

Manual de procedimientos para la creación de prototipos físicos

- **Técnicas de los prototipos digitales y su fabricación**

Se dividen en dos las técnicas para fabricar los prototipos digitales:

CNC, en donde el material es removido de un bloque de material con herramientas para lograr el resultado deseado. Los equipos pueden ser router, cortadora láser, cortadora de plasma, cortadora de agua entre otros.



Router de 3 ejes. Universidad Iberoamericana

Cortadora de plasma

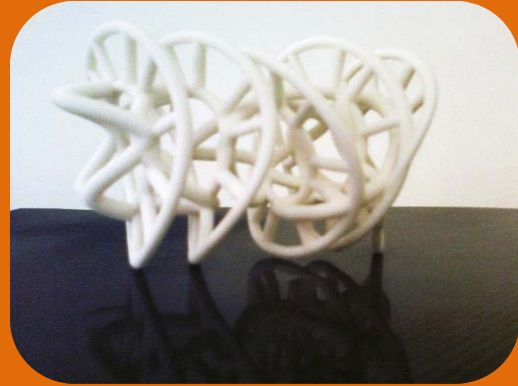
Aditivo ó FDM por sus siglas en inglés para *Fuse Deposition Modeling* (modelado por fusión de material), se obtiene mediante la adición de material para construir la geometría objetivo. Los equipos pueden ser impresora de polvo, impresora ABS, impresora polyjet.



Polyjet



ABS



Zprinter

La técnica que se elige se liga directamente con la escala a la que se quiera tener el prototipo, el material, la estética y el detalle de la pieza, ya que de estos factores dependerá el resultado final.

- **Recomendaciones para el modelado 3D**

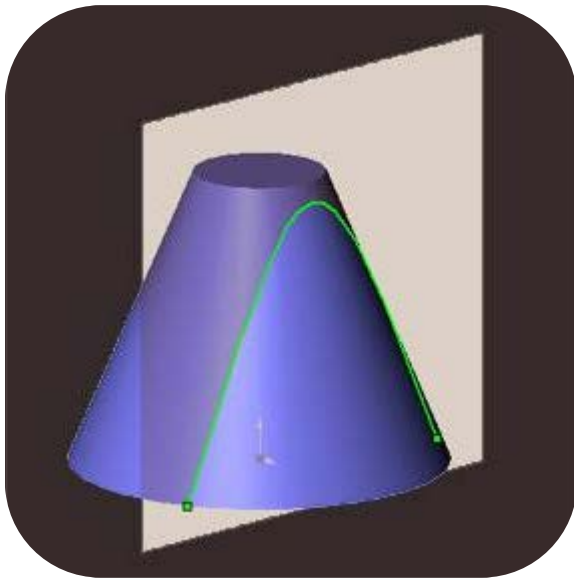
Al comenzar a construir un modelo digital, es necesario conocer el tipo de curvas y superficies con las que se va a modelar, para poder controlar de mejor manera la geometría y de esta manera garantizar su correcto modelado que dé como resultado un prototipo eficiente tanto digital como físico.

Es importante saber distinguir el tipo de geometría que se va a utilizar al modelar el objeto, ya que depende de sus parámetros los resultados de las formas y el resultado esperado al momento de producirlo en un prototipo físico. La buena elección de la geometría reduce los problemas al momento de imprimir o cortar las piezas.

- **Curvas**

- **Curvas representadas no paramétricamente**

Son todas las figuras derivadas de secciones cónicas como líneas, arcos, elipses, parábolas e hipérbolas intersectadas con un plano orientado en diferentes direcciones con un cono. Mientras las secciones cónicas permiten un amplio rango de figuras para modelar, éstas son insuficientes para describir a las superficies complejas.



Hipérbola (intersectando un cono con un plano paralelo al eje del cono)

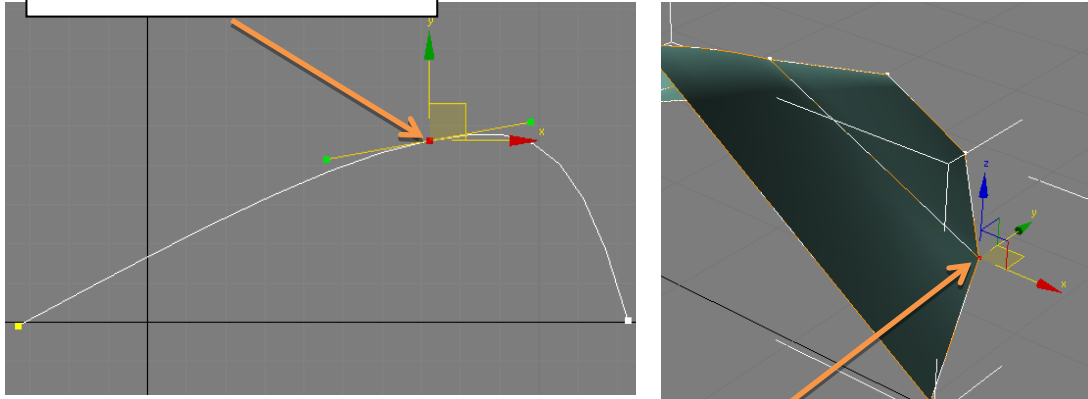
Este tipo de curvas pueden producir superficies curvadas mediante la operación de revolución que se explica más adelante.

- **Curvas paramétricas**

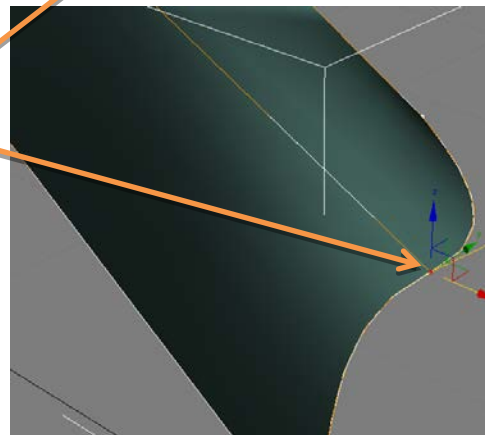
- **Curvas Bézier**

Son el tipo de curvas de forma libre más comunes. Dentro de una línea, sus vértices pueden ser suavizados mediante sus controladores de manera intuitiva y están definidas por el control de polígonos

Los controladores son manipulados a conveniencia en sus 3 ejes



Al convertir un vértice en Bézier, éste puede ser manipulado dando curvatura a la superficie generada

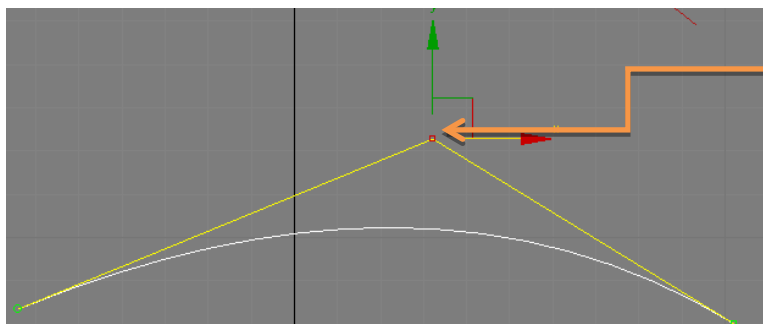


NURBS

Por sus siglas en inglés, Non-Uniform Rational B-Splines, es un modelo matemático de curvas B-spline¹ con un nodo vectorial no uniforme, lo que permite que sus puntos de control sean manipulados de forma libre con gran flexibilidad. Este tipo de representación de geometría 3D puede describir cualquier figura desde una línea, círculo, arco o curva 2D hasta las formas libres y orgánicas de superficies o sólidos más complejos en 3D.

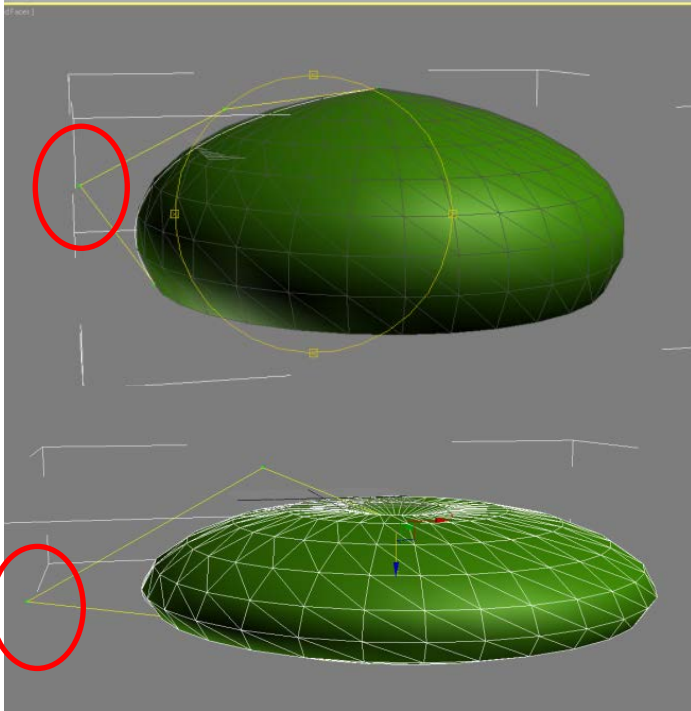
La curva NURB se define por 4 aspectos:

1. **Grado**, es el número máximo de curvaturas que puede haber en cada uno de sus segmentos y siempre es un número entero. Las líneas y polilíneas poseen un grado 1 o lineal, los círculos y curvas son grado 2 o cuadrados, la mayoría de las curvas de forma libre van de grado 3 a 5 o cúbicas a quínticas.
2. **Puntos de control**, también denominados vértices de control o nodos. Son controladores que permiten manipular la curvatura de los segmentos de la NURB. Se utilizan para realizar cambios en la forma de toda la curva.



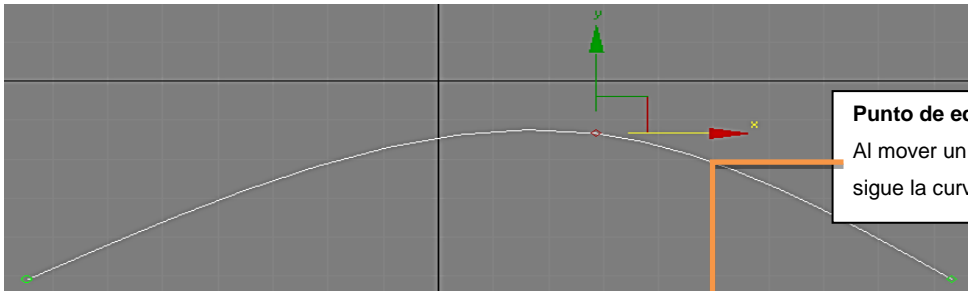
Curva de vértices de control (CV curve).
Mismo caso que los puntos de edición, sólo que la manipulación de los vértices es por medio de vértices de control

¹ B-spline son curvas de forma libre consistentes en segmentos de curvas Bézier las cuales están amarradas en sus puntos finales con la máxima suavidad.

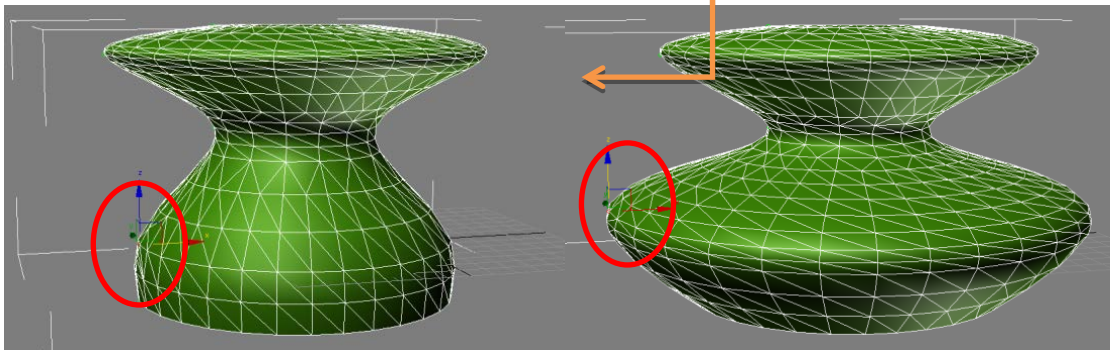


Al mover el punto de control

Los puntos de edición funcionan de igual manera salvo que los nodos se encuentran sobre la curva. Se utilizan para realizar cambio en partes pequeñas de la curva.



Punto de edición (Point curve).
Al mover un vértice de la NURB, la superficie sigue la curvatura que se generó



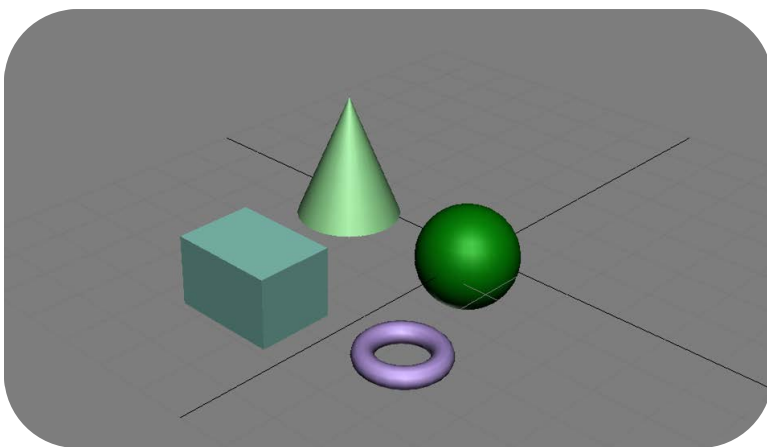
Al mover el punto de edición

3. **Nodos**, son puntos sobre las curvas que permiten un mayor control sobre la curva, ya que al mismo tiempo que se añaden o se remueven, se adicionan no se quitan puntos de control. Los segmentos entre los nodos tendrán su propia curvatura.
4. **Regla de evaluación**, es una fórmula que involucra a todos los puntos anteriores y es resultado que se obtiene de modificar sus funciones.

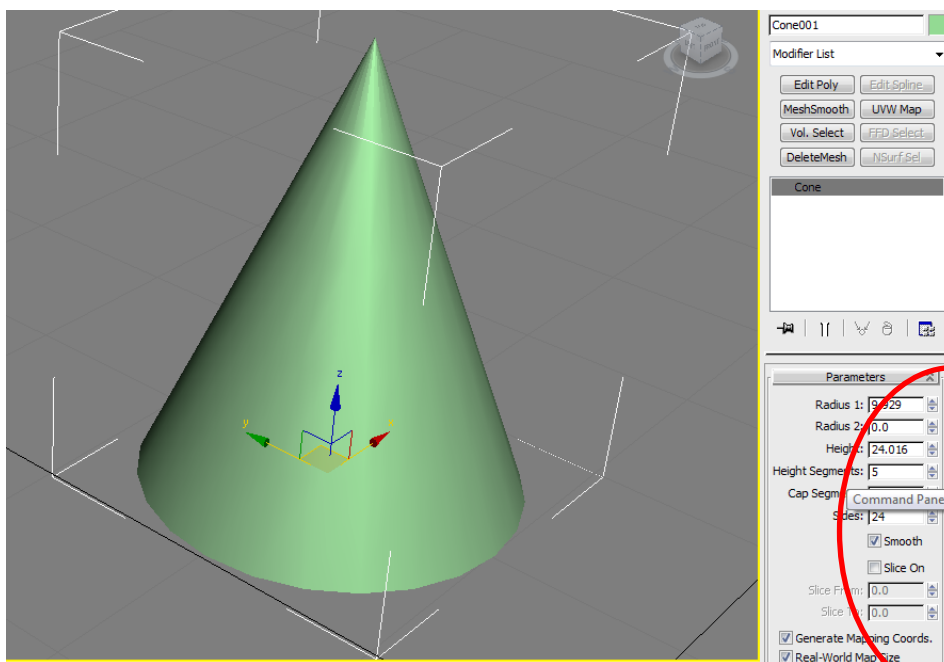
- **Representación de superficies**

Figuras geométricas simples

Son las figuras geométricas primitivas: esfera, cubo, cono, cilindro, etc.



