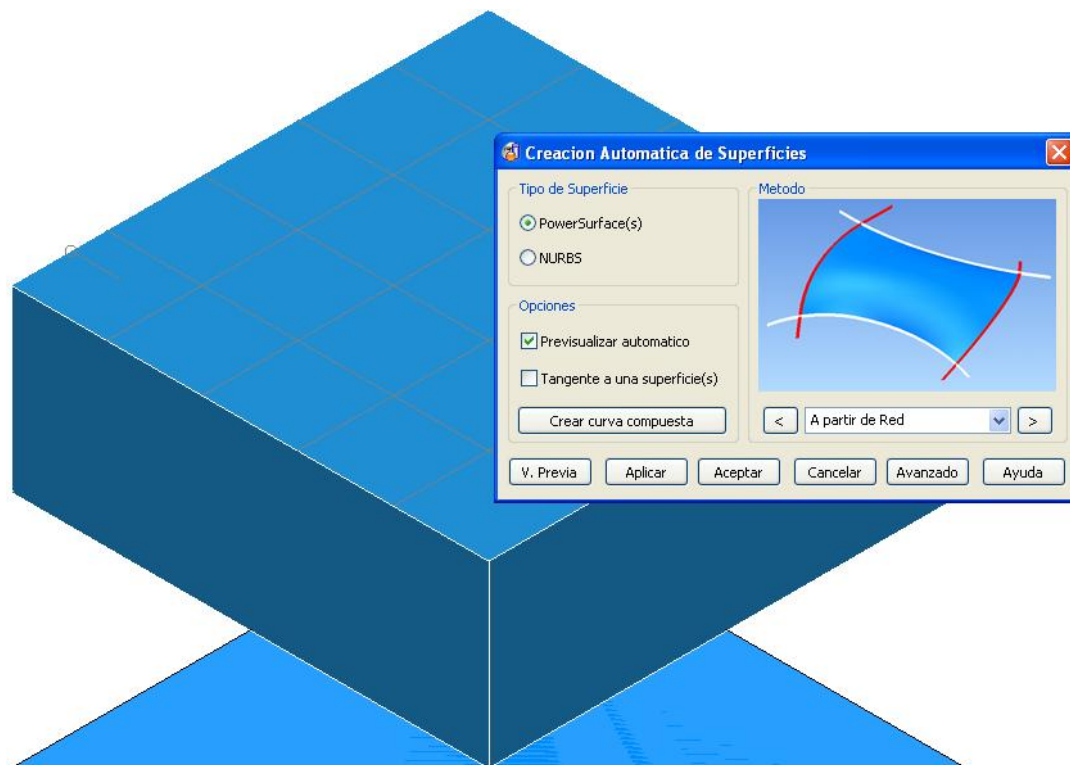


Figura 2.212 Superficie a partir de la curva compuesta.

Hacer clic en Aceptar, se cierra el cuadro de diálogo.

Seleccionar la curva compuesta (Figura 2.213) y borrarla desde la Barra de

Herramientas Modelado PowerMILL .



Figura 2.213 Selección de curva compuesta para borrarla.

- Crear las otras abrazaderas.

Las restantes tres abrazaderas serán creadas haciendo copias de espejo a partir de la primera. Seleccionar el bloque con el recuadro, manteniendo el botón izquierdo pulsado (Figura 2.214).

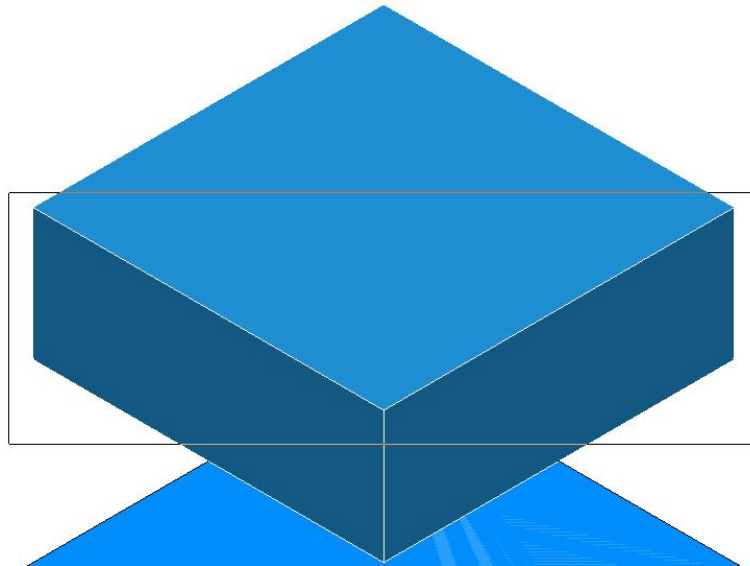





Figura 2.214 Selección de bloque.



De la Barra de Herramientas a la izquierda abrir la Barra de Herramientas Ediciones


Generales , de la nueva barra de herramientas hacer clic en Objeto

espejo/simétrico . Se abre una pequeña barra de herramientas de la cual los ejes de espejo pueden ser escogidos.

Hacer espejo tres veces. Primero a través de YZ , luego a través

de ZX  y finalmente a través de YZ de nuevo

. Cerrar la barra de herramientas haciendo clic en .

Finalmente transferir todas las superficies de nuevo a PowerMILL, en la Barra de Herramientas Modelado PowerMILL hacer clic en Aceptar cambios y volver  (Figura 2.215).

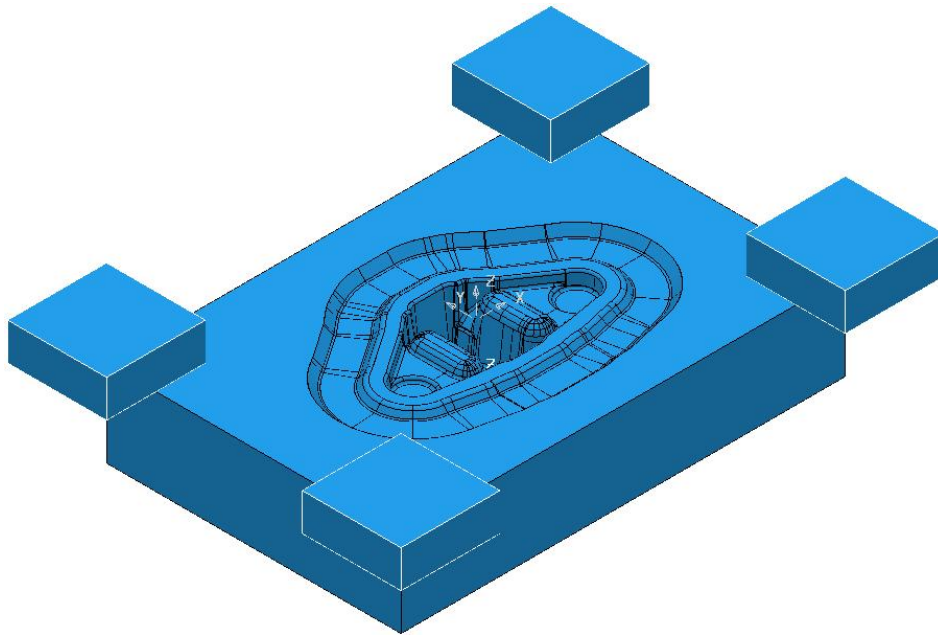




Figura 2.215 Modelo con abrazaderas.

Para guardar los cambios del proyecto, hacer clic en el botón Guardar  en la Barra de Herramientas Principal.

2.4.9 CREAR PATRÓN DE TEXTO

Antes de crear la trayectoria Acabado Patrón, se puede verificar que es añadida automáticamente al Programa NC:

- Verificar que el Programa NC en el Explorador aparece en negrita y precedido del símbolo > para indicar que está activo. Si no estuviese activo, hacer clic con el botón derecho del ratón en el nombre del Programa NC y seleccionar la opción Activar.
- Expandir Trayectorias, y desdibujar las herramientas y las trayectorias haciendo clic en el icono de la bombilla hasta que aparezca . Ahora se podrá ver fácilmente la nueva trayectoria de acabado cuando se cree.
- Desde la Barra de Herramientas de Herramienta escoger una herramienta esférica, en el cuadro de diálogo Herramienta Esférica introducir (Figura 2.216):

Nombre: 5 Ball

Longitud: por defecto

Diámetro: 5 mm

Número de la Herramienta: 5

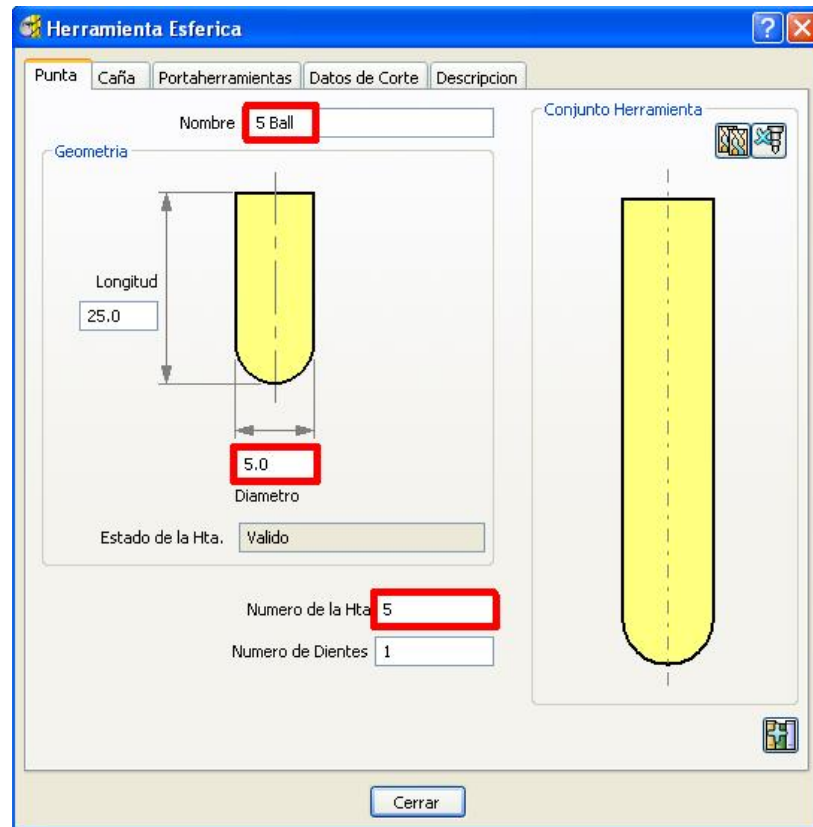


Figura 2.216 Cuadro de diálogo Herramienta Esférica.

- Hacer clic en Cerrar.
- Usar el botón derecho y hacer clic sobre el modelo, Seleccionar Superficies (Figura 2.217).

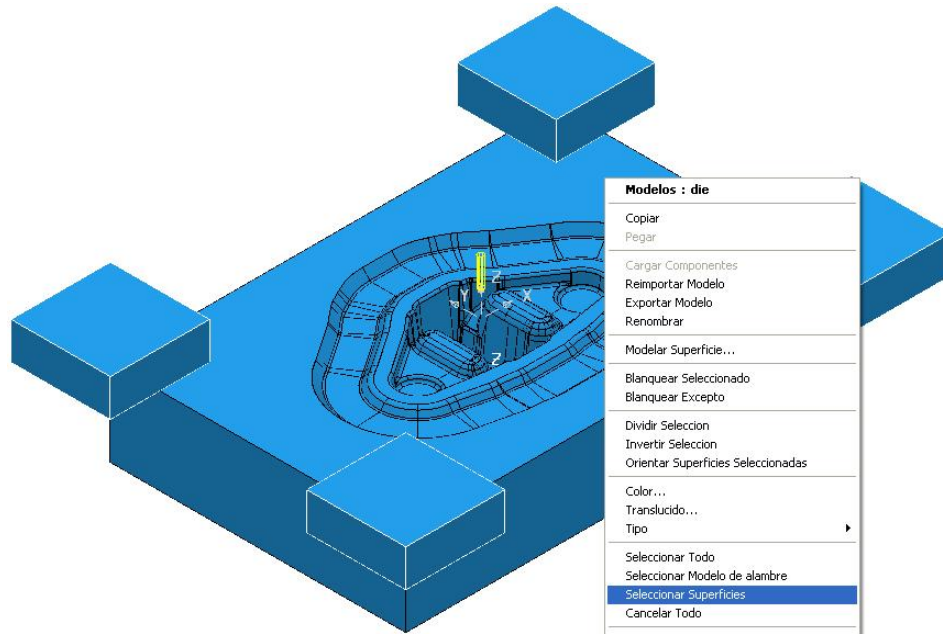


Figura 2.217 Seleccionar Superficies del modelo.

- En el Explorador hacer clic con el botón derecho del ratón sobre Patrones - Crear Patrón (Figura 2.218).



Figura 2.218 Crear Patrón desde el Explorador.

- Extender el nodo de Patrones y hacer clic derecho sobre 1 - Insertar - Modelar modelo alambre... para enviar a las superficies al Modelado PowerMILL (Figura 2.219).



Figura 2.219 Enviar modelo al Modelador PowerMILL.

Aparece la ventana de Modelado PowerMILL acoplada dentro de la ventana de PowerMILL.

- Establecer el plano de trabajo.

Asegurarse que esta seleccionado el plano de trabajo Absoluto de la lista desplegable en la esquina inferior izquierda de la ventana de Modelado PowerMILL:



- Seleccionar Vista por arriba del eje Z  y Modelo de Alambre  (Figura 2.220).

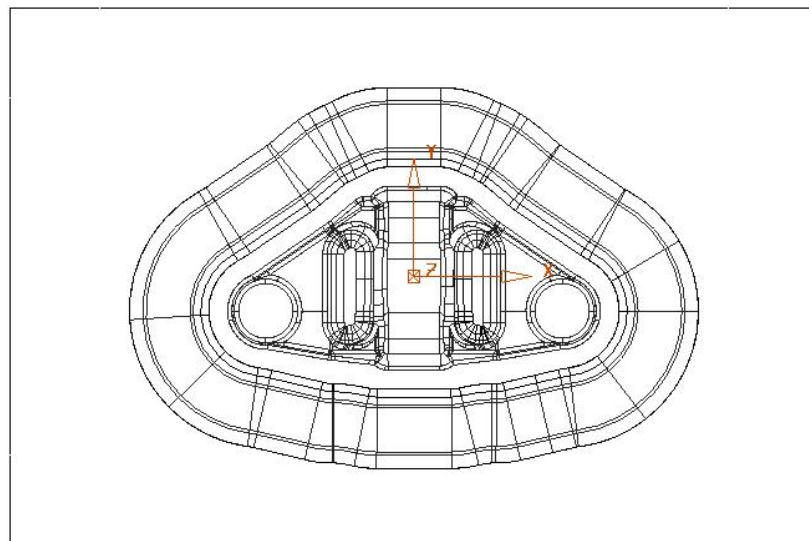
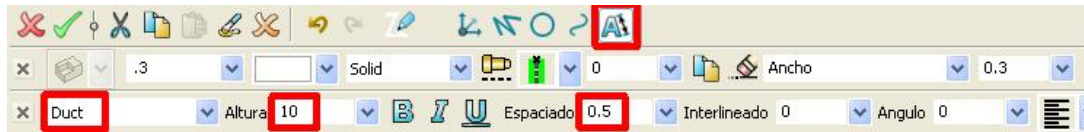


Figura 2.220 Vista superior del modelo de alambre.

- Desde la Barra de Herramientas Modelado PowerMILL hacer clic en Cifras de cota



. Seleccionar la fuente de texto Duct, introducir una Altura de 10 y un Espaciado de 0.5:



- Mover el cursor a la zona de Introducir comando, para definir las coordenadas de la posición de la esquina izquierda inferior del texto, escribir -18 -73 seguido de la tecla

Intro: -18 -73

- Se abre la ventana Editar texto, introducir los caracteres EIM y hacer clic en Aceptar (Figura 2.221).



Figura 2.221 Ventana Editar texto.

La entidad Texto EIM se crea y posiciona en el medio de la figura en Z0 (Figura 2.222). Para ser correcta la pieza de molde, el texto debe estar invertido. Una entidad texto primero debe convertirse a alambre antes de hacer el objeto espejo.

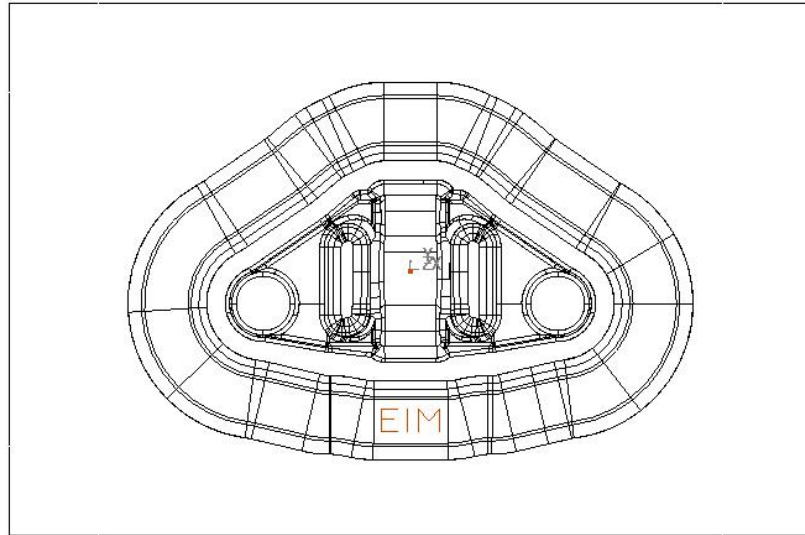



Figura 2.222 Texto EIM sobre el modelo.

