

Requisitos de uso de tecnologías de fabricación rápida en el sector del plástico

Actividad perteneciente al proyecto **PLAST-INNOVA**

IMPLANTACIÓN DE TECNOLOGÍAS INNOVADORAS DE FABRICACIÓN RÁPIDA DE MODELOS, MOLDES Y PRODUCTOS PARA EL SECTOR DEL PLÁSTICO



Plan de Consolidación
y Competitividad de la
Pyme



SECRETARÍA DE ESTADO DE ENERGÍA,
DESARROLLO INDUSTRIAL Y
DE LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA
DIRECCIÓN GENERAL
DE POLÍTICA DE LA PYME

Con la participación de:



AIMME
INSTITUTO TECNOLÓGICO
METALMECÁNICO



ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
1.1	TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN RÁPIDA	3
1.2	FICHERO STL	3
1.3	PRECISIÓN	6
1.4	RESOLUCIÓN	6
1.5	ESPESOR DE CAPA.....	7
1.6	ESCALONADO	7
1.7	MODELO SÓLIDO Y DE SUPERFICIES	8
1.8	FORMATOS DE INTERCAMBIO GRÁFICO RECOMENDADOS	10
1.9	ENVÍO DE FICHEROS STL	10
2	SLA. ESTEREOLITOGRAFÍA	11
2.1	DESCRIPCIÓN PROCESO	11
2.2	EJEMPLOS REPRESENTATIVOS.....	11
2.3	REQUISITOS DE DISEÑO.....	11
3	POLYJET. IMPRESIÓN DE FOTOPOLÍMEROS	13
3.1	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	13
3.2	EJEMPLOS REPRESENTATIVOS.....	13
3.3	REQUISITOS DE DISEÑO.....	14
4	FDM. MODELADO POR DEPOSICIÓN DE HILO FUNDIDO	15
4.1	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	15
4.2	EJEMPLOS REPRESENTATIVOS.....	15
4.3	REQUISITOS DE DISEÑO.....	16
5	SLS PA. SINTERIZADO SELECTIVO LÁSER DE PA	17
5.1	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	17
5.2	EJEMPLOS REPRESENTATIVOS.....	17
5.3	REQUISITOS DE DISEÑO.....	18
6	VC. COLADA EN VACÍO DE POLIURETANOS	19
6.1	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	19
6.2	EJEMPLOS REPRESENTATIVOS.....	19
6.3	REQUISITOS DE DISEÑO.....	20
7	NVC. INYECCIÓN EN VACÍO DE NYLON	22
7.1	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	22
7.2	EJEMPLOS REPRESENTATIVOS.....	22
7.3	REQUISITOS DE DISEÑO.....	23

1 Introducción

En este documento se ha querido plasmar los requisitos de uso de las principales tecnologías de fabricación rápida y las peculiaridades que se ha de tener en cuenta.

Para ello se explicaran los principales conceptos para la comprensión de estos procesos de fabricación y se particularizará para cada una de las tecnologías.

1.1 *Tecnologías de fabricación rápida*

Son aquellas tecnologías que permiten fabricar modelos o productos a partir de información electrónica.

Distinguimos entre tecnologías directas e indirectas. Las técnicas directas son tecnologías aditivas, es decir, los modelos se construyen por aportación de material. En las indirectas se requiere un paso adicional

Las principales tecnologías directas para fabricar modelos o productos de plástico son:

- SLA. Estereolitografía.
- Polyjet. Impresión de fotopolímeros.
- FDM. Modelado por deposición de hilo fundido.
- SLS PA. Sinterizado Selectivo Láser de PA

Y las indirectas:

- VC. Colada en vacío de poliuretanos
- NVC. Inyección en vacío de nylon

1.2 *Fichero STL*

La transferencia de la geometría 3D sólido del modelo a reproducir con los sistemas de fabricación rápida se realiza mediante ficheros STL.

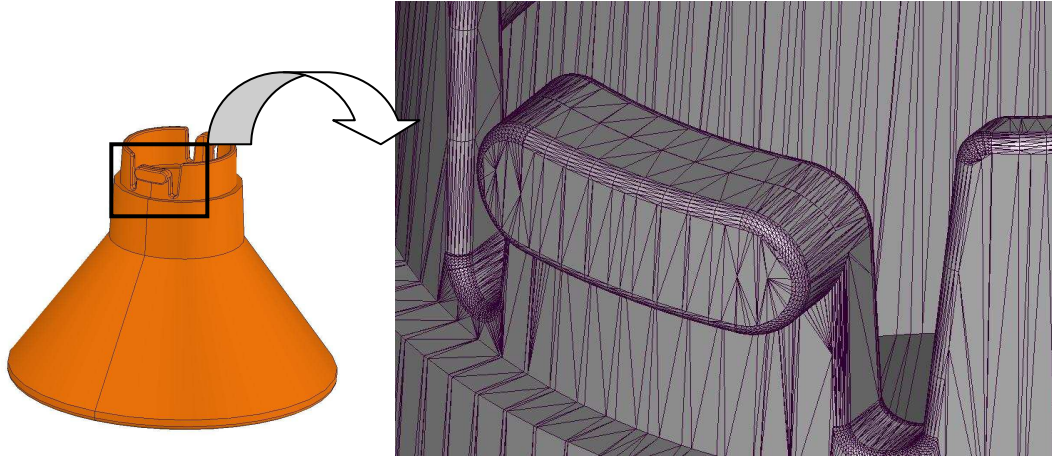
El formato .STL se ha convertido en el formato estándar de transmisión de datos para la industria de Rapid Manufacturing y es el formato requerido para interactuar con cualquier sistema de RM. La mayoría de los actuales sistemas CAD son capaces de producir un fichero STL. Para el usuario, el proceso es, a menudo, tan simple como seleccionar File, Save As, STL.

