

## INDICE

---

1. Objetivo.....	2
2. APERTURA DEL EJERCICIO.....	2
3. APERTURA DEL SOFTWARE DE MECANIZADO (CAM) .....	3
4. DEFINICIÓN DE ELEMENTOS GEOMÉTRICOS IMPLICADOS.....	5
4.1. Definición del “MCS” o “CERO PIEZA” .....	5
4.2. Definición de los elementos: Pieza y Pieza Bruta .....	8
4.3. Definición de la herramienta de corte .....	11
5. EL MECANIZADO.....	14
5.1. Operación de desbaste genérico(vaciado).....	14
5.2. Operación de desbaste del vaciado y acabado del suelo.....	18
5.3. Operaciones de acabado de las paredes .....	23
6. SIMULACIÓN GRÁFICA Y POSTPROCESADO .....	32

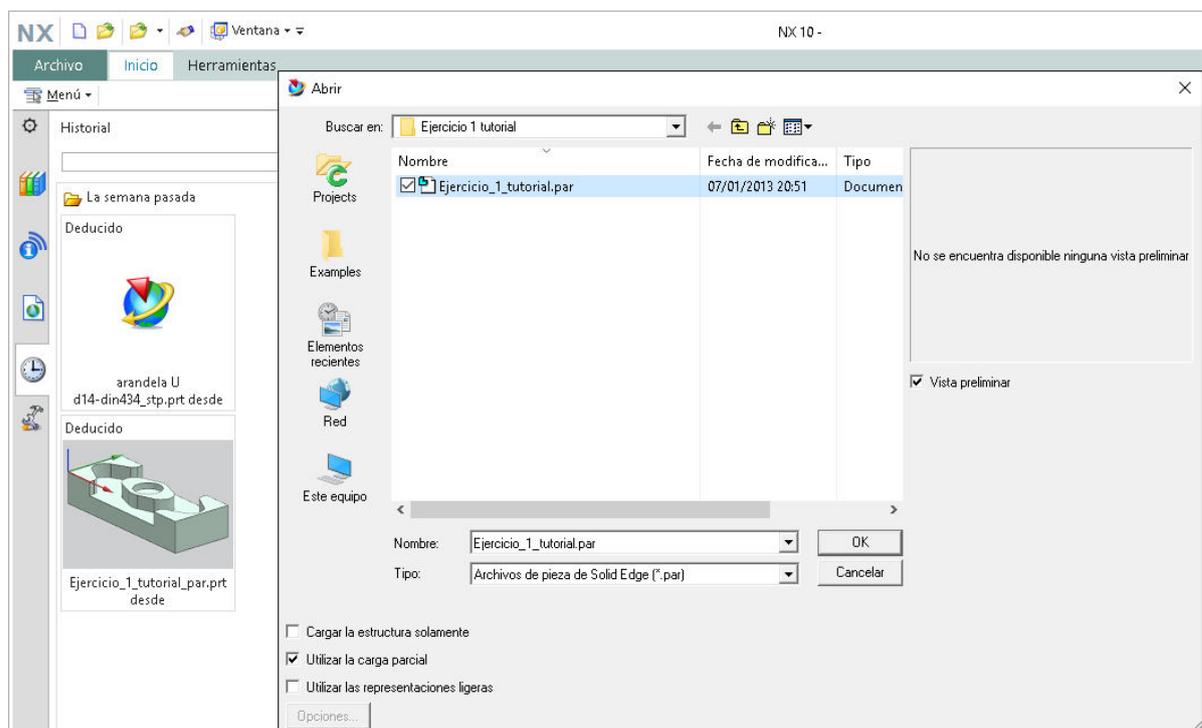
## 1. Objetivo

En este ejercicio, se efectuará el fresado de la pieza propuesta, siguiendo una serie de pasos hasta llegar a su consecución final. El objetivo fundamental del ejercicio es, precisamente, repasar el flujo de trabajo en CAM Express. Para este tutorial, utilizaremos un archivo, en este caso en formato Solid Edge pieza (archivo con extensión **.par**).

## 2. APERTURA DEL EJERCICIO

En primer lugar, deberemos abrir el fichero adjuntado que contiene precisamente el dibujo de la pieza, a partir del cual plantearemos el mecanizado, que se denomina **Ejercicio\_1\_tutorial.par**.

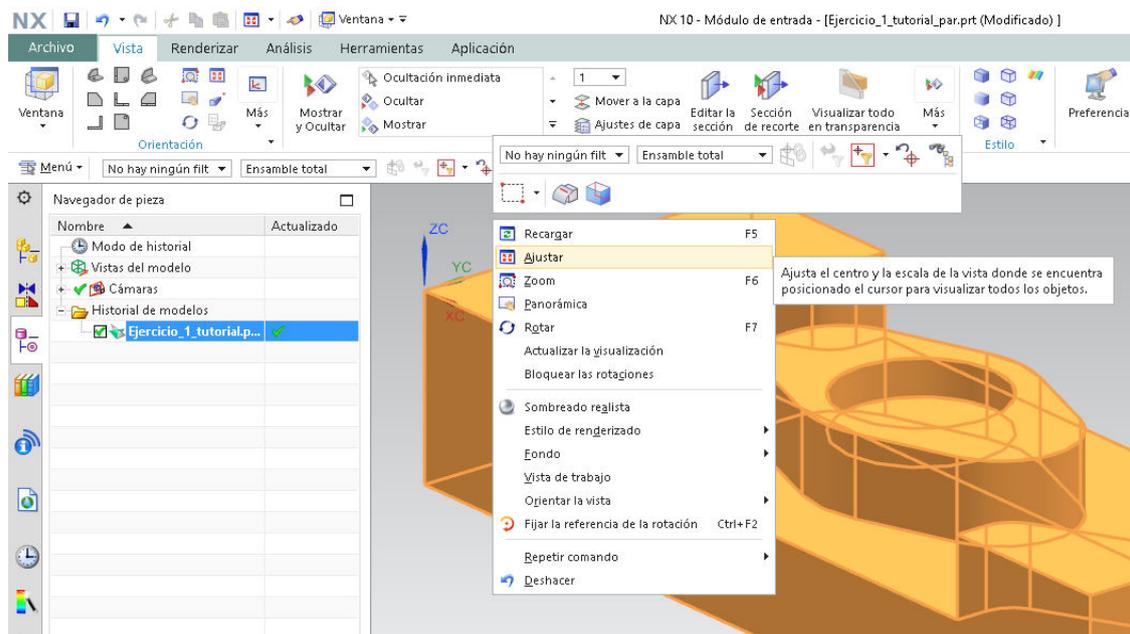
Tras escoger la opción **Abrir**, aparecerá una ventana flotante desde donde propone la carga de ficheros de extensión **\*.prt** por defecto. Sin embargo, abriremos la ventana desplegable con todos los tipos de ficheros que se pueden abrir desde CAM Express (y sus correspondientes extensiones), entre los que se encuentran los ficheros que extensión **\*.par** correspondientes a ficheros CAD realizados con un software denominado Solid Edge.



**Figura 2.1.**

Cuando escojamos la opción de carga de ficheros **\*.par**, seleccionaremos el fichero denominado **Ejercicio\_1\_tutorial.par**, y pulsaremos **OK**.

La pieza se cargará en unos pocos segundos, y cuando lo haga, pulsaremos con el cursor sobre la opción **Ajustar** para que la pieza se adecue al tamaño de pantalla.



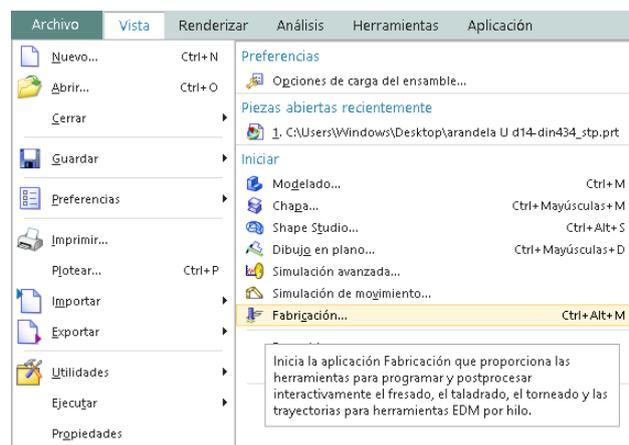
**Figura 2.2.**

Como puede comprobarse, en este caso sólo se ha importado el dibujo de la pieza “terminada”. Para simplificar este ejercicio, al menos por el momento, supondremos que partimos de una pieza en bruto que posee las mismas dimensiones de la pieza que vemos en pantalla, y que la pieza se halla sujeta mediante una típica mordaza en la parte inferior que no supone obstáculo alguno.

También puede comprobarse que el Cero Pieza o MCS se halla situado en una de las esquinas de la pieza. Uno de nuestros propósitos será precisamente desplazar ese Cero Pieza hasta el centro de la caja circular, es decir, el centro de la pieza. En la práctica, eso conllevará la generación de un programa CNC diferente, aunque el resultado final sea evidentemente el mismo.

### **3. APERTURA DEL SOFTWARE DE MECANIZADO (CAM)**

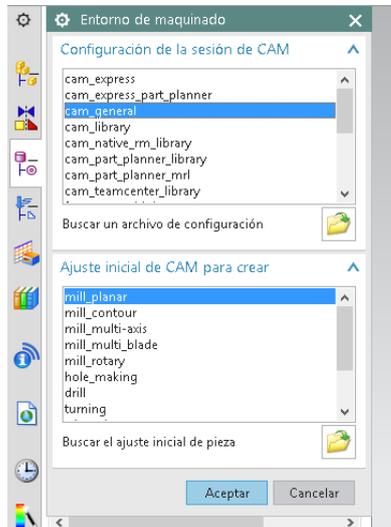
Bien, hasta el momento únicamente habíamos actuado sobre el “dibujo” del conjunto, pero el software utilizado no era de mecanizado propiamente dicho (de CAM). Por ello, es necesario abrir el módulo específico para mecanizado desde la opción de menú **Fabricación** (la ruta a seguir es **Archivo**, luego **Fabricación**).



**Figura 3.1.**

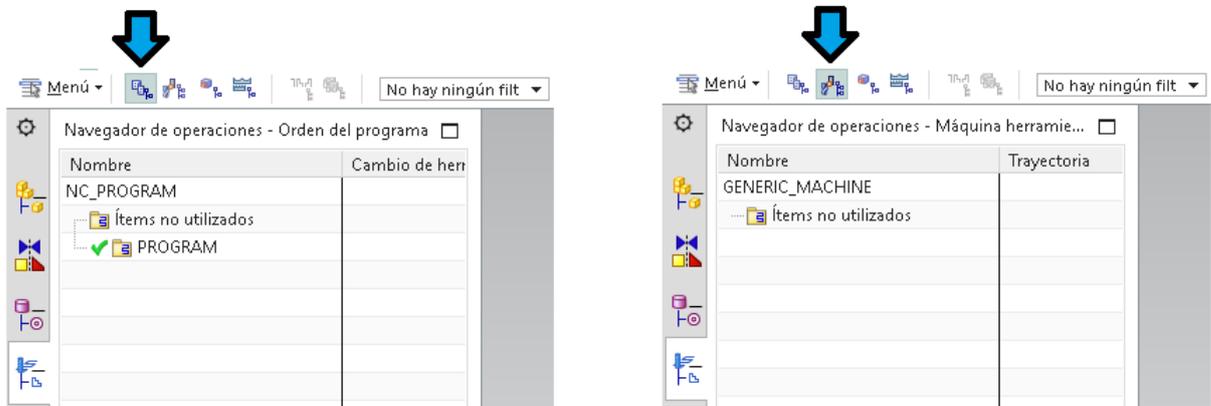
*Ejercicio 1 (Tutorial) CAM Express*

En este instante, se abrirán una serie de menús, que son los que necesitaremos a lo largo de los ejercicios. En la “ventana “deslizante” podremos encontrar las diferentes plantillas que posee el programa: trabajaremos con las más habituales, en este caso “cam general” (desde donde se describe el tipo de mecanizado) y “mill planar”.

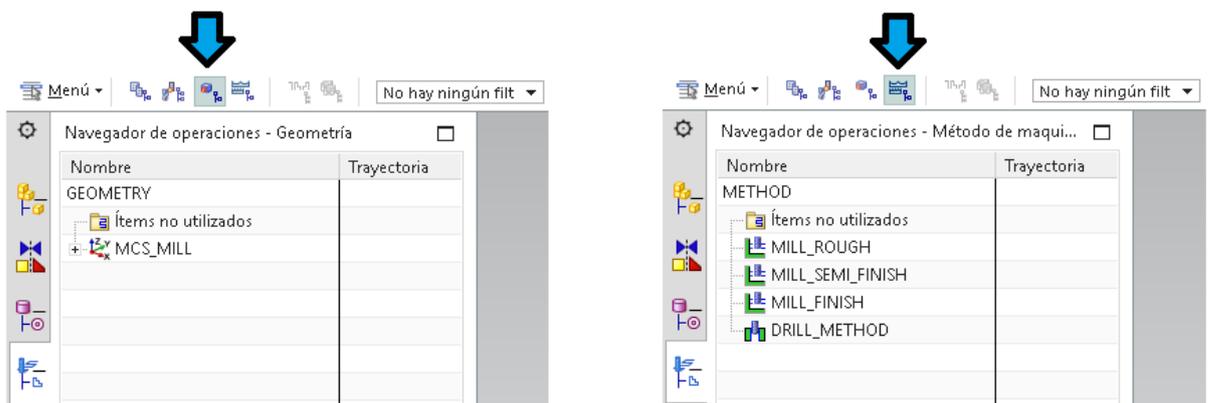


**Figura 3.2.**

Recordemos el entorno de los cuatro menús que aparecen a la izquierda de la pantalla (a efectos prácticos, nos servirá para plantear el trabajo de la pieza desde cuatro puntos de vista diferentes).

