

MEMORIA FINAL DE INVESTIGACIÓN

“PROPUESTA DE TEST PARA VERIFICACIÓN FUNCIONAL DE CENTROS DE MECANIZADO”

Departamento de la Familia Profesional de Fabricación Mecánica.
Instituto de Educación Secundaria “Corona de Aragón” de Zaragoza.

Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación de la Universidad de Zaragoza.
Área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación y de Ingeniería de Proyectos.

ORDEN de 17 de junio de 2009, del Departamento de Educación, Cultura y Deporte, por la que se convoca concurso de Proyectos de Cooperación en materia de investigación y prácticas educativas entre Departamentos Universitarios y Departamentos de Institutos de Enseñanza Secundaria o Equipos de Personal Docente, de la Comunidad Autónoma de Aragón para el curso 2009-2010 y se ban las bases reguladoras para su concesión.. B.O.A. 20.07.2009.

INDICE.

1. Características generales y particulares del contexto en el que se ha desarrollado el proyecto.	5
2. Consecución de los objetivos del Proyecto: Propuesto inicialmente. Alcanzados al finalizar el Proyecto.	7
3. Cambios realizados en el Proyecto a lo largo de su puesta en marcha en cuanto a: Objetivos. Metodología. Organización. Calendario.	11
4. Síntesis del proceso de evaluación utilizado a lo largo del Proyecto.	13
5. Conclusiones.	15
6. Listado de profesores con indicación del nombre y los dos apellidos y D.N.I.	16
7. Materiales elaborados (si los hubiera).	17
Anexo I. Manufacture of a spur tooth gear in Ti-6Al-4V alloy by electrical discharge (corresponde al resultado de un proyecto de hace dos cursos).	17
Anexo II. Cinco ejes. Ejemplo de aplicación para el posicionado.	30
Anexo III. Propuesta de test para verificación funcional de centros de mecanizado de alta velocidad de hasta cinco ejes. (Nota, falta comparar las conclusiones, se han dejado las de que sirvió de base a este trabajo)..	44
8. Breve descripción (máximo 15 líneas en soporte informático).	17

1. Características generales y particulares del contexto en el que se ha desarrollado el proyecto.

Durante el curso pasado se llevó a término un proyecto titulado “cinco coordenadas y alta velocidad”. Durante la explicación de una clase al alumnado de 2º curso de grado superior, surge el problema de las marcas de mecanizado que se generan al aproximarse la herramienta a la pieza.

En el contraste de opiniones que se lleva a término, se prueban todas las ideas facilitadas. La que tiene más éxito por parte del alumnado con experiencia en empresas y los profesores, es que la entrada tangencial será la única que no deje marcas. La experiencia demuestra que no es así.

El profesor que lleva el grupo plantea una “trayectoria espiral”, en la que la herramienta siempre esté en contacto con la pieza (ni entra ni sale). El problema es la ejecución de la misma.

Tras el fin de semana, se presenta en clase una posible solución. En el transcurso de la clase se ve una mejor solución para el primer valor del método iterativo creado.

El resultado anterior se presenta en el congreso es MESIC'09 que se celebró en Alcoy organizado por la Sociedad de Ingeniería de Fabricación durante los días 17 a 19 de junio.

Como propuesta de futuro se plantea extender el test a cinco coordenadas (las tres de traslación y dos angulares). Este es el trabajo del que ahora se presentan los resultados.

El proyecto ha sido, por tanto, continuación del año anterior y ha aumentado la relación existente entre el grupo ID_Ergo (formado por gran parte de profesorado del Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación) y el Departamento de Fabricación Mecánica del Instituto. En esta relación, este año se ha incorporado al grupo otro compañero de Instituto y Centro Integrado Experimental de F.P.

Al alumnado de F.P. se le explicó que se iba a realizar este proyecto. Pero, si bien el del curso pasado se basaba en unas matemáticas asequibles, en este curso se ha complicado un poco.

Durante casi todo el curso ha trabajado junto al Centro Integrado un alumno realizando su proyecto fin de carrera sobre este tema.

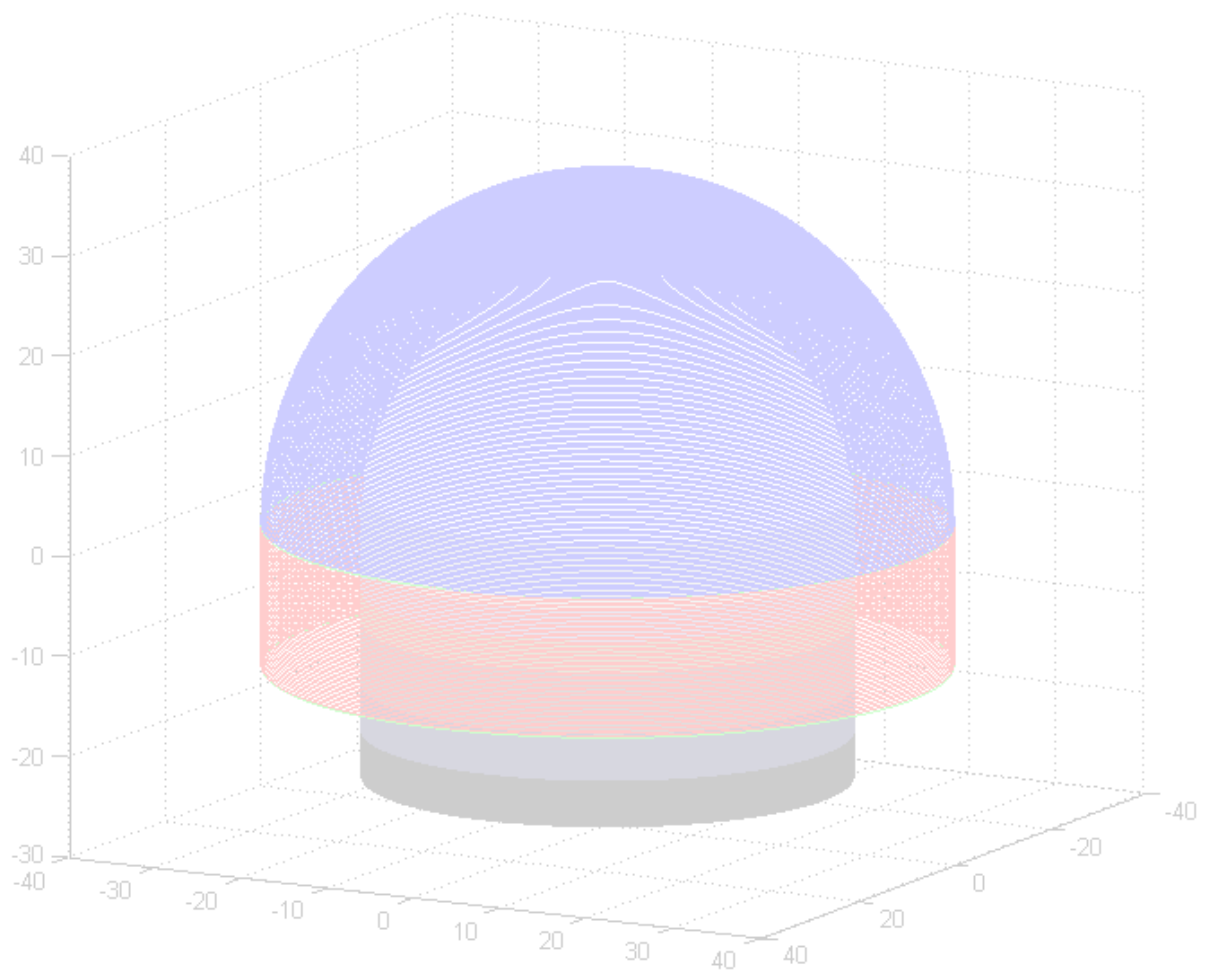
Se ha dedicado una gran cantidad de horas al estudio de la bibliografía existente y a la preparación de un posible artículo para remitir a una revista indexada, así como una ponencia en el próximo Congreso de Ingeniería Mecánica (a este último se llevaría una aplicación adaptada para el mecanizado de cualquier tipo de superficie no vuelta sobre si misma, esperamos rematarlo con un nuevo proyecto de colaboración).

El proyecto se puede decir que está terminado en su apartado teórico y parte del práctico. Pero, tras la entrega de esta memoria, aún se continuará con ensayos con otras máquinas diferente a la que haya en el “Corona de Aragón” y que nos han ofrecido empresas de Zaragoza para poder verificar el test.

En definitiva, es de observar la buena predisposición de las personas de entornos diferentes a colaborar en la obtención de resultados concretos.

Por cierto, el trabajo presentado el curso pasado a la revista Computer Aided Design, ya ha sido aceptado y publicado. Se presenta como anexo I el mismo.

Los resultados de proyectos anteriores tardan en verse, pero creemos que la línea iniciada de publicar los resultados en revistas internacionales es buena. Además, este curso se ha ido realizando la traducción simultánea al inglés. Por ello esperamos que en el verano se pueda remitir el artículo a una revista indexada de alto impacto.



2. Consecución de los objetivos del Proyecto:

Se van a enumerar los objetivos propuestos y comentar su consecución.

- Proponer al alumnado de FP e ingeniería la participación en un proyecto institucional.

Ello se hizo con el alumnado de segundo curso del ciclo de grado superior en producción por mecanizado. Se les explicó lo realizado el año anterior y lo que se pretendía éste.

El resultado lo han visto al venir a las sesiones de tutoría los jueves por la tarde. Ello se debe a que no se han tenido las ecuaciones para mover la máquina con los cinco ejes hasta el mes de abril.

En el curso próximo, con el nuevo ciclo de programación de la producción en su segundo año, se explicará en los nuevos módulos de control numérico, CAM y verificación de productos el proceso seguido, en cuanto a mecanizado, diferencias con el mecanizado CAM (o ayuda del mismo para desbaste) y la verificación de la pieza obtenida.

- Atender a la diversidad de procedencias del alumnado del ciclo de Grado Superior en Programación de la Producción, utilizando el pretexto del proyecto para acercarle a la lectura de la bibliografía en inglés y al desarrollo de las competencias matemáticas para comprender la mecánica de funcionamiento del test propuesto y la verificación tridimensional de las piezas.

Ello se ha realizado, como siempre, en todas las material del ciclo. El alumnado procede tanto de bachillerato, como de grado medio, como de empresas. Esta heterogeneidad va desapareciendo durante el primer trimestres con una atención muy personal y adaptada (especialmente en los módulos más prácticos, como mecanizado por control numérico o ejecución de procesos de fabricación., donde incluso cada alumno realiza piezas o programas diferentes.

Con el alumnado de segundo curso, se le ha introducido en la medición con máquina tridimensional, haciendo hincapié tanto en los aspectos teóricos (inicio al algebra vectorial) como prácticos.

En el módulo de inglés (nuevo este año, pero que ya se experimentó en el módulo REM que se inició ya en tiempos en esté Centro) se les ha pasado al alumnado artículos técnicos y textos en inglés relacionados con la fabricación mecánica. Estos textos se han pasado desde la web de la biblioteca universitaria, facilitados por el profesorado de la Universidad.

- Desarrollar entre el alumnado del ciclo de grado superior competencias básicas de expresión oral y escrita mediante la presentación de trabajos relacionados con la temática del proyecto. Para ello se organizará un “congreso” entre el alumnado, consistente en la presentación de artículos técnicos que han de traducir de revistas en inglés y realizar la presentación como si ellos fueran los autores.

En este objetivo nos hemos pasado al proponerlo para este curso, en que tanto el alumnado como el profesorado a aterrizado por primera vez en el currículo del nuevo ciclo. Por ello en el caso del alumnado de F.P., este objetivo se espera alcanzarlo el curso próximo, donde el alumnado está en su segundo año con el inglés y el profesorado no tiene el estrés de adaptarse a la nueva programación (aunque sí lo sea en segundo).

No ha pasado lo mismo con el alumnado universitario. Se reproduce la relación de artículos analizados y presentados:

**SISTEMAS DE FABRICACIÓN.
PRESENTACIÓN DE TRABAJOS DE CURSO.
2009-10.**

LEIRE CASTRILLO SAENZ MARÍA PILAR ESCANERO LETOSA	10.12.2009 12:10h
Analysis of interaction between geometry and efficiency of impeller pump using rapid prototyping.	
JESUS FELEZ MOLINER PEDRO JOSE FERNANDEZ CONCELLON	10.12.2009 12:40
Effect of tool tilt angle on machining strip width in five-axis flat-end milling of free-form surfaces.	
ALBERT FIGUERES LIÑAN NURIA GABALDON PONSA	10.12.2009 12:55h
Internal energy minimization in biarc interpolation	
JORGE AGUADO LAMANA ANTONIO CASAS SORIANO	10.12.2009 13:10h
Minimal quantity lubrication-MQL in grinding of Ti-6Al-4V titanium alloy.	
ENRIQUE ARAGON TORQUEMADA JORGE DE MARIA PEREZ	10.12.2009 13:25h
Research on tool path planning method of four-axis high-efficiency slot plunge milling for open blisk	
VICTOR CARO SALVADOR LUIS BARTOLOME IBAÑEZ	15.12.2009 12:10h
Marcado CE. Prevención e riesgos laborales	
DANIEL DE PABLO SANZ ALBERTO IBOR SERRANO	15.12.2009 12:25h
Optimisation of multi-pass cutting parameters in face-milling based on genetic search	
ALVARO GARCIA GONZALEZ EDUARDO BAGUER CANALES	15.12.2009 12:40h
Ontology-Guided Knowledge Retrieval in an Automobile Assembly Environment	
DANIEL GRACIA MORENO ANDRÉS VADILLO GONZÁLEZ	22.12.2009 12:10h
Some investigations into development of nozzle and suction system for air blast shot peening machine	
REBECA LACRUZ POLO PATRICIA ROMÁN GIMENO	22.12.2009 12:25h
Original models for the prediction of angular error in wire-EDM taper-cutting	
CELIA CABRERA MARTIN REBECA HERNÁNDEZ MONTERO	22.12.2009 12:40h
Alignment problem while measuring thread pitch of large thread gauges on the profile-measuring machines	
DANIEL BASAN ADIEGO CARLO VINCENZO SAVASTANO ALEJANDRO TORRES ARDANUY	07.01.2010 12:10h
Multimodel PD-control of a pneumatic actuator under variable loads	
JOAQUÍN GUERRERO MANSO VINCENZO GRECO	07.01.2010 12:25h
NURIA SESMA GIL JORGE ARENILLAS GAY	07.01.2010 12:40h
Experimental study on adhesive wear of milling insert with complex groove	
ALBERTO IGNACIO RENGEL BUENO PABLO RIVERA MULET	07.01.2010 12:55h
Catermination of optimal EDM machining parameters for machined pure titanium-porcelain adhesion	
EUGENIO SAINZ CACHO DAVID SANJUAN PEREZ	07.01.2010 13:10h
REBECA LACRUZ POLO PATRICIA ROMÁN GIMENO	07.01.2010 13:25h
Original models for the prediction of angular error in wire-EDM taper-cutting	
JONATAN PERIS RIVAS SERGIO ARROYO GARCIA DANIEL GRACIA PEREZ	12.01.2010 12:10h
Images acquisition of a high-speed boring cutter for tool condition monitoring purposes	
LORENA CLAVERO GARCIA FERNANDO MOÑUX SANZ	12.01.2010 12:25h

A smooth spiral toll path for high speed machining of 2D pockets	
	12.01.2010 12:40h
JUAN PEDRO GRACIA AIBAR ALBERTO COCA CASTELLANO MATTEO VERZELETTI	14.01.2010 12:10h
Materials selection for environmentally conscious design via a proposed life cycle environmental performance index	
GUILLAUME PIERRE BLANC TERESA VILLUENDAS LOPEZ SARA DE LA TRINIDAD BONDIA LORENZO	14.01.2010 12:25h
The economic cell number	

La experiencia se puede considerar muy positiva, pues es curioso observar el hecho de que este alumnado (de 5º curso) aún, en su mayoría, no había utilizado las facilidades de la Biblioteca Universitaria.