En todos los casos, se debe exportar el fichero STL como un fichero Binario. Esto ahorra tiempo y reduce el tamaño del fichero. Normalmente las oficinas de servicios de RM determinan la idoneidad de los ficheros STL recibidos. En caso de no ser adecuados para la construcción de las piezas, se requerirá una actualización del mismo.

Los ficheros STL son procesados por el software específico de las máquinas de RM y la geometría 3D es convertida en un número determinado de secciones 2D, que posteriormente serán reproducidas con diferentes procesos, materiales y tecnologías.

1.2.1 Definición

Un fichero STL, cuyas siglas provienen de la palabra “StereoLithography”, es una aproximación, mediante mallas poliédricas, a la geometría de una superficie 3D.



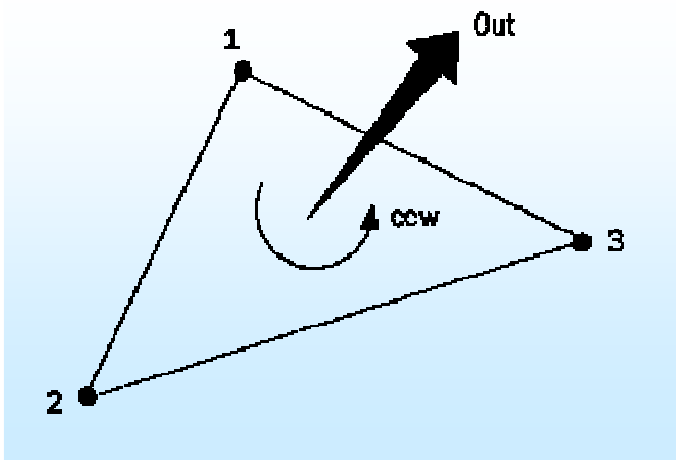
La superficie es facetada en una serie de pequeños triángulos (facetas o caras). Cada faceta viene determinada por una dirección perpendicular (la normal) y los tres vértices del triángulo.

Estos datos son usados por un algoritmo de corte para determinar la geometría de las secciones del modelo tridimensional, que serán reproducidas por el equipo de RM.

1.2.2 Facetas

Un STL consiste en una lista con los datos de cada faceta. Cada faceta es única y se identifica de forma inequívoca mediante una normal unitaria (una línea perpendicular al triángulo con una longitud de 1.0) y tres vértices.

La normal y los tres vértices son definidos mediante tres coordenadas cada uno. Es decir, cada cara es almacenada mediante un total de doce números.



1.2.3 Caras

Las caras definen la superficie de un objeto tridimensional. Puesto que cada cara forma parte del límite entre el interior y el exterior del objeto, la orientación de las caras (qué es dentro y qué es fuera) se especifica de forma redundante de dos maneras que deben ser concordantes y consistentes.

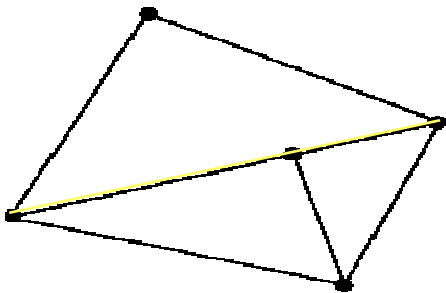
- Primero, la dirección de la normal es siempre hacia fuera.
- Segundo los vértices son listados en sentido antihorario mirando al objeto desde fuera (regla de la mano derecha).

1.2.4 Regla del vértice a vértice

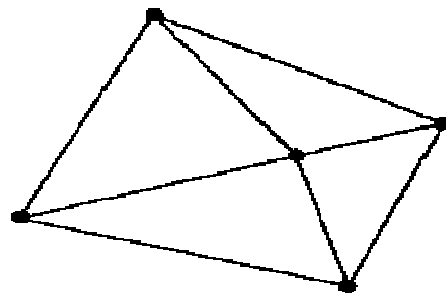
Cada triángulo debe compartir dos vértices con los triángulos adyacentes. Es decir, el vértice de un triángulo no puede estar sobre el lado de otro triángulo

La figura de la izquierda muestra una trasgresión de la regla y por tanto la superficie no será correctamente reproducida por un sistema de RM. Dicho de otra forma, el fichero STL es incorrecto. La configuración correcta se muestra en la figura de la derecha.

