

CAPITULO 5

CONSTRUCCION Y MONTAJE

La fase de construcción se detalla en el presente capítulo, ha merecido exclusivo cuidado, y no por nada ha sido una de las etapas críticas para la obtención del éxito durante el desarrollo del proyecto, el constante monitoreo de resultados por mas mínimos, ha sido la clave de un proceso correcto durante este punto en la elaboración del prototipo.

Estas etapas incluyen procesos comunes de manufactura, como son el trabajo con acero, que es lo que en el campo se usa frecuentemente, y sobre el cual no hemos tenido ninguna novedad al llevar los procesos normales de manufactura en acero ASTM A36, la ayuda de herramientas comunes de cerrajería han sido suficientes para la obtención de los elementos, en otros casos la necesidad de maquinaria típica de Mecánica Industrial, han sido ocupados para obtener los resultados reportados en estas páginas.

El proceso de construcción de la fibra de carbono ha merecido especial cuidado al ser un proceso novedoso, desconocido para los participantes, y del cual se posee información textual básicamente, y el planteamiento de mejoras en los procesos de manufactura se ha dejado en manos de la experiencia del constructor, factores que han jugado un punto crucial en la obtención de resultados esperados.

La generación del núcleo de Poliuretano se vuelve primordial para una correcta definición de las dimensiones generales, la coordinación y capacitación de los procesos descritos en la fase de diseño, se tomaran como base para la obtención de la estructura sándwich basados en las capacidades de construcción del equipo encargado.

Una vez confirmado la obtención de todos los materiales necesarios para la construcción del soporte, se da el visto bueno al equipo constructor para iniciar las tareas, la obtención de los materiales encargados al exterior han

demostrado sobrepasar los tiempos esperados para su entrega dejando al equipo diseñador, más tiempo para la coordinación de las fases siguientes con lo que se logro un correcto manejo de recursos y un desenvolvimiento correcto de los pasos para la obtención de los resultados descritos.

La apertura de los diferentes equipos de mantenimiento dentro de la base, han logrado el correcto desarrollo del proyecto, al notar lo valioso del proyecto se han apoderado del mismo, con el objetivo común de lograr responder al reto planteado por el equipo diseñador, conversando sobre las propuestas y observaciones que se han tomado en cuenta para una confluencia de habilidades y así superar las limitaciones tecnológicas y de conocimiento que se poseía al iniciar esta fase.

5.1 ANALISIS DE GEOMETRIA

Las formas irregulares del modelo exigen la generación de un bastidor para iniciar con el proceso de construcción, descartando posibilidades analizadas como el generar los elementos por separado y luego unirlos por medio de epóxicos, se ha decidido el proporcionar un núcleo soporte en Poliuretano y capacitar al equipo constructor sobre la manera en que se dispone la estructura sándwich en el modelo, y supervisar los resultados parciales durante esta fase.

La facilidad de poseer una fresadora CNC han favorecido al equipo, para la obtención de medidas optimas, el incursionar e investigar en nuevos procesos de manufactura sobre materiales no habituales en el campo nacional, obliga a una correcta manipulación de los mismos, en especial por los costes elevados de los materiales importados, razón por la cual se ha realizado el correcto cálculo de la cantidad de capas en el Capitulo 4 y ha sido nuestra guía para saber administrar y proveer de material al constructor sin incurrir en el desperdicio del mismo y aun peor en el error de faltante del mismo con lo que se evita la paralización de la obra, se ha asegurado el pedir un pequeño excedente para cubrir posibles fallas durante su construcción.

5.1.1 DEFINICION DE PLANOS DE CONSTRUCCION

El proceso iterativo de obtención de la geometría a finalizado con éxito, el modelo se ha pulido y se ha modificado para adaptarse a las capacidades de construcción, las medidas generales han sido aprobadas y liberadas para su fase de construcción, se ha definido exitosamente un proceso de construcción buscando la simplicidad en su forma y en su método.

Los planos de Construcción se detallan en la sección de Anexos, cabe mencionar en este punto que existen planos de los elementos de construcción común, referente al bastidor, este posee un plano de medidas generales las cuales se entiende se conservaran ya que se suministra un modelo de espuma con las medidas impuestas, conseguido de un proceso de fundición en moldes maquinados en la CNC, por los que los planos se consideran dados por validos sobre las especificaciones en el método de construcción, y las desviaciones logradas en referencia a los planos de medidas generales son reportados en el Capitulo 6.

Para los elementos de fácil construcción se ha procedido a generar planos de construcción de manera habitual, con cotas y medidas en milímetros, sin formato y con vista isométrica, se ha inspeccionado y participado de manera activa en la fabricación de los mismos; estos elementos han sido fabricados con ayuda de una serie de participantes anónimos, los cuales han usado dichos planos y referencias proporcionadas por el equipo para la manufactura de los mismos.

Los planos de despiece sirven de referencia de montaje, completando así la documentación necesaria para iniciar con la construcción, toda la información hasta aquí obtenida servirá como guía para capacitar sobre los procesos de manufactura a las partes responsables de cada elemento, y se ha procurado llevar la mayor cantidad de inspecciones con el fin de que los planos se interpreten de la mejor manera y que los resultados se ajusten a los parámetros impuestos en la documentación proporcionada.

Los planos de Construcción forman parte del material desclasificado del proyecto, quedando libre su reproducción total o parcial, existen 0 Revisiones de los mismos por lo tanto cualquier modificación necesaria quedara sujeta a consideración del diseñador y no del constructor para obtener resultados idóneos.

5.1.2 REQUERIMIENTOS PREVIOS

Los pasos a seguir serian: generar un modelo en 3D del núcleo, y de él partir un sólido a las capacidades de la CNC en moldes, para conformar una matriz hueca, con un orificio de alimentación, asegurando la mejor manera de sellar entre ellos sin que fugue poliuretano por las juntas, asegurando la facilidad de desmolde del núcleo fundido.

Para ello se consigue el modelo en 3D del núcleo, la Figura 5.1 muestra la simulación 3D del núcleo de Poliuretano, el modelo esta dimensionado en escala 1:1, considerando el espesor de la fibra y del material estratificado, sin ninguna tolerancia para evitar errores en el proceso de fresado.

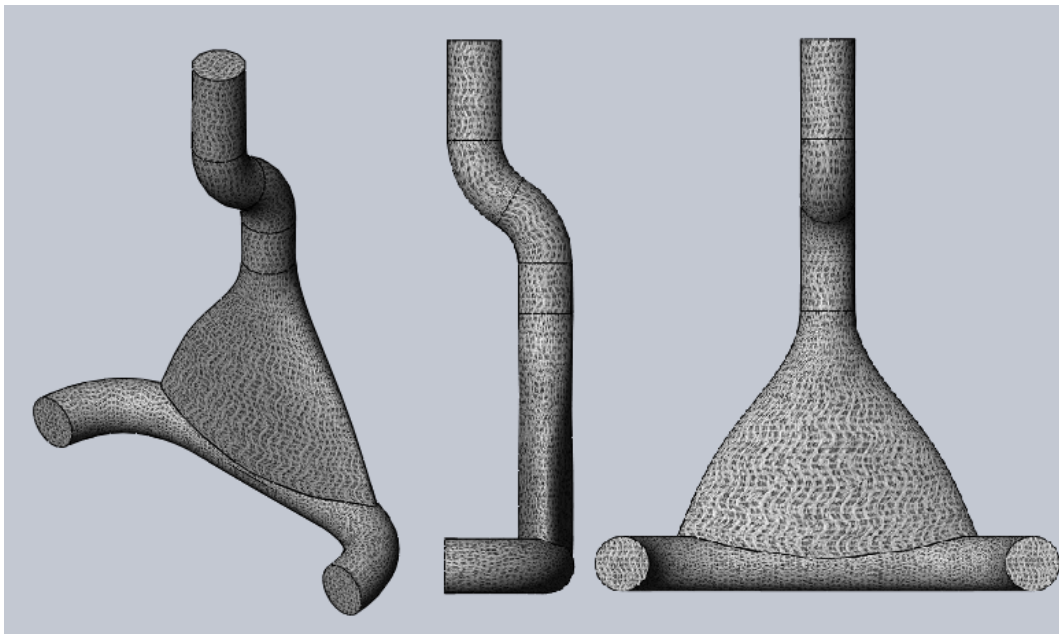


Figura 5.1 Modelo 3D Núcleo de Poliuretano

El modelo muestra el resultado obtenido, tomando en cuenta las correcciones necesarias, en base a este modelo se construirá todos los elementos, un correcto manejo de software de simulación CAM (NX 5.0) se hace necesario, la posibilidad de observar en pantalla el recorrido de la herramienta sobre la pieza se convierte en una herramienta valiosa para no incurrir en errores y detectar a priori posibles fallas en el proceso de fresado CNC.

Considerando la maquina CNC, primero se aseguro la disponibilidad de un interfaz de comunicación entre el software y la maquina, para ello se utilizo un post-procesador para maquinaria FANUC, el cual demostró entenderse bien con la Fresadora CNC marca Fadal disponible en el laboratorio de Maquinas Herramientas de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica del Ejercito ESPE.

Se escogió la Madera como material base para el maquinado de los moldes, a manera de prueba se utilizo madera Triplex en la mayoría de ellos, por el costo y el acabado que presentaría maquinado, y MDF para un molde el cual demostró servir mejor que los moldes de Triplex, sin considerar el incremento del costo por la materia prima.

5.1.3 ADAPTACION DE MODELO A CAPACIDADES DE CONSTRUCCION

Una vez confirmada la comunicación, y verificar que el código G post-procesado es entendido por la maquina, se encontró las limitaciones que tenia en el movimiento de la mesa que contenía la mordaza que sujetaría los moldes, es por ello que se decidió partir los moldes en la disposición mas adecuada, con el fin de obtener elementos ensamblables de tamaños similares, logrando juntas parejas, el cual contendría internamente el vaciado conseguido con la fresadora, y dentro de dicha cavidad fundir el núcleo de poliuretano necesario para imponernos las medidas del soporte, se debe disponer de volumen suficiente para evitar acercarnos inapropiadamente a los bordes del molde durante el maquinado.

La maquinaria CNC disponible se presenta en Figura 5.2, en ella se aprecia el modelo, su controlador, y el interior de la misma, con el fin de entender las limitaciones encontradas de mejor manera, las dimensiones que se detallan provienen de las especificaciones técnicas del producto.

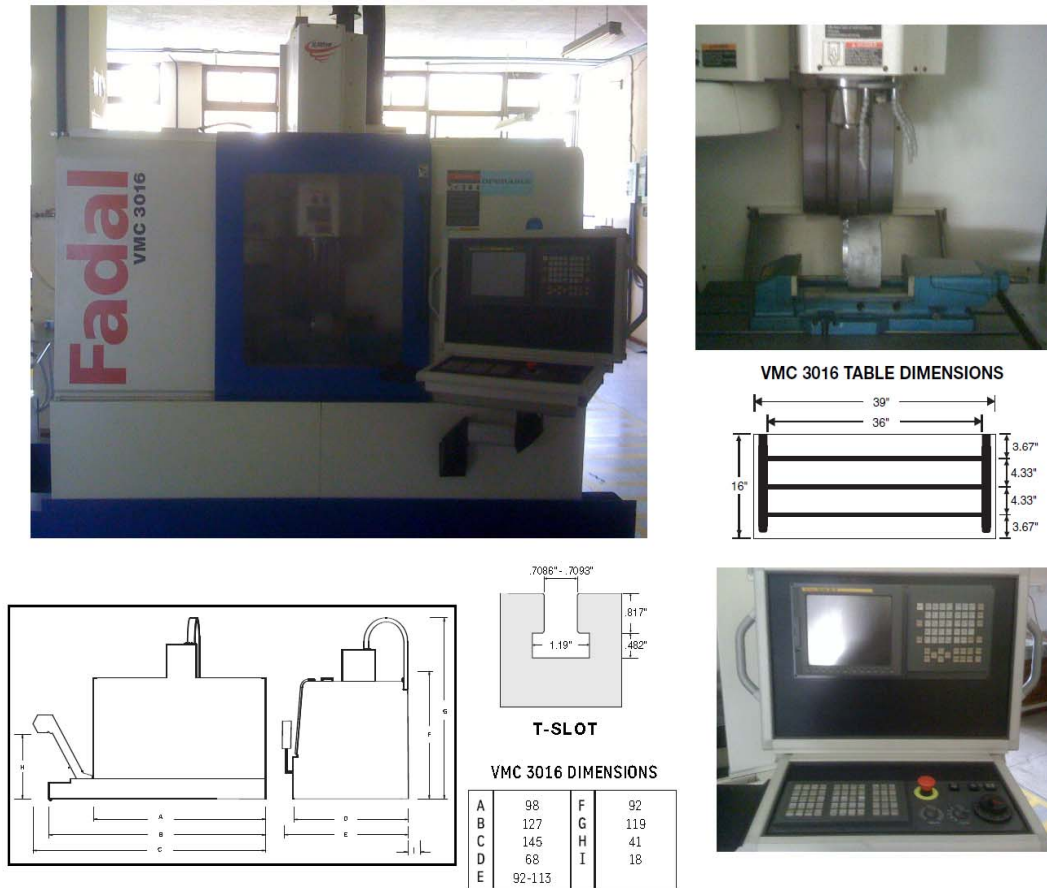


Figura 5.2 Fadal VMC 3016

En la inspección que se realizó a la maquinaria se obtuvieron los siguientes datos que se resumen en la Tabla 5-1, los cuales serán útiles para la toma de decisiones sobre el tamaño y consideraciones de fresado necesarias para su construcción, basándose en las dimensiones máximas de movimiento del cabezal y de la mesa, los demás parámetros servirán de referencia para la alimentación de datos a la simulación CAM que se realizara previo a la operación real de la fresadora.

Tabla 5-1 Fresadora CNC Fadal

FRESADORA CNC FADAL	
Parámetro	Valor
Marca	Fadal
Origen	USA
Año	2006
Modelo	VMC 3016
Tipo	Fresadora Vertical CNC
GENERAL	
Altura Piso-Mesa	32" / 812.8 mm
Peso Maquina	8550 lbs. / 3878 kg
MESA	
Tamaño de la Mesa	39"x16" / 990.6 mmx406.4 mm
Ranuras T (No.xAnchoxFondo)	3x.709"x4.33" / 3x18 mmx110 mm
Taza de Alimentación de Corte (X/Y/Z)	600 ipm Max / 15.24 mpm Max
Taza de Viaje Rápido (X/Y)	900 ipm / 22.86 mpm
Taza de Viaje Rápido (Z)	700 ipm / 17.78 mpm
Máximo peso en la Mesa	2376 lbs. / 1241 kg
Tamaño de Tornillo de Bola (X/Y/Z)	1.57" / 40 mm Diam
Longitudinal (Eje X)	30" / 762 mm
Latitudinal (Eje Y)	16" / 406.4 mm
Vertical (Eje Z)	20" / 508 mm
Distancia Cabezal / Mesa	4" - 24" / 101.6 mm - 609.6 mm
Centro del Cabezal / Guías Columnas	16.1" / 408.94 mm
PRECISION	
Posicionamiento del eje	(+/-) ,0002" / (+/-),0050 mm
Repetitividad del Eje	(+/-),0001" / (+/-),0025 mm
CABEZAL	
Transferencia de Potencia	Automático Mecánico VECTOR 2 vel
Velocidad del Cabezal	10 - 10000 RPM
Orientación del Cabezal	Electromecánico
Tipo de Cabezal	No 40
HERRAMIENTAS	
ATC, Numero de herramientas	21
ATC, Selección de Herramienta	Radom / Bi. Direccional
Máximo Diámetro de Herramienta (Sin herramientas Adyacentes)	3" / 76.2 mm
Máxima Longitud de Herramienta	4.5" / 114.3 mm
Máximo Peso de Herramienta	15 lbs. / 6.8 kg
MOTOR	
Motor del Cabezal	AC, VECTOR
HORSEPOWER	10 HP / 7.5 kW
Torque	70 ft-lb / 95.4 N-m
Motor de Mesa	AC 3800 lbs. / 1724 kg
MISCELANEOS	
Requerimientos de Aire Presurizado	80-120 psi, 15 CFM / 5.5-8.3 Bar, .42 m ³ /min
Requerimiento de Poder (Trifásico)	65 A @ 230 VAC
Poder de Enfriamiento	Cabezal, X,Y,Z Tornillo de Bola

Fuente: Christian León y Alex Vásquez

Según se observa es necesario moldes de tamaños inferiores a la capacidad de la maquina, se definieron como moldes adecuados a los bloques definidos en la Figura 5.3, en ella se muestra la disposición de los moldes a través del núcleo y su respectivas divisiones; con el fin de lograr un ensamble adecuado de los mismo, se han dispuesto perforaciones centradas en las caras opuestas en contacto con el fin del ubicar tarugos que sirvan de guía para el ensamble de ellos previo a la fundición del núcleo de poliuretano en su interior.