- Pulsar el botón  para deseleccionar las opciones de Texto.
- Seleccionar con un recuadro el texto (Figura 2.223).

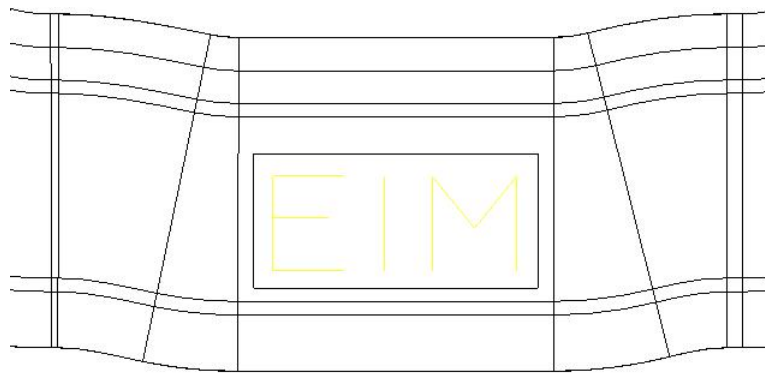


Figura 2.223 Seleccionar el texto con un recuadro.

- Colocar el cursor sobre el texto y hacer clic derecho, seleccionar Convertir en Alambre (Figura 2.224).

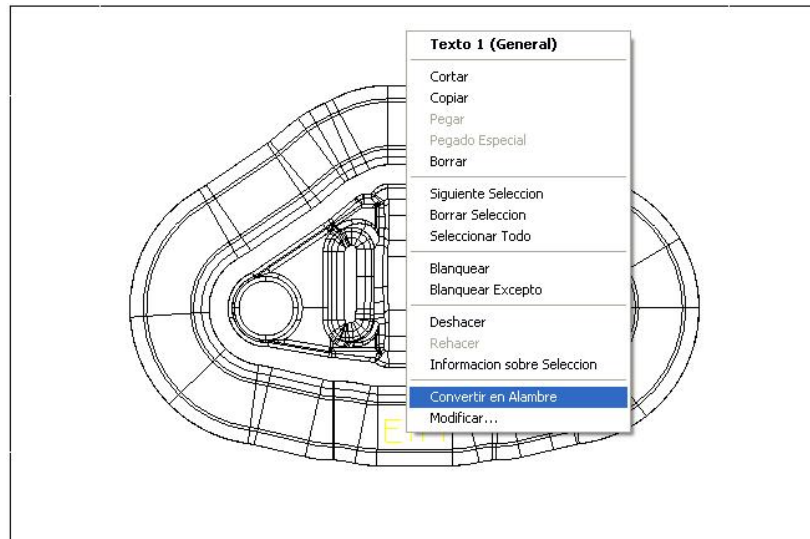


Figura 2.224 Convertir en Alambre el texto.

- Seleccionar con un recuadro el texto convertido en alambre (Figura 2.225).

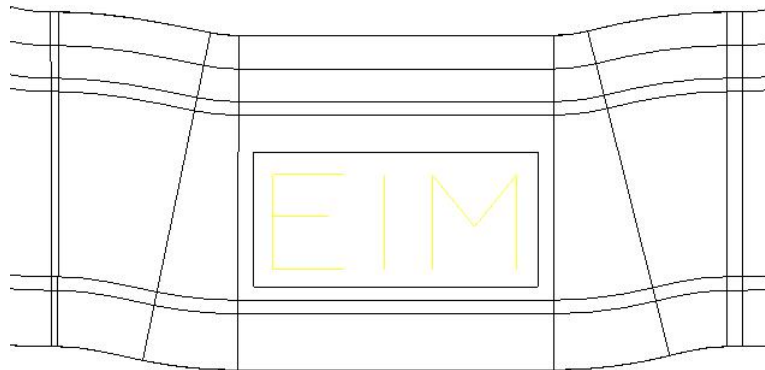






Figura 2.225 Seleccionar el texto convertido en alambre.

- De la barra de herramientas a la izquierda, abrir la Barra de Herramientas Ediciones Generales , de la nueva barra de herramientas hacer clic en Objeto espejo/simétrico . Se abre una pequeña barra de herramientas de la cual los ejes de espejo pueden ser escogidos.

Hacer espejo a través de YZ deseleccionando Guardar original .

- Cerrar la barra de herramientas haciendo clic en .
- Finalmente transferir todas las superficies de nuevo a PowerMILL, en la Barra de Herramientas Modelado PowerMILL hacer clic en Aceptar cambios y volver .
- En el Explorador hacer clic con el botón derecho sobre el actual Patrón 1 y seleccionar Editar - Proyectar sobre el modelo, Figura 2.226 (esto es poner el Patrón en la misma posición geométrica equivalente al espesor de trayectoria cero, por tanto esto puede ser usado como Curva Guía como base para aplicar un offset axial -3 mm en la pieza, Figura 2.227).

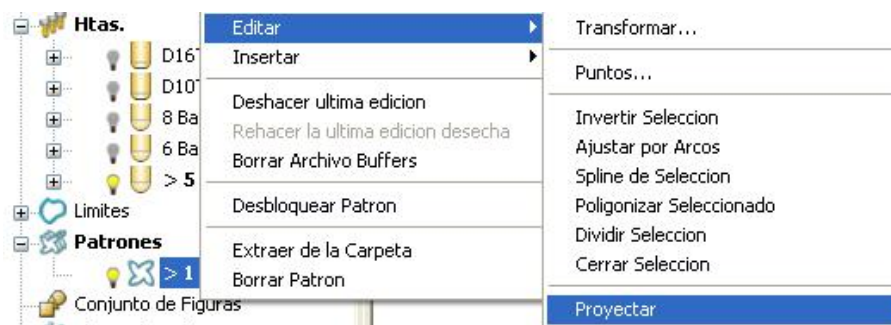


Figura 2.226 Proyectar el patrón sobre el modelo.

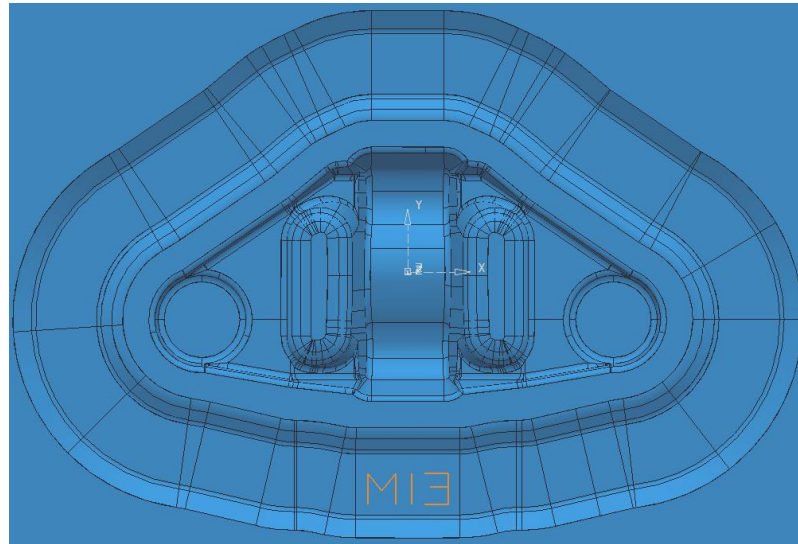



Figura 2.227 Patrón proyectado sobre el modelo.

- Hacer clic en el botón Estrategias de la Trayectoria  en la Barra de Herramientas Principal para abrir el cuadro de diálogo Estrategia Selector.
 - Seleccionar la opción Patrón en la pestaña Acabado, y hacer clic en OK (Figura 2.228).

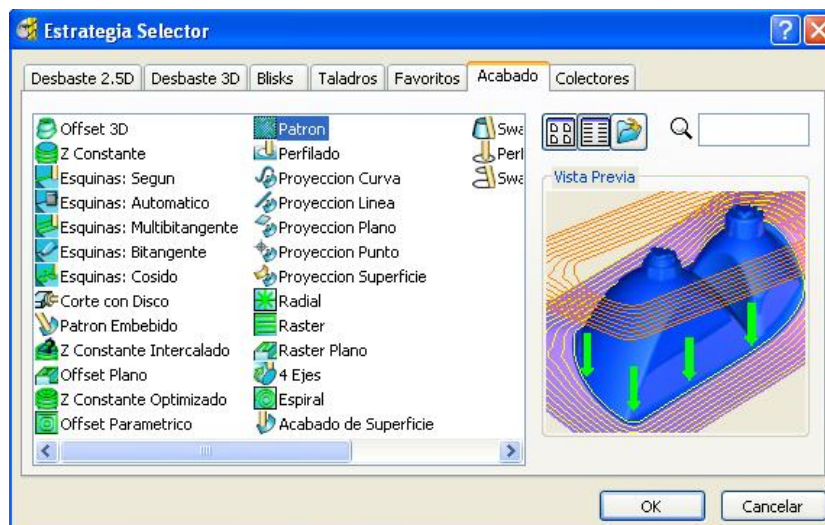


Figura 2.228 Cuadro de diálogo Estrategias Selector.

- Introducir los datos como se muestran y Aplicar (Figura 2.229).

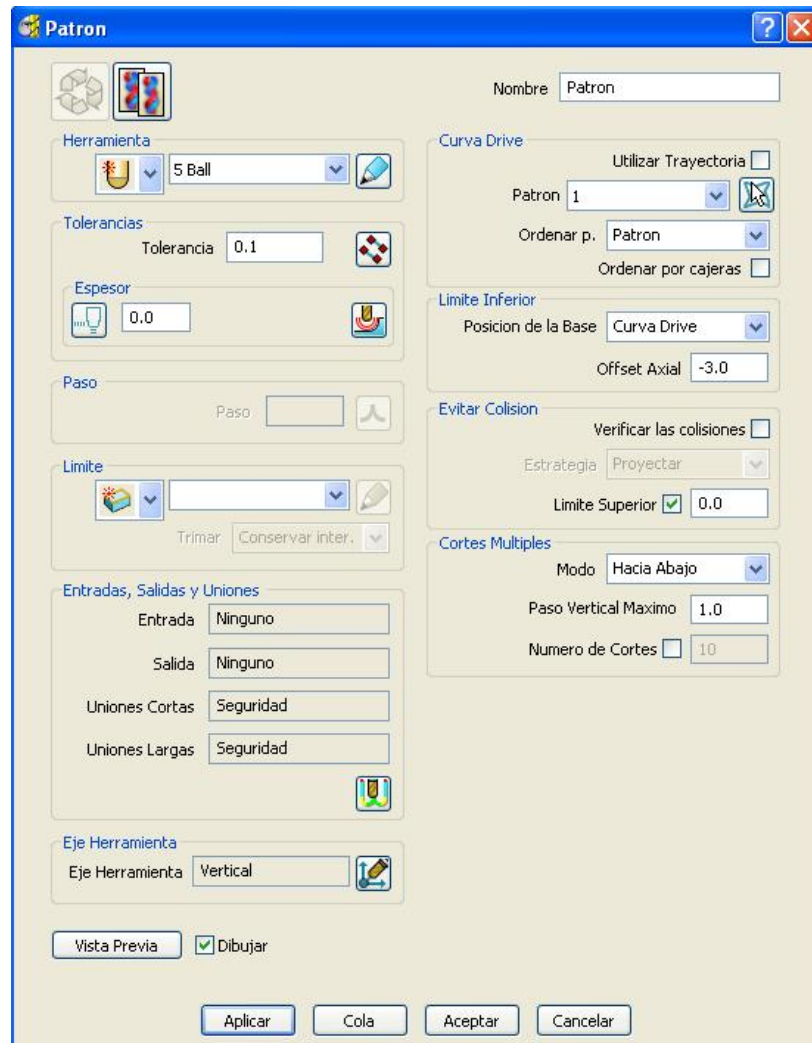




Figura 2.229 Cuadro de diálogo estrategia Patrón.

- Si vemos la trayectoria en el Explorador  > **Patron** se puede ver un símbolo de aviso. La trayectoria corta dentro de la superficie hasta crear el grabado. Para eliminar este aviso debería estar seleccionada la opción Verificar las colisiones en la zona de Evitar Colisión. Sin embargo, si se realiza esto la pasada de grabado es borrada.
- Hacer clic en Cancelar para cerrar el cuadro de diálogo de la trayectoria.

Para guardar los cambios del proyecto, hacer clic en el botón Guardar  en la Barra de Herramientas Principal.

2.4.10 SIMULAR EL MAQUINADO COMPLETO








- Hacer clic en el botón ISO1  en la Barra de Herramientas Vista para resetear la vista.
- En la Barra de Herramientas ViewMill, hacer clic en el botón Activa/desactiva ViewMill . El icono se pone de color verde , y se activa la ventana de simulación que inicialmente muestra un bloque gris claro en el fondo actual.
- Desde la Barra de Herramientas ViewMill , seleccionar la opción Imagen Sombreada Multicolor  par poder visualizar las diferencias entre las trayectorias.
- En el Explorador, mantener activas  las herramientas para visualizarlas durante la simulación, hacer clic con el botón derecho del ratón en el nombre del Programa NC molde, y seleccionar del menú Simular desde el inicio (Figura 2.230).



Figura 2.230 Simulación del Programa NC molde.

- El Programa NC es seleccionado automáticamente en la Barra de Herramientas de Simulación, y el botón Activar se activa.



- Hacer clic en el botón Activar , permitiendo que la simulación se lleve a cabo hasta el final (Figura 2.231).

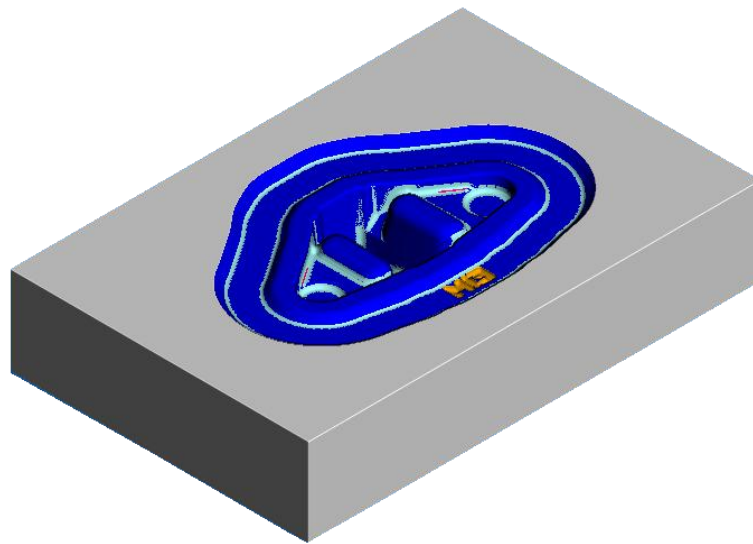





Figura 2.231 Simulación de maquinado.

- Hacer clic en el botón Salir de ViewMill , y seleccionar Sí para detener la simulación. El botón Activa/desactiva ViewMill pasa de color verde  a rojo , y aparece la ventana estándar de PowerMILL.

2.4.11 ESCRIBIR PROGRAMAS NC

Cuando son creadas las trayectorias, se pueden añadir a un Programa NC que se va a postprocesar como un archivo de salida para un controlador específico de una máquina CNC.

Puede ser incluido y reordenado cualquier número de trayectorias como sea necesario dependiendo de las limitaciones del postprocesador y la máquina CNC determinada.

Por defecto, todas las trayectorias son guardadas en un Programa NC en un único archivo de programa. Los siguientes ejemplos muestran como:

- Escribir cada trayectoria como un Programa NC separado.
- Escribir dos archivos de Programa NC con las trayectorias agrupadas por sus funciones.

Escribir cada trayectoria como un Programa NC separado

Este procedimiento muestra cómo crear archivos de Programa NC separados para cada trayectoria en el Programa NC.

Para tener archivos de Programa NC separados para cada trayectoria, la casilla Un Fichero por Trayectoria tiene que estar seleccionado en el cuadro de diálogo Opciones.

- Desde el menú Herramientas, seleccionar las Opciones, aparece el cuadro de diálogo Opciones (Figura 2.232).