INCORRECTO



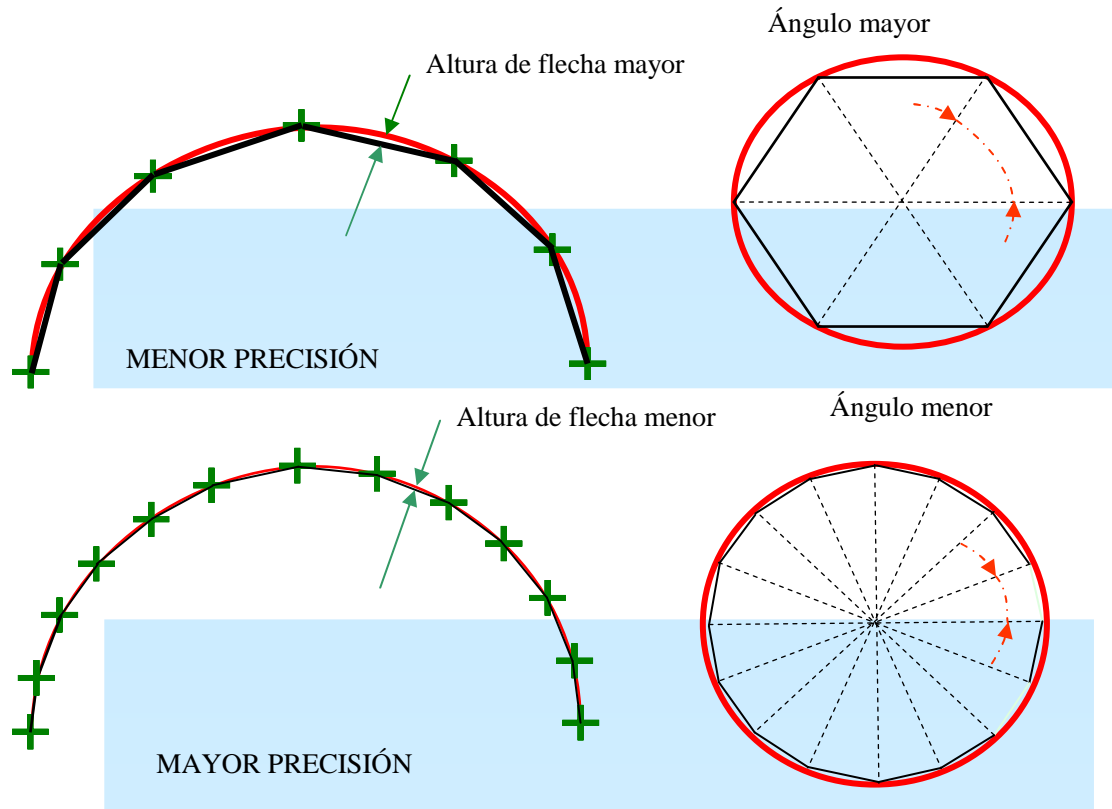
CORRECTO



El objeto representado debe localizarse en el octante positivo del sistema de coordenadas cartesiano. Por tanto las coordenadas de los vértices de los triángulos deben ser todas positivas (ni negativas ni cero). El fichero STL no contiene ninguna información de escala. Las coordenadas son en unidades arbitrarias.

1.3 Precisión

Los parámetros que generalmente controlan la precisión y la aproximación del fichero STL al modelo 3D, son la altura de la flecha y la definición del ángulo.



1.4 Resolución

Es un parámetro que se puede seleccionar en los programas de diseño 3D. Cuando se exporta un fichero a extensión STL se debe configurar la resolución. La más adecuada para su fabricación es de 0.01 mm

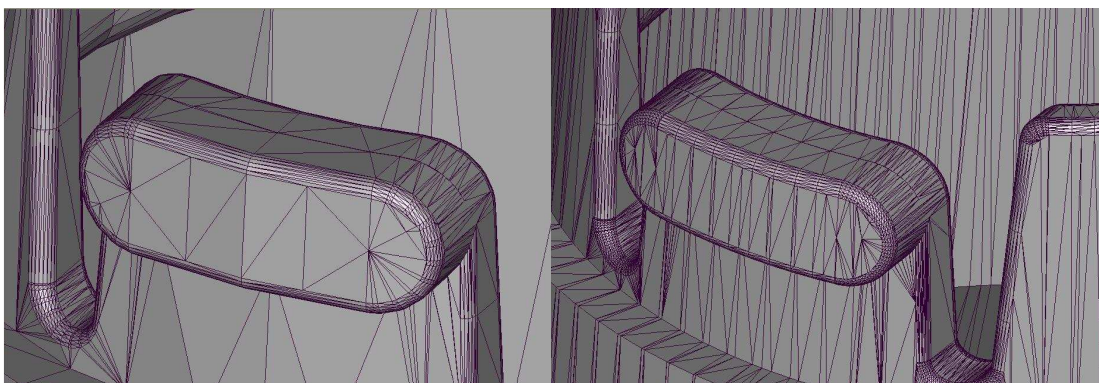


Ilustración 1 Resolución 0.2 mm

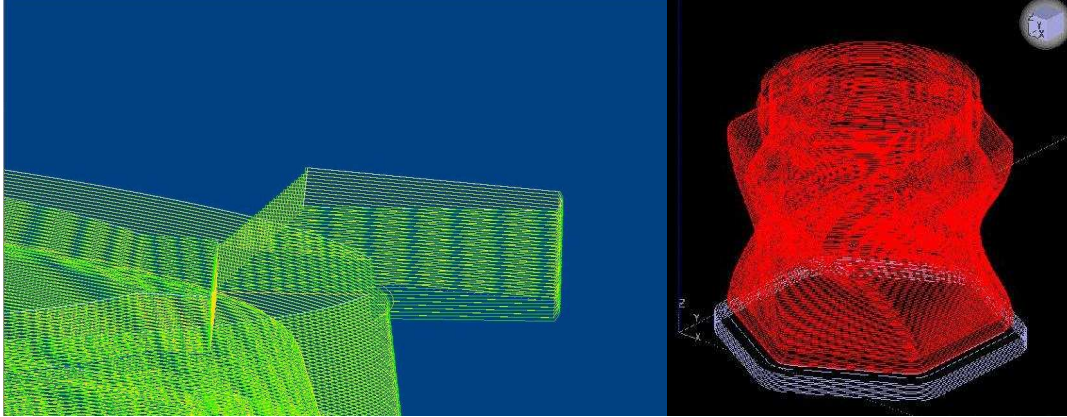
Ilustración 2: Resolución 0.01 mm

Nota: comprobar también que las unidades están en milímetros.

1.5 *Espesor de capa*

En función de la tecnología usada, varía el espesor de las capas.

