

PROYECTO FIN DE CARRERA

MANUAL PARA EL USO DEL PROGRAMA “*CNC SIMULATOR*” EN OPERACIONES DE FRESADO.



INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL MECÁNICA

TUTORA: D^a ISABEL GONZÁLEZ FARIAS

AUTOR: D. ESTEBAN MELCHOR GÓMEZ-GORDO



ÍNDICE:

ÍNDICE:	1
CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN	2
1.1.-DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
1.2.-OBJETIVO	3
1.3.-ESTRUCTURA	4
CAPÍTULO 2: INTRODUCCIÓN AL CONTROL NUMÉRICO	5
2.1.-INTRODUCCIÓN AL CONTROL NUMÉRICO	5
2.2.-MÁQUINAS HERRAMIENTA DE CONTROL NUMÉRICO	7
2.3.-SISTEMAS DE SUJECCIÓN EN OPERACIONES DE FRESADO	10
2.4.-HERRAMIENTAS PARA FRESADO	13
CAPÍTULO 3: PROGRAMACIÓN DE CONTROL NUMÉRICO	15
3.1.-INTRODUCCIÓN A LA PROGRAMACIÓN	15
3.2.-FUNCIONES PREPARATORIAS (G)	17
3.3.-CICLOS FIJOS (G) (No disponibles en CNC Simulator)	32
3.4.-FUNCIONES AUXILIARES (M)	36
CAPÍTULO 4: PROGRAMA “CNC SIMULATOR” PARA OPERACIONES DE FRESADO	37
4.1.- INTRODUCCIÓN AL PROGRAMA “CNC SIMULATOR”	37
4.2.- VENTANA DE EDICIÓN Y VENTANA DE ESTADO	39
4.3.- VENTANA DE SIMULACIÓN	40
4.4.- BARRA DE HERRAMIENTAS	42
4.5.- ACTUALIZACIÓN DE “CNC SIMULATOR”	56
CAPÍTULO 5: INTRODUCCIÓN AL MANUAL	58
CAPÍTULO 6: EJEMPLOS DE PROGRAMACIÓN	59
6.1.- EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN Nº 1	59
6.2.- EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN Nº 2	61
CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO	62
CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFÍA	63
8.1.- BIBLIOGRAFÍA IMPRESA	63
8.1.- BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA	64



CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN

1.1.-DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En este proyecto se presenta toda la información necesaria para el manejo del programa “CNC Simulator” en operaciones de fresado. Este programa es una herramienta informática para la programación de operaciones de fabricación por control numérico.

El control numérico es, por concepto, el control de posicionamiento y movimiento de un dispositivo mecánico móvil mediante órdenes elaboradas automáticamente a partir de informaciones proporcionadas a través de una programación humana (las cuales tiene que cumplir) y otras informaciones proporcionadas por el propio dispositivo (útiles para el cumplimiento óptimo de las órdenes humanas proporcionadas). Su empleo para tareas de fabricación ha dado como resultado la fabricación por control numérico.

La fabricación por control numérico y su evolución son el resultado del desarrollo de las operaciones de mecanizado, en su búsqueda de una mayor productividad y calidad, entendidos estos conceptos como el resultado de una mayor rapidez, precisión y flexibilidad de la máquina herramienta. Estas mejoras repercuten también en una producción más económica.

El programa “CNC Simulator”, en el que se basa el proyecto, es una herramienta informática que permite la programación de esas órdenes que necesita una máquina de control numérico. Esta programación mediante este programa es realizable independientemente a la máquina, es decir, en un computador externo. El programa elaborado puede ser exportado a la máquina mediante hardware extraíble lo cual hace independientes la máquina y el programa de ordenador.

Además, el programa “CNC Simulator” permite la visualización de las operaciones mediante una simulación gráfica, pudiéndose detectar problemas de trayectorias y corregirlos antes de trabajar con la máquina herramienta, evitando errores y mejorando por tanto la productividad de la máquina que puede trabajar en otros procesos sin necesidad de ser parada erróneamente. Todo esto nos hace considerar este tipo de programas como herramientas útiles para una mejora de la productividad y un mejor control y análisis de operaciones que permita una gestión de los equipos y una organización de la producción más fiable, rentable y por tanto económica para las empresas de fabricación.



1.2.-OBJETIVO

El objetivo de este proyecto es el de proporcionar una fuente de información a los posibles usuarios del programa “CNC Simulator” en operaciones de fresado.

Esta información se presenta en la presente guía en la cual se incluye a demás de información específica de la programación, un breve análisis de las máquinas de control numérico.

Además, se incluye toda la información necesaria para la programación en operaciones de fresado en el programa “CNC Simulator” en una guía electrónica programada en “Visual Basic” que incluye una descripción de las funciones programables y una guía para el trabajo y navegación por el programa y sus opciones.

Este proyecto está dirigido principalmente a tareas docentes dentro del ámbito universitario ya que las asignaturas con estos temas en su programa, como “*Tecnología Mecánica*” de ITI Mecánica, dispone para las sesiones prácticas de un programa muy obsoleto, ejecutado en MS-DOS y apto solamente para programación de tareas de torneado. Por este motivo se propone este proyecto para facilitar la introducción en este ámbito del programa “*CNC Simulator*”, por su sencillez a pesar de su gran operatividad en mecanizado tanto con torno como con fresa y su carácter gratuito.



1.3.-ESTRUCTURA

Como se ha visto, hasta este punto se ha pretendido realizar una introducción del tema fundamental de este proyecto, así como una explicación de los contenidos y estructura del mismo para una mejor comprensión y un seguimiento más fácil de la información que éste contiene.

En el siguiente capítulo (2) se expone una introducción al control numérico empleado en fabricación, incluyendo un breve paso por su evolución histórica y una descripción del tipo de máquinas y los utillajes empleados en operaciones de fresado.

Ya en el capítulo 3 se procederá a explicar las bases de programación por control numérico y se realizará un análisis detallado de las funciones programables que pueden ser empleadas para programar operaciones de fresado incluyendo funciones preparatorias (G) y funciones modales (M).

El capítulo 4 explican las distintas opciones del programa *"CNC Simulator"*. Se presenta una descripción de sus menús y de las opciones relacionadas con el mecanizado por fresado.

En el capítulo 5 se describe brevemente la estructura que tendrá el manual desarrollado en Visual Basic.

En el Capítulo 6 se muestran algunos ejemplos realizados con *"CNC Simulator"*, los cuales han sido tomados del libro de problemas (pones el título).

Por último se dan las conclusiones y futuras líneas de trabajo (capítulo 7) y se detalla la bibliografía consultada (capítulo 8).



CAPÍTULO 2: INTRODUCCIÓN AL CONTROL NUMÉRICO

2.1.-INTRODUCCIÓN AL CONTROL NUMÉRICO

Como se ha dicho anteriormente, el control numérico es el control de posicionamiento y movimiento de un dispositivo mecánico mediante órdenes proporcionadas de tal forma que la máquina pueda asimilarlas y realizarlas. Como veremos a continuación, se ha evolucionado desde tarjetas perforadas a la programación actual mediante computadores.

En el origen del control numérico está la necesidad de aumentar la productividad con un menor requerimiento de mano de obra. En este sentido, la automatización de los procesos ha sufrido un desarrollo continuo desde que en 1725 empezases a funcionar en Inglaterra las primeras máquinas de tejer controladas por tarjetas perforadas en las que se plasmaban las órdenes necesarias en ese primitivo formato. A partir de ese momento el desarrollo puede resumirse en los siguientes avances significativos.

- En 1863, M. Forneaux puso en funcionamiento el primer piano capaz de tocar de forma automática.
- De 1870 a 1890, Eli Whitney contribuyó al desarrollo de plantillas y dispositivos.
- En 1880 se introdujeron una notoria variedad de herramientas para el maquinado de metales.
- A partir de este punto se aumentó el interés en el desarrollo para la producción a gran escala.
- En 1940 se introdujeron los controles hidráulicos, neumáticos y electrónicos.
- En esta época se pretendió un impulso al maquinado automático.
- En 1945 comenzó la investigación y el desarrollo del control numérico.
- En 1955 las plantas de producción de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos introdujeron herramientas automatizadas.
- Desde 1956 hasta la actualidad, el desarrollo y la evolución es constante, sin grandes avances puntuales (a destacar la aparición de las máquinas transfer).



Aunque sin grandes saltos, si se ha producido un gran avance sostenido en el tiempo, sobre todo en el ámbito de las herramientas de mecanizado, surgiendo nuevas mejoras en paralelo con el avance en la investigación de la ingeniería de materiales. Otro avance del que disponemos actualmente es la aparición de programas como el que nos ocupa ("CNC Simulator") que permite la programación offline (independiente a la máquina para una futura exportación a ésta) e incluso visualización de simulaciones, facilitando la programación, evitando errores y mejorando por tanto la productividad de los sistemas de fabricación.

En la actualidad existe un grado de automatización en los procesos muy elevado y se pretende avanzar en la flexibilidad de los sistemas de fabricación. Se entiende por flexibilidad de un sistema de fabricación a su capacidad para realizar distintas piezas con un tiempo despreciable de preparación para el cambio de pieza a realizar. Un sistema no puede ser totalmente flexible ya que ese tiempo siempre va a existir, por eso se pretende que sea tan pequeño que pueda considerarse despreciable. La fabricación flexible aumenta la productividad y es una de las características de los actuales sistemas de fabricación por control numérico que pueden disponer de una gran variedad de herramientas de manera que solo hay que introducir la programación para que la máquina realice la nueva fabricación sin necesidad, en gran parte de las ocasiones, de un cambio significativo en los utillajes y herramientas.

Tras esta reseña histórica es bueno mencionar que existen en la actualidad y fruto de ese avance, varios tipos de control numérico clasificados según la forma física de realizar el control. Así, tenemos el *Control Numérico tradicional* (CN) donde cada función es implementada en un circuito electrónico y estos circuitos específicos se conectan con lógica cableada sin necesidad por tanto de memorias. Otro tipo, que en este caso es el que nos ocupa en este proyecto, es el *Control Numérico Computerizado* (CNC) que usa microprocesadores y una memoria que guarda el programa que contiene los datos y ordenes para la fabricación de la pieza deseada. Incluye también un teclado para la interacción con el operario e incluso ofrece la posibilidad de proporcionar el programa realizado offline, en programas como "CNC Simulator", con memorias externas. La evolución más avanzada y que en este momento supone la tendencia en los avances es el *Control Numérico Adaptativo* (CNA) que detecta las características del mecanizado tales como temperaturas, desgastes, etc., para controlar y adaptar las velocidades de corte y los avances. El operario le proporciona unas órdenes previas que dependiendo de las circunstancias de cada mecanizado, son optimizadas por la máquina para evitar problemas tales como desgastes excesivos, lo cual mejora la productividad.



2.2.-MÁQUINAS HERRAMIENTA DE CONTROL NUMÉRICO

Las máquinas herramienta de control numérico (ocupándonos de las de arranque de viruta y en especial las fresadoras de control numérico) son sistemas que han logrado un alto grado de flexibilidad y que permiten que ciertos parámetros que debía controlar un especialista (velocidades de giro, velocidades de corte, control de lubricante, desgaste de herramientas, temperaturas, etc.) se puedan programar y se controlen automáticamente.

Esto supone algunas ventajas respecto a las máquinas manuales como son:

- Reducción de los tiempos no productivos por las altas velocidades en vacío y al control automático de las velocidades del cabezal.
- Reducción de los tiempos de reglaje al disminuir el número de reglajes de la máquina y la posibilidad de realizar ciertos pre-reglajes de la herramienta de forma externa a la máquina.
- Supresión del trazado de piezas antes del mecanizado.
- Reducción de verificaciones entre operaciones.
- Mayor duración de las herramientas por su uso más optimizado.
- Ahorro de herramientas y utillaje por el uso de herramientas más universales.
- Mayor productividad en fabricación de piezas de geometría complicada.
- Mayor facilidad en la gestión de la fabricación por la uniformidad de los tiempos.
- Mejora en la seguridad por el menor grado de interacción máquina-operario durante el mecanizado.
- Mayor precisión.

También existen desventajas como son:

- Alto coste de adquisición de la máquina y de los elementos auxiliares, lo cual hace que no sea rentable sin un alto nivel de ocupación del puesto.
- Se necesita un personal suficientemente cualificado en tareas de programación y mantenimiento, con la subida en los salarios y costes de formación necesarios.
- Alto coste de mantenimiento (se estima en un 50% superior al de una máquina convencional).
- Altos tiempos y costes de preparación.

Al hablar de máquinas fresadoras de control numérico es necesario mencionar la importancia en estas máquinas del concepto de eje ya que el número de ejes determina la posibilidad de efectuar ciertos movimientos y su posición puede ser determinante en la programación. Existen fresadoras de 5 ejes que permiten cualquier movimiento angular como es el caso de la imagen que se presenta a continuación.



Figura 2.2.1 “Máquina herramienta (fresadora) de 5 ejes”

Las máquinas más comunes siguen siendo las fresadoras de 3 ejes principales situados como se indica a continuación.

- Eje Z: Eje que sigue la dirección del husillo principal siendo su sentido positivo aquel que hace que dicho husillo se aleje de la pieza.
- Eje X: Perpendicular al eje Z.
- Eje Y: perpendicular al plano XZ formando un triedro a derechas.

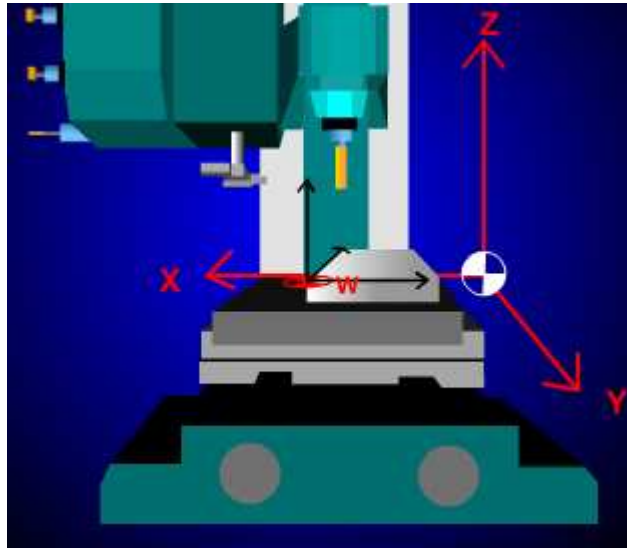


Figura 2.2.2 “Posición de los ejes principales en una fresadora de control numérico”

En el caso de la figura presentada anteriormente, el desplazamiento relativo entre herramienta y pieza en las direcciones X e Y se efectúa por medio del movimiento de la mesa porta-piezas. Este desplazamiento relativo también podría realizarse con un movimiento del portaherramientas permaneciendo fija la pieza.

Existe también la posibilidad de que el fabricante dote de mayores capacidades de movimiento para el mecanizado a la máquina con la aparición de mesas giratorias o con desplazamientos independientes a los ya mencionados. Esto supone la aparición de unos ejes complementarios cuyo movimiento se adapta de manera independiente a los ejes principales para lograr un mecanizado en planos o posiciones determinadas.

2.3.-SISTEMAS DE SUJECCIÓN EN OPERACIONES DE FRESADO

En operaciones de fresado, un aspecto muy importante es la sujeción de la pieza a mecanizar. Esta sujeción debe garantizar la permanencia de la pieza en posición correcta, la correcta evacuación de la viruta y la operatividad (no interrumpir o entorpecer el movimiento de la herramienta a la entrada, salida ni durante el mecanizado) entre otros aspectos.