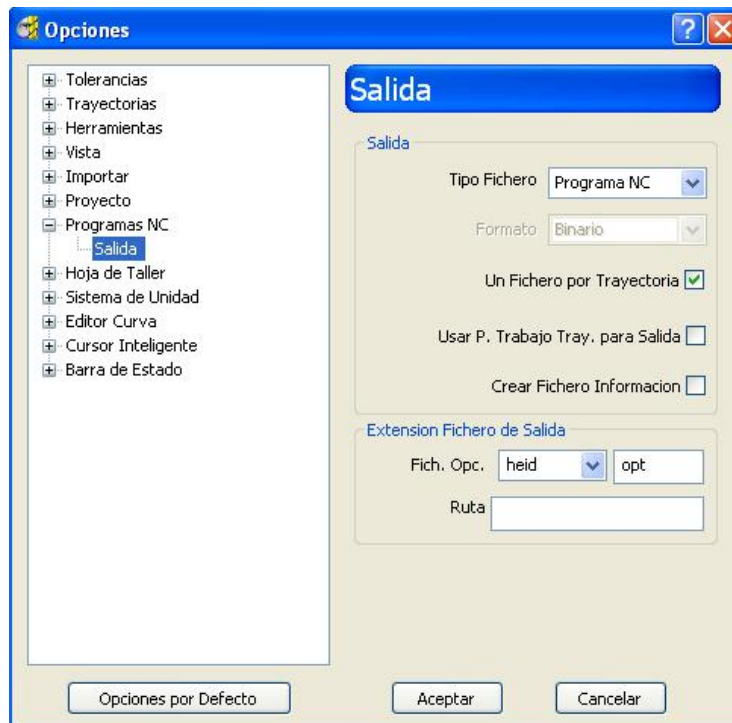



Figura 2.232 Cuadro de diálogo opciones, Programas NC.

- En el Explorador, hacer clic con el botón derecho del ratón en Programas NC, molde, y seleccionar Escribir desde el menú (Figura 2.233).



Figura 2.233 Escribir Programas NC molde.

El símbolo  en la trayectoria indica un cambio de herramienta. Esto aparece siempre para la primera herramienta en la secuencia. También aparece cuando se utiliza una herramienta distinta.

- PowerMILL postprocesa las trayectorias utilizando los parámetros especificados y muestra una ventana de confirmación mostrando dónde son guardados los archivos (Figura 2.234).

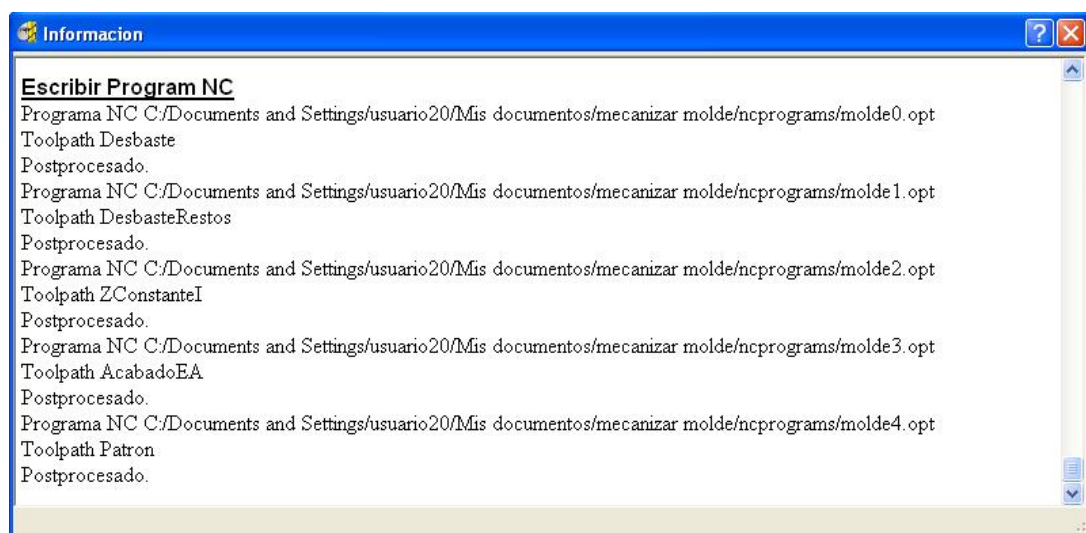


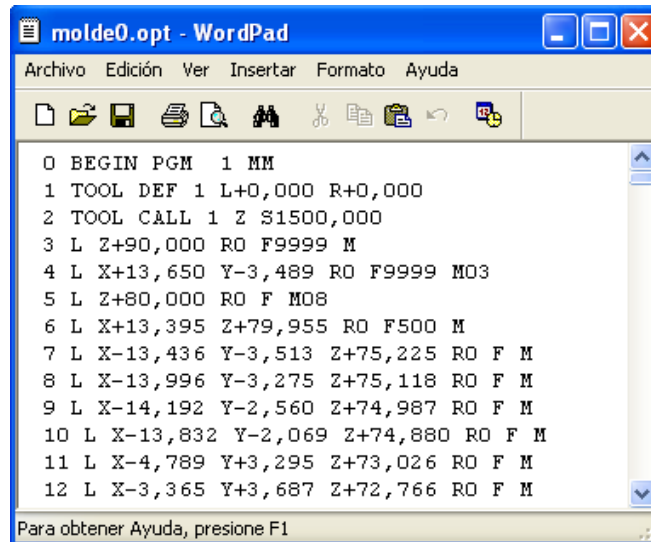


Figura 2.234 Información sobre la creación del programa.

- Hacer clic en el icono  para cerrar la ventana de Información.
- El color del Programa NC molde en el explorador pasa a ser de color verde claro, , para mostrar que se ha calculado correctamente.

Los Programas NC son escritos, conteniendo las trayectorias creadas (Figura 2.235).





```

0 BEGIN PGM 1 MM
1 TOOL DEF 1 L+0,000 R+0,000
2 TOOL CALL 1 Z S1500,000
3 L Z+90,000 RO F9999 M
4 L X+13,650 Y-3,489 RO F9999 M03
5 L Z+80,000 RO F M08
6 L X+13,395 Z+79,955 RO F500 M
7 L X-13,436 Y-3,513 Z+75,225 RO F M
8 L X-13,996 Y-3,275 Z+75,118 RO F M
9 L X-14,192 Y-2,560 Z+74,987 RO F M
10 L X-13,832 Y-2,069 Z+74,880 RO F M
11 L X-4,789 Y+3,295 Z+73,026 RO F M
12 L X-3,365 Y+3,687 Z+72,766 RO F M

```

Figura 2.235 Programa de la trayectoria Desbaste.

- Hacer clic en el icono  para cerrar la ventana molde0.opt.

Para guardar los cambios del proyecto, hacer clic en el botón Guardar  en la Barra de Herramientas Principal.

Escribir dos archivos del Programa NC

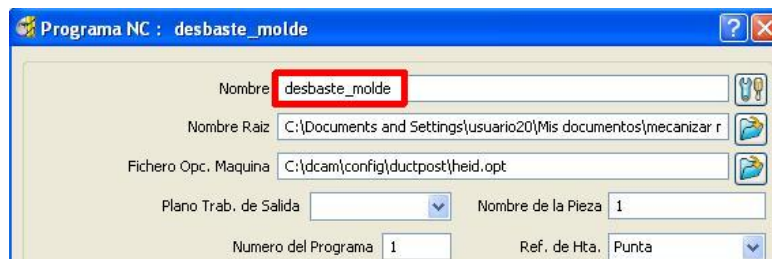
Este procedimiento muestra cómo crear dos archivos del Programa NC, uno con dos trayectorias de desbaste, y otro con dos trayectorias de acabado.


- En el Explorador, hacer clic con el botón derecho del ratón en Programa NC, y seleccionar Crear Programa NC (Figura 2.236).



Figura 2.236 Crear Programa NC.

- En el cuadro de diálogo Programa NC escribir desbaste_molde en el campo Nombre.



- En el cuadro de diálogo Programa NC, hacer clic en el botón Opciones . Aparece el cuadro de diálogo Opciones (Figura 2.237).

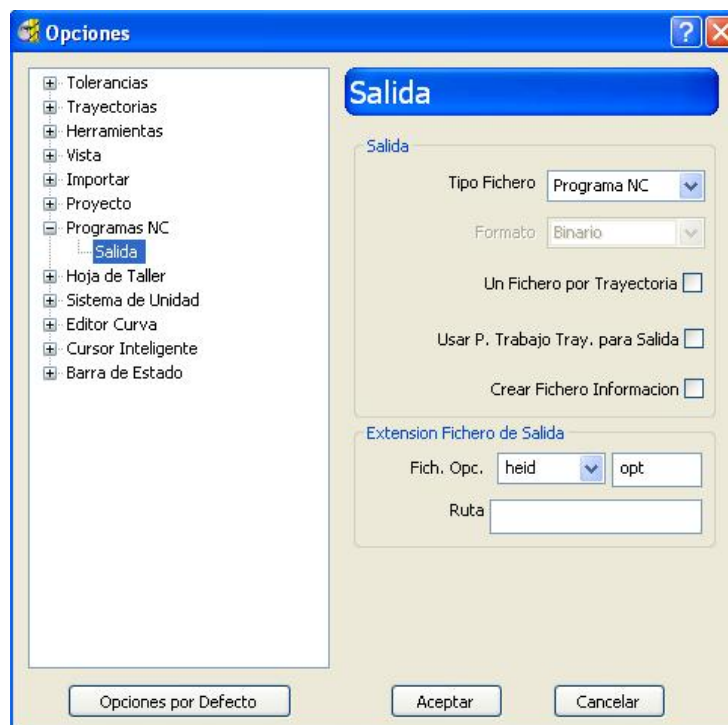


Figura 2.237 Cuadro de diálogo Opciones.

- En la pestaña Programas NC:
 - Desactivar la casilla Un Fichero por Trayectoria. Esto origina que Fichero de Salida aparezca en lugar de Nombre Raíz en la parte superior del cuadro de diálogo Programa NC.
 - Establecer la Extensión Fichero de Salida como .opt.
 - Hacer clic en Aceptar para actualizar y cerrar el cuadro de diálogo de Opciones.
- Hacer clic en el botón Aceptar en la parte inferior del cuadro de diálogo Programa NC para crear un nuevo Programa NC de desbaste.
- En el Explorador, expandir el nodo Programa NC, hacer clic con el botón derecho del ratón en el programa desbaste_molde, y seleccionar Editar - Copiar Programa NC desde el menú (Figura 2.238).

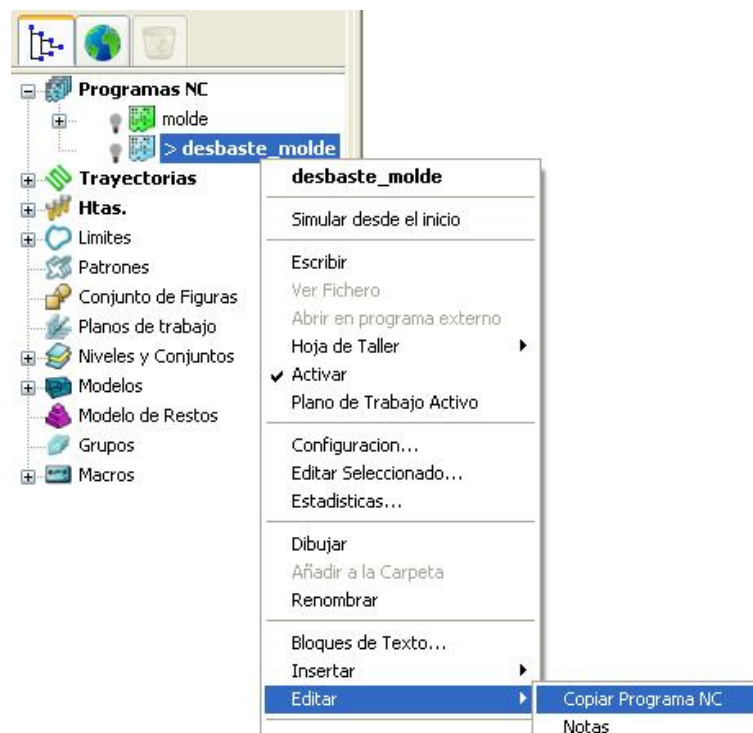


Figura 2.238 Copiar Programa NC.

- Se añade al nodo del Programa NC con el nombre por defecto desbaste_molde_1. Hacer clic con el botón derecho del ratón y Renombrar como acabado_molde (Figura 2.239).



Figura 2.239 Renombrar el programa NC copiado.

Para identificar qué Programa NC es el activo actualmente en el Explorador; el programa activo aparece en negrita y precedido del símbolo >.

- En el Explorador, mover las dos trayectorias de desbaste sobre desbaste_molde - **1**, y las tres trayectorias de acabado sobre acabado_molde - **2** (Figura 2.240).

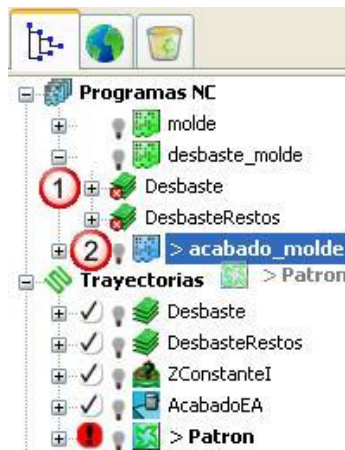


Figura 2.240 Copiar las trayectorias en el orden correspondiente.

- Seleccionar desbaste_molde y acabado_molde. Hacer clic con el botón derecho del ratón y seleccionar Escribir Seleccionado desde el menú (Figura 2.241).



Figura 2.241 Escribir programas seleccionados.

- PowerMILL postprocesa los Programas NC utilizando los parámetros específicos y muestra una ventana de confirmación para ver dónde son guardados los programas (Figura 2.242).

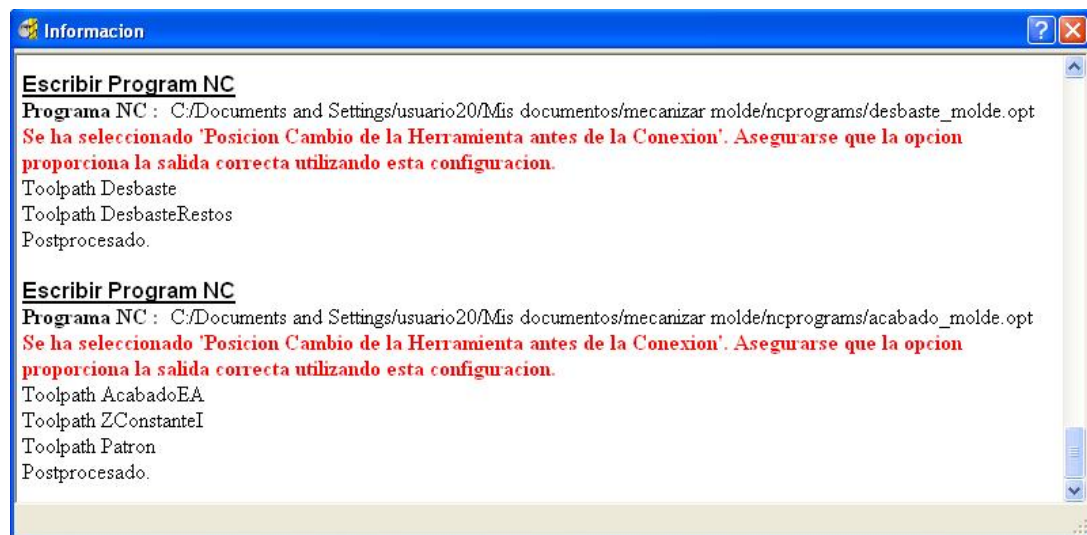

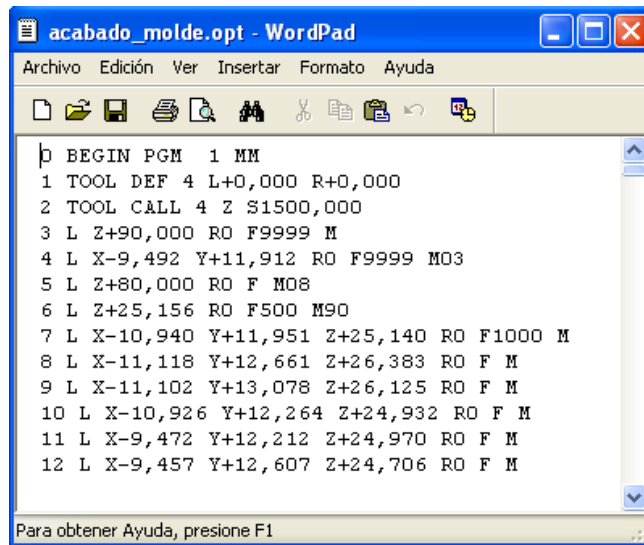


Figura 2.242 Información sobre la creación de los programas.

- Hacer clic en el icono  para cerrar la ventana de Información.

Dos Programas NC son escritos, desbaste_molde.opt conteniendo las trayectorias de desbaste y acabado_molde.opt conteniendo las trayectorias de acabado (Figura 2.243).




```

BEGIN PGM 1 MM
1 TOOL DEF 4 L+0,000 R+0,000
2 TOOL CALL 4 Z S1500,000
3 L Z+90,000 RO F9999 M
4 L X-9,492 Y+11,912 RO F9999 M03
5 L Z+80,000 RO F M08
6 L Z+25,156 RO F500 M90
7 L X-10,940 Y+11,951 Z+25,140 RO F1000 M
8 L X-11,118 Y+12,661 Z+26,383 RO F M
9 L X-11,102 Y+13,078 Z+26,125 RO F M
10 L X-10,926 Y+12,264 Z+24,932 RO F M
11 L X-9,472 Y+12,212 Z+24,970 RO F M
12 L X-9,457 Y+12,607 Z+24,706 RO F M

```

Figura 2.243 Programa de las trayectorias de acabado.