Valores estándar: 7, 16, 25, 30, 50, 80, 100, 125, 150, 180, 200, 225, 250,.. μm

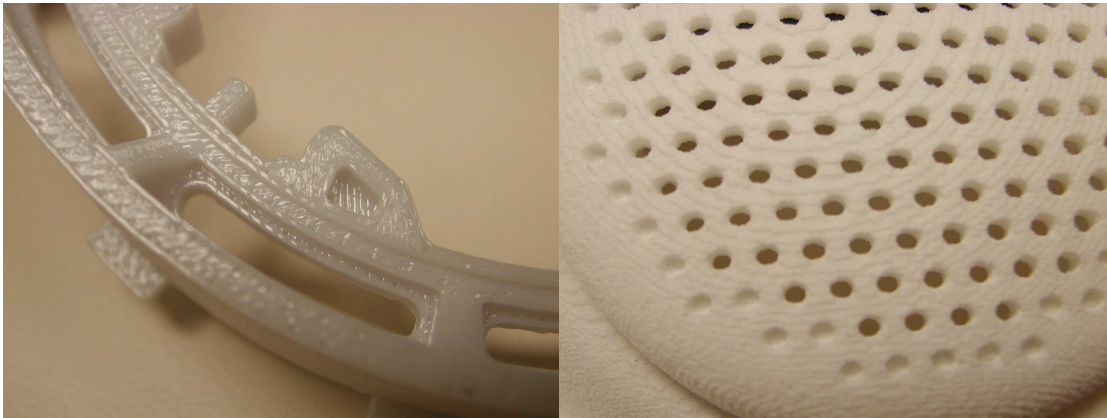


1.6 *Escalonado*

La construcción por capas crea en la pieza obtenida, un escalonado que es más evidente cuanto mayor es el radio de curvatura de la superficie.

De la altura de la capa depende el aspecto final de la pieza no su precisión.

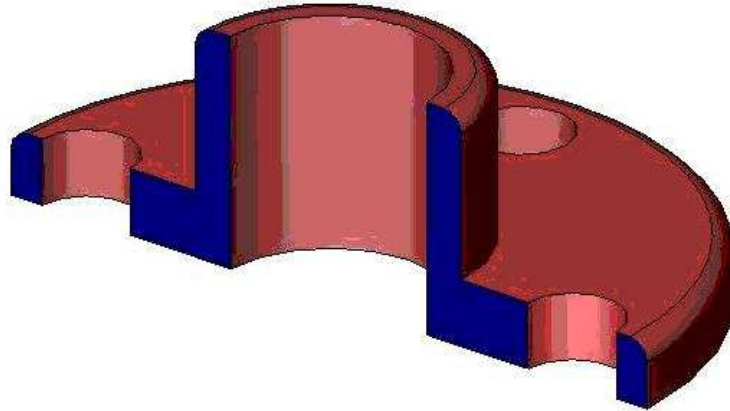
Ejemplo de escalonado en distintas tecnologías:



1.7 *Modelo sólido y de superficies*

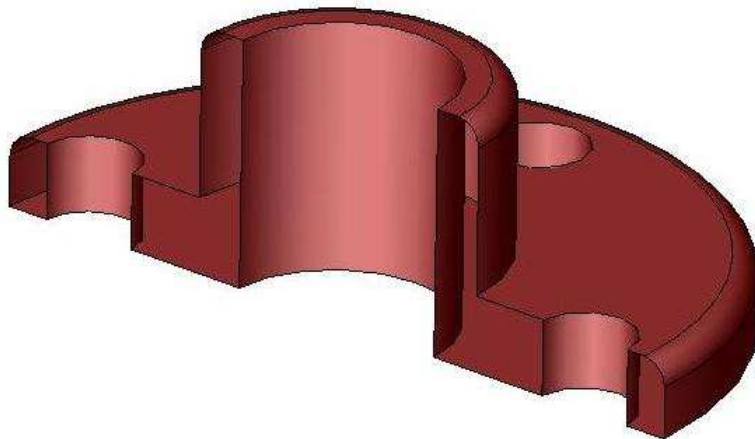
Modelo sólido es aquel formado por un conjunto de superficies completamente cerradas y recortadas formando un volumen único

Los **modelos sólidos** permiten la obtención de ficheros STL y son idóneos para la fabricación.