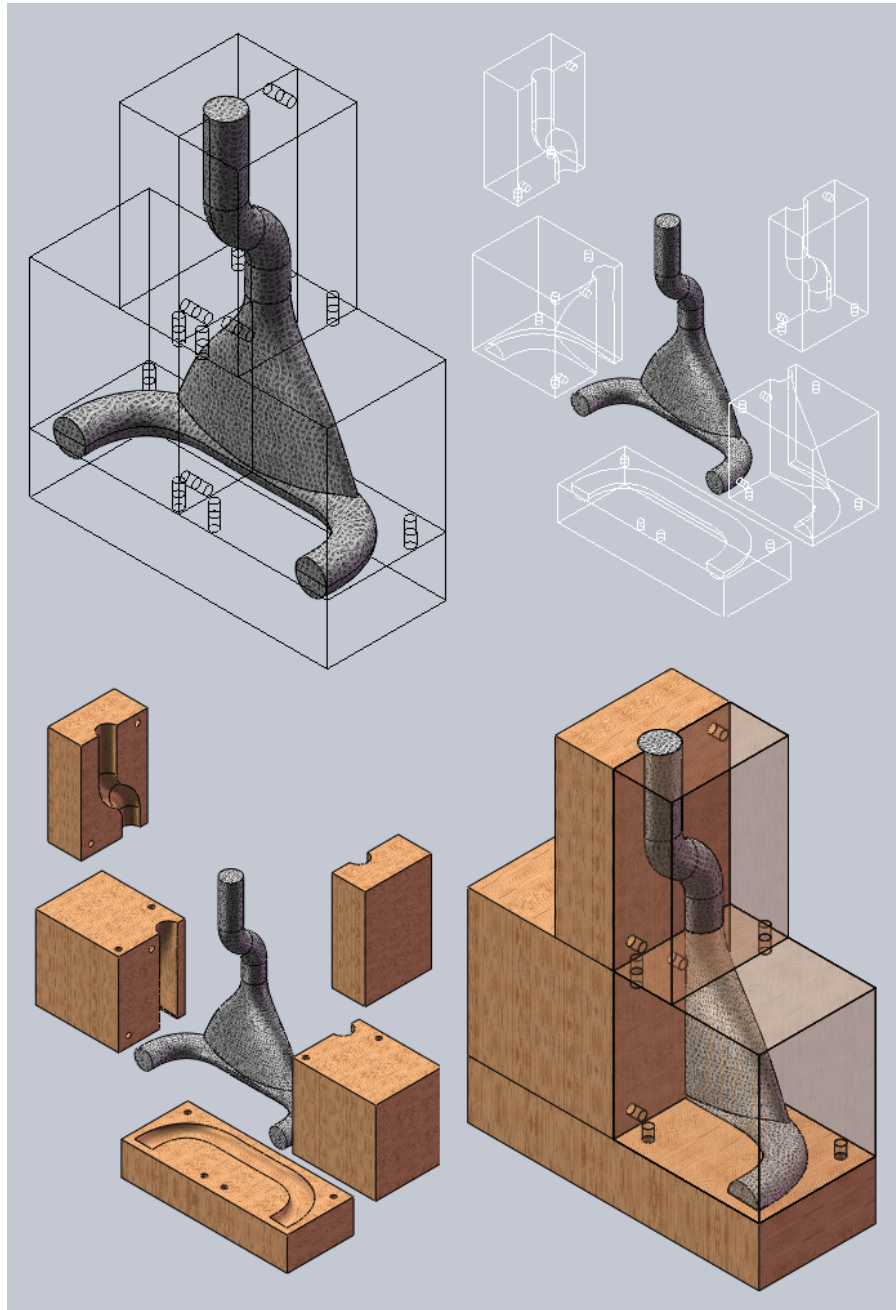


Figura 5.3 Disposición de Moldes en el Modelo

La Tabla 5-2 detalla el tamaño de los moldes escogidos como base para el maquinado en la Fresadora Vertical CNC Fadal VMC 3016, cabe mencionar que 4 de ellos están fabricados en Madera Triplex y que 1 de ellos en MDF con el objetivo de comparar cual de los materiales base presenta mejor acabado y mejores prestaciones.

Tabla 5-2 Dimensiones de Moldes

Materiales						
ORD	Material	Cant	Especificación	Medidas (mm)/ u	Total	
Moldes						
1	MDF	1	Superior	300 x 100 x 200	0,006	m ³
2	Triplex	1	Superior	300 x 100 x 200	0,006	m ³
3	Triplex	2	Medios	250 x 250 x 200	0,025	m ³
4	Triplex	1	Inferior	200 x 100 x 500	0,01	m ³
					0,047	m ³
5	Tarugos	12	Guías	VAR ϕ 15 x 40	0,48	m

Fuente: Christian León y Alex Vásquez

En base a estas dimensiones definidas por la capacidad de construcción de la maquina, se realizaran los maquinados correspondientes, con el fin de obtener la matriz del núcleo deseada, con tolerancias de la propia maquina y considerando apropiado para la aplicación que se busca.

5.1.4 LISTADO DE MATERIALES NECESARIOS

Previo al inicio de la construcción, se debe asegurar la disposición de todos los materiales necesarios para evitar inconvenientes cuando se inicie la construcción, en puntos anteriores se han analizado la necesidad de algunos de ellos, la Tabla 5-3 Resume estas necesidades, e incluye los materiales necesarios para la fabricación de la estructura Sándwich, existen insumos innatos que no se han mencionado pero que se dan por incluidos según los procesos de Manufactura detallados y que no forman parte del producto Final.

Tabla 5-3 Listado de Materiales

Materiales						
ORD	Material	Cant	Especificación	Medidas (mm)/ u	Total	
Moldes						
1	MDF	2	Superiores	300 x 100 x 200	0,012	m ³
2	Triplex	2	Medios	250 x 250 x 200	0,025	m ³
3	Triplex	1	Inferior	200 x 100 x 500	0,01	m ³
					0,047	m ³
4	Tarugos	12	Guías	VAR ϕ 15 x 40	0,48	m
Enganches Frontales						
5	ASTM A36	2	Acople Frontal 1	VAR ϕ 70 x 50	0,1	m
6	ASTM A36	2	Acople Frontal Fijo	VAR ϕ 70 x 5	0,01	m
					0,11	m
7	ASTM A36	2	Acople Frontal 2	VAR ϕ 56 x 10	0,02	m
8	ASTM A36	2	Media Luna 2	VAR ϕ 1" x 15	0,015	m
9	ASTM A36	2	Media Luna Fijo	VAR ϕ 1" x 10	0,01	m
					0,025	m
10	ASTM A36	2	Acople Frontal 2	PLT e 5 30 x 40	0,08	m
11	ASTM A36	2	Acople Frontal 2	PLT e 5 30 x 20	0,04	m
					0,12	m
12	ASTM A36	2	Media Luna Pasador	VAR ϕ 12 x 80	0,16	m
Acople Superior						
13	ASTM A36	1	Acople Frontal 1	VAR ϕ 70 x 50	0,05	m
14	ASTM A36	1	Acople Frontal 2	VAR ϕ 56 x 10	0,01	m
Cuna						
15	ASTM A36	2	Tapas de Rótula	VAR 80 x 80 x 1"	2	in
16	ASTM A36	2	Pasadores	VAR ϕ 12 x 80	0,16	m
Pernos						
17		9	Tapas Acoples	M5 x 1.25 x 20		
18		1	Rótula	M16 x 2 x 80		
Nucleo de Poliuretano						
19	Poliol	1	Poliuretano Comp A	-	0,5	kg
20	Isocianato	1	Poliuretano Comp B	-	0,5	kg
Laminado En Fibra De Carbono						
21	Tela Fibra de Carbono	1	T300	e=1/128" X 3 FT	14	m
22	Honeycomb	1	NOMEX	e=6mm	3	m
23	Resina Laminado	1	APV S1L	-	2	l
24	Resina Adherir Metales	1	ARALDITE 2015	-	2	l

Fuente: Christian León y Alex Vásquez

El proceso de Construcción que se detalla a continuación se basa en la forma idónea de fabricar el soporte, a manera de referencia se menciona que el proceso no consta en orden cronológico, ya que los procesos han tenido que irse realizando según la disponibilidad del material, entendiéndose así que las etapas no pueden cruzarse, sino únicamente adelantarse de ser posible.

Otro punto importante antes de iniciar la descripción del detalle de fabricación, sería destacar los esfuerzos por conseguir la Fibra de Carbono en nuestro país, ya que es un material si poco usado, nulamente conocido, llegando en momentos a decidir fabricar el soporte en Fibra de Vidrio por encontrarnos limitados por este particular, desviando los objetivos planteados del proyecto, pero gracias a la coordinación acertada de los miembros del equipo, aunque se haya atrasado la entrega del material por parte del proveedor, se justifica esta demora por la consecución exitosa de las metas planteadas.

5.2 CONSTRUCCION

A punto con los materiales disponibles se ha procedido a iniciar la fase de construcción, se entiende que los materiales deben ser modificados desde su estado inicial, a un conjunto funcional que prometa cumplir con las definiciones impuestas en la fase de diseño y que procure reportar un método adecuado para la fabricación de elementos en este tipo de materiales, poco comunes en la industria nacional actualmente.

Para el proceso de construcción se ha contado con innumerable apoyo de varios lugares y personas interesadas, motivo que impulsa al equipo a monitorear de manera exhaustiva los diferentes procesos de manufactura que se aplicaran para la obtención de los elementos, los materiales disponibles satisfacen los requerimientos de diseño, con lo cual se da visto bueno al uso de dichos materiales para su aplicación inmediata.

Pero la definición geométrica es solo el principio. La versatilidad de los paquetes informáticos, hizo posible el uso de modelamiento real gracias a la herramienta FADAL disponible, y ver plasmado de manera tangible los esquemas planteados.

Como el proceso se vuelve iterativo la serie CAD → CAE → CAD → CAE ... se realiza de manera conjunta hasta establecer una correcta dimensión,

ergonomía y que cumpla con los requerimientos estáticos y dinámicos determinados en su fase de análisis.

Las capacidades de la maquina definen el corte de los moldes; el plan de producción se establece teniendo en cuenta que la necesidad de exactitud al momento de fresado debe ser <1 mm (Lo cual se satisface por la precisión de la Fresadora). Para centrar los moldes se practicaron taladrados con ayuda de la CNC en las caras en contacto, para ubicar y centrar de manera exacta los moldes.

5.2.1 PREPARACION DE MATERIALES

Listos para empezar se hace imprescindible el transformar ciertos materiales para su posterior maquinado, de entre estos se destacan los moldes de madera, los cuales provienen de una plancha de Triplex al cual se debe cortar y unir por pegamento para su uso como bloques sólidos en el maquinado con la fresadora CNC.



Figura 5.4 Material Base para el Maquinado CNC

La Figura 5.4 Muestra los resultados obtenidos, luego de cortar y pegar las triplex, dejando el camino libre para la ejecución de los proceso CAM necesarios para la obtención de los moldes, la herramienta del cabezal se incluye como verificación de la disponibilidad de la misma.

Se destaca la necesidad de forrar el interior de la maquina CNC con un pastico, ya que la maquinaria esta diseñada para el uso de acero como materia prima, y al usar en madera, se corre el riesgo de tapan filtros, y empolvar mecanismos, razón que nos llevo a cuidar las herramientas para que no conlleve a problemas futuros y acortamientos de mantenimiento en la misma.

La Figura 5.5 muestra el histórico de la realización en el preparado de materiales, en este caso el lacado de las caras internas de los moldes.



Figura 5.5 Lacado de las caras Internas de los Moldes

Como punto extra se incluye la información necesaria para la preparación de materiales que aunque formen parte intrínseca del proceso de construcción, se hacen importantes aunque no necesarias para la obtención de resultados

óptimos, el lacado de los moldes se reporta en este punto, al no ser exclusivamente necesario para un correcto desarrollo del proceso se considero apropiado el preparar el material de esta manera asegurando un acabado correcto de la superficie maquinada.

5.2.2 GENERACION DE CODIGOS G

A manera de tutorial a continuación se detalla el proceso necesario para obtener los códigos G, para ello se ha usado el software NX 5.0 el cual proporciona la facilidad de simular visualmente el código G generado con el fin de observar cualquier error que cometa el software, ya sea por propia compilación, o error humano, lo cual faculta de una gran ayuda para no desperdiciar material.

En la Figura 5.6 se muestra uno de los moldes, en donde se considera la orientación que se toma como referencia para la colocación de los moldes en la entenalla de la Fresadora Vertical Fadal CNC.

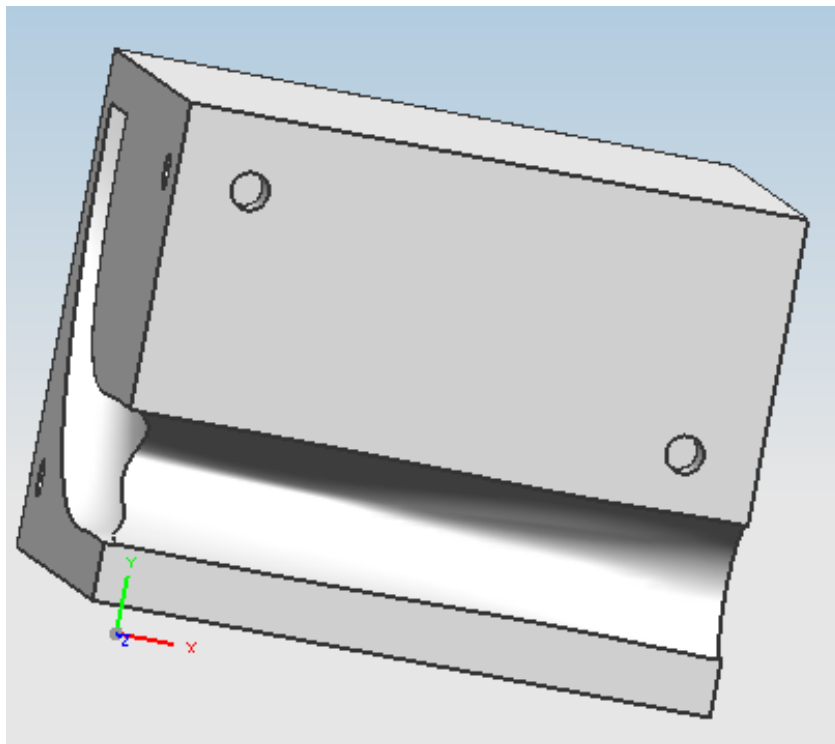
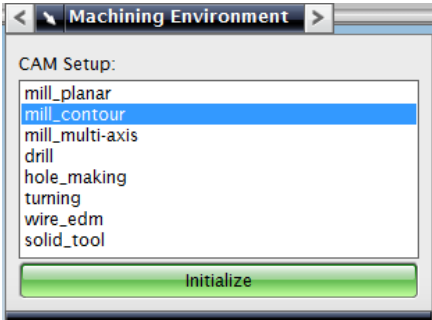
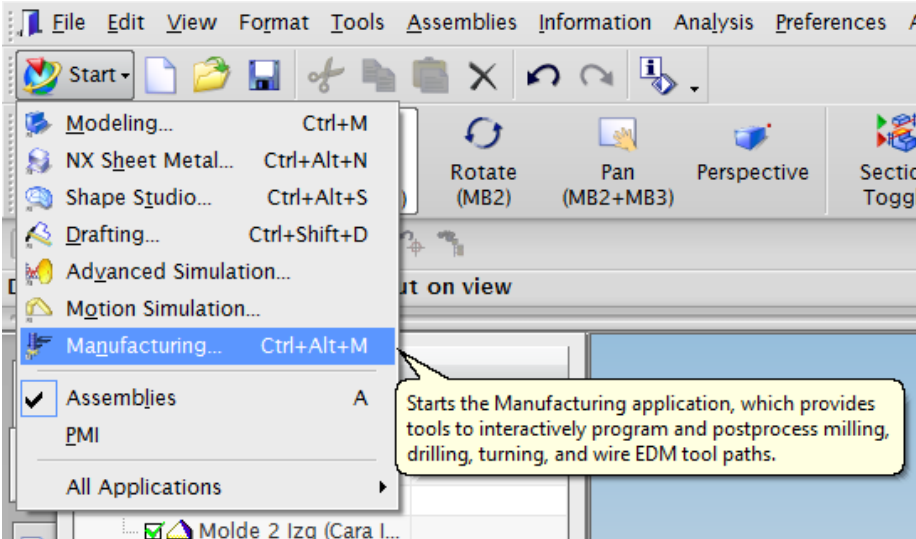
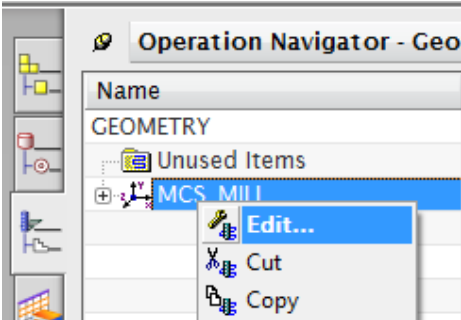