Los sistemas de sujeción mesa-pieza principales son:

- **Sujeción directa sobre la mesa:** Se trata de un sistema compuesto por bridas y tornillos directamente sobre la mesa. Es útil para piezas de tamaños medianos y grandes y sobre todo series pequeñas o piezas unitarias debido al excesivo tiempo de preparación que supondría en lotes grandes.

Este tipo de amarre tiene una gran variedad de variantes y tipos, dependiendo de la geometría y tamaño de la pieza así como de las fuerzas que debe soportar.

Un ejemplo son las bridas auto ajustables de la siguiente imagen.

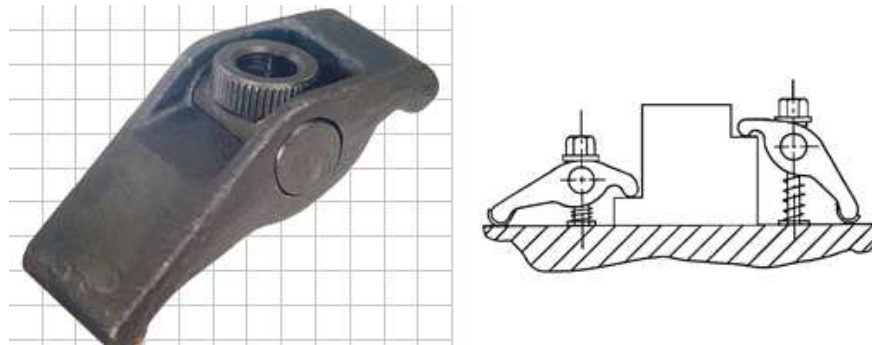


Figura 2.3.1 “Bridas auto ajustables”

- **Sujeción con mordaza:** Consiste en fijar unas mordazas sobre la mesa. Estas mordazas realizarán la sujeción de la pieza. Esta fijación es más efectiva para lotes mayores que en el anterior caso ya que el tiempo de preparación es sensiblemente menor.

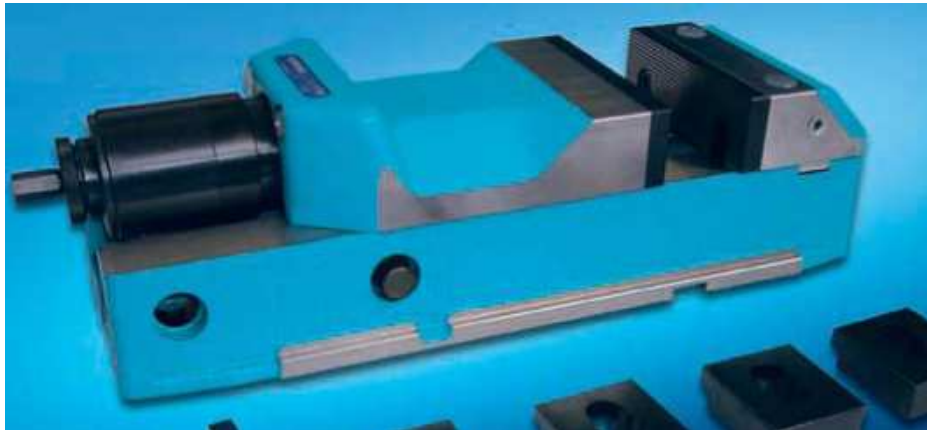


Figura 2.3.2 “Mordaza para sujeción de piezas en fresadora”

- **Sujeción mediante platos de garras:** Similar a la sujeción con mordaza pero usando platos de garras fijados a la mesa en lugar de las mordazas. Este agarre es más conocido en su uso en operaciones de torneado pero también es utilizado en mecanizados por fresado.



Figura 2.3.3 “Platos de garras para sujeción de piezas en fresadora”

- **Sujeción con placas magnéticas:** Es uno de los sistemas más novedosos y consiste en la fijación de placas magnéticas sobre la mesa (o su incorporación directa sobre la mesa en fábrica). Estas placas son lo suficientemente potentes como para garantizar la sujeción firme de piezas metálicas (ferromagnéticas) para su mecanizado.

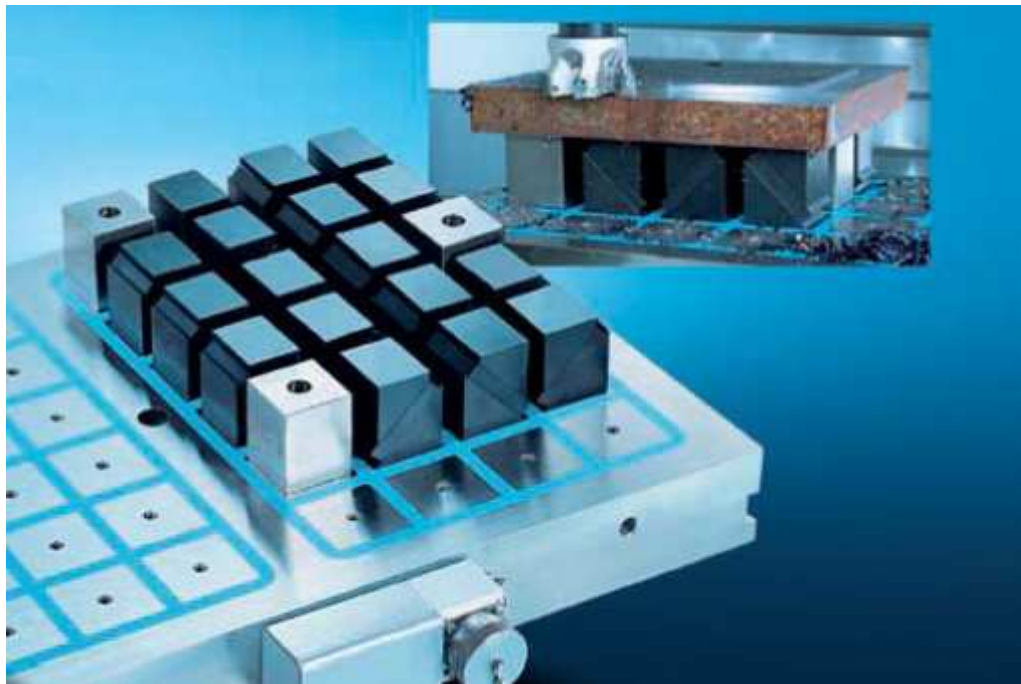


Figura 2.3.4 “Placas magnéticas de sujeción en fresadora”

- **Sujeción con utillajes especiales y utillajes modulares:** Consiste en la creación de utillajes específicos para los requerimientos del puesto de trabajo en una determinada pieza. Los utillajes especiales son fabricados especialmente para la pieza en cuestión. Los modulares también pero a partir de piezas normalizadas que permiten la fabricación del utillaje siguiendo un montaje tipo “mecano”.

2.4.-HERRAMIENTAS PARA FRESADO

En las herramientas utilizadas para operaciones de fresado cabe destacar cuatro grandes grupos según su montaje o fabricación. Fresas enterizas, fresas de filo soldado, fresas de filos intercambiables y fresas especiales.

- **Fresas enterizas:** Están fabricadas por procedimientos de fresado de una única pieza metálica. Pueden ser de dientes rectos o helicoidales. También se distinguen entre fresas cilíndricas (para planear o de corte frontal), cilíndricas de mango (de menor diámetro y con su propio mango), de disco (para rasurados principalmente) y de forma (fresas especiales para mecanizar formas específicas como rasurados en T, fresados cónicos, etc.).



Figura 2.4.1 “Colección de fresas enterizas en sus diferentes formas y tamaños”

- **Fresas de filo soldado:** Se utilizan para fresas de mayor tamaño en las cuales resulta antieconómico fabricarlas de una pieza, de manera que se suelda el filo del material necesario a un cuerpo de acero con la característica de tener una gran tenacidad.
- **Fresas de filos intercambiables:** Este sistema es similar al anterior a diferencia de que los filos (plaquitas) no están soldados sino atornillados de manera que pueden ser intercambiados cuando se desgasten sin necesidad de sustituir el cuerpo de la herramienta, mucho más duradero.



Figura 2.4.2 “Fresas de filos intercambiables y plaquitas de repuesto”

- **Fresas especiales:** En este bloque se incluyen todas aquellas fresas que no pueden clasificarse en ninguno de los apartados anteriores como son las fresas para el mecanizado de engranajes o las fresas rotativas para acabado de moldes.

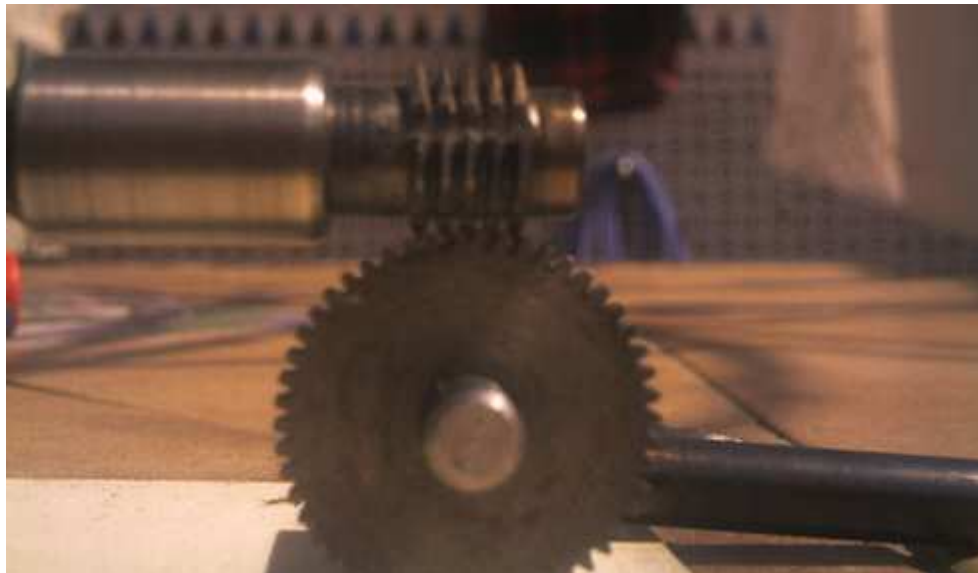


Figura 2.4.3 “Fresa especial de tallado de engranajes”



CAPÍTULO 3: PROGRAMACIÓN DE CONTROL NUMÉRICO

3.1.-INTRODUCCIÓN A LA PROGRAMACIÓN

Existen varios métodos para la realización de programas de fabricación por control numérico. Uno de ellos es la programación manual en la que el operario debe conocer a la perfección los códigos y realizar el programa sin ayudas. Esa programación manual puede facilitarse por medio de sistemas CAD (diseño asistido por computador) que le permiten diseñar las piezas a fabricar. Cuando estos sistemas se pueden conectar a los procesos de programación y fabricación, estamos ante un sistema CAD/CAM también conocido como *“fabricación asistida por computador”*.

En todos los casos anteriores, es indispensable tener ciertos conocimientos previos antes de iniciar la programación como pueden ser la geometría de la pieza deseada, la geometría del material de partida, las herramientas disponibles, la capacidad de trabajo de la máquina (fuerzas y velocidades máximas), etc.

Los dos estándares de programación para los controladores más utilizados son los publicados por las normativas EIA RS 27 y la ISO 69 83. Esta estandarización permite a las máquinas herramienta de control numérico realizar ciertas operaciones.

Según la norma ISO (utilizada por el programa *“CNC Simulator”*) cada línea de programación es un bloque o secuencia y debe contener una numeración y todas las funciones geométricas, funciones máquina y funciones tecnológicas del mecanizado.

Para expresar todos estos parámetros se utiliza la siguiente nomenclatura.

- **N:** Número de bloque o secuencia expresado normalmente en decenas, centenas o millares (N10 / N20 /N30 /...)
- **X, Y, Z:** Indican el desplazamiento según el eje determinado. Pueden ser programadas en coordenadas absolutas (en relación al cero pieza) o incrementales (en relación a la posición actual). Se indica el eje y a continuación la cota (X30). El cero pieza puede ser seleccionado de manera que se facilite la programación, en este caso se programa en función del cero máquina que en el caso de la fresadora se sitúa en la esquina inferior izquierda delantera de su campo de trabajo.



- **G:** Indica las funciones preparatorias, utilizadas para indicar las características de mecanizado como podrían ser forma de trayectoria, paradas, control de subrutinas, etc. Pueden ser modales (activas hasta una orden contraria) o secuenciales (activas solo en el bloque en el que son programadas). Un bloque puede contener varias funciones G en cualquier orden excepto las funciones G20, G21, G22, G23, G24, G25, G26, G27, G28, G29, G30, G31, G32, G50, G52, G53/G59, G72, G73, G74 y G92 que deben ir solas. En caso de programar en un mismo bloque dos o mas funciones preparatorias incompatibles, el programa *CNC Simulator* asume como correcta la última en la línea de programación.
- **M:** Funciones auxiliares en las que se incluyen, entre otras, el control del caudal de refrigerante, parada de la máquina para operaciones de mantenimiento, control del caudal de lubricante, etc. Para indicar la función se usa la letra M seguida de un número de dos cifras.
- **F:** Velocidad de avance en mm/min o mm/rev que se indica con 4 cifras siguiendo a la letra F.
- **S:** Velocidad de rotación del husillo principal. Se programa directamente en rev/min, usando cuatro dígitos.
- **I, J, K:** Direcciones auxiliares usadas para acciones como programar arcos. Son análogas a los ejes X, Y, Z respectivamente. Se programa con la cota siguiendo a la letra del eje al que corresponde.
- **T:** Se utiliza para indicar la herramienta a utilizar. El formato de la programación es el siguiente: Txx.XX. Donde xx corresponde a la posición de la herramienta en la torreta y XX al corrector de herramienta que se asigna.

Estos parámetros deben mantener un orden dentro del bloque de programación. Este orden es el siguiente: **N4G2XYZ +/- 4.3 (3.4) F 5.5 S 4T 2.2 M 2**

El número que acompaña cada parámetro indica el número máximo de dígitos admisible en esa posición. En el caso de X Y Z, 4.3 se refiere a una programación en milímetros y 3.4 en pulgadas.

3.2.-FUNCIONES PREPARATORIAS (G)

- **G00(Modal)→ Posicionamiento rápido:** Se programa seguido del punto al que se pretende llevar la herramienta de manera que ésta se desplaza a la velocidad máxima permitida por la máquina herramienta hasta el punto programado con una trayectoria recta (necesario tener en cuenta esta trayectoria para evitar errores o choques con la pieza). La programación de la posición final de la herramienta puede ser en coordenadas incrementales o absolutas (ver G90 y G91) y también en milímetros o pulgadas (ver G70 y G71). En caso de no aparecer especificadas las opciones anteriores se consideran por defecto cotas absolutas y en milímetros.

Un bloque de programación con esta función tiene la siguiente forma:

N G00 X Y Z

- **G01(Modal)→ Interpolación lineal:** Al igual que en la función G00, se indica esta función seguida de la posición final de la herramienta (mismas posibilidades en unidades y tipo de cotas incrementales o absolutas). La herramienta se desplazará con trayectoria recta al punto programado a la velocidad constante indicada en la programación mediante el parámetro F en mm/min o mm/rev (ver G94 y G95).