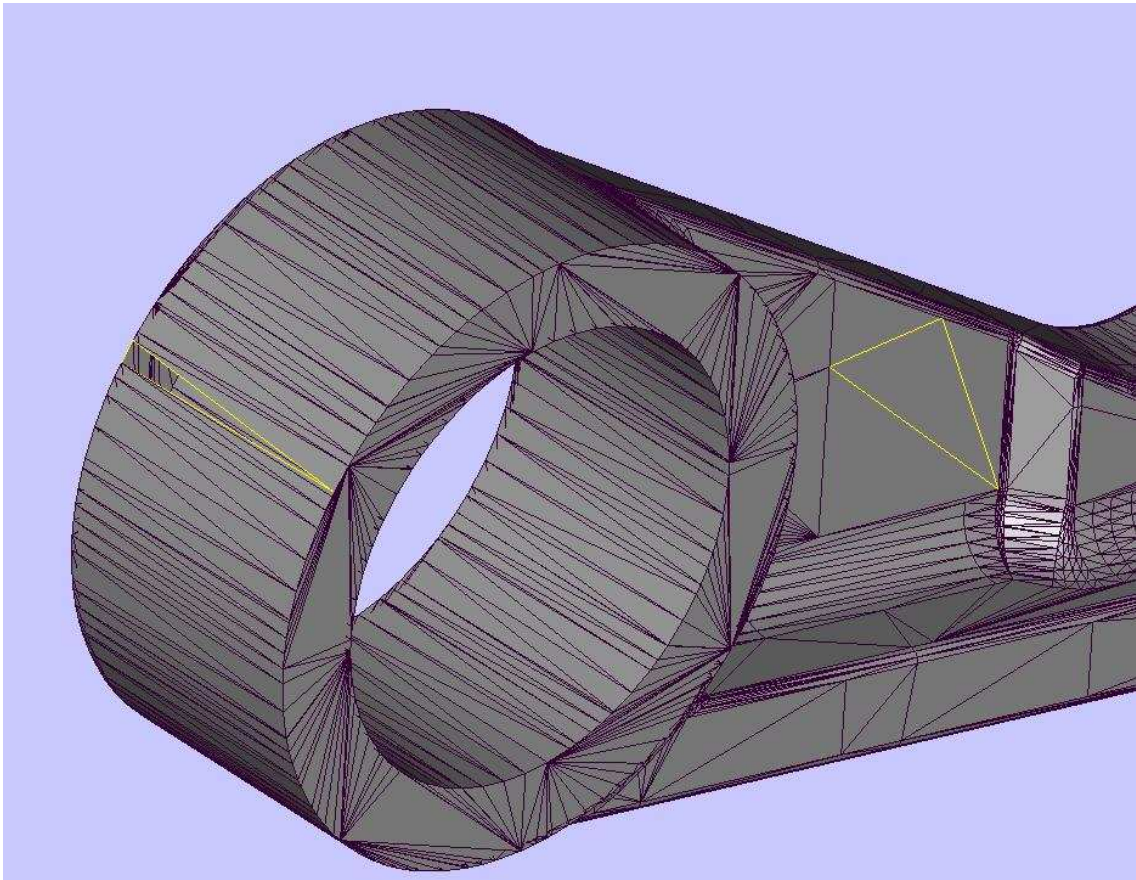


Modelo de superficies es aquel formado por un conjunto de superficies no cerradas o no recortadas completamente que no dan lugar a un único volumen.

Los modelos de superficies impiden la obtención de ficheros STL o en todo caso crean ficheros STL con problemas más o menos serios.



Ejemplo de errores en un fichero STL a partir de un modelo de superficies



1.8 Formatos de intercambio gráfico recomendados

Formatos de intercambio gráfico por orden de menor a mayor riesgo de error.

- CAD nativo: .extensión de los ficheros gráficos de la aplicación CAD utilizada
- Parasólido binario .x_t
- Parasólido ASCCI .x_b
- Step .stp
- Acis .sat
- Estereolitografía .stl
- IGES .igs
- VDA .vda

1.9 Envío de ficheros STL

Se recomienda exportar una sola pieza por fichero.

Normalmente los ficheros CAD son “pesados”, es decir, el tamaño del fichero es elevado.

Los medios mas habituales de envío son: el disco virtual, el correo electrónico, el FTP o el soporte digital (flopydisk, CD, DVD, pendrives,...).

El correo electrónico puede dar los mejores resultados si el volumen de la información a enviar es relativamente pequeño (1÷4 Mb).

Por ello es conveniente usar compresores tipo ZIP, RAR, ARJ,...o “fragmentadores” tipo HACHA que permiten reducir el volumen del fichero o cortarlo en partes que después se pueden recomponer.

Para la compresión de ficheros .STL (sólo STLs), el fabricante Materialise dispone de un software de libre uso que compacta este tipo de ficheros a razón de 20/1, el STL zip. El resultado es un fichero de extensión .mgx que permite el envío de grandes volúmenes de información, debido a esta alta compresión de datos. La recuperación de los datos del fichero .mgx exige disponer del software completo Magics, habitual en las empresas de servicios de RM y en aquellas que disponen de sistemas propios de RM. Debido al tamaño de los ficheros, cada vez es más frecuente el envío de ficheros. Mgx

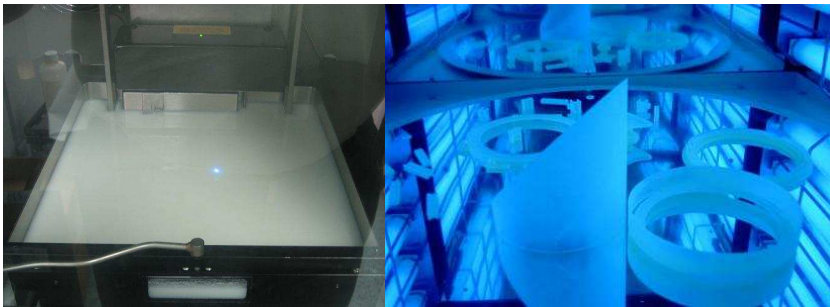
Por último, y como se ha comentado anteriormente, es crítico el tema de la resolución y muy importante el envío de ficheros en su justa medida. Un fichero con muchísima resolución hace que el fichero STL ocupe mucho tamaño y realmente, debido a las limitaciones de la tecnología, esa resolución se desperdicia ya que las máquinas no son capaces de afinar tanto. Un STL con muy poca resolución, ocupa muy poco espacio, pero por el contrario provoca poligonización de superficies y por lo tanto modificaciones geométricas sobre el diseño final. Un valor de tolerancia bueno es de 0,01 mm. Existen herramientas que permiten la reducción de triangulos en un STL ya sea por eliminación de puntos o por separación entre ellos para optimizar los ficheros STL.

2 SLA. Estereolitografía

2.1 Descripción proceso

El proceso de estereolitografía consiste en solidificar capa a capa mediante la acción de un láser, resinas sensibles a la luz ultravioleta en estado líquido a partir de un fichero electrónico.

Más información www.aserm.net



2.2 Ejemplos representativos

Aplicación: Carcasa para luminaria

Material: Somos 14120

Fuente: AIMME. Cortesía de Antares



2.3 Requisitos de diseño

Para diseñar una pieza que ha de ser fabricada mediante este proceso se ha de tener en cuenta las siguientes características:

2.3.1 Limitaciones de la tecnología:

- **Tamaño de pieza** :Se ha de tener en cuenta el tamaño de la cuba de trabajo de la máquina a utilizar.
- **Espesor de capas** :La fabricación es en capas, normalmente de 0,05 mm.
- **Espesor de paredes** : El diámetro del láser es de 0,65 mm por lo que detalles con espesores más pequeños pueden ser no reproducidos.