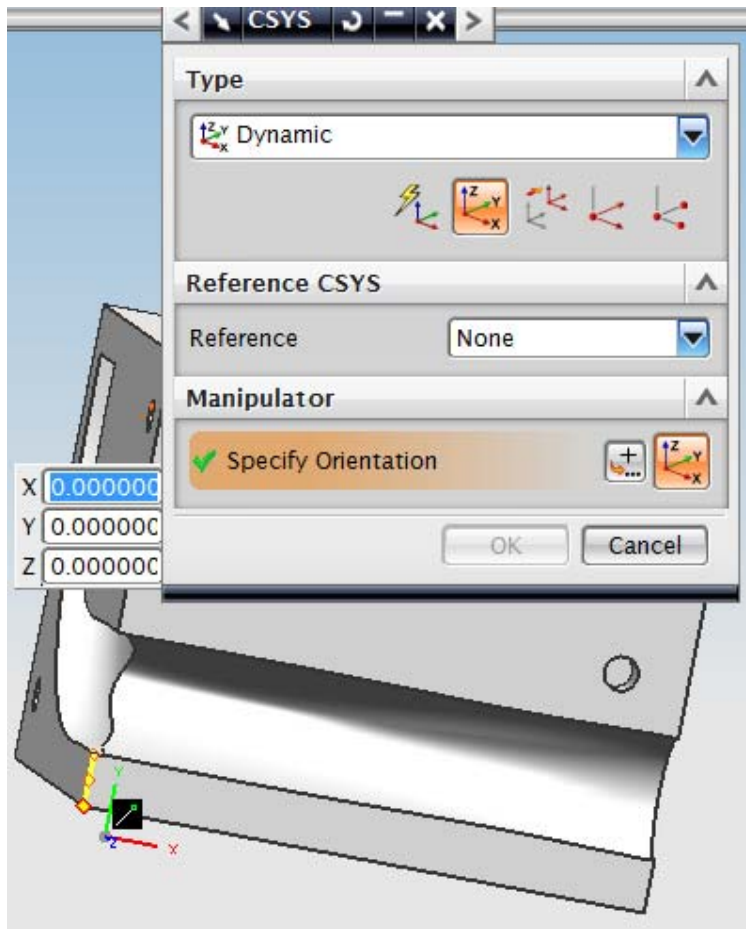
Figura 5.6 Referencia de Molde

Se inicia el proceso seleccionando el modulo CAM del NX 5.0



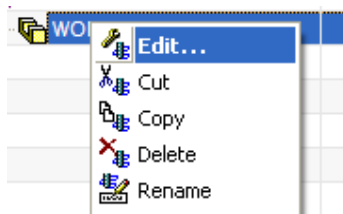
Para Poner el origen:



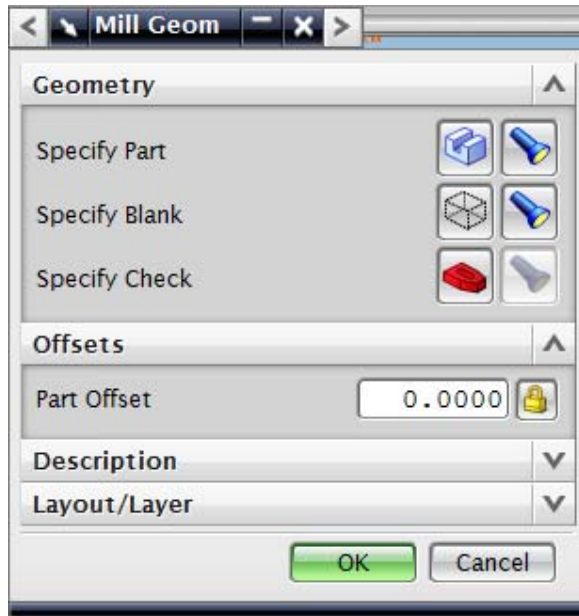


Y se hace clic en ok.

A continuación se edita Workpiece:

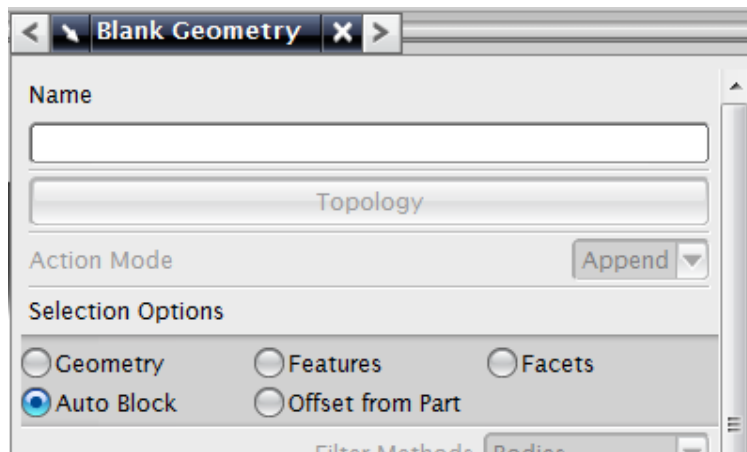


En el siguiente cuadro de dialogo se especifica la pieza (part), la materia prima (Blank) y si es necesario los sujetadores (Check):

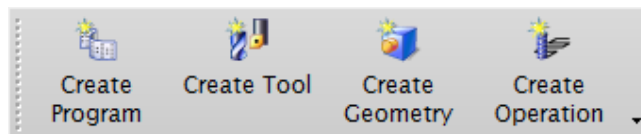


Primero se selecciona la parte en specify part

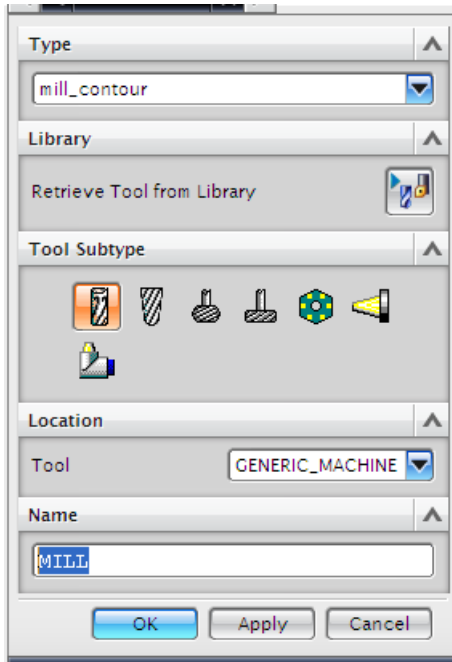
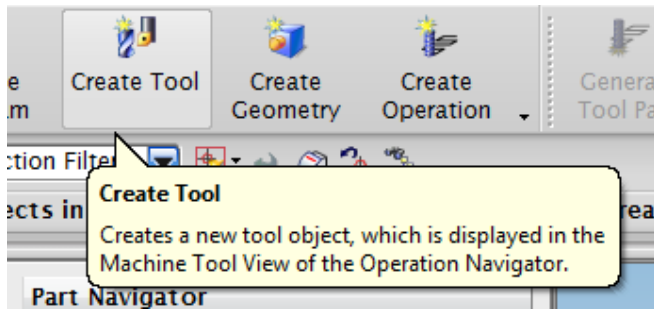
Y luego en specify blank:



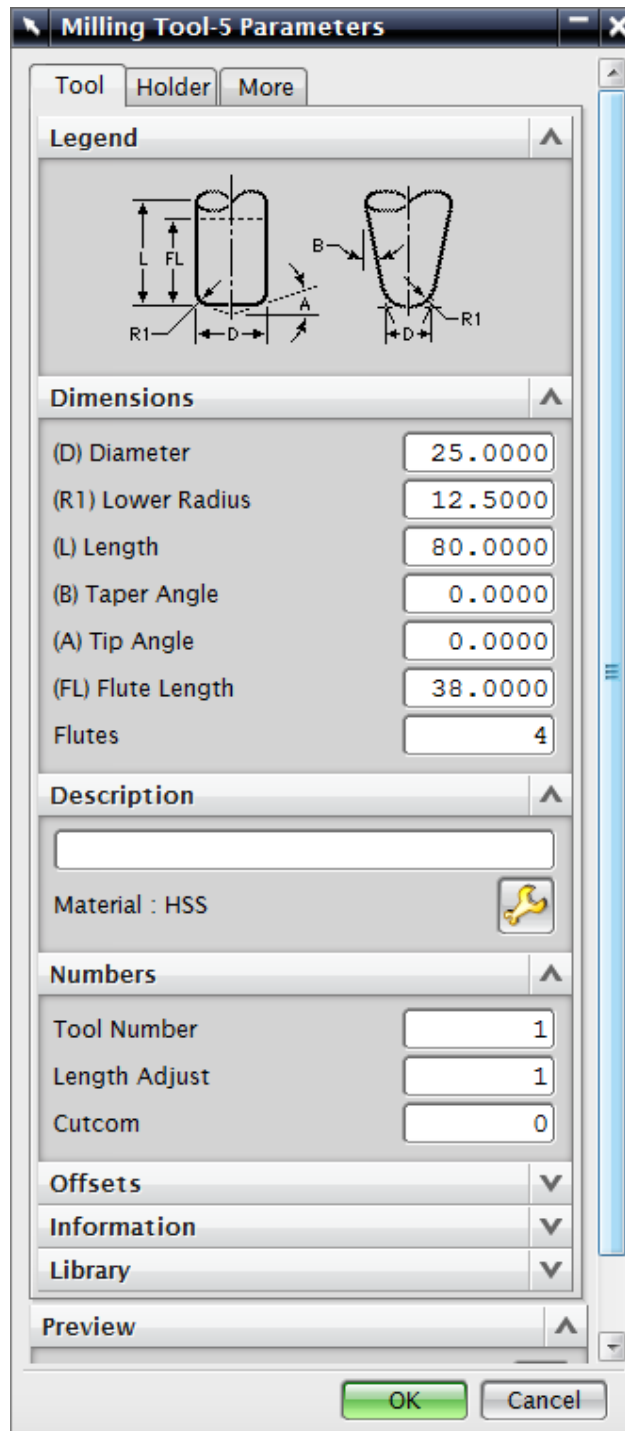
En esta barra:



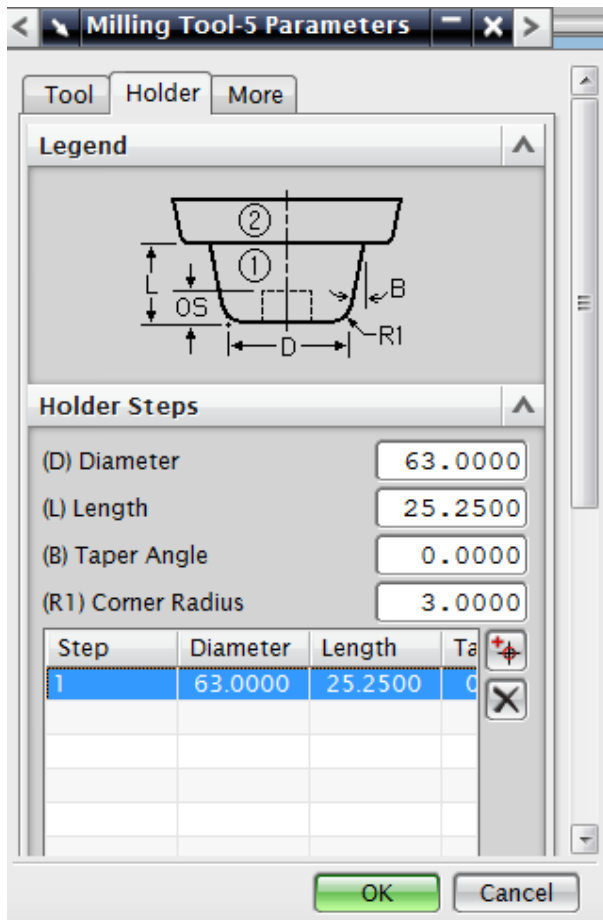
Se selecciona



En el cuadro siguiente se pone los datos de la herramienta cabeza redonda de 25 mm de diámetro que se va a utilizar en la máquina

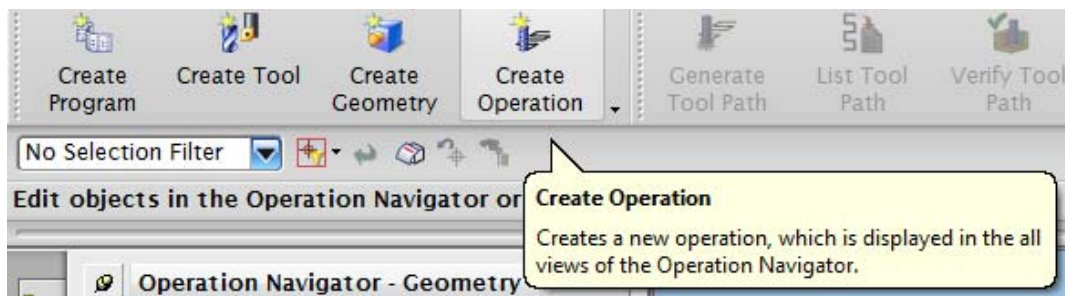


Luego en la pestaña holder, se ponen los datos del sujetador de la herramienta

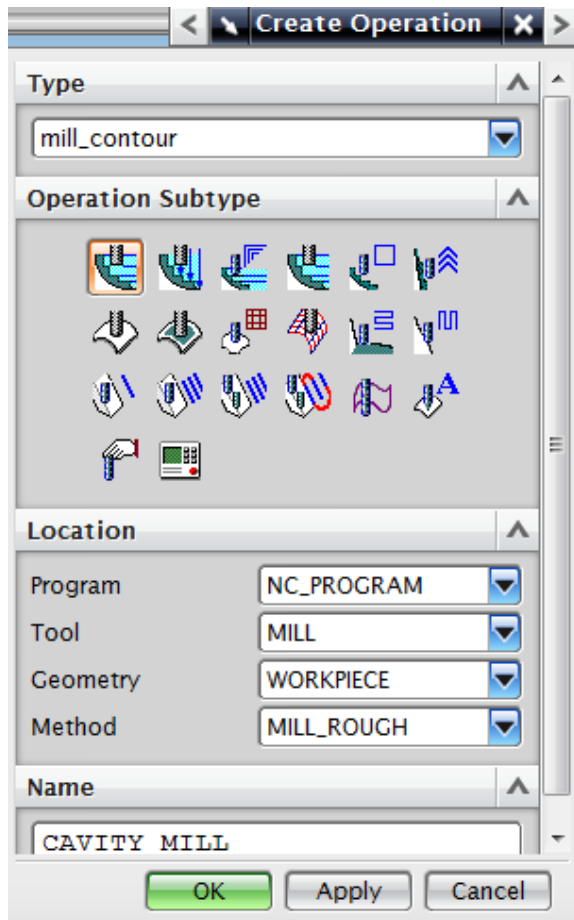


Se pone aceptar para cerrar el cuadro.

En la barra principal se pone crear operación

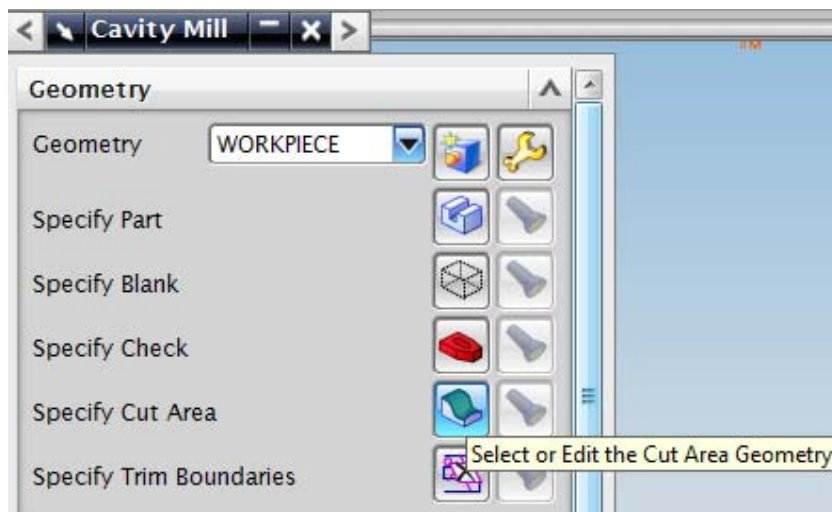


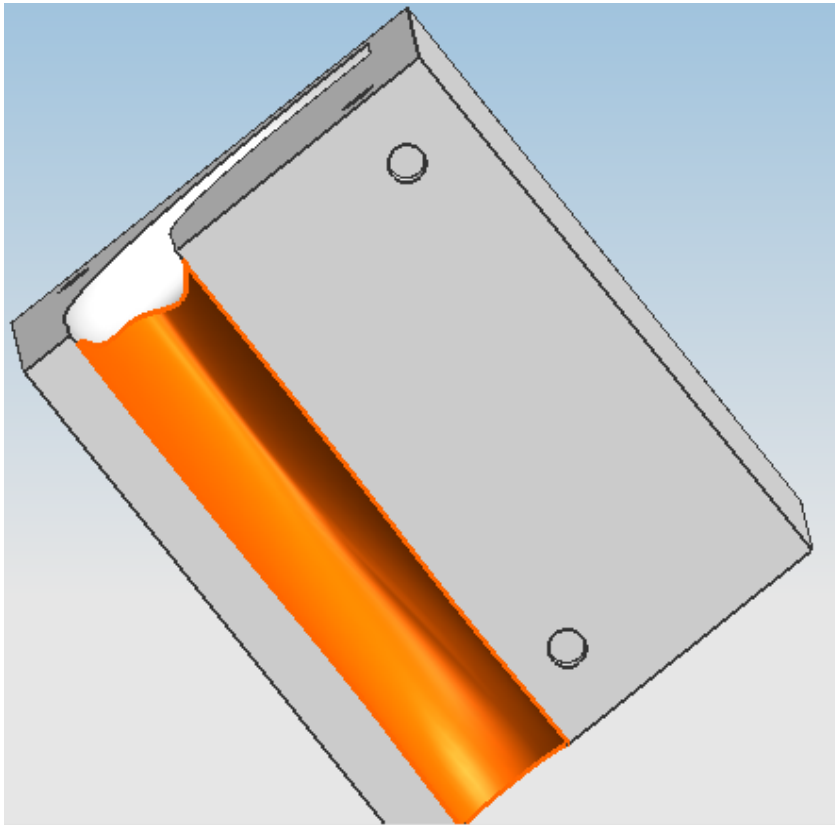
A continuación se crea la operación y se selecciona mil contour, se debe cambiar a lo que está indicado en el correspondiente cuadro de dialogo:



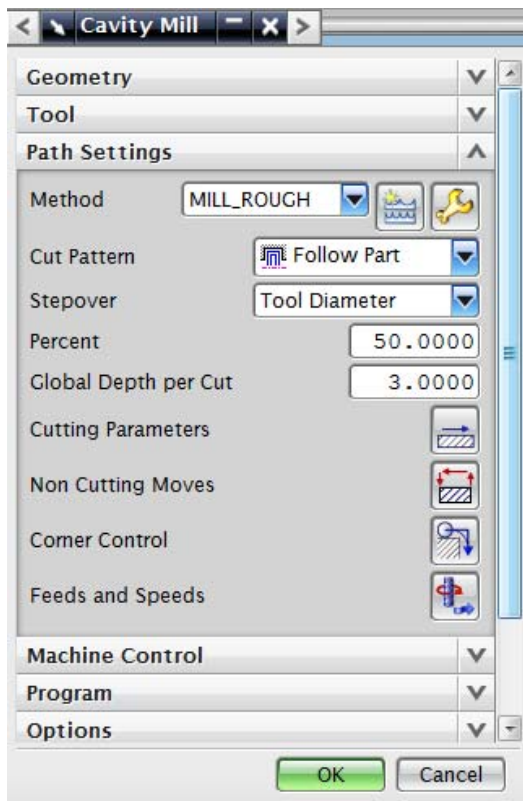
Se pone aceptar y se genera el cuadro de cavity mill

Primero se especifica el área a maquinarse

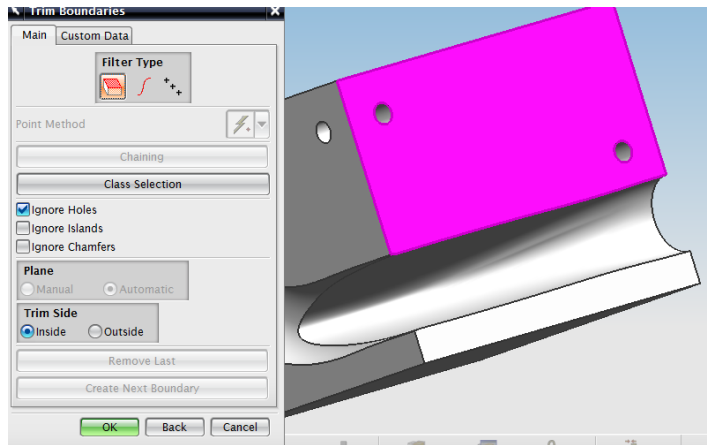




Luego se selecciona la pestaña path settings y se completa los valores:

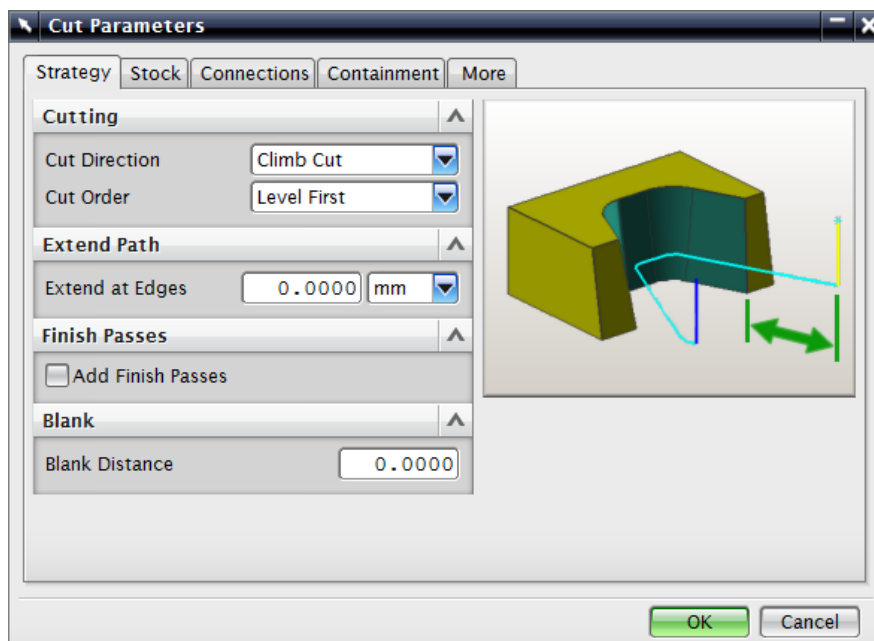
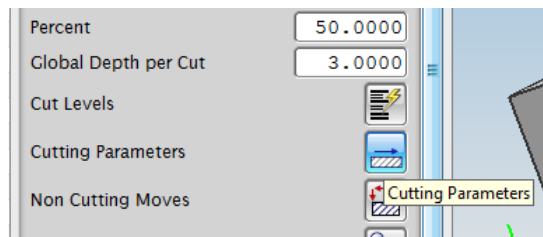


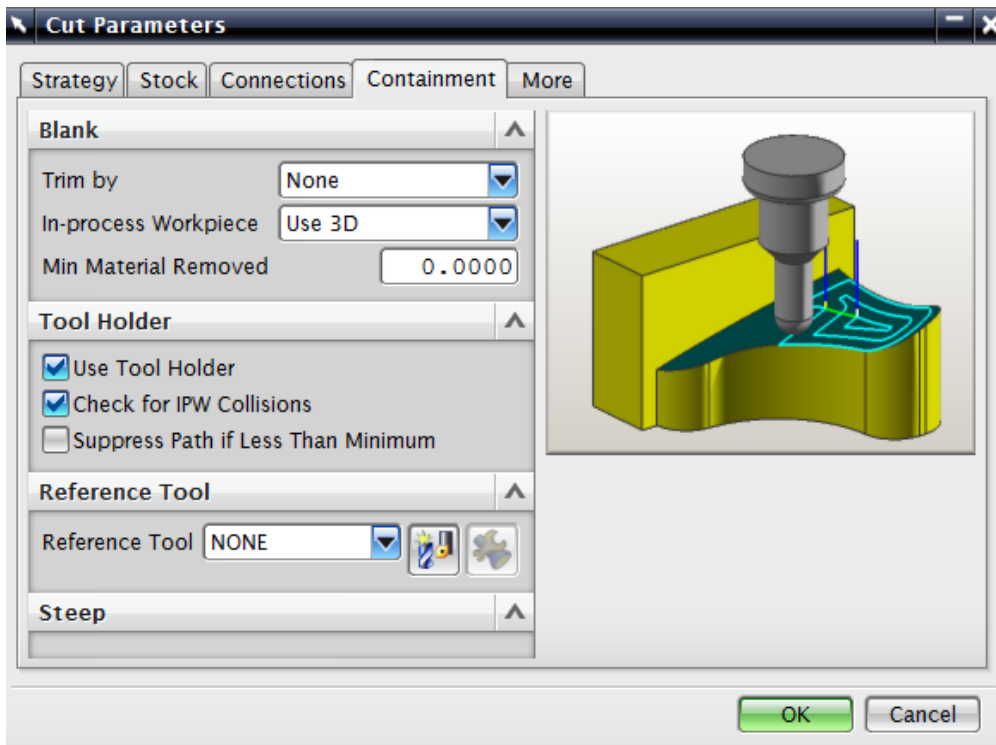
Al final la opción **select trim boundaries** se selecciona el plano que servirá de límite para la herramienta:



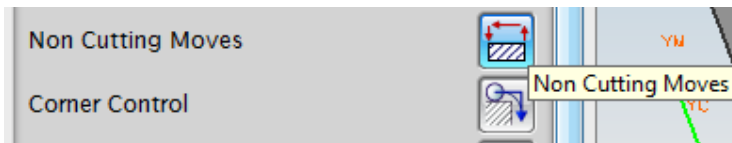
Y se pone aceptar

En la opción cutting parameters:



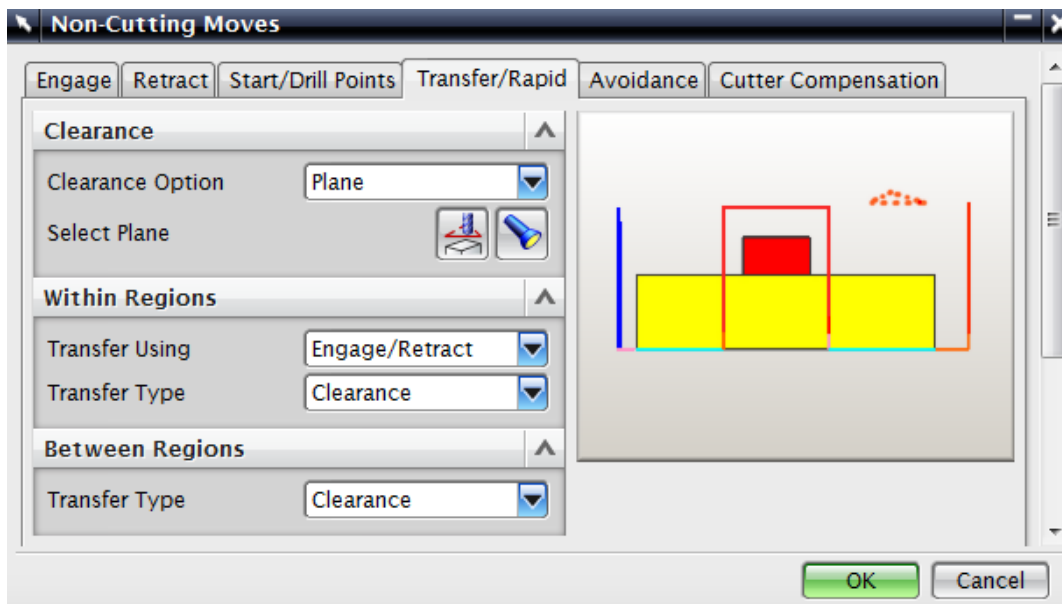


Luego en el cuadro principal se elige non cutting moves:



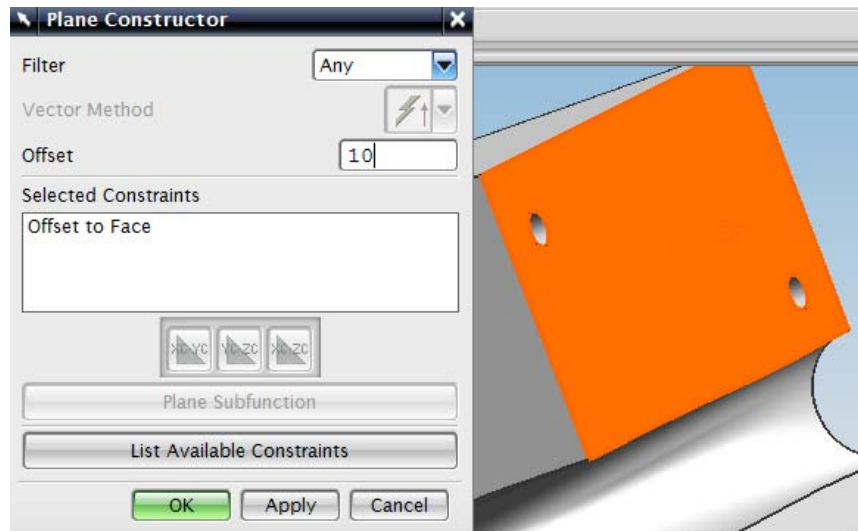
Se selecciona la pestaña transfer rapid:

En clearance option se escoge el elemento a tomar en cuenta para la separación el cual será un plano:



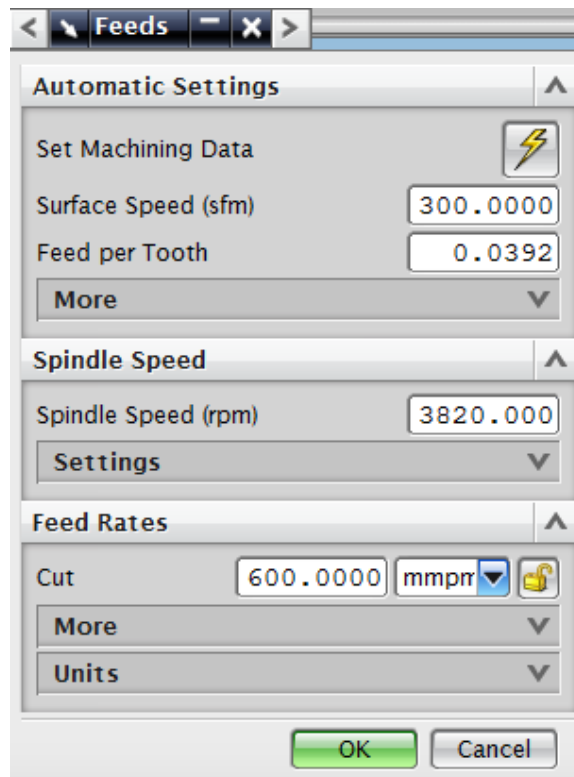
Al escoger plano se despliega el siguiente cuadro:

Donde se escoge el plano a seguir y la distancia que debe guardar al mismo, el cual será de 10 mm.

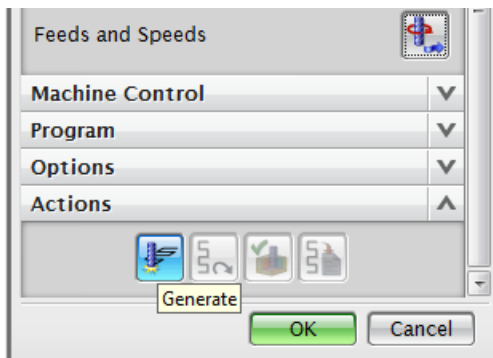


Se acepta el cuadro, y el principal, retornamos al cuadro cavity mill.

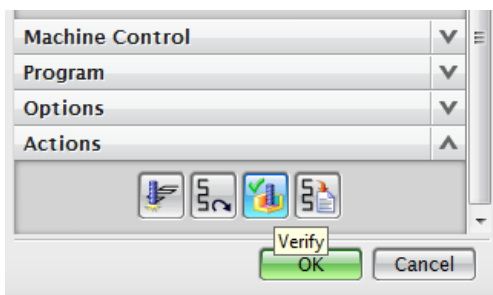
Luego en la opción feeds and speeds se tiene el siguiente cuadro en el cual se introducen los parámetros de corte de acuerdo al material en el cual se va a trabajar:



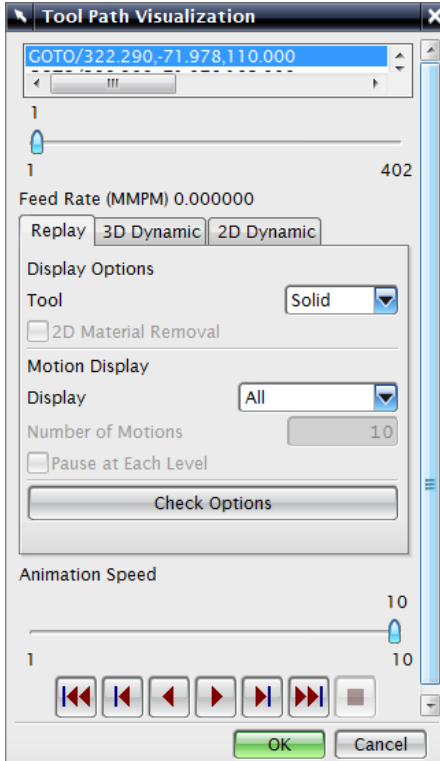
Se selecciona aceptar y regresa al cuadro anterior. Clic en aceptar.



Deben salir advertencias debido a la profundidad del maquinado, pero se pone aceptar ya que luego se maquina el otro lado de este elemento.