Para guardar los cambios del proyecto, hacer clic en el botón Guardar  en la Barra de Herramientas Principal.

2.4.12 CREAR LAS HOJAS DE TALLER

Las hojas de taller son utilizadas para proporcionar las instrucciones específicas a los operarios que hacen programas NC en las máquinas. En PowerMILL, las hojas de taller son creadas en formato HTML y puede ser impresa o visualizada online (por ejemplo, con intranet).

Se pueden crear hojas de taller directamente con el conjunto de plantillas incluidas por defecto. También se puede hacer a medida el conjunto de plantillas para ajustarse a las necesidades, o rediseñarlas completamente con otras aplicaciones, como por ejemplo Notepad, Excel, Dreamweaver o Amaya.

Añadir detalles al proyecto

Las hojas de taller pueden incluir varios detalles del proyecto, como por ejemplo el nombre del cliente, de la pieza, del programador, las notas del proyecto y así sucesivamente. A no ser

que las variables necesarias para esta información se hayan incluido con el conjunto de plantillas por defecto.

- En el Explorador, hacer clic con el botón derecho del ratón en Programas NC, y seleccionar Hoja de Taller – Configuración... (Figura 2.244).



Figura 2.44 Configuración de las hojas de taller.

Se despliega el Cuadro de diálogo Configuraciones Proyecto (Figura 2.245).

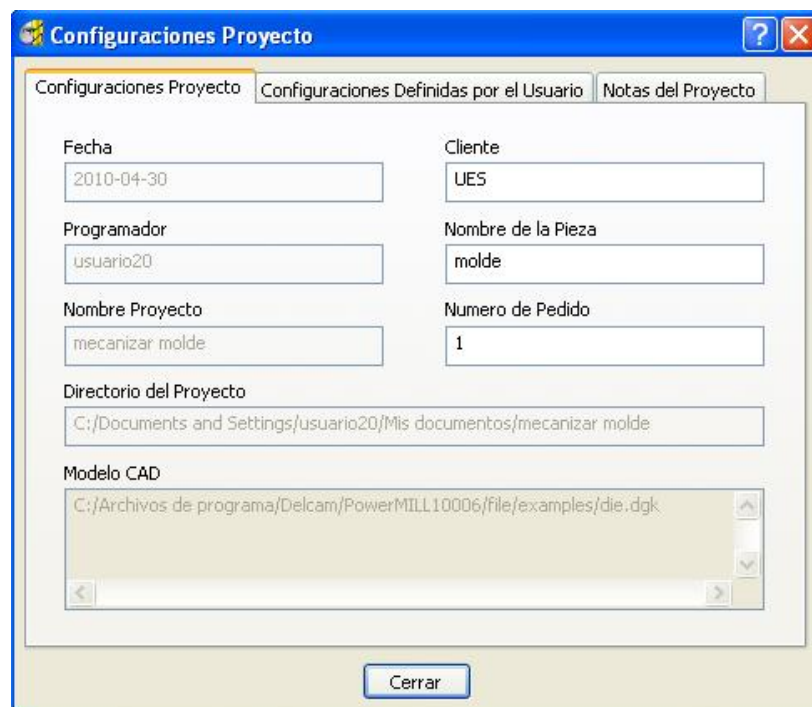


Figura 2.245 Cuadro de diálogo Configuraciones Proyecto.

Algunas zonas como fecha y programador del proyecto ya están rellenas. Rellenar el resto de detalles.

Para crear las hojas de taller:

- Hacer clic con el botón derecho del ratón en Programas NC en el Explorador, y seleccionar Hoja de Taller – Rutas... (Figura 2.246).

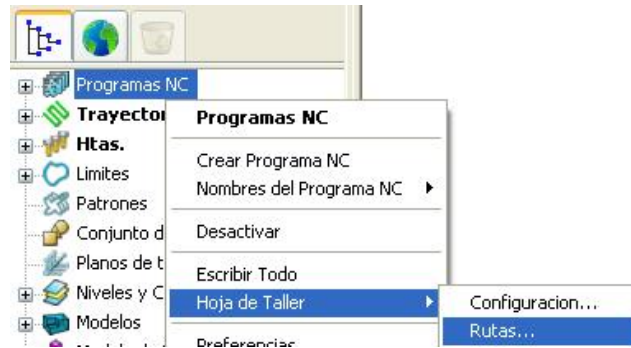


Figura 2.246 Rutas de las hojas de taller.

En la pestaña Rutas... inicialmente el conjunto de plantillas por defecto están seleccionadas, la casilla Escribir esta seleccionada para todas las plantillas. Mantener el conjunto de plantillas por defecto (Figura 2.247).

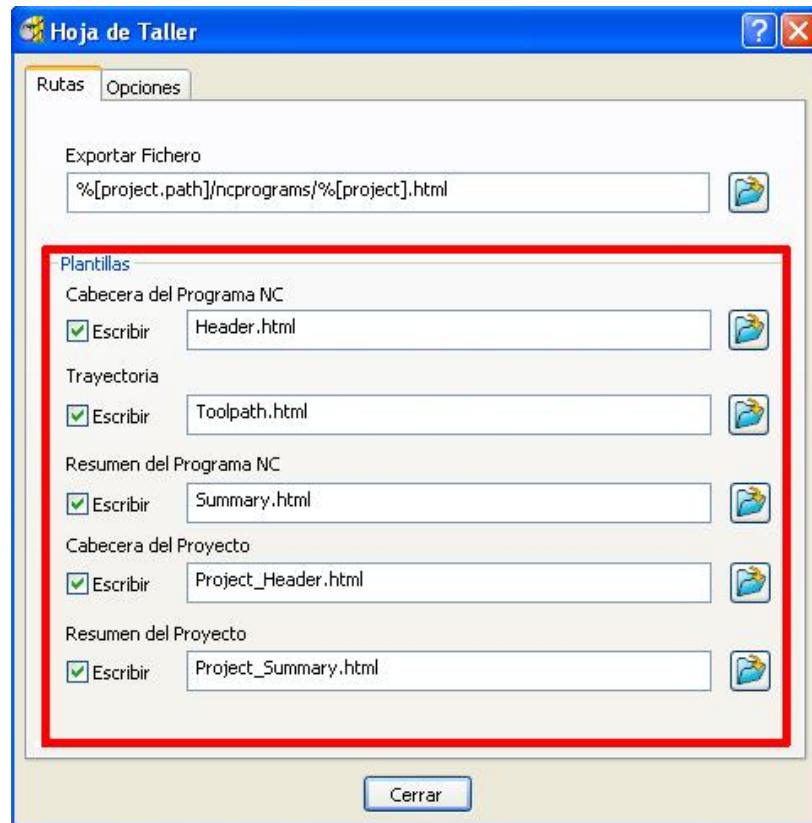


Figura 2.247 Cuadro de diálogo Hoja de Taller.

- Cerrar.

Tomar imágenes

Para incluir imágenes a color del modelo y de las trayectorias con las hojas de taller:

Imagen del Modelo del Proyecto.

- Ajustar la vista CAD del modelo hasta darle un tamaño y orientación necesaria. Asegurarse que ninguna trayectoria esté dibujada y que el modelo esté sombreado (Figura 2.248).

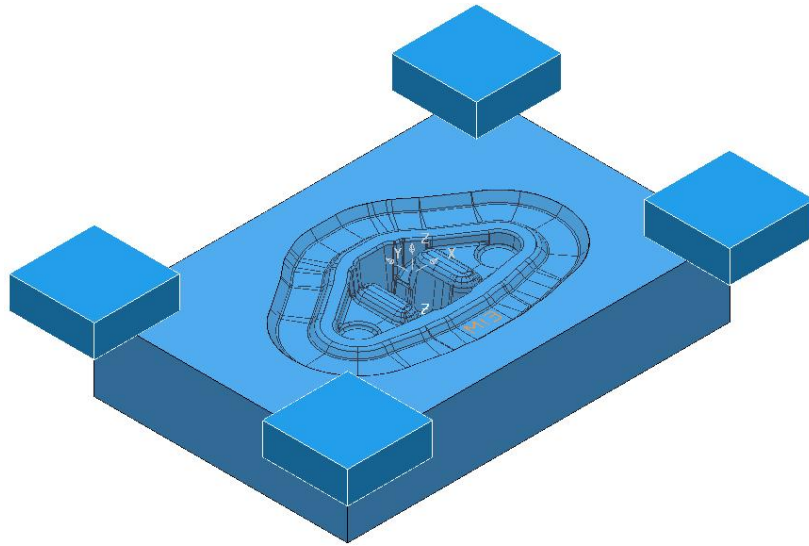


Figura 2.248 Imagen del modelo del proyecto.

- En el explorador, hacer clic con el botón derecho del ratón en Programas NC, y seleccionar Hojas de Taller - Imagen del Proyecto - Vista Actual (Figura 2.249).

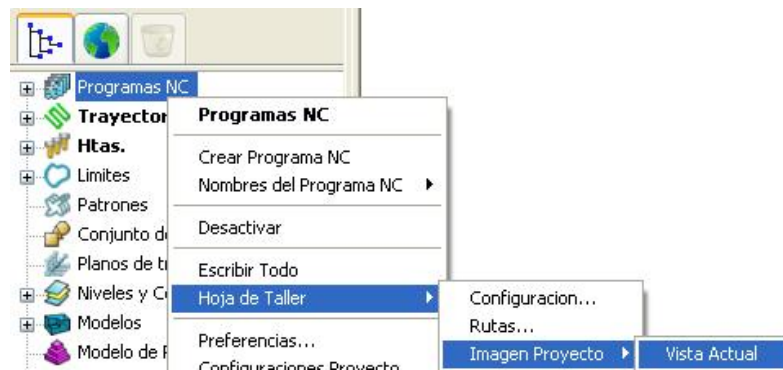


Figura 2.249 Vista actual de la imagen del proyecto.

El archivo de imagen del proyecto creado es llamado ProjectSnapshot.png.

Cada vez que se toman imágenes, se visualizan vistas previas, exportan e imprimen hojas de taller el cuadro de diálogo de información es desplegado (Figura 2.250).



Figura 2.250 Cuadro de diálogo de información.

Para apagar este despliegue deseleccionar la opción Errores y Avisos desde el menú Vistas – Diálogos (Figura 2.251).



Figura 2.251 Apagar despliegue de información.

- Previsualizar la imagen (Figura 2.253) con el botón derecho del ratón en Programas NC, seleccionar Hoja de Taller - Imagen del Proyecto - Vista Previa (Figura 2.52).



Figura 2.52 Seleccionar vista previa de imagen del proyecto.

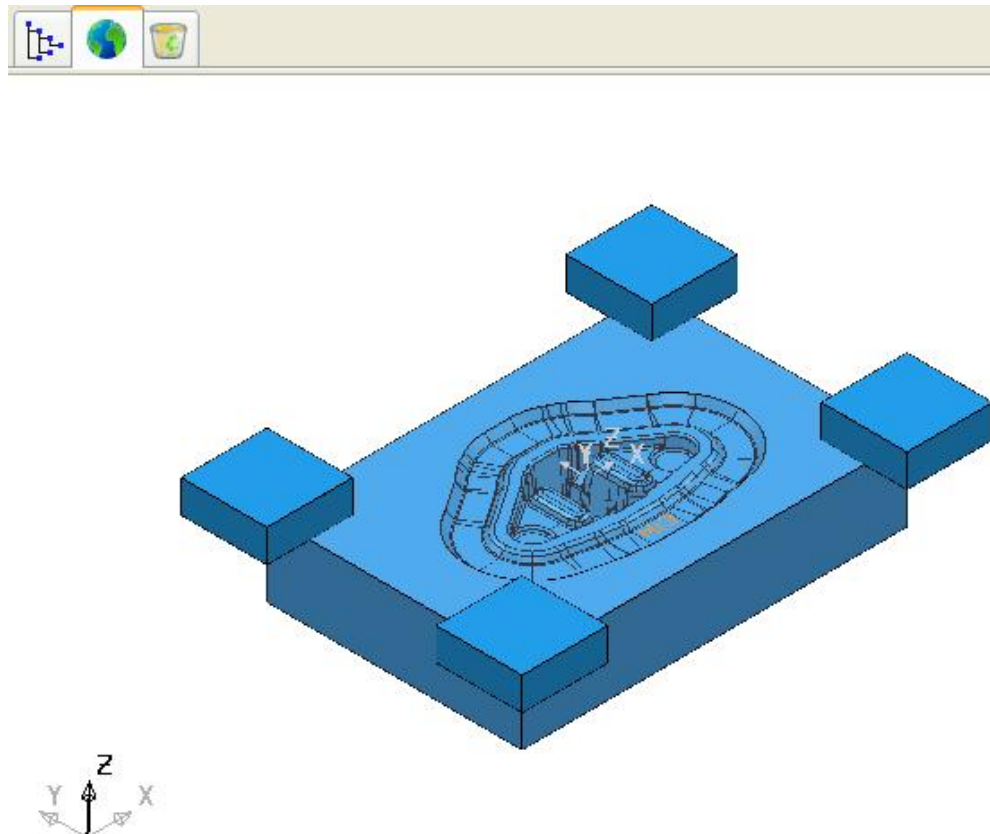


Figura 2.53 Vista previa de imagen del proyecto.

- Si no está satisfecho con los resultados, volver al Explorador y ajustar la vista CAD del modelo, y volver a tomar la imagen.

- Por defecto, la imagen capturada es situada en la página del título del proyecto (la plantilla Project_Header.html). Si no existe una imagen, el archivo llamado ImagePlaceholder.png es utilizado en su lugar (Figura 2.54).



Figura 2.54 Imagen por defecto del proyecto.

Imagen del Modelo del Programa NC.

- Ajustar la vista CAD del modelo al tamaño y orientación necesaria. Si desea ver las trayectorias solapadas en esta vista, asegurarse que están dibujadas (Figura 2.255).

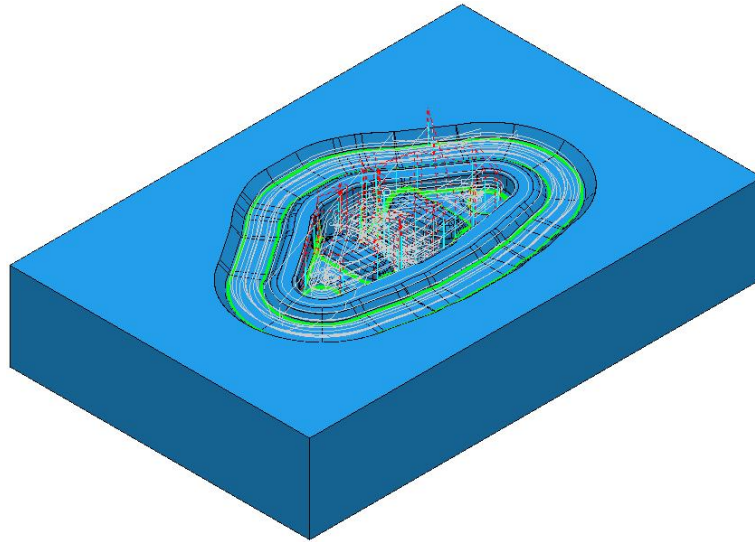


Figura 2.55 Imagen del modelo del Programa NC.

- En el Explorador, abrir Programas NC, haciendo clic con el botón derecho del ratón en el nombre del Programa NC necesario, y seleccionar Hoja de Taller - Imagen - Vista Actual (Figura 2.256).

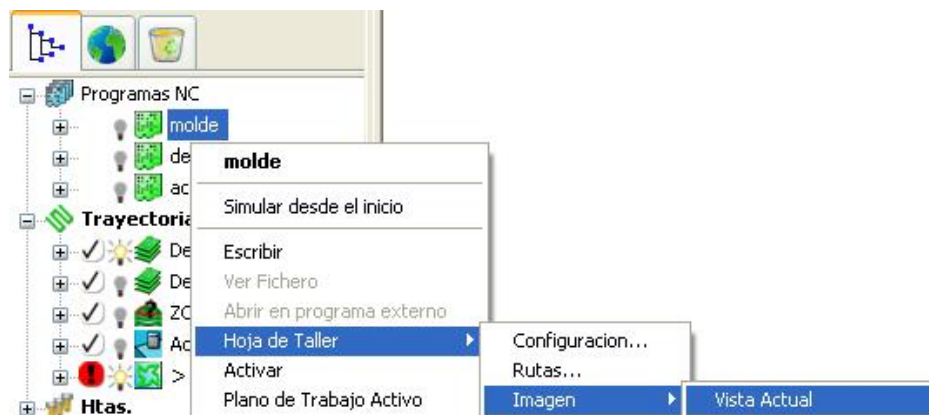


Figura 2.256 Seleccionar vista actual.

- Previsualizar la imagen haciendo clic con el botón derecho del ratón en el programa NC seleccionado, y seleccionar Hoja de Taller - Imagen - Previsualizar.
- Si no está satisfecho con los resultados, volver al Explorador y ajustar la vista CAD del modelo, y volver a tomar la imagen.

- Por defecto, la imagen capturada es colocada en el título de la página para el Programa NC correspondiente (la plantilla Header.html). Si no existe una imagen, el fichero llamado ImagePlaceholder.png es utilizado en su lugar.

Cada archivo de imagen del programa NC creado tiene el prefijo ncp-.

Imágenes de las Trayectorias en los Programas NC Seleccionados.