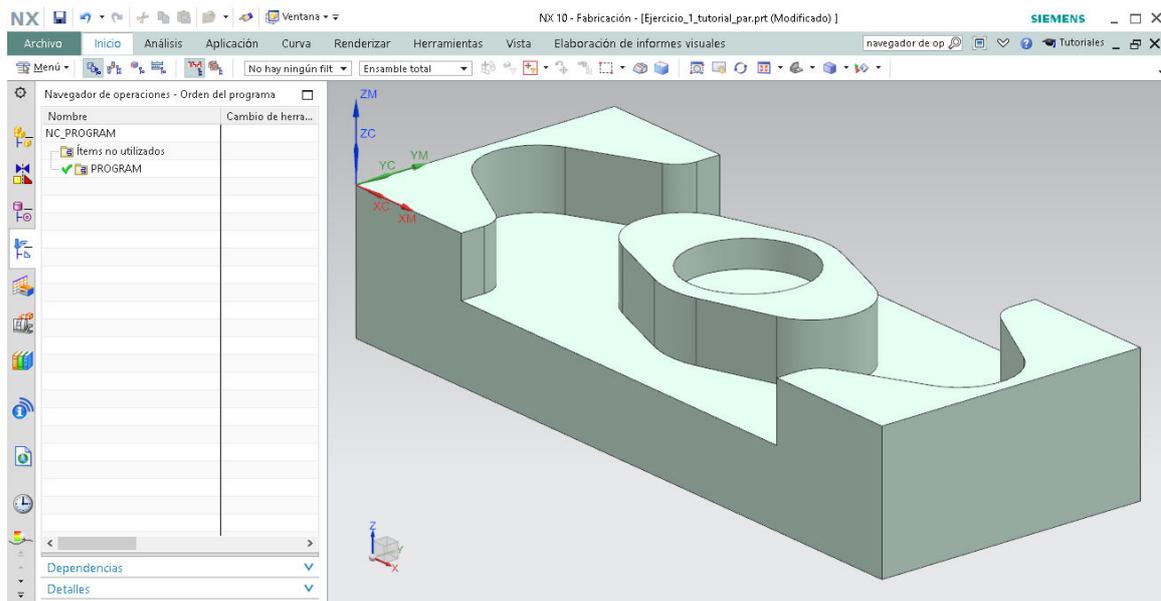


**Figura 3.3.1. (Vista de Orden del programa) Figura 3.3.2. (Vista de la máquina herramienta)**



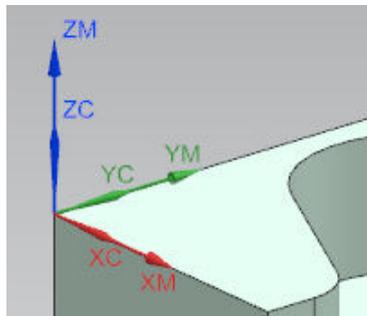
**Figura 3.3.3. (Vista de Geometría) Figura 3.3.4. (Vista de método de maquinado)**

Bien, éste es el aspecto que podría presentar la pantalla en estos momentos...



**Figura 3.4.**

Si observamos el dibujo, vemos que coincide el cero cartesiano originario con el CeroPieza de trabajo. Por ello vemos dos pares de caracteres por cada eje (por ejemplo, en el eje X podemos ver los caracteres XC y XM). Véase en la imagen siguiente...



**Figura 3.5.**

Esto cambiará cuando el Cero Pieza sea situado en el centro del vaciado, tal y como describiremos a continuación.

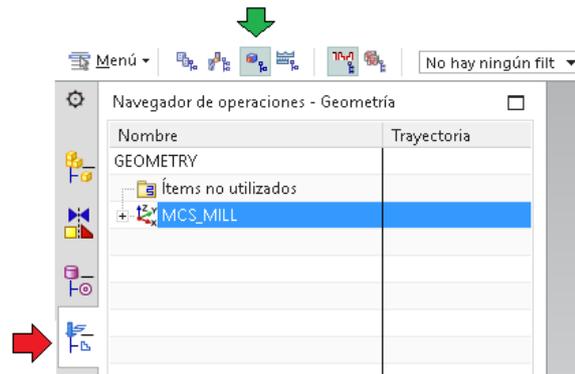
## **4. DEFINICIÓN DE ELEMENTOS GEOMÉTRICOS IMPLICADOS**

A continuación, describiremos cómo definir cuáles son los elementos geométricos implicados en el ejercicio.

### **4.1. Definición del “MCS” o “CERO PIEZA”**

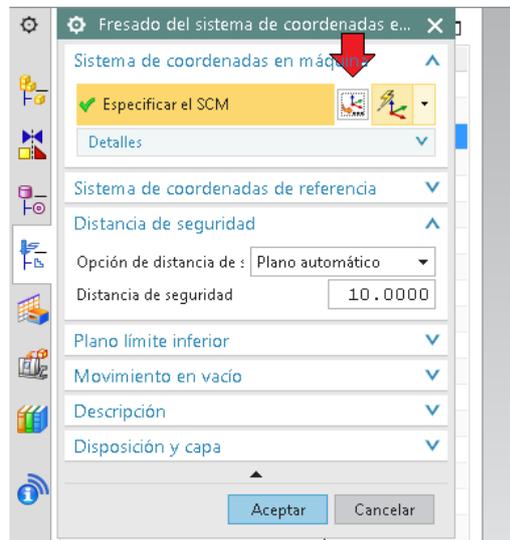
Antes de especificar nada, procederemos a desplazar el sistema de coordenadas hasta un punto que nos resulte más interesante para la realización del futuro programa de control numérico. Se trata de la definición del MCS o Cero Pieza. Supongamos que en este caso se desea ubicar el Cero Pieza (que es desde donde se planteará el programa de CNC) desde el centro de la pieza.

En cuanto a las pestañas inferiores, debe elegirse la opción **Vista de Geometría** (ver flecha verde), y la cuarta pestaña vertical (ver flecha roja). A continuación, hacer doble clic con el cursor donde dice **MCS\_MILL**.



**Figura 4.1.**

A continuación, aparecerá una “ventana deslizable”, desde donde hacemos clic sobre la opción de menú **Cuadro de diálogo del SISC** (en la imagen siguiente puede verse la opción señalada mediante una flecha roja) ...



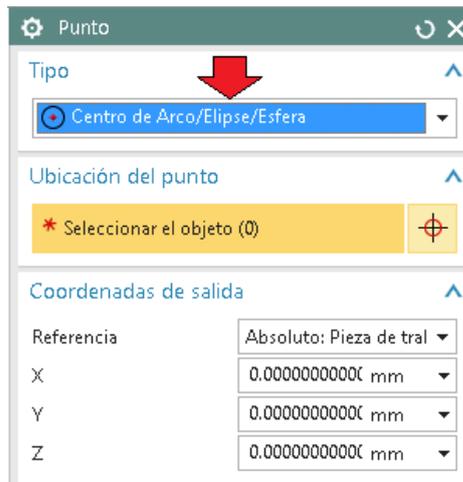
**Figura 4.2.**

Aparecerá una nueva “ventana deslizable”, que conviene dejar con las opciones **Dinámica** y **Absoluto: pieza visualizada** (ver flechas roja y azul). Entonces hacer clic en el primer icono del **Manipulador** (donde la flecha verde) ...



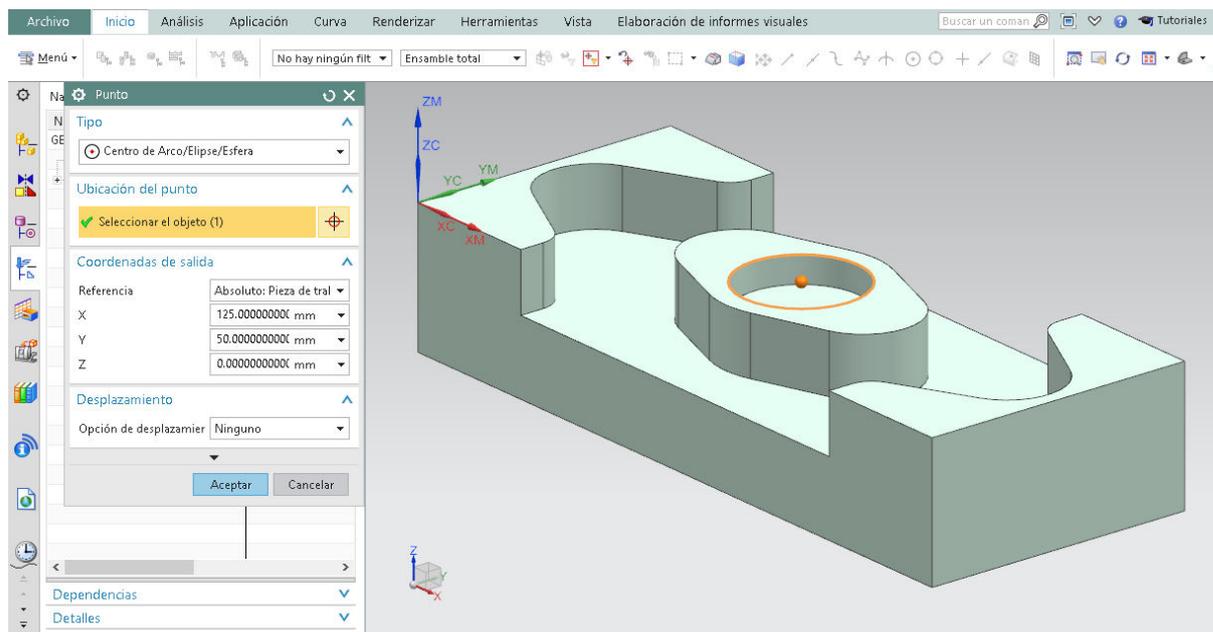
**Figura 4.3.**

Nuevamente aparecerá otra “ventana deslizable”, donde cambiaremos la opción de localización de puntos que aparecerá inicialmente (probablemente aparecerá por defecto la opción “punto deducido”) a **Centro de Arco/Elipse/Esfera**.



**Figura 4.4.**

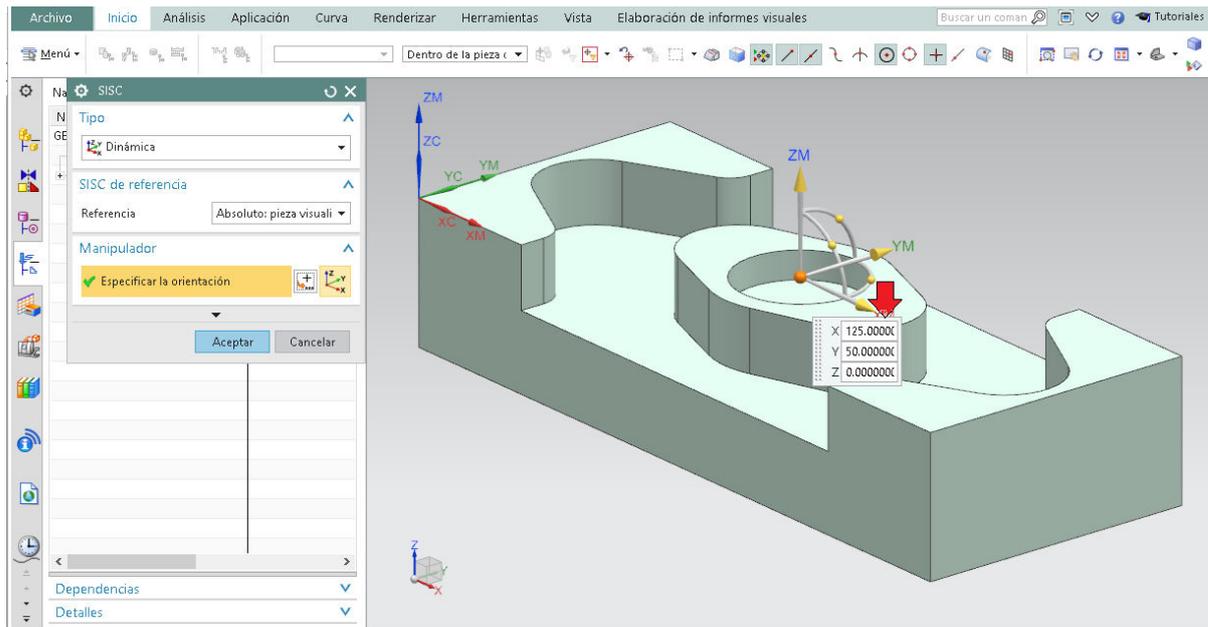
Eso nos permitirá especificar fácilmente el centro del vaciado como Cero Pieza, acercándonos con el cursor hasta dicho centro (ver flecha roja). Al acercarnos con el cursor, aparecerá el borde del vaciado resaltado en rojo, y se localizará en el centro del círculo automáticamente: en la figura siguiente puede verse una pequeña esfera rojiza, que es donde se ubicará el nuevo Cero Pieza (MCS).



**Figura 4.5.**

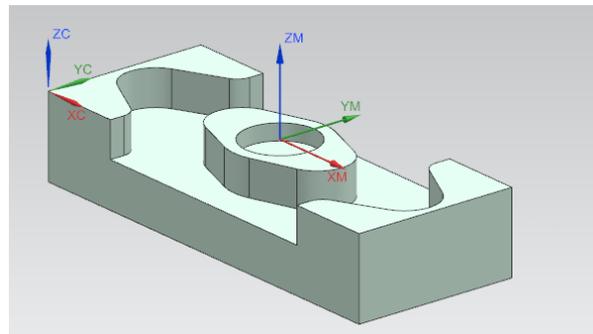
Al pulsar **Aceptar**, aparecerá un nuevo sistema de coordenadas en el centro del vaciado (los ejes se denominarán XM, YM, ZM para diferenciarse del origen inicial).

Además, aparecerá una pequeña ventana flotante donde aparecerán unas coordenadas (en este caso X125, Y50, Z0), que nos especifican la posición del nuevo Cero hasta el original.



**Figura 4.6.**

Pulsar **Aceptar** las veces que sean necesarias, asegurándonos de que efectivamente los iconos citados quedan en la esquina y en el centro del vaciado circular, como aparece en la imagen siguiente...



