

# NUEVA ERA EN LA CONFORMACION DE LA MATERIA

## "DEL BYTE AL ATOMO" (\*)

Sergio LOPEZ, Dis. Ind. UNLP  
Grupo de investigación del Taller de Tecnología de Diseño Industrial  
Departamento de Diseño Industrial - Universidad Nacional de La Plata

Bases conceptuales para el desarrollo de conocimientos y de tecnología original, para la materialización física de modelados informáticos.

### 1. MARCO ONTOGENÉTICO

El hombre fabrica sus objetos imponiendo, "desde afuera", forma a la materia. Tanto el modelado manual del barro como la inyección de plásticos, el arrancado de virutas de madera como el forjado del metal o el estampado de un laminado metálico, no dejan de ser medios externos, ajenos a la intimidad de la materia que se conforma.

En su evolución como "homo faber" el hombre no ha dejado de observar que la naturaleza modela el mundo físico de otra manera, "desde adentro". La ciencia genética demostró que se trataba de información contenida en la materia misma. La pulsión por emular esta facultad está presente en la literatura de ficción de todos los tiempos.

### 2. MARCO FILOGENÉTICO

En la búsqueda de ese modo "natural" de producir objetos, la informática mostró uno de los caminos posibles. El desarrollo del manejo vectorial de líneas dio origen al CAD 2D. No pareció esto, por bastante tiempo, un avance hacia el mundo físico. Sólo cuando las contribuciones de BEZIER, el desarrollo de los modelos matemáticos NURBS y de manejo de sólidos, permitieron alcanzar el modelado tridimensional real de superficies complejas, comenzó a verse la posibilidad de avanzar hacia el conformado informático de la materia. (\*\*)

De la calidad informática de los 3DRM y de la tecnología CNC surgieron los programas CAM, standards de la industria moderna. El CAM permite que una máquina herramienta comandada por CNC ejecute con absoluta fidelidad y precisión la geometría de un 3DRM, sin la mediación de planos técnicos. Los CAM son específicos para fresa 3D, torno, punzonadora, erosionadora por hilo, etc. Pero a pesar de cerrarse así la interfase entre el CAD y el material a mecanizar (del byte al átomo...), el método de conformación (en la fresa, p.e.: arrancado de viruta) sigue siendo "externo".

Los avances, entre otros, en el campo de los nuevos materiales y en el de la tecnología del posicionamiento (robótica), permitieron finalmente la aparición de las tecnologías que dieron en llamarse, de PROTOTIPEADO RAPIDO. Existen varios tipos pero, en general, todas apuntan a la solidificación controlada de materiales en estado amorfo, según información proveniente de un 3DRM. Conceptualmente, este viaje de lo amorfo a la forma por la información, comienza finalmente a parecerse al "modus operandi" de la naturaleza.

El primer antecedente registrado es un informe de H. KODAMA del Nagoya Institute of Technology (JA) en 1980. Le siguen otros documentos producidos tanto en Japón como en los EEUU. En 1984 Charles W. HULL obtiene en USA, la patente de invención de un proceso conocido más tarde como STEREO LITHOGRAPHY. En 1987 la firma 3D SYSTEMS (USA) presenta el SLA, primera máquina RP&M industrial. La STL es hoy, ampliamente, la tecnología más difundida en el mundo.

(\*) concepto de Nicolás NEGROPONTE

(\*\*) Se distingue el 3DRM del modelado en programas que manejan superficies facetadas, o de los programas de renderizado, por su aptitud matemática para integrarse en programas CAM o tecnologías RP&M, ver siglas)

## **2. TECNOLOGÍAS RP&M**

### **2.1. STEREO LITHOGRAPHY (STL)**

El material es una resina fotopolímera. Inicialmente fueron acrílicas, actualmente se utilizan resinas epoxi. La solidificación es provocada por la incidencia de un rayo láser UV. El 3DRM es inicialmente seccionado en layers múltiples según XY. El espesor de los layers va de 0.1 a 0.4 mm. De los contornos de los slices se obtiene la información numérica para control de los movimientos del láser.