Un bloque de programación con esta función tiene la siguiente forma:

N G01 X Y Z (F programada en algún bloque anterior).

* En la siguiente figura se muestra una ilustración para facilitar la comprensión de los desplazamientos programados mediante G00 y G01.



Figura 3.2.1 “Desplazamientos en G00 y G01”



- **G02(Modal)→** *Interpolación circular (helicoidal) a derechas (sentido horario)*: La herramienta se desplaza a velocidad de trabajo F describiendo un arco a derechas hasta el punto programado por X, Y después de la función G02 y con centro en el punto programado por I, J. El centro siempre se programa en cotas incrementales a partir de la posición inicial.

Un bloque de programación con esta función tiene la siguiente forma:

N G02 X Y I J

También se puede programar con las cotas del punto final y el radio de giro por medio del parámetro R.

Un bloque de programación con esta función tiene la siguiente forma:

N G02 X Y R

Otra opción es la programación del centro como en casos anteriores por medio de I, J y el ángulo barrido por medio del parámetro Q.

Un bloque de programación con esta función tiene la siguiente forma:

N G02 Q I J

- **G03(Modal)→** *Interpolación circular (helicoidal) a izquierdas (sentido antihorario)*: La herramienta se desplaza a velocidad de trabajo F describiendo un arco a izquierdas hasta el punto programado por X, Y después de la función G03 y con centro en el punto programado por I, J. El centro siempre se programa en cotas incrementales a partir de la posición inicial al igual que en G02. También existen las mismas posibilidades de programación que para G02.

* A continuación se muestra una imagen para ilustrar el movimiento de la herramienta en las interpolaciones circulares (G02 y G03) así como ilustraciones sobre las tres posibilidades de programación y lo que representa cada parámetro.

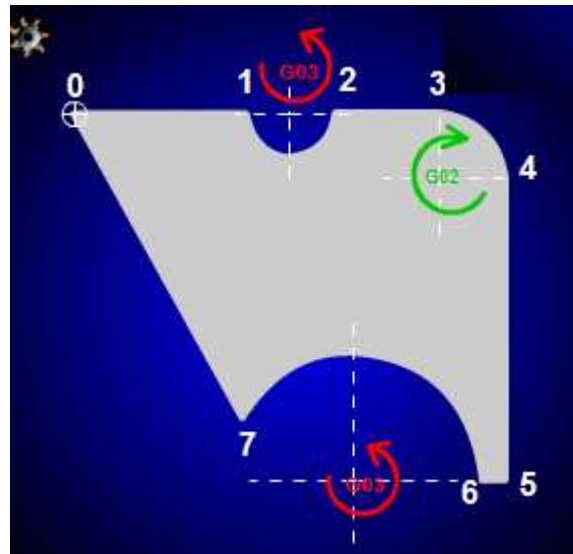


Figura 3.2.2 “movimientos de la herramienta en G02 y G03”

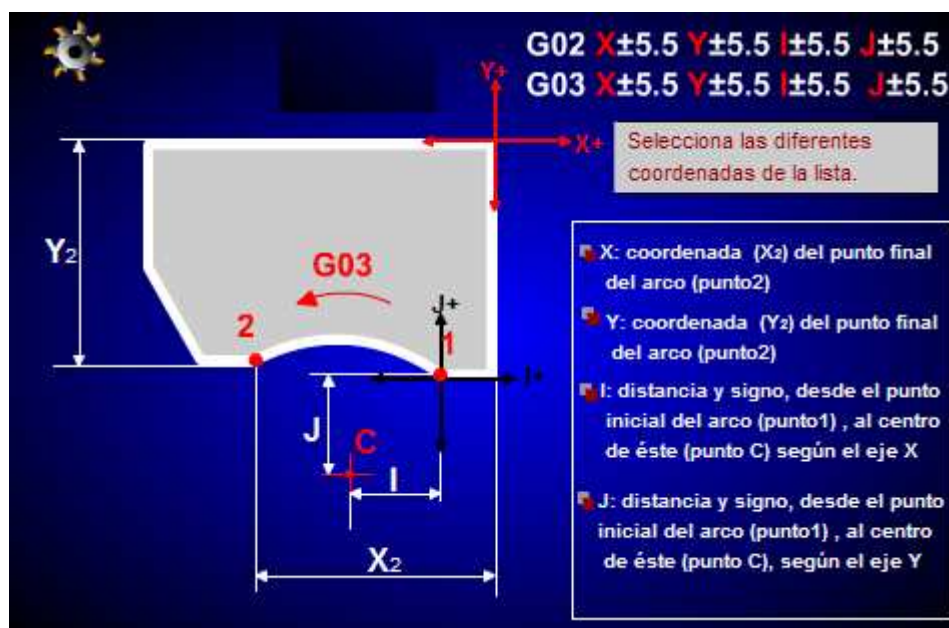


Figura 3.2.3 “Interpolación circular con programación del centro y punto final”

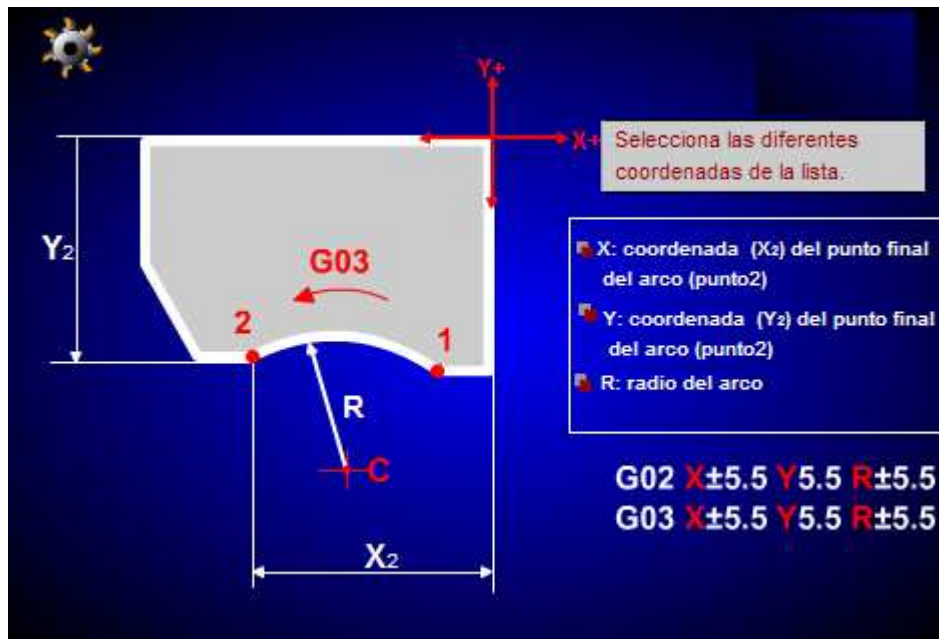


Figura 3.2.4 “Interpolación circular con programación del radio de giro y el punto de destino”

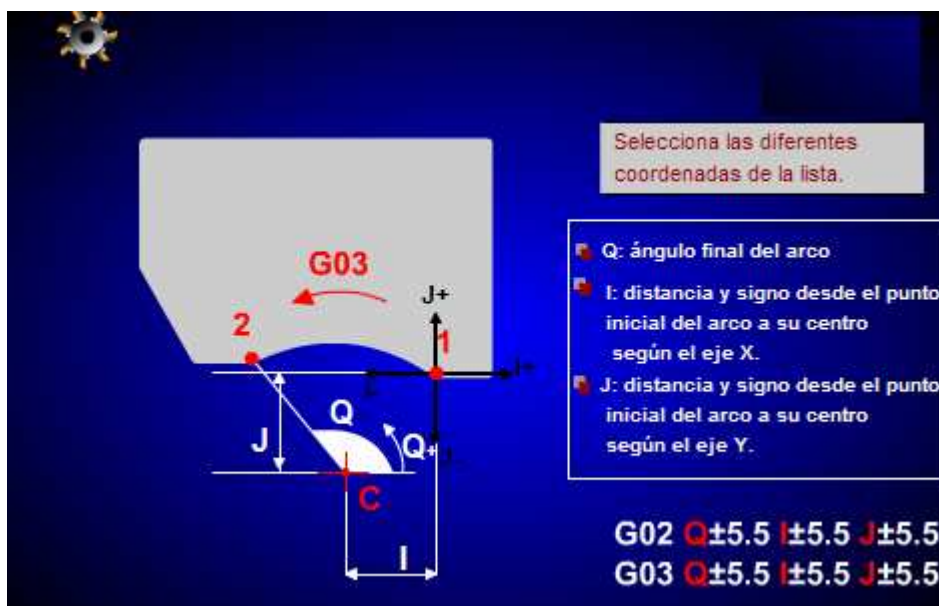


Figura 3.2.5 “Interpolación circular con programación del ángulo de giro”

- **G04**→ *Temporización*: Programación de una espera de duración programada mediante el parámetro K (en segundos). Una espera de 15 segundos se programaría con la instrucción dentro de un bloque G04 K15.
- **G05(Modal)**→ *Trabajo en arista matada*: La realización del bloque siguiente se empieza un poco antes de finalizar el bloque anterior de manera que en caso de un cambio de dirección, el giro queda redondeado ligeramente.
- **G06**→ *Interpolación circular con programación de centro de arco en coordenadas absolutas*: Acompaña a la programación de una de las dos interpolaciones circulares ya mencionadas (G02 y G03) y permite la programación del centro de giro en coordenadas absolutas.

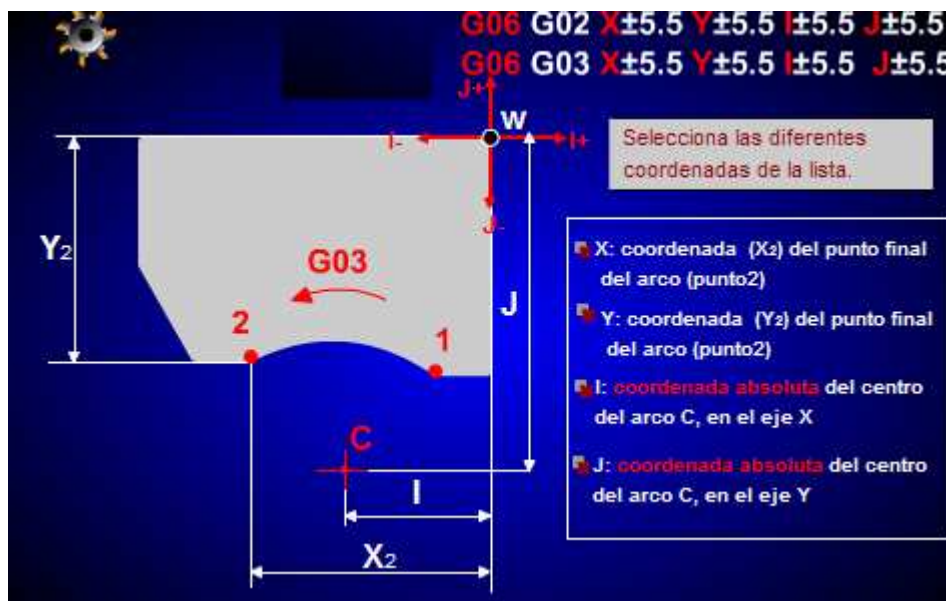


Figura 3.2.6 “Interpolación circular con programación del centro y el punto final”

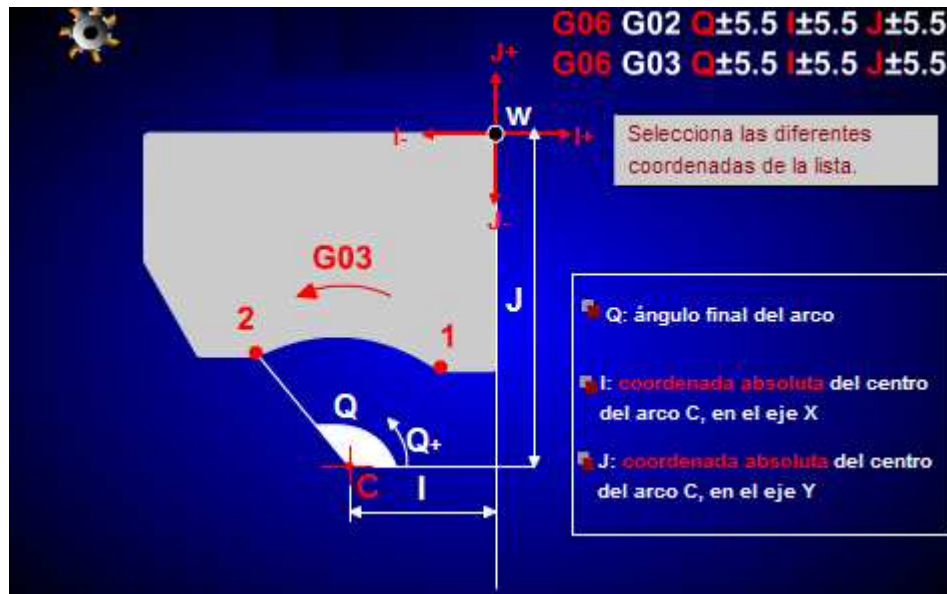


Figura 3.2.7 "Interpolación circular con programación del centro y el ángulo de giro"

- **G07(Modal)→ Trabajo en arista viva:** Anula los efectos de la función G05 de trabajo en arista matada de manera que con esta función las esquinas en los cambio de dirección permanecen intactas tal cual se programaron.
- **G08→ Trayectoria circular tangente a la trayectoria anterior:** Con una trayectoria ya programada con anterioridad (lineal o circular sin ser circunferencia completa), sirve para programar un arco sin necesidad de especificar el centro de giro, simplemente las coordenadas del punto final del arco. La herramienta describirá una trayectoria tangente a la ya marcada tanto en el punto de partida como en el punto programado como destino.



Figura 3.2.8 "Trayectoria 1-2 tangente a dos interpolaciones lineales"

```

N10 G01 X30 Y20
N20 G08 X50 Y40
N30 G08 X60 Y50
N40 G01 X90

```

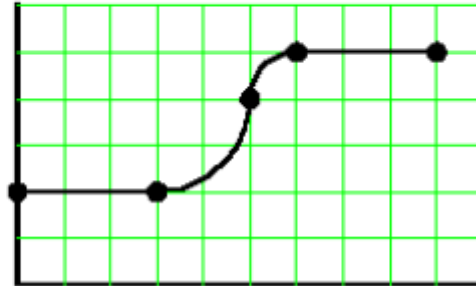


Figura 3.2.9 “Ejemplo de programación tangente a una trayectoria”

- **G09**→ *Trayectoria circular definida mediante tres puntos*: Sirve para describir arcos de circunferencia a partir de tres puntos. Se programan las coordenadas X, Y del punto final del arco y con las coordenadas I, J (absolutas o incrementales según la programación que se esté realizando) el punto intermedio que a su vez sirve para marcar el sentido de giro ya que la herramienta debe pasar por él antes de llegar a su destino final.