Se puede obtener (Figura 2.257):

- Imágenes de todas las trayectorias en los programas NC seleccionados como están mostrados actualmente (Vista Actual).
- Las imágenes de todas las trayectorias en los programas NC seleccionados sin ningún bloque o herramientas dibujados (Vista ISO).

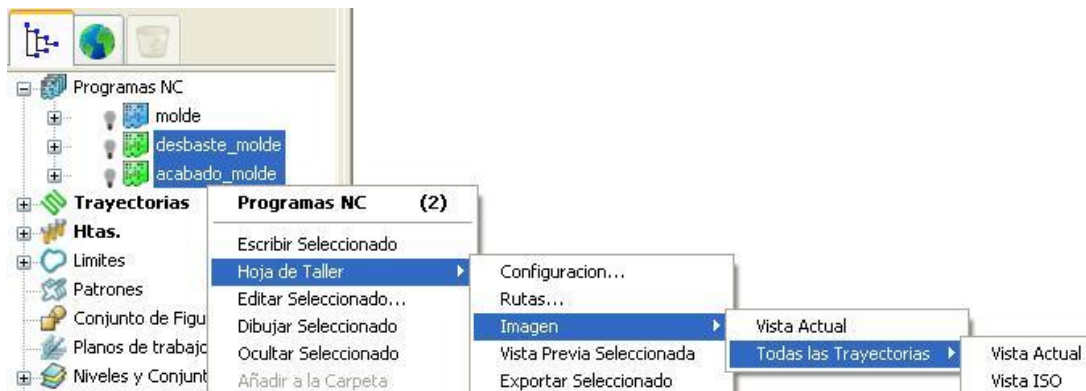


Figura 2.257 Imágenes de las trayectorias en los Programas NC seleccionados.

Seleccionar Vista ISO.

Cada archivo de trayectoria creado tiene el prefijo tp-.

Imagen de la Trayectoria Seleccionada.

- Ajustar la vista CAD de la trayectoria. Si desea, no sombrear el modelo (Figura 2.258).

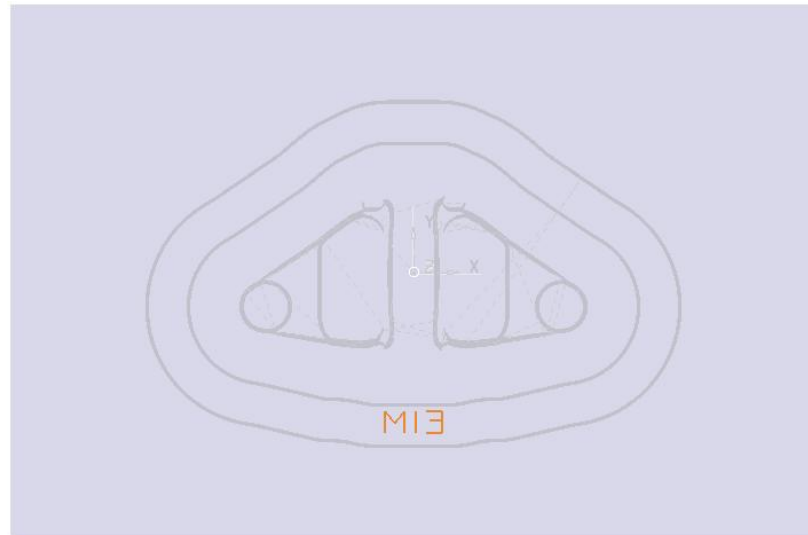


Figura 2.258 Imagen de la trayectoria patrón de texto.

- En el Explorador, abrir los programas NC necesarios en Programas NC, hacer clic con el botón derecho del ratón en el nombre de la trayectoria.
- Seleccionar Hoja de Taller - Imagen - Vista Actual (Figura 2.259).



Figura 2.259 Seleccionar Vista Actual.

- Para previsualizar cada imagen, abrir en el Explorador el nombre del Programa NC apropiado, hacer clic con el botón derecho del ratón en la trayectoria deseada, y seleccionar Hoja de Taller - Imagen - Vista Previa.
- Por defecto, la imagen capturada es colocada en la página de las hojas de taller para la trayectoria correspondiente (Toolpath.html). Si no existe una imagen, el fichero llamado ImagePlaceholder.png es utilizado en su lugar.
- Si no está satisfecho con los resultados, volver al explorador y ajustar la vista CAD del modelo, y volver a tomar la imagen.

Cada archivo de trayectoria creado tiene el prefijo tp-.

Previsualizar las Hojas de Taller

La vista previa es una forma rápida de ver si está satisfecho con el aspecto de las hojas de taller.

Al seleccionar la opción Todo Vista Previa desde el Explorador (Figura 2.260), PowerMILL crea un número de ficheros temporales HTML en la carpeta del proyecto, y abre la pestaña del Buscador mostrando las hojas de taller creadas en dos zonas (Figura 2.261).

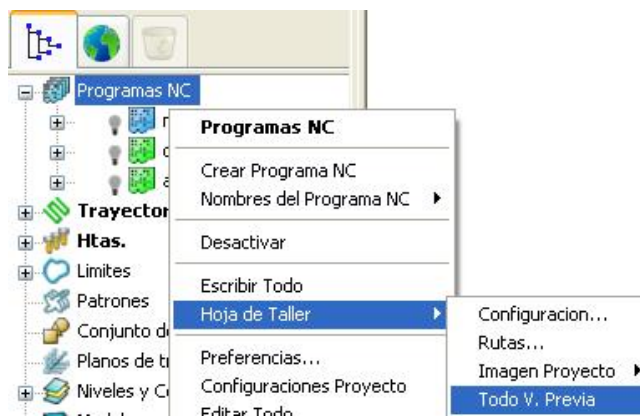


Figura 2.260 Seleccionar Todo Vista Previa.

The screenshot displays the Delcam PowerMILL software interface. On the left, a table of contents (Index) is visible, listing various project files and sections. On the right, a 'PowerMILL Setup Sheet' provides project details. Below the setup sheet, a 3D CAD model of a die is shown.

Table of Contents (Index):

- Proyecto mecanizar molde
- Programa NC molde
 - Trayectoria Desbaste
 - Trayectoria DesbasteRestos
 - Trayectoria ZConstantel
 - Trayectoria AcabadoEA
 - Trayectoria Patron
 - Resumen Pagina 1
 - Resumen Pagina 2
- Programa NC desbaste molde
 - Trayectoria Desbaste
 - Trayectoria DesbasteRestos
 - Resumen
- Programa NC acabado molde
 - Trayectoria AcabadoEA
 - Trayectoria ZConstantel
 - Trayectoria Patron
 - Resumen
- Resumen Completo Pagina 1
- Resumen Completo Pagina 2
- Resumen Completo Pagina 3
- Ver el log.

PowerMILL Setup Sheet:

Project	mecanizar molde
PowerMILL Version	PowerMILL 10.006 CodeBase 1117225
Page Generated:	12:56 p.m. on 2010-05-05
Project data	
Customer	UES
Part Name	molde
Order Number	1
CAD Model	C:/Archivos de programa/Delcam/PowerMILL10006/file/examples/die.dgk
Total Project Time	4:38:04

Figura 2.261 Previsualización de todas las hojas de taller.

1: Índice. Permite navegar entre las hojas HTML creadas. Muestra el archivo Table-of-Contents.html, que es creado automáticamente por PowerMILL. Los programas NC están listados en el orden en que aparecen en el explorador, y las trayectorias están listadas en el orden en que aparece en el programa NC relacionado.

2: Hojas de Taller. Muestra la página HTML seleccionada en la zona Índice. Por defecto está abierta la página del título del proyecto.

Exportar las Hojas de Taller

Quando se seleccione la opción Exportar desde el menú Hoja de Taller, PowerMILL crea las hojas de taller para los programas NC seleccionados en la carpeta exportar.

Imprimir las Hojas de Taller

Al imprimir las hojas de taller se escriben dentro de un único fichero llamado print.html bajo la subcarpeta SetupSheets_files/project_sheets en la carpeta del proyecto de PowerMILL.

Para imprimir las hojas de taller:

- Abrir Programas NC en el explorador, haciendo clic con el botón derecho del ratón en los nombres del programa NC deseados, y seleccionar Imprimir desde el menú (Figura 2.262).



Figura 2.262 Seleccionar Imprimir desde el Explorador.

- Se abre el archivo print.html creado en el Buscador, y se muestra el cuadro de diálogo estándar de Imprimir que permite imprimir las hojas de taller de los programas NC seleccionados. Por defecto, cada hoja de taller es impresa en una hoja.
- Establecer los parámetros de impresión deseados, y después hacer clic en Imprimir.

Registro de las Hojas de Taller

El registro de las hojas de taller es llamado setupsheets_log.html. Se trata de intercalar los mensajes mostrados en el cuadro de diálogo de la Información durante varias operaciones de las hojas de taller (previsualizar, exportar, etc.) junto con un fechador.

Si se utiliza un conjunto de plantillas por defecto, se puede hacer clic en el link Ver el log en la parte inferior de la zona Índice para visualizarlo (Figura 2.263) ^[15].

PowerMILL Setup Sheets: automatically-generated report

Hojas de Taller de PowerMILL: imagen de la trayectoria multiple

[Logged at: Wed May 05 12:49:22 2010]

Ruta de salida: C:/Documents and Settings/usuario20/Mis documentos/mecanizar molde/SetupSheets_files/snapshots

[Logged at: Wed May 05 12:49:22 2010]

Fue escrito el fichero imagen de la trayectoria: C:/Documents and Settings/usuario20/Mis documentos/mecanizar molde/SetupSheets_files/snapshots/tp-x0f5fb9e04bd1f185000015ab00000000.png

[Logged at: Wed May 05 12:49:28 2010]

Fue escrito el fichero imagen de la trayectoria: C:/Documents and Settings/usuario20/Mis documentos/mecanizar molde/SetupSheets_files/snapshots/tp-x1f67d2604bd21a7700009b000000000.png

[Logged at: Wed May 05 12:49:28 2010]

Todas las imagenes de la trayectoria son tomadas por el Programa NC: [desbaste_molde](#)

[Logged at: Wed May 05 12:49:28 2010]

Hojas de Taller de PowerMILL: Índice

[Proyecto mecanizar molde](#)

[Programa NC molde](#)

- [Trayectoria Desbaste](#)
- [Trayectoria DesbasteRestos](#)
- [Trayectoria ZConstanteI](#)
- [Trayectoria AcabadoEA](#)
- [Trayectoria Patron](#)
- [Resumen Pagina 1](#)
- [Resumen Pagina 2](#)

[Programa NC desbaste molde](#)

- [Trayectoria Desbaste](#)
- [Trayectoria DesbasteRestos](#)
- [Resumen](#)

[Programa NC acabado molde](#)

- [Trayectoria AcabadoEA](#)
- [Trayectoria ZConstanteI](#)
- [Trayectoria Patron](#)
- [Resumen](#)

[Resumen Completo Pagina 1](#)

[Resumen Completo Pagina 2](#)

[Resumen Completo Pagina 3](#)

[Ver el log](#)

[Atras](#) [Adelante](#)

Figura 2.263 Registro de las hojas de taller.

CAPÍTULO III

DE PowerMILL HACIA EL CNC

3.0 INTRODUCCIÓN

El lenguaje de programación de control numérico varía según el fabricante de las máquinas de CNC y también por familias o modelos de controladores de las mismas máquinas, este inconveniente se está tratando de solventar a través de la estandarización ISO 6983.

El objetivo final de la preparación del maquinado por medio de un sistema CAM es la obtención del código de programación de CN que pueda ser introducido y leído correctamente por la máquina de CNC, ante cualquier problema que suceda antes de la transferencia del programa desde la computadora hacia la máquina herramienta, como pueden ser errores en la definición de los ejes u otros debidos a la nomenclatura del programa, se debe tener el conocimiento necesario de programación CNC para realizar las correcciones necesarias.

Las máquinas fresadoras y centros de maquinado pueden trabajar en varias dimensiones según su capacidad instalada, estos ejes adicionales de trabajo deben ser comprendidos para entender la capacidad de la máquina herramienta específica con la cual se trabajará, ya que el software PowerMILL puede producir trayectorias de maquinado hasta de 5 ejes.

3.1 PROGRAMACIÓN CNC

En el Capítulo II se estableció una introducción al aprendizaje de la operación del sistema CAM PowerMILL, en la cual se utilizó la opción heid en Fichero opciones máquina para seleccionar el control base de la máquina y fabricante, Heidenhain 150 ó 355, produciendo un archivo de extensión .opt que contiene el programa CN con el siguiente formato:

```
0 BEGIN PGM 1 MM
1 TOOL DEF 1 L+0,000 R+0,000
2 TOOL CALL 1 Z S1500,000
3 L Z+90,000 R0 F9999 M
4 L X+13,650 Y-3,489 R0 F9999 M03
```

5 L Z+80,000 R0 F M08

6 L X+13,395 Z+79,955 R0 F500 M

...

El control Fidia estándar escribe los programas de CN sin punto decimal para las coordenadas, utiliza dos espacios para la exactitud decimal y no hay espacios entre los comandos. El programa tiene el siguiente formato:

N10G00X1234Y3456Z2345

N20G01X2000Y3000

N30Z-2000

...

Otra máquina Fidia podría requerir un punto decimal, tres espacios para los decimales y espacios entre los comandos, obteniéndose el formato del programa de CN como sigue:

N10 G00 X12.342 Y34.561 Z23.45

N20 G01 X20. Y30.

N30 Z-20.

...

El ejemplo anterior muestra la diversidad de lenguajes de programación de CN que existe con sólo unas pequeñas variaciones en su formato de escritura, aún en la misma marca de controladores, es por esta situación que los controladores de máquinas están aplicando, además del lenguaje de programación propio, la estandarización ISO 6983 para la escritura de los programas de CN para evitar inconvenientes a los usuarios, ante esta situación se considera que, se debe contar con una base mínima de conocimientos de programación CNC.

El sistema postprocesador de PowerMILL es flexible y configurable, éste almacena la información de cincuenta de los controles de máquinas CNC más comunes, que se muestran a continuación en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Lista de controles del postprocesador de PowerMILL.

Referencia fichero opciones máquina	Fabricante (Control Base)
ab84	Allen Bradley
acra8	Acrumatic 850 (Cincinnati Milacron)
anilam	Anilam Crusader
bosch	Bosch 200
boss	Bridgeport (Series 1, Series 2)
bostom	Bostomatic
deckel3	Deckel Dialogue 3
deckel4	Deckel Dialogue 4
deckel11	Deckel Dialogue 11
dm	Dynamite
dyna	Dynapath
eberle	Eberle
elexa	Elexa
fadal	Fadal
fagor	Fagor
fanuc6m	Fanuc 6M
fanuc10m	Fanuc 10M
fanuc11m	Fanuc 11M
fanuc12m	Fanuc 12M
fanuc15m	Fanuc 15M
fanuc	Fanuc (General)
fanucom	Fanuc OM
fidia	Fidia
fidian	Fidia N
ge2000m	GE2000 General Electrics
h33	Heidenhain H33 (solamente Rusia)
h155	Heidenhain 155
heid400	Heidenhain 400 series
heid	Heidenhain 150, 355
heidiso	Heidenhain Iso

Continúa

Continuación. Tabla 3.1 Lista de controles del postprocesador de PowerMILL.

Referencia fichero opciones máquina	Fabricante (Control Base)
hurco	Hurco
incon	Incon
kryle	Kryle
maho	Maho (Philips 432, 532, y controles DMG MillPlus)
mazak	Yamazaki Machine Tools (Mazak)
matsura	Matsura
mitsu	Mitsubishi
num	Num760F
okuma	Okuma
p28m	Posidata 2800
ph432	Philips 432
r2e3	Bridgeport R2E3
roland	Roland
selca	Selca
servo	Servo
siem850	Siemens 800, 810, 850
sodick	Sodick wire spark
standard	Base Post Processor
tcomp	Tcomp
Tiger	Tiger

El postprocesamiento para versiones nuevas de controles, u otros tipos de control, se puede obtener con el control base apropiado de la lista anterior haciendo, pequeños cambios que se escriben en un archivo option.

3.2 BASES PARA LA PROGRAMACIÓN DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS DE CNC

Estructura de un programa de control numérico ISO 6983 estándar

Un programa de CN es una lista secuencial de instrucciones de maquinado que serán ejecutadas por la máquina de CNC, éste debe tener un nombre o un número identificador. A las instrucciones se les conoce como Código de CNC, las cuales deben contener toda la información requerida para lograr el maquinado de la pieza. Cada movimiento o acción se realiza secuencialmente.

El programa está compuesto por bloques sucesivos, cada bloque debe ser numerado (de no estarlos el control los ejecutará en el orden en que los vaya encontrando) y usualmente contiene un sólo comando.