La resina está contenida en una batea. Dentro de ella se mueve una plataforma según Z. Al comienzo del proceso la plataforma se ubica por debajo del nivel de la resina, a una distancia equivalente al espesor de layer adoptado. El láser, ubicado verticalmente por encima de la batea, "dibuja" entonces el primer slice de la pieza. Primero los contornos externos e internos y luego un "hatch" entre ellos. La resina expuesta se solidifica. Concluido el dibujo, la plataforma desciende de manera de que quede por encima de la resina solidificada, otra capa de resina del espesor adoptado. A continuación se suceden una serie de procedimientos para estabilizar la superficie, ajustar el nivel de resina y controlar el posicionamiento y el foco del láser. Y así sucesivamente. Mientras la plataforma va bajando, la pieza va creciendo de abajo hacia arriba. Finalizada la solidificación de todos los slices, la plataforma asciende por encima del nivel de la resina y la pieza es retirada. Esta es luego sometida a un post-curado en una cámara de radiación UV difusa.

La STL es la tecnología de RP&M más difundida, entre otras razones, por la calidad y precisión de las piezas obtenidas. El costo de una posición de trabajo oscila entre 100 y 500 kU\$\$ según tamaño.

### **2.2. SELECTIVE LASER SINTERING (SLS)**

Sistema desarrollado en la University of Texas, Austin, USA, y comercializado por DTM CORP. Se utilizan diversos materiales en polvo, incluyendo plásticos y algunos metales. Al igual que la STL, se basa en la solidificación (en este caso sinterización) por layers en XY. Para producir la fusión utiliza un láser IR de CO<sub>2</sub>. Su mecánica puede asimilarse a la de la STL. El proceso debe desarrollarse bajo atmósfera inerte. La ventaja del SLS radica en la posibilidad de utilizar diferentes materiales. Su desventaja es la baja densidad del prototipo en relación a la pieza definitiva. El costo por posición es de 300/400 kU\$\$.

### **2.3. FUSED DEPOSITION MODELING (FDM)**

Sistema desarrollado y comercializado por STRATASYS (IBM). Un termoplástico es calentado y proyectado como filamento a través de una boquilla móvil. Esta va dibujando los sucesivos layers. El filamento se va solidificando a medida que va perdiendo temperatura. Su ventaja está en la variedad de plásticos utilizable. No necesita atmósfera especial. Su desventaja es su menor precisión respecto de otros sistemas. Costo de la posición: 110 kU\$\$.

### **2.4. SOLID GROUND CURING (SGC)**

Proceso desarrollado en 1988 por CUBITAL LTD., Israel. Al igual que la STL utiliza resinas fotopolímeras y está basado en la superposición de layers. La radiación UV es proyectada masivamente a través de máscaras ópticas que reproducen los slices de la pieza. Estas máscaras son obtenidas por ubicación electrostática de toner negro sobre un vidrio (tecnología de fotocopiadora). Sobre una plataforma móvil ubicada dentro de una batea se deposita una capa de resina del espesor del layer y se la irradia a través de la máscara. Concluida la solidificación, la resina sobrante es retirada y su lugar es ocupado por una cera vertida en estado líquido. A continuación, toda el área es fresada para ajustar la planitud y el espesor. La plataforma desciende entonces el espesor de un layer, vuelve a depositarse resina, y así sucesivamente. Concluido el proceso se obtiene un bloque de cera en cuyo interior se encuentra la pieza solidificada. La cera es removida por temperatura y solventes químicos.

La ventaja del SGC está en el menor costo del aparato respecto del SLA. Su precisión es buena y no necesita post-curado. Su desventaja más notable consiste en que se trata de un proceso que necesita control personal permanente, mientras que la mayoría de los otros sistemas son automáticos. Costo de una posición SGC: 275/470 kU\$S.

## 2.5. THERMOPLASTIC JET MODELLING (TJM)

Sistemas desarrollados y comercializados por BPM TECHNOLOGY INC. y SANDERS PROTOTYPE INC.(USA). Se basan en la proyección electrostática de microgotas de termoplásticos en estado pastoso (tecnología análoga a la de las impresoras por chorro de tinta). El sistema SANDERS es de boquillas múltiples y se basa en layers según XY. El BPM consiste en una única boquilla montada sobre un cabezal de 5 grados de libertad. Puede proyectar las gotas desde distintos ángulos y en diferentes direcciones. La principal ventaja de los TJM es el bajo costo de los aparatos. Su desventaja es la ausencia de opciones de material. Costo por posición: 35/65 kU\$S.