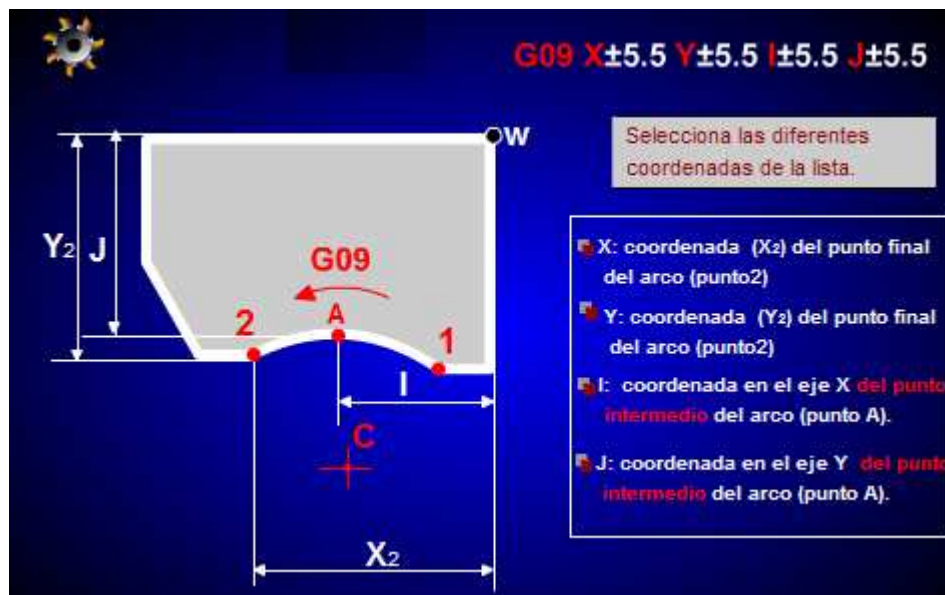
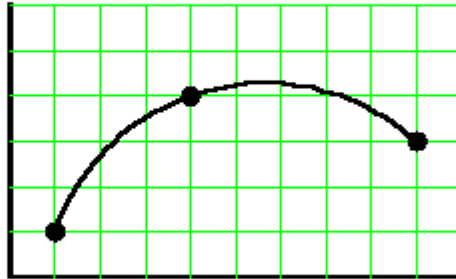


Figura 3.2.10 “Interpolación circular definida por tres puntos”


```
N10 G01 X10 Y10
N20 G09 X90 Y30 I40 J40
```



El punto intermedio se programa usando I y J.

Figura 3.2.11 “Ejemplo de programación de la función de G09”

- **G10(Modal)**→ *Anulación imagen espejo*: Anula las funciones G11, G12 y G13 (ver G11, G12 y G13).
- **G11(Modal)**→ *Imagen espejo en el eje X*: La herramienta realiza operaciones simétricas en la pieza a ambos lados del plano YZ.
- **G12(Modal)**→ *Imagen espejo en el eje Y*: La herramienta realiza operaciones simétricas en la pieza a ambos lados del plano XZ.
- **G13(Modal)**→ *Imagen espejo en el eje Z*: La herramienta realiza operaciones simétricas en la pieza a ambos lados del plano XY.

```
N10 G01 X-40 Y20
N20 X-20 Y40
N30 X0
N40 G11
N50 G25 N10.30
N60 G10
```

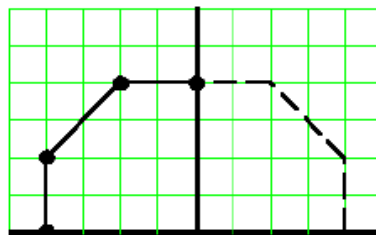


Figura 3.2.12 “Ejemplo de programación de imagen espejo en X (G11)”



- **G17(Modal)→ Selección de plano XY:** Selección de este plano de trabajo (posicionamiento de la herramienta con su eje perpendicular a este plano para disponerse a mecanizar).
- **G18(Modal)→ Selección de plano XZ:** Selección de este plano de trabajo (posicionamiento de la herramienta con su eje perpendicular a este plano para disponerse a mecanizar).
- **G19(Modal)→ Selección de plano YZ:** Selección de este plano de trabajo (posicionamiento de la herramienta con su eje perpendicular a este plano para disponerse a mecanizar).
- **G20→ Llamada a subrutina estándar:** Activa una subrutina estándar definida mediante la función G22.
- **G21→ Llamada a subrutina paramétrica:** Activa una subrutina paramétrica definida mediante la función G23.
- **G22→ Definición de una subrutina estándar.**
- **G23→ Definición de una subrutina paramétrica.**
- **G24→ Final de subrutina:** Marca el final de una subrutina que se ha empezado a definir con G22 o G23 y que posteriormente puede ser utilizada llamándola con G20 o G21 según corresponda.
- **G25→ Salto/llamada incondicional:** Realiza un salto en el programa. Es de gran utilidad en casos de operaciones iguales que se repiten en distintas posiciones como rasurados o taladros ya que no es necesario programar mas que una vez las operaciones y utilizar posteriormente este comando para que las repita una vez desplazada la herramienta a la nueva posición de trabajo.
- **G26→ Salto/llamada condicional si es igual a 0.**
- **G27→ Salto/llamada condicional si no es igual a 0.**
- **G28→ Salto/llamada condicional si es menor.**

- **G29**→ Salto/llamada condicional si es igual o mayor.
- **G31**→ Guardar origen de coordenadas: Guarda el actual origen pieza para una posterior recuperación con G32.
- **G32**→ Recuperar origen de coordenadas guardado mediante G31: Cambia la posición del origen de coordenadas al punto guardado anteriormente por la función G31.
- **G36**→ Redondeo controlado de aristas: Función que permite realizar un redondeo de las aristas de la trayectoria con un radio de giro especificado mediante el parámetro R.

N10 G36 R20 G01 X80 Y50
N20 Y0

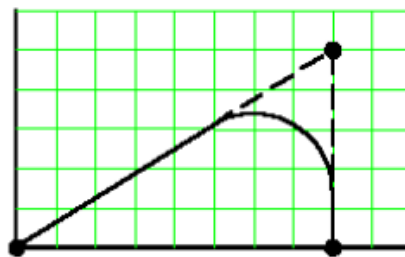


Figura 3.2.13 “Ejemplo de programación de la función G36”

- **G37**→ Entrada tangencial: Realiza una entrada a la trayectoria programada de forma que el recorrido de la herramienta en la entrada sea tangente a dicha trayectoria con un radio de curvatura en la curva de tangencia especificado mediante el parámetro R.

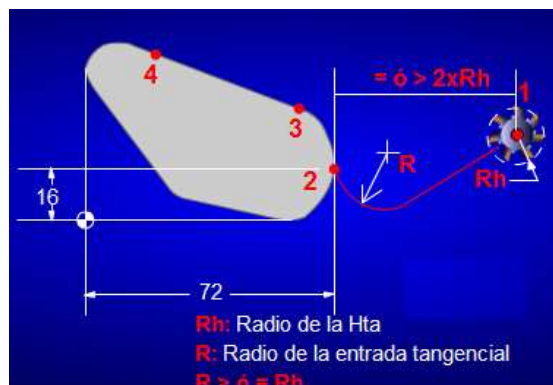


Figura 3.2.14 “Parámetros influyentes en la programación de entrada tangencial G37”

```
N10 G37 R10 G01 X40 Y20
N20 G02 X100 Y20 I30 J0
```



Figura 3.2.15 “Ejemplo de programación de la función de entrada tangencial G37”

- **G38→ Salida tangencial:** La herramienta realiza una salida del mecanizado con una trayectoria tangente a la programada durante las operaciones de trabajo. Al igual que para la entrada, el radio de la curva de salida en la tangencia se especifica por medio del parámetro R.

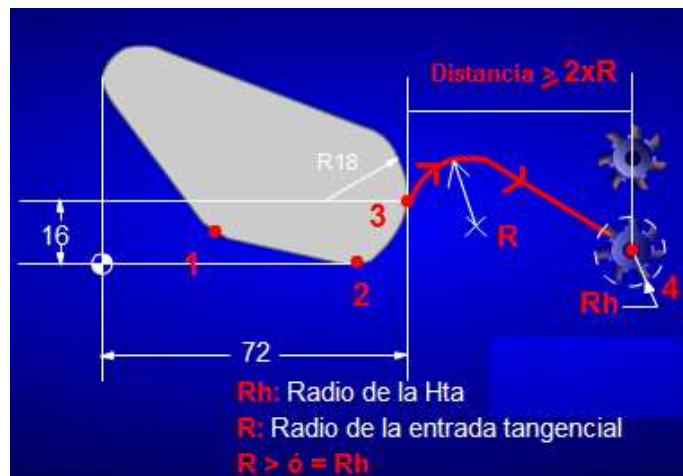


Figura 3.2.16 “Parámetros característicos en la programación de salida tangencial G38”

```
N10 G38 R10 G02 X60 Y20 I30 J0
N20 G01 X100
```

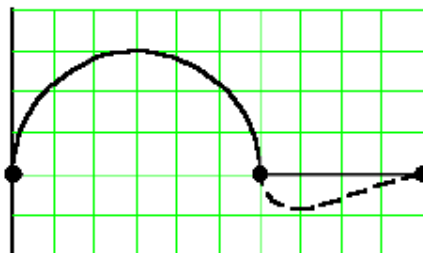


Figura 3.2.17 “Ejemplo de programación de la función G38”

- **G39**→ *Achaflanado*: realiza un corte recto de la arista formada por dos trayectorias. Este chaflán consiste en una línea recta entre los dos puntos de corte que se producen al dibujar una circunferencia con centro en el vértice virtual de las dos trayectorias y cuyo radio se especifica por medio del parámetro R tal y como se indica en la figura siguiente.

N10 G39 R30 G01 X90 Y30
N20 X20 Y10

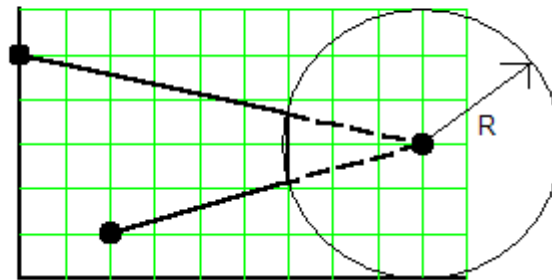


Figura 3.2.18 “Ejemplo de programación de la función G39”

- **G40(Modal)**→ *Anulación de compensación de radio*: Anula los efectos de las funciones G41 y G42.
- **G41(Modal)**→ *Compensación de radio a izquierdas*: Esta instrucción hace que la máquina herramienta considere el radio de la fresa que está utilizando y traslade la trayectoria de su centro hacia la izquierda según su desplazamiento de manera que sea el borde de la herramienta el que siga la trayectoria programada y no su centro.
- **G42(Modal)**→ *Compensación de radio a derechas*: El efecto es el mismo que en la función G41 pero con un desfase del radio hacia la derecha.

*A continuación se pueden ver unos ejemplos del efecto de la compensación de radio.



Figura 3.2.19 "Mecanizado programado con compensación de radio"



Figura 3.2.20 Mecanizado programado con compensación de radio"

- **G53/G59(Modal)→ Traslados de origen:** Este rango de funciones sirven para trasladar el origen de coordenadas al punto programado. Si se indican las coordenadas después de la función (G53 X Y Z) se crea un nuevo origen y para aplicarlo se indica en el bloque siguiente la función G53 de nuevo.
- **G70(Modal)→ Programación en pulgadas:** Cambia las unidades de programación de cualquier distancia ya sea incremental o absoluta a pulgadas.
- **G71(Modal)→ Programación en milímetros:** Cambia la programación de cualquier distancia de unidades a milímetros.

- **G72(Modal)→ Factor de escala:** Introduce un factor de escala entre las cotas programadas y las reales a efectuar por la herramienta. Ese factor de escala se indica con el parámetro K para los tres ejes y para anularlo basta con hacer ese factor de escala igual a 1. Para aplicar un factor de escala a un solo eje, se indica con X Y Z según corresponda después de la función G72.
- **G73(Modal)→ Giro del sistema de coordenadas:** Gira el sistema de coordenadas un ángulo indicado por el parámetro A manteniendo el eje Z fijo. Es de gran utilidad para mecanizados iguales desfasados un ángulo en uso conjunto con G25 como se muestra en la figura.

X-20 Y0

```
N10 G03 X-50 I-15 J0  
N20 G01 X-20  
N30 G73 A-45  
N40 G25 N10.20.3
```

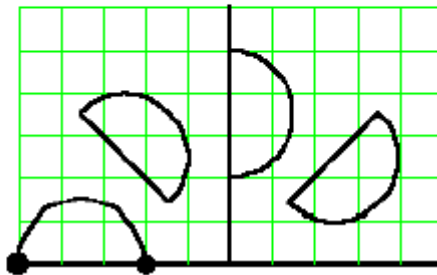


Figura 3.2.21 "Ejemplo de aplicación de la función G73"

- **G90(Modal)→ Programación de cotas absolutas:** Indica que la programación se realizara indicando todas las cotas respecto al cero pieza.
- **G91(Modal)→ Programación de cotas incrementales:** Indica que la programación se realizara en cada punto respecto a la posición actual de la pieza.
- **G92→ Preselección de cotas:** Cambia la posición del cero pieza a un nuevo punto a programar en el mismo bloque.
- **G94(Modal)→ Velocidad de avance F en mm/minuto:** Indica que la programación de la velocidad de avance se va a realizar en mm/min mediante el parámetro F.



- **G95(Modal)→** *Velocidad de avance F en mm/rev:* Indica que la programación de la velocidad de avance se va a realizar en mm/rev mediante el parámetro F.
- **G96(Modal)→** *Velocidad de avance superficial constante:* Indica que la velocidad de avance superficial de la herramienta (en el punto de corte) será constante.
- **G97(Modal)→** *Velocidad de avance del centro de la herramienta constante:* Indica que la velocidad que permanece constante es la del centro de la fresa no teniendo porque ser constante la velocidad superficial (solo constante en interpolaciones rectas).
- **G98(Modal)→** *Vuelta de la herramienta al plano de partida al terminar un ciclo fijo:* La herramienta al terminar el ciclo fijo vuelve al plano del que partió.
- **G99(Modal)→** *Vuelta de la herramienta al plano de referencia (de acercamiento) al terminar un ciclo fijo:* La herramienta retrocede a un plano programado en el ciclo fijo como se verá en el punto dedicado a estas funciones y que sirve como plano de referencia.



3.3.-CICLOS FIJOS (G) (No disponibles en CNC Simulator)

Los ciclos fijos se incluyen como funciones preparatorias G pero por su carácter especial en cuanto a forma y parámetros, se indican en este punto dedicado exclusivamente a este tipo de funciones.

- **G33(Modal)→ Roscado electrónico (ciclo fijo):** Con esta orden se pueden realizar diferentes tipos de roscado para los cuales es necesario especificar unos parámetros diferentes.

- Roscado longitudinal (según el eje Z): Se indica el punto final con su coordenada Z y el paso de la rosca con el parámetro K.

N.... G33 Z.. K..

- Roscado frontal (en el plano XY): Se indica el punto final de la rosca con su coordenadas X e Y, y el paso de la rosca con el parámetro I.

N.... G33 X.. Y.. I..

- Roscado cónico (según el plano XZ): Se indican las coordenadas X, Z del punto final del mecanizado y el paso de rosca mediante el parámetro K.

N.... G33 X.. Z.. K..

- **G79(Modal)→ Ciclo fijo definido por el usuario:** Define un conjunto de instrucciones programadas por el usuario como un ciclo fijo.
- **G80(Modal)→ Anulación de ciclos fijos:** Anula los ciclos fijos actuantes.