- Incorporar las tecnologías de la comunicación e información. Esto es cotidiano en fabricación mecánica, aunque por su naturalidad el alumno no lo suele considerar relevante.

Este es un hecho ya real en fabricación. Pero se debe decir que no son utilizadas como sustitución de pizarra o libro, lo son por pura necesidad (sistemas CAD-CAM, verificación, programación de la producción, automatismos), además de se utilizadas como apoyo a las clases tradicionales (las aulas disponen de cañón de video y es ampliamente utilizado).

- Incorporar la biblioteca. En este caso, además, se tratará de hacer un convenio con la Universidad para que durante este curso el alumnado del ciclo pueda acceder on-line a la biblioteca universitaria.

Aquí, si bien el alumnado ha manejado textos y artículos facilitados por el profesorado (nos estamos refiriendo al alumnado de F.P.), nos hubiera gustado tener contestación al escrito remitido por el Director del Centro Integrado en el que se solicitaba al Rectorado la posibilidad de que este curso, con motivo de este proyecto de colaboración, el alumnado de F.P. pudiera disponer de acceso a través de Internet a la biblioteca universitaria.

A dicho escrito no ha habido contestación oficial.

Tras llevar de nuevo el escrito y desviarnos a través del Vicerrector de Investigación, personalmente el profesor Huertas realizó gestiones y se obtuvo que la respuesta sería que no es posible dicho acceso por no ser este alumnado universitario y las licencias de acceso a las revistas es para este personal. Pero que sí se permitía el acceso desde los ordenadores de la propia biblioteca.

El hecho es que tras varias llamadas, aún el escrito con la autorización no ha llegado.

Si bien este es un objetivo subsanable, creemos que, dado que es un proyecto institucional no debía haber habido inconveniente en que tanto el alumnado como el profesorado participante hubieran tenido una clave temporal y por parte del profesorado universitario se hubiera explicado el acceso para un mejor rendimiento de este proyecto.

Seguimos opinando que, ya que era un proyecto institucional se podría haber considerado a estas personas como universitarias temporales o bien haber cobrado la cantidad que se estipulase por dicho acceso.

Al fin y al cabo, este proyecto fue aprobado por ambas instituciones con estos objetivos.

A pesar de la crítica, el curso próximo se volverá a solicitar un nuevo proyecto con este mismo objetivo y se realizarán gestiones intentar lograrlo.

- Realizar un artículo (en revista indexada) y/o ponencia conjunta entre el profesorado del Departamento Universitario y el profesorado de Secundaria.

Ya podemos decir que este objetivo se va cumpliendo. Se presenta en el anexo un artículo del proyecto de hace dos años y que ha sido publicado por una revista indexada. Este año se volverá a mandar el artículo que se presenta (borrador en español) a otra revista.

La traducción se encuentra muy avanzada, se va realizando a medida que avanza el proyecto con la ayuda de un nativo amigo del profesor Huertas y de la profesora de Inglés del ciclo. Una vez terminado, el grupo de investigación ID_Ergo lo pasará al revisor del I3A para una última comprobación de un correcto inglés.

Además, añadiremos unos últimos trabajos de campo con máquinas que nos van a permitir utilizar empresas de Zaragoza (Hercormetal).

Esperamos que también pueda ser aceptado.

3. Cambios realizados en el Proyecto a lo largo de su puesta en marcha en cuanto a:

Objetivos.- Solamente no se ha alcanzado totalmente el de permitir que alumnado de F.P. pudiera acceder temporalmente a la web de la biblioteca universitaria. No obstante se han pasado los artículos por parte del profesorado universitario.

Además se ha profundizado en el convenio de colaboración entre el Departamento de Educación del Gobierno de Aragón y la Universidad de Zaragoza que implica al Departamento de Fabricación del I.E.S. “Corona de Aragón” y el grupo I3Ergo perteneciente al I3A de la Universidad de Zaragoza en nuevas perspectivas de colaboración y la inclusión de más miembros del departamento de instituto en dicho grupo. De los dos que había, se ha incorporado un tercero.

Metodología.- Los aspectos más complicados y que inicialmente se pensaba eran simples han sido:

- Aparato matemático. Ha habido que recurrir al algebra matricial para la formulación de las ecuaciones que dan lugar a la obtención de las trayectorias de mecanizado con cinco ejes (sin utilizar CAM) según el modelo propuesto. Si bien no tiene mayor problema para el alumnado de ingeniería si lo es para el de F.P., pero esperamos que con unos pequeños apuntes sea subsanable.

- Fase de acceso del alumnado de F.P. a la biblioteca universitaria. No se ha podido lograr y se ha sustituido con el paso de los textos por parte del profesorado universitario.

- Verificación de piezas.- Se ha superado, pues hemos visto, tras el análisis de artículos, que era posible obtener imágenes tridimensionales de la superficie de la pieza. Ello se ha realizado con el microscopio “confocal” del Departamento de Materiales de la Universidad y cuyo microscopio citado se encuentra en el edificio central del CPS.

Organización.- Como siempre, lo peor es la puesta a limpio de los materiales para llegar a entregar la memoria, pero ello obliga precisamente a disponer de un material transferible. De hecho se entrega el último día de plazo.

También se han retrasado las pruebas en máquinas ajenas a la del Corona. Evidentemente, hay que tener todo dispuesto para no entretener en las empresas y hay que gestionar los días de acceso a las mismas.

La propuesta de artículo, pensábamos que iba retrasada, pero en esta revisión hemos observado que incluso se había dispuesto el mes de julio para ello. Efectivamente, nos iremos a este mes para enviar la propuesta.

La bibliografía ha sido más complicada de obtener. Era más concreta y de hecho un artículo referenciado por todos los autores que han tratado este tema se ha delegado la búsqueda al servicio de la propia Biblioteca Universitaria. Conocemos su posible contenido, hemos obtenido las ecuaciones y resultados, pero es preciso para un contraste final (esperemos que lleguen en breve).

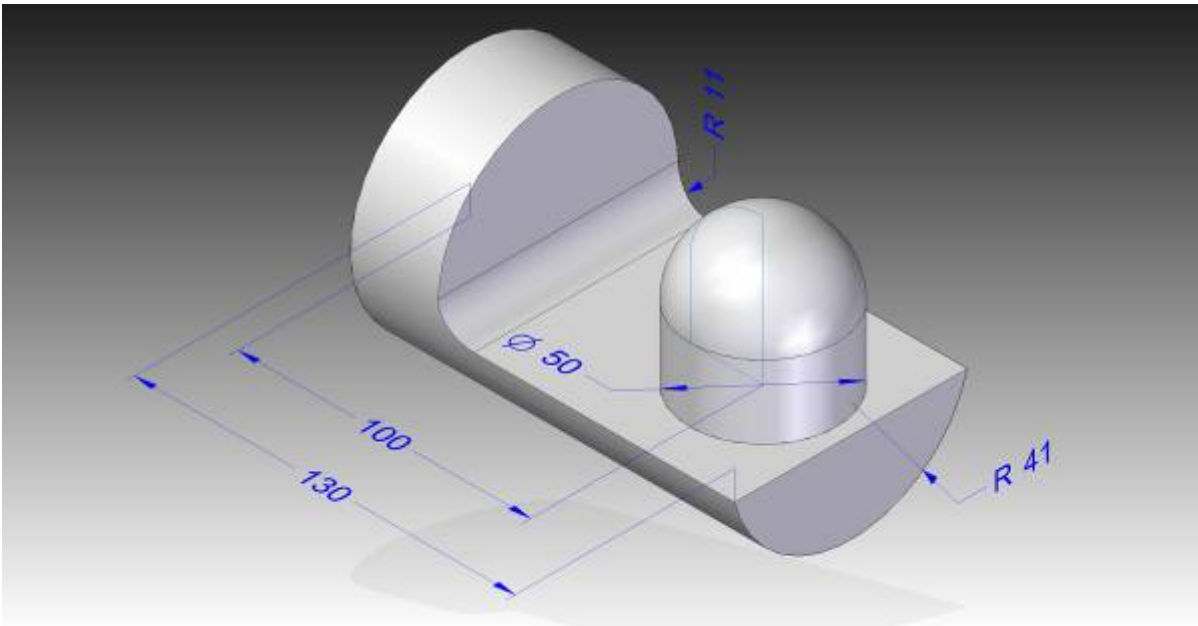
La bibliografía analizada no planea un test de este tipo, que tarde poco tiempo, emplee poco material y pocas herramientas y que en definitiva sea muy económico y rápido. Ello es un problema, pero es precisamente la ventaja y la posibilidad de publicar el artículo.

Calendario.- Se retrasa la prueba en otras máquinas ajenas. Ello es debido a que hay que disponer de toda la estrategia de actuación y hasta no verificar en Corona no se puede ir a empresas.

Por ejemplo, en la máquina del Corona se coloca el programa con los números decimales que queramos. En la de la empresa que se ha ofrecido al día de la fecha (hemos consultado a otras) solamente pueden

entrar tres decimales (con más se bloquea). Le pasamos al empresario el programa para probar. Iremos la semana del 21 de junio a realizar las pruebas.

No obstante, lo anterior no es tan importante para el proyecto en si mismo (ya están conseguidas las ecuaciones y le metodología de actuación), como para la presentación del artículo (donde es bueno que aparezca una comparativa) cuya fecha estaba prevista para julio.



4. Síntesis del proceso de evaluación utilizado a los largo del Proyecto.

Se comentan los apartados enumerados en el apartado correspondiente de la memoria, ya que este curso se han utilizado hitos relevantes del proyecto:

- *Disponer de las ecuaciones para obtener los programas de mecanizado con cinco coordenadas.*

Fueron obtenidas relativamente tarde, sobre marzo. Para comprobar su bondad sin dañar la máquina ha habido que recurrir a una versión de evaluación de un simulador de CN que admite máquinas de cinco ejes.

Esto fue una labor difícil, pues el CAM de que disponemos simula cinco ejes, pero realizados con él mismo. Este CAM dispone de un simulador universal, pero simula el código general denominado CL, donde se ven los movimientos en un sistema de coordenadas pieza, no en un sistema absoluto con los movimientos reales de la máquina.

- *Consecución del acceso a la biblioteca universitaria para el curso 2009-10 de los alumnos del ciclo de grado superior.*

A pesar de las gestiones realizadas no se ha conseguido.

- *Si en noviembre se tienen definidos los trabajos a presentar por el alumnado en el módulo de inglés.*

Si, se pasaron diversos artículos de revistas. Se eligieron sin excesivo aparato matemático.

- *Si en diciembre hemos podido realizar en nuestras máquinas el test y verificado los primeros resultados.*

Como se ha comentado, se ha retrasado hasta marzo.

- *Si en enero o febrero tenemos definido el artículo a presentar.*

El artículo estaba definido, pero había que obtener las ecuaciones que pasaran del código CL al particular con el sistema de coordenadas de nuestra máquina. Ello se ha conseguido en marzo. No obstante, el artículo se ha ido basando en la ponencia presentada el curso pasado, por lo que se ha ido pasando al inglés y solamente queda el apartado de conclusiones y agradecimientos.

- *Si en mayo hemos enviado el anterior artículo.*

Esto será en julio tras las pruebas que realicemos en máquinas externas la semana del 21 de junio y tras la revisión final por parte del servicio del I3A.

- *Si en marzo hemos podido comprobar en otras máquinas de otros centros de investigación o de industrias.*

Se ha retrasado y será la semana del 21 de junio. Ha habido que esperar a que funcionara perfectamente en nuestra máquina. Un simple detalle como el número de decimales a enviar ha sido un inconveniente que nos ha comentado la empresa.

- *Si en abril-mayo están finalizados y presentados los trabajos del alumnado de F.P.*

Se ha ido realizando.

- Si algún alumno del Master para formación del profesorado realiza un trabajo sobre nuestro proyecto.

Al final, la definición del trabajo de fin de master no ha permitido hacer esto. Aunque se les ha informado de lo que se estaba haciendo a los tres alumnos que han estado de prácticas.