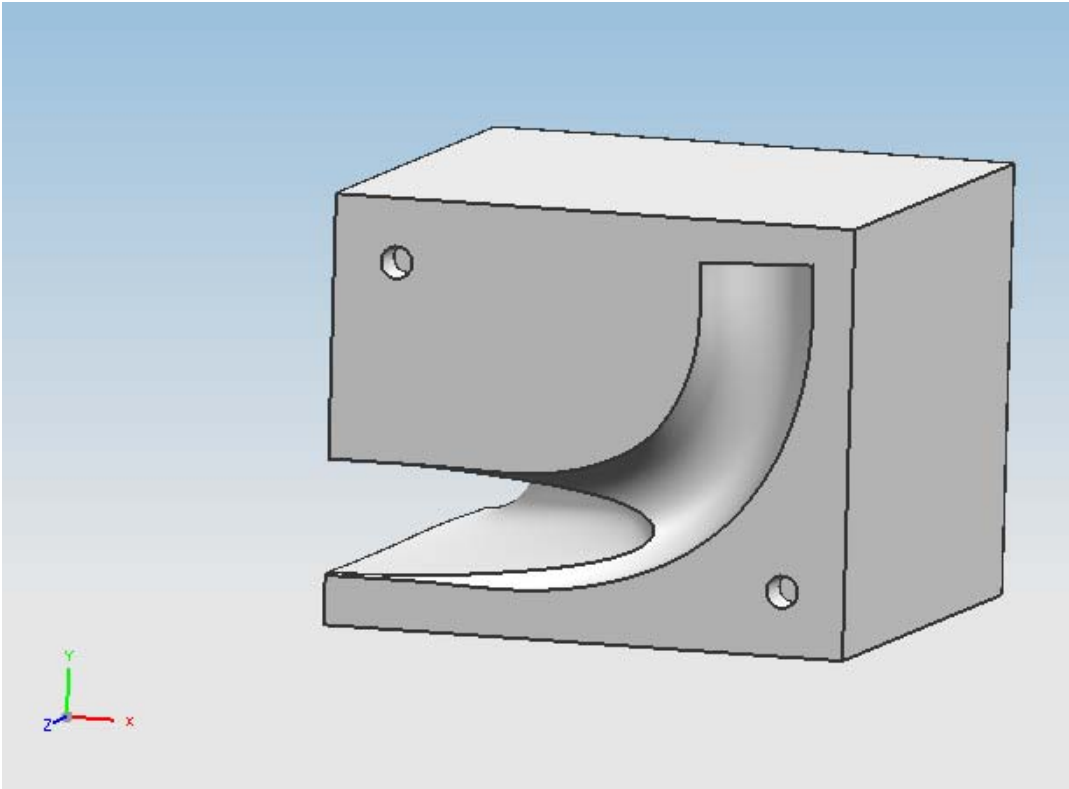


Y aparece el siguiente cuadro:

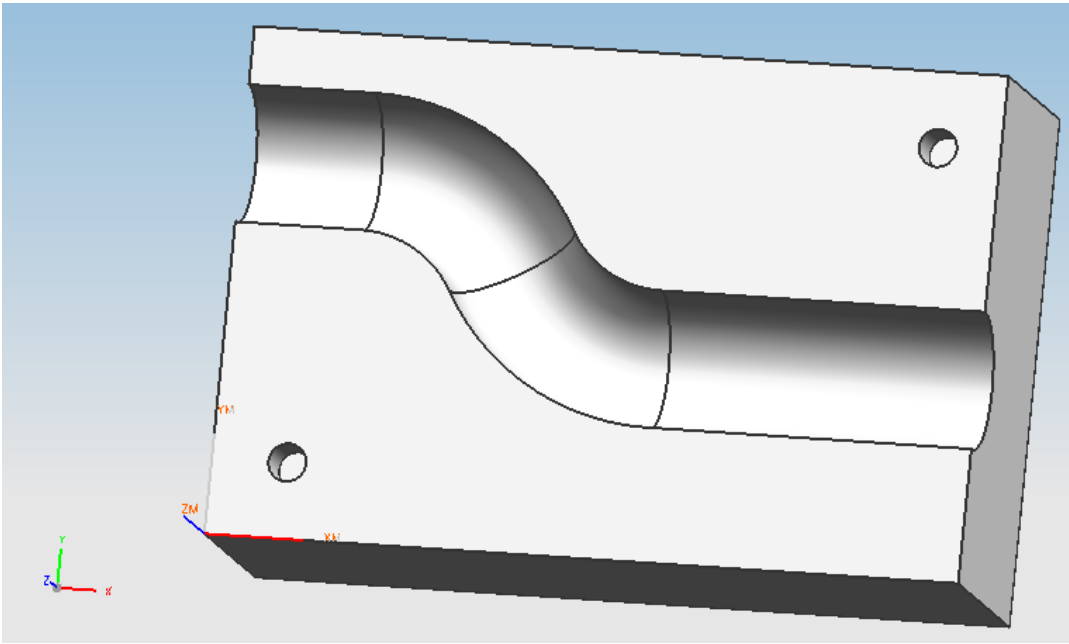


Mediante este se puede simular la operación que se va a realizar, para esto se selecciona la velocidad y se presiona el botón 'play'.

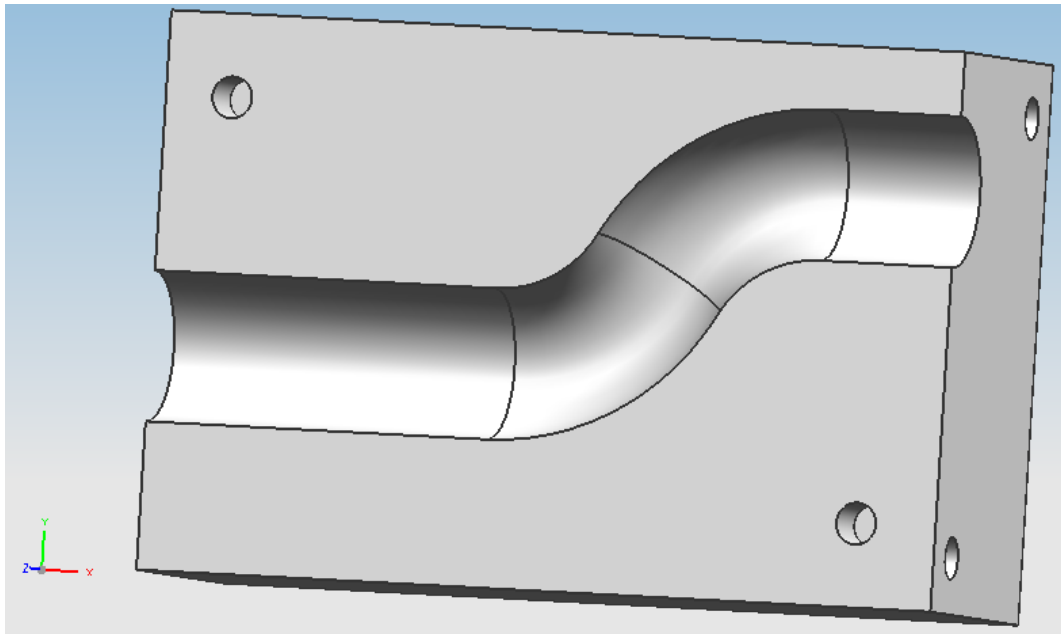
Molde 2 Derecho (Cara Inferior)



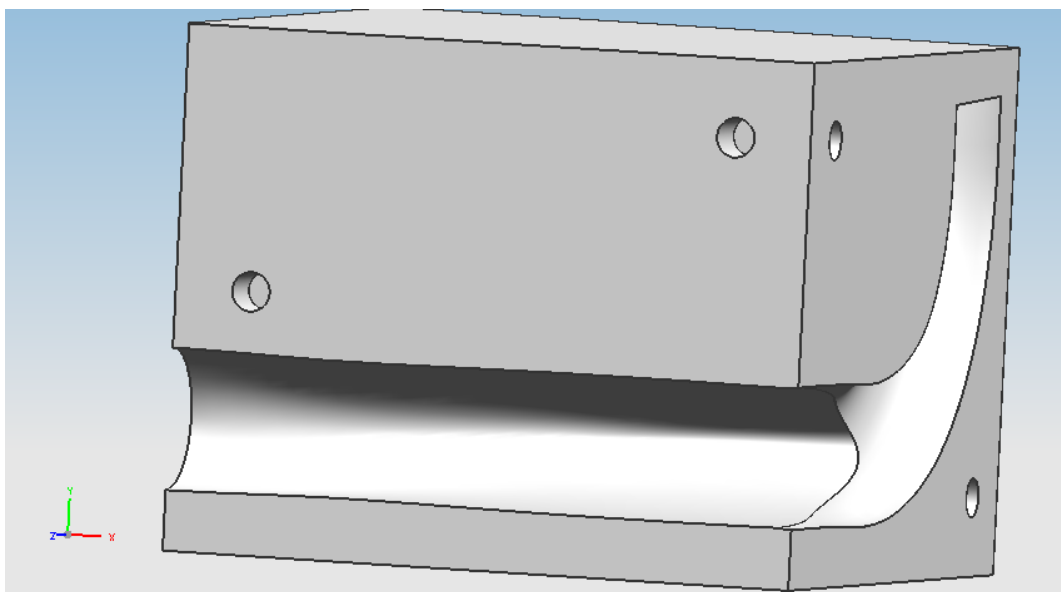
Molde 1 Derecha



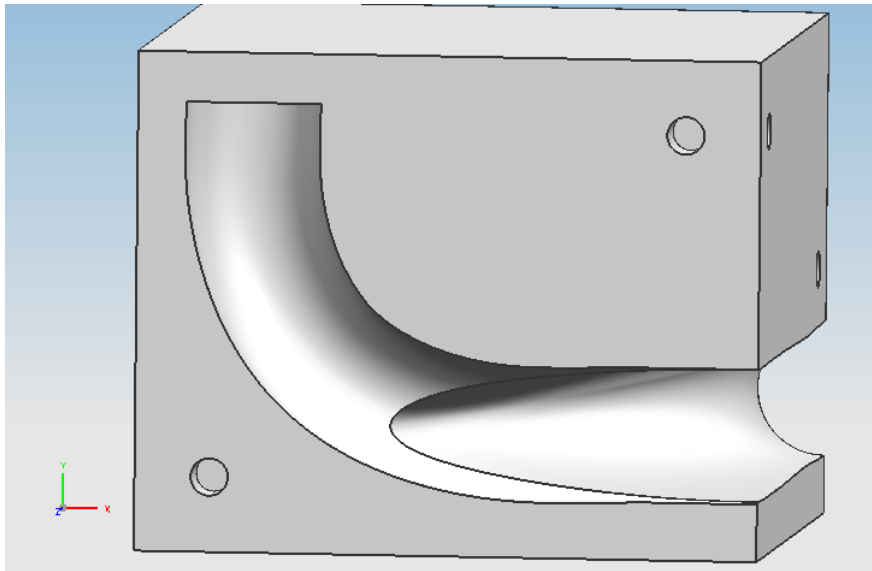
Molde 1 Izquierda



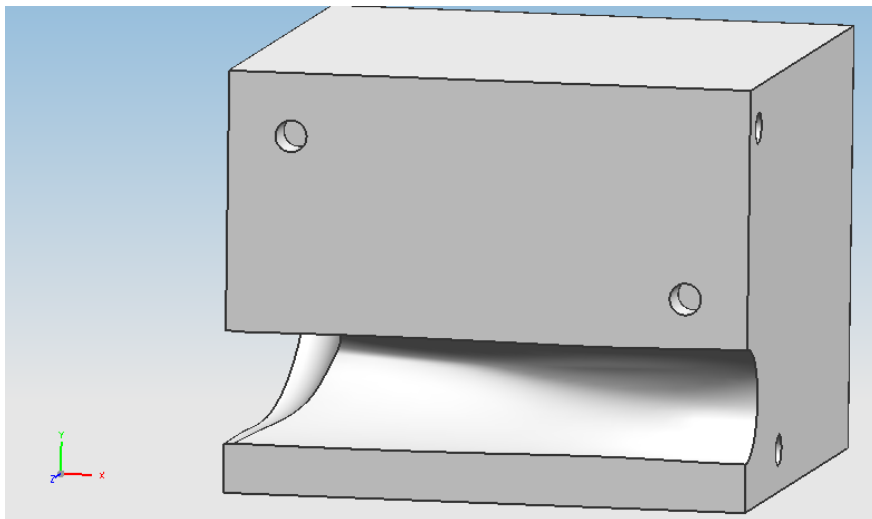
Molde 2 Derecho Cara Interna



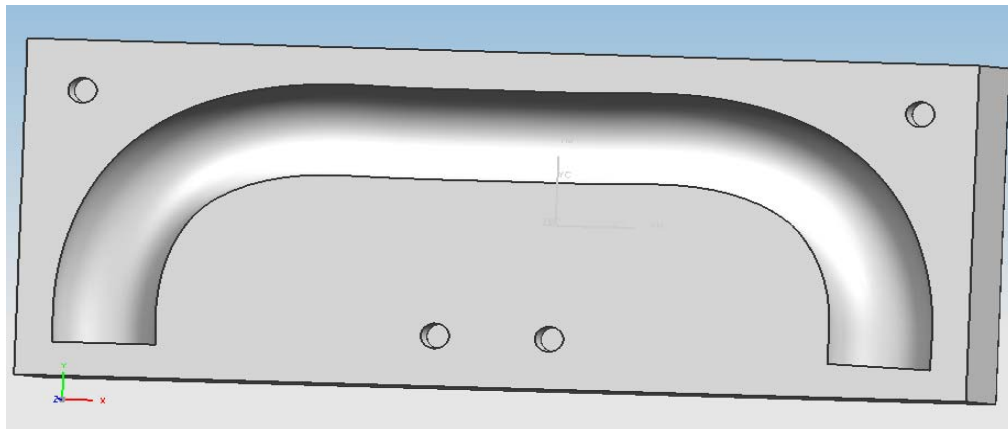
Molde 2 Izquierdo Cara Inferior



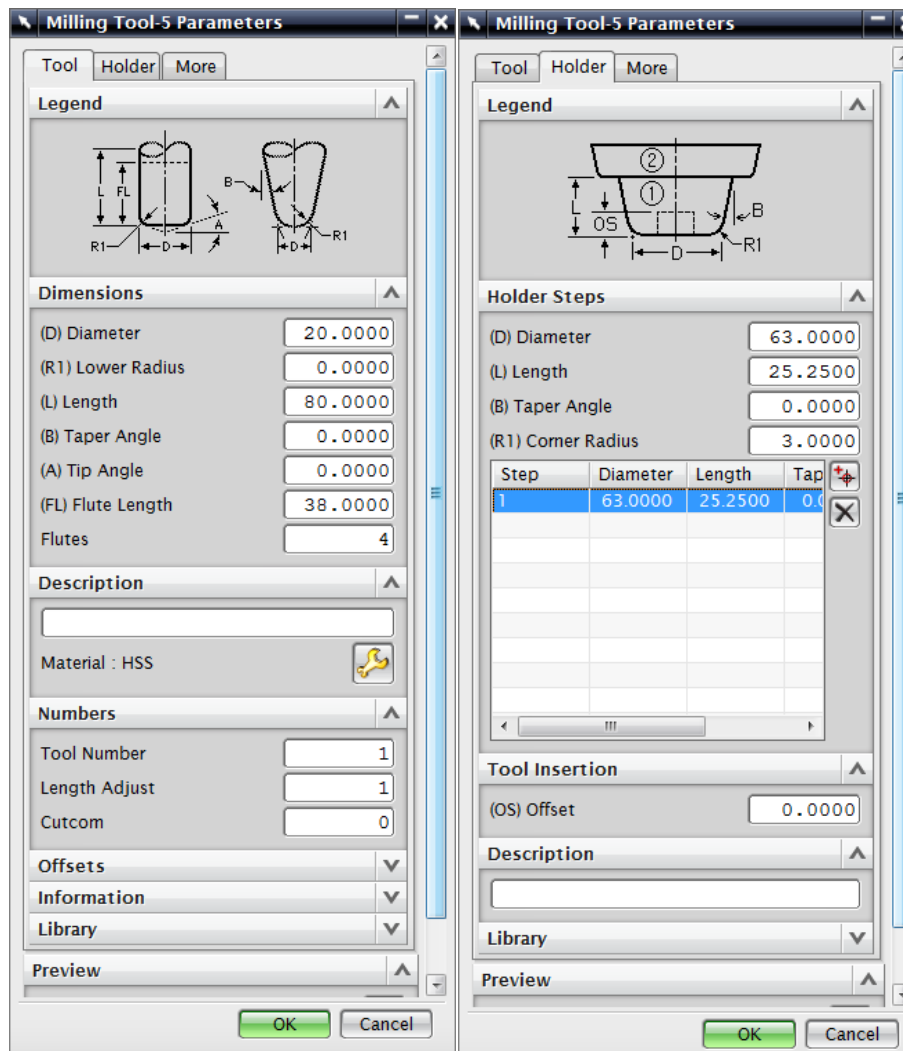
Molde 2 Izquierdo Cara Interna



Molde Inferior

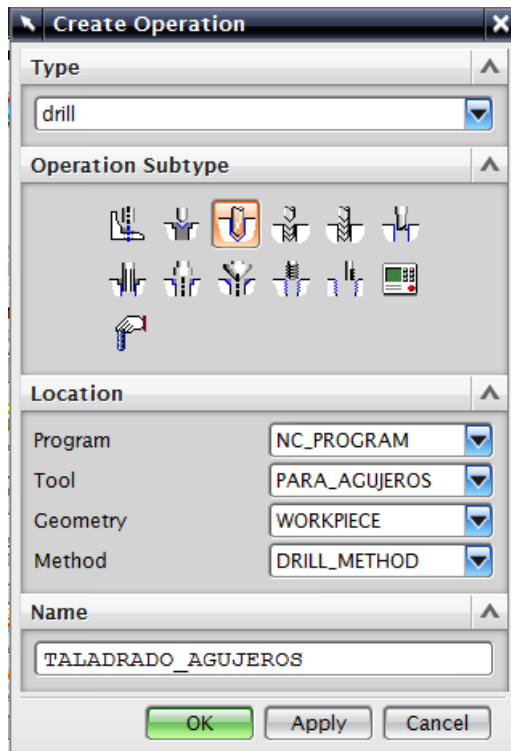


Herramienta plana utilizada para desbaste



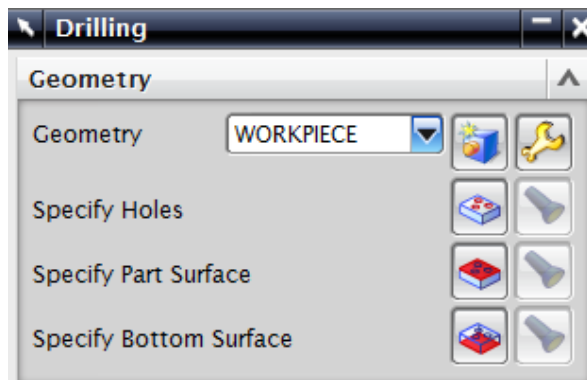
Procedimiento de taladrado para los agujeros:

Luego de operación acabado, se pone crear operación:



El subtipo de operación es taladrado (drilling)

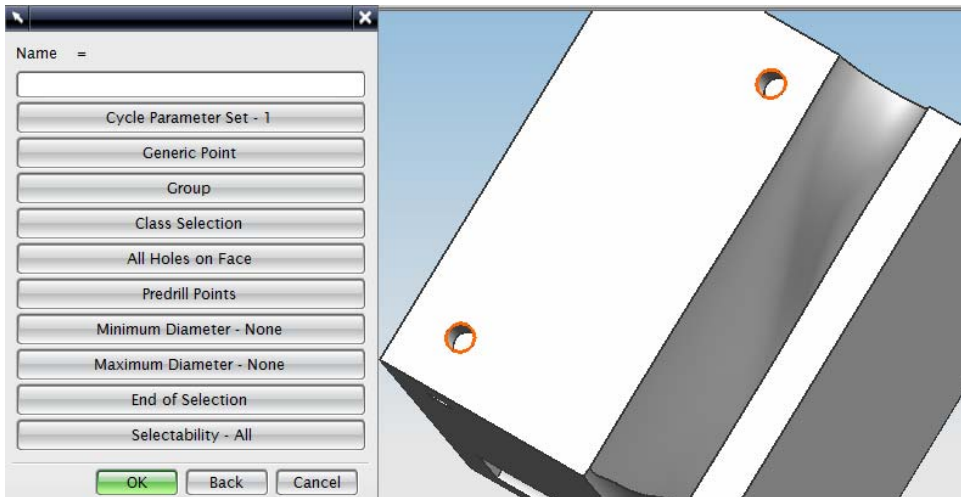
Los elementos o propiedades a definir en la operación son las siguientes:



Primero en specify holes:

Se pone en select:

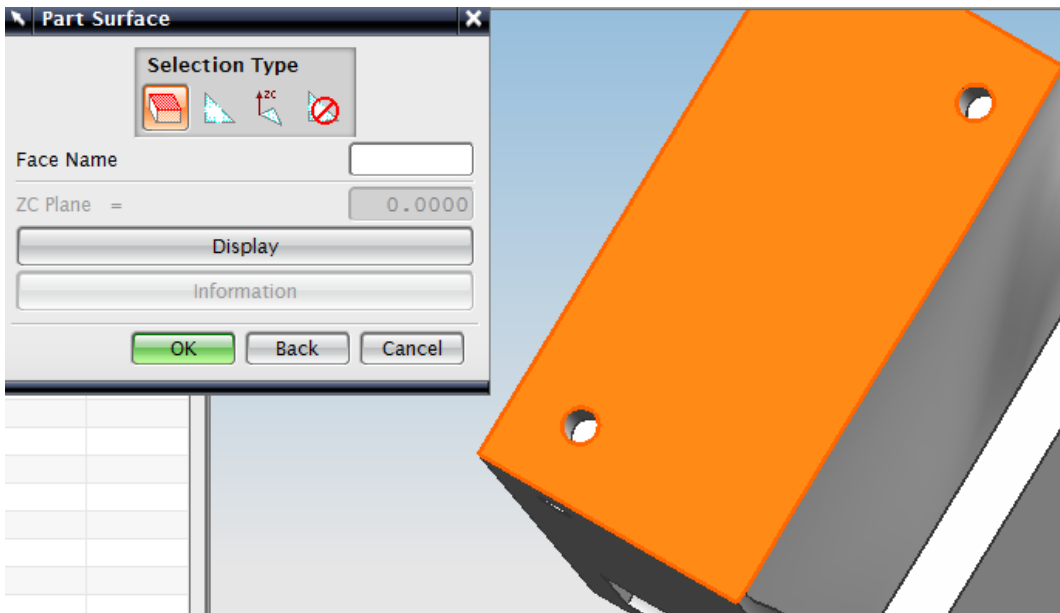
Y se selecciona los agujeros a realizar



Se pone ok y luego ok, se regresa a la principal (drilling)

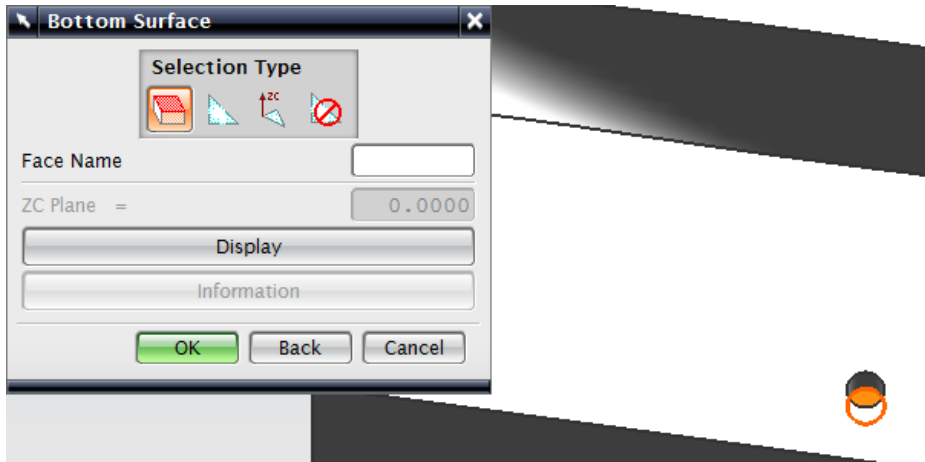
Luego se selecciona specify part surface

Y se selecciona la cara superior de donde se va a partir la operación de taladrado

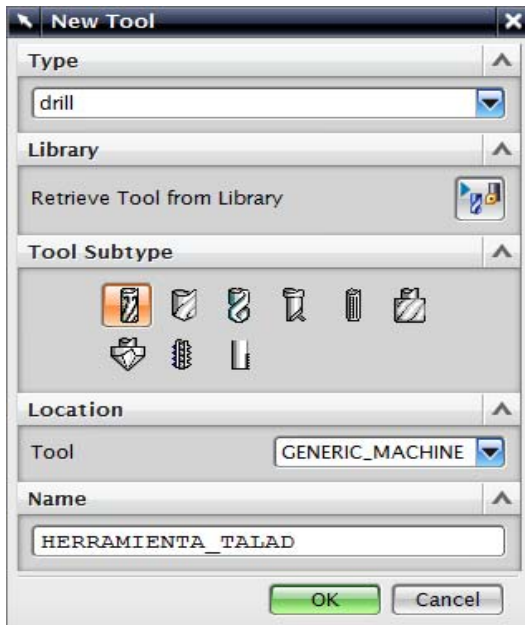
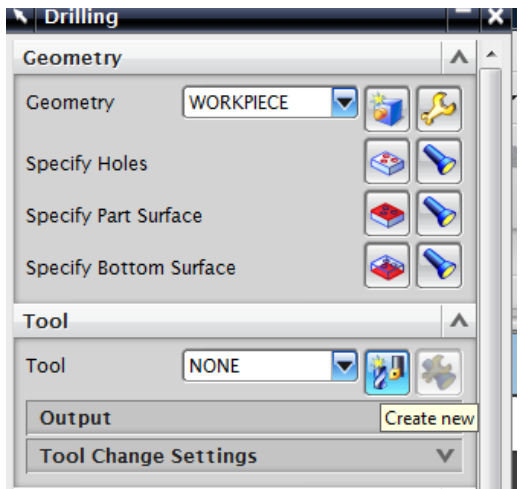


Se da clic en ok y se regresa al cuadro principal (drilling)

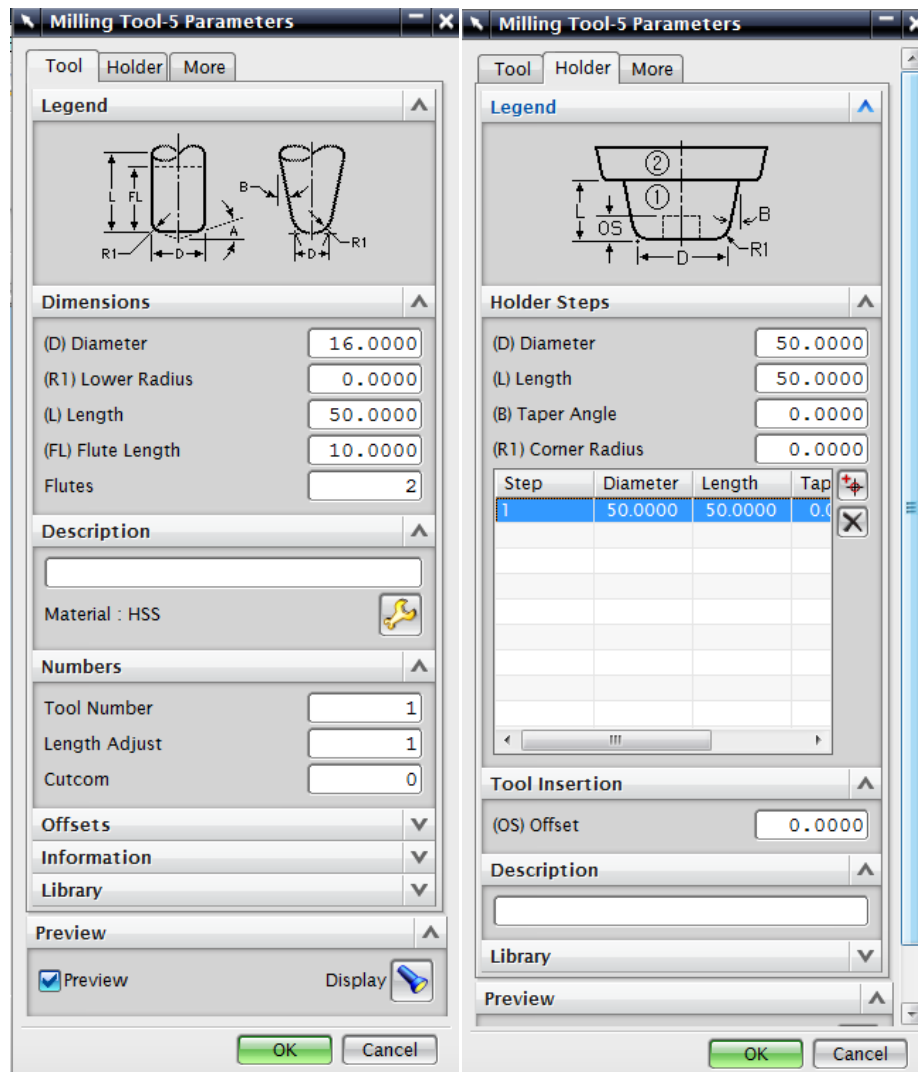
Luego se selecciona specify bottom surface, para seleccionar el plano limite, hasta donde se realizara el taladrado:



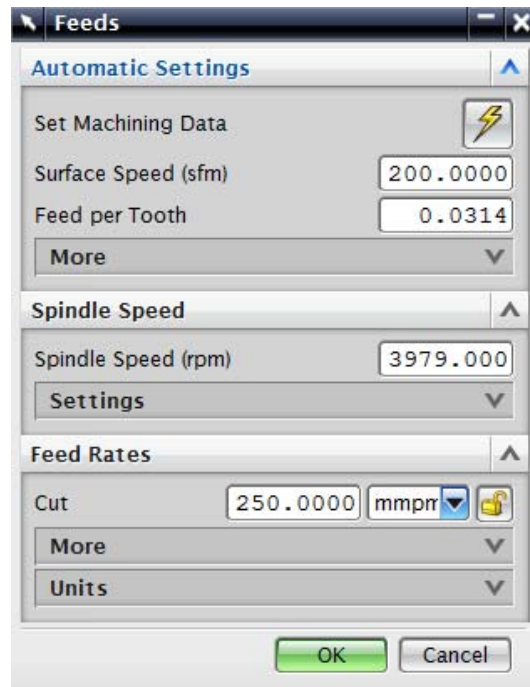
Damos 2 ok y se regresa a drilling
En la pestana tool, se pone create new



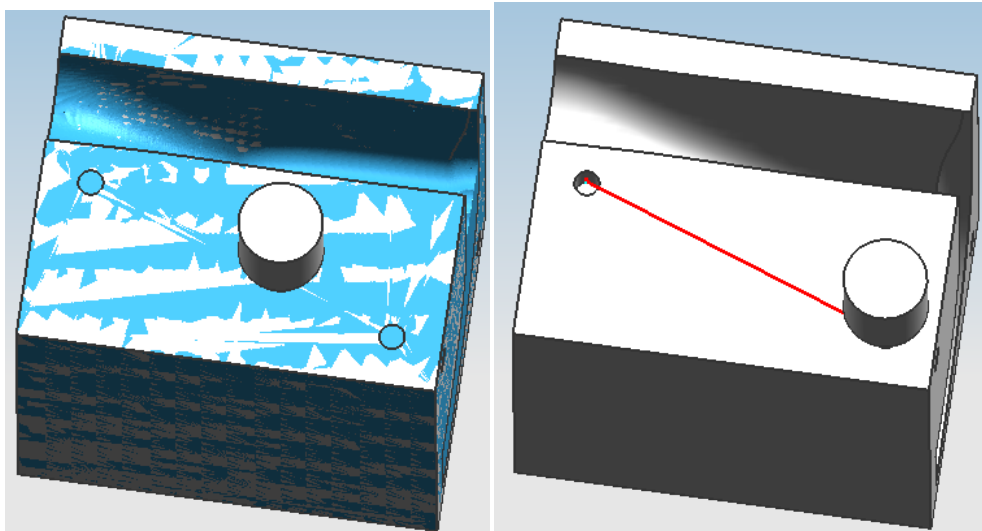
Herramienta plana para los agujeros



Al regresar al cuadro drilling, pestaña path settings, se selecciona feeds and speeds:



Se pone ok, se regresa a drilling, y se da clic en generar,
Al finalizar la generación se puede verificar la operación en verify:



Al final del procedimiento, el orden de operaciones al final queda de la siguiente manera:

Name	Path
GEOMETRY	
Unused Items	
MCS_MILL	
WORKPIECE	
DESABASTE_PLANO	✓
DESABASTE_CURVO	✓
ACABADO_CURVO	✓
TALAD_AGUJEROS	✓

Para poder conseguir el archivo de texto que contiene el código a utilizar por la maquina CNC se debe pos procesar cada uno de las operaciones anteriormente creadas, para lograr esto se da clic derecho en cada operación y se selecciona **Posprocessor**, luego se selecciona la maquina CNC que va a realizar el trabajo, y se da clic en crear.

El resultado es un código que determina los valores de velocidad, posición profundidad y refrigeración que necesita la máquina para realizar el trabajo.

Como ejemplo de este código se presenta el código para el maquinado del molde superior derecho.

%

N1 G40 G17 G80 G90

N2 G91 G28 Z0.0

N3 G49

N4 M06 T01

N5 G54

N6 G0 G90 X-.297 Y79.298 M03 S500

N7 G43 Z5. H01

N8 Z-9.

N9 G1 Z-12. F400. M08

N10 X-.295 Y79.202

N11 X-.148 Y66.703

N12 X-.146 Y66.568

N13 G3 X-.142 Y66.534 I.15 J.002
N14 G2 X.108 Y66.536 I.197 J-13.612
N15 G1 X128.756
N16 G3 X201.039 Y108.268 I0.0 J83.464
N17 G2 X250. Y136.536 I48.961 J-28.268
N18 G1 X299.657
N19 G2 X300.147 Y136.535 I.225 J-13.777
N20 G3 X300.149 Y136.56 I-.148 J.024
N21 G1 Y136.717
N22 G0 X300.121 Y149.217
N23 Y149.234
N24 Z-9.
N25 Z5.
N26 X300.109 Y150.758
N27 Z-9.
N28 G1 Z-12.
N29 Y150.76
N30 X300.149 Y163.26
N31 Y163.438
N32 G3 X300.147 Y163.465 I-.15 J.001
N33 G2 X299.793 Y163.464 I-.209 J13.607
N34 G1 X250.
N35 G3 X177.718 Y121.732 I0.0 J-83.464
N36 G2 X128.756 Y93.464 I-48.962 J28.268
N37 G1 X.108
N38 G2 X-.092 Y93.466 I.002 J13.646

N39 G3 X-.093 Y93.451 I.149 J-.023
N40 G1 X-.101 Y93.301
N41 G0 X-.757 Y80.819
N42 X-.758 Y80.784
N43 Z-9.
N44 Z5.
N45 X317.931 Y157.917
N46 Z-12.
N47 G1 Z-15.
N48 X312.645 Y163.456
N49 X300.149 Y163.173
N50 G2 X298.654 Y163.221 I-.311 J13.703
N51 G1 X250.
N52 G3 X177.929 Y121.61 I0.0 J-83.221
N53 G2 X128.756 Y93.221 I-49.173 J28.39
N54 G1 X.108
N55 G2 X-.105 Y93.222 I-.054 J13.6
N56 G0 X-12.604 Y93.367
N57 X-17.831 Y87.812
N58 Z-12.
N59 Z5.
N60 X-17.889 Y72.143
N61 Z-12.
N62 G1 Z-15.
N63 X-12.648 Y66.6
N64 X-.149 Y66.778

N65 G2 X.108 Y66.779 I.194 J-13.599

N150 G2 X128.756 Y86.985 I-54.573 J31.508

N151 G1 X.108

N152 G2 X-.153 Y87.005 I.693 J10.684

N153 G0 X-12.603 Y88.118

N154 X-17.843 Y83.439

N155 Z-21.