2.3.2 *Orientación y acabado*

La orientación de la pieza en la máquina influye en :

- **Acabado** : Se recomienda orientar la pieza para que no haya cambios bruscos en la sección que corresponde a cada capa, ya que si no se apreciará muchísimo el efecto escalera.
- **Resistencia mecánica** : Es importante tener en cuenta los esfuerzos que se quieren aplicar a las piezas (ej. Clipajes), pues hay que evitar esfuerzos que tiendan a separar las capas.
- **Coste del prototipo** : Cuanta menos altura se utilice, más económica saldrá la pieza.

2.3.3 *Materiales disponibles*

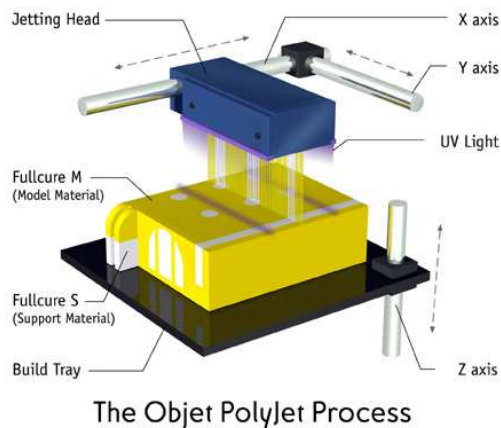
Esta tecnología utiliza resinas fotopoliméricas de diferentes propiedades que imitan las prestaciones de los termoplásticos. La selección de una u otra varía en función de la aplicación.

Las propiedades mecánicas de las resinas y temperaturas que resisten varían en función del material seleccionado.

3 Polyjet. Impresión de fotopolímeros

3.1 Descripción del proceso

Consiste en la impresión de un material foto polímero mediante múltiples boquillas ubicadas en el cabezal. Las boquillas depositan el material en estado líquido sobre la bandeja de construcción con un movimiento similar al de una impresora, en capas de tan solo 16 micras de grosor. Una vez depositado, una luz ultravioleta solidifica el material. La bandeja desciende y el proceso se repite. Más información en <http://www.aserm.net/flexman/tecnologias>



3.2 Ejemplos representativos

Aplicación: Llanta de triciclo de dificultad media con neumático

Material: FullCure 720: Material Rígido Transparente // TangoBlack Materías flexible

Fuente: AIJU



Aplicación: Castillo de Juguete para feria de dificultad alta

Material: FullCure 840 (VeroBlue)

Fuente: Objet



Aplicación: Jugete cabeza dinosaurio para feria de dificultad alta

Material: TangoBlack – Material Flexible

Fuente: AIJU



3.3 *Requisitos de diseño*

Para diseñar una pieza que ha de ser fabricada mediante este proceso se ha de tener en cuenta las siguientes características:

3.3.1 *Limitaciones de la tecnología:*

- **Tamaño de pieza** :Se ha de tener en cuenta el tamaño de la cuba de trabajo de la máquina a utilizar.
- **Espesor de paredes** : El detalle de construcción mínimo sin problemas es de unas 5 décimas, 0.05 mm, por debajo de este límite no se puede garantizar su correcta construcción o limpieza.

3.3.2 *Orientación y acabado*

La orientación de la pieza en la máquina influye en :

- **Precisión:** La precisión por ejes es de 16 micras (espesor de capa) en Z con un detalles de unos 1600 dpi, 42 micras en X (600 dpi) y 82 micras en Y (300 dpi) lo que nos hace deducir que el posicionamiento en máquina es muy crítico obteniendo mejores detalles en Z, posteriormente X y finalmente en Y
- **Acabado** : Este tipo de resinas es muy fácil de modelar y pulir para mejorar su acabado superficial.

3.3.3 *Materiales disponibles*

Todos los materiales empleados son resinas acrílicas. La variedad de materiales disponibles depende totalmente de la utilidad que se le vaya a dar al prototipo

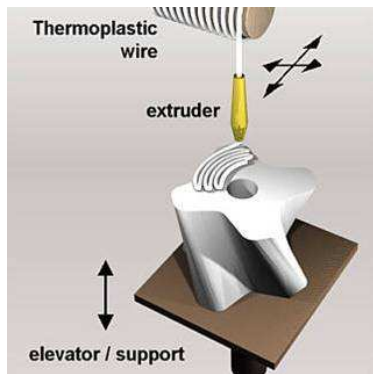
Al tratarse de resinas acrílicas las principales limitaciones vienen determinadas por los esfuerzos a los que se somete. El material tiene un rango de trabajo de temperatura hasta los 50° C a partir de los cuales la pieza empieza a presentar deformaciones.

4 FDM. Modelado por deposición de hilo fundido

4.1 Descripción del proceso

El proceso FDM se basa en la construcción capa a capa de una pieza 3D, mediante la extrusión de un hilo de material plástico fundido, a través de unos cabezales. Dichos cabezales “dibujarán” la sección correspondiente a la capa del CAD 3D.

Más información : <http://www.aserm.net/flexman/tecnologias>



4.2 Ejemplos representativos

Aplicación: Boya

Material: ABS

Fuente: CTAG



Aplicación: Carcasa motor

Material: Policarbonato

Fuente: Stratasys.