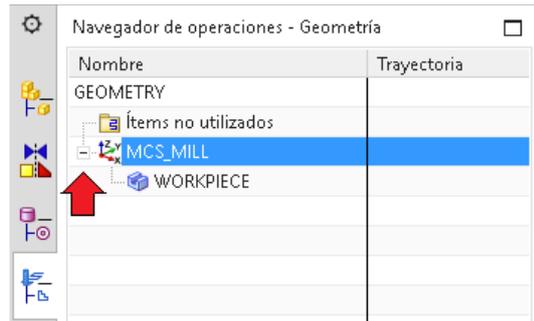
**Figura 4.7.**

#### 4.2. Definición de los elementos: Pieza y Pieza Bruta

Aquí definiremos la pieza y también la pieza bruta, aunque por el momento no dispongamos de nada al respecto. Cuando conozca las dimensiones de la pieza bruta y de la pieza, el sistema podrá determinar cuáles son los volúmenes a mecanizar.

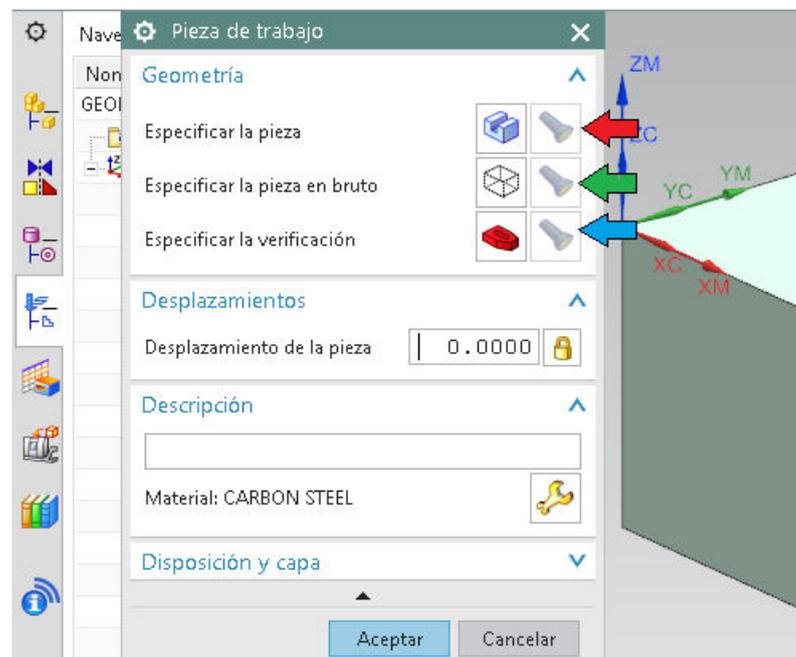
Sin salir de la pestaña **Vista de Geometría**, nos acercaremos hasta **MSC\_MILL** y haremos clic con el cursor sobre el signo "más" que aparece justo a la izquierda de la palabra, hasta que aparezca justamente debajo la palabra **WORKPIECE**.

*Ejercicio 1 (Tutorial) CAM Express*



**Figura 4.8.**

Entonces efectuaremos un doble clic con el cursor sobre la palabra **WORKPIECE**, para que aparezca una “ventana deslizante”, con los iconos indicados debajo...



**Figura 4.9.**

En las siguientes líneas describiremos cuál es su significado...

- En la imagen anterior, el icono de la pieza en color azul representa la pieza terminada; el hecho de que la linterna de la derecha aparezca “apagada” significa que no se ha definido todavía cuál es (ver flecha roja).
- El icono de la pieza transparente representa la pieza bruta; la linterna “apagada” significa nuevamente que no se ha definido aún (ver flecha verde).
- El icono de la brida roja representa cualquier posible tipo de amarre, que evidentemente debe ser evitados.

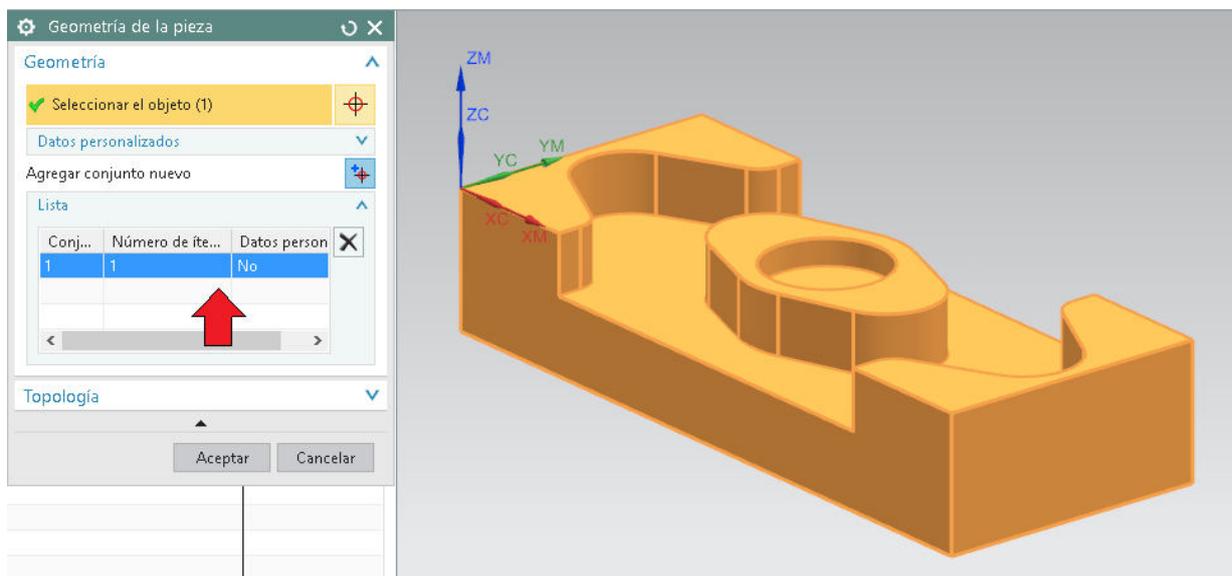
Pues bien, para definir qué es cada cosa, haremos clic sobre los iconos precisos y nos acercaremos hasta el dibujo para marcar con el cursor los elementos.

En nuestro caso, para determinar cuál es la pieza, haremos clic sobre el icono de la pieza de color azul (ver flecha roja en la imagen siguiente) y nos acercaremos hasta la pieza para marcarla directamente.



**Figura 4.10.**

En la imagen siguiente podemos ver cómo ha cambiado de color al hacer clic sobre ella, y cómo señala en la “ventana deslizante” que se ha seleccionado un total de un elemento (ver flecha roja en la imagen siguiente) ...

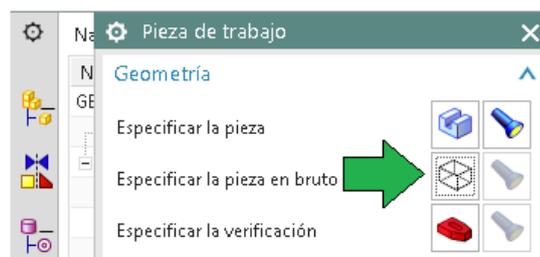


**Figura 4.11.**

Aparentemente, el problema llega cuando pretendemos determinar cuál es la pieza bruta. Supondremos que la pieza bruta posee la misma altura que la pieza terminada, es decir, que partimos de una pieza ya planeada.

¿Cómo indicaremos cuáles son las dimensiones del tocho bruto?

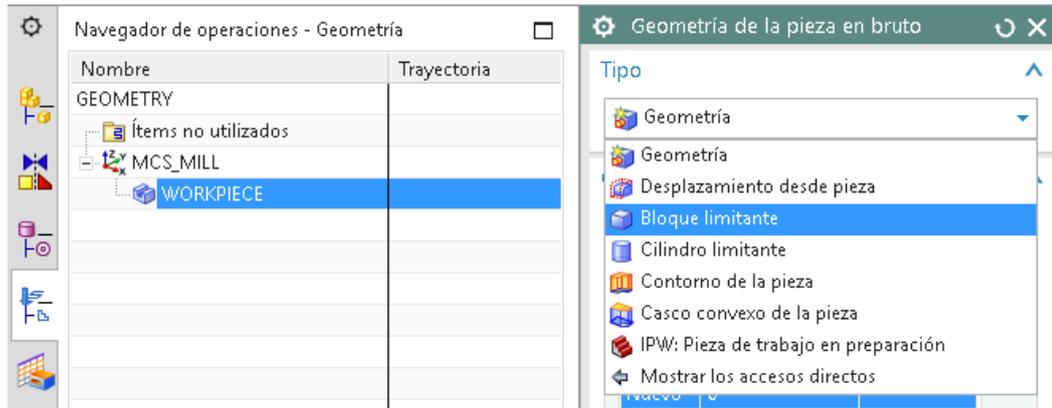
Bien, efectuaremos un doble clic sobre el icono que aparece como un bloque prismático transparente. Se ha señalado en la imagen superior con una flecha verde.



**Figura 4.12.**

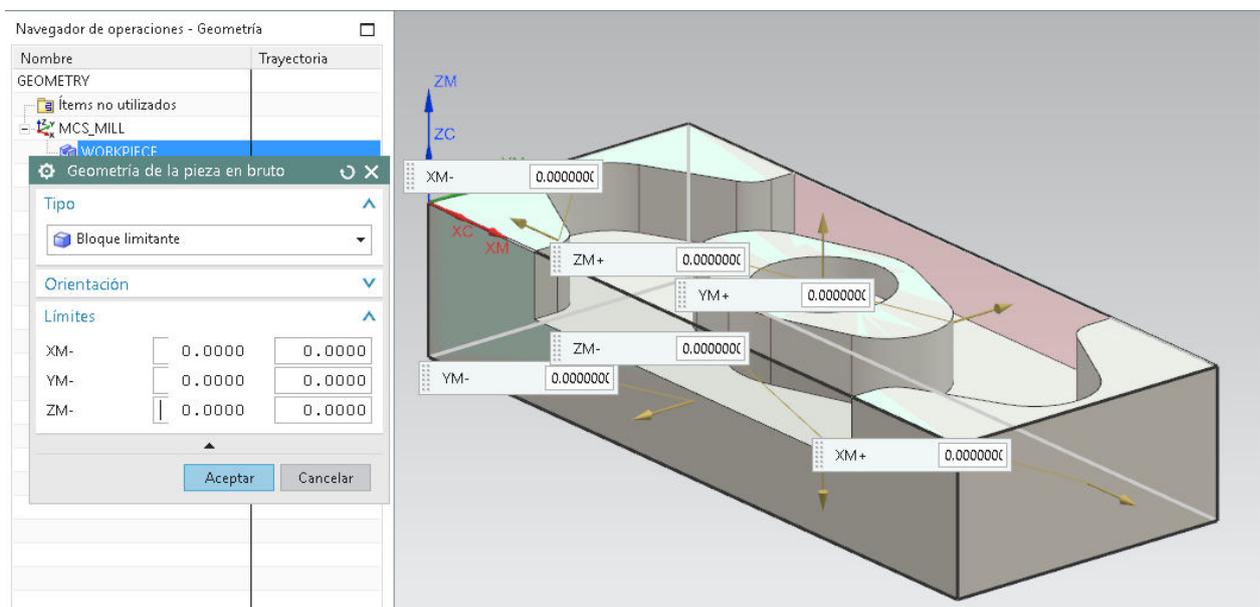
Tras hacer doble clic, aparecerá una ventana donde podremos escoger entre diferentes formas de definir la pieza bruta. Puede definirse haciendo clic sobre una geometría previamente dibujada, haciendo un Offset desde la pieza (consiste en incrementar las dimensiones de la pieza mecanizada unos cuantos milímetros en los ejes XYZ), determinando un bloque limitante, etc...

En nuestro caso optaremos por la opción **Bloque limitante**, que básicamente consiste en generar un bloque prismático que “envuelva” a la pieza a mecanizar (con sus mismas dimensiones). Por lo tanto, se supone la pieza bruta previamente planeado y escuadrado.



**Figura 4.13.**

Eso sí, como podemos comprobar en la imagen siguiente, aparecerán unas pequeñas ventanas donde se nos permite introducir unos sobre materiales a la pieza, para suponerla de mayor tamaño que la pieza mecanizada. En nuestro caso, dejaremos todas esas ventanas a cero, para suponer así una pieza bruta exactamente igual a la pieza terminada.



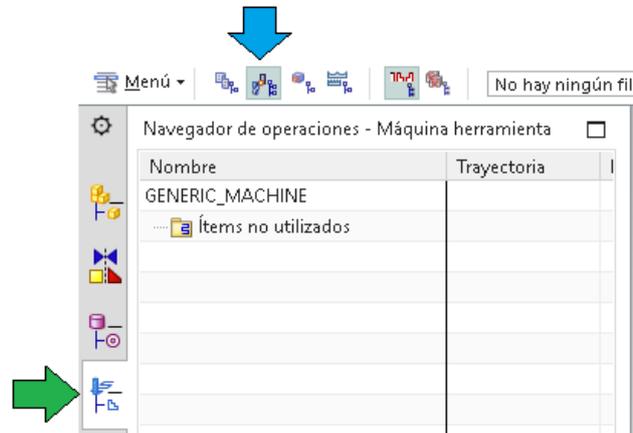
**Figura 4.14.**

### 4.3. Definición de la herramienta de corte

Para este ejercicio se necesitan unas fresas de diámetro 20, 16 y 8 mm respectivamente. Supondremos que las herramientas de diámetro 20 y 8 mm se dedicarán respectivamente al desbastado y acabado, mientras que la herramienta de 16 mm la asignaremos a operaciones intermedias. Explicaremos la creación de una sola, la de 10 mm, por ejemplo; las otras dos se plantean prácticamente igual.

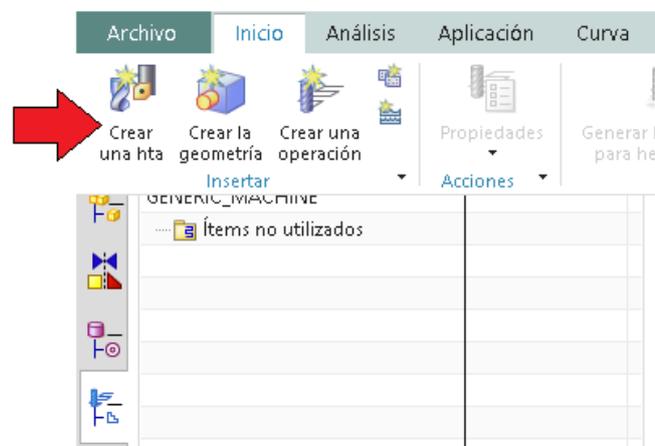
*Ejercicio 1 (Tutorial) CAM Express*

En primer lugar, respecto a las pestañas inferiores, deberemos cambiar a la opción **Vista de la máquina-herramienta** (ver flecha azul), y respecto a las pestañas de la izquierda, la mantendremos en el **Navegador de operaciones** (ver flecha verde) ...