Pero ha colaborado un alumno de ingeniería con su proyecto fin de carrera.

5. Conclusiones.

Si bien en el proyecto anterior se obtuvo un resultado no esperado, pero muy agradable, como fue el detectar un posible método para verificar las prestaciones de un centro de mecanizado del alta velocidad pero solamente con tres ejes. Este año solamente se ha conseguido lo planteado, que a la vista de las dificultades tenidas para asimilar la bibliografía existente y aplicar lo visto al caso de nuestro estudio se puede decir que se ha tenido éxito. Ahora esperamos que sea convalidado con su publicación.

También se ha contado con la inestimable ayuda de un alumno de proyecto fin de carrera, lo que dada la dificultad de este proyecto de investigación ha sido una ayuda o simbiosis inestimable.

En cuanto a la colaboración con el grupo ID-Ergo, se ha ido a más, se ha incorporado otro profesor del departamento de fabricación mecánica al mismo.

Esperamos que este trabajo sea reconocido con su publicación en una revista indexada.

Paralelamente se han realizado unos apuntes para mecanizar una pieza utilizando los posicionamientos con cinco coordenadas del CAM de que disponemos.

El proyecto, tras la realización de la primera pieza, vemos que el tipo de trayectoria generado se puede generalizar para otras superficies de forma que la herramienta no pierda contacto con la pieza. Este tipo de trayectorias y su aplicación a ciertos tipos de piezas (en especial protésicas o con destino a la ergonomía o al mecanizado para la reconstrucción de fósiles) puede ser objeto de un proyecto de colaboración para el curso próximo.

Además, hemos observado que además de la verificación dimensional con la máquina de medir de coordenadas, se ha verificado la calidad superficial con microscopio confocal, lo que permite verificar los parámetros del mecanizado a nivel microgeométrico.

Tras lo anterior, sería muy interesante la medición rápida de la pieza mediante visión artificial, pero esto puede ser un proyecto para introducirlo en dos o tres cursos.

6. Listado de profesores con indicación del nombre y los dos apellidos y D.N.I.

<i>PROFESORADO DE LA UNIVERSIDAD</i>			
NOMBRE	APELLIDOS	DEPARTAMENTO	ÁREA DE CONOCIMIENTO
José Luis	Huertas Talón	Ingeniería de Diseño y Fabricación	Ingeniería de los Procesos de Fabricación
Luis	Berges Muro	Ingeniería de Diseño y Fabricación	Ingeniería de los Procesos de Fabricación
José Javier	Marín Zurdo	Ingeniería de Diseño y Fabricación	Ingeniería de Proyectos
Carmelo	López Gómez	Ingeniería de Diseño y Fabricación	Ingeniería de los Procesos de Fabricación
César	García Hernández	Ingeniería de Diseño y Fabricación	Expresión Gráfica en Ingeniería

<i>PROFESORADO NO UNIVERSITARIO</i>				
NOMBRE	APELLIDOS	DEPARTAMENTO	ÁREA DE CONOCIMIENTO	
Juan José	Garde Barace	Fabricación Mecánica		
Joaquín	Lasierra Armañac	Fabricación Mecánica		
Florencio	De Pedro Herrera	Fabricación Mecánica		
Luis	Lamana Lasheras	Fabricación Mecánica		
Mario*	Sánchez Gracia	Fabricación Mecánica		
José Carlos	Albaiceta Oliver	Fabricación Mecánica		
Rosario	González Rodrigo	Inglés		
José Luis	Huertas Talón	Fabricación Mecánica		
Franciso	Valdivia Calvo	Fabricación Mecánica		
Samuel	Beamonte Argués	Fabricación Mecánica		
Antonio	Barrado Berbegal	Lengua y Literatura		
María *	Guarga Aso	Fabricación Mecánica		

Nota: ya comenzado el curso se incorporó al Departamento de Fabricación Mecánica la profesora marcada con *. Ha colaborado en este proyecto activamente.

7. Materiales elaborados (si los hubiera).

Anexo I. Manufacture of a spur tooth gear in Ti-6Al-4V alloy by electrical discharge. Publicado

Anexo II. Cinco ejes. Ejemplo de aplicación para el posicionado.

Anexo III. Propuesta de test para verificación funcional de centros de mecanizado de alta velocidad de hasta cinco ejes. (Nota, falta comparar las conclusiones, se han dejado las de que sirvió de base a este trabajo). Pendiente de Publicación

8. Breve descripción.

Este proyecto (que es de investigación aplicada) propone un método para verificar centros de mecanizado de alta velocidad de tres o cinco ejes mediante la realización de una pieza patrón.

Con la elección de la trayectoria que debe seguir la herramienta, es posible comprobar y contrastar las prestaciones que debe ser capaz de conseguir un centro de mecanizado.

La principal característica del estudio aquí presentado es la simplicidad de su ejecución y la gran cantidad de información que se puede extraer, incluida la precisión geométrica del conjunto máquina y herramienta para las condiciones de mecanizado elegidas

Con los logros tangibles anteriores, se han logrado otros objetivos entre el alumnado de F.P.

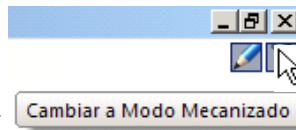
- Participación y aportación de sugerencias.
- Mejora en el nivel científico aplicado al saber hacer.
- Utilización de revistas del sector, incluso en inglés, como medio de difusión y fuentes a las que dirigirse para la búsqueda de información.

Ha participado un alumno de ingeniería, con su proyecto fin de carrera y en colaboración con el profesorado de F.P.

ANEXO II. CINCO EJES. EJEMPLO DE APLICACIÓN PARA EL POSICIONADO.

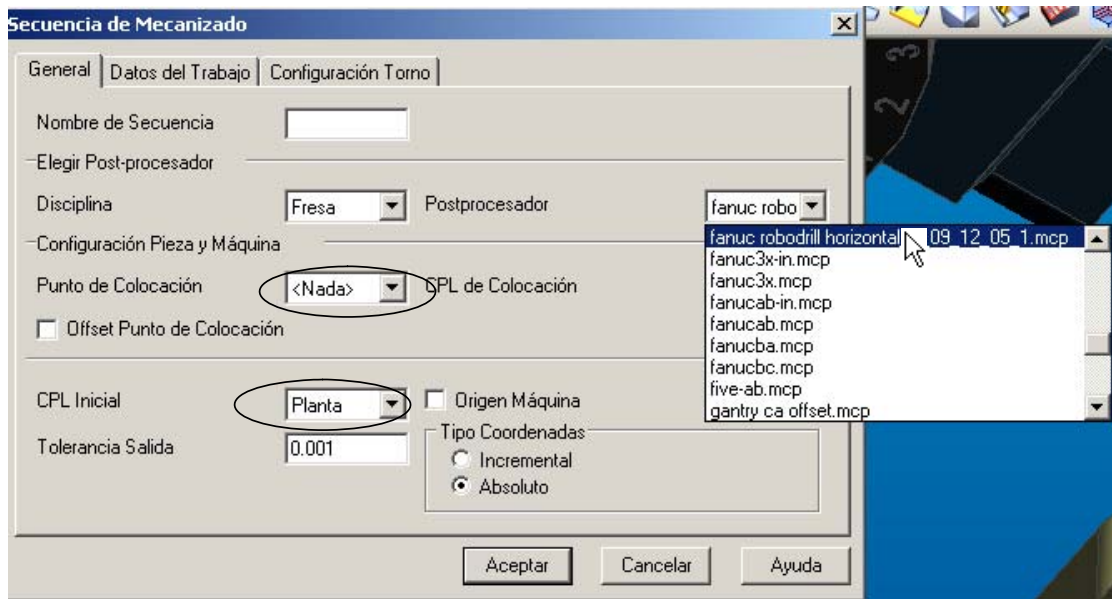
La simulación en sólido cuando se trabaja con cinco ejes no siempre corresponde con el programa CN que se genera. La simulación que aparece en el modo CAM parece correcta, pero al pasar al modo simulación no coincide la posición de la herramienta respecto de la pieza. Para evitarlo se procede de la siguiente manera:

- Abrir EdgeCAM.

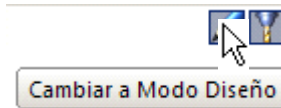


- Sin hacer nada, pasar al modo CAM

- En este modo elegir el postprocesador de cinco ejes, dejar sin seleccionar los puntos de colocación (Punto de Colocación y CPL de Colocación), pero seleccionar el CPL inicial Planta.

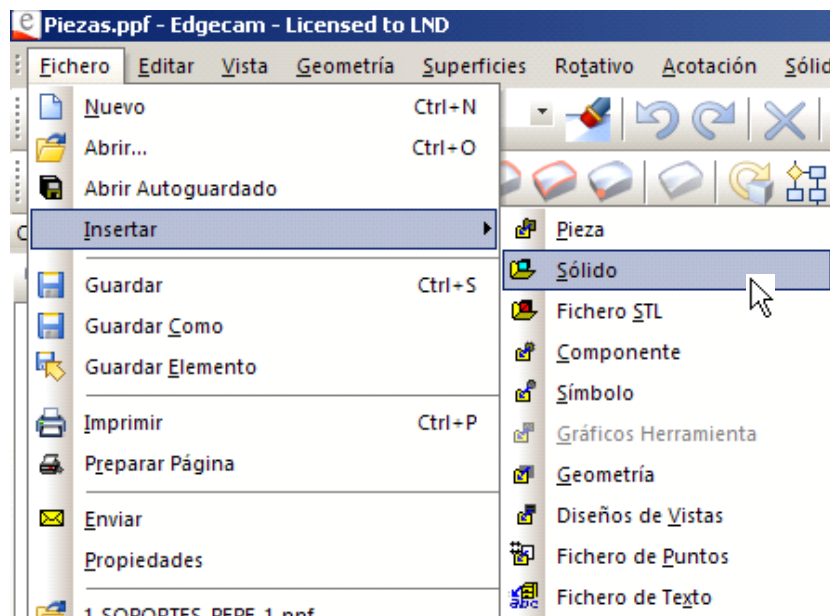


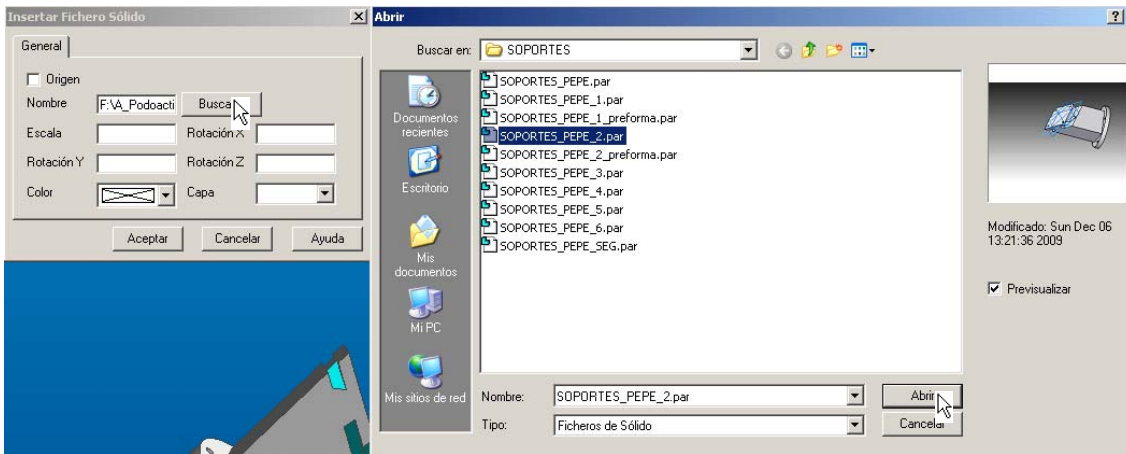
De esta forma, al ir introduciendo piezas éstas se adaptan a la máquina concreta con la que se trabaja.



- Posteriormente volver al modo diseño

Para trabajar con cinco ejes es mejor no abrir la pieza del CAD directamente, en su lugar insertar la pieza. En el primer caso quedan asimilados los orígenes del CAM a los del CAD, con lo que la simulación a cinco ejes no es correcta. En el segundo caso se definirán los orígenes en el CAM y se colocará la pieza, según el postprocesador elegido, con el origen adecuado para la máquina elegida.