4.3 Requisitos de diseño

Para diseñar una pieza que ha de ser fabricada mediante este proceso se ha de tener en cuenta las siguientes características:

4.3.1 Limitaciones de la tecnología:

- **Tamaño piezas** : Se ha de tener en cuenta el tamaño de la cuba de trabajo de la máquina a utilizar.
- **Espesor de capas** :La fabricación es en capas de 0,13 mm, 0,18 mm o 0.254 mm. Se puede elegir en función de si se prima la definición de los detalles (capa más finas) o el coste del prototipo (capa más gruesa)

4.3.2 Orientación y acabado

La orientación de la pieza en la máquina influye en :

- **Acabado** : Se recomienda orientar la pieza para que no haya cambios bruscos en la sección que corresponde a cada capa, ya que sino se apreciará muchísimo el efecto escalera.
- **Resistencia mecánica** : Es importante tener en cuenta los esfuerzos que se quieren aplicar a las piezas (ej. Clipajes), pues hay que evitar esfuerzos que tiendan a separar las capas.

4.3.3 Materiales disponibles

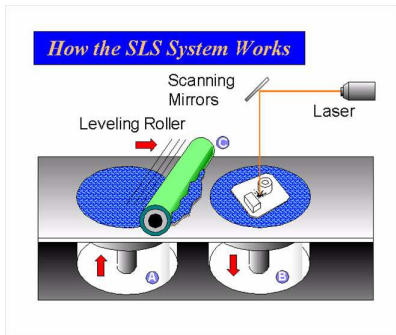
Los materiales que se ofrecen para esta tecnología, además de los ya usuales policarbonato (PC) y ABS, son una mezcla PC-ABS, y los denominados PC-ISO y ABSi, con propiedades de hasta un 80% de los de inyección.

5 SLS PA. Sinterizado selectivo láser de PA

5.1 Descripción del proceso

El proceso SLS se basa en la construcción capa a capa de una pieza 3D, mediante un láser que reproducirá la sección correspondiente a una capa del CAD 3D de la pieza sobre una capa de poliamida, gracias a lo que la poliamida se sinterizará (proceso parecido a la fusión) y quedará solidificada.

Más información: <http://www.aserm.net/flexman/tecnologias>



5.2 Ejemplos representativos

Aplicación: Maqueta del edificio del CTAG

Material: PA2200

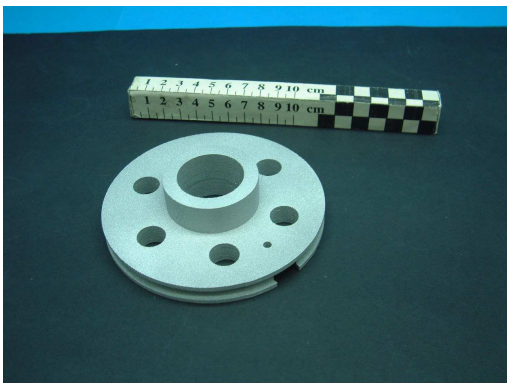
Fuente: CTAG



Aplicacion: Polea

Material: PA+AL (Composites)

Fuente: AIJU



5.3 *Requisitos de diseño*

Para diseñar una pieza que ha de ser fabricada mediante este proceso se ha de tener en cuenta las siguientes características:

5.3.1 *Limitaciones de la tecnología:*

- **Tamaño piezas** :Se ha de tener en cuenta el tamaño de la cuba de trabajo de la máquina a utilizar. Se pueden hacer piezas más grandes cortándolas en trozos y luego pegándolas. De esta forma también se hacen piezas más económicas.
- **Espesor de capas** :La fabricación es en capas de 0,15 mm.
- **Espesor de paredes** : El diámetro del láser es de 0,65 mm por lo que detalles con espesores más pequeños pueden ser no reproducidos.

5.3.2 *Orientación y acabado*

La orientación de la pieza en la máquina influye en :

- **Acabado** : Se recomienda orientar la pieza para que no haya cambios bruscos en la sección que corresponde a cada capa, ya que si no se apreciará muchísimo el efecto escalera.
- **Resistencia mecánica** : Es importante tener en cuenta los esfuerzos que se quieren aplicar a las piezas (ej. Clipajes), pues hay que evitar esfuerzos que tiendan a separar las capas.
- **Coste del prototipo** : Cuanta menos altura se utilice, más económica saldrá la pieza.

5.3.3 *Materiales disponibles*

Los materiales que se utilizan en esta tecnología son poliamidas en polvo incluso con carga de fibra de vidrio o de aluminio.

6 VC. Colada en vacío de poliuretanos

6.1 Descripción del proceso

Obtención de piezas en poliuretanos de diversas propiedades (similares a materiales termoplásticos) mediante su colado en moldes de silicona dentro de atmósfera de vacío, evitándose así la formación de burbujas de aire.

También es posible el colado de piezas en otro tipo de materiales: siliconas, metales de bajo punto de fusión, resinas epóxicas, etc.

Es frecuente el uso de tintes o pigmentos que confieran a las piezas los colores deseados, siendo posible también obtener piezas traslúcidas y transparentes.

Más información:

http://www.aserm.net/flexman/tecnologias/flexman_technology.2006-04-12.4656992938



6.2 Ejemplos representativos

Aplicación: Pieza ensayo alta dificultad.

Material: 8040 (similar PP+EPDM).

Fuente: Fundación aiTIIP.



Aplicación: Tope elástico.

Material: 7150 (similar a elastómero).

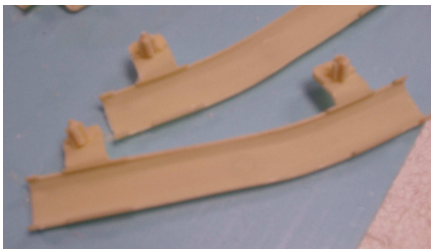
Fuente: Fundación aITIIP.



Aplicación: Tapacables del sistema electrónico de vehículo.

Material: Resina 8040 (similar PP+EPDM).

Fuente: Fundación aITIIP. Cortesía de GD Components (proveedor el grupo Volkswagen).