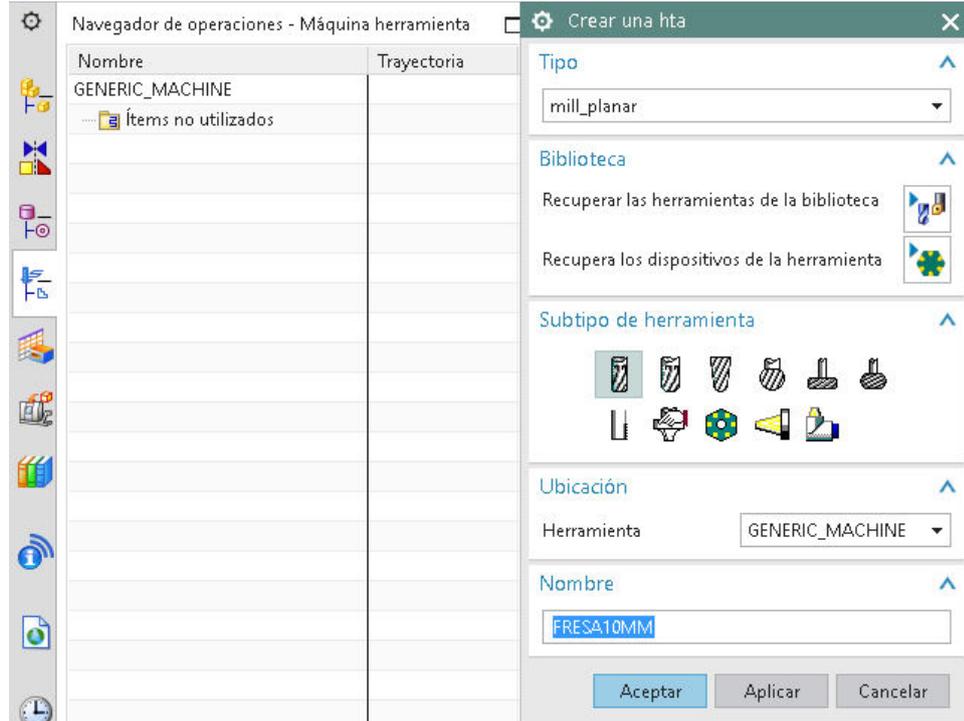
**Figura 4.15.**

Como podremos comprobar, en el menú que aparece en la parte superior del Navegador, disponemos ahora de la opción **Crear una hta** (ver flecha roja en la imagen).



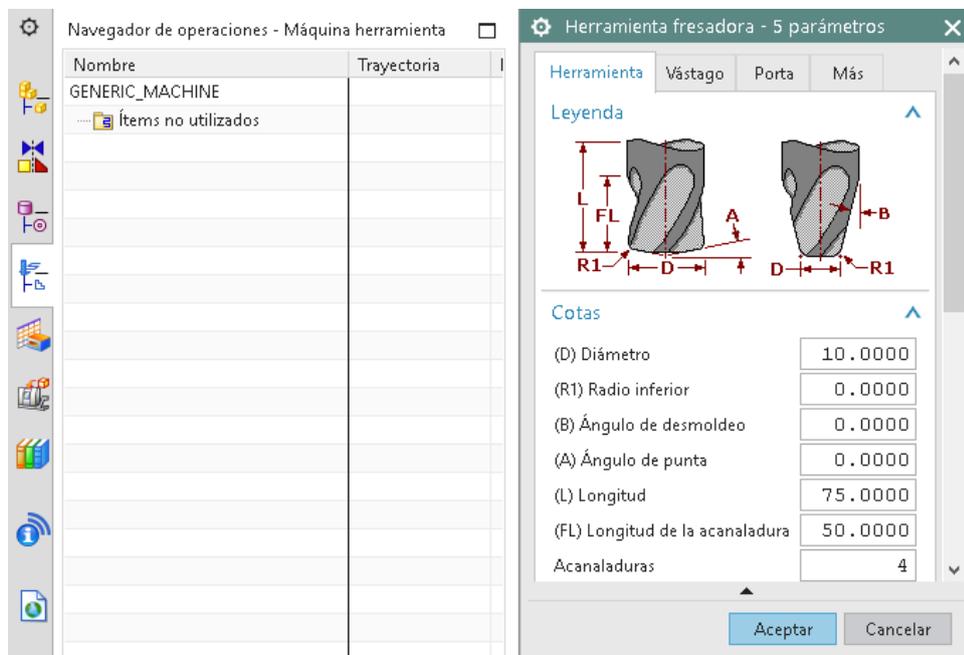
**Figura 4.16.**

Pues bien, pulsaremos dicha opción para que aparezca una nueva “ventanadeslizante” desde donde se nos permitirá elegir entre diferentes tipos de herramientas, cara a su creación...



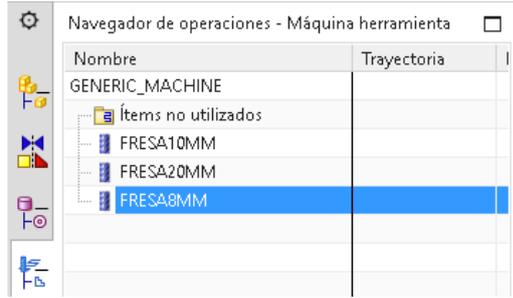
**Figura 4.17.**

Los datos anteriores podrían resultar válidos para crear esta primera herramienta. Escogeremos el primer icono, que aparece por defecto, y se corresponde a una fresacilíndrica estándar. Procederemos a indicar los datos de geometría de la herramienta; además, podemos cambiar el nombre si lo deseamos en el campo inferior...



**Figura 4.18.**

En la imagen siguiente puede verse el listado de herramientas que necesitamos unavez creadas (necesitamos otras dos fresas similares a la anterior, pero de diámetro 20y 8 mm concretamente).



**Figura 4.19.**

No se insistirá en datos decorte y otros parámetros, que se comentarán en un futuro.

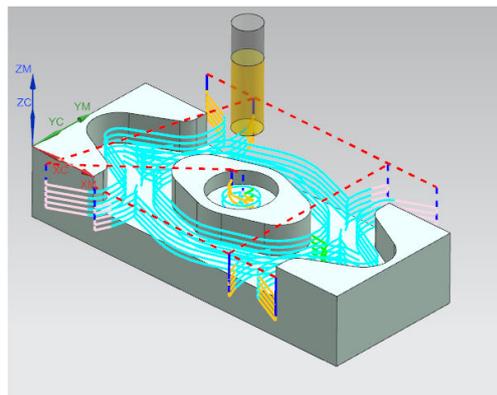
## **5. EL MECANIZADO**

Ahora comenzamos los diferentes procesos de mecanizado para esta pieza. Primeramente, plantearemos el desbaste genérico de la pieza con la fresa de 20 mm, luego el desbaste del vaciado circular y el acabado del suelo con la fresa de 10 mm, y finalmente el acabado de todas las paredes con la fresa de 8 mm. Obviamente no se trata de la única opción posible, y más adelante se podrá repetir el ejercicio con otra batería de herramientas que se creen más convenientes o, sencillamente, por probarlas respuestas de CAM Express ante los diferentes diámetros.

No incluiremos un planeado previo, ya que como se comentó la pieza bruta ya posee la altura que ha de tener la pieza terminada.

### **5.1. Operación de desbaste genérico (vaciado)**

En primer lugar, debe quedar claro qué se pretende en esta primera fase de mecanizado con la **fresa de 20 mm**. Observemos en la siguiente imagen cuál será el resultado tras el mecanizado...



**Figura 5.1.**

Para ello, lo primero que habremos de hacer es pulsar el icono **Crear una operación**.



**Figura 5.2.**

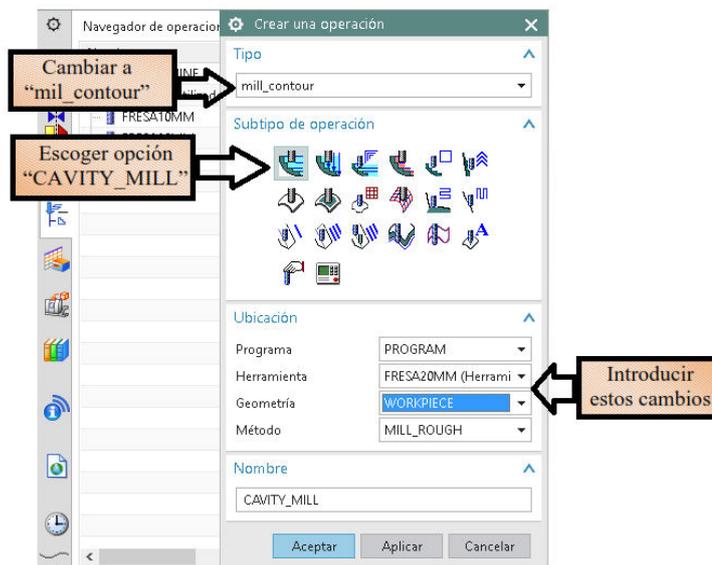
*Ejercicio 1 (Tutorial) CAM Express*

A continuación, aparecerá una “ventana deslizante”, donde deberemos especificar una serie de aspectos muy importantes.



**Figura 5.3.**

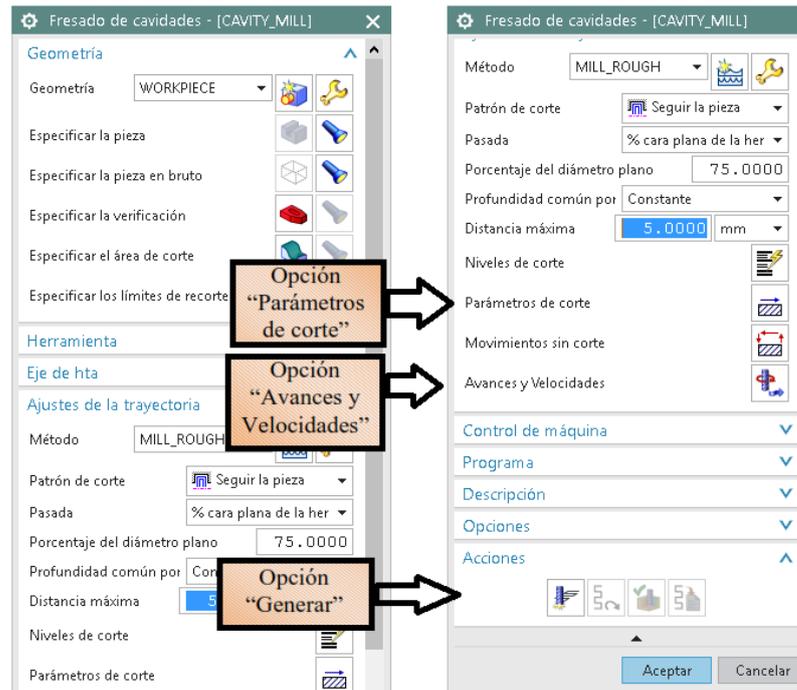
La imagen anterior nos muestra cómo dejaremos la ventana que aparece. Debemos cambiar significativamente los parámetros de la parte inferior de la ventana...



**Figura 5.4.**

Seleccionaremos **PROGRAM** (para que la operación esté dentro del programa CNC creado por defecto), **WORKPIECE** (como WORKPIECE es hijo de MSC\_MILL, se “heredarán” los datos de ambos elementos, el más importante precisamente el CeroPieza ya que determinará el programa CNC), y **MILL\_ROUGH** (para que la operación se introduzca dentro de las de desbaste).

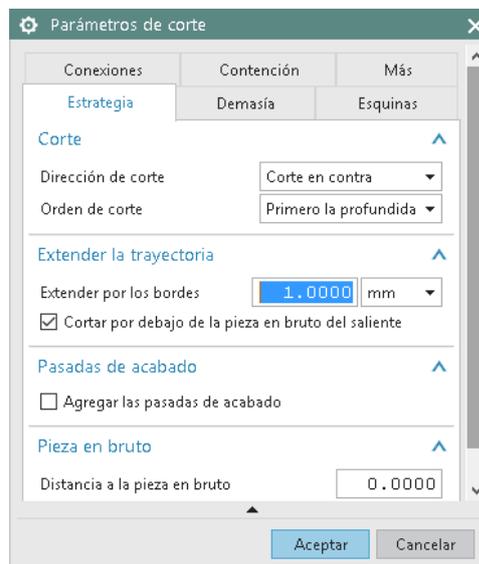
Por cuestiones de espacio, dividiremos ahora en dos imágenes los parámetros a introducir en la ventana...



**Figura 5.5.**

Además, antes de pulsar **Generar**, ajustaremos dos aspectos importantes: los **Parámetros de corte** y **Avances y Velocidades**. Veamos primeramente cómo afrontar los diferentes **Parámetros de corte**...

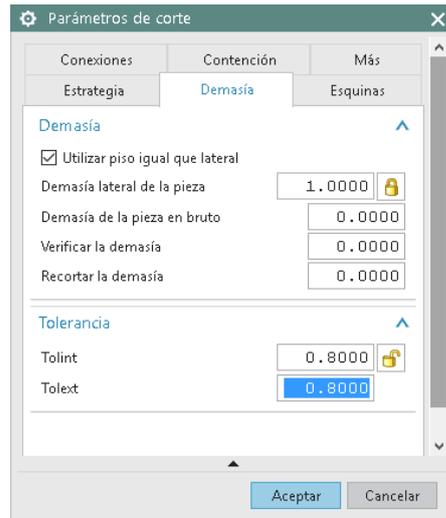
Respecto a la primera pestaña, puede resultar interesante prolongar las trayectorias por los bordes 1 mm. No agregaremos pasada de acabado, ya que eso lo realizará la herramienta de 8 mm más adelante.



**Figura 5.6.**

Respecto a la segunda pestaña, puede resultar interesante prolongar las trayectorias por los bordes 1 mm. No agregaremos pasada de acabado, ya que eso lo realizará la herramienta de 8 mm más adelante.