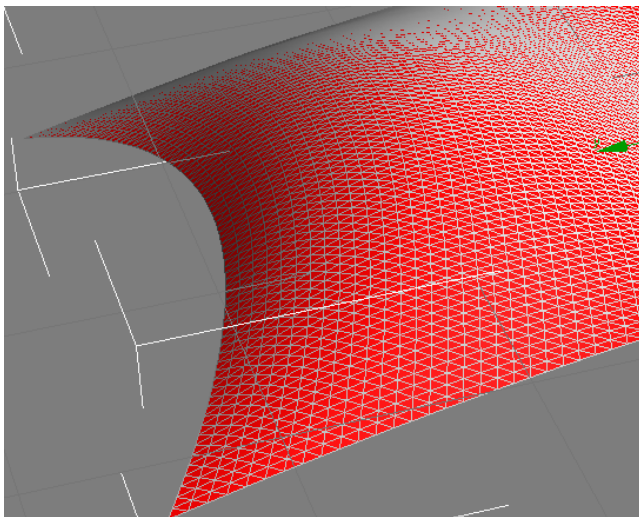
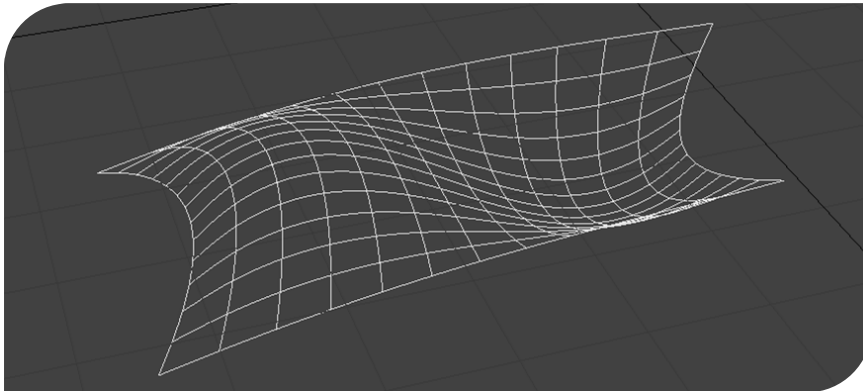
Éstas pueden ser definidas por medidas básicas paramétricas como el alto, ancho, espesor, radio.



Es complejo representar formas complejas únicamente uniendo este tipo de figuras geométricas debido a que las uniones suelen tener poco control de la superficie tangencial así como de la continuidad de la curvatura.

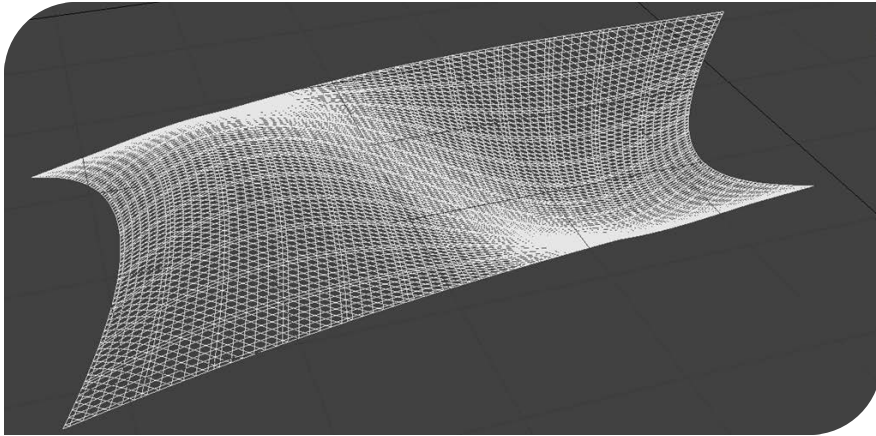
Mallas poligonales

La configuración de las mallas es a partir de polígonos triangulares, lo que resulta en elementos de mallas planas.

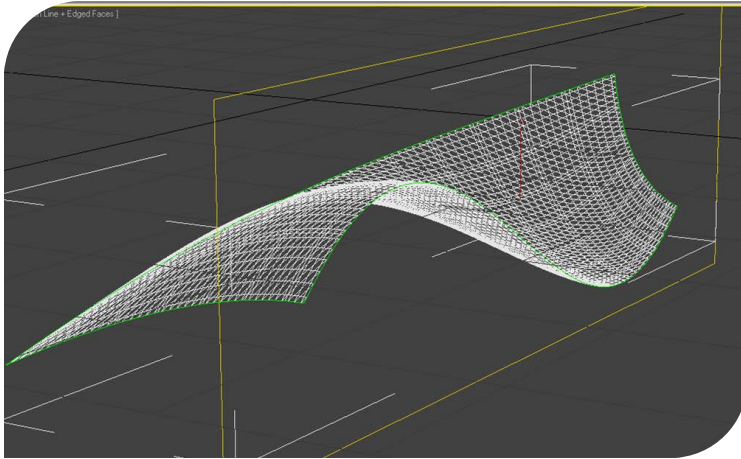


La curvatura se define al teselar² la malla, lo que provoca un crecimiento de polígonos.

² La teselación se da en un conjunto de polígonos para dividirlos en estructuras de un tamaño apropiado para que las superficies curvadas se suavicen para ser rendereadas así como para poder ser manipulados por otros modificadores y no perder la continuidad de la superficie



El corte de secciones de la malla resulta en una secuencia de puntos en el espacio que pueden ser conectados mediante una polilínea mas no con una curva para así representar exactamente la superficie en esta sección del plano.



Multiplex Mannheim de Frei Otto <http://icd.uni-stuttgart.de/?cat=44>

Parches paramétricos (patches)

Un parche es un objeto deformable muy utilizado en la creación de superficies curvas con un control detallado para la manipulación de geometría compleja y de objetos orgánicos.

Los parches pueden unirse de una manera suave tangencialmente con una curvatura continua.

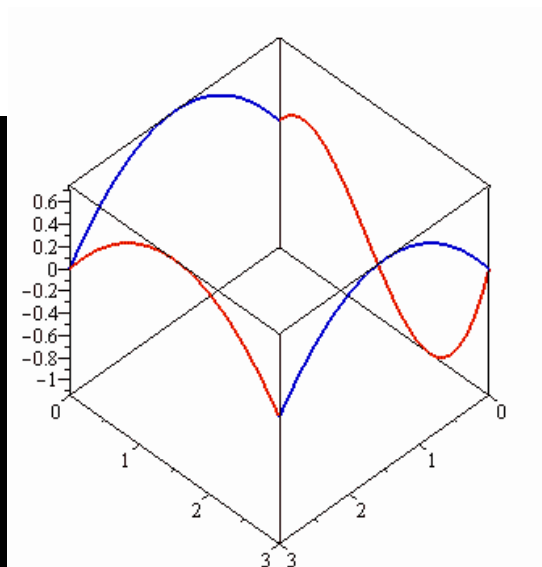
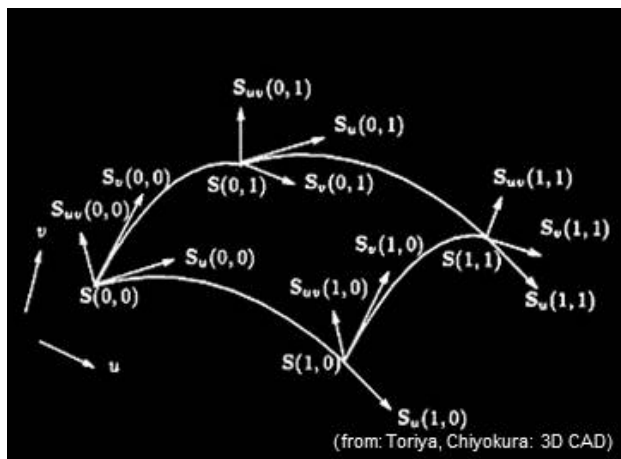
Los parches se definen paraméricamente en sus bordes, pudiendo ser líneas rectas o curvas.

Los parches más comunes son el “coon”, el Bézier y el NURB

Parche coon

Es un parche dentro de un límite de cuatro curvas arbitrarias conectadas en sus extremos. Sus puntos de control son calculados por la fusión de sus curvas que definen una superficie continua.

Las curvas de borde se definen en sus esquinas por lo que éstas sólo pueden ser modificadas como un todo y no en partes.



<http://www.mapleprimes.com/posts/100287-Coons-Patch-Examples>

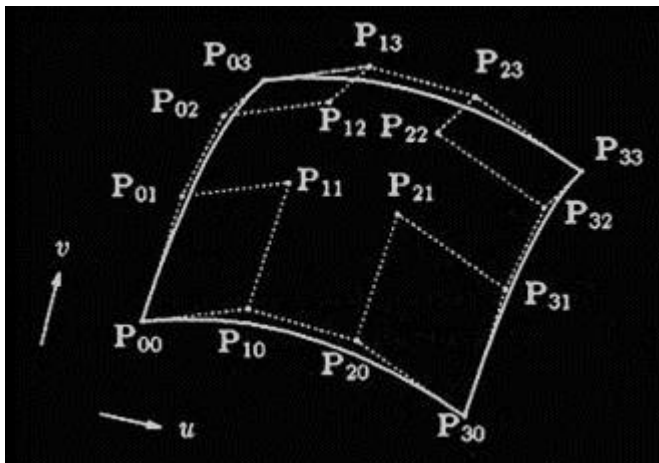
Parches para métricos: Parche Bézier (Bézier patch)

Es un parche delimitado por curvas Bézier y por lo tanto formado por puntos de control definido por vectores.

No sólo las curvas delimitantes pero también la superficie puede ser manipulada por los puntos de control. Básicamente este parche está definido por una retícula de puntos de control de 4x4, permitiendo visualizar la figura de la superficie entre las curvas delimitantes.

El control de superficies es mayor comparada con los parches coon, logrando una mayor suavidad en las superficies por su tangencia.

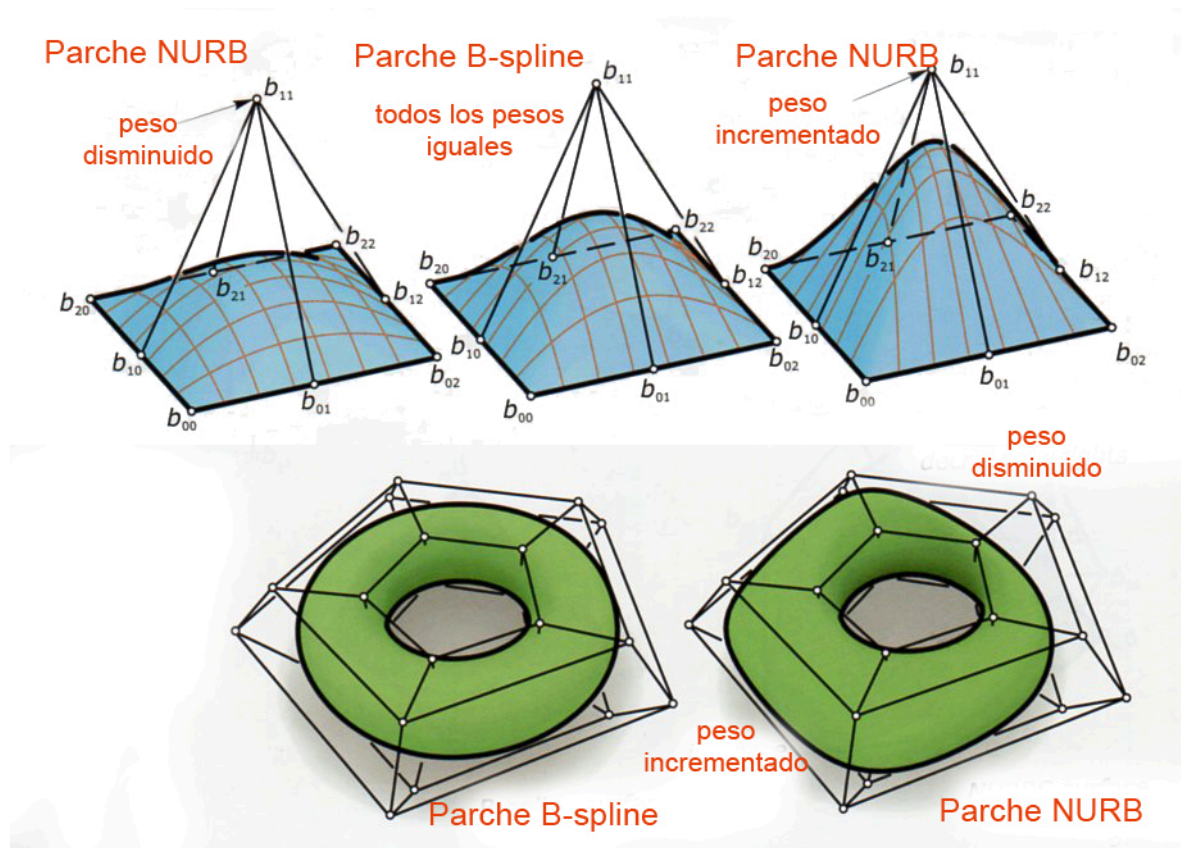
Al mover un punto de control en el parche, automáticamente toda la geometría del parche se altera.



Parche NURB B-spline

Es un parche delimitado por B-splines en las cuales sus curvas tienen mayor cantidad de puntos de control que actúan individualmente sobre la geometría del segmento de una curva.

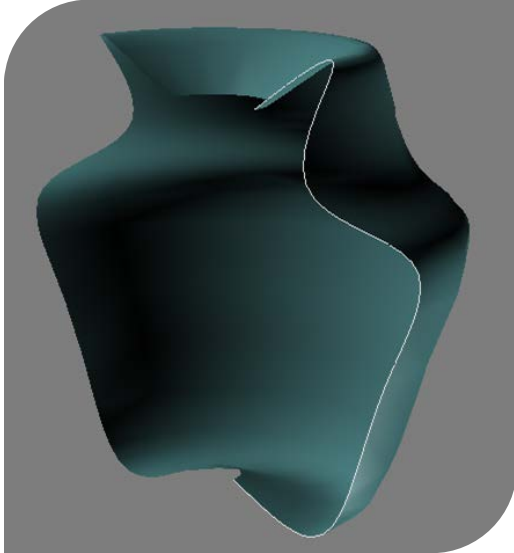
Es el único parche capaz de representar superficies complejas y geometría simple (primitivos) debido a las variaciones poderosas de las NURBS, las cuales al crear el parche puede tener un número considerable de puntos de control los cuales afectan al área inmediata adyacente del parche al ser manipulado. Cada punto de control puede manejar un peso determinado.