- **G81(Modal)→ Ciclo fijo de taladrado:** Los bloques de ciclo fijo tienen la siguiente estructura: G81 G98/99 X/Y/Z I K N, donde:
 - G81 es el código del ciclo.
 - G98 es un retroceso al plano de referencia (normalmente ubicado cerca de la superficie de la pieza) *ver G98*.
 - G99 es un retroceso al plano de seguridad (ver G99).
 - X/Y/Z definen el punto de la primera perforación (XY) y la donde se sitúa el plano de referencia antes mencionado (Z).
 - I es la profundidad del taladro.
 - K define el tiempo de espera en el fondo de la perforación antes de iniciarse el retroceso (en segundos).
 - N es el número de veces que se repetirá el ciclo fijo. Si no se programa el control numérico entiende N1. Repeticiones mayores que 1 solo tienen sentido si se trabaja en incrementales.
 -

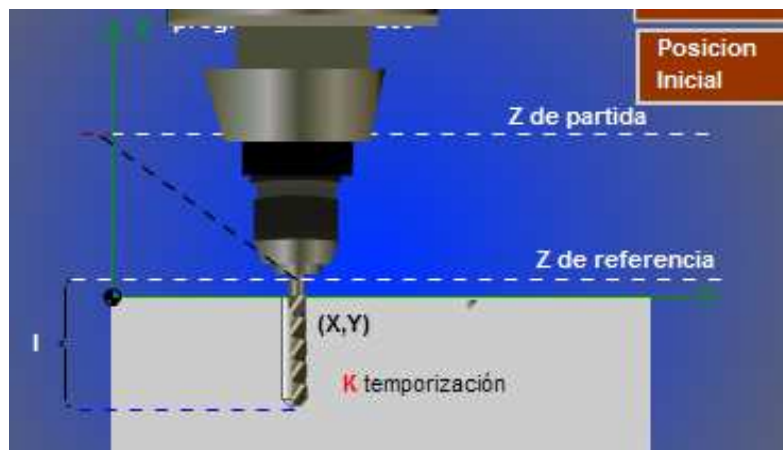


Figura 3.2.22 “Parámetros en ciclo fijo de taladrado”

- **G83(Modal)→ Ciclo fijo de taladrado profundo:** Existen dos tipos de formato de bloque posibles para este ciclo fijo.
 - G83 G98/99 X/Y/Z I J N: Es igual que el ciclo fijo G81 con la única diferencia de que I está en incrementales y J indica la cantidad de penetraciones según el incremento I.

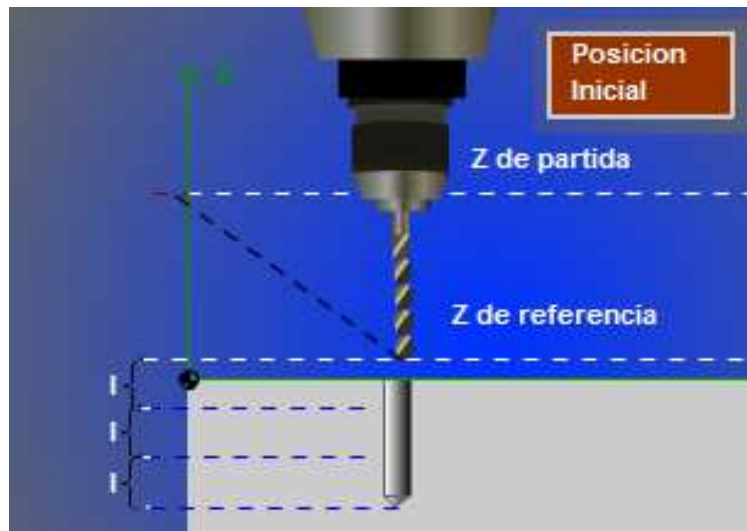


Figura 3.2.23 “Principales parámetros de un ciclo fijo de taladrado profundo con I en cotas incrementales”

- G83 G98/99 X/Y/Z I B C D H J K: En este formato, los parámetros tienen el siguiente significado:
 - I es la profundidad total del mecanizado en absolutas respecto del cero pieza o en incrementales respecto del punto actual.
 - B es la profundización incremental para cada paso (valor positivo).
 - C es la distancia de la profundización anterior para bajar en G00 (posicionamiento rápido).
 - D es la distancia entre el plano de referencia y la superficie de la pieza.
 - H es la distancia de retroceso en G00. Si no se programa retrocede hasta el plano de referencia.
 - J indica cada cuantas penetraciones hay retroceso hasta el plano de referencia.
 - K es el tiempo en segundos antes de realizarse el retroceso.



- **G87(Modal)→ Ciclo cajera rectangular:** El formato de bloque de este ciclo fijo es el siguiente: G87 X/Y/Z I J K B C D N, donde:
 - X/Y/Z son las cotas del centro de la cajera.
 - I es la profundidad total de la cajera respecto al cero pieza en absolutas y respecto al plano de referencia en incrementales.
 - J es la distancia en X desde el centro al borde de la cajera.
 - K es la distancia en Y desde el centro al borde de la cajera.
 - B es la profundización incremental por pasada.
 - C es el incremento lateral (Step-over).
 - D es la distancia entre el plano de referencia y la superficie de la pieza.
 - N es el numero de veces que se repetirá el ciclo (solo en G91 *ver G91*).

- **G88(Modal)→ Ciclo cajera circular:** Tiene el mismo formato que la cajera rectangular a diferencia de que J indica el radio de la cajera y no se incluye el parámetro K.



3.4.-FUNCIONES AUXILIARES (M)

Las funciones auxiliares M programables en procesos de fresado son las siguientes:

- **M00:** *Parada de programa.*
- **M01:** *Parada condicional de programa.*
- **M02:** *Final de programa.*
- **M03:** *Arranque cabezal a derechas (sentido horario).*
- **M04:** *Arranque cabezal a izquierdas (sentido antihorario).*
- **M05:** *Parada cabezal.*
- **M08:** *Marcha refrigerante.*
- **M09:** *Parada refrigerante.*
- **M19:** *Parada orientada del cabezal.*
- **M30:** *Fin de programa y vuelta a inicio.*

CAPÍTULO 4: PROGRAMA “CNC SIMULATOR” PARA OPERACIONES DE FRESADO

4.1.- INTRODUCCIÓN AL PROGRAMA “CNC SIMULATOR”

Como se ha mencionado en apartados anteriores, el programa “CNC Simulator” es un software dirigido a la programación de control numérico para máquinas herramienta de fresado y torneado. Permite programar mecanizados sin ninguna interconexión con la máquina herramienta e incluso visualizar simulaciones de dicho mecanizado para evitar errores y paradas innecesarias en el puesto de mecanizado.

Este programa es de descarga fácil y gratuita a través de Internet en su página Web www.cncsimulator.com, lo cual, unido a su entorno fácil de entender por el usuario y la ya mencionada capacidad de efectuar simulaciones de los mecanizados, le hacen interesante para la familiarización en la docencia de los alumnos con la programación por control numérico.

El entorno del programa dispone de cinco partes destacables como son las barras de herramientas, la ventana de edición, la ventana de estado (incluyendo ventanas de simulación), ventana para las líneas de programación y ventana de simulación. Estas partes se pueden ver en las siguientes imágenes:

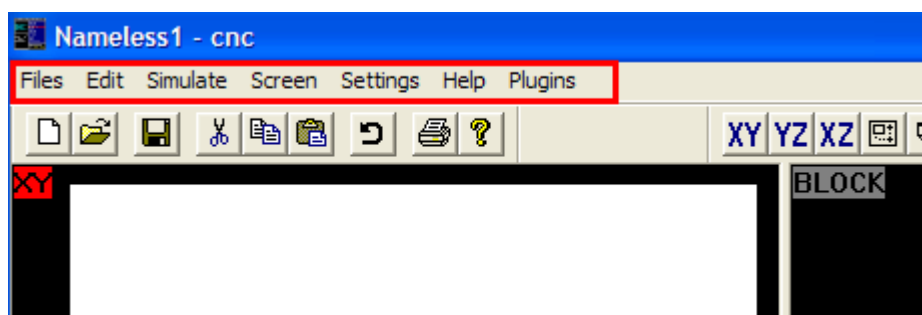


Figura 4.1.1 “Barra de herramientas de CNC Simulator”

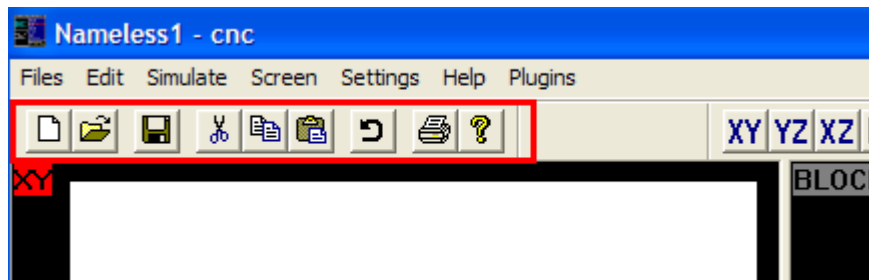


Figura 4.1.2 “Ventana de edición de CNC Simulator”



Figura 4.1.3 “Ventana de estado de CNC Simulator”

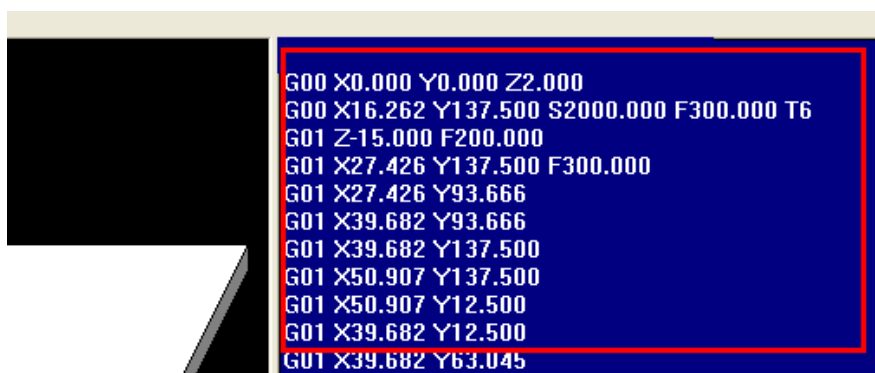


Figura 4.1.4 “Ventana para líneas de programación de CNC Simulator”



Figura 4.1.5 “Ventana de simulación”

4.2.- VENTANA DE EDICIÓN Y VENTANA DE ESTADO

La ventana de edición presenta los botones necesarios para manejar los documentos elaborados por el programa. En la imagen se ven de izquierda a derecha los siguientes botones: Nuevo documento, abrir documento ya existente, guardar documento en uso, cortar líneas de la programación marcadas, copiar líneas de la programación marcadas, pegar líneas copiadas o cortadas anteriormente, deshacer última operación, imprimir, ayuda.

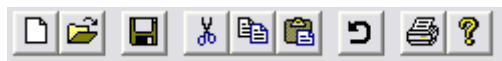


Figura 4.2.1 “Ventana de edición de CNC Simulator”

La ventana de estado presenta unos botones que permiten controlar las distintas visualizaciones. Las posibilidades son la vista de la proyección en un plano (XY, XZ, YZ), marcos de 3D y bloques o vistas de trazado en 3D. Todos disponibles en el modo fresa que en este caso nos ocupa. Estas ventanas de visualización pueden ser reorganizadas a gusto del usuario simplemente arrastrando el marco de manera que disminuya o aumente el tamaño de aquellas vistas que se crean convenientes.



Figura 4.2.2 “Botones de la ventana de estado”

4.3.- VENTANA DE SIMULACIÓN

La ventana de simulación aparece como un único botón entre las ventanas de visualización de la simulación y la ventana para las líneas programadas.



Figura 4.3.1 “Ventana de simulación y botón de inicio”

Activando este botón aparece la verdadera ventana de control de la simulación que se muestra en la Figura 4.3.2.

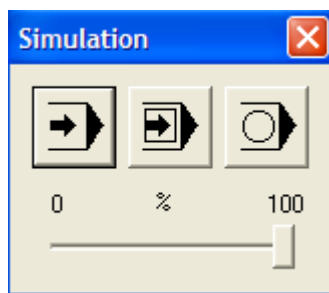


Figura 4.3.2 “Ventana de control de la simulación”

Esta ventana consta de cuatro botones que son los siguientes:



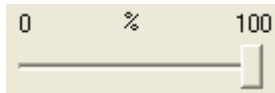
Simulación continua: La simulación se realiza de forma continua sin posibilidad de detenerla y continuar en el punto de parada. En caso de detener la simulación se debe empezar desde el primer bloque programado.



Simulación línea a línea: Cada vez que se pulsa este botón, el programa realiza la simulación del bloque siguiente. Se trata de una simulación más lenta que la anterior pero más controlable ya que en caso de error, el usuario sabe exactamente en que línea o bloque se ha cometido el fallo.



Detener la simulación: Al detener la simulación también desaparece la ventana de control de la misma y es necesario pulsar el botón de simulación de nuevo para que aparezca y realizar una nueva simulación.



Barra de control de la velocidad: Con el desplazamiento de la barra podemos controlar la velocidad de simulación para una visualización adecuada a la solicitud del usuario principalmente en el modo de simulación continua.

* Durante cualquier modalidad de simulación, aparece marcado en rojo el bloque que se está procediendo a simular.

Para ver una vista de la simulación a pantalla completa solo hay que pulsar el ratón sobre la ventana que ofrece la vista deseada y después pulsar el botón de pantalla completa en la ventana de estado. En este modo aparecerá la ventana de simulación para poder controlar ésta mientras se ve la visualización en modo pantalla completa. Para salir de este modo se pulsará la tecla “esc” en el teclado del ordenador.

4.4.- BARRA DE HERRAMIENTAS

La barra de herramientas consta de los siguientes menús que se explicarán en detalle a continuación: Files, Edit, Simulate, Screen, Settings, Help y Plugins.

- **Files:** En castellano “Archivo”, si pulsamos sobre él aparece el siguiente menú:

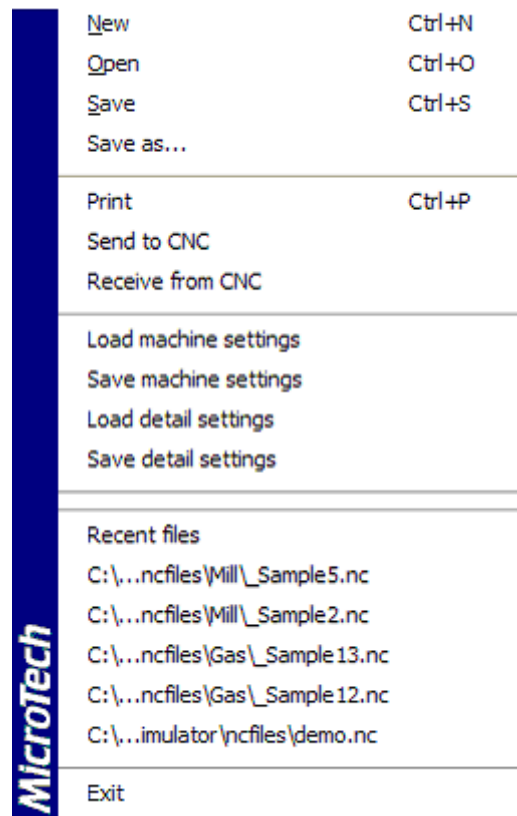


Figura 4.4.1 “Menú Files”

En el menú Files, como se muestra en la Figura 4.4.1, aparecen las siguientes opciones:

- **New:** Ejecutable también con el teclado usando Ctrl+N. Sirve para iniciar un nuevo archivo en el programa.
- **Open:** Ejecutable también con el teclado usando Ctrl+O. Sirve para abrir un archivo guardado con anterioridad.
- **Save:** Ejecutable también con el teclado usando Ctrl+S. Sirve para guardar un archivo en uso.