N156 Z5.

N157 M05 M09

N158 G91 G28 Z0.0

N159 G49 G80

N160 M02







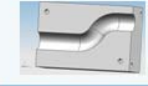
%

5.2.3 MAQUINADO DE MOLDES

5.2.3.1 FASE CAM (Computer Aided Manufacturing / Manufactura asistida por Computador)

Una vez alcanzado el punto de desarrollo geométrico necesario, la siguiente fase es la etapa de maquinado con ayuda de la herramienta CNC, para lo cual el input que requiere dicho proceso son los códigos G, los cuales basados en el plan de producción que se establece en la Tabla 5-3.

Tabla 5-3 Plan de Producción de Maquinado CNC

ITEM	PROCESOS	DESCRIPCION	CAPTURA	OBS
1	DESBASTE GRUESO, DESBASTE FINO, ACABADO	MOLDE 2 DER CARA INFERIOR		FRESADO DE DOS CARAS
2		MOLDE 2 DER CARA INTERNA		
3		MOLDE 2 IZQ CARA INFERIOR		FRESADO DE DOS CARAS
4		MOLDE 2 IZQ CARA INTERNA		
5		MOLDE 1 DER		FRESADO DE 1 CARA
6		MOLDE 1 IZQ		FRESADO DE 1 CARA
7		MOLDE INFERIOR		FRESADO 1 CARA

Fuente: Christian León y Alex Vásquez

Con ayuda del software NX 5.0 concatenamos por medio de una importación bajo la extensión `.x_t` (Parasolid) del SolidWorks 2007, desde el cual se estableció la geometría.

Los parámetros y demás características de fresado se resumen en la Figura 5.7, se han usado para la fabricación dos tipos de herramientas, una de desbaste y una de acabado.

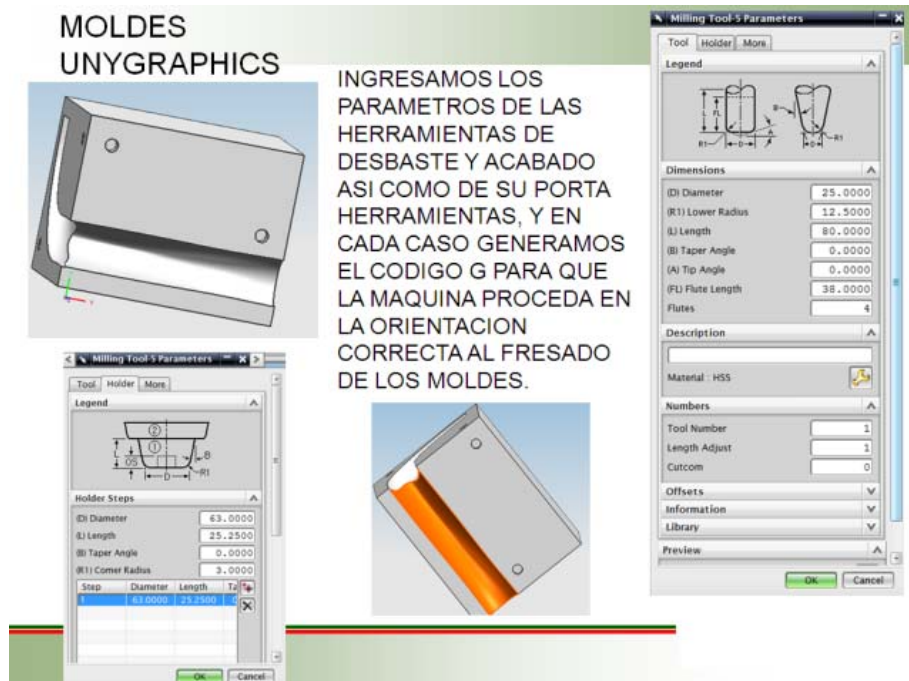


Figura 5.7 Parámetros de Maquinado

El resultado obtenido durante el proceso de fresado es satisfactorio, las imágenes concuerdan con el requerimiento esperado, se ha usado la maquinaria disponible, procurando el intervenir lo menos posible en los parámetros de funcionamiento de la maquina, usando el software NX 5.0 para su generación, el uso del plástico ha facilitado la limpieza de la maquinaria terminado el proceso, no ha sido necesario el uso de refrigerante por el uso de madera como material base, se deja sin novedad el uso de la herramienta y se borran los archivos de la memoria para evitar confusiones con otros trabajos, el proceso ha sido monitoreado constantemente por los operadores designados para su ejecución.



Figura 5.8 Moldes Acabados

El proceso requiere que el modelo sea desmontable, la solución dada a dicho problema fue el engrasar las caras del molde y colocar plásticos. Los ensayos con el poliuretano demostraron que el material al contacto con la madera se vuelve imposible despegarlo, la geometría del diseño y el tamaño de los moldes se consideran adecuados para las necesidades de ensamble y desensamble de los mismos.

5.2.4 MAQUINADO DE ACOPLES

La fresadora CNC ha cumplido con los moldes de madera, la prueba con el acero requiere modificar los parámetros, además de aumentar la refrigeración, y disminuir el avance de la maquina programándolo en el NX 5.0.

Para un correcto uso de los códigos G generados se incluye con la información la orientación de las piezas con el objetivo de no incurrir en errores de posicionamiento de la piezas en la mesa de fresado. La figura 5.8 incluye esta información la cual se vuelve valiosa para el operador durante el maquinado.

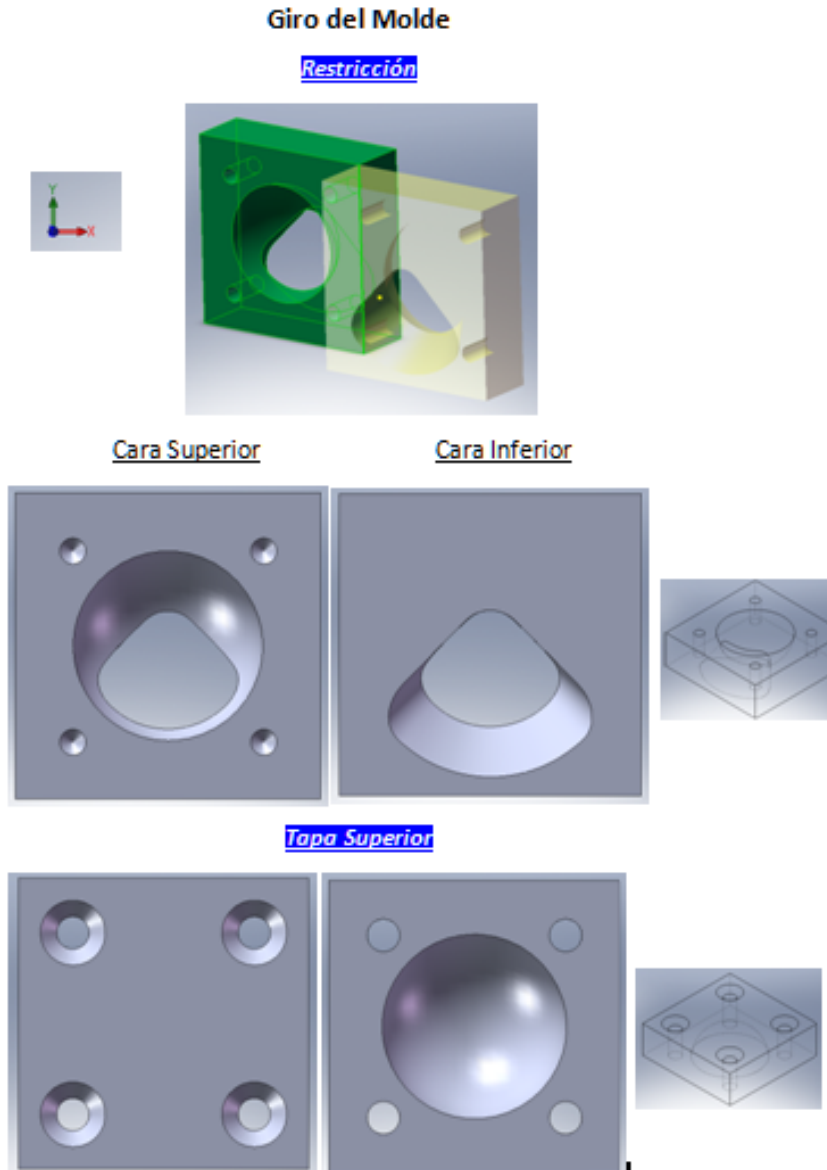


Figura 5.9 Giro de Molde (Restricción)

Muestras del proceso de fresado realizado se detallan en la Figura 5.10, en ella se observa el cabezal en funcionamiento, maquinando la restricción y tapa superior de la cuna, elementos que por su geometría ha sido necesario el fresado en CNC, se ha dispuesto todas las herramientas necesarias para su correcto funcionamiento, y como puede apreciarse se ha incluido la refrigeración al tratarse de acero y no madera como en los casos anteriores, con ello se logra un uso adecuado de la herramienta CNC disponible.



Figura 5.10 Proceso de Maquinado de Acoples

5.2.5 FUNDICION DE NUCLEO DE POLIURETANO

Culminado el proceso de maquinado, puesta a punto de los moldes, engrasado, enplastado, centrado, zunchado.

Procedemos a realizar la mezcla del compuesto, material del núcleo, en partes iguales como describe su utilización, la Tabla 5-5 Proporciona los datos disponibles sobre el Poliuretano a Usarse.

Tabla 5-4 Poliuretano Termoestable Tipo Espuma

<u>POLIURETANO</u>	
Propiedades	Valor
Uso Preferido	Aislante Térmico
Densidad	30-50 kg/m ³
Transferencia de Calor	0.0183 BTU
Norma	Ozono-Protocolo Montreal

Fuente: Christian León y Alex Vásquez

En la Figura 5.11 Se observa los recipientes que contienen los dos compuestos químicos a mezclarse, el Polioliol en tonalidad más oscura y el isocianato en color miel, previos a su mezclado y posterior fundición.



Figura 5.11 Polioliol e Isocianato (Químicos constituyentes del Poliuretano)

Dispuestos a iniciar, y con la información correspondiente, se detalla en la Figura 5.12 El proceso de mezclado y vertido en los moldes del compuesto batido de isocianato y polioliol para formar el núcleo de Poliuretano.



Figura 5.12 Mezclado y Vertido del Poliuretano

El isocianato y el polioliol, al mezclarse, ocasionan una serie de reacciones químicas que conducen a enlaces de uretanos, poliuretanos, alofanatos, ureas modificadas, cianatos prepolímeros etc. En total 17 reacciones químicas simultáneas.

Se genera una exotermia que puede elevar la temperatura hasta más de 100°C, que hace que el propelente en disolución en el polioliol se convierta en un gas.

La reacción es violenta se detalla teóricamente lo tiempos y procesos que suceden:

- Tiempo de crema: 5 - 15 s. Formación de monómeros y polímeros.
- Tiempo de hilo: 30 - 70 s. Estructuración, formación de redes cristalinas.
- Tiempo de subida: Finalización de la expansión.
- Tacto libre: 10 - 50 s. Formación de piel, finalización de la reacción. La superficie del material deja de ser adhesiva.

Dicha información es cierta, la fundición del núcleo sucede de forma instantánea, por seguridad y confiabilidad del producto contamos 15 minutos; con ayuda de una pesa sellando la abertura para lograr una mejor densidad y

evitar fugas, el proceso exotérmico se comprueba al sentir calor en los moldes externamente.

La Figura 5.13 Nos muestra el resultado previo al desmolde completo del núcleo, como se puede apreciar ha sido inevitable que el material fugue por entre las juntas, pero se da por válida la fundición.



Figura 5.13 Desmolde del Núcleo de Poliuretano

Las rebabas se encuentran en espesores menores a la tolerancia de 1 mm, la calidad en el centrado de las juntas entre moldes confirma una superficie continua en el núcleo; el zunchado de los moldes bajo tensión debe asegurar el correcto centrado, las guías practicadas para los tarugos fueron de gran ayuda. El marcado de los moldes registra de manera adecuada el proceso.



Figura 5.14 Núcleo obtenido por la Fundición de Poliuretano

El engrasado facilita que el molde se desprenda fácilmente, al ser un material rígido hay que tener precaución de desmoldar cuidadosamente en direcciones y orden correctos.

5.2.6 GENERACION DE ESTRUCTURA TIPO SÁNDWICH CON FIBRA DE CARBONO

Luego de realizarse el núcleo de poliuretano, necesario para poder realizar la laminación de la tela de fibra de carbono y el elemento tipo sándwich, se procedió con la laminación de la fibra de carbono para dar forma al soporte, para lo cual se necesitaron los siguientes materiales e insumos:

Tabla 5-5 Materiales e insumos Para Laminado

ORD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	TELA DE FIBRA DE CARBONO ESPESOR 0,2 mm X 3FT ANCHO	m	7
2	RESINA EPÓXICA APV S1L PARA LAMINADO	L	1,25
3	RESINA PARA ADHERENCIA DE METALES ARA LDITE 2015	L	1
4	PAR DE GANTES DE LÁTEX MASCARILLA	-	1
5	GAFAS DE PROTECCIÓN	-	1
6	ESPÁTULA	-	2
7	CUCHILLA	-	2
8	ESCUADRA	-	2

Elaboración: Christian León, Alex Vásquez

El proceso de laminado con fibra de carbono se realizó en las instalaciones del CEMAE ubicadas en la B.A.E. #15 "PAQUISHA" las cuales cuentan con el personal y el equipamiento necesario para la realización del laminado ya que en estas instalaciones se realizan operaciones de mantenimiento preventivo y correctivo para las aeronaves propiedad de la aviación del ejército ecuatoriano, por lo que dichas instalaciones están acondicionadas para realizar trabajos con materiales compuestos por lo tanto la construcción del soporte puede ser realizada de una manera confiable.

Para poder realizar el laminado se necesita del empleo de una bomba de vacío, la cual ayuda a extraer todo rastro de aire posible previo a la laminación de cada capa de fibra de carbono, ayudando así a que no se formen concentradores de esfuerzos en las regiones que puedan contener aire, el mismo que ocasiona una imperfección, la misma que luego del secado de la resina vuelve frágil a la unión resultante, restando así las cualidades de

resistencia originalmente descritas anteriormente. La bomba se ilustra en la figura 5.15.



Figura 5.15 Bomba de vacío para laminado

5.2.6.1 Pasos a seguir para el proceso de laminado

Previa la laminación de la primera capa de fibra de carbono se necesita llevar a cabo ciertos procedimientos que garantizarán una calidad óptima de la fibra instalada en el soporte.

Primero:

Se debe preparar la superficie del molde de poliuretano para que la fibra pueda tomar exactamente la forma de este y así garantizar un mejor acabado, esto se realiza con una lija de metal número 240 o mayor.

Segundo:

Luego se procede a delimitar las medidas de la pieza a realizar, siempre con un cm más grande por cada lado para que sobre y realizar los cortes. Esto se lo realiza con la ayuda de cinta aislante de colores, o cinta de embalaje.

Se preparan los trozos de fibra de carbono y se los cortaremos a la medida deseada con un par de centímetros que de sobra para una facilidad de instalación.

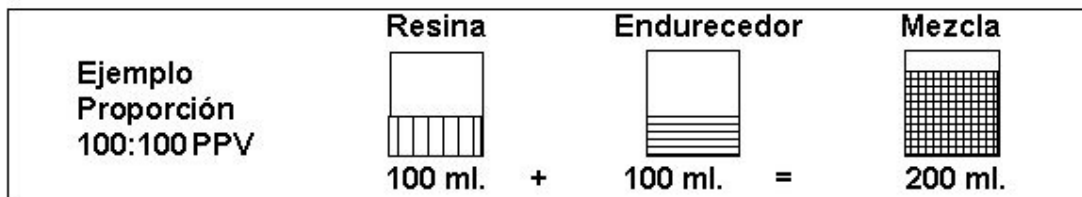
Tercero:

Se procede a preparar la resina tipo epoxi, ya que es compatible para su uso con fibra de carbono y kevlar.

La resina a utilizar es de la marca WilpoX de denominación APV SP1L la cual tiene la proporción 2:1, lo que quiere decir es que se utiliza a razón de una unidad de catalizador por dos unidades de volumen de la resina, por ejemplo si se necesita 200 ml de resina se tiene que emplear 100 ml de catalizador o endurecedor (Figura 5.16). Realizada la mezcla se remueve bien pero lentamente y raspando los costados y el fondo del recipiente con la ayuda de una espátula, se continúa mezclando hasta que la mezcla sea de un color homogéneo; no se debe preocupar por algunas burbujas de aire, que son normales y luego desaparecen. El proceso de mezclado lleva alrededor de 3 minutos, dependiendo del tamaño y la forma del envase y la cantidad y temperatura de la mezcla.