- **Generación de superficies**

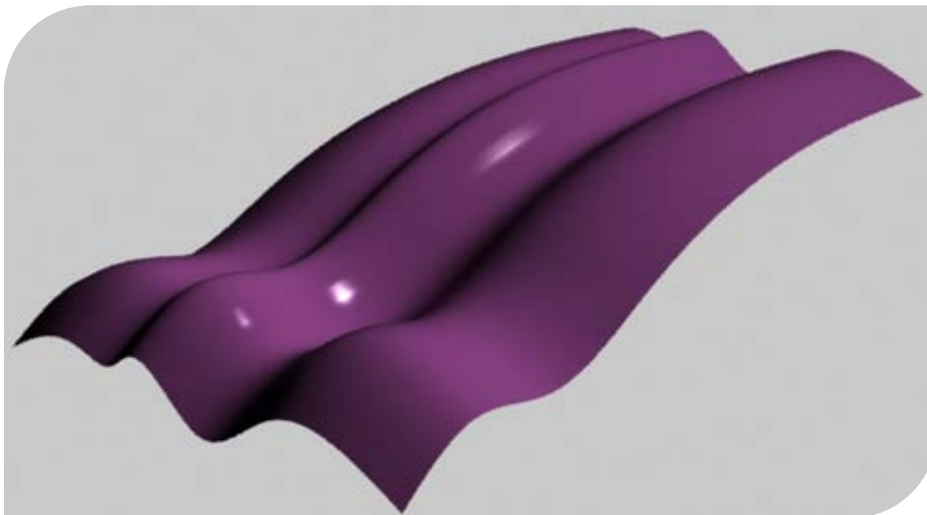
Superficies de revolución

Se obtiene al rotar una línea o una curva sobre un eje



Superficies de barrido

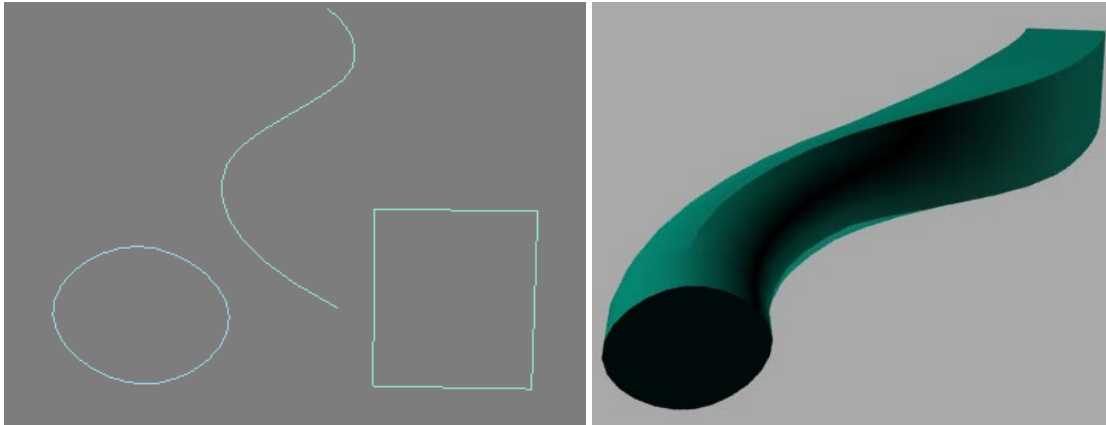
Se obtiene al extruir una sección transversal a lo largo de un trayecto subyacente definido por una *spline*³ o NURB



Objeto de transición (loft)

Los objetos de transición o loft son 2 ó más figuras bidimensionales extruidas a lo largo de un trayecto creando una superficie entre figuras.

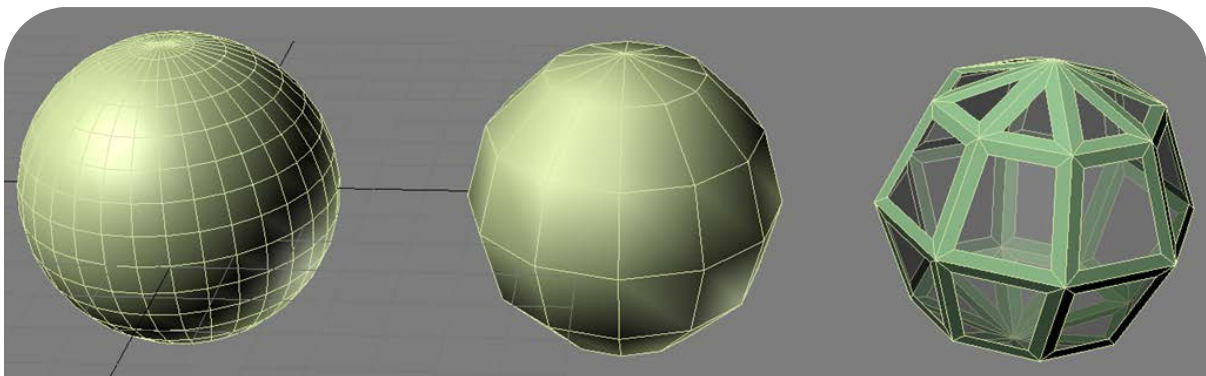
³ Una spline es un conjunto de vértices y segmentos que conectados forman una línea o curva



- **Modificación de superficies**

- **Subdivisión**

En la mayoría de las aplicaciones, los parámetros de cómo una superficie debe ser subdividida está regida por factores como la estética o valores de diseño, limitaciones de manufactura, tamaños de materiales.



- **Prototipos generados en el equipo de CNC router**

Dentro de las técnicas del CNC, uno de sus retos es el de comprender la geometría. Las soluciones deben de ser válidas y robustas para poder obtener la información para su fabricación, es decir, que pueda traducirse al código G⁴ y así producir un objeto bien formado geométricamente, detallado y que pueda ser útil para los fines que al arquitecto convenga.

⁴ Es un lenguaje de programación que da indicaciones a las máquinas de control numérico en la forma de mover la broca para generar las traslaciones en las coordenadas "x", "y" y en "z" y de este modo cortar o esculpir el material.

Las soluciones para los prototipos a las que se puede llegar básicamente se pueden agrupar en 3 y comparten geometría similar, las cuales tienen diferentes objetivos y son evaluadas de manera distinta:

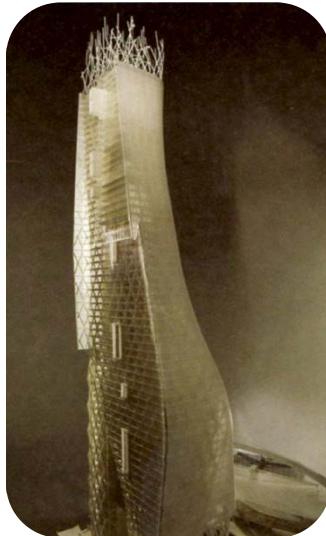
1. Representación de los modelos de una manera abstracta diseñándolos geoméricamente basados en su escala.
2. Maquetas que son construidas para probar las implementaciones físicas de las partes del conjunto del diseño utilizando el material real a una escala mayor ó 1:1
3. La fabricación digital en la cual el edificio completo se manufactura con esta técnica a escala 1:1

La abstracción del detalle y del material que vaya a ser utilizado son factores muy importantes que van a afectar al modelado del edificio o pieza.

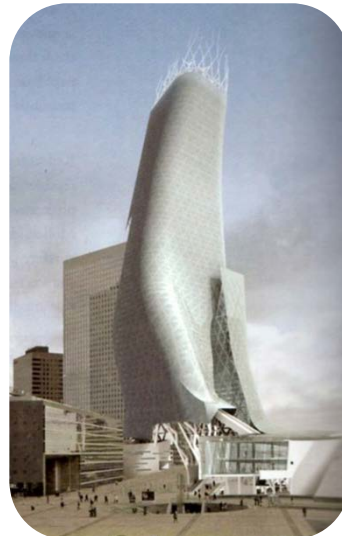
Cuando lo que se busca es el detalle, la escala del modelo debe de ser mayor para que se pueda obtener de éste secciones más robustas que estructuren al prototipo físico final.



Modelo físico de estudio



Modelo físico a detalle

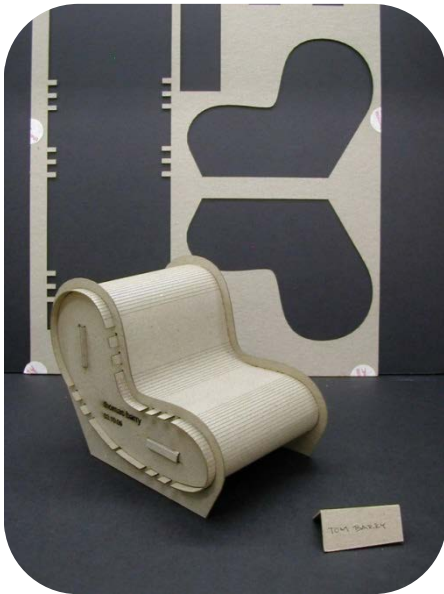


Modelo virtual

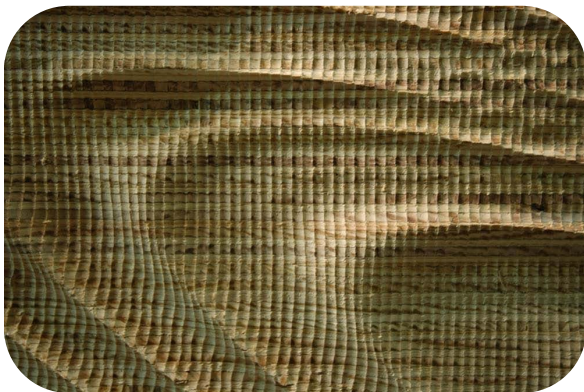
- **Consideraciones de los materiales a utilizar**

La elección del material debe mantener su relación con el tipo de las propiedades geométricas de la pieza a fabricar.

El cartón es el material ideal para el desarrollo de superficies. Se pueden realizar suajes para posteriormente doblar la cara de la superficie.



La madera, se debe tomar en cuenta la dirección del grano y los nudos al fabricar una pieza con curvaturas, en donde deben de coincidir sus direcciones. En el caso de piezas con doble curvatura el material se va aserrar desde un bloque sólido.



El cristal, láminas de cristal se pueden curvar teniendo una base preformada de otro material y aplicando calor al cristal



Proyecto de cafetería de empleados de Conde Nast

- **Consideraciones para el fresado 2D**

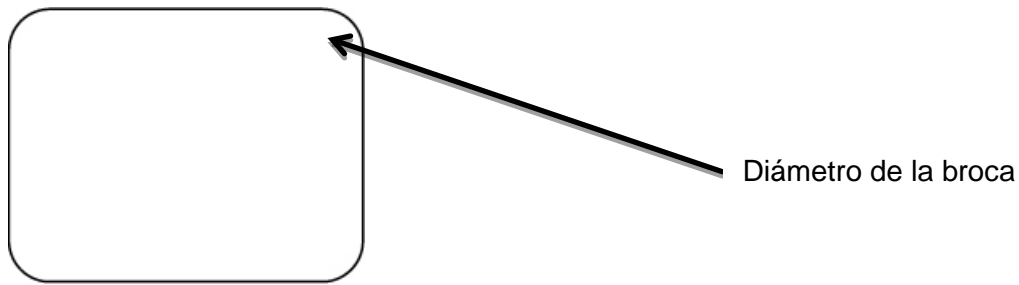
Las consideraciones que se deben tomar en cuenta para diseñar una pieza 2D que se va a cortar en el CNC son las siguientes:

1. Elegir un tamaño de broca.

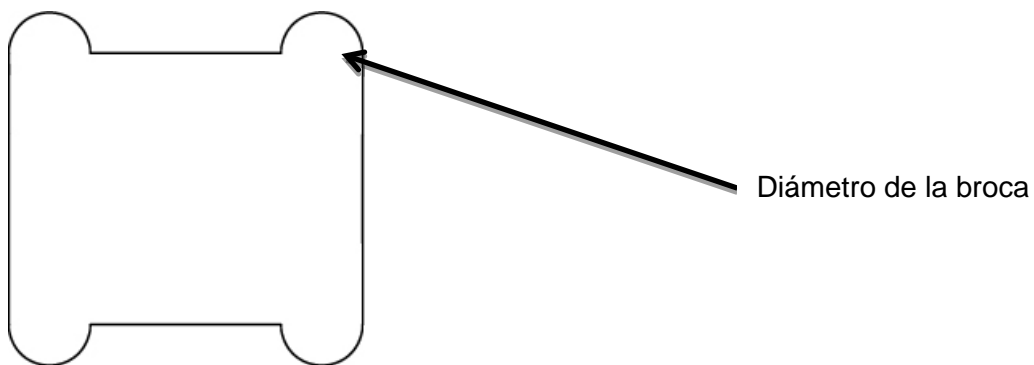


$\frac{1}{2}$ " , $\frac{1}{4}$ " , $\frac{1}{8}$ " , $\frac{1}{16}$ " , $\frac{1}{32}$ "

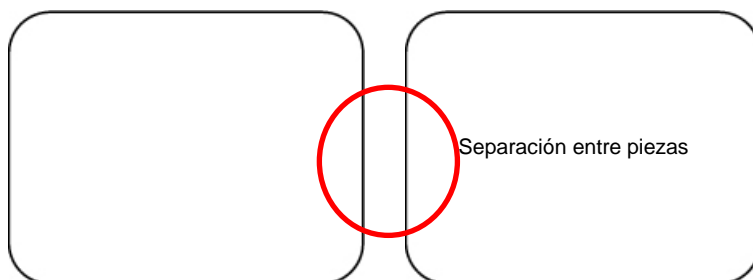
2. Considerar a todas las esquinas internas de las figuras como curvas, ya que la broca nunca logrará coincidir en un ángulo recto.



En el caso de que se quiera obtener las esquinas rectas, la figura se deberá dibujar con los finales redondeados con el diámetro de la broca, para que el corte redondeado quede fuera de la figura.



3. La broca hará justo el corte justo al centro de la línea trazada en el programa que genere los vectores, por lo que si se especifica un espesor dado de una pieza se deberá tomar en cuenta el radio de la broca.
4. Dependiendo del grosor del material, se deberá dejar un espacio entre pieza y pieza para evitar la ruptura del material a consecuencia del corte de éstas.



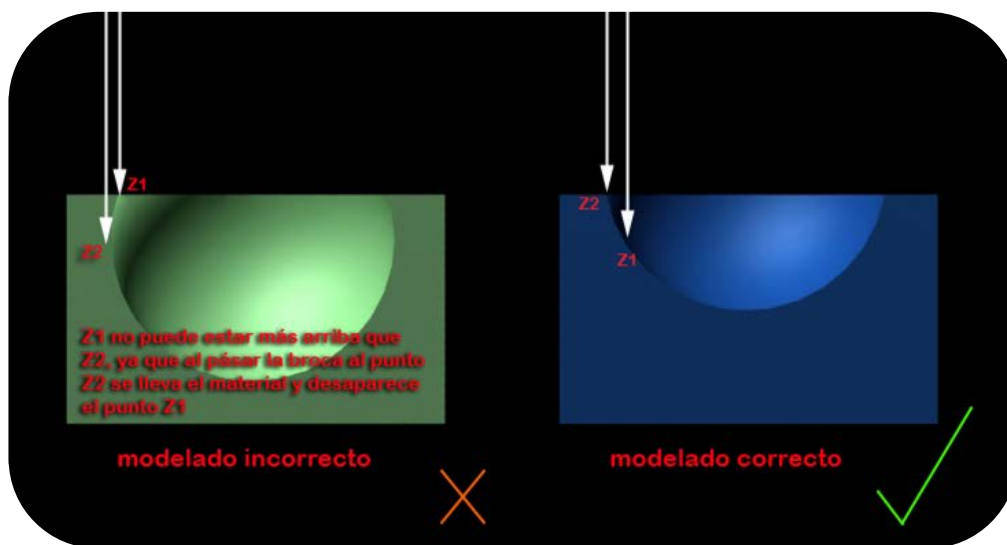
5. Cuando el material tenga un espesor con un ancho considerable y la broca no alcanza la longitud para este espesor, la máquina de CNC deberá de hacer el recorrido del trazado en dos o más ocasiones con el fin de penetrar al material y cortarlo poco a poco dejando libre el paso de la broca hasta el fondo de éste.