- **Save as....:** Sirve para guardar un archivo en uso con un nombre a especificar por el usuario pudiendo ser distinto al nombre que ya tenga el archivo.
- **Print:** Ejecutable también con el teclado usando Ctrl+P. Sirve para abrir el menú de impresión.
- **Send to CNC:** Envía las instrucciones programadas a la máquina herramienta para que ésta las ejecute.
- **Receive from CNC:** Recibe un programa desde la máquina herramienta.
- **Load machine settings:** Con esta opción se cargan configuraciones relacionadas con la máquina herramienta. Se trata de archivos con extensión *.rpf que están en carpetas que guardan esas configuraciones específicas de la máquina y que se cargan automáticamente al encender una carpeta.
- **Save machina settings:** Con esta opción se pueden guardar las configuraciones para distintas máquinas que posteriormente se pueden cargar con la opción *“Load machina settings” del punto anterior.*
- **Load detail settings:** Esta opción carga los controles de detalle como el tamaño de la pieza o el modo. Esta configuración se guarda en un archivo con la extensión *.set y el mismo nombre que el programa NC del que procede.
- **Save detail settings:** Guarda los datos de detalle expresados en el punto anterior (forma y modo) para posteriormente poder ser cargados y utilizados en nuevas programaciones que precisen de las mismas condiciones del material de partida.
- **Recent files:** Indica los últimos archivos utilizados por el programa de manera que sea más fácil su localización y apertura por el usuario ya que considera que son los archivos con los que se está trabajando y los más probables de ser requeridos.
- **Exit:** Cierra el programa *“CNC Simulator”*.

- **Edit:** En castellano “Edición”, si pulsamos sobre él aparece el siguiente menú:

Undo	Ctrl+Z
<hr/>	
Renumber	
Automatic line numbering	
Program statistics	
Check code	
Compress	
<hr/>	
Search	Ctrl+F
Replace	
<hr/>	
Cut	Ctrl+X
Copy	Ctrl+C
Paste	Ctrl+V
Delete	
<hr/>	
New Buffer	
Close Buffer	
<hr/>	
Calculate	
Maximize editor	

Figura 4.4.2 “Menú Edit”

En el menú Edit, como se muestra en la Figura 4.4.2, aparecen las siguientes opciones:

- **Undo:** También ejecutable con el teclado usando Ctrl+Z. Deshace la última operación realizada en la programación.
- **Renumber:** Renumera los bloques programados. Aparece una ventana pidiendo el nuevo valor de inicio y el incremento entre líneas.

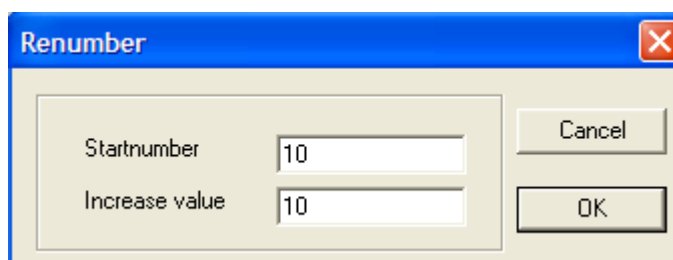


Figura 4.4.3 “Ventana para la nueva numeración al pulsar sobre la opción de Renumber”

- **Automatic line numbering:** Activa la numeración automática apareciendo un cuadro de diálogo para especificar el número de inicio y el incremento. Al pulsar “enter” durante la programación se creará un nuevo bloque con la numeración correspondiente.

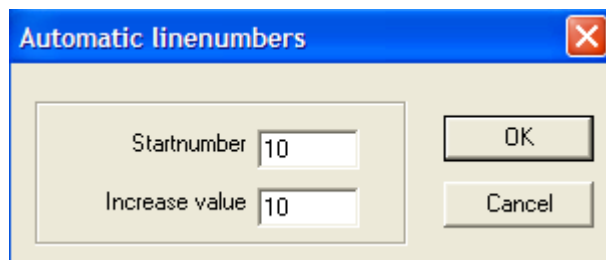


Figura 4.4.4 “Cuadro de diálogo de la opción de numeración automática”

- **Program statistics:** Muestra a siguiente ventana con algunas estadísticas sobre el programa de control numérico realizado como pueden ser los máximos desplazamientos en cada eje, el número de funciones preparatorias y auxiliares utilizadas, el número de cambios de herramientas y los números de caracteres y bloques utilizados.

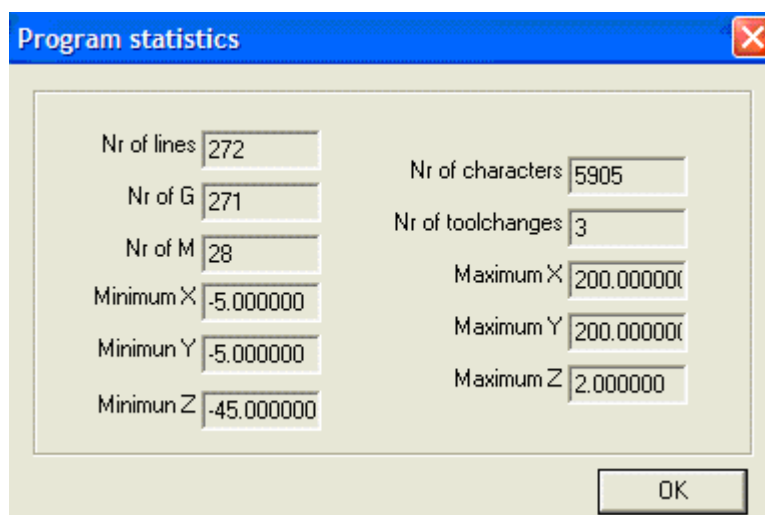


Figura 4.4.5 “Estadísticas obtenidas por CNC Simulator con la opción Program statistics”

- **Check code:** Realiza una comprobación de los bloques programados para detectar posibles incompatibilidades o errores en el léxico del control numérico. También introduce los posibles espacios necesarios y que no hayan sido introducidos por el usuario.
- **Compress:** Elimina todos los espacios de la programación para que el programa tenga unos menores requerimientos de memoria y evitar problemas con determinadas máquinas herramienta que puedan tener una capacidad de memoria reducida.
- **Search:** También ejecutable con el teclado usando **Ctrl+F**. Abre un cuadro de diálogo que permite realizar una búsqueda en todo el programa de control numérico de comandos indicados por el usuario.

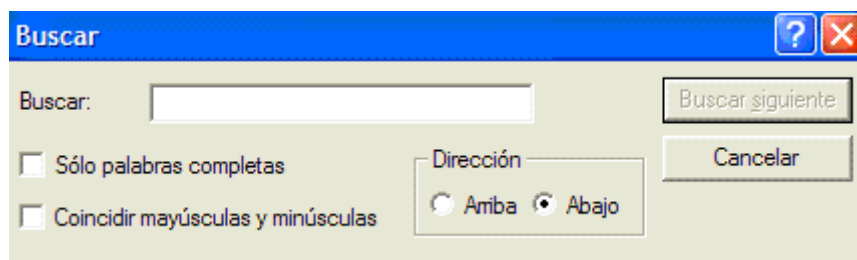


Figura 4.4.6 “Cuadro de diálogo para la opción Search”

- **Replace:** Abre un cuadro de diálogo para la sustitución de unas palabras o instrucciones por otras indicando que palabras se quiere sustituir en el programa y cuales deben reemplazarlas.

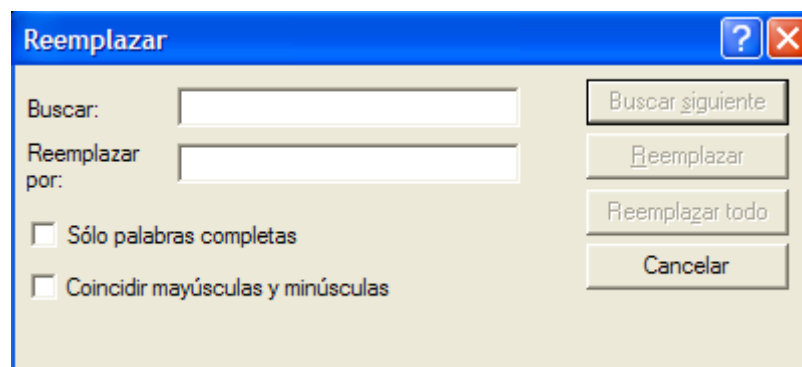


Figura 4.4.7 “Cuadro de diálogo para la opción Replace”



- **Cut:** También ejecutable con el teclado usando **Ctrl+X**: Corta la parte de la programación señalada por el usuario memorizándola para un futuro uso con el comando Paste.
- **Copy:** También ejecutable con el teclado usando **Ctrl+C**: Memoriza la parte de la programación señalada por el usuario.
- **Paste:** También ejecutable con el teclado usando **Ctrl+V**: Inserta en el lugar indicado por el usuario la última parte de la programación cortada o copiada anteriormente.
- **Delete:** Elimina la parte de la programación señalada por el usuario sin memorizarla para futuros usos.
- **New Buffer:** Crea un nuevo entorno de texto.
- **Close Buffer:** Cierra un interfaz de texto en uso.
- **Calculate:** Permite realizar cálculos numéricos cuya solución presenta en la pantalla de programación donde esté el cursor, evitando que el usuario necesite elementos externos al programa para ciertas operaciones sencillas. Las operaciones que se pueden utilizar (solas o en combinación) son las siguientes:
 - **Suma $\rightarrow(+)$**
 - **Resta $\rightarrow(-)$**
 - **División $\rightarrow(/)$**
 - **Multiplicación $\rightarrow(*)$**
 - **Seno del ángulo x en grados $\rightarrow\text{Sin}(x)$**
 - **Coseno del ángulo x en grados $\rightarrow\text{cos}(x)$**
 - **Tangente del ángulo x en grados $\rightarrow \tan(x)$**
 - **Inversa del seno del ángulo x en grados $\rightarrow \text{Asin}(x)$**
 - **Inversa del coseno del ángulo x en grados $\rightarrow \text{Acos}(x)$**
 - **Inversa de la tangente del ángulo x en grados $\rightarrow \text{Atan}(x)$**
 - **Cuadrado de x $\rightarrow \text{Pow}(x)$**
 - **Raíz cuadrada de x $\rightarrow \text{Sqr}(x)$**

- **Maximize editor:** Maximiza el cuadro de las líneas de programación. Para restaurar la ventana a su estado inicial puede disminuir el tamaño del editor arrastrando su borde o presionar el botón derecho del ratón y posteriormente desactivar la opción que parecerá con un “tick” “full screen”
- **Simulate:** En castellano “Simulación”, si pulsamos sobre él aparece el siguiente menú:

Edit tools
 Detail settings
 Zero point register
 Load tools
 Save tools
 Lathe tool path

Figura 4.4.8 “Menú Simulate”

En el menú Simulate, como se muestra en la Figura 4.4.2, aparecen las siguientes opciones:

- **Edit tools:** Esta opción nos permite definir las herramientas y todas sus características que intervienen activamente en el mecanizado. En el caso de un fresado que es el que estamos analizando, se abre el siguiente cuadro de diálogo en el que se indica el número de la herramienta, el diámetro, la longitud, los datos de penetración y uso o desgaste y el nombre de la herramienta.

○

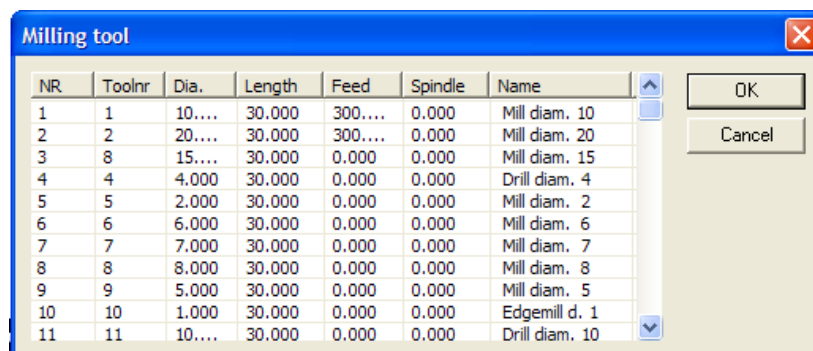


Figura 4.4.9 “Cuadro de diálogo para la configuración de las fresas”

- **Detail settings:** Esta opción nos permite establecer las dimensiones del material de partida así como la posición del cero pieza en el siguiente cuadro de diálogo.

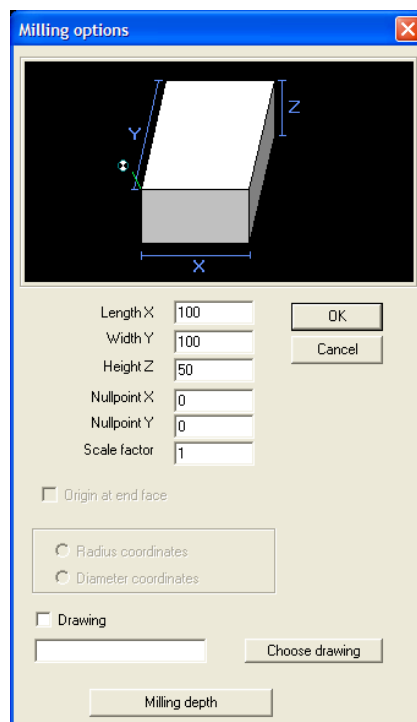


Figura 4.4.10 “Cuadro de diálogo para establecer la pieza de partida”

- **Zero point register:** Se definen hasta 6 orígenes de coordenadas para una posible activación en la programación con las funciones G54-G59.

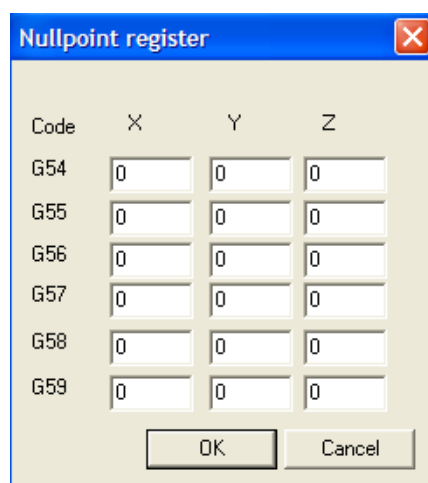


Figura 4.4.11 “Definición de distintos orígenes de coordenadas asociados al rango de funciones G54-G59”



- **Load tools:** Permite cargar herramientas ya definidas y guardadas anteriormente.
- **Save tools:** Guarda un archivo con las herramientas definidas en el programa en uso para una posible carga futura a través del comando “Load tools”.
- **Lathe tool path:** Sólo activa en el modo torno, sirve para definir la búsqueda de herramientas ya que puede haber diferencias entre distintas máquinas herramienta. Así, con esta opción podemos controlar que no se produzcan fallos en la selección de las herramientas programadas.
- **Screen:** En castellano “Pantalla”, si pulsamos sobre él aparece el menú de la Figura 4.4.12.