## 2.6. LAMINATED OBJECT MANUFACTURING (LOM)

Este procedimiento tiene varios antecedentes, tanto en USA como en Japón. La firma principal es HELISYS INC (USA). Si bien es reconocido como tecnología RP&M, el LOM no se basa en la solidificación de un material amorfo, sino en la superposición y pegado sucesivo de láminas de papel. El espesor del papel corresponde al espesor de layer en XY. Luego de aplicada la lámina, un láser IR de CO2 "recorta" los contornos del slice. Los sectores sobrantes son cuadrículados por el láser a efectos de facilitar su remoción. Concluido el recorte, una nueva lámina es aplicada, y así sucesivamente.

La apariencia y "feeling" del resultado es similar al de una pieza de madera. El LOM es el segundo sistema por su difusión. La principal razón es el mínimo costo del material. La falta de opciones de material es su principal desventaja. Cada posición de trabajo cuesta entre 100 y 200 kU\$S.

## 2.7. OTRAS TECNOLOGIAS EN DESARROLLO

SHAPE MELTING, por BABCOCK & WILLCOX CO.  
SELECTIVE SPRAY METAL DEPOSITION, por la CARNEGIE-MELLON UNIVERSITY  
THREE-DIMENSIONAL PRINTING, por el M.I.T.

## 3. DIFUSION DE LAS TECNOLOGIAS RP&M EN EL MUNDO

Según Paul JACOBS, uno de los investigadores más destacados en RP&M, a junio de 1994 existían en el mundo 750 posiciones distribuidas según puede verse en la tabla adjunta.

Para ponderar estos valores debe considerarse que se toma el año 1992 como el del inicio de la difusión comercial del RP&M. Actualmente existen unos 2000 aparatos. Su producción anual de prototipos es estimada en U\$S 3000 millones.

<b>STL</b>	<b>3D SYSTEMS</b>	<b>469 posiciones</b>
	<b>MITSUBISHI</b>	<b>43 "</b>
	<b>SONY</b>	<b>28 "</b>
	<b>Otras</b>	<b>23 "</b>
<b>LOM</b>	<b>HELISYS</b>	<b>52 "</b>
	<b>Otras</b>	<b>25 "</b>
<b>SLS</b>	<b>DTM</b>	<b>43 "</b>
	<b>EOS gmH</b>	<b>4 "</b>
<b>FDM</b>	<b>STRATASYS</b>	<b>44 "</b>
	<b>SANDERS</b>	<b>1 "</b>
<b>SGC</b>	<b>CUBITAL</b>	<b>18 "</b>

Nueva Era en la Conformación de la Materia - S. LOPEZ - marzo de 1997 - Pag.3 de 5

#### 4. ESTADO DEL RP&M EN SUDAMERICA

En la Zona Franca de Montevideo se halla instalado un SLA 250 de 3D SYSTEMS, mediante el cual la firma ROBTEC S.A. genera STL para toda la región. En el medio industrial argentino, el reconocimiento de la importancia de estos paquetes tecnológicos está bien difundido, pero no así su implementación. Una de las limitaciones es -obviamente- el proceso de recesión y de des-inversión productiva que afecta a la empresa industrial. Otra sería limitación, que se da no sólo en el marco de las empresas sino también entre los profesionales del área, es el escaso dominio del 3DRM, base fundamental del CAM y del RP&M. La razón de este atraso radica en la política de tolerancia al uso de software ilegal. Esto ha reducido la difusión al CAD a aquellos programas que pueden obtenerse gratis, o sea a los CAD 2D o de generación de superficies no adecuadas para CAM y RP&M. De esta manera se viene perdiendo terreno en el dominio de productos más sofisticados y aptos para el desarrollo de la creatividad.