6. En ocasiones para afinar el corte, es necesario que se haga el corte 2 veces; en la primera vuelta se hará el corte y en la segunda se eliminarán rebabas, astillas y se asegurará que el material esté cortado por completo.

- **Consideraciones para el fresado 3D**

Para poder obtener una geometría óptima, si la pieza tiene una salida 3D, ésta deberá contener los siguientes criterios:

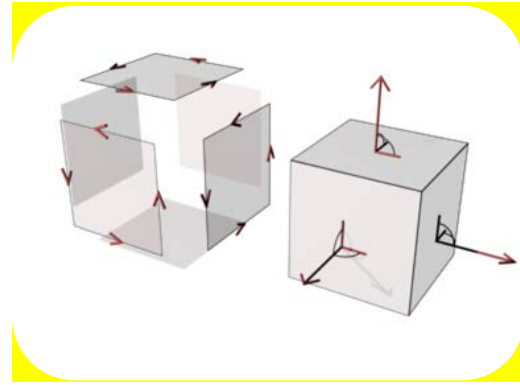
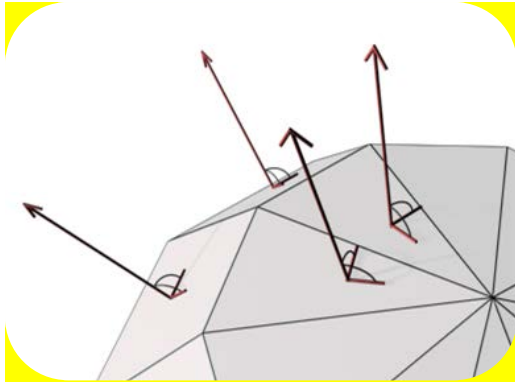
1. La pieza deberá estar modelada 1:1 con respecto a la salida final
2. Deberá estar modelada en mm
3. Deberá estar creada con sólidos, no con superficies.
4. En el caso de estar modelada con superficies, se deberá crear un offset para que el programa CAM lo lea como un sólido.
5. Cuando la pieza presente curvaturas, deberá tener un número de segmentos considerables tanto en longitud como en su anchura para dar suavidad a la curvatura y que la superficie no quede facetada.
6. Cuando se realice una operación booleana revisar que los puntos en Z no se superpongan, ya que de lo contrario el punto Z más alto regirá sobre los más bajos y eliminará material al momento de pasar la broca por el punto más alto.



7. Revisar las normales. Las normales son vectores que indican la dirección de la superficie frontal o exterior de una cara.

Si las normales de una superficie son negativas, entonces la información de la geometría de la pieza se leerá como si no existiera esa parte, por lo que la broca no pasará por esa zona o no entienda la pieza en conjunto y no podrá ser procesada.

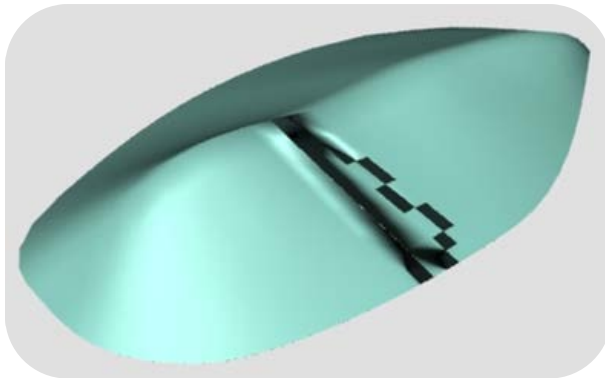
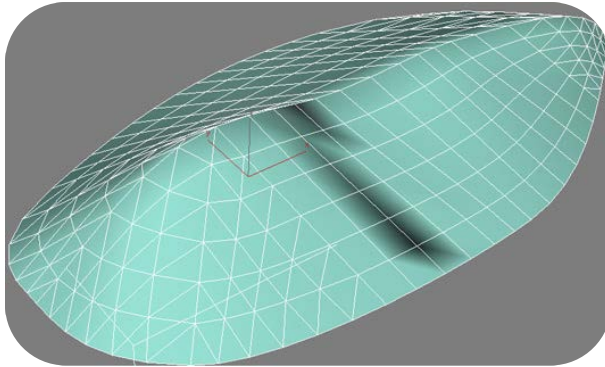
Para garantizar que las normales sean positivas, siempre se debe de modelar en sentido de las manecillas del reloj.



Las normales deben estar señalando hacia afuera para que todas las caras se puedan procesar

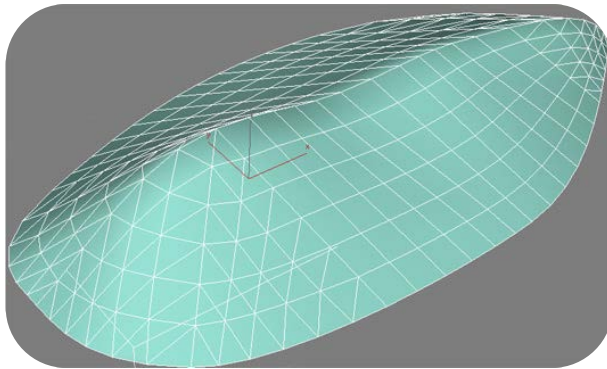
<http://docs.autodesk.com/ACD/2011/ESP/files/AUG/WS1a9193826455f5ffa23ce210c4a30acaf-7c96.htm>

Modelar en el sentido de las manecillas del reloj



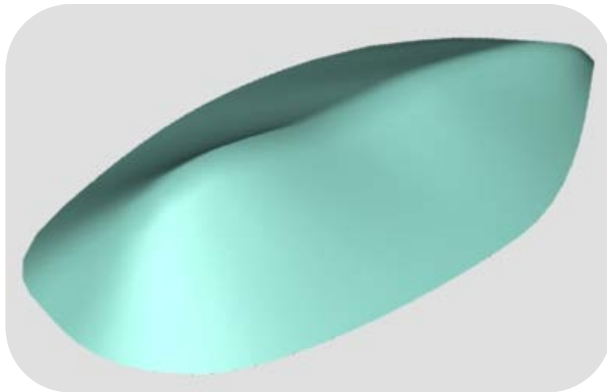
Normales negativas

Visualización en modelo digital y verificación en el render



Normales positivas

Visualización en modelo digital y verificación en el render



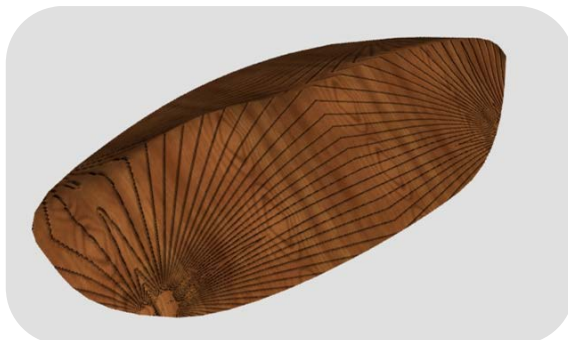
8. Dar salida al archivo en formato IGES
9. Definir qué tipo de dibujo se hará sobre la pieza. (Facetado, radial, lineal, grueso, delgado) Este proceso se define en los parámetros del programa que controla la máquina de CNC



Lineal grueso



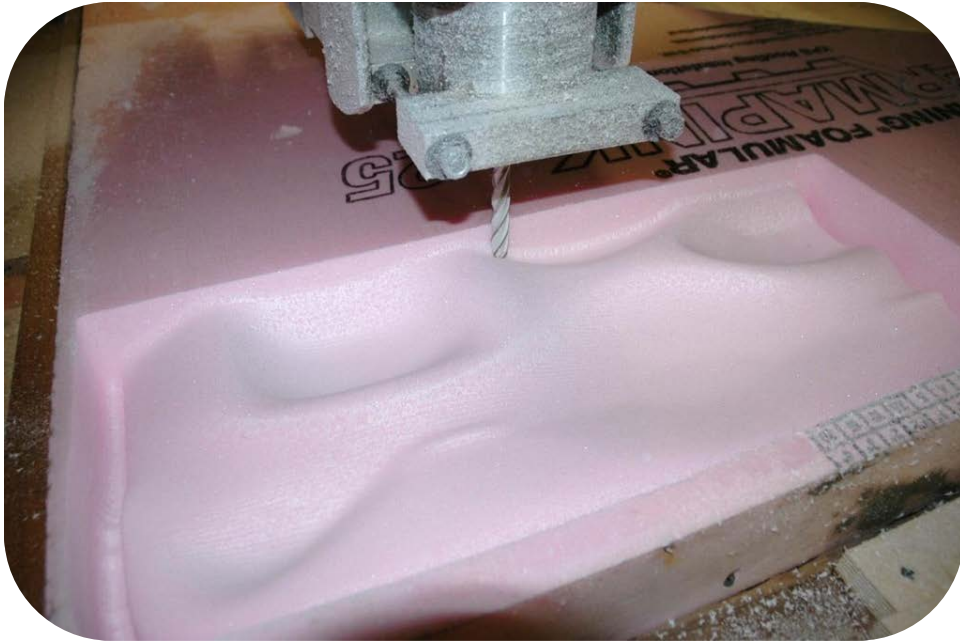
Lineal grueso a 45°



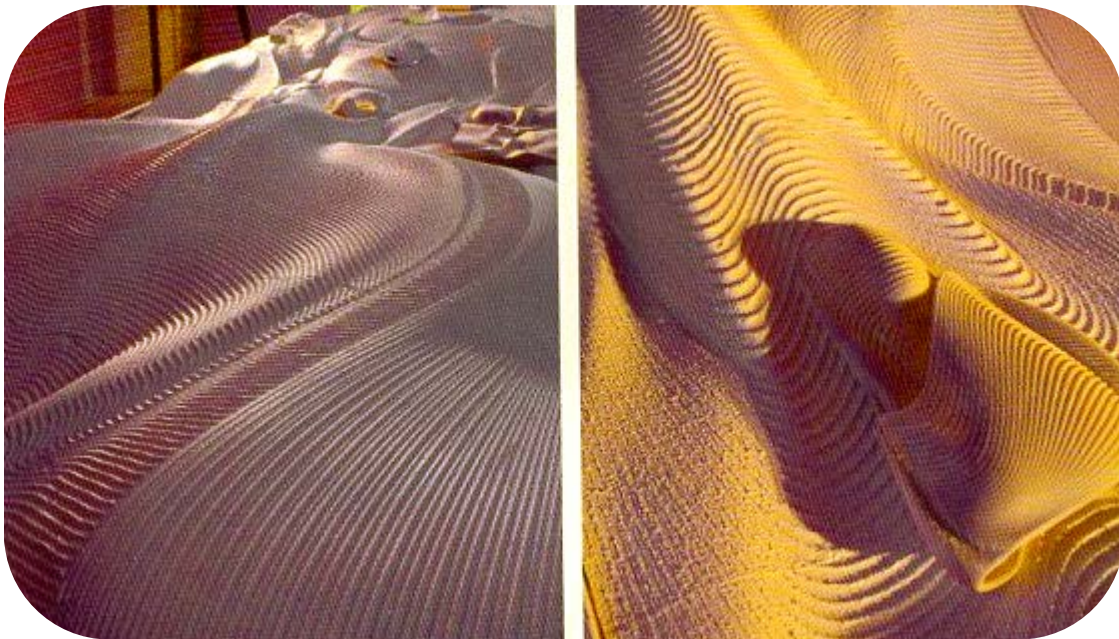
Radial



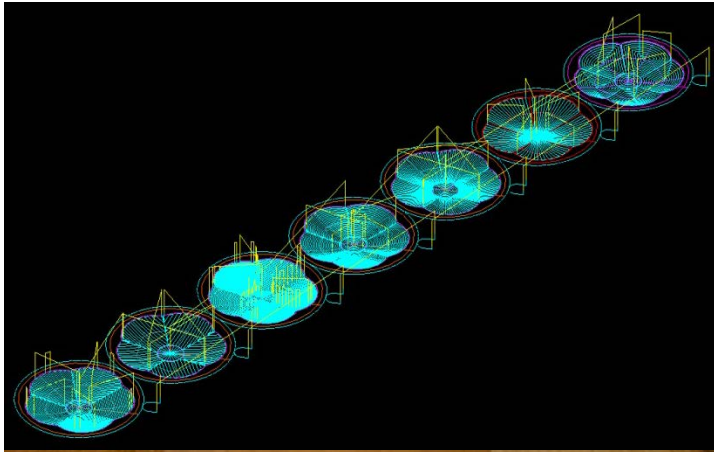
Lineal delgado



Fresado 3D en foam



Fresado de topografías



Ejemplos de dibujo según el movimiento de la broca

- **Prototipos generados en el equipo de cortadora láser**

La cortadora láser es uno de los equipos más útiles y convincentes dentro de los equipos de corte esto debido a su practicidad y diversidad, ya que los equipos pueden ser desde los más básicos para cortar papel, cartón, madera, acrílico hasta los más sofisticados que cortan vidrio, acero, cerámica y ciertos plásticos. Como la luz del láser puede ser concentrada en un área reducida, éstas pueden cortar materiales frágiles y delicados sin afectar el material adyacente a la pieza.

Las cortadoras pequeñas cortan papel y acrílico derritiendo y vaporizando el material con sólo el rayo láser mientras que los equipos más grandes se apoyan de una corriente de oxígeno o algún otro gas que permite una reacción química para realizar el corte.



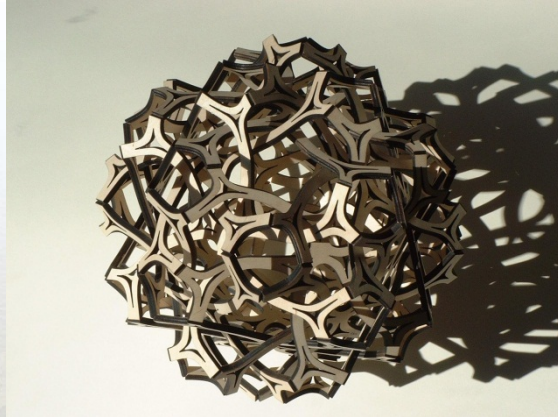
Es importante conocer el vataje de estos equipos, ya que de ello depende la potencia con que hará el corte que define los materiales a cortar y la velocidad con que esto se realice. Un equipo de 20 a 60w es suficiente para cortar papel, madera delgada y acrílico. Un equipo de 4,000w es necesario para cortar barras de acero de aproximadamente media pulgada con el apoyo de oxígeno.