6.3 *Requisitos de diseño*

Para diseñar una pieza que ha de ser fabricada mediante este proceso se ha de tener en cuenta las siguientes características:

6.3.1 *Limitaciones de la tecnología:*

- **Tamaño de pieza:** Se ha de tener en cuenta que el molde de silicona ha de entrar en la cámara de vacío de la máquina. El molde ha de ser siempre más grande que la pieza a colar. También se ha de tener en cuenta el volumen de material máximo a colar por la máquina aunque este último no suele aparecer como limitación, lo habitual es la limitación por el tamaño de molde.
- **Durabilidad del molde:** La duración de un molde de silicona depende por una parte de la resina a utilizar y por otra de la dificultad de extracción de la pieza. Esta tecnología permite conseguir piezas con contrasalidas, pero a mayor dificultad de extracción, menor número de piezas hará un molde. En general, un molde soportará entre 20 y 30 coladas pudiendo ser más si la pieza resulta de fácil extracción.

6.3.2 *Orientación y acabado*

- **Orientación de la pieza en el molde:** La orientación de la pieza en el molde debe buscar facilitar la extracción, permitir el correcto llenado y favorecer la salida de los gases generados en el interior del molde por la reacción química que se produce.
- **Acabado estético:** Se puede conseguir cualquier tipo de acabado estético que se pueda aplicar al modelo master puesto que el molde copia exactamente la textura o acabado superficial. Las piezas por colada al vacío tienden a tener alguna pequeña burbuja (superficial o interna) generada por los gases producidos durante la reacción del poliuretano. Se pueden conseguirse piezas en el color natural de la resina (que depende de cada resina) o bien, añadiendo colorantes, se pueden conseguir piezas coloreadas en masa. También existen resinas transparentes o translúcidas.

6.3.3 *Materiales disponibles*

Existe un amplio rango de resinas de poliuretano con distintas propiedades físicas. Se pueden encontrar desde resinas similares a elastómeros (con diferentes grados de dureza) hasta resinas similares a poliamida, pasando por resinas con características físicas similares a cualquiera de los plásticos usuales. También existen resinas que soportan alta temperatura.

7 NVC. Inyección en vacío de nylon

7.1 Descripción del proceso

Obtención de piezas directamente en nylon (PA6) mediante su colado en moldes de silicona dentro de atmósfera de vacío y aplicación de vario-presión, evitándose así la formación de burbujas de aire y consiguiéndose un perfecto llenado del molde.

Existen cuatro tipos de PA, presentando cada uno distintos módulos a flexión. No es posible, sin embargo, conseguir piezas finales de PA con fibra.

Para obtener piezas coloreadas es necesario aplicarles un tinte en agua caliente con sal, por lo que se trata sólo de una pigmentación exterior.

Más información:

<http://www.mcp-group.de/index.php?siLANG=en>



7.2 Ejemplos representativos

Aplicación: Brida con clipaje ajustable y bisagra.

Material: PA2000

Fuente: Fundación aiTIIP. Cortesía de MCP Alemania.



Aplicación: Componente del mecanismo de elevación de automóvil.

Material: PA3000

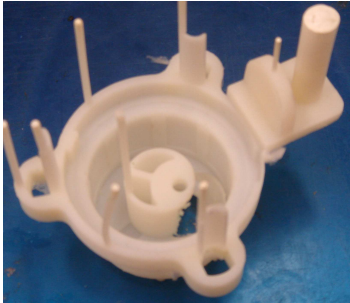
Fuente: Fundación aiTIIP. Cortesía de GD Components (proveedor del grupo Volkswagen).



Aplicación: Componente del mecanismo de elevación de automóvil.

Material: PA1000

Fuente: Fundación aiTIIP. Cortesía de GD Components (proveedor del grupo Volkswagen).



7.3 *Requisitos de diseño*

Para diseñar una pieza que ha de ser fabricada mediante este proceso se ha de tener en cuenta las siguientes características:

7.3.1 *Limitaciones de la tecnología:*

- **Tamaño de pieza:** Se ha de tener en cuenta que el molde de silicona ha de entrar en la cámara de vacío de la máquina. El molde ha de ser siempre más grande que la pieza a colar. Se deberá tener también en cuenta el volumen máximo de inyección del módulo, aunque este no suele ser el aspecto más restrictivo.
- **Durabilidad del molde:** La duración de un molde de silicona depende por una parte de la resina a utilizar y por otra de la dificultad de extracción de la pieza. Esta tecnología permite conseguir piezas con ciertas contrasalidas, pero a mayor dificultad de extracción, menor número de piezas hará un molde. Si bien se pueden liberar ciertas contrasalidas, estas habrán de ser mucho menores que cuando se cuela poliuretano dada la menor flexibilidad de la silicona empleada para los moldes en el caso del nylon. En general, un molde soportará entre 20 y 30 coladas pudiendo ser más si la pieza resulta de fácil extracción.

7.3.2 *Orientación y acabado*

- **Orientación de la pieza en el molde:** La orientación de la pieza en el molde debe buscar facilitar la extracción, permitir el correcto llenado y favorecer la salida de los gases generados en el interior del molde por la reacción química que se produce.
- **Acabado estético:** Se puede conseguir cualquier tipo de acabado estético que se pueda aplicar al modelo master puesto que el molde copia exactamente la textura o acabado superficial. El color natural del material es blanco amarillento. Se puede conseguir el color que se desee con un proceso de teñido posterior. Este teñido es superficial, no en masa.

7.3.3 *Materiales disponibles*

Existen cuatro tipos diferentes de PA que pueden inyectarse con este método. Los cuatro materiales, se diferencian en sus propiedades físicas variando sobretodo la flexibilidad, aunque también la resistencia a la temperatura, etc.