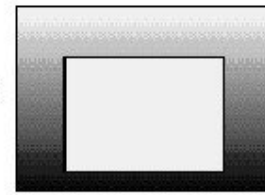
No se debe mezclar grandes lotes de resina + endurecedor. Es mejor preparar 3 de 50 grs. que uno de 150 grs.

Los lotes grandes son más difíciles de mezclar, tienen un tiempo de uso (pot-life) menor y además cuestan más si se deben desechar.



Incorrecto

Un error muy común al medir por volumen es el de utilizar recipientes de lados no verticales para hacer la proporción, que resultará así incorrecta.



Correcto



Figura 5.16 Puntos a tomar en cuenta con el empleo de la resina

Cuarto:

Llega el momento de estratificar la resina y la fibra:

Para impregnar la superficie de resina se utiliza una brocha o un rodillo pequeño que es más cómodo y se desperdicia menos resina. Primero se realiza una primera capa de resina en la superficie (Figura 5.17). Una vez obtenida la primera lamina de resina en la superficie, la cual es muy crítica y hay que hacerlo sin muchas pasadas para evitar volver frágil a la fibra.



Figura 5.17 Capa de resina previa a la tela de fibra de carbono

Luego se pondrá una lamina de fibra de carbono y se la presionará hasta que quede totalmente impregnada de resina (Figura 5.18).



Figura 5.18 Puesta de la tela de fibra de carbono

A continuación se aplica resina sobre la tela de fibra de una manera uniforme efectuando varias pasadas con la brocha desde el centro hacia el exterior gracias a esto se conseguirá desplazar a los extremos cualquier burbuja entre la primera capa de resina y de fibra. Luego se aplicará otra capa de resina un poco más gruesa encima de la primera capa de fibra y encima de la segunda de resina una segunda de fibra hasta llegar al espesor de resina deseado.

Quinto:

En este caso, en el cual se requiere una calidad óptima de laminación, donde se necesita que esta quede absolutamente plana, se procede a prensarla utilizando el proceso de vaccum bagging o de extracción de aire utilizando una bomba de vacío.

Para la realización de esto, la laminación debe quedar pareja en todo sentido, si se utiliza telas de carbono o aramidás se requiere equilibrarlas (Figura 5.19) de esta forma se evita que se levanten los bordes en el proceso de secado.

Posicionamiento de las capas

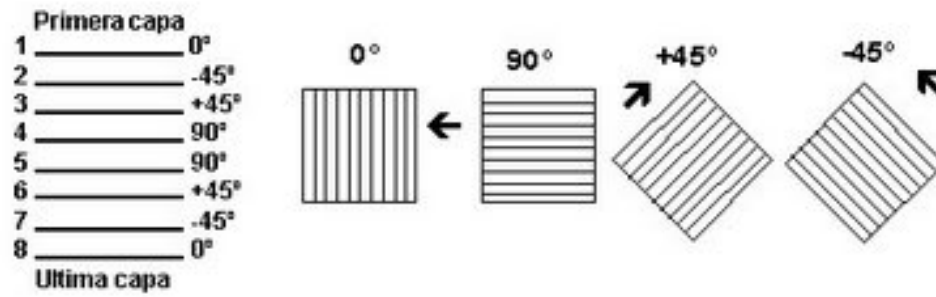


Figura 5.19 Posicionamiento de las capas de fibra de carbono

Luego de la colocación de la tela con las capas de resina en el molde de poliuretano, se recubre el mismo con la bolsa de vacío para eliminar todo rastro y burbujas de aire originadas en la instalación de la tela (Figura 5.20). Se recomienda utilizar un vacío en el rango de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ de atmósfera para resultados óptimos.



Figura 5.20 Empleo de bomba de vacío para eliminación de burbujas de aire



Figura 5.21 Vacío hasta llegar a una presión aprox. de 0.5 atm (380 mmHg)

Luego de seguir estos pasos se deben repetir desde el segundo para laminar cada capa con la tela hasta llegar al número de capas deseado.

5.2.6.2 Instalación del panal de abejas

Luego de efectuado el laminado de las primeras 5 capas de fibra de carbono, se procede a añadir una capa de panal de abejas que servirá como material sándwich de acuerdo a lo diseñado al capítulo 4.

Se procede a recortar el panal de abejas de acuerdo a la forma del molde (Figura 5.22)



Figura 5.22 Recorte del panal de abejas para instalación en el soporte

Luego de cortarlo se siguen los mismos pasos del tercero al quinto del procedimiento 5.2.5.1. Luego de colocado el panal de abejas se procede a terminar el laminado de las siguientes 5 capas de fibra de carbono hasta obtener el laminado deseado.

5.2.6.3 Resultados del procedimiento realizado

Luego de terminado el proceso de laminado se procedió a verificar las medidas previamente verificadas con el molde de poliuretano (Figura 5.23).



Figura 5.23 Vista del soporte luego de 4 capas de laminado

Así mismo se realizaron pruebas de resistencia preliminares con 4 capas de laminado con la ayuda del peso de una persona de 85 Kg. (Figura 5.24).



Figura 5.24 Prueba preliminar del soporte luego de 4 capas de laminado

5.2.7 ACOPLA DE ELEMENTOS METALICOS A LA ESTRUCTURA

5.2.7.1 Elementos Metálicos A Juntar Con La Fibra De Carbono

Una vez realizada la laminación de las primeras 5 capas de laminado se procedió a insertar las piezas metálicas que servirán de acople con los puntos

de sujeción del helicóptero y con la rótula y cuna que servirá de anclaje para la ametralladora.

Para esto se utilizará una resina especial para acoplar piezas metálicas en laminados compuestos, la cual se adquirió en la marca ARALDITE denominación 2015. Resina cuya preparación es de una relación de volumen 1:1 con la cual provee una resistencia por capa de hasta 20 Mpa.

Para garantizar una mejor resistencia del adhesivo esta pieza servirá de elemento sándwich en los extremos de la estructura, reforzando así el área en contacto con esta resina.

Una vez realizada la mezcla de la resina, se procede a ponerla en ambas áreas de contacto, luego se coloca el acople metálico en el extremo y se verifica su correcta nivelación como en la Figura 5.25.



Figura 5.25 Verificación de la nivelación del acople superior

El mismo procedimiento se lo repite para los acoples metálicos inferiores (Figura 5.26).



Figura 5.26 Verificación de la nivelación de acoples inferiores

El tiempo de secado mínimo de esta resina es de 16 horas por lo cual no se recomienda mover las piezas por lo menos en el transcurso de este período a partir de la nivelación del mismo.

Luego del secado de esta resina se puede continuar con el laminado de las siguientes capas, tomando en cuenta la utilización de la resina Araldite 2015 para la siguiente capa de fibra únicamente en las áreas de contacto de la fibra con los acoples metálicos.



Figura 5.27 Acoples inferiores instalados previos a la laminación exterior

Luego la siguiente capa para recubrir el exterior de los acoples como se muestra en la Figura 5.28:



Figura 5.28 Acoples recubiertos con fibra de carbono

Y luego se continúa laminando hasta llegar al acabado final como se muestra en la figura 5.29:



Figura 5.29 Vista del soporte en fibra de carbono terminado

5.2.7.2 Instalación de elementos de sujeción del arma

Una vez terminada el proceso de laminado se procede a incorporar el elemento de sujeción del arma compuesto por la cuna, la rótula y los reglajes que proveen la libertad de movimiento del arma tanto vertical como horizontalmente.

Se recomienda engrasar las regiones de los reglajes que van a estar en contacto con la rótula, para facilitar su movimiento y reducir el desgaste de las piezas.

Así mismo se recomienda la instalación de un empaque de papel de 1 mm de espesor, en las áreas de contacto de cada pieza del reglaje en contacto con la cuna metálica; los mismos que ayudarán a tener un sello adecuado entre las piezas para evitar así el ingreso de elementos que puedan corroer el interior de estas piezas.

La secuencia para armar el sistema para sujeción del arma es la siguiente (Figura 5.30):

- a. Reglaje superior, engrasado, con los tornillos insertados
- b. Rótula
- c. Empaque superior
- d. Cuna
- e. Empaque inferior
- f. Reglaje inferior, engrasado

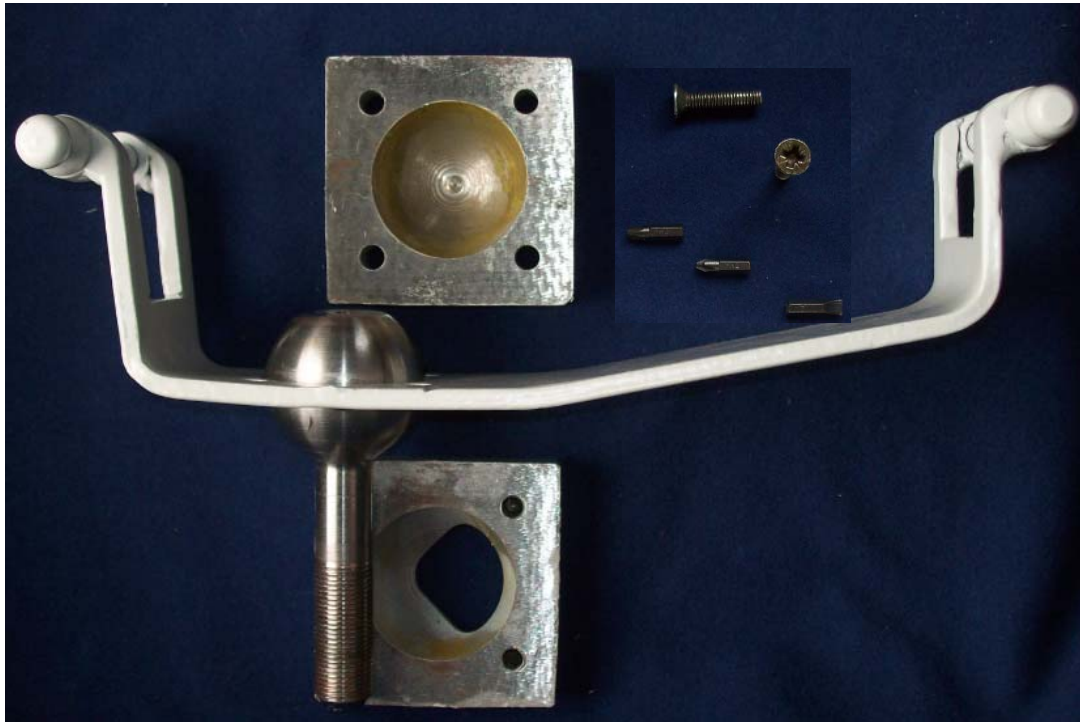


Figura 5.30 Vista de las piezas a ensamblar

Una vez dispuestas las piezas de esta forma se procede a apretar los tornillos de la tapa superior del reglaje, en disposición cruzada y sin apretar demasiado para evitar crear un exceso de tensión en los tornillos (Figura 5.31).



Figura 5.31 Vista de las piezas a ensamblar



Figura 5.32 Disposición final del conjunto para acople y movimiento de la ametralladora

Luego de esto se ensambla la rótula a la placa metálica que se acopla a la parte superior del soporte mediante dos tuercas a la placa y esta a su vez se une con tres tornillos al extremo superior del soporte (Figura 5.33).

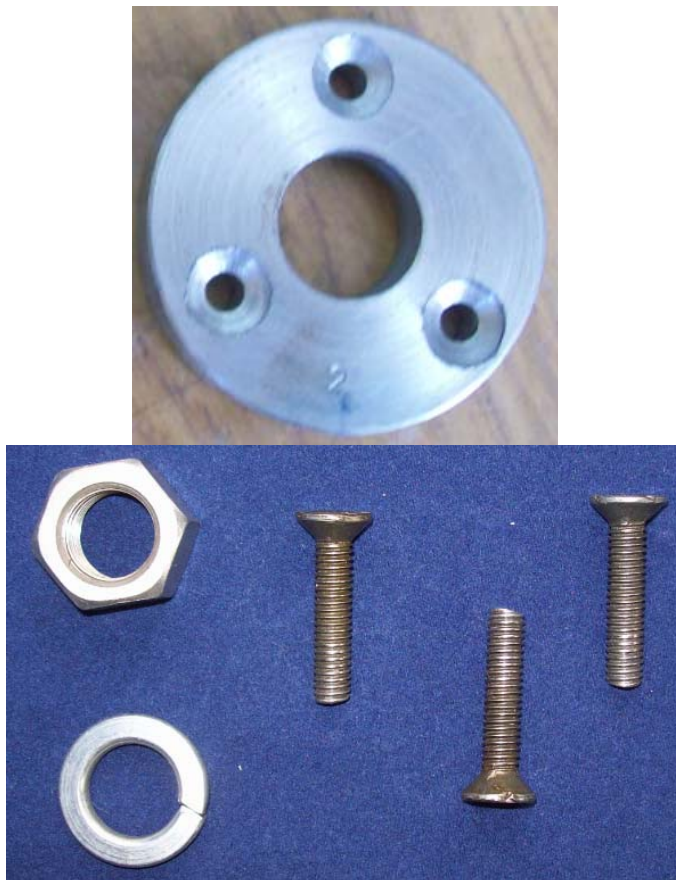


Figura 5.33 Vista de la placa (izq.) y las tuercas y tornillos (der.) para el ensamble de la rótula al soporte

Una vez ensamblado todo se puede apreciar la cuna completa en el soporte de fibra de carbono (Figura 5.34).



Figura 5.34 Ajuste de la rotula en la tapa metálica del acople superior



Figura 5.35 Conjunto de sujeción y libertades de movimiento para la ametralladora

5.2.8 PUESTA A PUNTO DEL MODELO

Una vez terminada la construcción y ensamblaje de las piezas del prototipo, se procede a comprobar el funcionamiento óptimo de sus partes previa a su instalación en el helicóptero (Figura 5.36).



Figura 5.36 Vistas frontal (izq.) y lateral (der.) del soporte terminado

Para garantizar una larga duración de la rótula y las piezas del reglaje se procede a insertar grasa de tipo sintética, resistente a la temperatura; gracias a este componente, se reducirá el desgaste por contacto de estas piezas y se garantizará un movimiento uniforme y sin frenado por contacto (Figura 5.37).



Figura 5.37 Engrasado del área de contacto entre la rótula y el reglaje

Luego de haber realizado esto se procede a probar el funcionamiento de la cuna, el dispositivo que sostendrá la ametralladora en el soporte (Figura 5.38). Además de realizar las pruebas preliminares de resistencia del soporte al peso del arma.



Figura 5.38 Prueba preliminar de instalación de ametralladora

De igual manera se realizan prueba preliminar de los ángulos de giro del soporte previa su instalación en el helicóptero. (Figura 5.39)



Figura 5.39 Prueba preliminar de de los ángulos de giro del soporte

5.3 MONTAJE

5.3.1 INSTALACION Y MONTAJE DE ELEMENTOS FIJOS EN MI 171

Gracias a la fácil portabilidad con la que el soporte fue diseñado, solo se requieren de dos pequeñas placas metálicas que serán empernadas en los extremos de sujeción de la escalera del helicóptero en la puerta lateral (Figura 5.40) para poder ajustar el soporte en el helicóptero.





Figura 5.40 Vista de las placas a ajustar en el helicóptero (inferior), y los puntos donde se van a instalar en el mismo (superior)

Con los que se procede a instalar las mismas retirando primero los tornillos en los tres puntos de apoyo iniciales del helicóptero.

Luego de realizado esto se procede a verificar su alineación con las piezas metálicas instaladas en el soporte (Figura 5.41).



Figura 5.41 Vista de las placas instaladas en el helicóptero y verificación de su ajuste con los acoples metálicos inferiores del soporte

5.3.2 AJUSTE DE MODELO IN SITU

Una vez lograda la instalación de las piezas que permitirá instalar el soporte en el helicóptero se procede a instalar el mismo con la ametralladora, luego de lo cual se podrá realizar pruebas posteriores de ergonomía, y facilidad de uso.

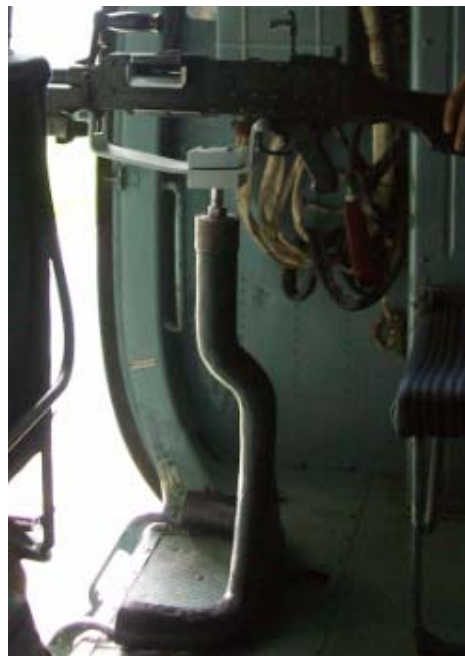


Figura 5.42 Vistas del soporte instalado en el helicóptero



Figura 5.43 Comprobación del ángulo de tiro inferior en presencia de miembros de la B.A.E.15 “PAQUISHA”