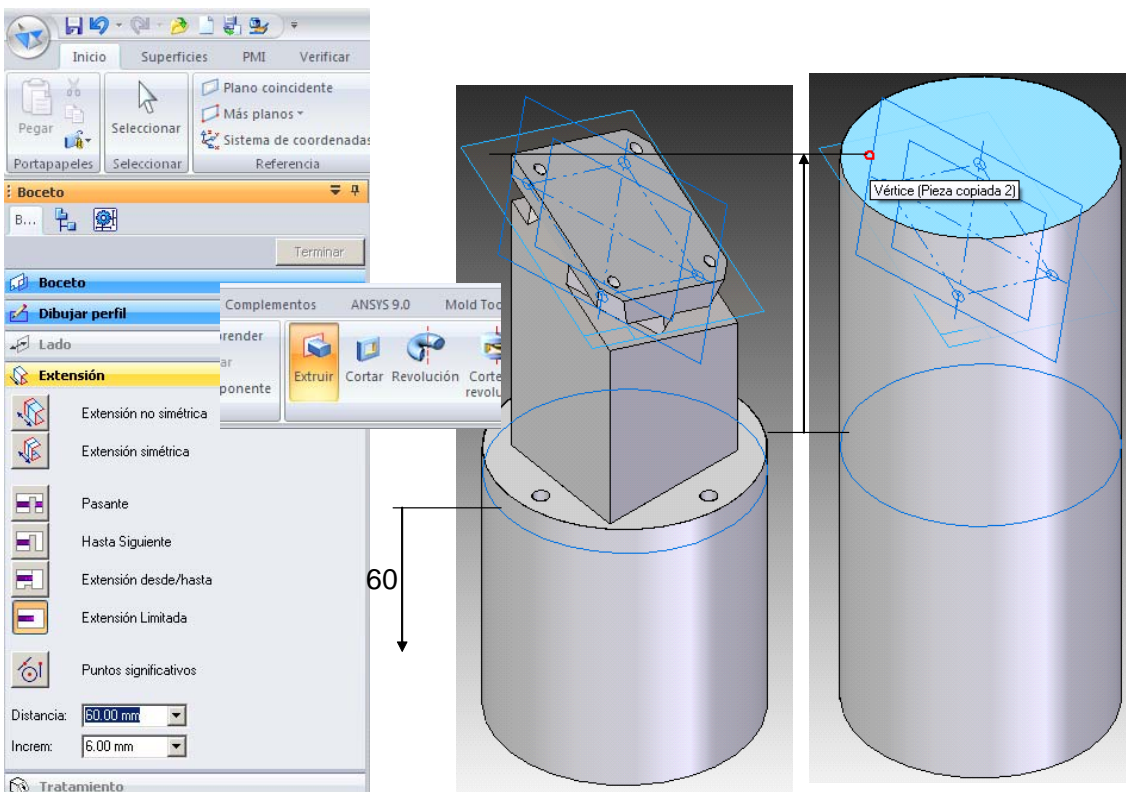


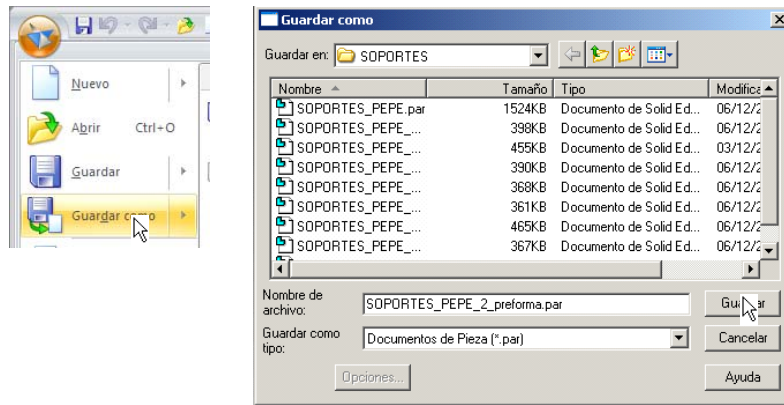
En este caso se va a insertar una pieza que proviene de SolidEdge.



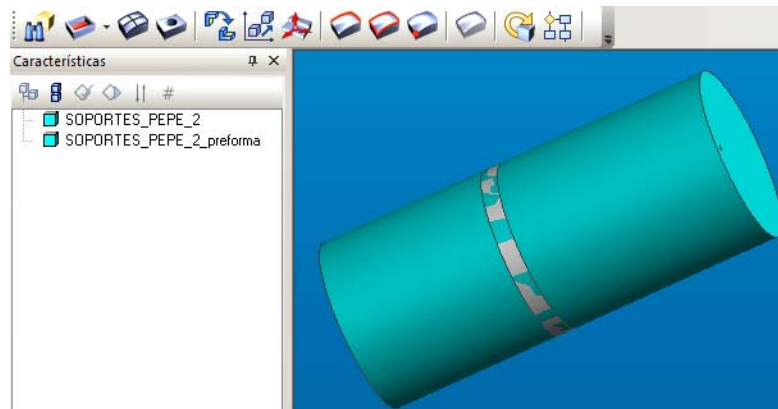
En el caso de trabajar con la FANUC robodrill con divisor electrónico la preforma debe disponer de espacio suficiente para el amarre. La garras tienen una longitud de 60 mm, por lo que si la pieza debe quedar totalmente fuera hay que añadir más de esta cantidad por su base. No obstante, aunque luego se corte menos material, es bueno dejar el tocho completo para el CAM, así aprovecha la base para situar el CPL que servirá para colocar la pieza al pasar al modo CAM.

Una forma interesante de realiza la preforma en el propio Solid Edge consiste en cubrir la pieza con las extrusiones precisas y guardarla con otro nombre. De esta forma se puede estar seguro de que el origen de pieza y preforma son el mismo.

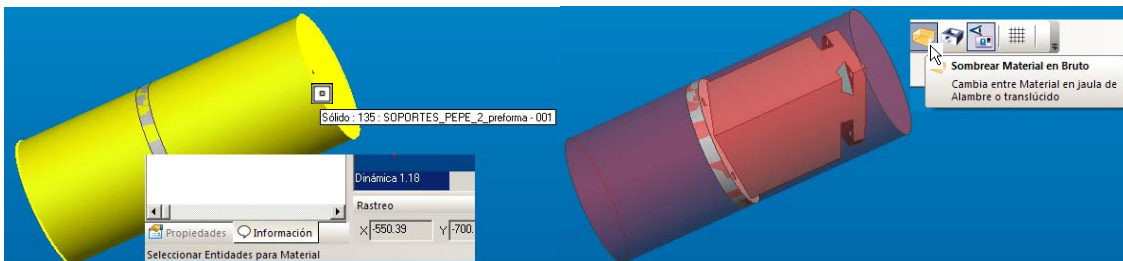
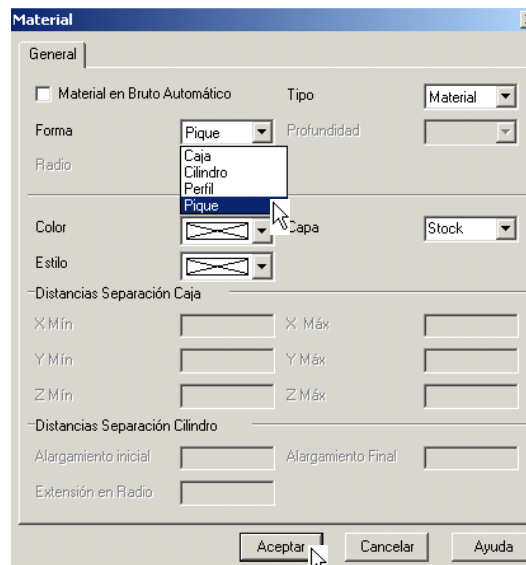
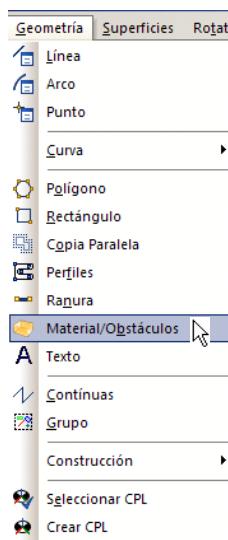




El resultado es que el nuevo sólido insertado recubre totalmente a la pieza inicial.



Seguidamente se hace que este último sólido se convierta en preforma de EdgeCAM

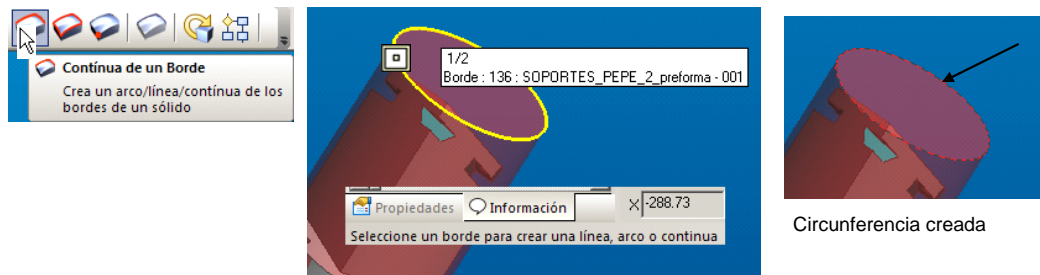


Ahora se van a ir definiendo los CPL's. El más interesante es le de colocación en la máquina. Este CPL coincidirá con el de posicionamiento en el divisor o mesa de la máquina.

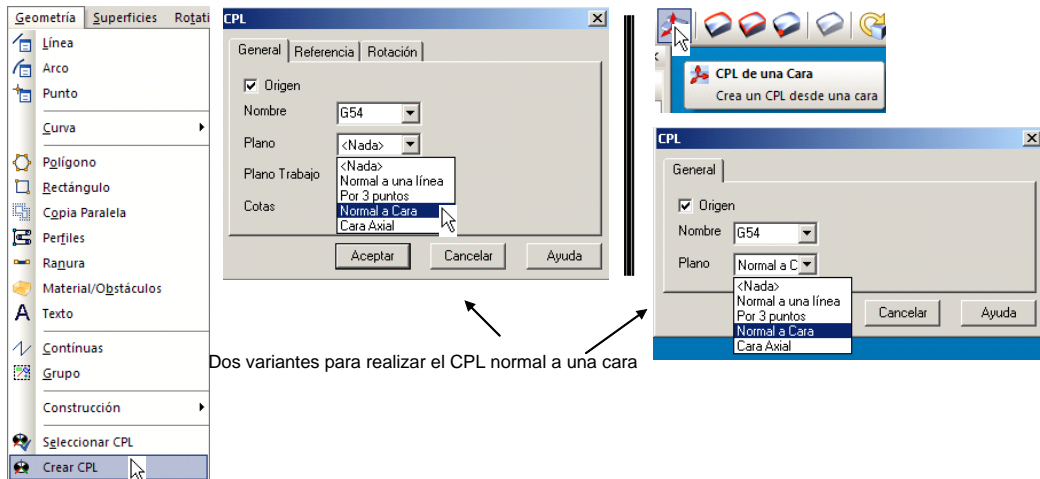
En el CPL de colocación, además de su ubicación, es importantísimo la dirección y sentido del eje OZ.

En el caso que nos ocupa, primero se va a realizar un CPL para tomar el cero pieza en la superficie del tocho y con el eje OZ dirigido según el eje del cilindro y sentido hacia fuera. El punto de colocación va a ser el centro de una circunferencia que extraemos del borde de la superficie (aunque no hace falta, pues se puede utilizar el punto

central de la topología del sólido, lo que tal vez sería más acertado al evitar el paso y además quedar vinculado a dicha topología).



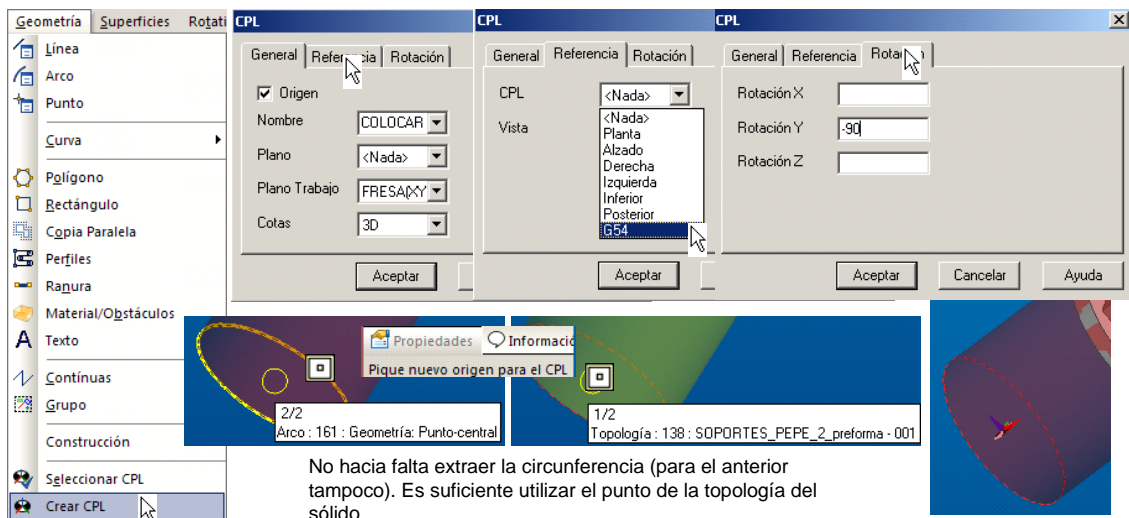
La creación de un CPL normal a una cara admite dos variantes:



Pero al final el resultado es el mismo. Esto muestra lo importante que es crear un CPL normal a un plano o cara.



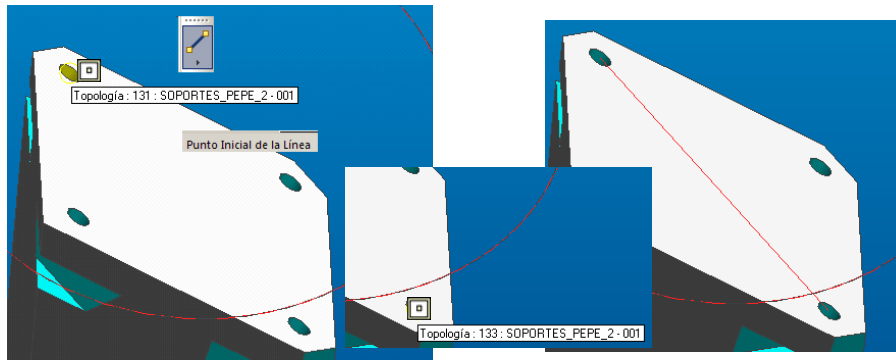
Ya con este CPL se realiza el de colocación en el divisor, pues el CPL que se ha denominado G54 servirá de referencia para el cero pieza. Como el caso anterior, se va a extraer una circunferencia para situar en su centro del CPL nuevo (aunque, como se ve en la figura, se puede utilizar la propia topología).