*Ejercicio 1 (Tutorial) CAM Express*

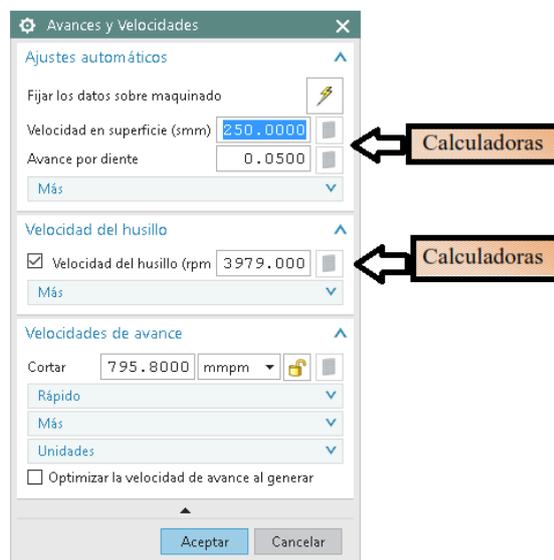


**Figura 5.7.**

Se dejará una demasia para paredes y suelo, por ejemplo 1 mm, ya que el acabado de las paredes lo realizará la herramienta de 8 mm y el del suelo, la de 10 mm. Para el resto de las pestañas, pueden dejarse de momento los valores que aparecen por defecto.

En cuanto a las opciones de **Avances y Velocidades**, en el ejemplo se ha planteado una velocidad de corte de 250 metros/minuto y un avance de 0.05 mm/diente.

Al pulsar los iconos de las calculadoras (las situadas a la derecha de dichos campos), se actualizarán adecuadamente los datos de los campos inferiores sobre RPM y avance en mm/minuto.



**Figura 5.8.**

¡No olvide ahora regresar a la ventana principal y hacer clic sobre la opción **Generar!**

A continuación, podemos ver el resultado de este mecanizado de desbaste. No obstante, desde la opción **Verificar la trayectoria** (ver flecha roja en la siguiente imagen) podremos acceder a los diferentes modos de simulación que aparecerán en la “ventana desplazable”: Reproducir, Dinámico 2D y Dinámico 3D.



Figura 5.9.

En las imágenes siguientes puede verse las trayectorias de la herramienta (modo Reproducir) y del estado de la pieza tras el mecanizado (desde modo Dinámico 2D), el cual tiene sobre material en los bordes internos.

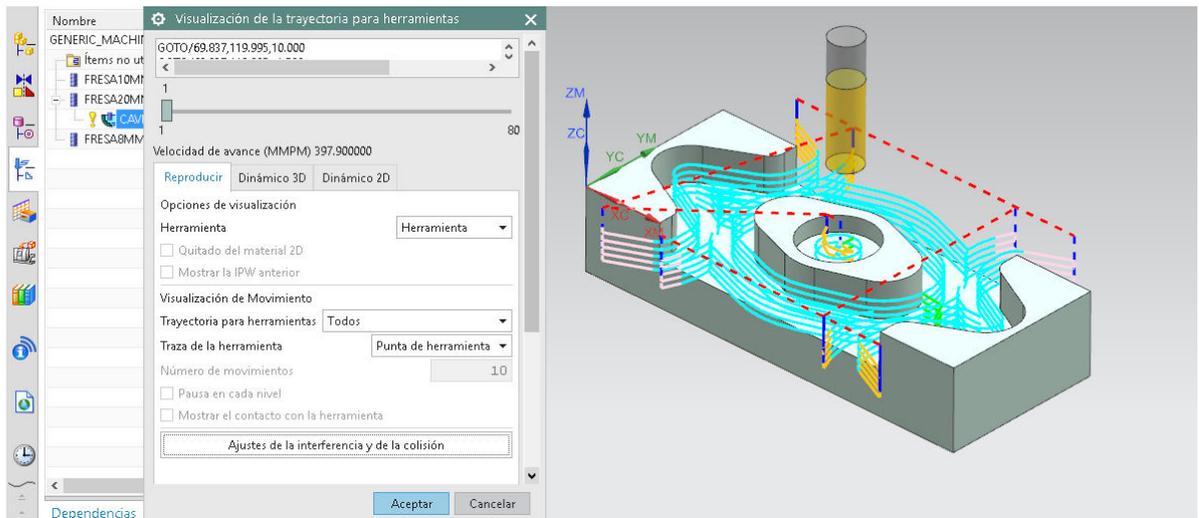


Figura 5.10.

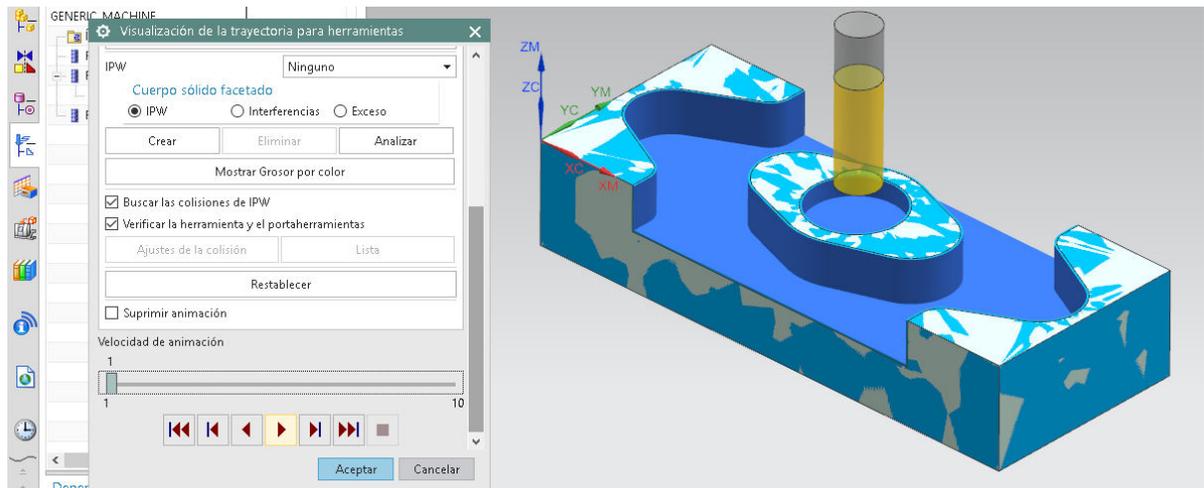
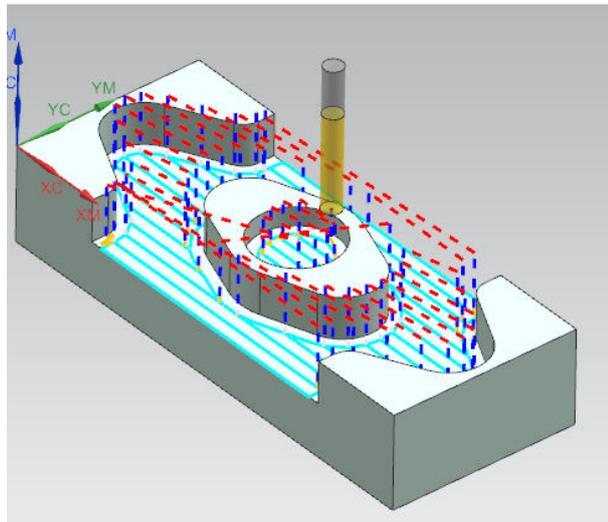


Figura 5.11.

## 5.2. Operación de desbaste del vaciado y acabado del suelo

Nuevamente veremos un adelanto de lo que se pretende en esta segunda fase demecanizado con la **fresa de 10 mm**. A modo de resumen, supondremos que se deseaefctuar una limpieza del suelo, y a continuación una ejecución del vaciado.Observemosen la siguiente imagen cuál será el resultado tras el mecanizado...



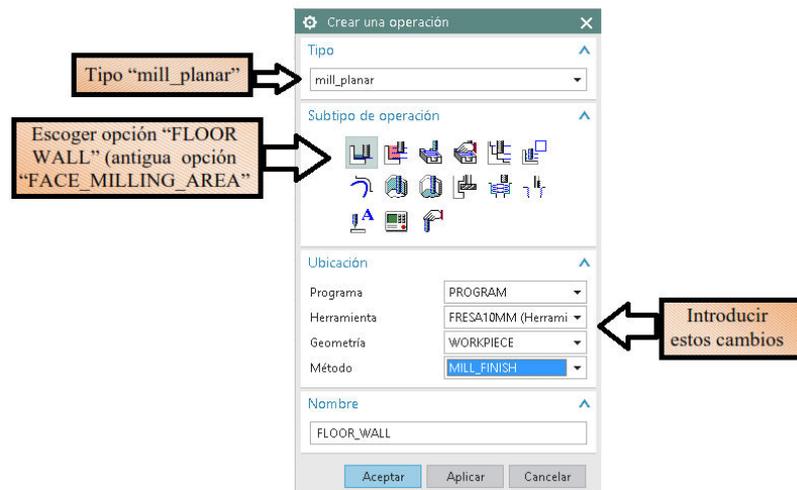
**Figura 5.12.**

Para conseguirlo, pulsaremos una vez más el icono **Crear una operación**.



**Figura 5.13.**

La imagen anterior nos muestra cómo dejaremos la ventana que aparece. Como nos sucedió ya en la primera fase, nuevamente deberemos cambiar significativamente los parámetros de la parte inferior de la ventana...



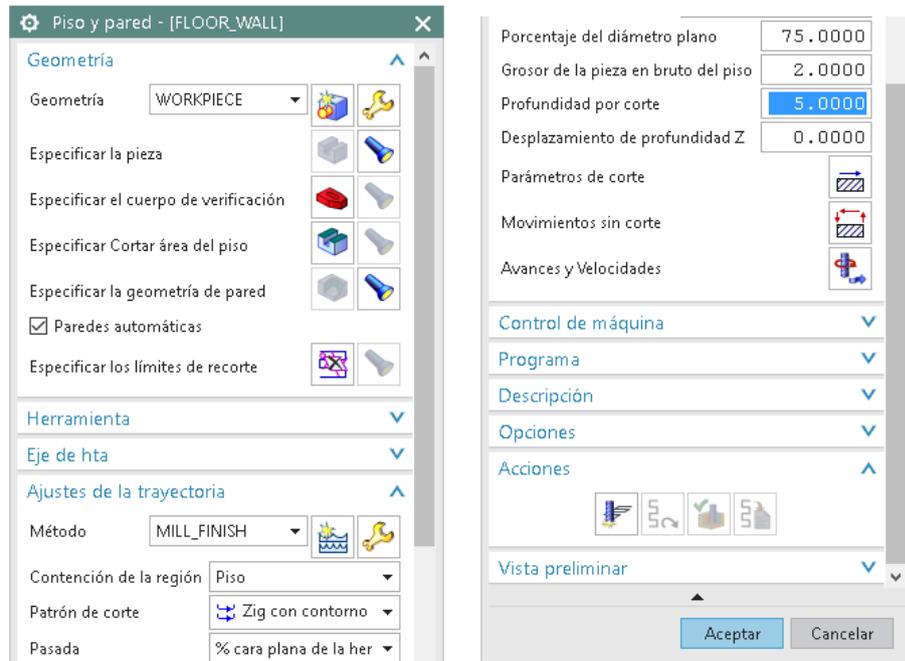
**Figura 5.14.**

Resumiendo, seleccionaremos **PROGRAM** (para que la operación esté dentro del programa CNC creado por defecto), **WORKPIECE** (como WORKPIECE es hijo de MSC\_MILL, se “heredarán” los datos de ambos elementos, el más importante precisamente el Cero Pieza ya que determinará el programa CNC), y **MILL\_FINISH** (para que la operación se introduzca dentro de las de acabado).

*Ejercicio 1 (Tutorial) CAM Express*

Cuando pulsemos **Aceptar** aparecerá la “ventana deslizante” que mostramos a continuación (la hemos dividido en dos imágenes para poder apreciar mejor los parámetros a introducir en dicha ventana). El aspecto más importante es, en este caso, hacer clic con el cursor sobre las áreas que se desean mecanizar.

**NOTA:** Éste es un aspecto muy importante en relación con la primera fase del mecanizado, la del desbastado genérico, donde no fue necesario especificar unas zonas concretas. A partir de ahora, muchos modos de mecanizado exigirán que se concrete la zona a mecanizar.



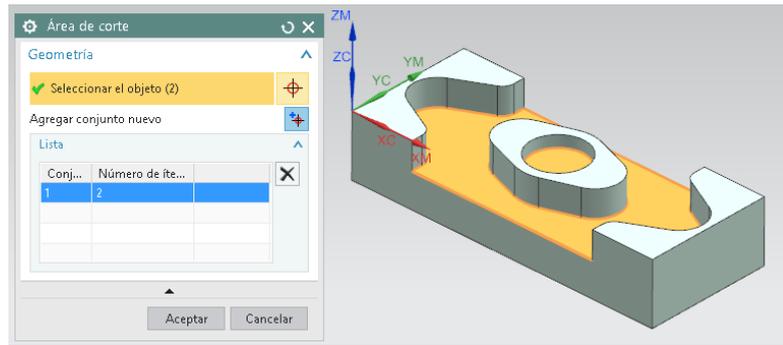
**Figura 5.15.**

Para ello, hacer clic sobre la opción **Especificar Cortar área del piso** y a continuación marcar directamente las superficies requeridas. Estamos suponiendo que se desea acabar el suelo y vaciado circular, por lo que son dos las superficies a señalar (en la imagen siguiente aparecen ya señaladas, cambiando su color de gris a marrón). Si se seleccionan correctamente ambas superficies, aparecerá un “2” en la ventana...