#### 5. TENDENCIAS DEL RP&M

Si bien el RP&M surgió como medio para obtener prototipos de apreciación formal, la industria presiona constantemente por muestras plenamente funcionales y de los mismos materiales en los que va a ser fabricado el producto. Más allá, se considera que el RP&M evolucionará hasta constituirse en una verdadera tecnología de producción.

Se están tentando varios caminos. 3D SYSTEMS ha desarrollado el QUICK CAST que permite obtener piezas alveolares, aptas para ser utilizadas como núcleos perdidos en diversos procesos de fundición de metales. En el terreno del LOM y en colaboración con la University of Dayton, HELISYS está desarrollando laminados cerámicos y composites de fibras estructurales. También se investiga la impregnación metálica de modelos de papel. Un camino lateral muy promisorio se abre cuando se considera el negativo de la pieza a modelar. Se apunta así a la generación rápida de moldes de inyección y otros utilajes. Insertos metálicos de matricería están ya siendo obtenidos mediante SLS.

Fuera del ámbito de la industria, otro campo de aplicación del RP&M, es la medicina. Mediante STL se están generando ciertas prótesis y reproducciones físicas de condiciones anatómicas particulares para el estudio y planificación de intervenciones quirúrgicas complejas. La informática proviene directamente de las tomografías practicadas al paciente.

#### 5. IMPACTO DEL 3DRM, EL CAM Y EL RP&M SOBRE EL PRODUCTO Y SU ESTETICA

Con el dominio del 3DRM se ha logrado eliminar las interfases codificadas que mediaban entre el proyecto y la producción. Un plano técnico 2D e incluso una perspectiva, no dejan de ser abstracciones protocolizadas sujetas a interpretaciones personales. Las instancias de decodificación son fuentes habituales de distorsión del proyecto original. Un 3DRM contiene, en un único agrupamiento de entidades vectoriales, toda la información necesaria para la reproducción exacta el objeto. Sin vistas, proyecciones, cortes o cotas. El 3DRM es la base de información de la que, además de CAM y RP&M, pueden obtenerse renderizados fotorrealistas, animaciones, modelos de VR, diferentes cálculos (FEA, reológicos, mecánico-dinámicos, etc.), estudios de operaciones de montaje, análisis de costos, planificación de uso de materias primas, etc. Todo esto es lo que se conoce como PDM o CE. El plano técnico ha desaparecido ya de muchos sectores de la industria.

Otra razón de la contundencia del 3DRM está en su natural adaptabilidad a los medios modernos de comunicación. Un archivo completo puede ser enviado en segundos, vía e-mail, de un punto a cualquier otro del planeta, y tomar comando directo de una máquina que materializará el objeto sin distorsión alguna. Con el dominio del 3DRM y la globalización de las comunicaciones el DI local podrá acceder a mercados profesionales internacionales. Ya hay ejemplos de esto.

En el plano estético, es experiencia de todo DI, hasta que punto la representación 2D de un objeto ha venido limitando su creatividad. Cuantas veces una curvatura armónicamente trazada a mano alzada, fue transformada en un burdo empalme de rectas y arcos de circunferencia, ante la imposibilidad de especificar sus razones dimensionales. Cuantas otras, un alabeo o una transición de superficies

sutilmente intuídas como armónicas, no pudieron ser siquiera volcadas con claridad en una perspectiva y -menos aún- comprendidas por otros. Antiguos griegos y maestros del renacimiento admiraron la metafísica belleza de las matemáticas. Que diseñador de hoy no se ha dejado seducir por alguna pícara progresión de medidas, ignorada luego en las sucesivas interpretaciones de su proyecto. Todas estas desgracias quedan atrás con el 3DRM. Lo que muestra el CRT, es ya el producto.