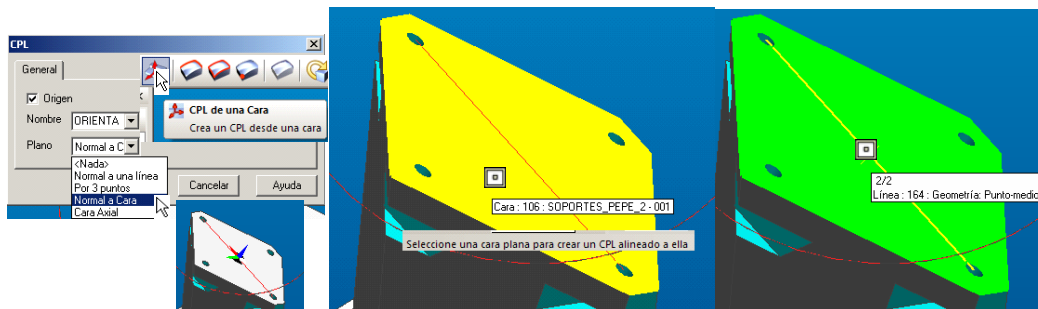
Pero, en el caso del divisor, el eje del plato se ha elegido inicialmente alineado con el eje OX, por lo que se debe hacer un giro del CPL alrededor del eje OY de -90° del CPL G54 (el sentido de giro positivo alrededor de un eje es el del avance de un tornillo de rosca a derechas según la dirección positiva de dicho eje). De esta forma queda el eje OX según el eje del plato del divisor que amarra la pieza.

El último CPL que se va a crear es para orientar de acuerdo con él el plano superior y poderlo planear y taladrar, además de ranurar con una fresa de disco las ranuras.

Este origen es perpendicular al plano de la cara superior del sólido insertado para mecanizar. Pero para colocar el punto concreto en este caso no hay un punto de la topología (centro del cuadrado), por lo que se hace una línea diagonal para luego elegir su centro.

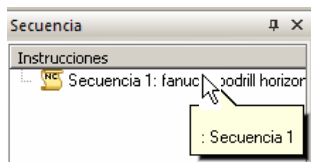


Ahora ya se hace el CPL normal a una cara.

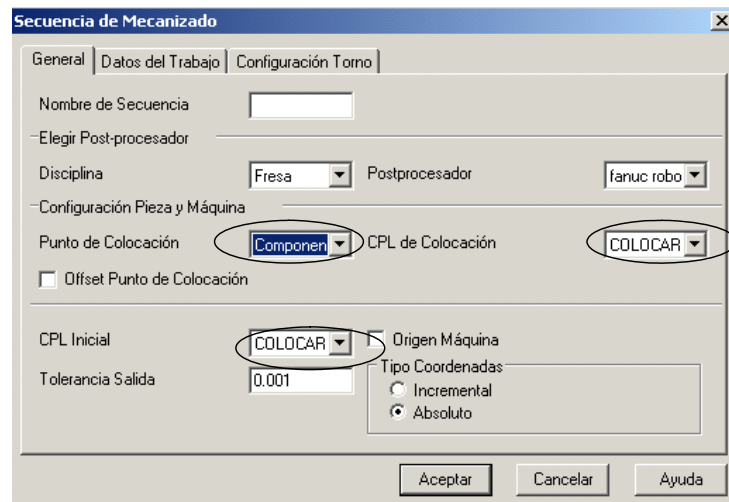


Ahora se puede pasar al modo mecanizado (para ello solamente hace falta el CPL COLOCAR, el resto de CPL's realizados se pueden hacer pasando de un entorno a otro).

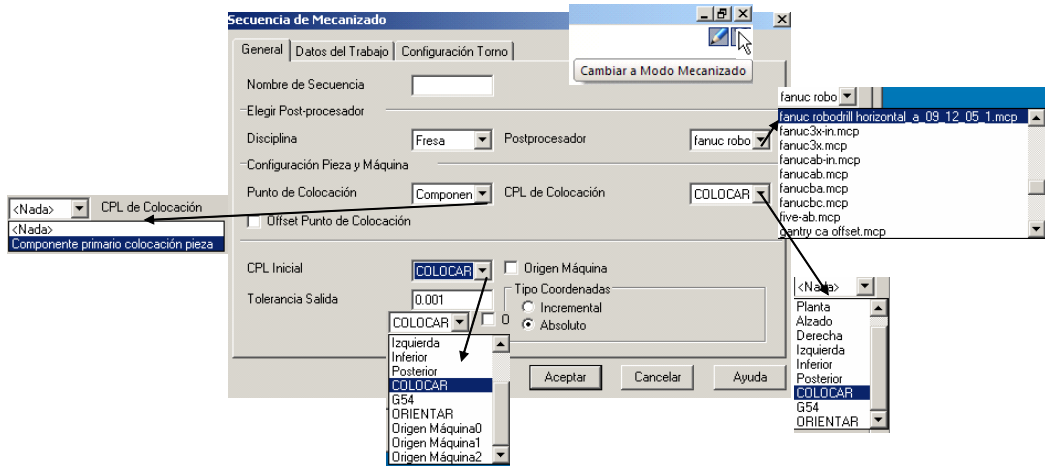
Al volver al modo mecanizado se pica con el ratón sobre la secuencia y se suprime.



Pulsar la tecla Supr

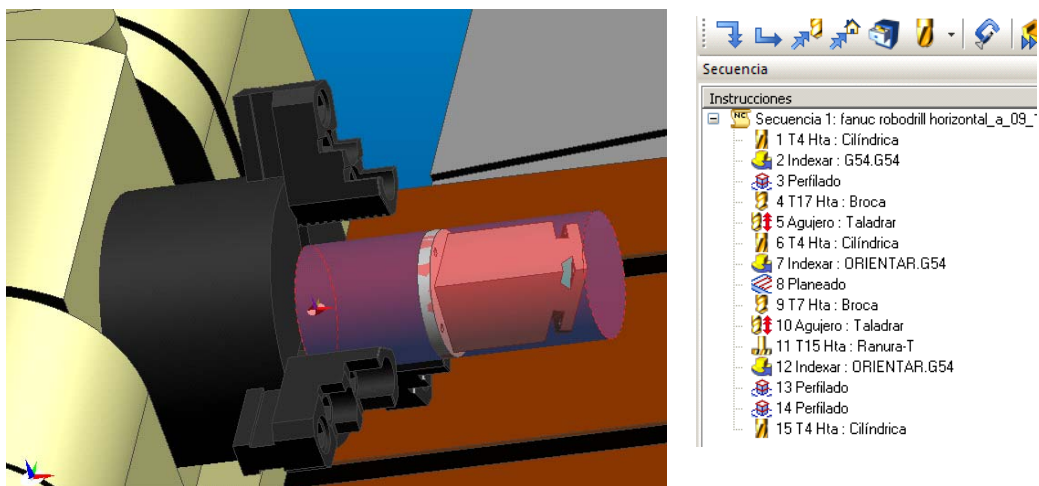


Al aparecer de nuevo la ventana de selección de la secuencia de mecanizado ya se elige el punto de colocación (si se utiliza el CPL no hace falta el anterior), el CPL de colocación y el CPL inicial, que son el que se ha definido como COLOCAR.



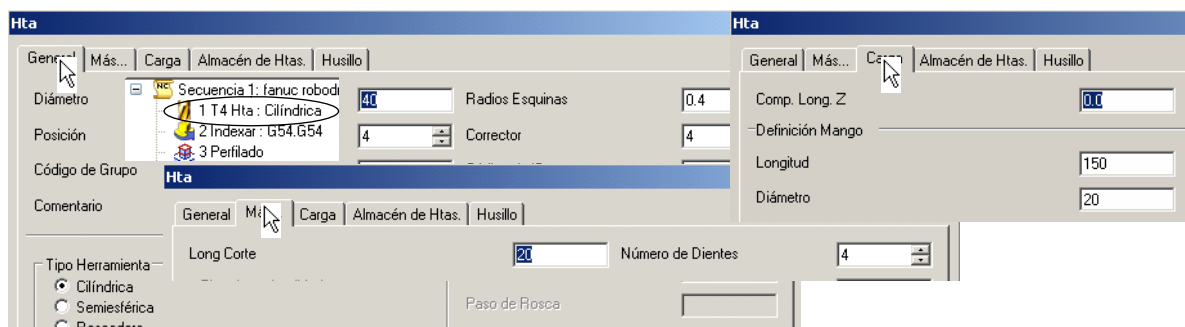
El CPL de colocación se refiere solamente al punto, por lo tanto no incluye la orientación. La orientación se consigue con el CPL inicial. Una vez colocado el punto la pieza se orienta según la dirección paralela al CPL inicial.

El resultado es el siguiente:

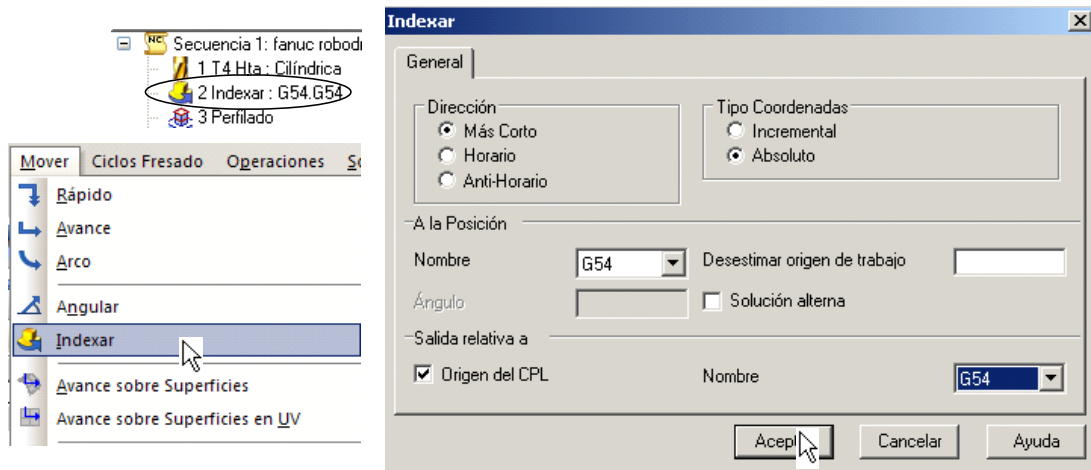


A la derecha se observa la secuencia que realiza el mecanizado. A continuación se va a explicar.

Como la FANUC Robodrill al realizar el cambio de herramienta la deja en la parte superior se va a indexar el divisor después de dicho cambio, así en lugar de utilizar OPERACIONES se va a emplear MOVER, con lo que no hay que introducir coordenadas de alejamiento de la herramienta para evitar que choque en el movimiento del divisor.



El indexado tiene por objetivo lograr posiciones los ejes rotativos de la maquina para orientarlos. La forma más aconsejada es orientar un CPL para hacer que su eje OZ coincida con el eje de la herramienta o cabezal. El sistema se encarga de calcular los ángulos precisos para ello. En unas máquinas se orienta la mesa, en otras la herramienta, en otras un accesorio (como el caso que nos ocupa, que es un divisor).

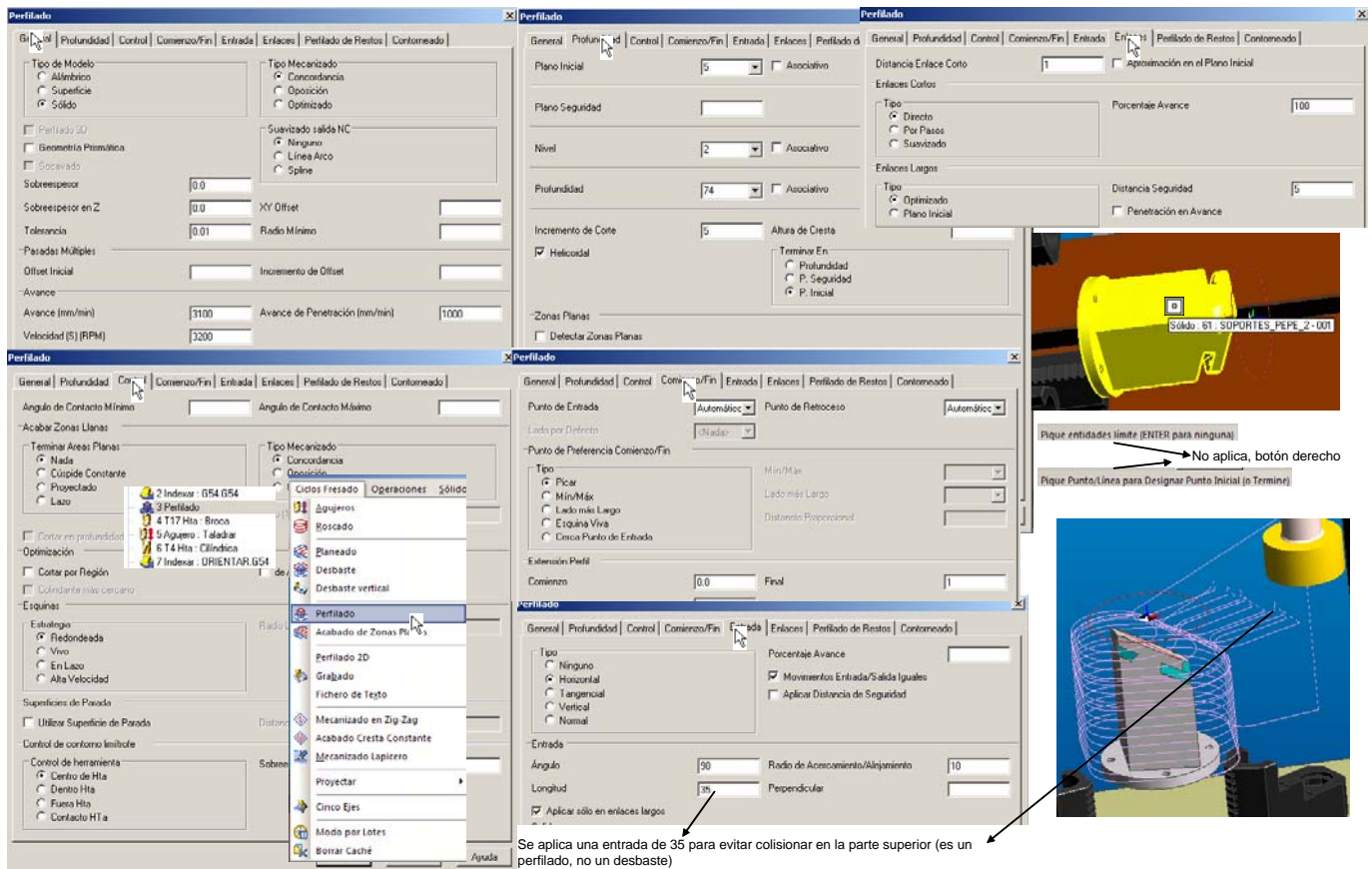


En el indexado además de elegir la posición para orientar el eje de la herramienta según el eje OZ del sistema elegido. La salida de coordenadas también se puede hacer que sea respecto de un sistema conocido y fácil de posicionar y comprender la salida de datos de CN.