**Figura 5.16.**

*Ejercicio 1 (Tutorial) CAM Express*

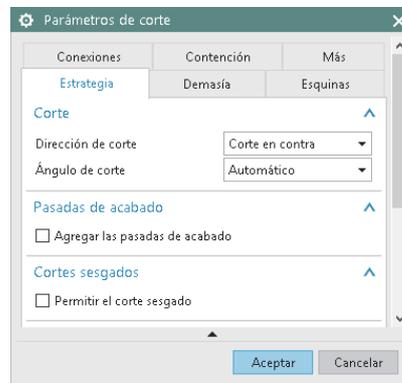


**Figura 5.17.**

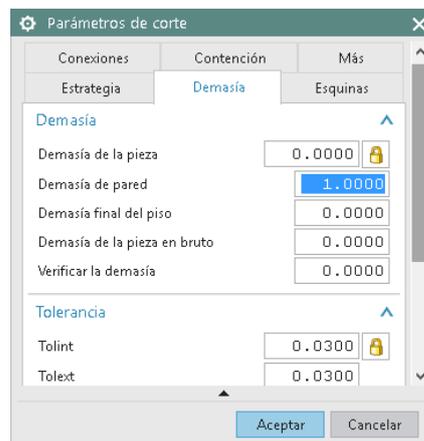
Otro aspecto importante es recordar escoger como **Patrón de corte** la opción denominada **Zig con contorno**. Dicha opción nos permitirá mecanizar en zig (en una dirección única), el cual se complementa quitando el material sobrante al final de cada una de las pasadas, evitando así que queden pequeñas zonas sin mecanizar que dificultarían un futuro acabado correcto. La opción zig-zag permitiría mecanizar bidireccionalmente, es decir, a la ida y a la vuelta.

Como ya es habitual, no debe olvidarse especificar los **Parámetros de corte**, los **Avances** y **Velocidades**, y por último hacer clic sobre la opción **Generar**.

En las siguientes imágenes no obstante puede verse una posible configuración para las diferentes pestañas de los **Parámetros de corte**...



**Figura 5.18.**



**Figura 5.19.**

Como puede verse en la figura anterior no se dejan creces en los suelos (porque estamos efectuando esta operación precisamente para acabarlos), pero se deja 1 mm de sobre material en las paredes, ya que se encargará posteriormente otra herramienta de 8mm de efectuar su acabado.

En cuanto a las opciones de **Avances y Velocidades**, opcionalmente se eligió una velocidad de corte de 250 metros/minuto y un avance de 0.05 mm/diente, como las elegidas anteriormente.



Figura 5.20.

Éstas son las trayectorias propuestas por CAM Express...

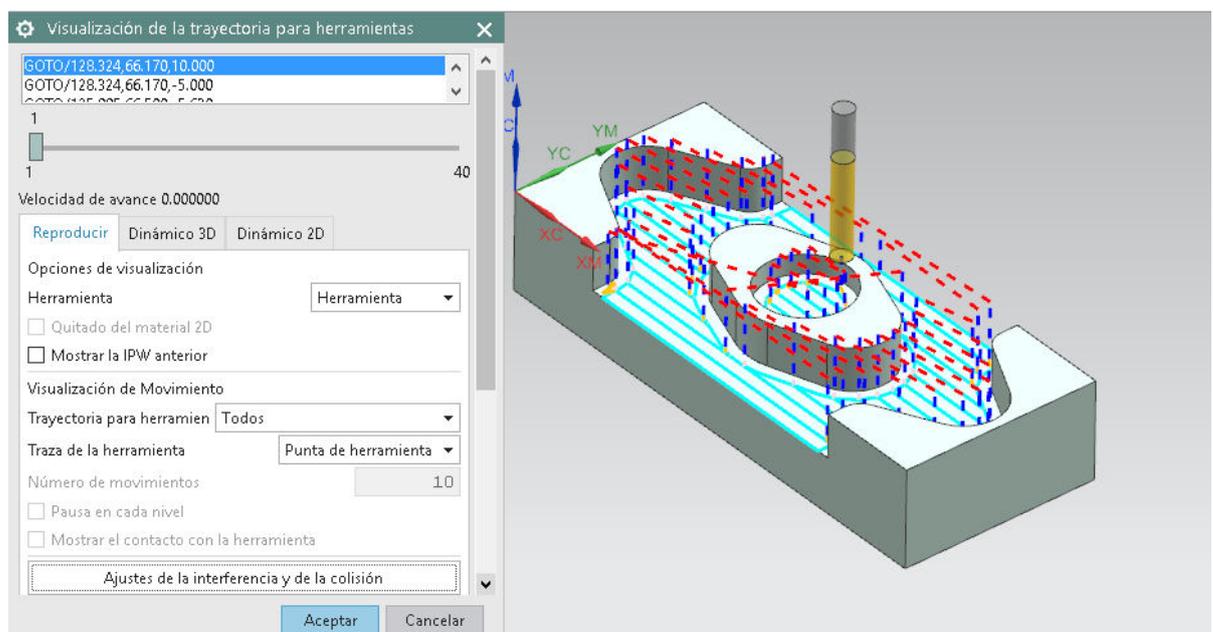


Figura 5.21.

Ejercicio 1 (Tutorial) CAM Express

5.3. Operaciones de acabado de las paredes

En realidad, esta última fase consiste en cuatro operaciones de acabado de paredes, aunque en todos los casos se efectuará con una misma **fresa de 8 mm**.

Observemos en las siguientes imágenes cuáles son las zonas en las que ha de actuarse, en el mismo orden en el que se mecanizará. Las flechas violetas indican la trayectoria que se propondrán para las herramientas, representadas en un color azul, (los finos trazos verticales en azul marino representan la entrada y la salida de la herramienta). Se trata, como puede comprobarse en las imágenes, de un total de cuatro operaciones muy similares.

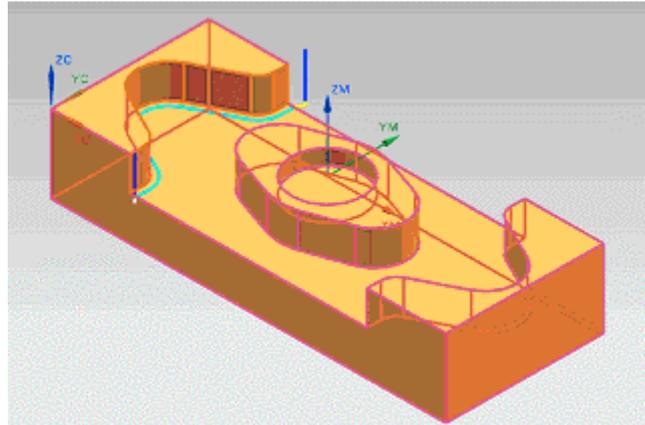


Figura 5.22.

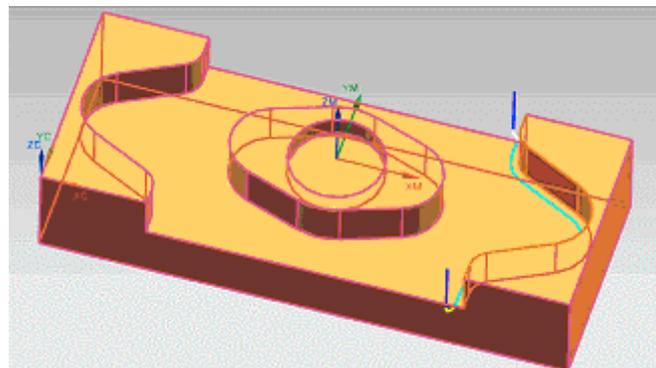


Figura 5.23.

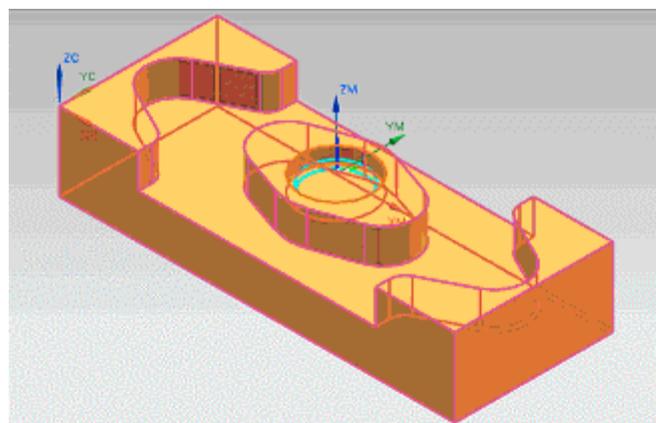
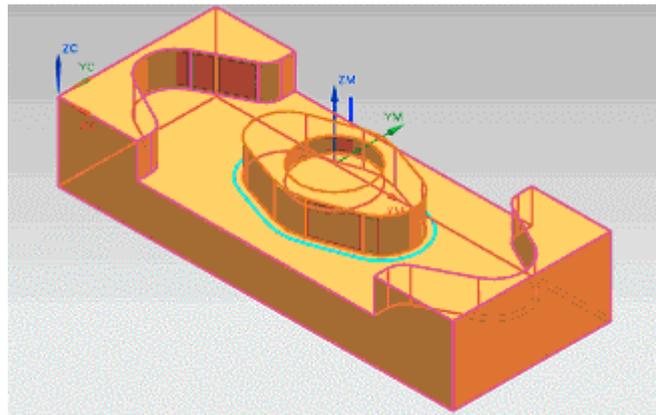


Figura 5.24.



**Figura 5.25.**

Comenzaremos con la descripción del primero de los cuatro mecanizados.

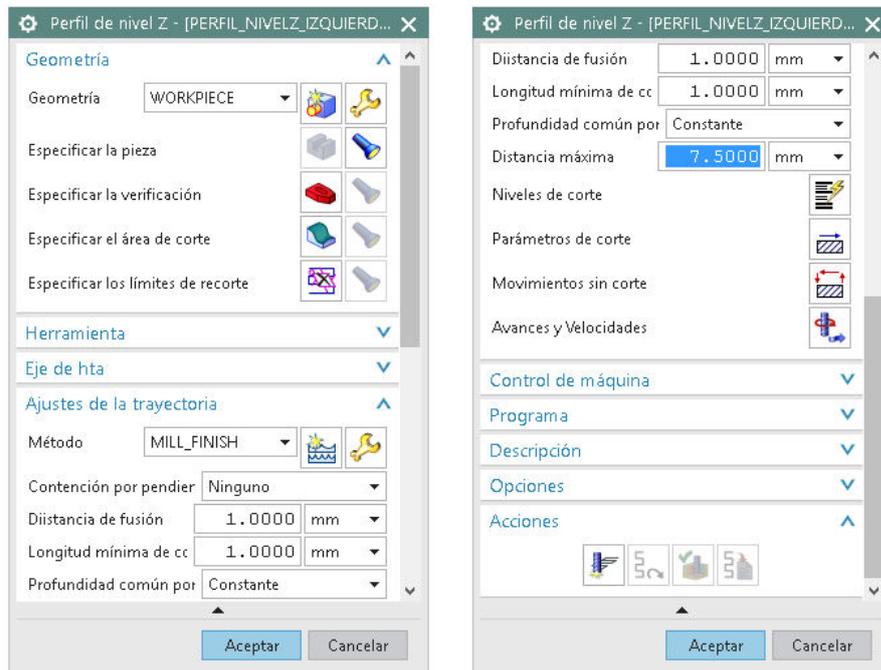
Tras acudir a la habitual opción **Crear una operación**, elegiremos el subtipo **Perfil de nivel Z**.

Para distinguir esta operación de las próximas, que también serán de este subtipo, convendrá renombrarla (en nuestro ejemplo, se ha renombrado como **PERFIL\_DE\_NIVELZ\_IZQUIERDA**, ya que estamos ante el mecanizado de la pared que queda a la izquierda). Pulsar después **Aceptar**.



**Figura 5.26.**

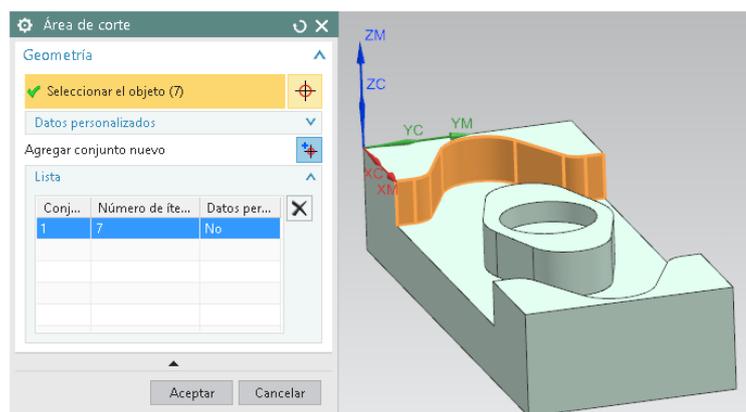
A continuación, mostraremos la “ventana deslizante” dividida en dos imágenes consecutivas, para asegurar una mejor comprensión...



**Figura 5.27.**

Bien, como puede comprobarse, en esta ocasión el sistema también nos solicita que señalemos cuáles son las superficies implicadas. Hemos de seleccionar con el cursor el total de siete superficies que conforman la pared a acabar: para ello, deberemos marcar dichas superficies consecutivamente. En el caso de que fuese preciso rotar la pieza para poder acceder a las zonas de acceso más difícil, bastará con pulsar la tecla de función F7 y girar dinámicamente sobre alguno de los ejes. Luego, una vez efectuado el giro, volver a pulsar F7 y continuar con el marcado... ¡lo logrará con un poco de práctica!

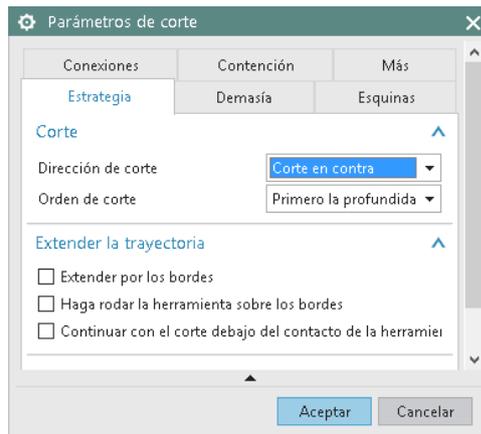
En la imagen siguiente puede verse las siete superficies señaladas (en color marrón), así como la "ventana deslizante" donde se contabilizan dichas superficies...