Este equipo se encuentra en el laboratorio de Prototipado Rápido de Arquitectura, es un equipo de 60w



Este equipo es de 600w y permite cortar hasta 8mm de metal



Ejemplos de corte láser

Es importante conocer las dimensiones de la mesa de estos equipos ya que de ello depende el tamaño del material que quepa para ser cortado.

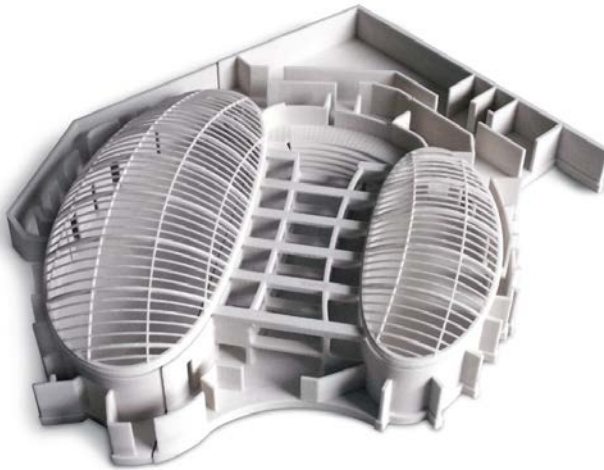
Los modelos deben estar en 2 dimensiones ya que las cortadoras sólo trabajan en los ejes X-Y

La salida para estos archivos es en formato dwg ya que se manejan en vectores.

- **Prototipos generados por la impresora 3D**

El prototipo que se imprima puede ser utilizado en varios casos, entre los más comunes están para la presentación del proyecto a un cliente, para el estudio de masas, para detalles, en el análisis de desempeño de un edificio, detección de conflictos estructurales y de instalaciones así como diferentes fases de la construcción.

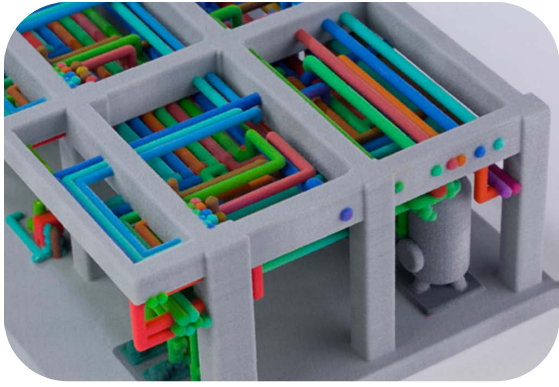
Es muy importante definir qué tipo de impresión se va a realizar, en qué material, qué calidad, la escala, así dependiendo de la función que se le va a dar a la pieza, se tomarán las decisiones pertinentes en el uso de geometrías específicas, el detalle del objeto y su complejidad en el modelado.



Estudio de masas



Impacto urbano



Detección de conflictos



Detalle



Análisis de energía

- **Impresión 3D en polvo en Zprinter**

El proceso de impresión 3D en este equipo es a partir de ir endureciendo capas a base de yeso o celulosa de un espesor entre 0,089 y 0.203 mm , a una resolución de los ejes X-Y de 300x450 ppp⁵. Las piezas pueden imprimirse a color o monocromáticas. Finalmente se infiltran con resina epóxica o cianoacrilato para endurecer las piezas.

Las dimensiones máximas que puede abarcar un objeto son de 20 x 20 x 20 cm, que es el tamaño de la charola de la impresora.

El espesor mínimo de la pieza son 3 mm. Este espesor mínimo varía dependiendo de las superficies a imprimir y se explica a continuación.



Zprinter 450

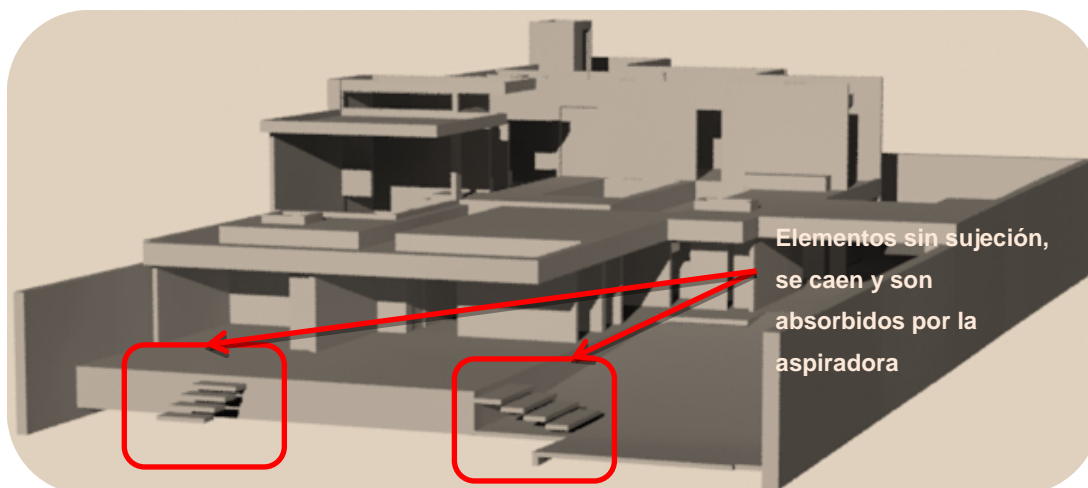
Impresora con la cuenta el Departamento de Arquitectura

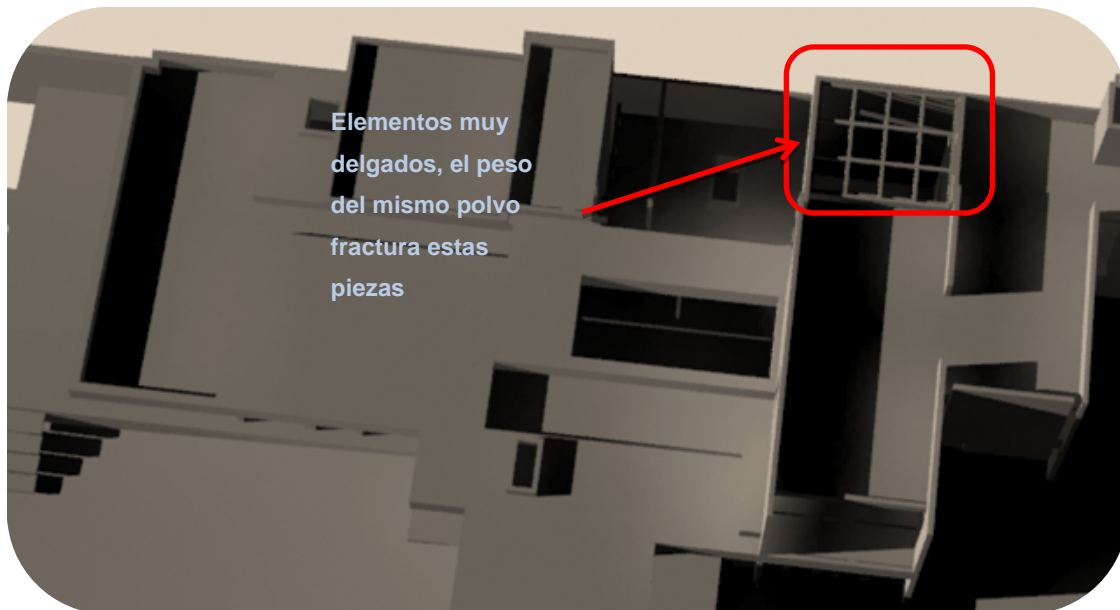
⁵ Ppp pixeles por pulgada

- **Preparación del modelo para imprimirse**

El objeto a imprimir debe estar modelado escala 1:1 y no exceder de las dimensiones máximas arriba mencionadas. Si el objeto es de mayores dimensiones, se tendrá que fraccionar para imprimir por partes y después unir con la resina epóxica.

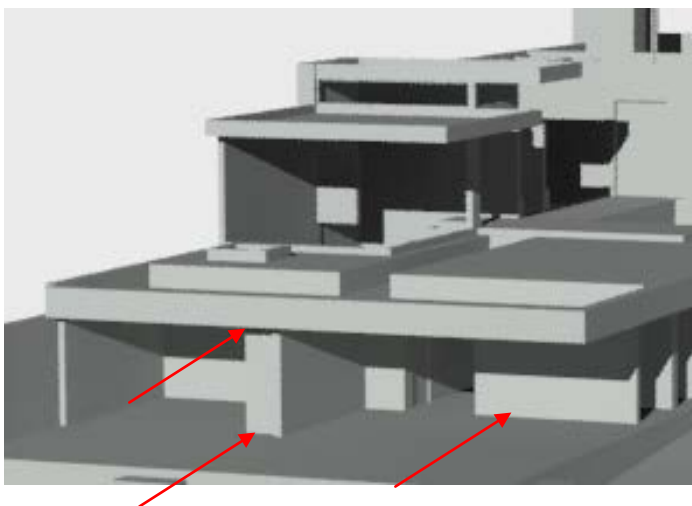
El objeto debe tener un espesor mínimo de 3mm, pero si la superficie es demasiado grande hay dos opciones de modelado, una es aumentar el espesor mínimo de la envolvente y la segunda es modelar una sección intermedia de soporte interior muy cerca de la superficie exterior. La razón de aumentar la sección o de fraccionar el vano es que al momento de terminarse de imprimir la pieza, la impresora vacía el polvo sobrante mediante un movimiento vibratorio de la charola. Esta vibración provoca que el polvo contenido en los vanos empuje a las superficies laterales y las llegue a fracturar. También es posible eliminar el polvo de manera manual con la aspiradora, pero se corre el riesgo que estas estructuras tan delgadas sean absorbidas por la aspiradora que ayuda a retirar el polvo sobrante.





En el caso de ventanas, éstas deben modelarse con un espesor mayor para poder sostenerse sin fracturarse y soportar el empuje del polvo interno al momento del vaciado. Es el mismo caso para las losas, deben tener espesor suficiente para que no se desmoronen.

Otro factor muy importante es que los muros, columnas y cualquier otro elemento que se desplante del piso, deberá estar completamente pegado con los elementos de la base y el tope para evitar que se impriman como objetos separados y se fracture la pieza



Cuando el modelo es un sólido hueco, es necesario crear en la base del modelo una apertura para que el polvo pueda salir de lo contrario la pieza pesaría mucho más, además de que el costo de la pieza se incrementa.



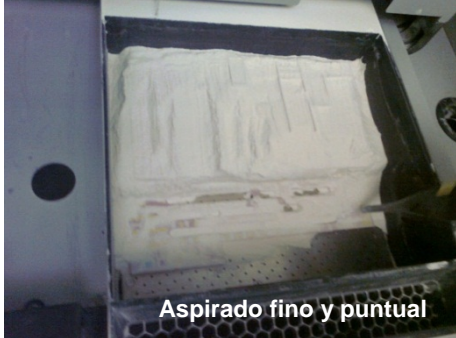
Pieza al terminar de imprimir



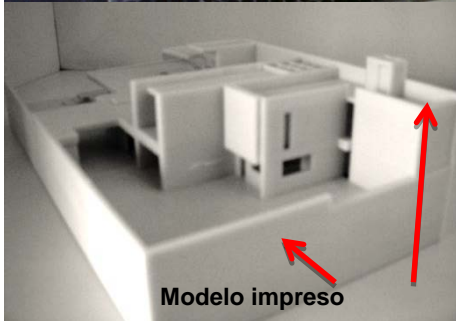
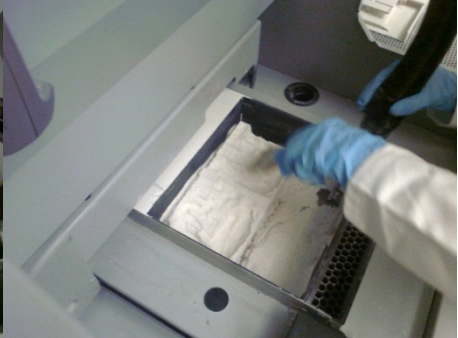
Instrumentos para aspirar



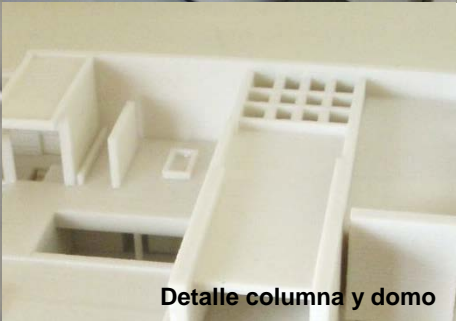
Apoyo de una brocha para remover el polvo en partes delicadas



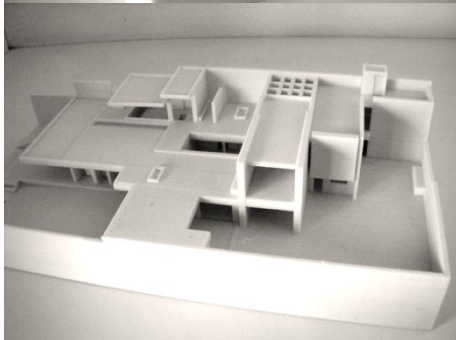
Aspirado fino y puntual



Modelo impreso



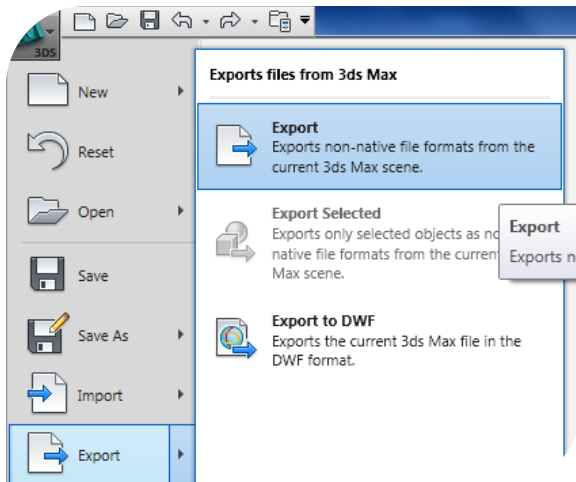
Detalle columna y domo



Modelo impreso

- **Formatos de salida para impresión 3D**

Los formatos para exportar los modelos 3D para ser impresos tridimensionalmente son:



Exportación de archivos desde 3DMax

.STL de estereolitografía. Este método es para piezas monocromáticas.

Es el formato de archivo estándar más aceptado en la tecnología de la impresión 3D.

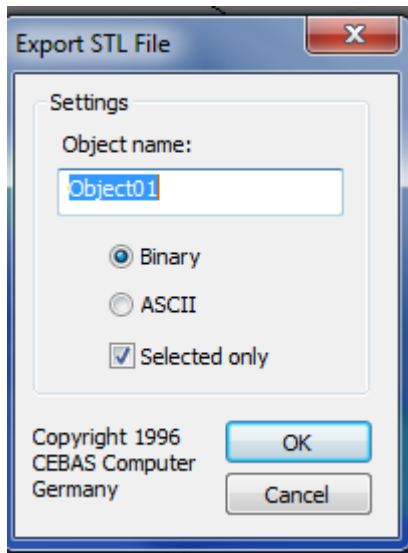
El archivo generado es convertido por el programa CAD que se utilice en una serie de triángulos utilizados para definir la figura o el envoltorio de un objeto. Los objetos redondeados se recalculan en objetos facetados.