Cuando un DI accede al dominio del 3DRM, su primera actitud es la de utilizar el CAD como herramienta de representación de ideas previamente dibujadas a mano. No tarda mucho en comenzar a apreciar la capacidad de los algoritmos para generar por si mismos formas matemáticamente armónicas, y bellas... (de ésto deberán algún día dar razones, la psicología de la percepción visual o la estética filosófica). En este punto dejará fluir libremente el lenguaje formal propio del M3DR, tal como lo venía haciendo con el lápiz sobre el papel. Para comprender ésto, basta con observar las líneas de un auto de los 90. Quien esté familiarizado con el 3DRM rápidamente apreciará que su diseñador no hizo otra cosa que canalizar, con creatividad y coherencia, la naturaleza propia de las superficies espontáneamente propuestas por el CAD

En el plano del producto y su marketing ya se está viendo, y se verá cada vez más, el impacto de este paquete tecnológico. Inicialmente, lo que se perseguía era la reducción de tiempos y costos de desarrollo, tanto para el producto como para su utilaje. Pero como el imperativo de la innovación es inexorable, la consecuencia fue el acortamiento de los períodos de recuperación de las inversiones, el achicamiento de las series y la multiplicación geométrica de la oferta de modelos. La producción flexible se viabiliza y el producto personalizado está cada vez más cerca, no como resultado de un retorno a los métodos pre-industriales, sino de un fenomenal avance tecnológico.

Los conceptos de "modelo", "tendencia formal de moda" y de "serie mínima", desaparecerán. Llegará un punto, ya se lo está viendo, en que coexistirán todas las formas posibles. Adecuar un producto de los gustos de un usuario a otro, será solo cuestión de cambio de datos informáticos. El DI deberá prepararse. Su ubicación profesional se trasladará desde la industria y el usuario genérico hacia el usuario individual, llegando a confundirse con él. Pudiendo cada usuario llegar a ser el diseñador de sus propios productos.

#### SIGLAS UTILIZADAS

<b>2D:</b> bidimensional	<b>LOM:</b> Laminated Object Manufacturing
<b>3D:</b> tridimensional	<b>3DRM:</b> 3D Real Modelling
<b>CAD:</b> Computer Aided Design	<b>NURBS:</b> Non Uniform Rational Bi Splines
<b>CAM:</b> Computer Aided Manufacturing	<b>CNC:</b> Computerized Numeric Control
<b>CE:</b> Concurrent Engineering	<b>PDM:</b> Product Data Management
<b>CRT:</b> Catodic Ray Tube	<b>RP&amp;M:</b> Rapid Prototyping and Manufacturing
<b>CGW:</b> Computer Graphics World	<b>STL:</b> Stereolithography
<b>FDM:</b> Fused Deposition Modelling	<b>SLA:</b> Stereolithography Apparatus
<b>FEA:</b> Finit Element Analysis	<b>SGC:</b> Solid Ground Curing
<b>IR:</b> Infrared	<b>SLS:</b> Selective Laser Sintering
<b>VR:</b> Virtual Reality	<b>TJM:</b> Thermoplastic Jet Modelling
<b>DI:</b> Diseño Industrial o Diseñador Industrial	<b>UV:</b> Ultraviolet

#### BIBLIOGRAFIA

**Stereolithography and other RP&M Technologies** - Paul F. JACOBS, PhD - Asme Press  
**RP&M Report** - Takeo NAKAGAWA - Institute of Industrial Science, University of Tokyo  
**Accuracy Issues in CAD to RP Tranlations** - G.FADEL y C.KIRSCHMAN - Clemson University  
**The NURBS Book** - Les PIEGL y Wayne TILLER - Springer  
**NURBS for Surface Design** - Documents from the Society for Industrial and Applied Mathematics, 1992 Conference  
**Rapid Prototyping Systems** - Terry WOHLERS - CGW 11-96  
**The Challenges for Complex Surfaces** - Susan SMITH - CGW 11-96  
**Digitally Prototyping and Product Behaviour** - Diana PHILLIPS - CGW 8-96