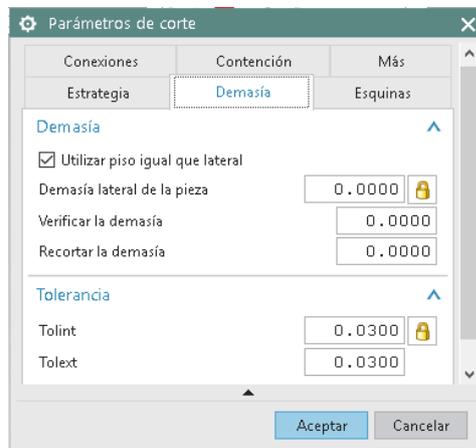
**Figura 5.28.**

Como ya es habitual, no debe olvidarse especificar los **Parámetros de corte**, los **Avances y Velocidades**, y por último hacer clic sobre la opción **Generar**.

Se han dejado los valores por defecto en **Parámetros de corte** en **Avances y Velocidades** se ha optado opcionalmente una velocidad de corte de 250 metros/minuto y un avance de 0.05 mm/diente, como las elegidas anteriormente.



**Figura 5.29.**

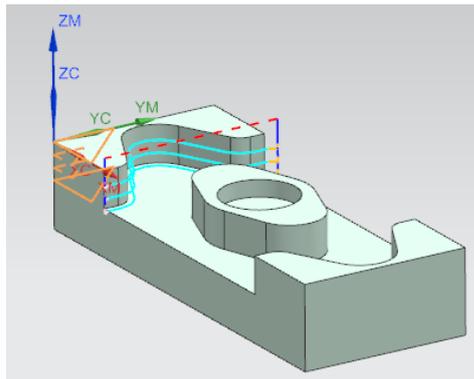


**Figura 5.30.**



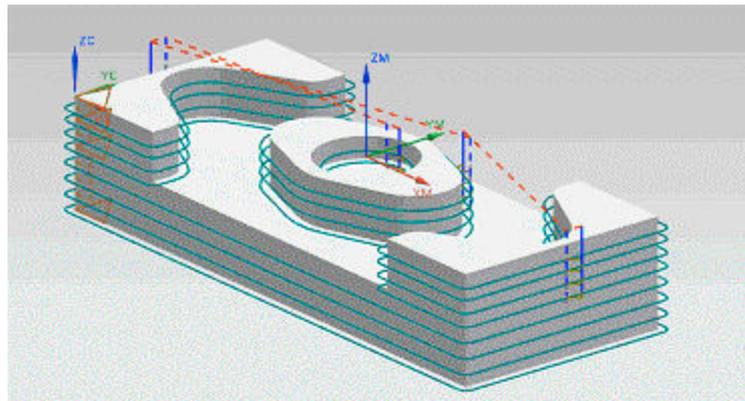
**Figura 5.31.**

El resultado del mecanizado de la pared debería ser el siguiente...



**Figura 5.32.**

**NOTA:** la selección de las superficies implicadas desde Especificar el área de corte es de vital importancia. En la imagen siguiente se muestra qué habría sucedido de haber señalado esas siete superficies únicamente, dejando que CAM Express considerarse aplicar este tipo de mecanizado a toda la pieza sin concretar...



**Figura 5.33.**

## UNA ANOTACIÓN IMPORTANTE: CÓMO “COPIAR” OPERACIONES

Ahora ha llegado el turno de la operación simétrica, es decir, el mecanizado de las paredes que quedan a la derecha. Una opción es evidentemente volver a plantear todo desde el principio. Pero considerando que ya tenemos especificados todos los parámetros de la operación anterior, y que la única variación sería la zona de corte... **¿no existiría alguna forma de acelerar este proceso, dada su similitud?**

Bien, efectivamente, existe un método más rápido y sencillo... ¡“copiar” la operación!

En la imagen siguiente podemos ver las operaciones realizadas hasta el momento en lo referente a acabados (“MILL\_FINISH”). Concretamente, se ha efectuado una operación de tipo **FLOOR\_WALL** y otra de tipo **ZLEVEL\_PROFILE**. Ésta última afectaba al acabado del resalte izquierdo de la pieza, y es por ello por lo que se renombró como **PERFIL\_NIVELZ\_IZQUIERDA**.

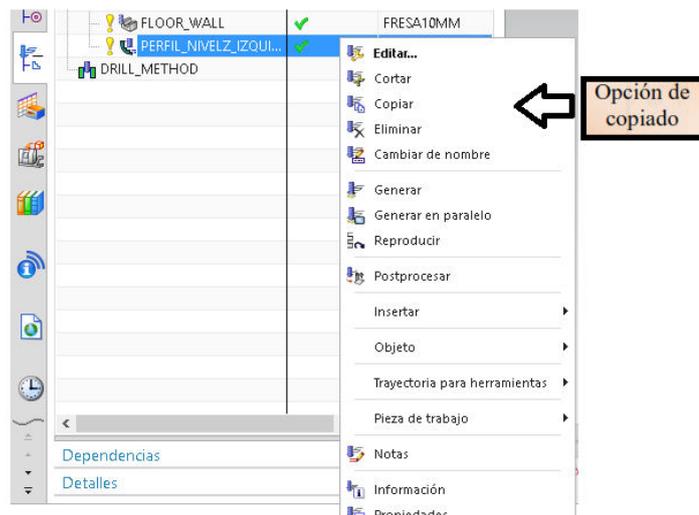
*Ejercicio 1 (Tutorial) CAM Express*

Como acabamos de comentar, dada su similitud entre el mecanizado del resalte izquierdo ya efectuado, y el del resalte derecho, sería interesante proceder al copiado de dicha operación, para efectuar después una nueva asignación del perfil acortarse (mucho más sencillo que volver a plantear la operación desde el principio).



**Figura 5.34.**

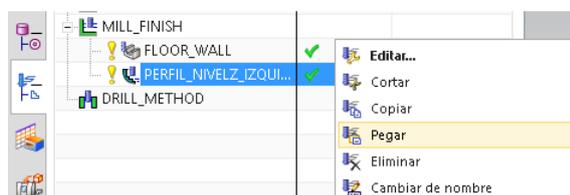
Para proceder al “copiado” de la operación, nos situaremos con el cursor sobre la frase **PERFIL\_NIVELZ\_IZQUIERDA** y pulsaremos el botón derecho de nuestro mouse. Aparecerá entonces una ventana desplegable, con diferentes opciones (como puede verse, además de la opción de copiado, existen otras opciones interesantes como edición, renombrado, borrado, etc.).



**Figura 5.35.**

Pues bien, tras hacer clic con el cursor (pulsando el botón izquierdo del ratón) sobre la opción de copiado, dispondremos en memoria de una copia de la operación. Lo realmente interesante es que podremos insertarla donde nos pueda convenir.

Ahora bastará con volver a pulsar el botón derecho del ratón para que aparezca de nuevo la ventana desplegable. Nos daremos cuenta entonces de que hay un cambio importante: en dicha ventana, aparece ahora una nueva opción denominada **Pegar**.



**Figura 5.36.**

Como es de suponer, bastará con pulsar sobre esta nueva opción **Pegar**, para conseguir insertar una copia de la operación **PERFIL\_NIVELZ\_IZQUIERDA**.



Operación	Estado	Herramienta
MILL_FINISH		
FLOOR_WALL	✓	FRESA10MM
PERFIL_NIVELZ_IZQUIERDA	✓	FRESA8MM
PERFIL_NIVELZ_IZQUIERDA	✗	FRESA8MM
DRILL_METHOD		

**Figura 5.37.**

A continuación, efectuaremos una serie de observaciones...

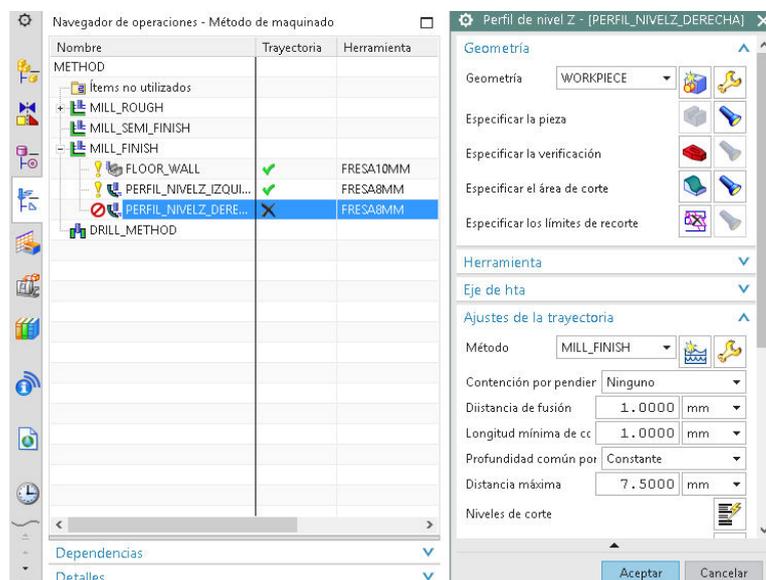
+ Por un lado, la copia ha heredado las propiedades del original, como por ejemplo la herramienta de 8 mm utilizada, datos de corte, etc... pero también la geometría asociada. Por ello, deberemos cambiar la geometría e indicarle al sistema que debe mecanizar el perfil del resalte derecho de la pieza en lugar del izquierdo.

+ Por otro lado, podemos observar que aparece un signo de prohibición y una paja gris en lo referente a trayectos asignados, lo que nos indica la necesidad de regenerar la operación.

+ Y, por último, será necesario renombrar la operación (proponemos como nuevo nombre **PERFIL\_NIVELZ\_DERECHA**).

Efectuaremos primero el renombrado: es sencillo, puesto que bastará con volver a pulsar el botón derecho del ratón para que aparezca la ventana desplegable de nuevo. Una de las opciones nos ofrece precisamente la posibilidad de cambiar el nombre.

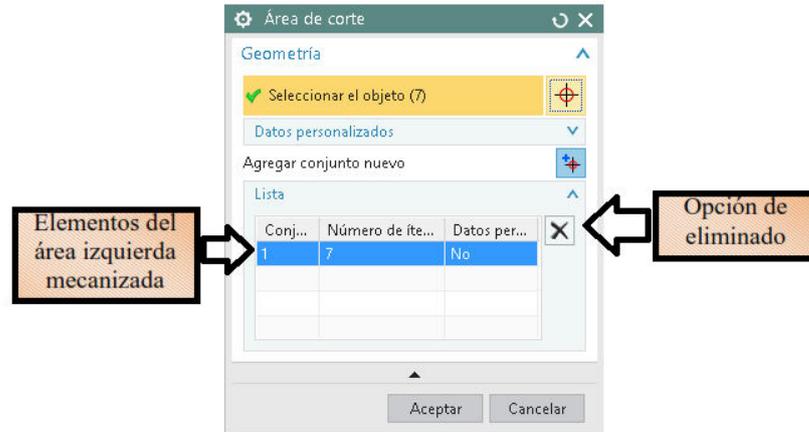
Sin embargo, para reasignar el perfil a mecanizar (es decir, indicarle que queremos mecanizar el resalte de la zona derecha y no la izquierda), deberemos hacer "doble clic" con el cursor sobre la frase **PERFIL\_NIVELZ\_DERECHA**. Entonces aparecerá una ventana ya conocida, que nos permitirá dicho cambio...



**Figura 5.38.**

*Ejercicio 1 (Tutorial) CAM Express*

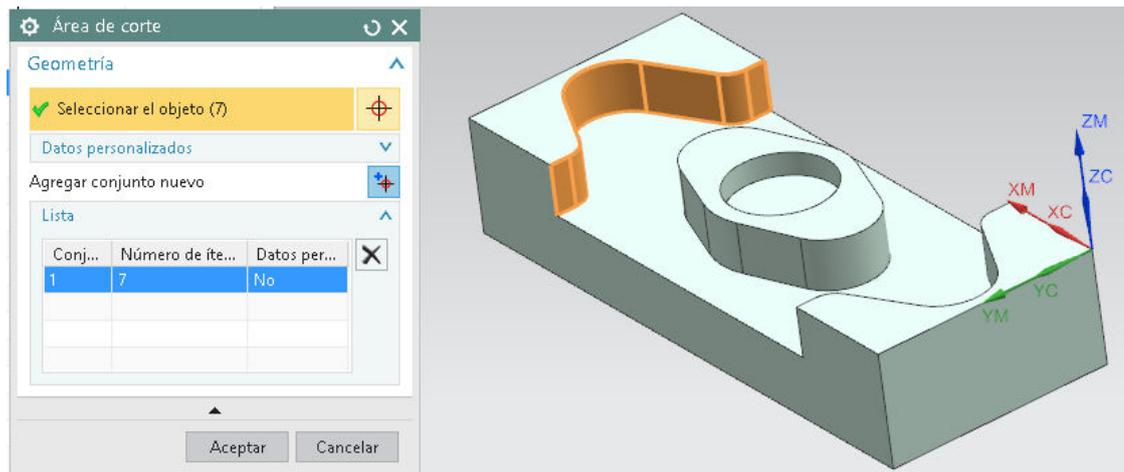
A continuación, efectuaremos un nuevo “doble clic” sobre la opción **Especificar el área de corte**. Ello nos dará acceso a una nueva ventana donde se nos especifica el número de elementos que forman el área a mecanizar (si recordamos la zona izquierda que debía contornear la herramienta poseía siete superficies). Obsérvese en la imagen anterior que el icono de la linterna estaba activo, ya que el perfil izquierdo sigue siendo el asignado todavía...



**Figura 5.39.**

Para eliminarlos y poder proceder a una nueva asignación, deberemos pulsar el ícono señalado en la imagen anterior. El listado se quedará con cero elementos en lugar de las siete iniciales. Por cierto, el icono de la linterna aparecerá ahora desactivado, avisándonos de que ya no hay una geometría asociada.

Lógicamente deberemos acceder de nuevo a la opción **Especificar el área de corte**. Haremos clic sobre el ícono, y tras rotar la pieza adecuadamente, procederemos a señalar con el cursor la zona a mecanizar de la derecha. Recuerde que, para rotar la pieza, lo más sencillo es pulsar la tecla de función F7, y tras seleccionar las superficies, pulsar de nuevo F7). En la imagen pueden verse dichas superficies...



**Figura 5.40.**

La ventana desplegable de la figura anterior deberá indicar que son siete las superficies señaladas. Tras pulsar **Aceptar**, nos situaremos sobre la frase **PERFIL\_NIVELZ\_DERECHA** y pulsaremos el botón derecho del mouse para que aparezca la ventana primera donde, entre otras cosas, se nos permite la regeneración del mecanizado y por tanto la adecuación a la nueva zona a mecanizar.