La meta en esta clase de archivos es crear el menor número de triángulos posibles que definan de buena manera el objeto, ya que al incrementar el número de triángulos hace que crezca exponencialmente el archivo y haya problemas de reconocimiento de datos al momento de imprimir el objeto.

Al estar modelando el objeto que se va a imprimir, se deberá considerar que no es necesario refinar las mallas, ya que éstas lo único que crearían sería un archivo más pesado y finalmente se imprimiera facetada la superficie.

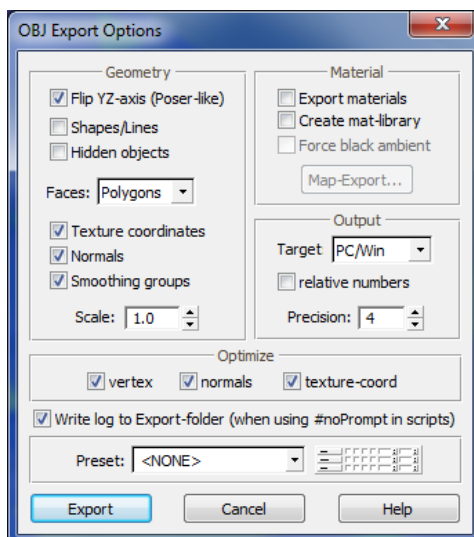
Si un objeto se escala, es conveniente revisar cómo se vería impreso y se deberán eliminar todos los pequeños detalles que de igual manera no se podrán apreciar en la impresión. Por lo que antes de convertir el archivo a STL es conveniente o borrarlos o no exportarlos.

La mayoría de las veces es casi imposible tener el control sobre el número de triángulos pero siempre es importante tener en consideración los puntos anteriores para un mejor resultado.



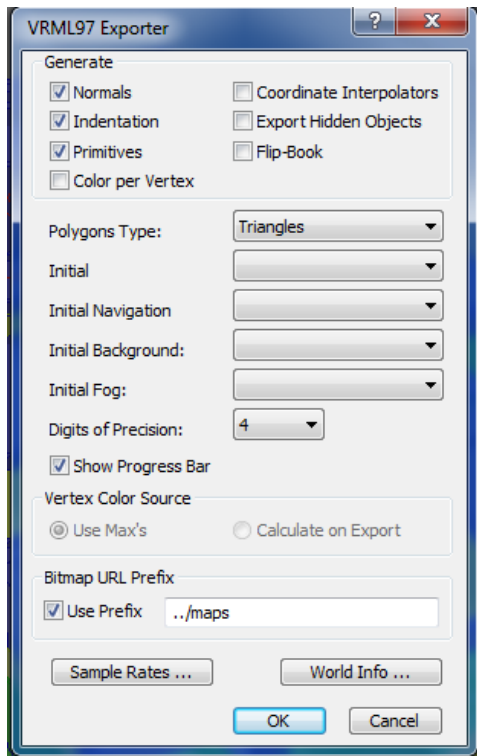
Opción de exportar sólo lo seleccionado

.OBJ este formato soporta geometrías de formas libres y poligonales. Puede incluir materiales



*Opción de exportar materiales.
Opción de forzar las normales positivas*

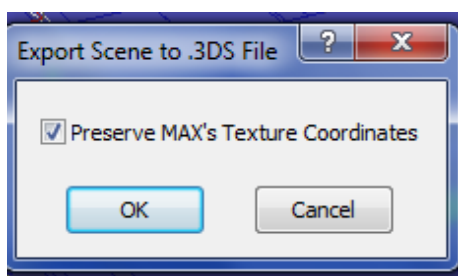
.WRL ó .VRML lenguaje de modelado de realidad virtual. En estos archivos se detallan los vértices y aristas de polígonos en 3D. Se incluyen colores y texturas del modelo.



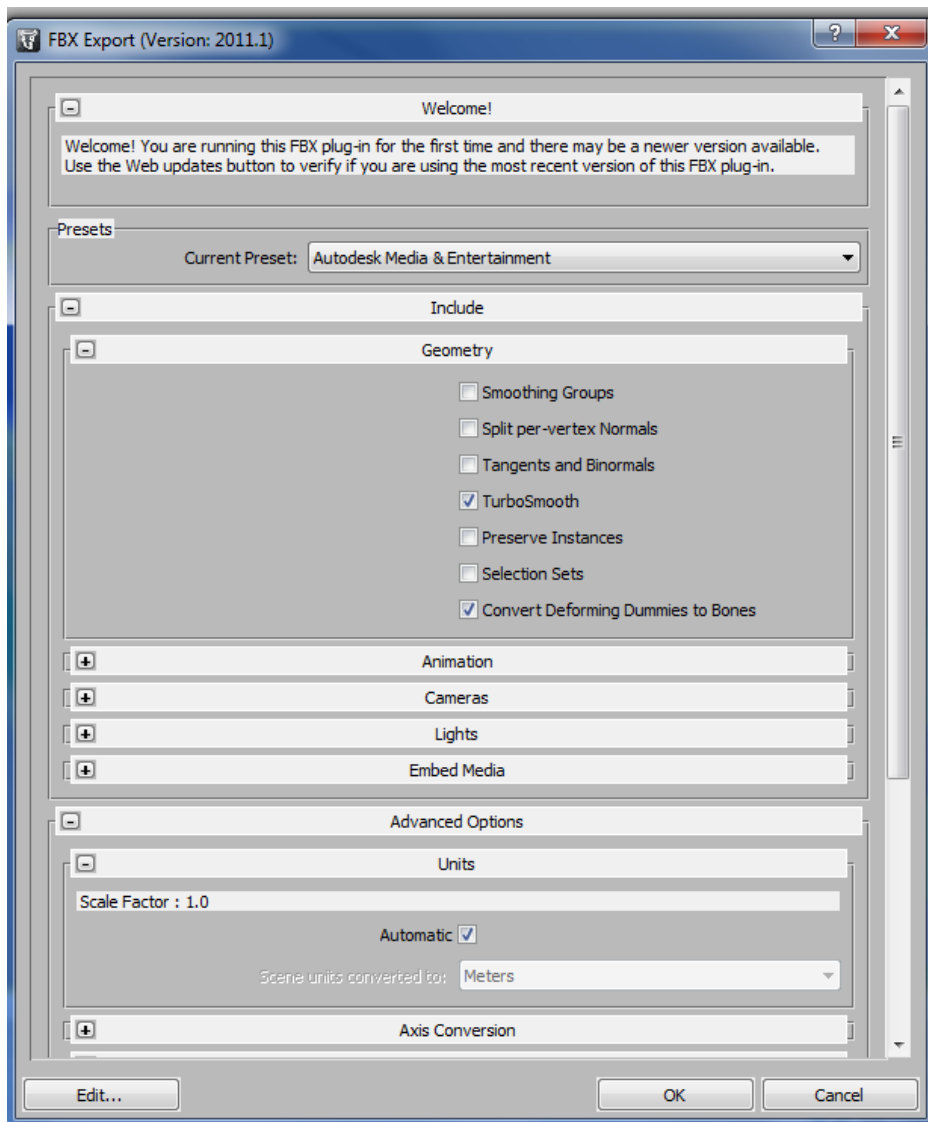
Opción de seleccionar tipo de polígonos
Opción de exportar materiales.
Opción de forzar las normales positivas

.PLY para modelos poligonales. Guarda la información tridimensional obtenida de los escáneres 3D. Tienen propiedades de color, transparencia, normales, coordenadas de texturas. Permite trabajar con distintas propiedades en los polígonos frontales y traseros.

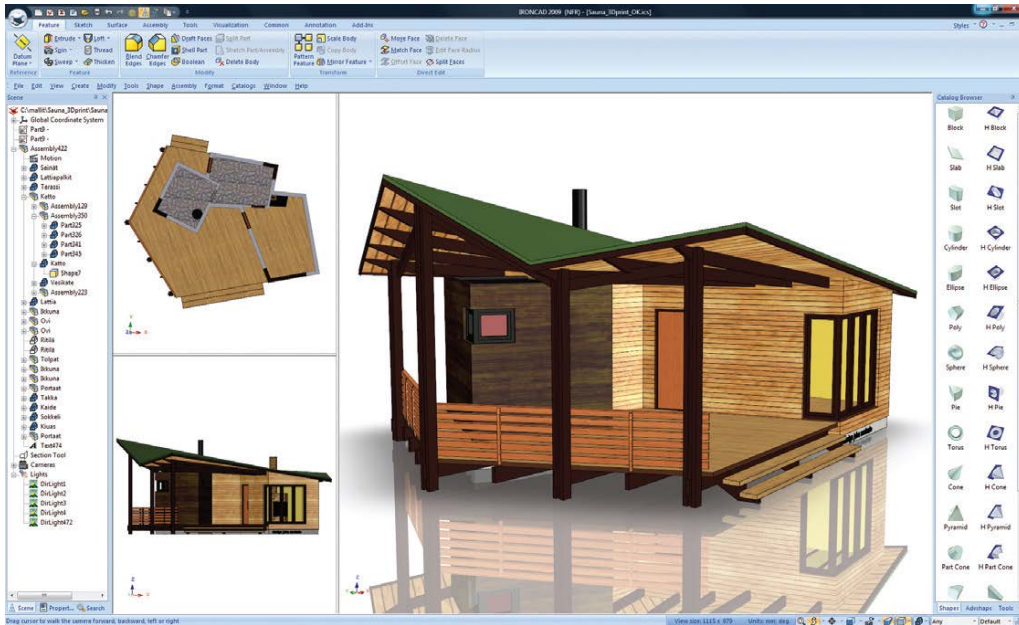
.3DS archivo nativo de 3DStudio Max. Las desventajas es que triangula todos los polígonos y el número de vértices y polígonos por mallas tiene un número limitado.



.FBX posee una alta fidelidad en los archivos de intercambio, en los cuales se retiene mayor cantidad de datos y los flujos de trabajo son más eficientes. Esta salida trabaja mejor entre los programas de Autodesk



.ZPR programas como Rhino o form•Z pueden exportar directamente en este formato de archivo imprimible que incluye la información necesaria para imprimir modelos con color y texturas simuladas. Es un archivo de Zprint por lo que es muy transparente al momento de usar las impresoras de esta compañía.



Modelo para exportar con texturas y colores

En todos los casos se exporta una malla o serie de triángulos que conforman el volumen 3D. Esta malla debe ser hermética para asegurar que el modelo sea un sólido y no sólo superficies sin espesor. Esto garantiza la existencia del modelo para su fabricación real.

	STL	VRML	3DS	PLY	ZPR
AUTOCAD	■				
Revit ⁶	■				
3ds Max Design		■	■		
MicroStation	■	■			
ArchiCAD	■	■			
Rhino	■	■	■	■	■
form•Z	■	■	■	■	■
SketchUp Pro	■	■	■		

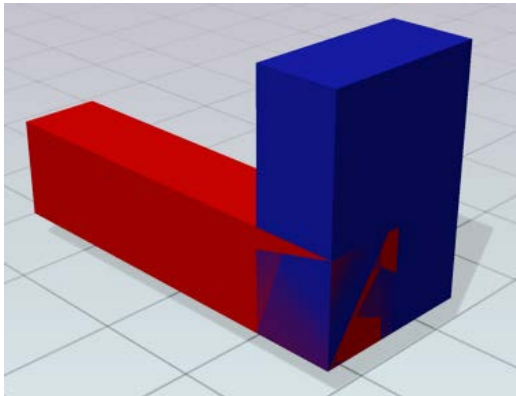
Tabla que resume los formatos de archivo de programas de diseño 3D

- **Formato de salida desde SketchUp, AutoCAD y Revit**

SketchUp modela a base de polígonos, por lo que necesita un componente para poder convertir estos polígonos en una malla sólida para poder ser impresa.

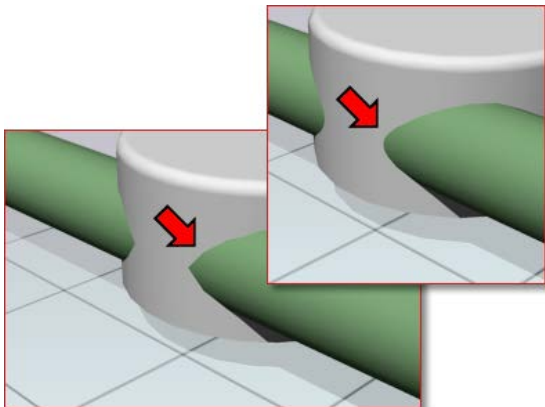
El componente más relacionado con el sketchUp es el CADspan, el cual provee de las herramientas necesarias para preparar el modelo para la impresión 3D y darle salida en formato .STL

Este componente reconstruye la superficie en una malla sólida que elimina errores geométricos comunes como son pequeñas hendiduras y hoyos, caras coplanares, caras coincidentes, eliminación de geometría interna, suaviza la geometría redondeada.



caras coplanares

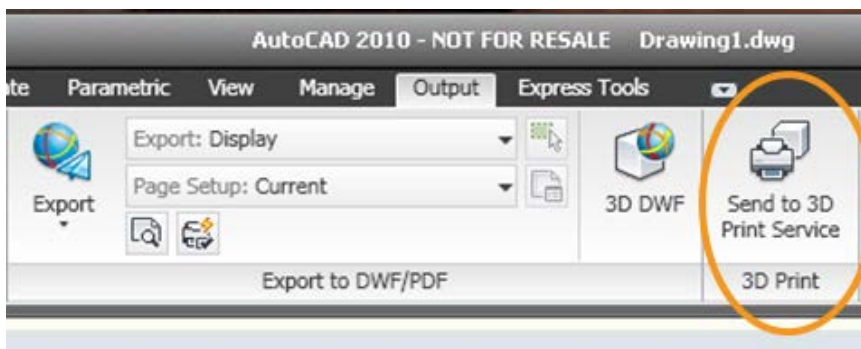
<http://docs.autodesk.com/ACD/2011/ESP/files/AUG/WS1a9193826455f5ffa23ce210c4a30acaf-7c8d.htm>



caras coincidentes

<http://docs.autodesk.com/ACD/2011/ESP/files/AUG/WS1a9193826455f5ffa23ce210c4a30acaf-7c8d.htm>

Para AutoCAD se puede exportar con los formatos previos o seleccionar directamente en el botón de *enviar a impresión 3D*.



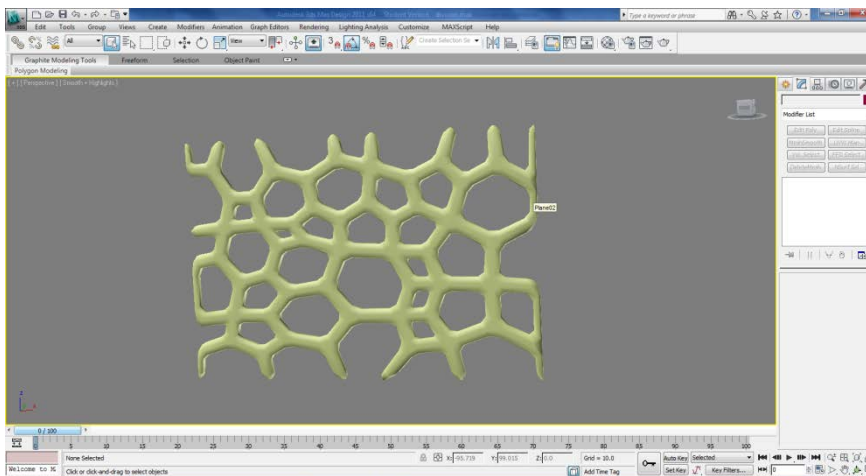
Para Revit, se exporta al formato STL o FBX.