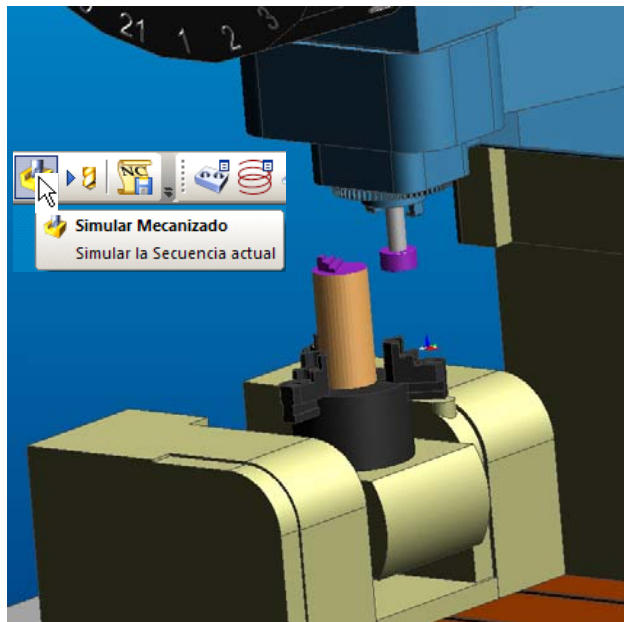
Con la herramienta elegida se puede realizar el mecanizado del prisma perfilando alrededor en lugar de un ciclo de desbaste convencional.

Las condiciones de corte para la herramienta elegida son:

$$V_c = 400 \frac{\text{m}}{\text{min}} \Rightarrow N = \frac{1000V_c}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 400}{\pi \cdot 40} = 3183 \text{ rpm}, \quad a_z = 0,25 \frac{\text{mm}}{\text{diente}}, \quad v_a = a_z \cdot z \cdot N = 0,25 \cdot 4 \cdot 3183 = 3183 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$



Tras la realización se puede acceder al simulador, cuyo aspecto es:

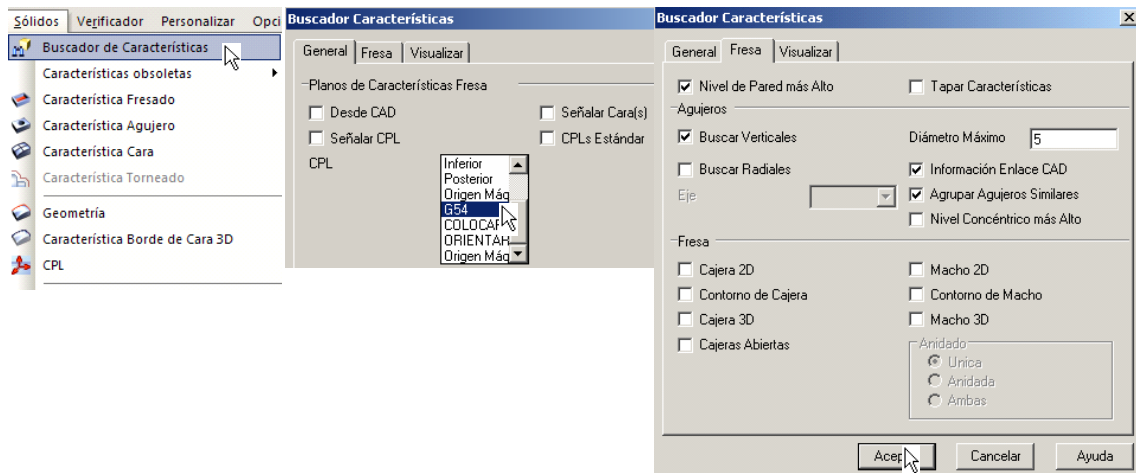


Seguidamente se realizan los agujeros de la base. Esta base puede ser de diferente altura (se realiza un tronchado posterior en el torno) entre 6 y 15 mm, por lo que se taladrará hasta una profundidad de 20 mm considerando la punta de la broca.

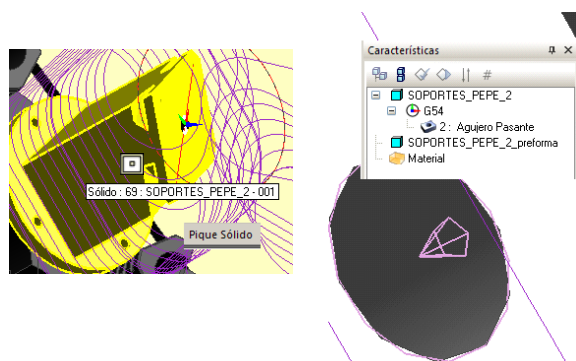
Como no se han detectado los agujeros como características se regresa al modo diseño para realizarlo. En él se va a la búsqueda de características.

Observar que como se sabe la orientación de los agujeros (su eje) respecto el CPL, se elige directamente éste en la primera pestaña. Después se coloca la pared al nivel más alto y un diámetro de 5 (son de 4). También se agrupan los agujeros para posteriormente seleccionar todos con un único clic.

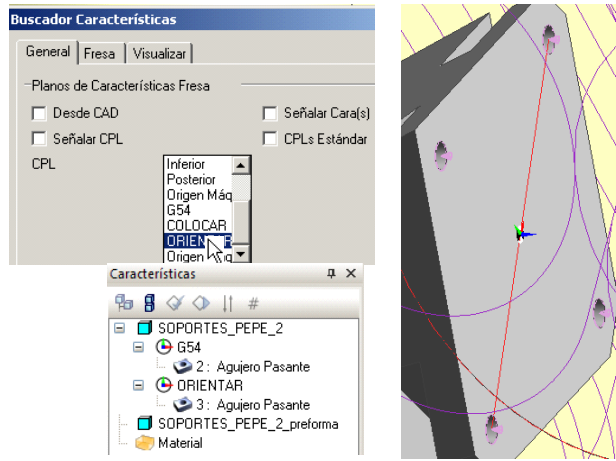
Los agujeros se encuentran 70 mm por debajo del CPL G54.



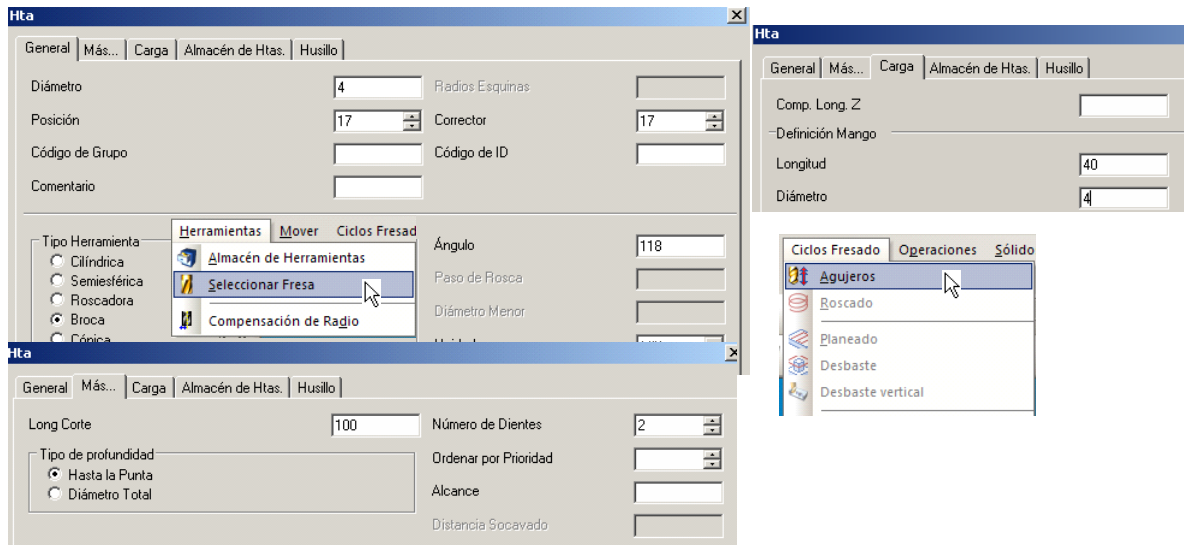
Tras seleccionar el sólido que tiene los agujeros se visualizan con el símbolo correspondiente y aparecen en la pestaña de características.



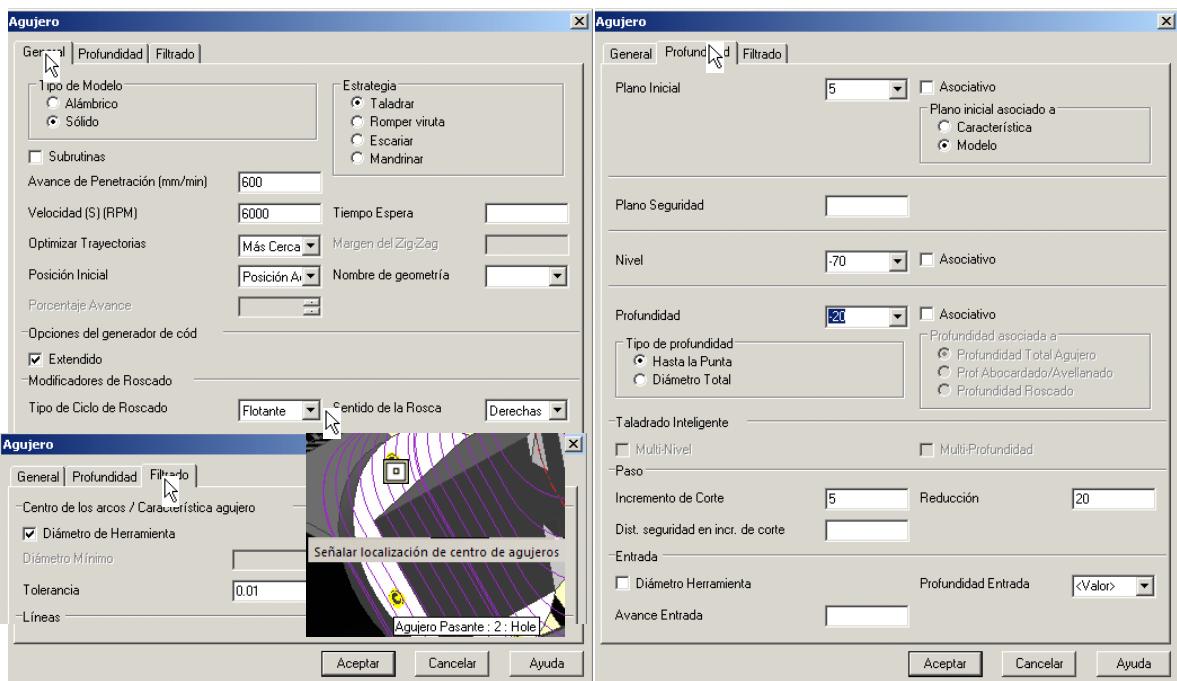
Ya que se está en el entorno diseño también se buscan los agujeros del plano inclinado.



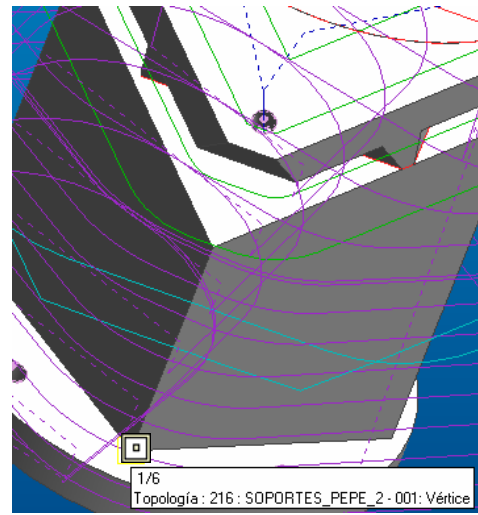
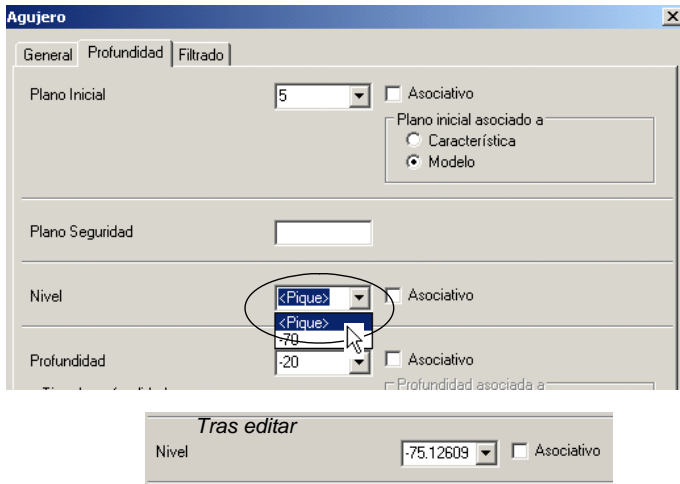
De vuelta al modo mecanizado se elige la nueva herramienta que es una broca y luego se selecciona del ciclo de taladrar.