Estructura de un bloque de programación CNC

No es necesario que estén presentes todos los ítems. Sin embargo, dentro de cada bloque debe mantenerse el siguiente orden:

N G X Y Z (R I J K) F S T M

N: Número de bloque (inicio de bloque)

G: Instrucción de movimiento o preparatoria (Go)

X: Coordenada X

Y: Coordenada Y

Z: Coordenada Z

R: Radio desde el centro especificado

I: Localización en X del centro de un arco

J: Localización en Y del centro de un arco

K: Localización en Z del centro de un arco

F: Velocidad de avance (Feed)

S: Velocidad del husillo (Speed)

T: Número de herramienta (Tool)

M: Función auxiliar

Número de bloque. Es el número de secuencia que identifica una línea de código. Para el programador es importante saber en qué línea de código se encuentra una determinada instrucción cuando se trata de un programa demasiado extenso, esa es la única función que cumple, esto significa que no es de vital importancia para la máquina, sino para quien programa. Por otro lado, también suele utilizarse como un puntero, es decir, una vez termine

el programa o una secuencia del mismo puede volver a repetir una parte de éste, con sólo indicar en qué línea de código debe comenzar, y hasta donde debe hacerlo, entonces se vuelve importante el número de bloque.

Coordenadas X, Y, Z. Se indica primero el eje en el cual hay desplazamiento y luego un valor numérico positivo o negativo (X80 Y50 Z-10), normalmente el signo + no se programa. Puede programarse en forma absoluta (todos los valores están dados respecto del 0,0,0) o incremental (los valores son relativos a la coordenada previa).

R. Define la longitud del radio de un arco.

Coordenadas I, J, K. Coordenadas auxiliares.

Velocidad de avance. Cambia o mantiene la velocidad indicada, esta velocidad se refiere al desplazamiento, es la velocidad con que la máquina recorrerá la pieza que está maquinando, respecto a los desplazamientos en los tres ejes.

Velocidad del husillo. La velocidad de giro de la herramienta dependerá por lo general del material de la pieza que se maquina.

Número de herramienta. El valor que acompañe a T apuntará a una herramienta en especial en el revólver, el cual puede hacer un cambio automático cuando se indica otra herramienta.

Función auxiliar. Las funciones auxiliares producen distintas acciones en el funcionamiento de la máquina. Hay otras que están relacionadas con la ejecución del programa CNC. No pueden ser programadas junto con otras funciones, deben ir en bloques exclusivos y pueden incluirse hasta siete en un mismo bloque. En la tabla 3.2 se presentan las funciones auxiliares más utilizadas.

Tabla 3.2 Funciones M.

Código M	Función Auxiliar
M00	Parada del programa
M01	Parada condicional del programa
M02	Final del programa
M03	Arranque del husillo en sentido horario
M04	Arranque del husillo en sentido anti-horario
M05	Parada del husillo
M06	Cambio de herramienta automático
M07	Activación del refrigerante primario
M08	Activación del refrigerante secundario
M09	Desactivación del refrigerante
M10	Activación del bloqueo de ejes
M11	Desactivación del bloqueo de ejes
M19	Parada orientada del cabezal
M30	Final del programa con reseteo de variables

Instrucción de movimiento o preparatoria. También conocidas como Códigos G, son las más importantes en la programación CNC, ya que controlan el modo en que la máquina va a realizar el maquinado, o el modo en que va a desplazarse sobre la superficie de la pieza que está trabajando.

Los posibles valores que acompañan a este comando, van de 00 a 99, y cada uno tiene una función determinada, los más importantes se presentan en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Funciones G.

Código G	Tipo	Instrucción de Movimiento o Preparatoria
G00	Modal *	Posicionamiento rápido
G01	Modal	Interpolación lineal
G02	Modal	Interpolación circular (helicoidal) en sentido horario
G03	Modal	Interpolación circular (helicoidal) en sentido antihorario
G04		Temporización
G05	Modal *	Arista matada
G06		Interpolación circular con centro arco en coordenadas absolutas

Continúa

Continuación. Tabla 3.3 Funciones G.

Código G	Tipo	Instrucción de Movimiento o Preparatoria
G07	Modal *	Arista viva
G08		Arco tangente a la trayectoria anterior
G09		Interpolación circular definida por tres puntos
G10	Modal *	Anulación de imagen espejo
G11	Modal	Imagen espejo en eje X
G12	Modal	Imagen espejo en eje Y
G13	Modal	Imagen espejo en eje Z
G17	Modal *	Plano XY
G18	Modal	Plano XZ
G19	Modal	Plano YZ
G20		Llamada a sub-rutina estándar
G21		Llamada a sub-rutina paramétrica
G22		Definición de sub-rutina estándar
G23		Definición de sub-rutina paramétrica
G24		Final de definición de sub-rutina
G25		Llamada incondicional
G26		Llamada condicional si es igual a 0
G27		Llamada condicional si es distinto de 0
G28		Llamada condicional si es menor
G29		Llamada condicional si es mayor o igual
G30		Visualizar error definido por K
G31		Guardar origen de coordenadas
G32		Recuperar origen de coordenadas guardado mediante G31
G33	Modal	Roscado electrónico
G36		Redondeo controlado de aristas
G37		Entrada tangencial
G38		Salida tangencial
G39		Achaflanado
G40	Modal *	Anulación de compensación de radio
G41	Modal	Compensación de radio a la izquierda
G42	Modal	Compensación de radio a la derecha
G43	Modal	Compensación de longitud
G44	Modal	Anulación de compensación de longitud
G47	Modal	Bloque único
G48	Modal *	Anulación de bloque único

Continúa

Continuación. Tabla 3.3 Funciones G.

Código G	Tipo	Instrucción de Movimiento o Preparatoria
G49	Modal	Feed programable
G50	Modal	Carga de longitudes de herramienta
G53 - G59	Modal	Traslados de origen
G70	Modal	Programación en pulgadas
G71	Modal	Programación en milímetros
G72	Modal	Escalado definido por K
G73	Modal	Rotación del sistema de coordenadas
G74		Búsqueda de cero máquina
G75		Trabajo con palpador
G76		Creación de bloques
G79	Modal	Ciclo fijo definido por el usuario
G80	Modal *	Anulación de ciclos fijos
G81	Modal	Ciclo fijo de taladrado
G82	Modal	Ciclo fijo de taladrado con temporización
G83	Modal	Ciclo fijo de taladrado profundo
G84	Modal	Ciclo fijo de roscado con macho
G85	Modal	Ciclo fijo de escariado
G86	Modal	Ciclo fijo de mandrinado con retroceso en G00
G87	Modal	Ciclo fijo de cajera rectangular
G88	Modal	Ciclo fijo de cajera circular
G89	Modal	Ciclo fijo de mandrinado con retroceso en G01
G90	Modal *	Programación en coordenadas absolutas
G91	Modal	Programación en coordenadas incrementales
G92		Preselección de cotas
G93		Coordenadas polares
G94	Modal *	Velocidad de avance F en mm/min
G95	Modal	Velocidad de avance F en mm/rev
G96	Modal	Velocidad de avance F superficial constante
G97	Modal *	Velocidad de avance F del centro de la herramienta constante
G98	Modal *	Retroceso al plano de seguridad
G99	Modal *	Retroceso al plano de referencia

Modal significa que una vez que aparece la instrucción, ésta permanece activa hasta que sea reemplazada por otra instrucción o por M02, M30, RESET o EMERGENCIA.

(*) son las instrucciones que, por defecto, asume el control numérico cuando se le inicia, o después de M02, M30, RESET o EMERGENCIA.

En un mismo bloque se pueden programar todas las funciones G que se quiera y en cualquier orden salvo G20, G21, G22, G23, G24, G25, G26, G27, G28, G29, G30, G31, G32, G50, G52, G53 - 59, G72, G73, G74, G92. Estas funciones deben ser programadas en bloques por separado. Si en el mismo bloque se programan funciones incompatibles se detiene la ejecución del programa.

3.3 ANÁLISIS DE ALGUNAS DE LAS FUNCIONES G

G00 Posicionamiento rápido. Son los desplazamientos según las alturas de seguridad a la máxima velocidad de la máquina. Esta altura se define por una cota en Z que asegura que la herramienta podrá desplazarse sin chocar con algún obstáculo. No se pueden programar movimientos G00 interpolados en 2 o más planos (Figura 3.1).

Normalmente se programa primero la salida en Z (por ejemplo la altura de seguridad) y luego, en otro bloque, el reposicionamiento en XY. Para este bloque, la máquina buscará primero la cota X y luego la Y. Es decir, no interpolará. Si bien esta modalidad es la más común, puede variar según las diferentes marcas de control numérico.

La función G00 es modal e incompatible con G01, G02, G03, y G33. En algunos controles G00 no anula la última F programada, en otros sí, por lo que hay que volver a programarla luego de la ejecución de un G00.

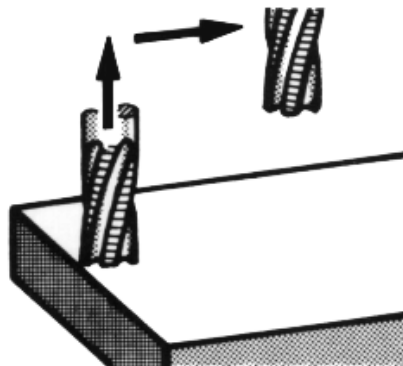


Figura 3.1 Función G00.

G01 Interpolación lineal. Pueden ser movimientos con variación simultánea en los 3 ejes. Esto significa que pueden ser trayectorias espaciales no paralelas a ninguno de los ejes. El CNC calculará las velocidades relativas según cada uno de los ejes, de manera que el resultado de la combinación sea una trayectoria rectilínea. El G01 se ejecuta a la F programada, aunque ésta puede ser luego variada durante la ejecución del programa, es decir que se está cortando el material (Figura 3.2). Normalmente F es modal. G01 no puede ser incluida en un mismo bloque con G00, G02, G03 y G33.

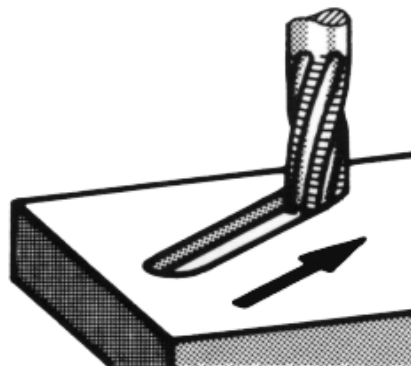


Figura 3.2 Función G01.

G02 y G03 Interpolaciones circulares. Lo que indican estas funciones es que el movimiento será circular, G02 en sentido horario, y G03 en sentido antihorario (Figura 3.3), y que el movimiento debe mantenerse constante a la velocidad programada en F. Sólo pueden ejecutarse en un plano determinado: XY, XZ o YZ.

Hay dos formas de realizar un arco o un círculo, una es utilizando el radio (R) y otra es indicando el centro u origen de la curva por las coordenadas (I, J, K).

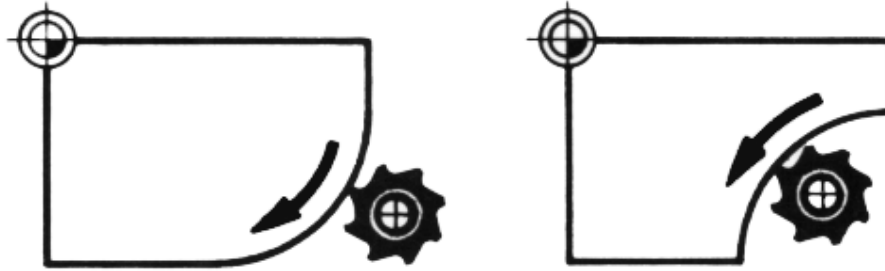


Figura 3.3 Función G02 (a la izquierda) y función G03 (a la derecha).

G05 Arista matada. Cuando se incluye un G05 en un bloque, el CNC comienza la ejecución del bloque siguiente durante el período de desaceleración del bloque anterior. El resultado es un empalme de trayectorias que producen un redondeado de las inflexiones de la trayectoria. El radio de estos redondeos es proporcional al F. Esta función es modal.

G07 Arista viva. Esta función determina que un bloque no sea iniciado hasta que las cotas del bloque anterior no hayan sido alcanzadas. En este caso se producen inflexiones vivas. Esta función es modal.

G08 Arco tangente a la trayectoria anterior. Permite programar un arco tangente a una trayectoria anterior sin aplicar G02/G03. No es modal. No permite círculos completos.

El siguiente segmento de programa crea la trayectoria de la Figura 3.4:

N10 G01 X30 Y20

N20 G08 X50 Y40

N30 G08 X60 Y50

N40 G01 X90

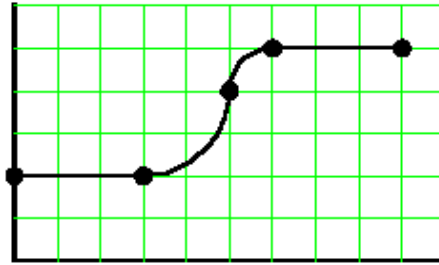


Figura 3.4 Función G08 aplicada.

G09 Interpolación circular definida por tres puntos. Permite programar un arco definiendo el punto final y un punto intermedio. El punto inicial es el definido por el bloque anterior. No es modal. No permite círculos completos. El punto intermedio se programa usando I y J.

El siguiente segmento de programa crea la trayectoria de la Figura 3.5:

```
N10 G01 X10 Y10
```

```
N20 G09 X90 Y30 I40 J40
```

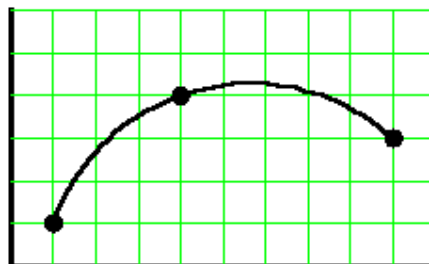


Figura 3.5 Función G09 aplicada.

G10, G11, G12 y G13 Imágenes espejo. G10 Anulación de imagen espejo. G11 Espejo según eje X. G12 Espejo según eje Y. G13 Espejo según eje Z. Este tipo de funciones son ayudas que simplifican la programación CNC. En este caso permiten obtener simetrías sin tener que programar todos los movimientos.

Las funciones Imagen Espejo deben ser entendidas como la ejecución de un bloque anterior con el signo de la cota correspondiente al eje seleccionado, cambiada.

El siguiente segmento de programa crea la trayectoria de la Figura 3.6:

```
N10 G01 X-40 Y20
```

```
N20 X-20 Y40
```

```
N30 X0
```

```
N40 G11
```

```
N50 G25 N10.30
```

```
N60 G10
```

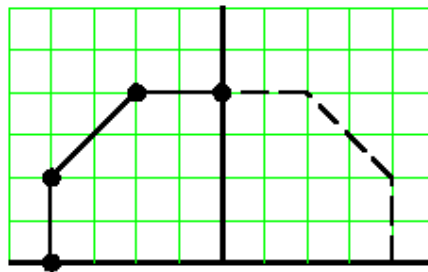


Figura 3.6 Funciones G10, G11 y G25 aplicadas.

Los primeros tres bloques definen una figura poligonal. N40 llama a ejecutar una Imagen Espejo cambiando las coordenadas en X. N50 indica que se hará espejo a los bloques, desde el N10 al N30 inclusive, G25 es una llamada específica para este tipo de instrucción. En N60, G10 anula la imagen espejo.

G17, G18 y G19 Selección del plano. Cuando la máquina trabaja en 3D, se tendrán tres vistas o caras de trabajo, es decir, se está trabajando en los tres ejes, entonces es importante conocer en qué lado se encuentra trabajando (Figura 3.7). Cuando trabaja en 2D, los planos XZ (G18), YZ (G19) no existirán, sólo se queda con el plano XY (G17).

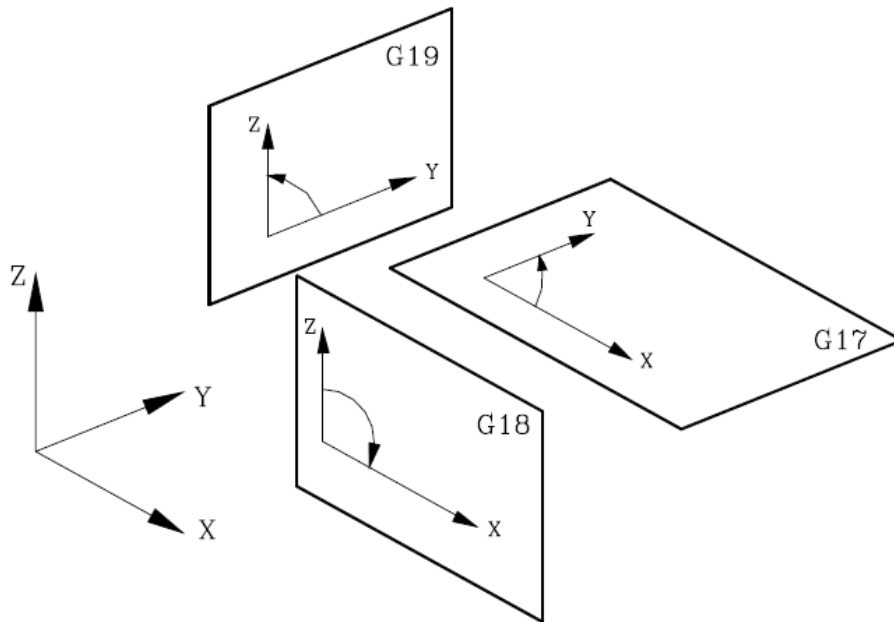


Figura 3.7 Funciones de selección del plano G17, G18 y G19.