Para exportar a STL es recomendable bajar la extensión de programa que se encuentra en http://labs.autodesk.com/utilities/revit_stl/

Opcionalmente se puede exportar a 3DMax para posteriormente exportar el archivo a color.

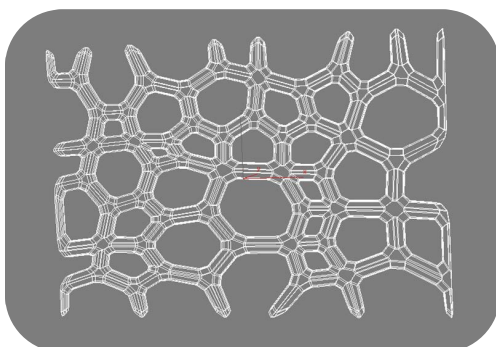
- **El proceso de impresión 3D**

Se tiene el modelo construido en un programa de CAD

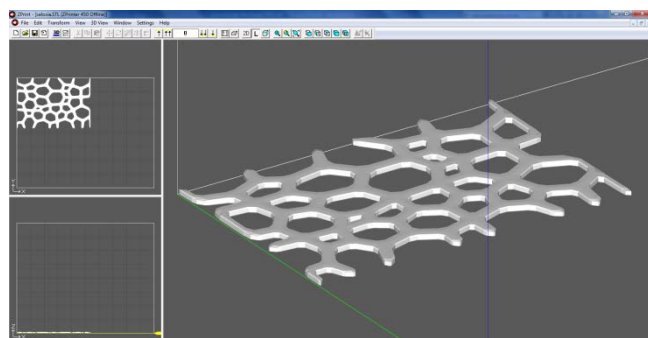


Programa de CAD

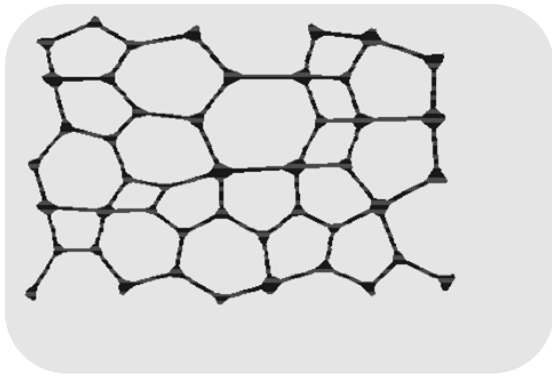
El programa CAD exporta los archivos en formatos estándar para la impresión 3D. El archivo exportado es una malla que engloba el volumen 3D.



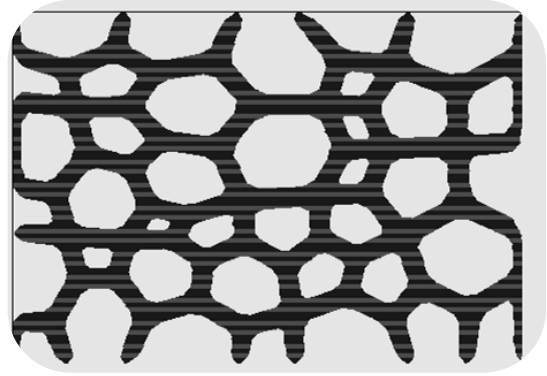
Malla



ZPrint software



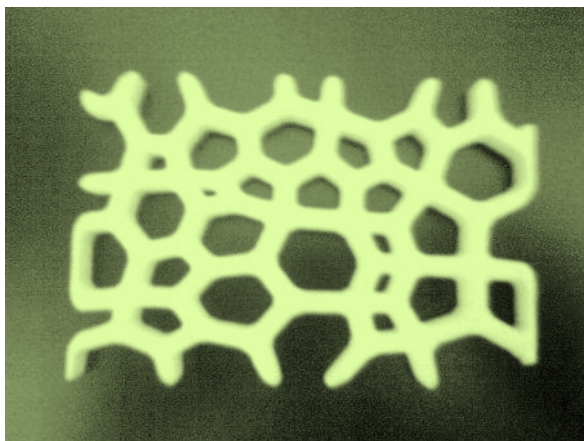
Capas



El programa ZPrint secciona al modelo 3D en cientos de secciones cruzadas digitales que corresponden a la capa que va a ser impresa para obtener el prototipo final.



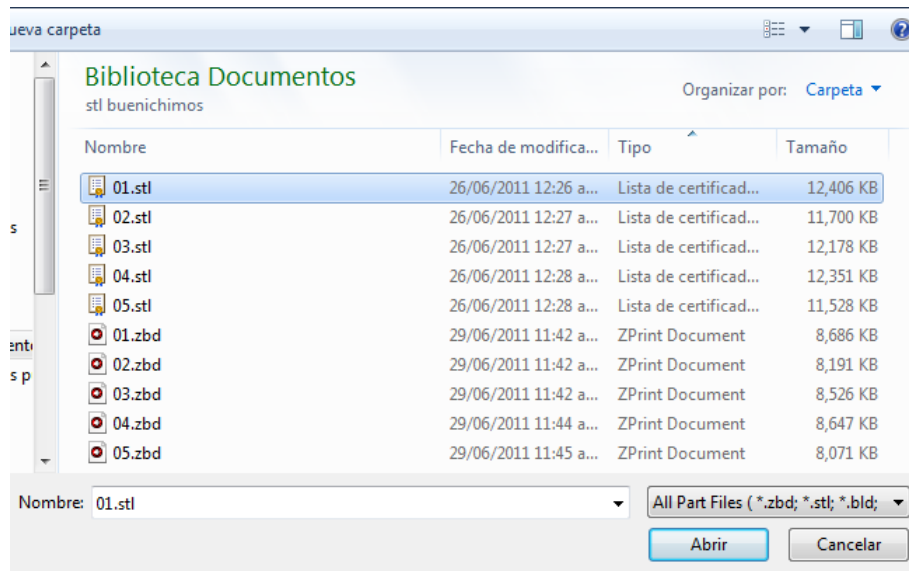
ZPrinter



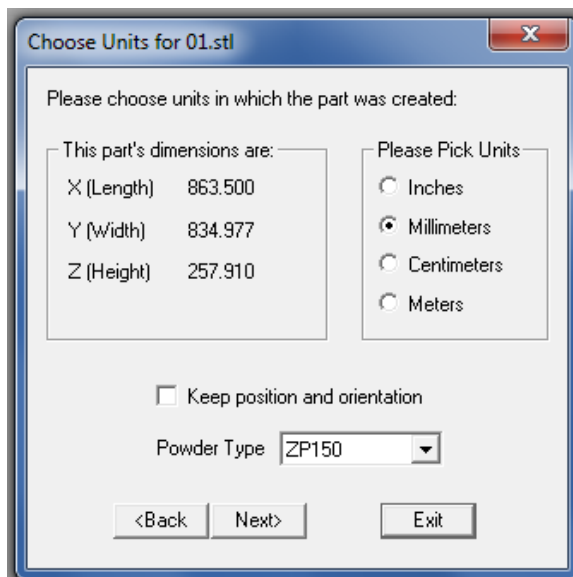
Modelo terminado

Uso del programa Zprint:

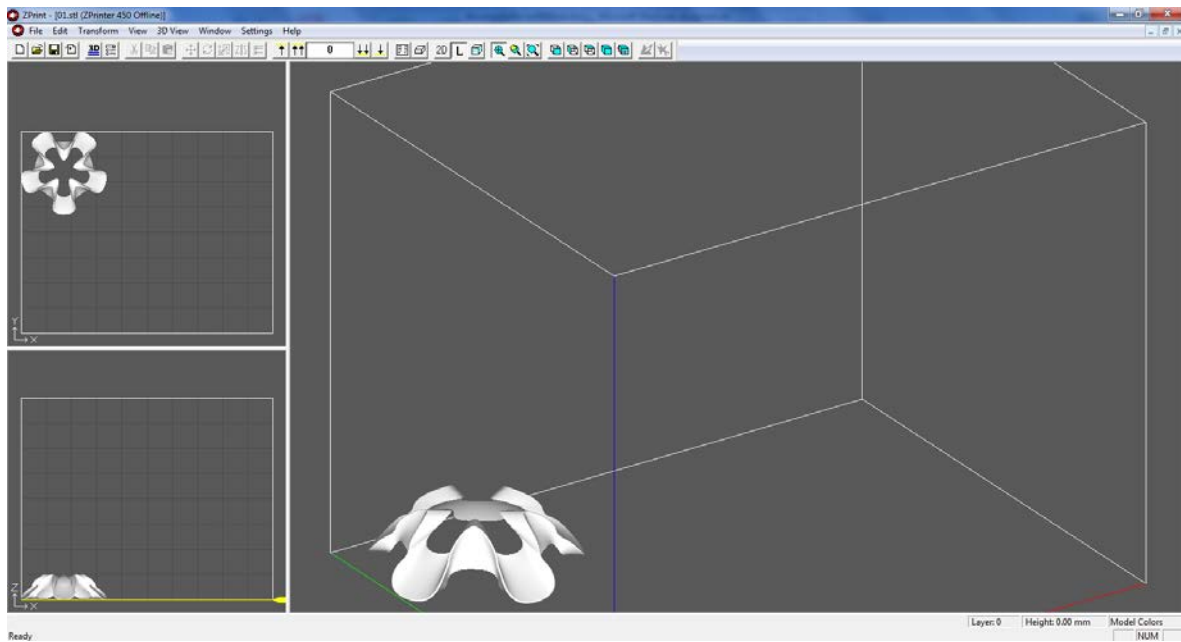
Abrir el archivo .stl, .vrmf o correspondiente



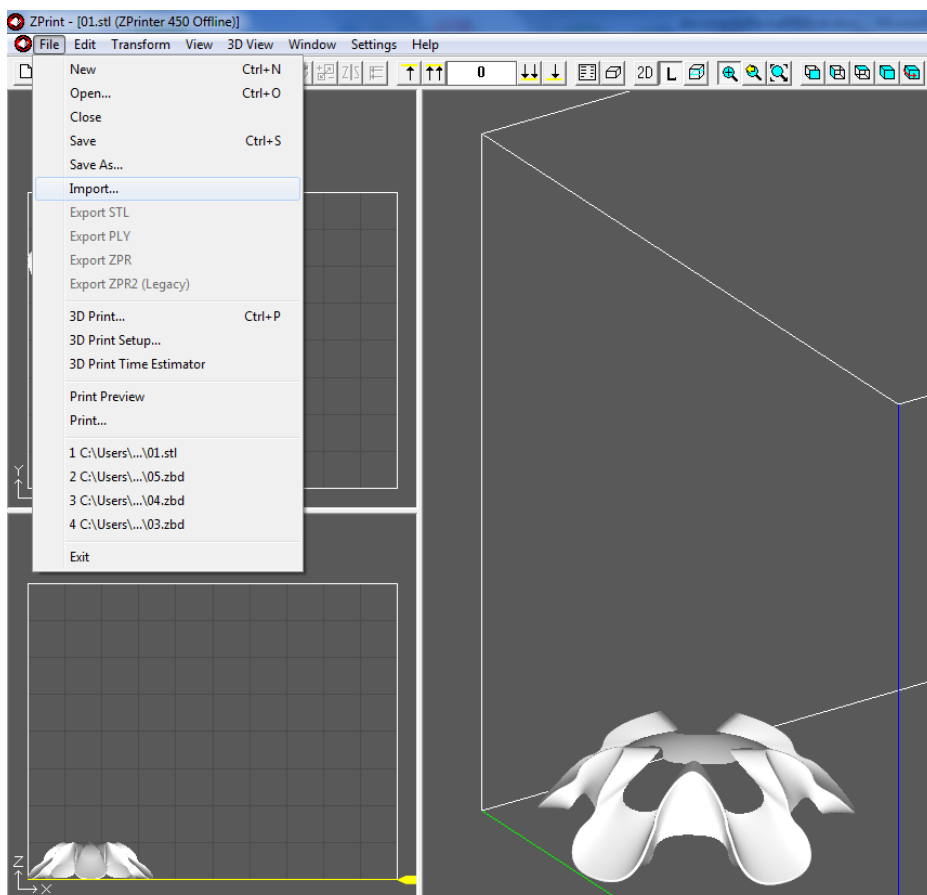
A continuación, seleccionar las unidades en que se modeló y el tipo de polvo a utilizarse⁶, en nuestro caso, seleccionar el ZP150



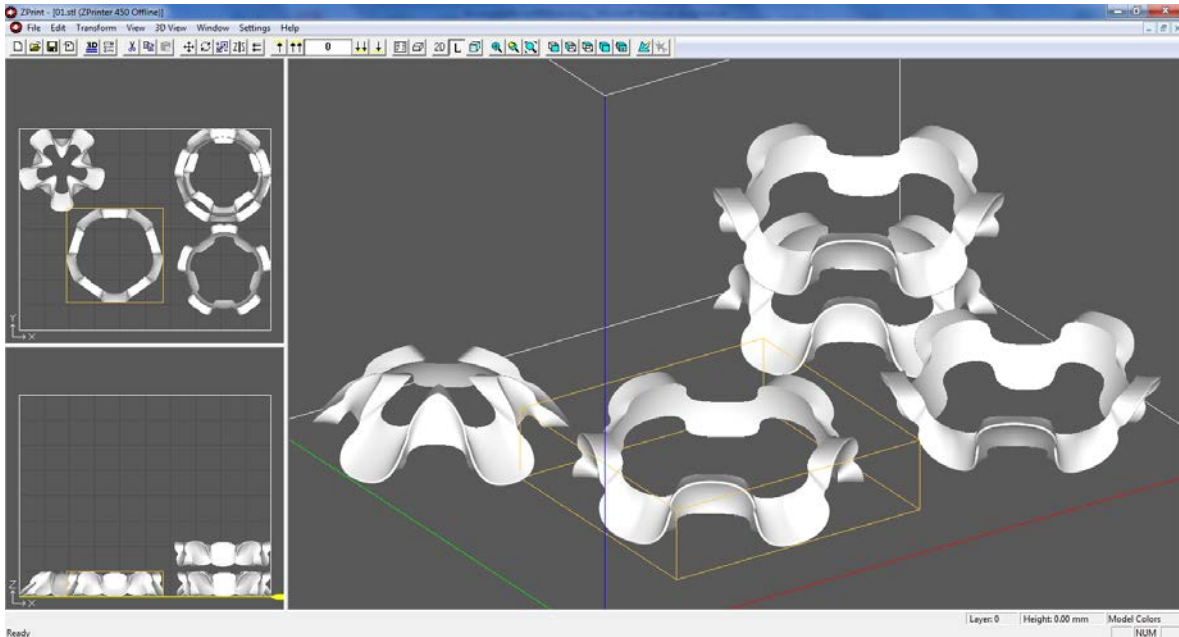
⁶ El tipo de polvo depende de la textura final que se quiera dar al objeto, existen polvos que permiten que la pieza sea flexible. No todas las impresoras aceptan este último tipo de material