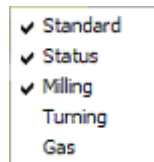


Figura 4.4.12 “Menú Screen”

En el menú Screen se pueden activar diferentes opciones que indican el tipo de mecanizado que se quiere programar así como el control de ciertas opciones de visualización.

- **Standard:** Controla la visualización o no de la barra de herramientas.
- **Status:** En caso de estar activo, permite visualizar en la parte inferior el directorio en el que se encuentra el archivo. También reinicia la pantalla de visualización inferior izquierda, de manera que en ésta se vea el material de partida mientras que en el resto se sigue viendo el material mecanizado en el punto en el que tengamos la simulación.
- **Milling:** Activa el modo fresado desactivando el modo Turning o Gas dependiendo de cual esté activo.
- **Turning:** Activa el modo torneado desactivando el modo Milling o Gas según cual esté activo.
- **Gas:** Activa el modo corte desactivando el modo Milling o Turning según cual sea el activo en ese momento.



- **Settings:** En castellano “Ajustes”, si pulsamos sobre él aparece el menú de la Figura 4.4.13.

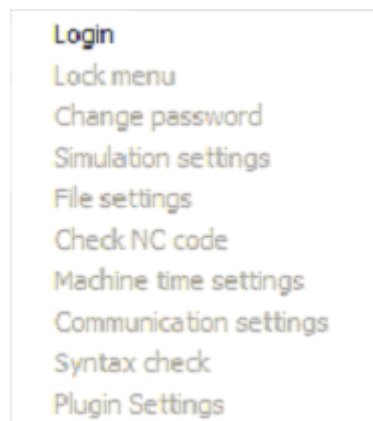


Figura 4.4.13 “Menú Settings”

En el menú Settings, como se muestra en la Figura 4.4.13, aparecen las siguientes opciones:

- **Login:** Única opción activa en un inicio hasta que introduzca en ella su contraseña. La contraseña por defecto es “login”. Al introducirla, se activan el resto de controles de este menú y se desactiva éste.
- **Lock menú:** Restaura el menú Settings de manera que se vuelven a bloquear todas las opciones excepto el inicio de sesión. Debe volver a introducir su contraseña para activar todas las opciones de nuevo.
- **Change password:** Permite cambiar la contraseña para garantizar la confidencialidad y aumentar la seguridad de su sesión. Es necesario introducir la nueva contraseña y confirmarla por segunda vez para evitar errores en la escritura que provoquen que la contraseña introducida sea desconocida para el propio usuario.

- **Simulation settings:** Permite introducir algunas pautas en la simulación como el numero de líneas a simular en cada paso de la simulación por líneas o la tolerancia en el mecanizado en función del radio de la herramienta y el punto final programado para el mecanizado y el alcanzado por la herramienta en la realidad. Otras opciones son el análisis de conflictos o choques de la herramienta y roturas, la visualización del fresado en 3D, activación de un aviso de confirmación cuando la herramienta va a empezar a cortar y el análisis de posibles errores en la programación de los bloques. El cambio de unidades de milímetros a pulgadas también se puede realizar en esta pantalla.

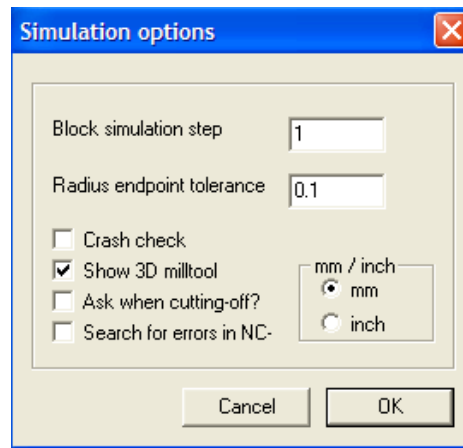


Figura 4.4.14 “Cuadro de diálogo para las opciones de simulación”

- **File settings:** Controla las extensiones de los archivos que el programa de control numérico guardará así como filtros y códigos que debe seguir para que el usuario tenga el control de todos los archivos que se generan. Estas posibilidades se muestran en la Figura 4.4.15.
- **Check NC code:** Permite indicar al programa algunas especificaciones que éste debe tener en cuenta a la hora de comprobar el código programado con la función “check code” del menú “Edit”. También se puede indicar la necesidad o no de insertar espacios entre los códigos ISO.

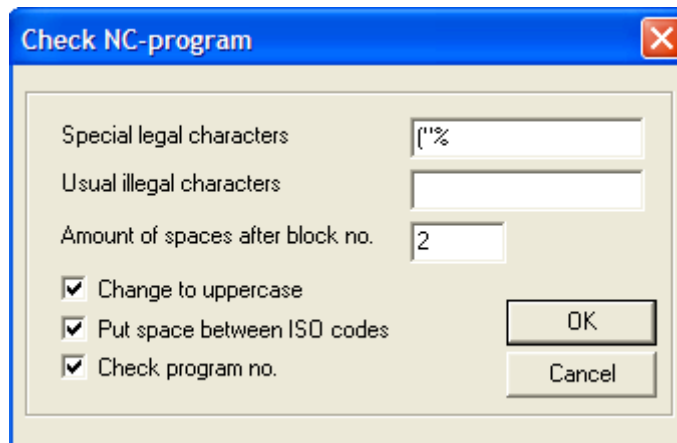


Figura 4.4.15 “Cuadro de diálogo para establecer los parámetros en el chequeo del código programado”

- **Machine time settings:** Permite indicar al programa ciertas informaciones sobre los tiempos como son la velocidad de desplazamiento rápido (G00), el tiempo de cambio de herramienta, el tiempo de preparación y el tiempo de retardo, tal y como se indica en la siguiente figura.

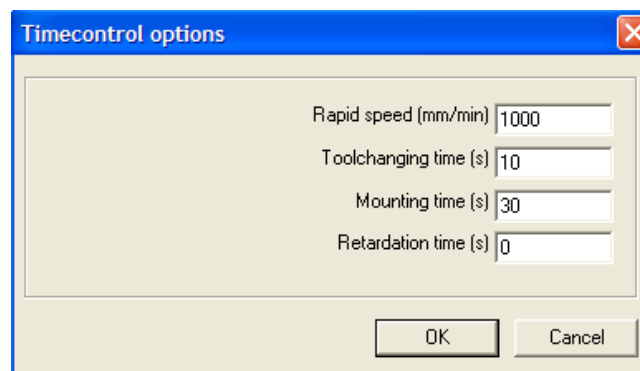


Figura 4.4.16 “Ventana para indicar los datos correspondientes al control de los tiempos”

- **Communication settings:** Sirve para establecer los parámetros necesarios para la correcta comunicación con la máquina herramienta en la exportación del programa de control numérico. Se trata de una herramienta cuyo uso solo es aconsejable en personal capacitado y con conocimientos en este tipo de comunicaciones computador-máquina herramienta. Aún así, esta función presenta una ayuda específica en caso de querer modificar algún parámetro.

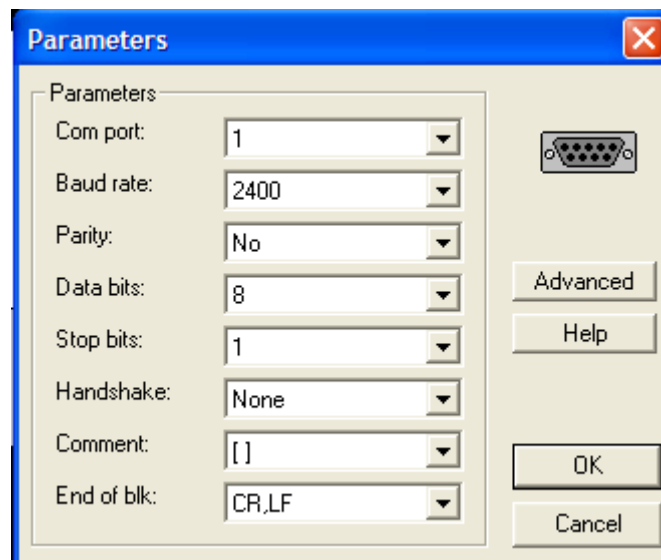
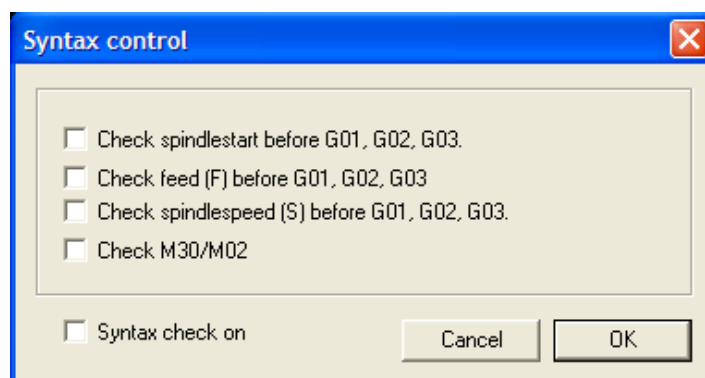


Figura 4.4.17 “Ventana para introducir los datos de comunicación entre el programa y la máquina herramienta”

- **Syntax check:** En esta opción se pueden indicar ciertas comprobaciones que se desea que el programa realice durante la simulación como asegurarse de que se hay un eje de inicio, unas velocidades (F y S) indicadas antes de una función G01, G02 y G03. Otra comprobación posible es que el programa esté finalizado con la función M02 ó la función M30.



Función 4.4.18 “Ventana para el establecimiento de algunas comprobaciones de sintaxis en el código programado”

- **Help:** En castellano “Ayuda”, si pulsamos sobre él aparecen dos opciones:
 - **About CNC Simulator:** Aparece la ventana de la siguiente figura indicando las características del programa.

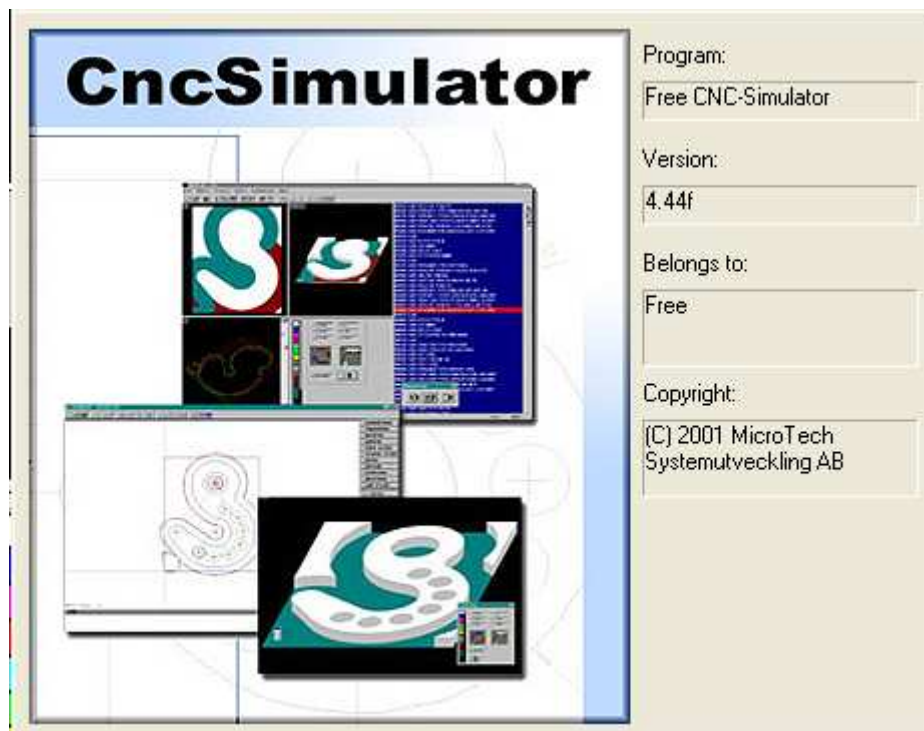


Figura 4.4.19 “Características del programa CNC Simulator”

- **Help:** Aparece una ventana de ayuda sobre los distintos menús del programa CNC Simulator.
- **Plugins:** Aparece una ventana de información sobre la posibilidad de la descarga de plugins para el programa indicando también la página Web desde la que se puede realizar dicha descarga.

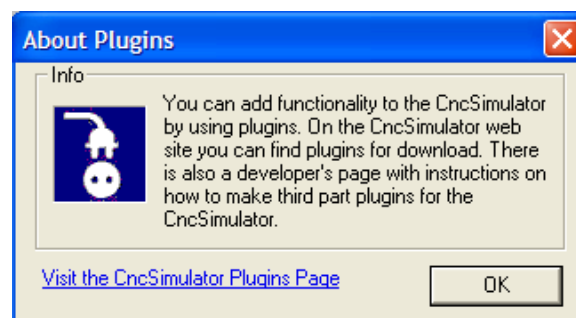


Figura 4.4.20 “Información sobre los Plugins del programa CNC Simulator”

4.5.- ACTUALIZACIÓN DE “CNC SIMULATOR”

El programa “CNC Simulator” es de descarga gratuita a través de su página Web como se ha indicado anteriormente. El uso de dicho programa está permitido durante 90 días, después de los cuales es necesario descargar un archivo de actualización de la licencia que es llamado “Petrol-file” o “archivo de gasolina”. Esta descarga es también gratuita y útil durante otro plazo de 90 días. Estas descargas de “archivos de gasolina” son ilimitadas y la necesidad de una nueva descarga la indica el programa “CNC Simulator” al intentar ser abierto con el siguiente aviso.



Figura 4.5.1 “Aviso sobre la necesidad de descargar un nuevo archivo Petrol-file”

Al aparecer el aviso de la Figura 4.5.1 es necesario seguir los siguientes pasos guiados por el propio programa:

1. Pulsar el botón “OK” del aviso de descarga de la Figura 4.5.1. Aparecerá el siguiente cuadro de diálogo indicando la falta metafórica de combustible.

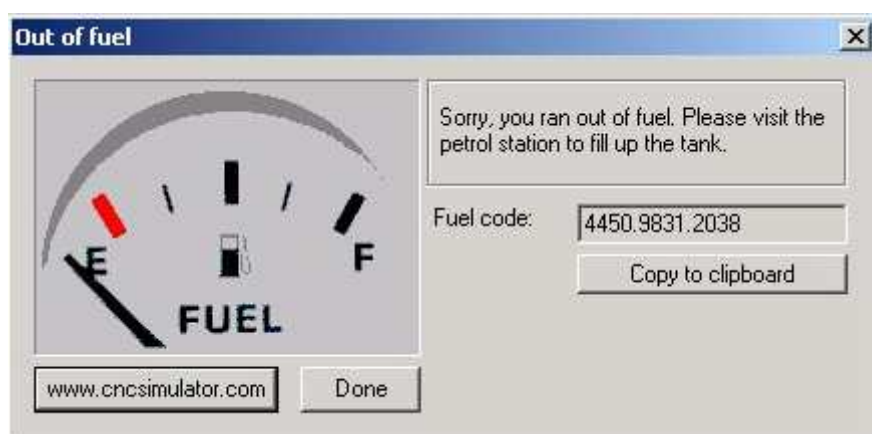


Figura 4.5.2 “Cuadro de diálogo de falta de combustible”

2. Hacer “clic” sobre el botón “www.cncsimulator.com” que abrirá la página Web del programa.



3. En la Web pulsar el link *"Petrol Station"*.
4. Hacer "clic" en el botón *"Copy to clipboard"* del cuadro de diálogo de falta de combustible anterior que apareció en el programa *"CNC Simulator"*.
5. Pulsar sobre la ventana *"Editar código de combustible"* de la Web. Con el botón secundario del ratón haga "clic" y elija la opción pegar.
6. El código se debe haber copiado en la ventana de edición, en caso contrario escríbalo manualmente.
7. Escribir una dirección válida de e-mail en la ventana *"Editar e-mail"*. Es en esta dirección donde será recibido el archivo de combustible una vez pulsado el botón de *"Tanque lleno"*.
8. Copiar el archivo recibido en el directorio en el que esté instalado el programa *"CNC Simulator"*.
9. Cerrar el cuadro de diálogo y reiniciar el programa.