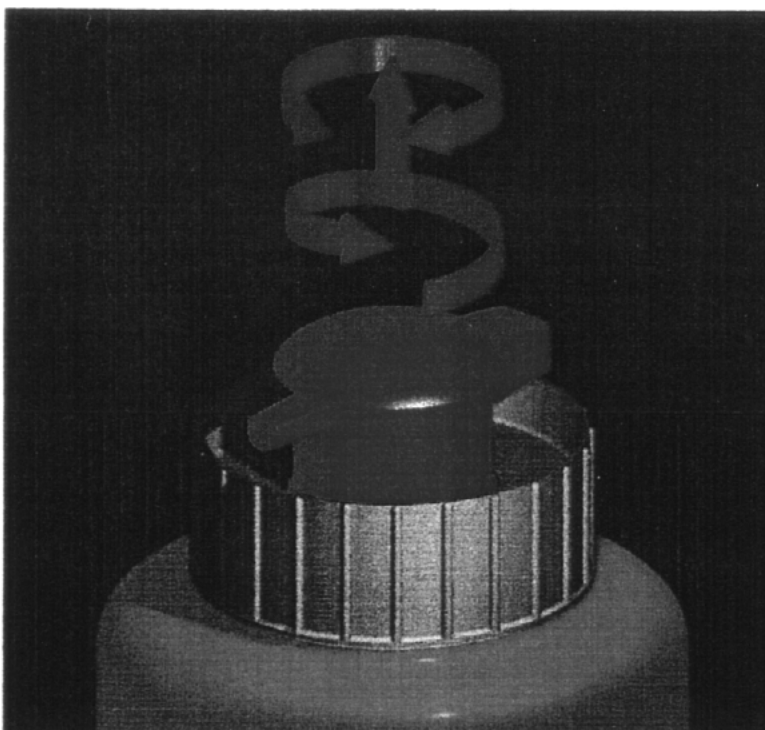
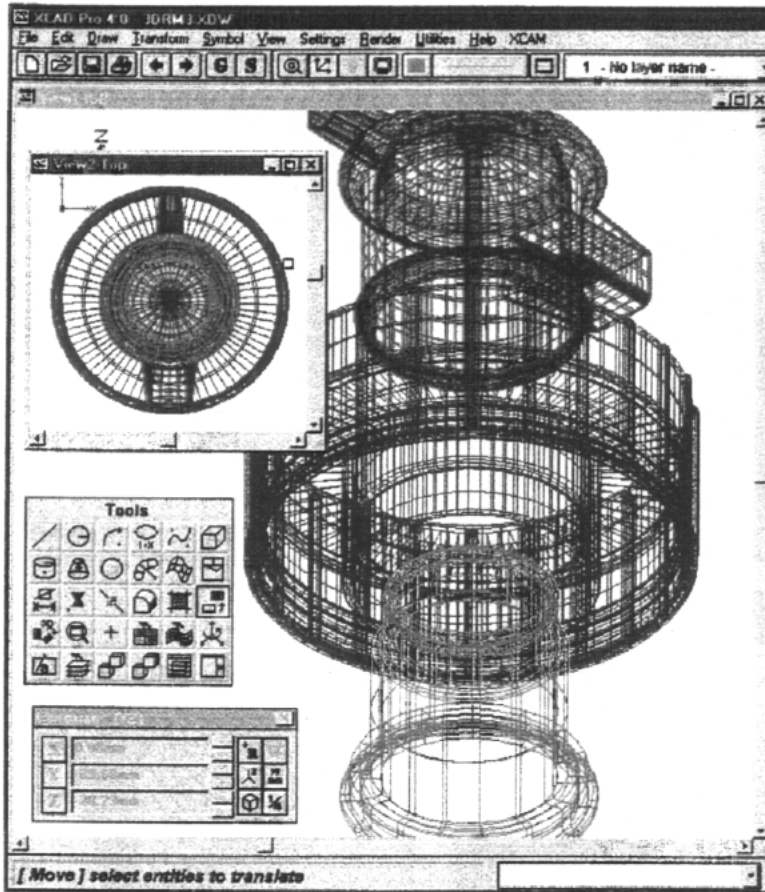
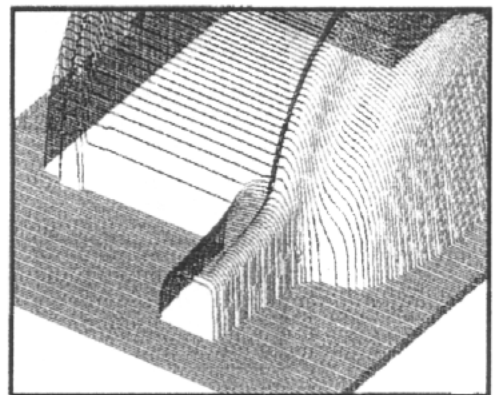
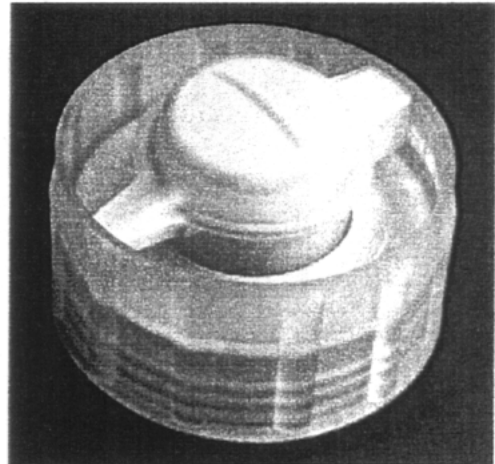
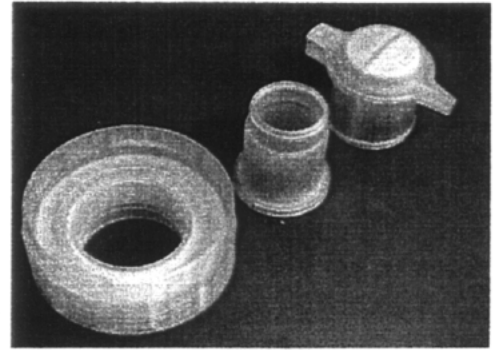
#### SITIOS EN LA WEB