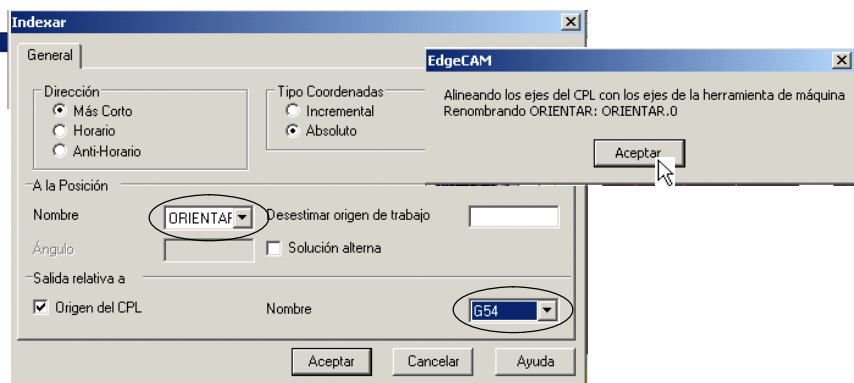
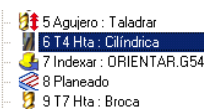
La broca anterior debe ser de serie extralarga o bien disponer de un prolongador que no roce con las paredes de la pieza.



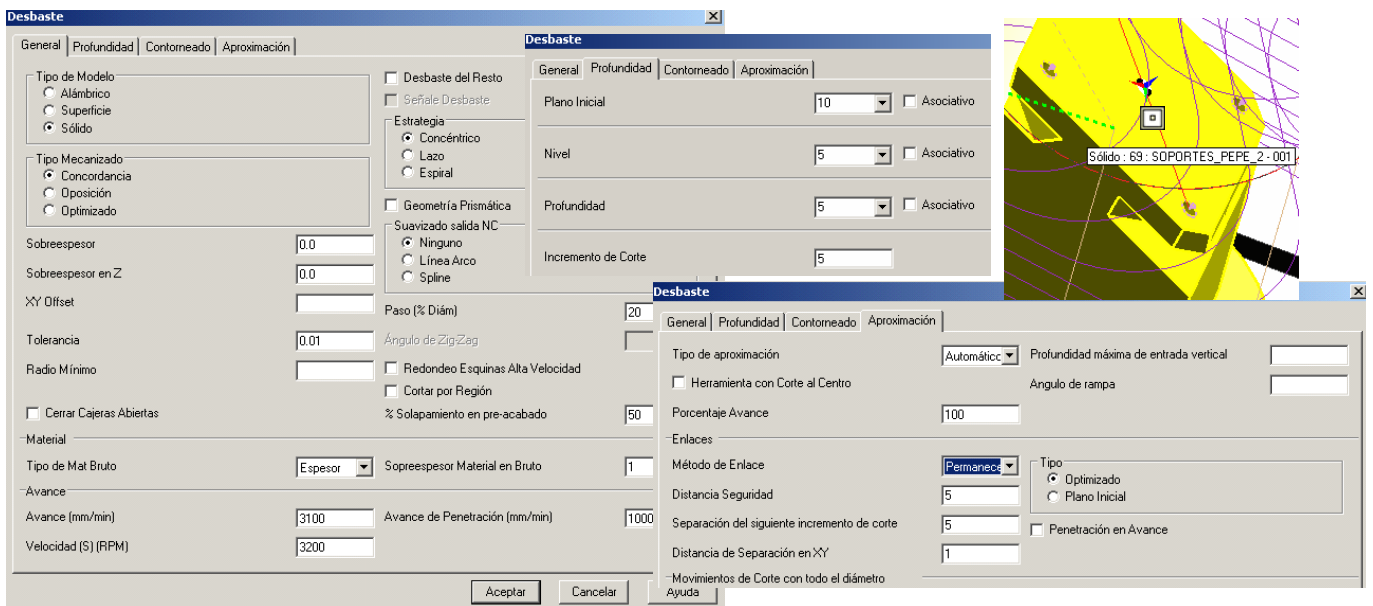
Caso de no conocer algún dato de la pestaña profundidad se puede dejar la opción prevista para picar o clicar sobre un elemento (vértices, por ejemplo) del sólido. Posteriormente se puede volver a editar el comando y corregir la cantidad que se ha obtenido según el margen de seguridad que se desee.



Seguidamente se va a planear la superficie inclinada. Se vuelve a llamar a la herramienta de diámetro 40 mm (T4) y se realiza un indexado al CPL de dicha cara. La salida de CN será respecto del CPL G54 que es el que se ha colocado como referencia en la máquina.

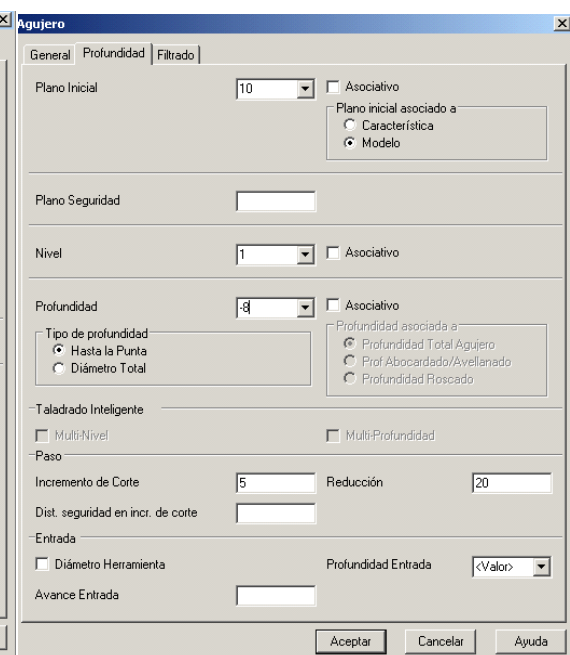
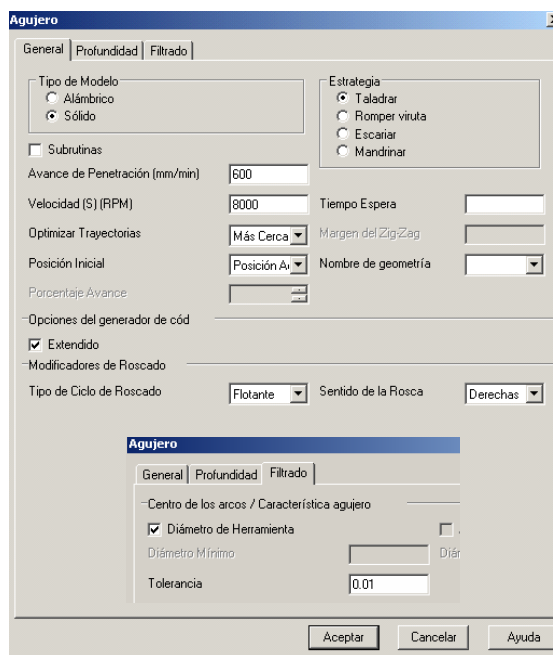
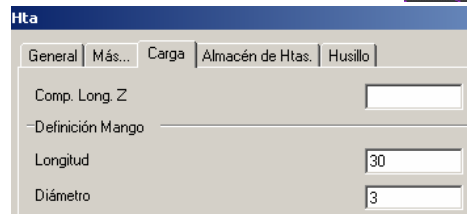
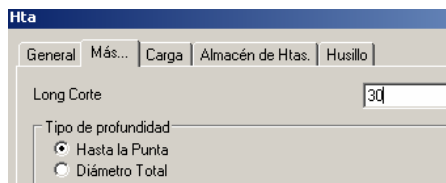
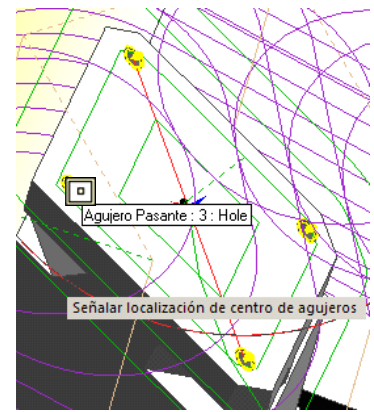
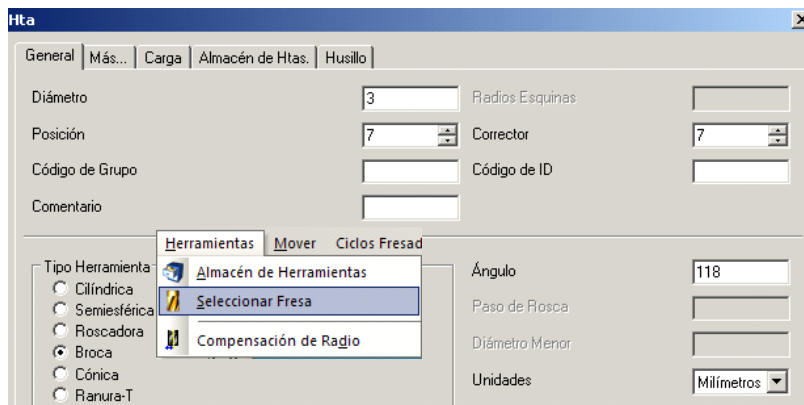


El planeado de la superficie se puede realizar bien con un desbaste o bien con un ciclo de planeado. Para el segundo, al ser un ciclo 2D hay que definir un contorno. Se elige el ciclo de desbaste.

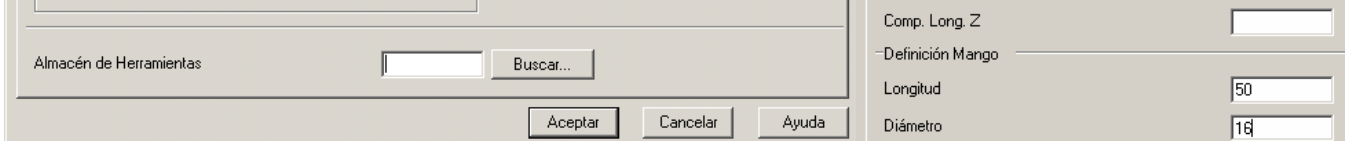
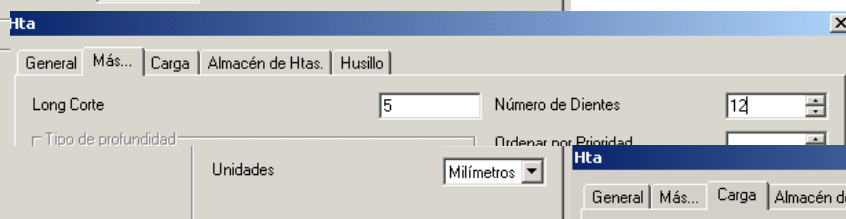
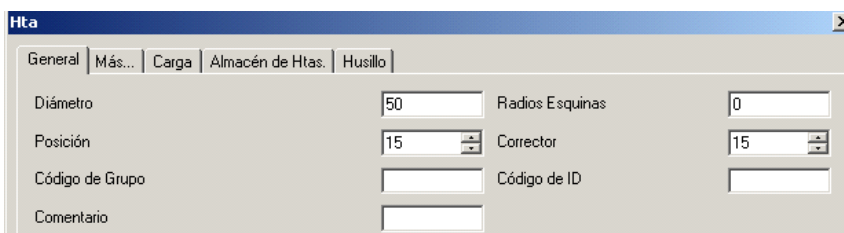


Como material en bruto se ha elegido un espesor alrededor del sólido, lo que es suficiente pues solamente se trata de una pasada para planear. Por esto se eligen los mismos datos para nivel y profundidad así como incremento de corte.

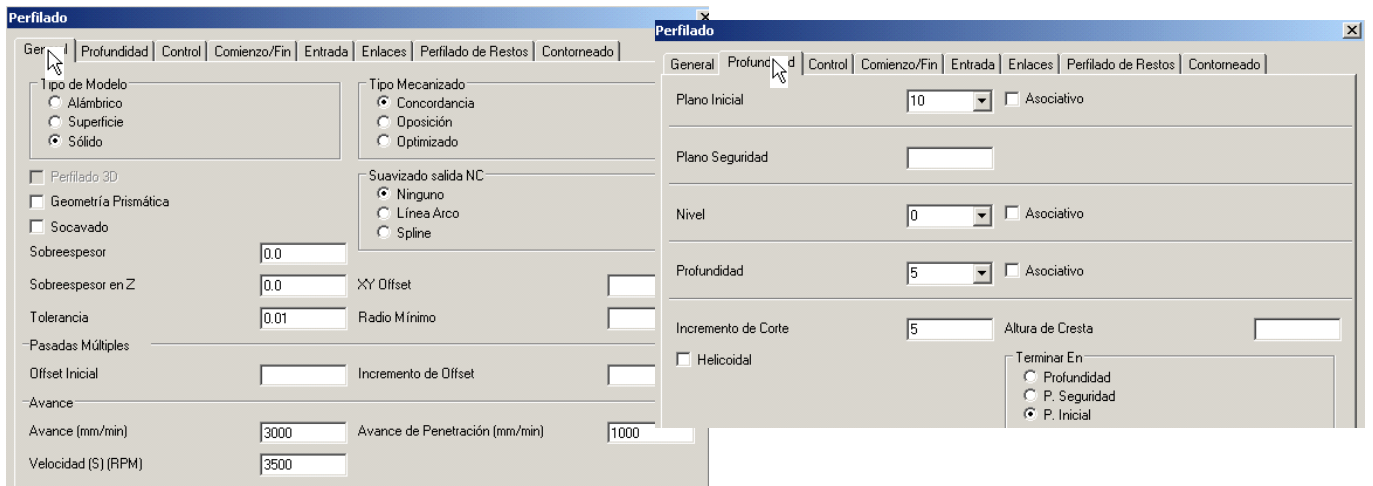
Ahora se elige una nueva broca de 3 mm y se realiza un ciclo de taladrado para los agujeros superiores.