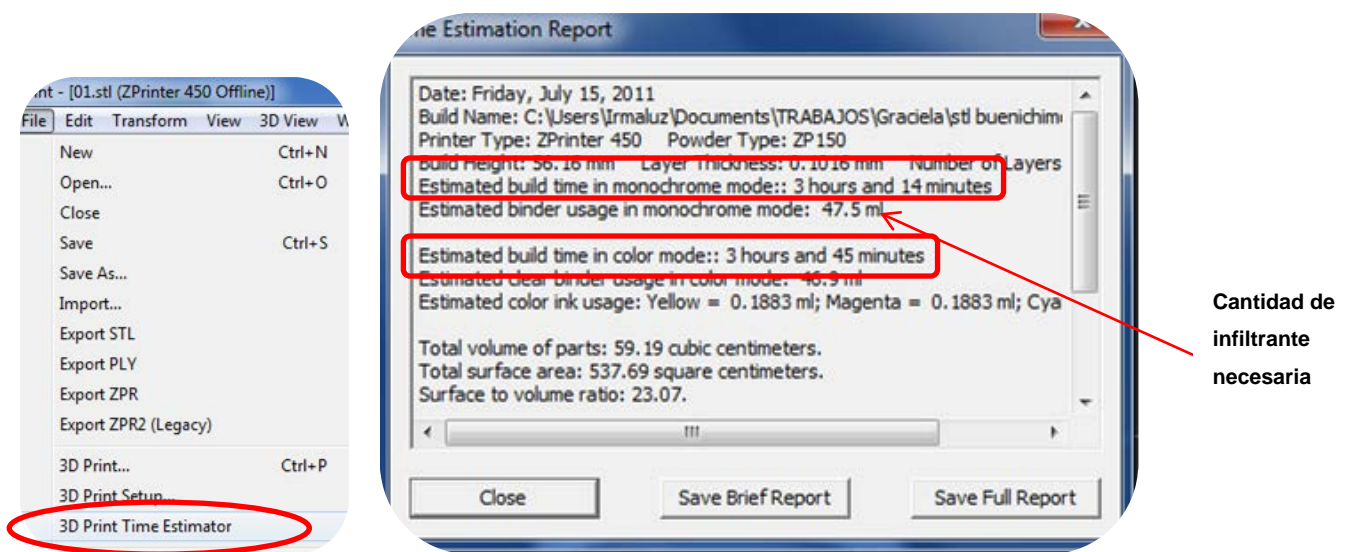
Si se tienen varias piezas y queda espacio en la cama, éstas se pueden anexar a la primera importando las piezas



Y sólo restaría acomodar las piezas



Para tener un estimado de tiempo de impresión, se debe consultar la opción de *3D Print Time Estimator*. Este archivo también sirve para cuantificar la cantidad de material que utilizó la impresora, así como la cantidad que necesitará de resina para infiltrar⁷ la pieza.

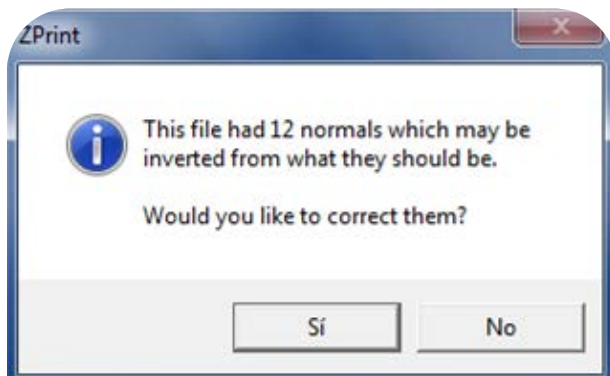


5.7.1 Errores comunes en el modelo para imprimir

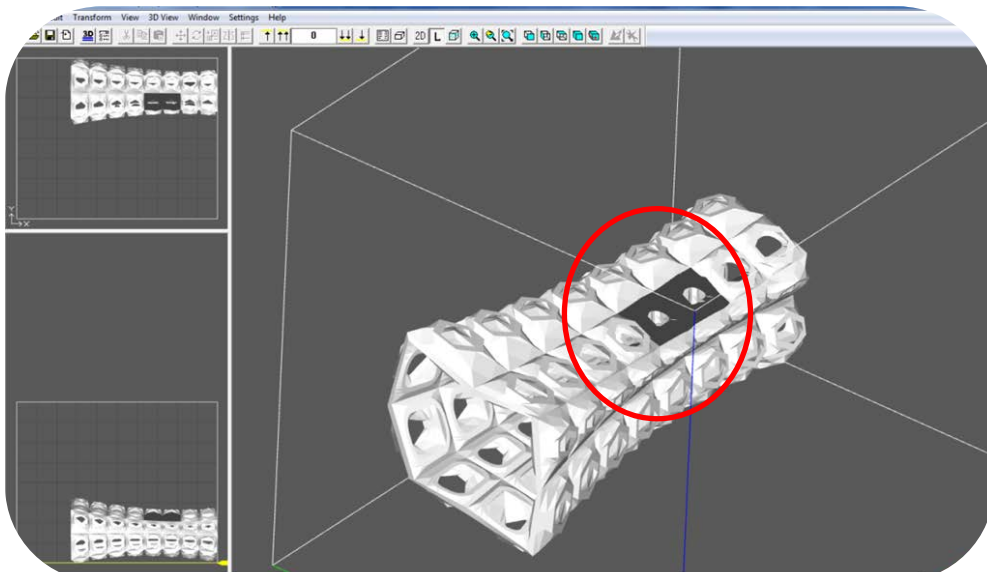
El error más común es que la pieza venga con las normales invertidas.

⁷ La pieza debe de infiltrarse con cianoacrilato o con resina para endurecer la pieza. Si es con el primer material, sólo hay que esperar a que seque, si es con el segundo se puede meter al horno para acelerar la reacción, o esperar 24 horas a que seque.

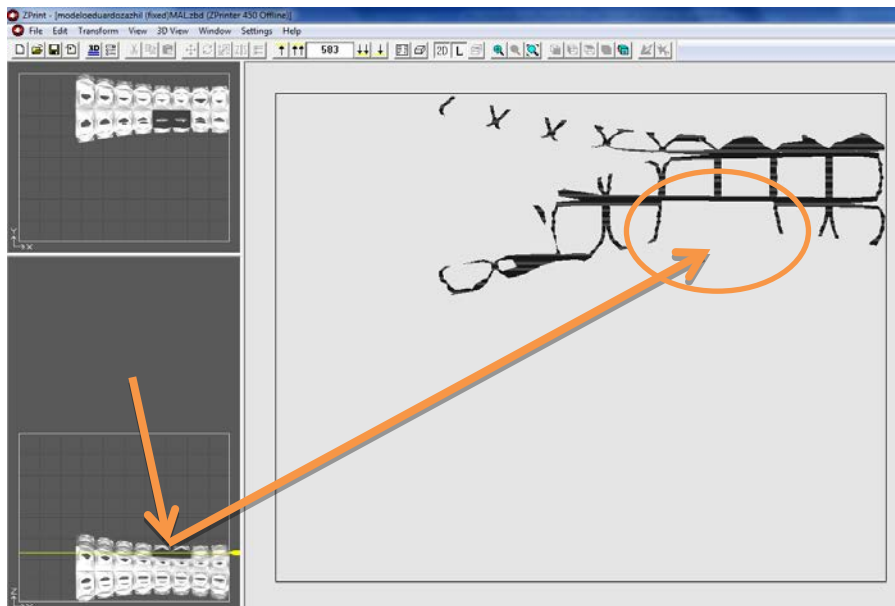
Ocasionalmente al abrir el archivo, por default el programa de Zprint puede arreglar las normales



Pero si el archivo viene con muchos errores de normales, entonces el programa no podrá arreglar el error y la pieza se verá con la superficie de las normales invertidas en un gris oscuro. Si se manda a imprimir la pieza con este error, simplemente las superficies se leen como inexistentes y puede imprimir sólo la cara posterior con el grosor de una hoja de papel, por tanto se quebrará la pieza.

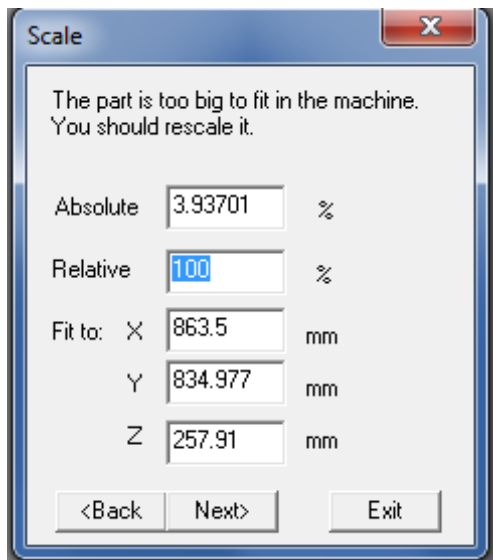


Al previsualizar la impresión se puede detectar la zona que no se imprimirá.

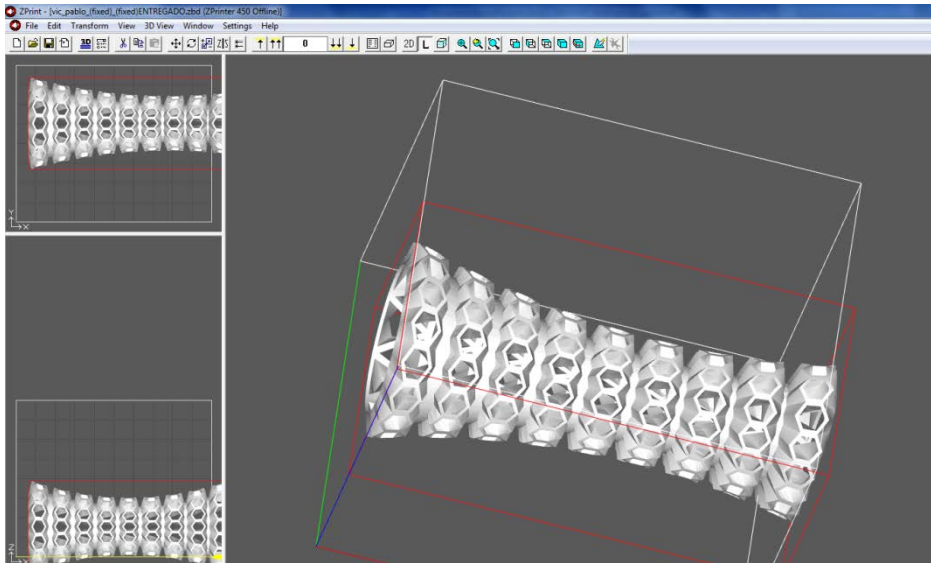


No está imprimiendo las capas

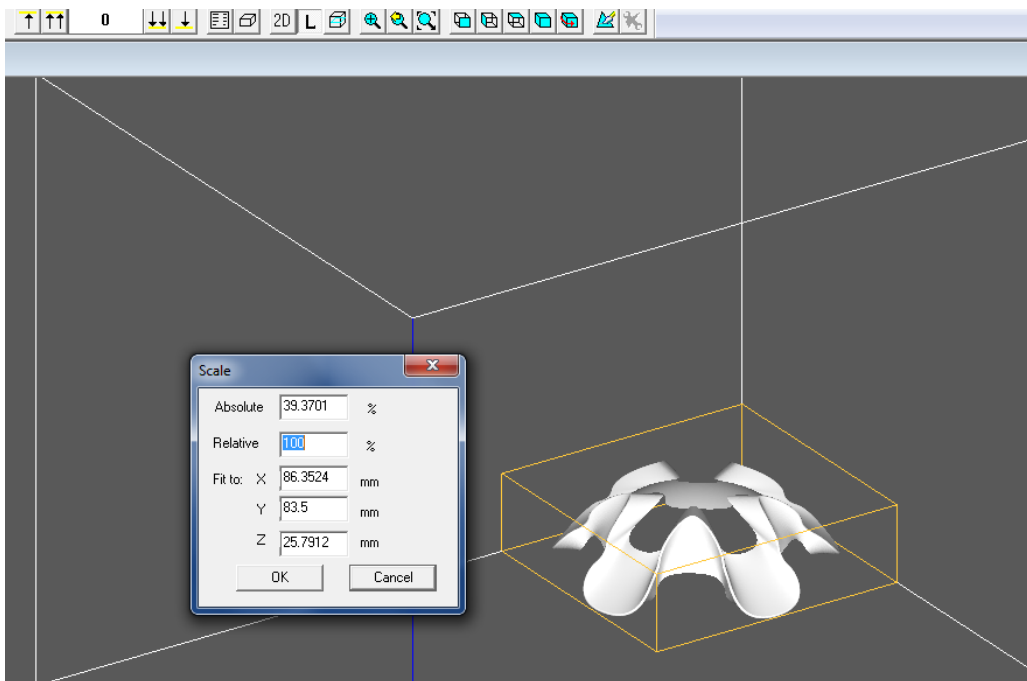
Otro error es el tamaño de la pieza. En ocasiones ésta no viene escalada, así que después de dar las unidades del archivo, aparece esta ventana en donde se puede escalar la pieza.



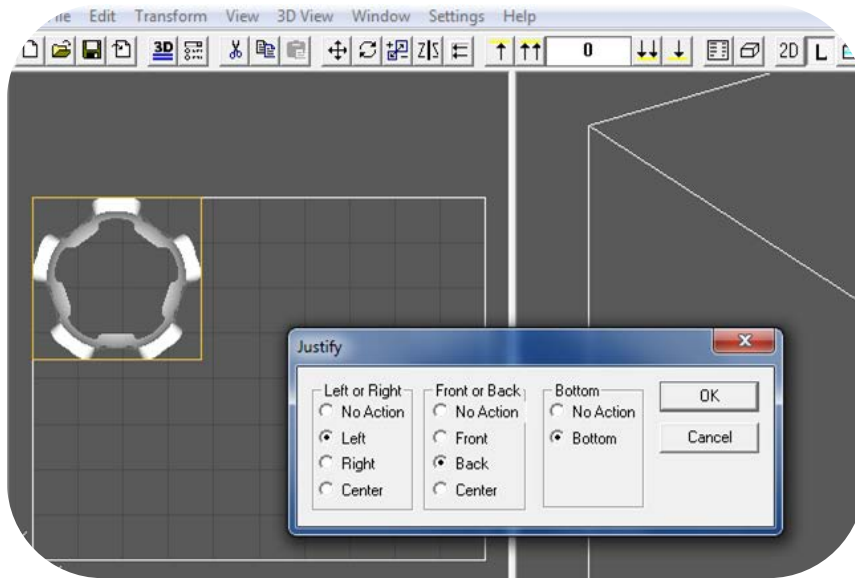
Otra forma de arreglar la pieza es abrirla al 100% y revisar que la pieza no quede dentro de un recuadro rojo, ya que se encuentra fuera de los límites de impresión. Para solucionar este problema hay dos opciones dependiendo de lo que se necesite. Si es necesaria la escala definida originalmente de la pieza, entonces hay que partirla en dos o en las piezas necesarias que quepan en la cama de impresión. Posteriormente las piezas se unen con resina o con cianoacrilato.



La otra es escalar la pieza dentro del programa dando clic derecho sobre la pieza y seleccionar la opción de *Scale*.



Es importante siempre justificar la pieza LEFT/ BACK/BOTTOM para así acomodarla y hacer que la impresión sea más rápida ya que el carro que lleva el aglutinante va de la parte trasera hacia la delantera de la impresora.



Click derecho sobre la figura y elegir Justify