G31 y G32 Guardar y recuperar origen de coordenadas. G31 permite guardar el origen de coordenadas que se esté utilizando para establecer un nuevo origen con G53/G59. En caso de ser necesario volver al origen inicial, se programará un G32. Esta función recupera los datos guardados con un G31.

G36 Redondeo controlado de aristas. Permite redondear inflexiones de la trayectoria en forma controlada sin necesidad de programar interpolaciones circulares.

Debe programarse en el bloque de la trayectoria cuyo final se quiere redondear. El radio del redondeo debe ser positivo. G36 no es modal.

El siguiente segmento de programa crea la trayectoria de la Figura 3.8:

```
N10 G36 R20 G01 X80 Y50
```

```
N20 Y0
```

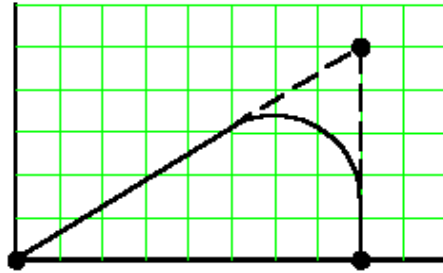


Figura 3.8 Función G36 aplicada.

G37 Entrada tangencial. Esta función permite empalmar tangencialmente la trayectoria definida en el bloque siguiente. Se utiliza para evitar que la herramienta deje marcas indeseables en la pieza. Es el caso típico de maquinado de superficies convexas (ejemplo machos) en los que la herramienta ataca lateralmente al material.

El siguiente segmento de programa crea la trayectoria de la Figura 3.9:

```
N10 G37 R10 G01 X40 Y20
```

```
N20 G02 X100 Y20 I30 J0
```

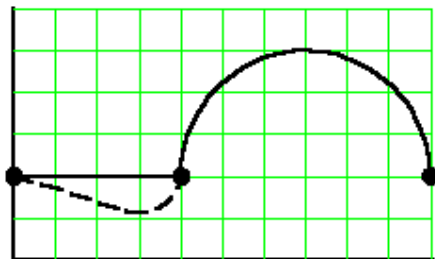


Figura 3.9 Función G37 aplicada.

La trayectoria resultante es la de la línea punteada. Sólo se puede programar G37 en un G01 o en un G00. $R=2r$ de la fresa o mayor.

G38 Salida tangencial. Permite salir tangencialmente de una trayectoria. Se utiliza para evitar que la herramienta deje marcas indeseables en el maquinado de piezas convexas.

El siguiente segmento de programa crea la trayectoria de la Figura 3.10:

```
N10 G38 R10 G02 X60 Y20 I30 J0
```

```
N20 G01 X100
```

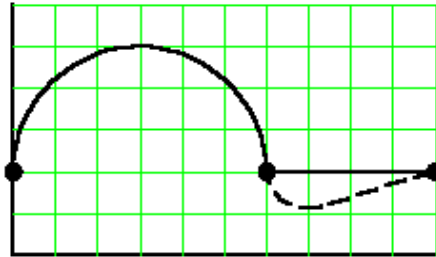


Figura 3.10 Función G38 aplicada.

La trayectoria resultante es la de la línea punteada. G38 debe programarse en el bloque del que se sale.

G39 Achaflanado. Esta función permite empalmar dos trayectorias rectas mediante una tercera, también recta, sin necesidad de calcular los puntos de intersección.

El siguiente segmento de programa crea la trayectoria de la Figura 3.11:

```
N10 G39 R30 G01 X90 Y30
```

```
N20 X20 Y10
```

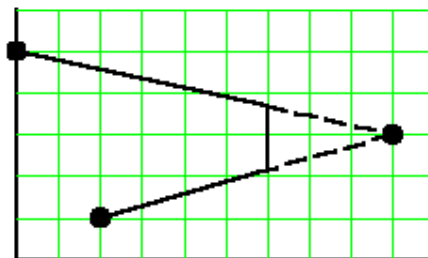


Figura 3.11 Función G39 aplicada.

R especifica la distancia entre el comienzo y el final del chaflán y la intersección de las dos trayectorias.

G40, G41 y G42 Compensación de radios de herramienta. G40 Anulación de compensación de radio de herramienta. G41 Compensación de radio a la derecha de la trayectoria. G42 Compensación de radio a la izquierda de la trayectoria. Supongamos que se quiere maquinar un cubo de 100 mm de lado con una fresa de $\varnothing 20$. Como las trayectorias de CNC están definidas por el "Tip" de la herramienta (su punto central más bajo), habría que recalcular la trayectoria 10 mm por fuera del cubo. De no hacerlo así, y de programar por las líneas que definen el cubo, se obtendría una forma de 90 mm de lado. Recalcular las trayectorias para obtener un cubo puede no resultar difícil. Pero hacerlo para una forma compleja puede ser muy complicado.

Aplicando las funciones de compensación de radio, no es necesario este recálculo. Para ello la herramienta debe estar especificada en el inicio del programa con el formato Txx.yy.

xx es el número de dos dígitos con el que determinada herramienta está archivada (en el momento en el que se configura el CNC puede crearse una tabla de herramientas disponibles).

yy es un valor de corrección del \varnothing nominal de la herramienta. Estas correcciones son normalmente necesarias por cuestiones de desgaste. Estos valores de corrección también están archivados en la memoria permanente del CNC.

Luego de programados un G41/G42, podrán programarse las trayectorias según las dimensiones finales de la pieza. Deben ser incluidos en el bloque anterior a aquel que se quiera ejecutar con compensación. Estas funciones son anuladas por un G40. Esta anulación debe ser incluida en el bloque que define la última trayectoria compensada. Sólo se puede incluir un G40 en una trayectoria rectilínea.

G53 a G59 Traslados de origen. En ciertos trabajos de maquinado puede resultar útil trasladar el origen de coordenadas a otro punto de la pieza. Por ejemplo, cuando se quiere

repetir una forma en otro(s) lugar(es). Normalmente en un único programa se pueden introducir hasta 7 cambios de origen. El formato de aplicación es el siguiente:

N10 G53 X... Y... Z... (se crea un nuevo origen)

N10 G53 (se aplica el nuevo origen creado en el bloque anterior)

Estas funciones se usan normalmente en combinación con G31/G32 (ya analizadas).

G72 Factor de escalado. Esta función permite agrandar o reducir las dimensiones de una pieza sin cambiar el programa. Se puede aplicar de dos maneras:

N10 G72 K+/-2.4

K es el factor por el que se multiplicaran todas las cotas. Este modo escala la pieza según los tres ejes.

N10 G72 X+/-2.4

Este modo escalará la pieza según el factor K sólo en el eje X. De la misma manera pueden escalarse Y o Z. Normalmente esta función no debe aplicarse en programas que apliquen compensaciones de herramienta.

G73 Rotación del sistema de coordenadas. Esta función es una ayuda de programación similar a las de espejo. En este caso permiten reproducir un maquinado ya programado rotándolo respecto del origen de coordenadas.

El siguiente segmento de programa crea la trayectoria de la Figura 3.12:

(del bloque anterior) X-20 Y0

N10 G03 X-50 I-15 J0

N20 G01 X-20

N30 G73 A-45

N40 G25 N10.20.3

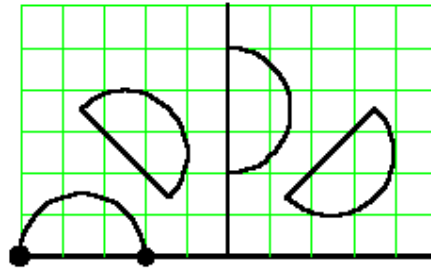


Figura 3.12 Función G73 aplicada.

A es el ángulo de rotación. En el ejemplo tiene el signo (-) porque la programación CNC toma por defecto como positivo el sentido antihorario, y como negativo el sentido horario. La función G25 llama a repetirse a los bloques definidos por N, o sea los bloques del 10 al 20. El tercer dígito (3) indica la cantidad de veces que se repetirá la rotación. Nótese que el valor de A es incremental.

Ciclos fijos. Los ciclos fijos permiten, en un único bloque, definir una serie de operaciones cíclicas propias de un maquinado determinado. Los ciclos fijos más comunes son los de taladrado y los de cajera.

G81 Ciclo fijo de taladrado. Los bloques de ciclo fijo de taladrado tienen el siguiente formato:

```
N4 G81 G98/99 X/Y/Z+/-4.3 I+/-4.3 K2.2 N2
```

G81: Código del ciclo fijo.

G98: Retroceso al plano de referencia (normalmente ubicado cerca de la superficie de la pieza).

G99: Retroceso al plano de seguridad.

X/Y/Z: Si se trabaja en el plano XY (G17), X e Y definen el punto donde se hará la primera perforación. Z define el plano de referencia antes mencionado. Si se trabaja en absolutas, Z define la distancia desde el cero pieza. Si se trabaja en incrementales, Z define la distancia desde el plano de seguridad.

I: Define la profundidad de la perforación. Si se trabaja en absolutas I define la distancia desde el cero pieza. Si se trabaja en incrementales I define la distancia desde el plano de referencia

K: Define el tiempo de espera en el fondo de la perforación antes de iniciarse el retroceso. Valores en segundos.

N: Define el número de veces que se repetirá el ciclo fijo. Si no se programa N, el ciclo se ejecuta N1. Repeticiones mayores a 1 sólo tiene sentido si se trabaja en incrementales.

G 83 Ciclo fijo de taladrado profundo. Este tipo de ciclo fijo se aplica cuando, por la profundidad de la perforación, es necesario levantar cíclicamente la broca para que se descargue la viruta.

Los bloques de ciclo fijo de taladrado profundo tienen dos formatos posibles.

La primera es:

N4 G83 G98/99 X/Y/Z+/-4.3 I+/-4.3 J2 N2

La diferencia con G81 está en que I define cada cota de penetración en incrementales. J define la cantidad de penetraciones según el incremento I.

La segunda es:

N4 G83 G98/99 X/Y/Z+/-4.3 I+/-4.3 B4.3 C4.3 D4.3 H4.3 J2 K2.2

I: Profundidad total del maquinado. En absolutas, respecto del cero pieza. En incrementales, respecto del plano de referencia.

B: Profundización incremental para cada paso (valor positivo).

C: Distancia de la profundización anterior para bajar en G00.

D: Distancia entre el plano de referencia y la superficie de la pieza.

H: Distancia de retroceso en G00. Si no figura retrocede hasta el plano de referencia.

J: Cada cuantas penetraciones hay retroceso hasta el plano de referencia.

K: Tiempo en segundos antes de iniciarse un retroceso.

Ciclos fijos de cajeras. Se denomina cajeras (Pockets) a las operaciones de vaciado de formas cerradas. Pueden ser cajeras rectangulares o cajeras circulares. En estas operaciones la herramienta no sólo recorre el contorno de la figura sino que además realiza todos los movimientos necesarios para retirar el material comprendido dentro de la figura.

G87 Cajera rectangular. El formato del bloque de esta función es el siguiente:

N4 G87 X/Y/Z+/-4.3 I+/-4.3 J+/-4.3 K+/-4.3 B4.3 C4.3 D4.3 N2

X/Y/Z: Cotas del centro de la cajera.

I: Profundidad total de la cajera. En absolutas, respecto del cero pieza. En incrementales, respecto del plano de referencia.

J: Distancia en X desde el centro al borde de la cajera.

K: Distancia en Y desde el centro al borde de la cajera.

B: Profundización incremental por pasada.

C: Incremento lateral (Step-over).

D: Distancia entre el plano de referencia y la superficie de la pieza.

N: Número de veces que se repetirá el ciclo. Sólo en G91.

G88 Cajera circular. Tiene el mismo formato de la cajera rectangular. Se diferencia en que J define el radio de la cajera y no se incluye el valor K.

D: Distancia entre el plano de referencia y la superficie de la pieza.

N: Número de veces que se repetirá el ciclo. Sólo en G91.

G90 y G91 Modos de desplazamiento. Es muy importante comprender estas dos funciones, ya que de ellas dependerá el modo en que la máquina deberá desplazarse sobre cada eje.

Cuando hablamos de las coordenadas X, Y y Z, los valores que acompañan a cada coordenada son los desplazamientos sobre cada eje, ahora, la máquina debe tener siempre un punto de referencia. Por lo general, el punto de referencia es la coordenada 0,0 también conocida como punto de origen, o punto cero.

La función G90 indica modo absoluto, es decir que todos los valores de las coordenadas X, Y serán referidos a ese punto de origen.

La función G91 indica modo incremental o relativo, o sea, utilizará el punto cero sólo cuando comience el trazado, de allí en adelante, el último punto, se convertirá en punto de origen para el próximo desplazamiento.

En la Figura 3.13 se muestra una trayectoria que va de izquierda a derecha, a pesar de que se trata del mismo recorrido, las instrucciones de trazado serán distintas, en un caso se hará en modo absoluto (G90), y en el otro en modo incremental o relativo (G91).

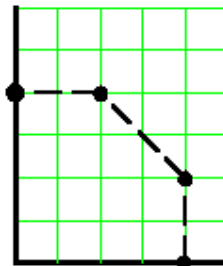


Figura 3.13 Recorrido de trayectoria de izquierda a derecha.

Desplazamiento absoluto:

N0000 G90 G00 X0 Y4

N0010 G01 X2

N0020 X4 Y2

N0030 X4 Y0

N0040 G00 X0 Y0

Bloque N0000: G90, los desplazamientos que siguen serán referidos al punto 0,0; G00, el desplazamiento será rápido, sin realizar cortes; se debe dirigir al punto X=0, Y=4.

Bloque N0010: G01, el movimiento es realizando corte; se debe dirigir hasta el punto X=2.

Bloque N0020: continúa cortando hasta el punto X=4, Y=2.

Bloque N0030: continúa cortando hasta el punto $X=4, Y=0$.

Bloque N0030: G00, movimiento sin corte y rápido; desplazarse hasta el punto $X=0, Y=0$
(regresa al punto de origen 0,0)

Desplazamiento incremental:

N0000 G91 G00 X0 Y4

N0010 G01 X2

N0020 X2 Y-2

N0030 X0 Y-2

N0040 G00 X-4

Bloque N0000: G91, los desplazamiento que siguen serán en modo incremental; G00, el desplazamiento será rápido, sin realizar cortes; se debe mover 4 puntos en el eje Y, llega al primer punto (0,4).

Bloque N0010: G01, el movimiento es realizando corte; debe moverse 2 puntos en el eje X, alcanza el punto (2,4).

Bloque N0020: desplazarse 2 puntos en el eje X, y -2 puntos en el eje Y, llega al punto (4,2).

Bloque N0030: desplazarse -2 puntos en el eje Y, llega al punto (4,0).

Bloque N0040: G00, el desplazamiento será rápido, sin realizar cortes; desplazarse 4 puntos hacia atrás en el eje X, regresa al punto de origen (0,0).

Como se habrá observado en la lista completa de las funciones de programación CNC, existen muchas otras que no han sido explicadas en este apartado. Las mismas corresponden a operaciones de ejecución circunstancial y rara vez son aplicadas. Las funciones explicadas son las de utilización más frecuente ^[16] ^[17].

3.4 EJES ADICIONALES EN MÁQUINAS HERRAMIENTAS DE CNC

Una máquina CNC de cualquier tipo puede ser diseñada con uno o más ejes adicionales. Para aplicaciones donde se necesita rotar la pieza o hacer operaciones divisorias los ejes adicionales son definidos como ejes A, B y C y se relacionan con el eje alrededor del cual giran X, Y o Z en el orden respectivo.

Las operaciones de fresado pueden ser categorizadas según el número de ejes que se utilizan para maquinar: fresado de 2 ½ ejes (2.5D), fresado de 3 ejes (3D), fresado de 4 ejes y fresado de 5 ejes.

Fresado de 2 ½ ejes. La herramienta puede moverse en las dimensiones X e Y, mientras que el nivel Z es fijado a una altura determinada (Figura 3.14). Este tipo de maquinado es útil para extrusiones de curvas sobre el eje Z, porque tienen lados rectos que se trabajan fijando la herramienta a un nivel Z inicial, realizando las trayectorias de corte en XY, entonces se repite el movimiento de corte en siguiente nivel en Z.

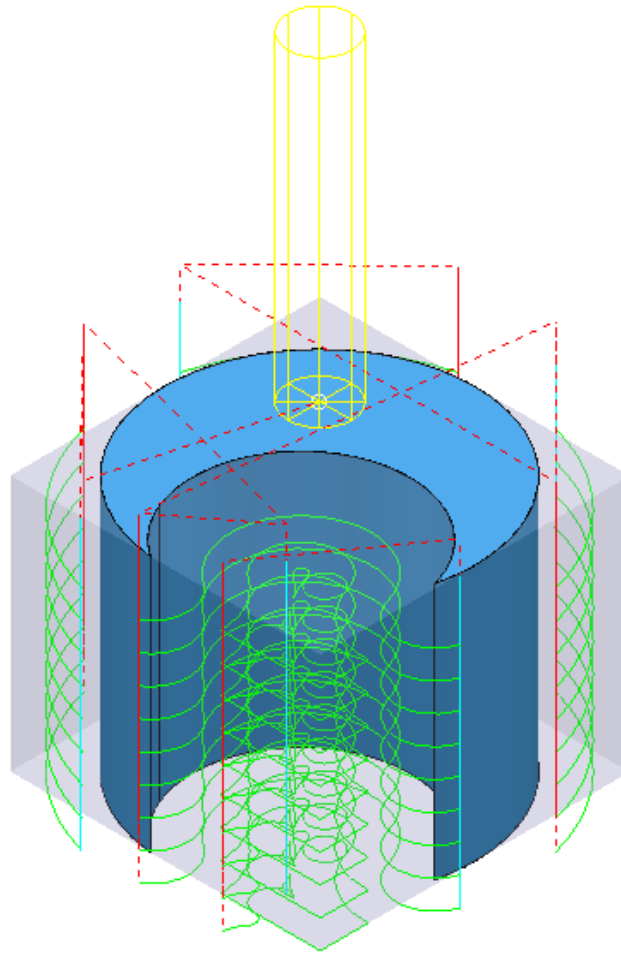


Figura 3.14 Fresado de 2 ½ ejes.