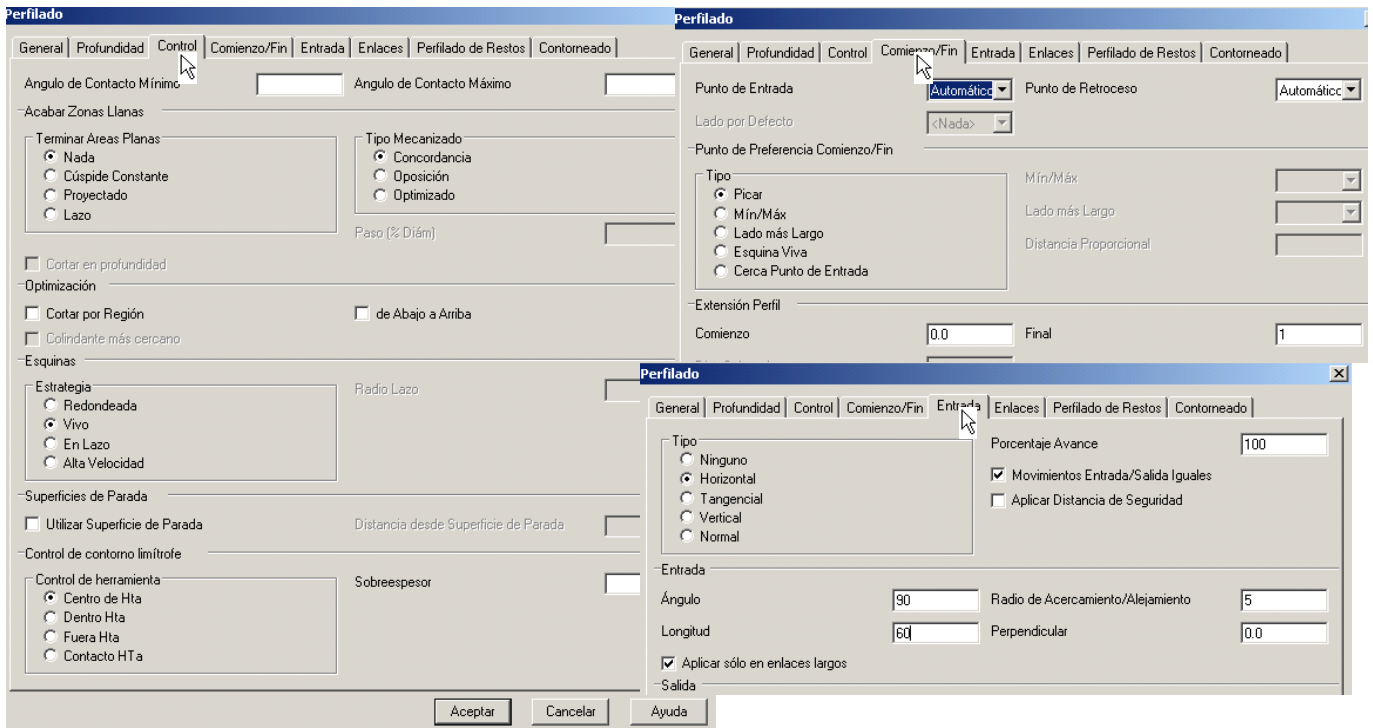
Para terminar se selecciona una herramienta de ranurar en T



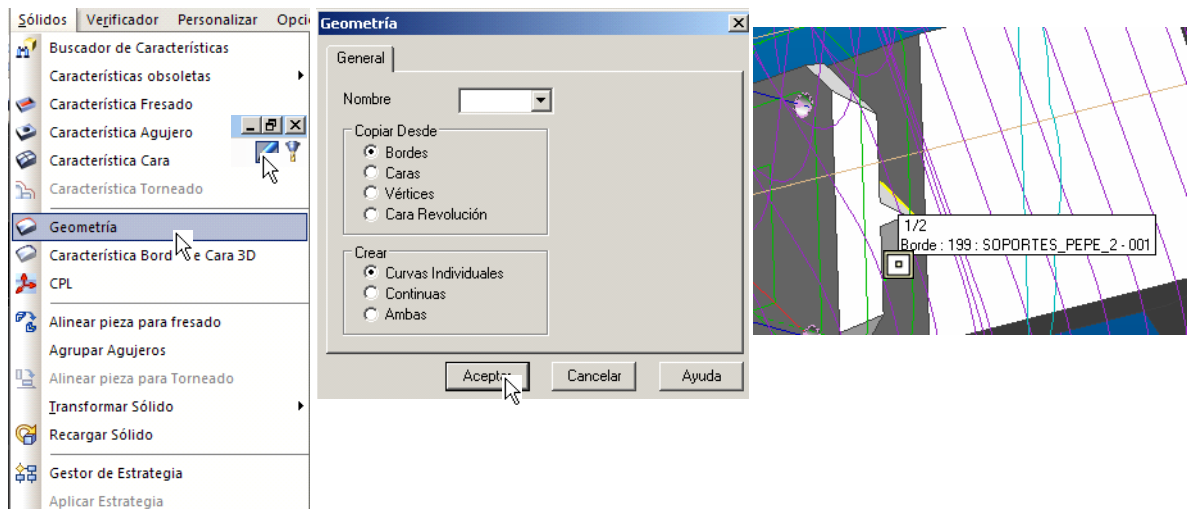
Y con ella se realizan dos ciclos de perfilado, el primero para repasar las esquinas y el segundo para hacer las ranuras.



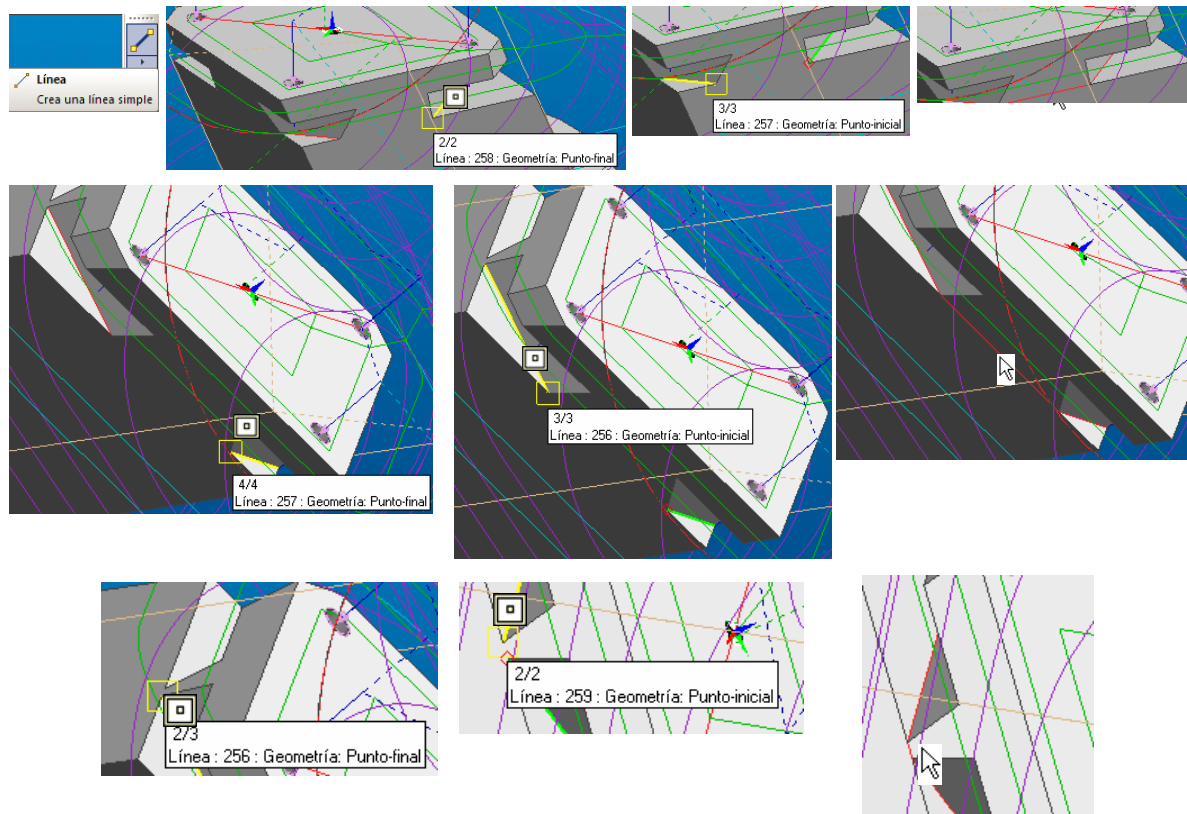
Observa que para que realice cuna sola pasada no está marcado Helicoidal y la profundidad e incremento de corte coinciden (éste último puede ser mayor que la primera, así hace una sola pasada). El Nivel está en 0.



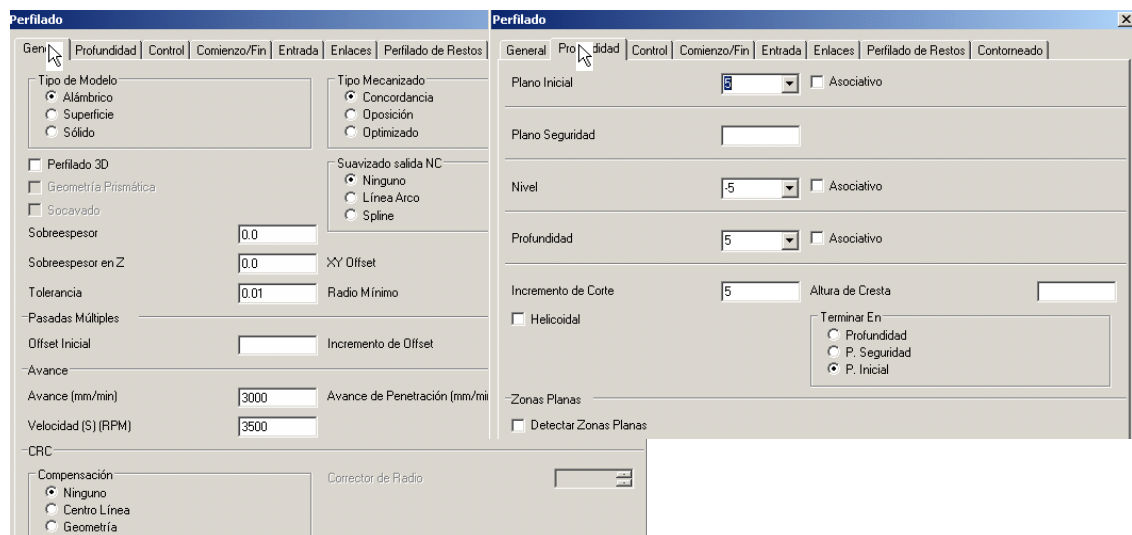
El siguiente perfilado es alámbrico, ya que si se hace en sólido la herramienta no entra al interior y, además, cambia la profundidad. El modelo de alambres se obtiene desde el modo diseño como indica la figura.



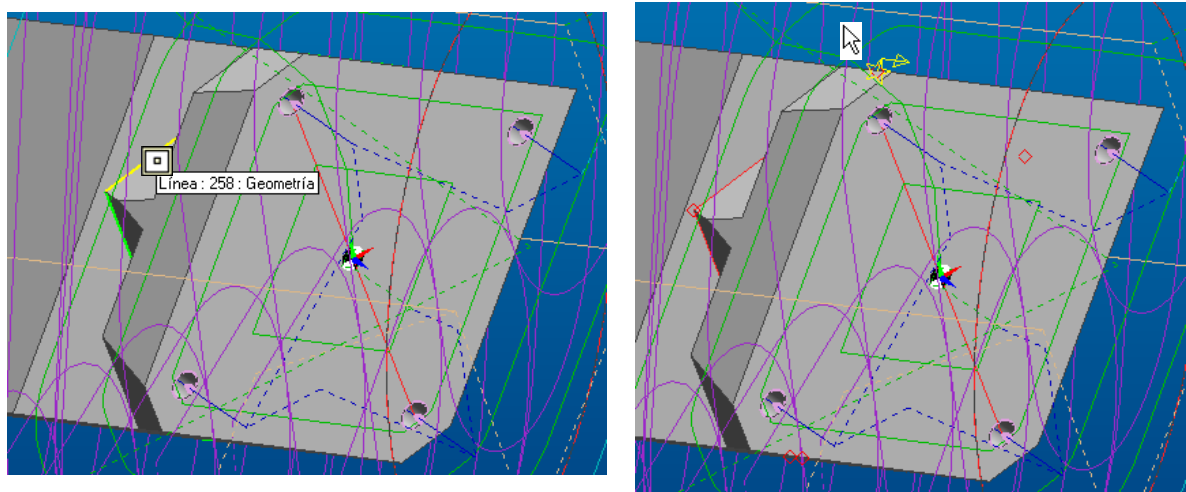
Posteriormente, como el perfil queda abierto, se debe cerrar con tres líneas. Recordar que con el tabulador se cambia la selección de entidades cuando coinciden varias en un mismo lugar.



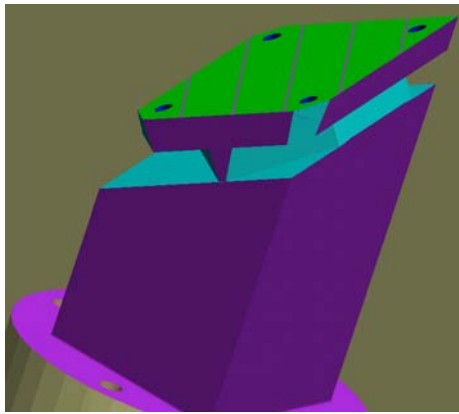
De vuelta al modo mecanizado, ya se hace un perfilado alámbrico.



En el que se eligen como entidades las líneas creadas anteriormente.



Siendo el aspecto de la pieza terminada y simulada el siguiente.



Es de observar las marcas del perfilado inicial. No tienen mayor importancia y no hay que complicarse dejando creces. De hecho, puede interesar que sean mayores para disponer de un plano discontinuo (son preferibles los hoyos que las crestas).

Se termina el programa con un cambio de herramienta, ya que así se asegura, en la FANUC, que la herramienta queda arriba para poder extraer la pieza, sin tener que anular correctores ni poner un punto de alejamiento. En todo caso, si fuera necesario, se añade un movimiento en XY.



OBSERVACIONES

1.- Si la herramienta de desbaste se programa con radio de punta, resulta que la superficie plana final queda con surcos. Para comprenderlo ver las figuras siguientes:

2.- Se puede utilizar el G54 en la base, o sea, sobre la superficie del plato. Así todas las piezas se pueden realizar con el mismo origen.