CAPÍTULO 5: INTRODUCCIÓN AL MANUAL

Como se ha dicho anteriormente, una de las finalidades de este proyecto es la creación de un manual en formato electrónico programado en *“Visual Basic”* sobre el programa *“CNC Simulator”* en operaciones de fresado. Este manual se encuentra en el CD adjunto como un archivo ejecutable con el nombre *“Manual CNC Simulator- Fresa”*.

Al ejecutar el manual, el usuario se encontrará con la pantalla de la Figura 5.1 en la que se encuentra con tres opciones: un acceso a la parte del manual que explica la navegación y uso de los distintos menús del programa *“CNC Simulator”* en un botón con el mismo nombre que el programa, otro acceso a la parte del manual que explica de forma genérica todo lo relacionado con la programación de control numérico y las funciones que se pueden utilizar (en un botón con el nombre *“FUNCIONES CN”*). Por último el botón que contiene un ejemplo de programación de una operación de fresado (el ejemplo número 2 explicado en el punto 6.2).



Figura 5.1 “Menú principal del manual”

CAPÍTULO 6: EJEMPLOS DE PROGRAMACIÓN

Se ha procedido a la programación de dos ejemplos prácticos en el programa “CNC Simulator”. Estos ejemplos se presentan a continuación.

6.1.- EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN Nº 1

Este ejemplo consiste en un programa que haga que una fresa mecanice una pieza original de 150x150x25 mm para conseguir el resultado del plano de la Figura 6.1.1

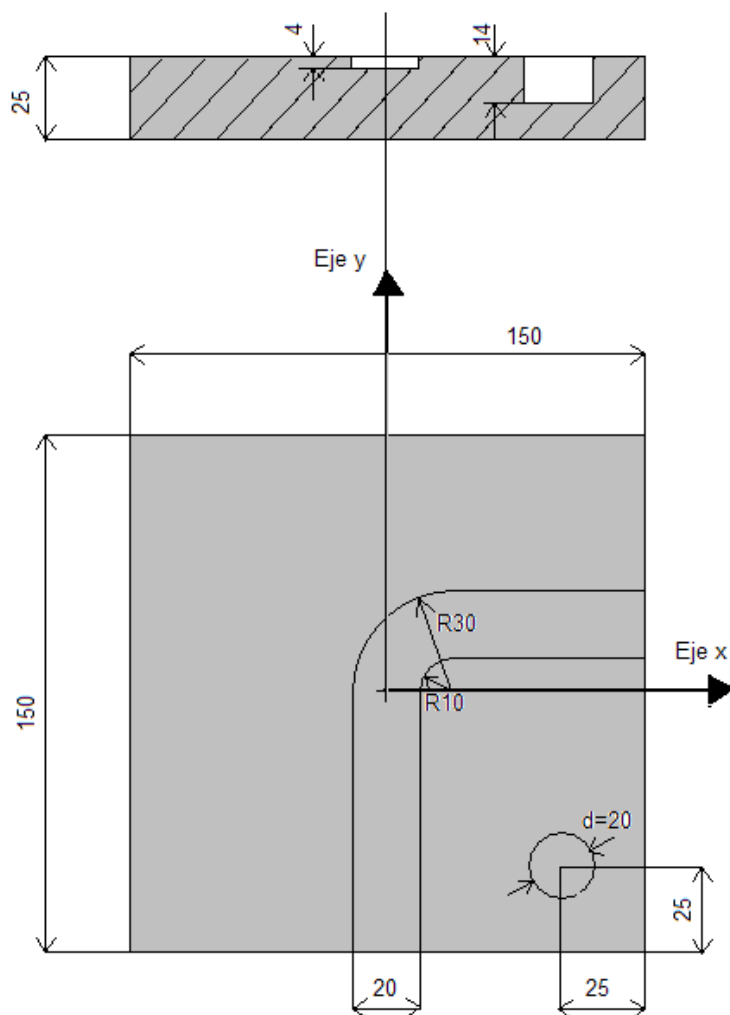


Figura 6.1.1 “Plano de la pieza deseada en el enunciado del ejemplo de programación 1”

El resultado de la programación así como las líneas de código programadas se muestran en la Figura 6.1.2.

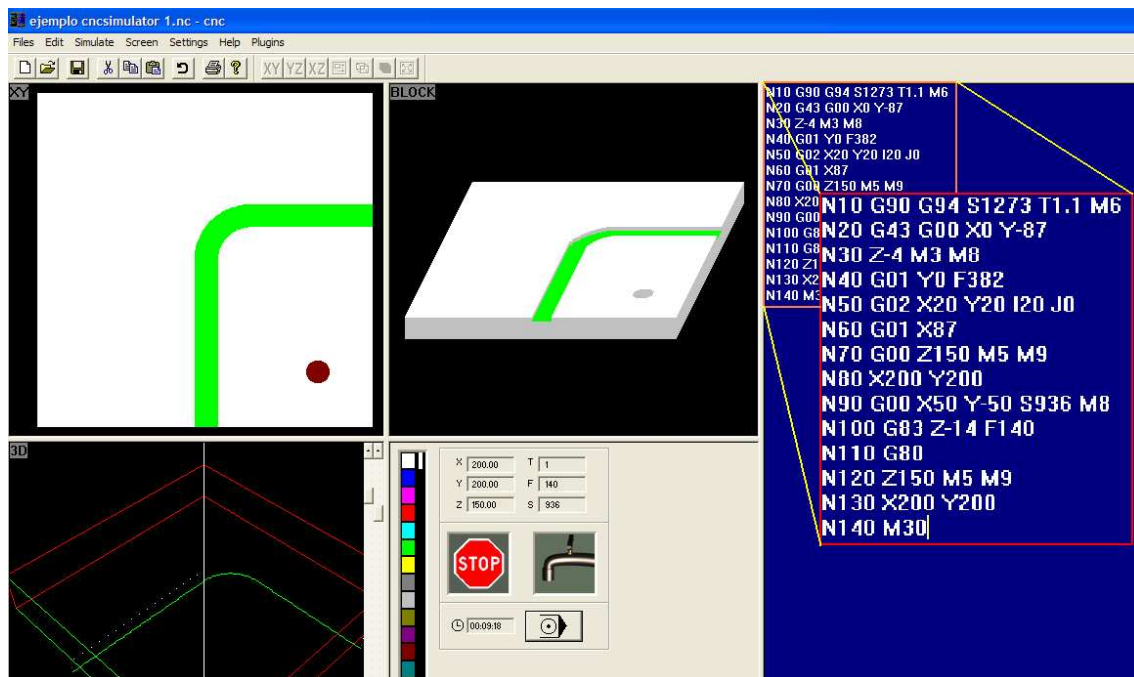


Figura 6.1.2 “Programación y simulación del ejemplo número 1”

6.2.- EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN Nº 2

Este ejemplo consiste en un programa que haga que una fresa de 5 mm de diámetro efectúe el recorrido de la Figura 6.1.3 en un material de partida de 82x52x20 mm, considerando esta trayectoria como la que debe seguir el centro de la herramienta.

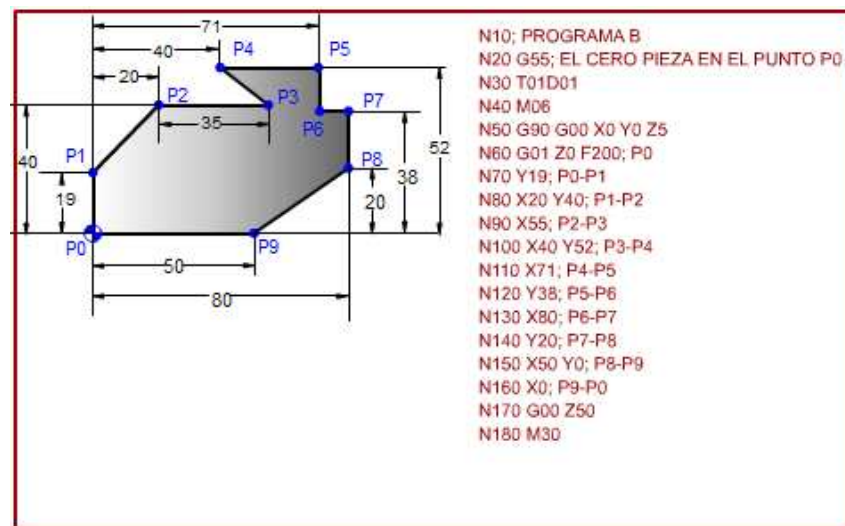


Figura 6.1.3 “Trayectoria de centro de herramienta y programación para el ejemplo número 2”

Este ejemplo está programado en el archivo “Ejemplo CNC Simulator 2” disponible en el CD adjunto a esta memoria y lanza el resultado de la Figura 6.1.4.

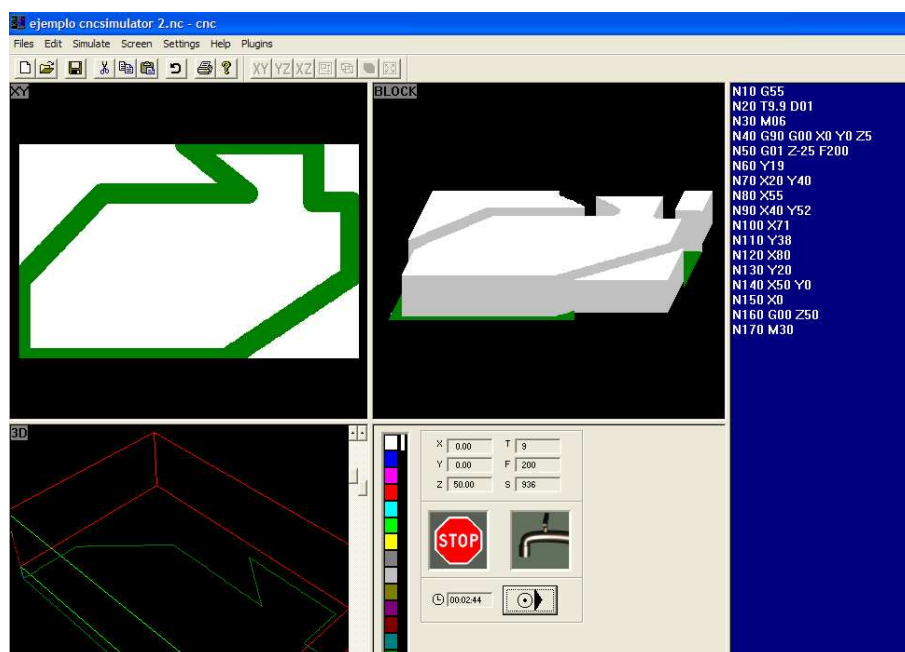


Figura 6.1.4 “Simulación en CNC Simulator del ejemplo de programación 2”



CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

El resultado de este proyecto se puede resumir en los siguientes aspectos:

- Se ha elaborado un manual en “*Visual Basic*” consistente en un manual para la programación de control numérico, dirigido especialmente al apoyo en la programación con el programa “*CNC Simulator*”. En dicho manual se refleja la información necesaria para realizar la programación así como para efectuar un correcto y eficaz uso del programa citado.
- El manual ha sido elaborado de forma que resulte sencilla la navegación por sus menús y se realice una búsqueda rápida de la información deseada. Además, el alumno puede consultarlo sin necesidad de tener instalado el programa “*Visual Basic*” ya que de la programación se obtiene un archivo ejecutable desde cualquier PC.
- Este proyecto está dirigido especialmente a tareas docentes en el ámbito de la introducción y aprendizaje de programación de control numérico en tareas de fresado. Creo que se ha cumplido este objetivo ya que el resultado es una herramienta didáctica y con información de base que es de utilidad en un primer contacto con la programación de control numérico.
- Existe un manual para tareas de torneado, con lo cual este proyecto cumple con el objetivo de complementar dicho manual al estar dirigido a tareas de fresado.
- La elección del programa “*CNC Simulator*” está basada en la facilidad de este programa y su carácter ilustrativo en cuanto a sus posibilidades gráficas que le hacen cumplir unos requisitos interesantes a la hora de su uso en tareas docentes. Además, su facilidad de acceso gratuito a través de Internet permitiría al alumno disponer de esta herramienta fuera del ámbito lectivo.
- Como futuras líneas de trabajo cabe sugerir un futuro estudio de comparativa con otros programas de similares características que puedan ser utilizados en tareas docentes dentro de los laboratorios universitarios en asignaturas que incluyan estos temas en su programa. Además, la posibilidad de incluir, con un grado más elevado de conocimiento de este tipo de programación, herramientas al manual que faciliten su uso como un buscador o la inclusión de videos explicativos que complementen las ilustraciones ya presentes.



CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFÍA

8.1.- BIBLIOGRAFÍA IMPRESA

PROCESOS DE FABRICACIÓN:

- Millán Gómez, Simón (2006), *Procedimientos de Mecanizado*, Madrid: Editorial Paraninfo.
- "El mecanizado moderno". Manual Práctico. Sandvik Coromant.
- "Procesos de Fabricación". Tomo 1. José D. Zamanillo, Pedro Rosado.
- M^a Henar Miguélez Garrido, J. Antonio Canteli Fernández, J. Luis Cantero Guisández, Guillermo Filippone Capllonch. "Problemas resueltos de Tecnología de Fabricación".
- Apuntes de la asignatura Tecnología Mecánica, incluida en el plan de estudios del 1º cuatrimestre del 3º curso de ITI Mecánica en la Universidad Carlos III de Madrid.

CONTROL NUMÉRICO:

- "Programación de Máquinas-herramienta con control numérico". Miguel A. Sebastián, Carmelo J. Luis. UNED.
- Automatización Flexible en la Industria ; Ed. LIMUSA-Noriega, México, 1991.
- "El control numérico y la programación manual de las máquinas herramientas con control numérico". J. González de Ikerlan. URMO.
- "Fabricación Asistida". Francisco González, Pedro Rosado, Santiago Gutiérrez.
- M^a Henar Miguélez Garrido, J. Antonio Canteli Fernández, J. Luis Cantero Guisández, Guillermo Filippone Capllonch. "Problemas resueltos de Tecnología de Fabricación".
- Apuntes de la asignatura Tecnología Mecánica, incluida en el plan de estudios del 1º cuatrimestre del 3º curso de ITI Mecánica en la Universidad Carlos III de Madrid.



8.1.- BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA

- <http://www.schunk.com/> (última visita a fecha de 24/08/07).
- <http://www.carrlane.com> (última visita a fecha de 24/08/07).
- <http://concurso.cnice.mec.es> (última visita a fecha de 3/08/07).
- <http://es.wikipedia.org> (última visita a fecha de 27/07/07).