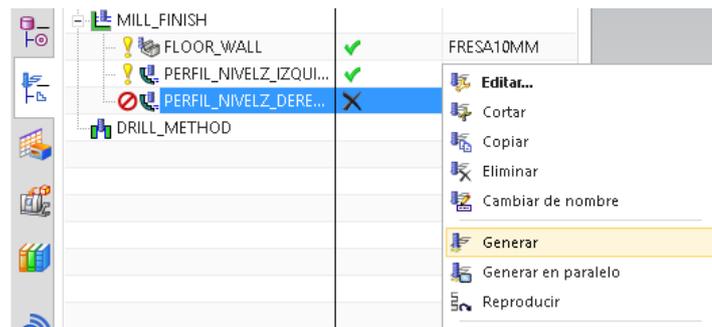


Figura 5.41.

Como puede verse, se ha generado correctamente, esta vez en la zona derecha...

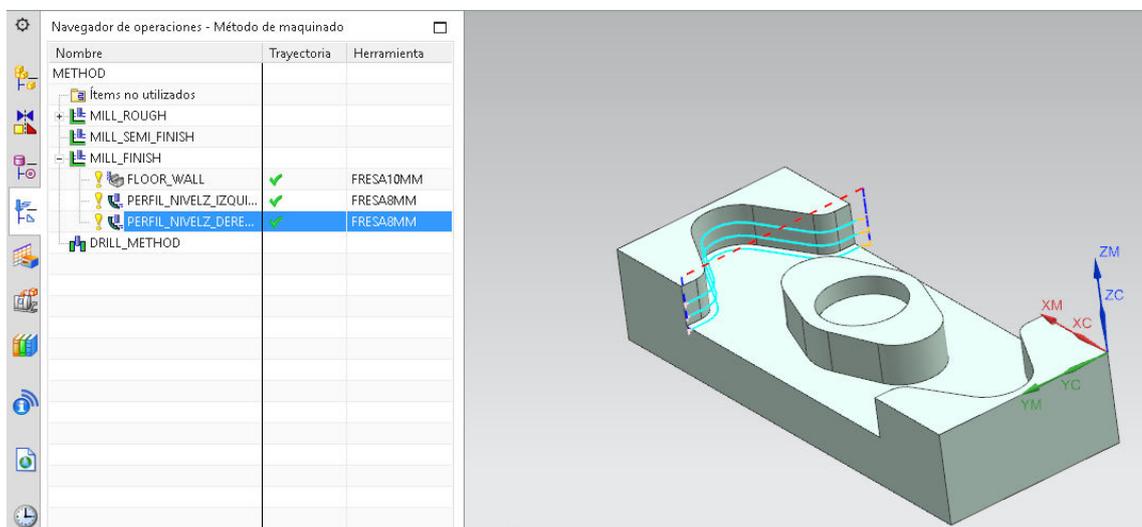


Figura 5.42.

Finalmente, para las operaciones de acabado restantes, se propone utilizar la opción **ZLEVEL\_PROFILE** nuevamente, pero esta vez asignadas a las geometrías que faltan (el contorneado de la isla central y del vaciado circular). En la imagen siguiente puede verse nuestra propuesta...

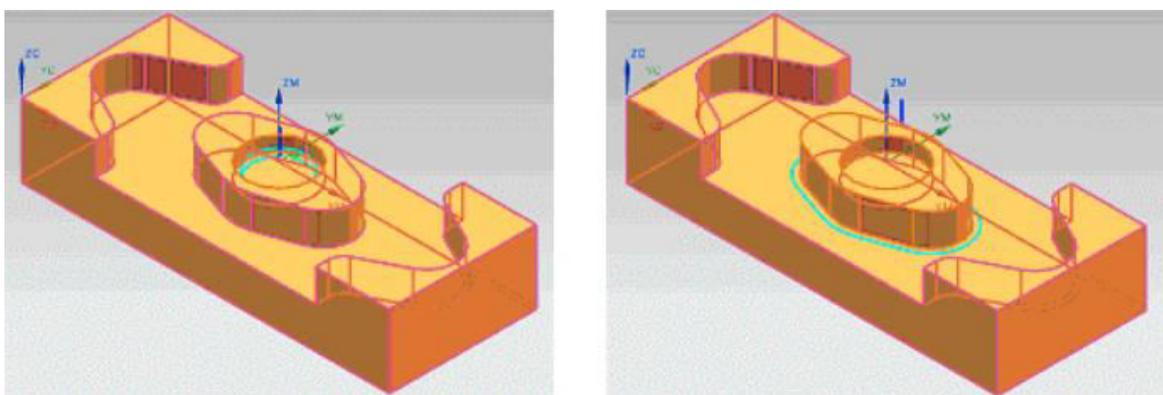


Figura 5.43.

Éste es el aspecto que presentaría el **Navegador de Operaciones**, en lo que respecta al total de las operaciones (evidentemente el nombre asignado se trata únicamente de una propuesta) ...

Nombre	Trayec...	Herramie
METHOD		
Items no utilizados		
MILL_ROUGH		
CAVITY_MILL	✓	FRESA204
MILL_SEMI_FINISH		
MILL_FINISH		
FACE_MILLING_AREA	✓	FRESA104
ZLEVEL_PROFILE_IZQDA	✓	FRESABMI
ZLEVEL_PROFILE_DCHA	✓	FRESABMI
ZLEVEL_PROFILE_CAJERA	✓	FRESABMI
ZLEVEL_PROFILE_ISLA	✓	FRESABMI
DRILL_METHOD		

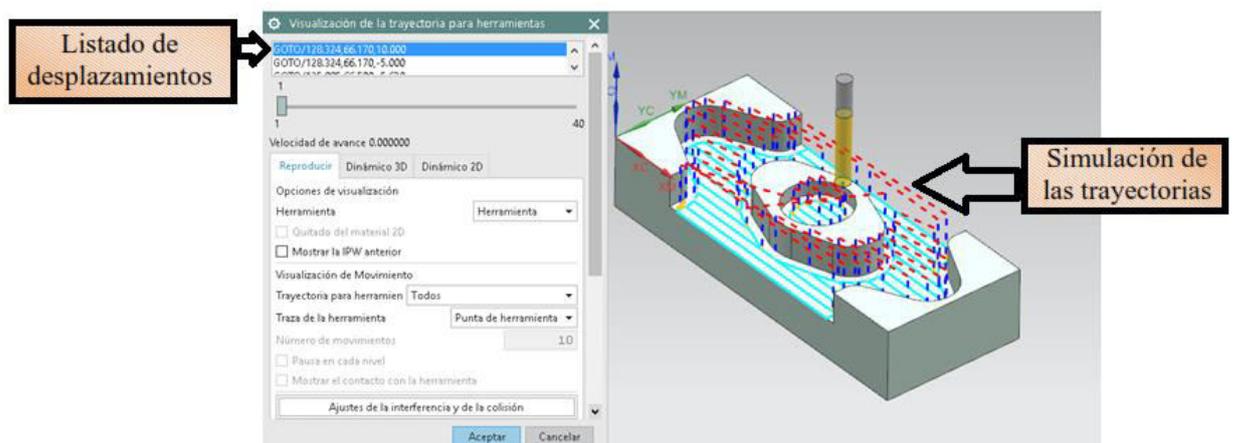
**Figura 5.44.**

## 6. SIMULACIÓN GRÁFICA Y POSTPROCESADO

La simulación gráfica no ofrece ninguna novedad respecto a lo visto en las páginas anteriores, por eso, no creemos conveniente insistir en ello, tansólo recordarlas tres posibilidades de representación que nos ofrece **CAM Express** desde la opción **Verificar la trayectoria**:

- Reproducir.
- Dinámico 2D.
- Dinámico 3D.

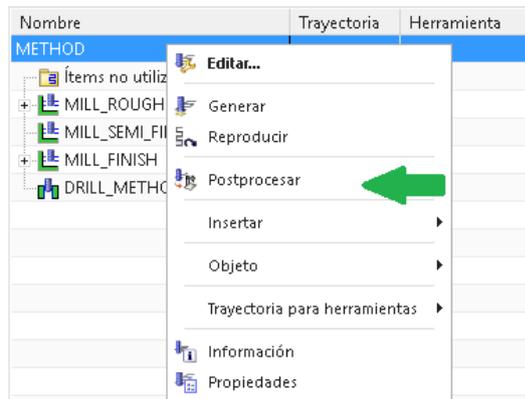
Como ya sabemos y puede observarse si nos fijamos con detalle en cualquiera de las opciones anteriores, se dispone ya de un listado madre, donde se especifica el modo de acceso a cada uno de los puntos de destino de la herramienta (GOTO para acercamientos en línea recta, CIRCLE para acercamientos describiendo un arco) y las coordenadas cartesianas XYZ de dichos puntos; sin embargo, esto no es aún el programa CNC que deseamos enviar a máquina.



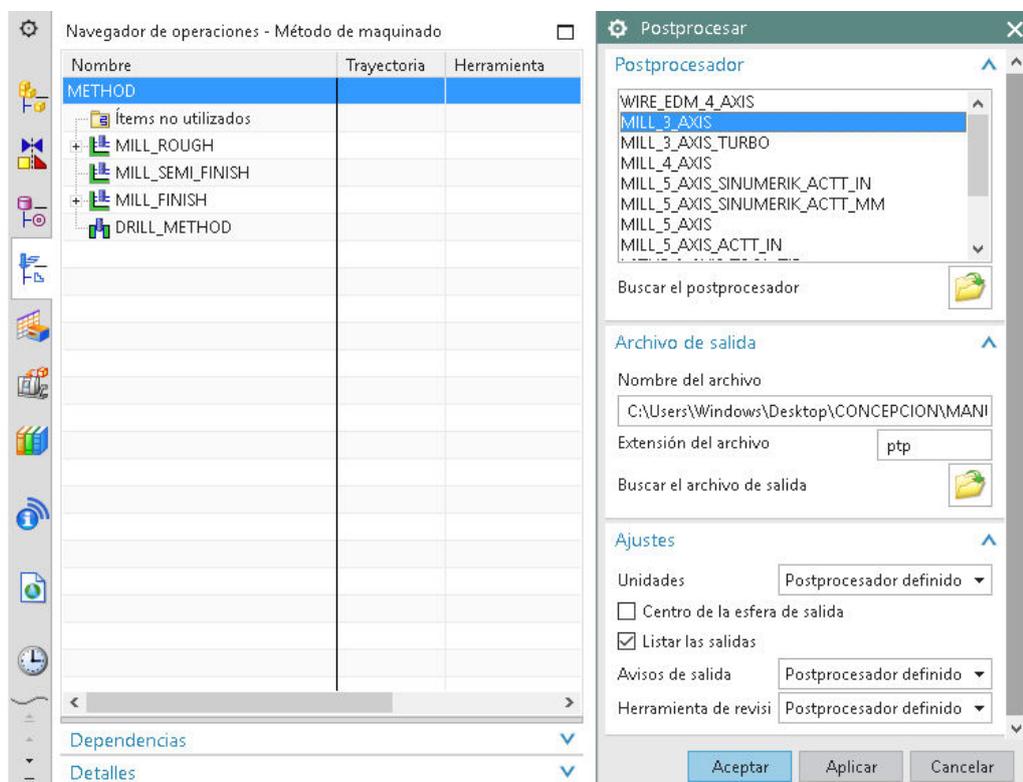
**Figura 6.1.**

Para visualizar en su totalidad dicho listado, deberemos acceder a la opción **Listar la trayectoria** del menú principal.

Sin embargo, para la obtención del programa CNC, deberemos acceder a la opción **Postprocesar**. Tras hacer clic sobre dicha opción, se nos solicitará en una “ventana desplazable” qué procesador deseamos. En el ejemplo siguiente se ha escogido el genérico, basado en realidad en un CNC Fanuc para fresa de 3 ejes...



**Figura 6.2.**

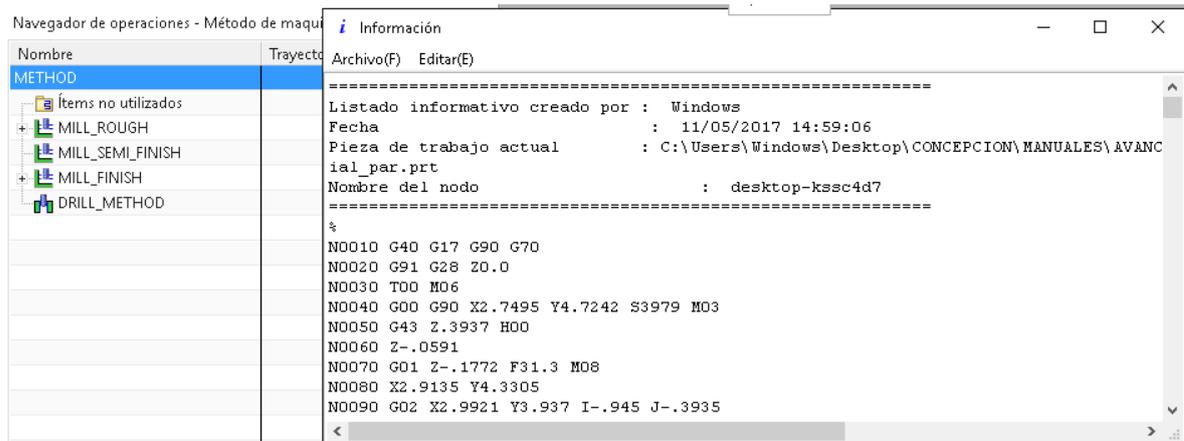


**Figura 6.3.**

Recuérdese que, al igual que sucedía en la simulación gráfica, debemos diferenciarentre de postprocesado de todo el programa CNC o de sólo algunas de las operaciones.

En la imagen anterior, como estamos situados sobre **METHOD** en el **Navegador de Operaciones** y no sobre alguna de las operaciones, se efectuará el postprocesado detoda la pieza, obteniéndose así el programa CNC completo.

A continuación, puede verse el listado de instrucciones, según códigos deprogramación en ISO...



**Figura 6.4.**