Fresado de 3 ejes. La herramienta puede moverse simultáneamente en las tres dimensiones (Figura 3.15). Este movimiento es apropiado para maquinar piezas con superficies complejas, curvadas y no verticales.

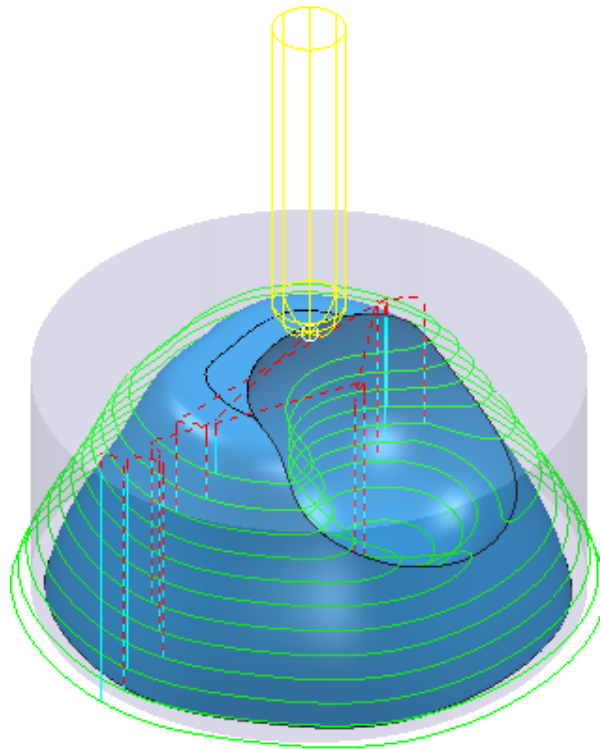


Figura 3.15 Fresado de 3 ejes.

Fresado de 4 ejes. La herramienta permanece normal a su eje giratorio y la pieza rota alrededor del eje X (A) o alrededor del eje Y (B), tal como se presenta en la Figura 3.16.

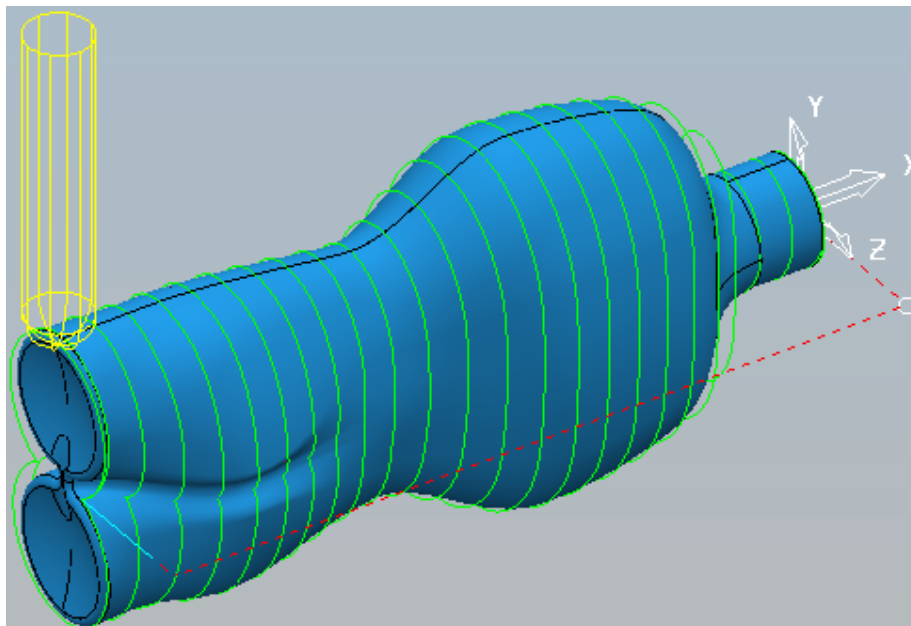


Figura 3.16 Fresado de 4 ejes, rotando alrededor del eje X.

Fresado de 5 ejes. También conocido como maquinado 3+2. Donde dos ejes de la herramienta son orientados a un cierto ángulo y entonces se utiliza una combinación de maquinado 2.5D y 3D (Figura 3.17) ^[15].

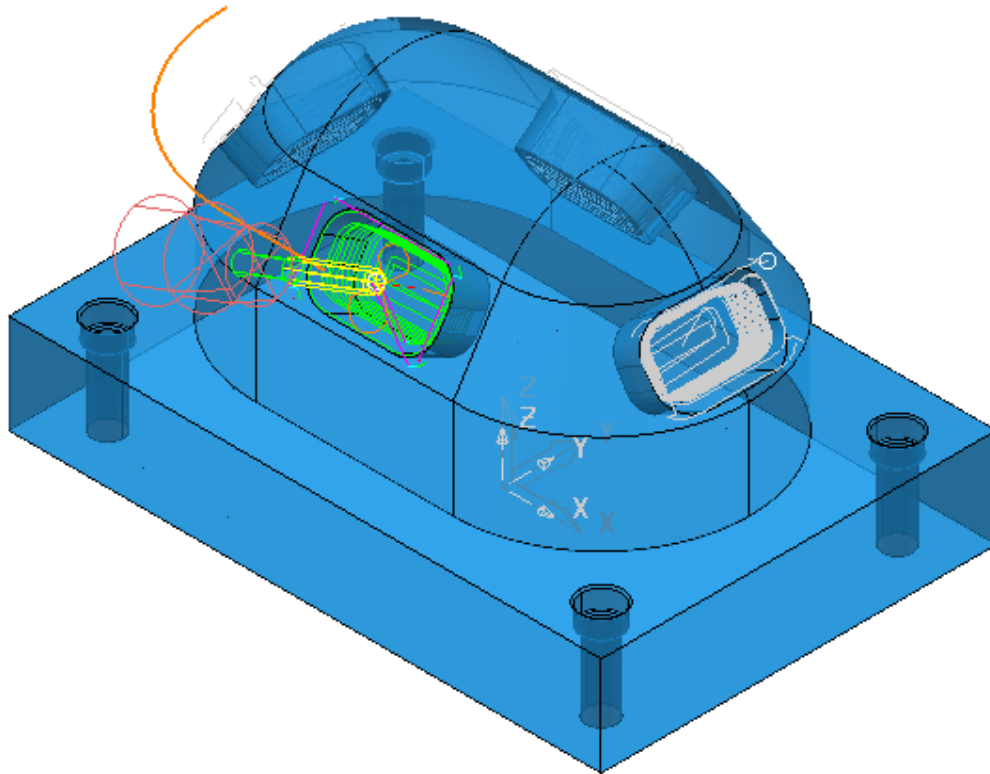


Figura 3.16 Fresado de 5 ejes.

CONCLUSIONES

- ❖ Que los sistemas CAD comparten una misma base de representación de objetos por computadora, ya que en el modelado, se permite diseñar a partir de un conjunto de objetos geométricos desde formas simples en un plano hasta complejas figuras en el espacio 3D. Así el aprendizaje del sistema CAD PowerSHAPE permitirá una asimilación más rápida que cualquier otro sistema CAD.
- ❖ El sistema CAM PowerMILL está orientado al maquinado fresado CNC de los modelos creados en PowerSHAPE, en éste se puede realizar la comprobación del maquinado por medio de diferentes modalidades de simulación y la escritura del programa de CN para ser enviado a una máquina de CNC.
- ❖ El aprendizaje de PowerSHAPE comprende la asimilación de los tres tipos de modelado posibles con sus respectivas herramientas de creación y edición: modelado de alambres, modelado de superficies y modelado de sólidos, los cuales son presentados en la propuesta de manual de introducción al aprendizaje de PowerSHAPE, en el Capítulo II, Sección 2.2.
- ❖ Con el software PowerMILL se realiza el proceso de fabricación de un modelo con el consiguiente análisis y toma de decisiones en la elección de herramientas, operaciones de maquinado, condiciones de corte, simulación y postprocesado de la información para obtener el programa de control numérico, mostrando así algunas funciones con las que cuenta en la propuesta de manual de introducción al aprendizaje de PowerMILL, en el Capítulo II, Sección 2.4.
- ❖ Las asignaturas en las cuales se puede dar una orientación y utilización de estos softwares son Procesos de Fabricación I y II, Diseño de Elementos de Máquinas I, II y III, así como en la asignatura técnica electiva Maquinado CNC.

RECOMENDACIONES

- ❖ Para el modelado de objetos que requieren una mayor profundización en el uso de las herramientas de PowerSHAPE se puede consultar en los manuales proporcionados por el fabricante, asimismo para PowerMILL el dominio de sus herramientas avanzadas se logrará consultando los respectivos manuales.
- ❖ Poner a disposición de los alumnos de las asignaturas involucradas en la utilización de los softwares, las computadoras con licencia para el aprendizaje y realización de tareas afines.
- ❖ Actualizar el aprendizaje de los softwares periódicamente con los manuales de versiones más recientes, proporcionados por los distribuidores.
- ❖ Adquirir una máquina fresadora CNC o un centro de maquinado universal para llevar a la práctica el maquinado de los modelos creados en PowerSHAPE y los programas de control numérico desarrollados sobre los mismos con PowerMILL.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] [http://es.wikipedia.org/wiki/Historia_del_CAD_\(Computer_Aided_Design\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Historia_del_CAD_(Computer_Aided_Design))
- [2] “Principles of Computer Aided Design” Curso cortesía de Delcam plc 2006
- [3] <http://www.elcad.asp.htm>
- [4] <http://lsi.ugr.es/~cad/teoria/Tema1/RESUMENTEMA1.PDF>
Diseño asistido por ordenador
4ª Curso Ingeniería Informática
Departamento Lenguajes y Sistemas Informáticos
Ingeniería Informática
Universidad de Granada
- [5] <http://lsi.ugr.es/~cad/teoria/Tema1/RESUMENTEMA2.PDF>
Diseño asistido por ordenador
4ª Curso Ingeniería Informática
Departamento Lenguajes y Sistemas Informáticos
Ingeniería Informática
Universidad de Granada
- [6] <http://lsi.ugr.es/~cad/teoria/Tema1/RESUMENTEMA4.PDF>
Diseño asistido por ordenador
4ª Curso Ingeniería Informática
Departamento Lenguajes y Sistemas Informáticos
Ingeniería Informática
Universidad de Granada
- [7] www.es.wikipedia.org/wiki/Spline
- [8] <http://es.wikipedia.org/wiki/B-spline>
- [9] <http://es.wikipedia.org/wiki/NURBS>
- [10] http://ingenierias.uanl.mx/10/pdf/10_Eugenio_Lopez_et_al_Generacion_Co.pdf
Generación de código de maquinado en 3D para modelos basados en mallas
F. Eugenio López G., Rafael Colás O., Francisco Ramírez C., Klaus Rall
Ingenierías, Revista de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad
Autónoma de Nuevo León
Vol. IV, No. 10
Enero-Marzo 2001
ISSN 1405-0676

- [11] http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lis/arguelles_g_r/capitulo2.pdf
Argüelles García, R.
Implementación de un sistema para la manipulación y visualización de poliedros basado en árboles octales
Tesis Licenciatura. Ingeniería en Sistemas Computacionales.
Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Escuela de Ingeniería
Universidad de las Américas-Puebla.
Cholula, Puebla, México, 16 de Enero de 2001
- [12] http://fstroj.utc.sk/journal/engl/papers/025_2002.pdf
Computer Aided Manufacturing – Inseparable part of CAD/CAM/CAE systems
Jozef Novák-Marcincin, Anton Petík
WEB Electronic Journal
CA Systems in Production Process Planning
University of Zilina, Slovakia and Cracow University of Technology, Poland
ISSN 1335-3799
- [13] www2.webng.com/automatizacion/Automatizacion/cim_apm.pdf
Manufactura Integrada por Computadora - CIM
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecatrónica
Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú
- [14] Manuales PowerSHAPE 8.0
- [15] Manuales PowerMILL 10
- [16] <http://www.gulmi.com.ar/iso.pdf>
- [17] <http://r-luis.xbot.es/cnc/index.html>

GLOSARIO

Avance por diente: velocidad de corte por dientes, medido en mm o pulgadas dependiendo de la configuración de las unidades (mm/diente, pulg/diente). El avance por diente representa la distancia que recorre la herramienta mientras un diente en concreto está implicado en el corte. En los cálculos, este valor es representado por el símbolo f_z . El avance por diente es determinado por la construcción de la herramienta, y puede ser limitado por la resistencia de los bordes de corte o la capacidad de la herramienta para eliminar la viruta. Este valor es utilizado para calcular la velocidad de avance.

Avance rasante: medido en mm o pulgadas por minuto dependiendo de la configuración de las unidades (mm/min, pulg/min).

Control Numérico (CN): programa, en donde cada línea es referida como un bloque de instrucciones, el cual consiste en un código alfanumérico que define el trabajo a efectuar por la máquina-herramienta.

Control Numérico Computarizado (CNC): preparación de los datos y de los programas para el control de las máquinas de control numérico para la producción automatizada.

Diseño Asistido por Computadora (CAD): proceso de definición de un modelo por representación, edición y visualización del mismo.

Espesor: es la cantidad de material extra especificado que se deja dentro de la tolerancia de maquinado, se aplica como un offset a la herramienta en todas las direcciones.

Espesor Radial: es la cantidad de material extra especificado que se deja dentro de la tolerancia de maquinado, se aplica como un offset a la herramienta radialmente.

Espesor Axial: es la cantidad de material extra especificado que se deja dentro de la tolerancia de maquinado, se aplica como un offset a la herramienta, sólo en la dirección del eje de la herramienta.

Fabricación Asistida por Computadora (CAM): uso de computadoras y tecnología de cómputo para ayudar en todas las fases de la manufactura de un producto, incluyendo la planificación del proceso y la producción, maquinado, calendarización, administración y control de calidad, con una intervención del operario mínima.

Giro del cabezal o husillo: rotación del cabezal, medido en revoluciones por minuto (rpm). En los cálculos, este valor es representado por el símbolo n . El giro del cabezal o husillo representa la velocidad angular de la herramienta de fresado en el husillo.

Modelo: representación de un objeto con características propias por medio de una computadora.

Operadores Booleanos: es una estructura algebraica que rigoriza las operaciones lógicas Y, O y NO, así como el conjunto de operaciones unión, intersección y complemento.

Paso horizontal: distancia entre pasadas de maquinado adyacentes a una misma altura en Z.

Paso vertical: distancia entre los niveles o pasadas sucesivas de maquinado con decremento en la altura Z.

Profundidad de corte axial: profundidad del corte medido según el eje de la herramienta en mm o en pulgadas dependiendo de la configuración de las unidades (mm, pulg). En los cálculos, este valor es representado por el símbolo a_a . El valor máximo es limitado por la longitud de los dientes de una herramienta sólida o por los insertos en la herramienta. Normalmente este valor es utilizado para establecer el paso vertical máximo para el desbaste y el maquinado a Z constante.

Profundidad de corte radial: profundidad del corte medida en relación a la normal del eje de la herramienta, medida en mm o en pulgadas dependiendo de la configuración de las unidades (mm, pulg). En los cálculos, este valor es representado por el símbolo a_r . Normalmente este valor es utilizado para establecer el paso horizontal para el maquinado.

Tolerancia: precisión con que la trayectoria de maquinado sigue la forma definida por la pieza de trabajo.

UDH: Unidades del Diámetro de la Herramienta (TDU, Tool Diameter Units), distancia relativa al diámetro de la herramienta (como un porcentaje del diámetro de la herramienta).

Velocidad de avance: velocidad de avance medido en mm o pulgadas por minuto dependiendo de la configuración de las unidades (mm/min, pulg/min). La velocidad de avance representa la distancia recorrida por la herramienta contra la pieza por unidad de tiempo. En los cálculos, este valor es representado por el símbolo V_f .

Velocidad de carga: velocidad de la herramienta lista para los movimientos de corte, cuando se está introduciendo al material, medidos en mm o pulgadas por minuto dependiendo de la configuración de las unidades (mm/min, pulg/min). Estos son movimientos verticales. En los cálculos, este valor es representado por el símbolo V_p .

Velocidad superficial o de corte: velocidad de la herramienta cuando el material es maquinado, medido en metros o pulgadas por minuto dependiendo de la configuración de las unidades (m/min, pulg/min). En cálculos, este valor es representado por el símbolo V_c . La velocidad superficial representa el avance al que los bordes de corte de la herramienta pueden ser conducidos a través del material. Este valor es utilizado para calcular el giro del cabezal o husillo.