<a href="http://www.3dsystems.com">http://www.3dsystems.com</a>	<a href="http://www.helisis.com">http://www.helisis.com</a>
<a href="http://www.aaroflex.com">http://www.aaroflex.com</a>	<a href="http://www.sanders-prototype.com">http://www.sanders-prototype.com</a>
<a href="http://www.iquest.net/cubital/index.html">http://www.iquest.net/cubital/index.html</a>	<a href="http://www.stratasys.com">http://www.stratasys.com</a>
<a href="http://www.dtm-corp/home.html">http://www.dtm-corp/home.html</a>	

## TECNICAS CONCURRENTES A PATIR DEL MISMO 3DMR

"NUEVA ERA EN LA CONFORMACION DE LA MATERIA"

Sergio LOPEZ, Dis. Ind., T.T.D.I., D.D.I., UNLP



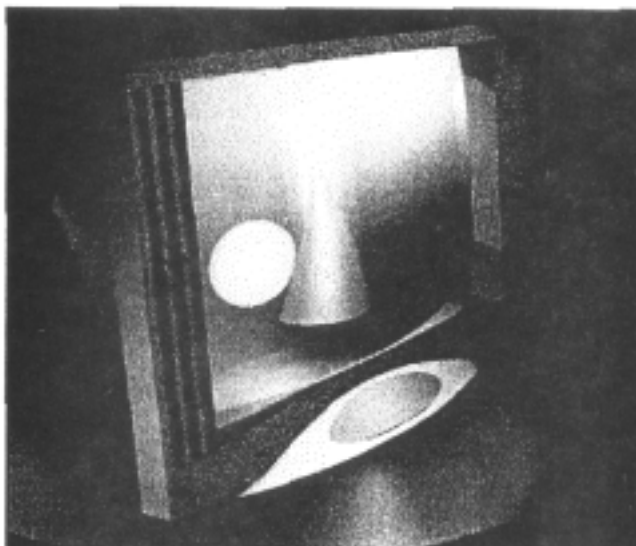
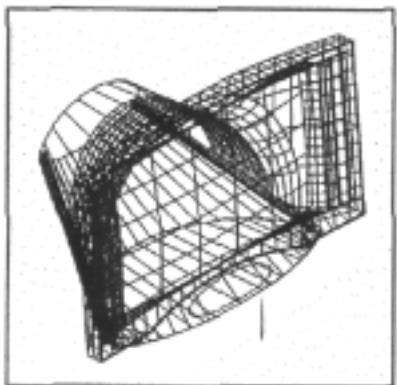
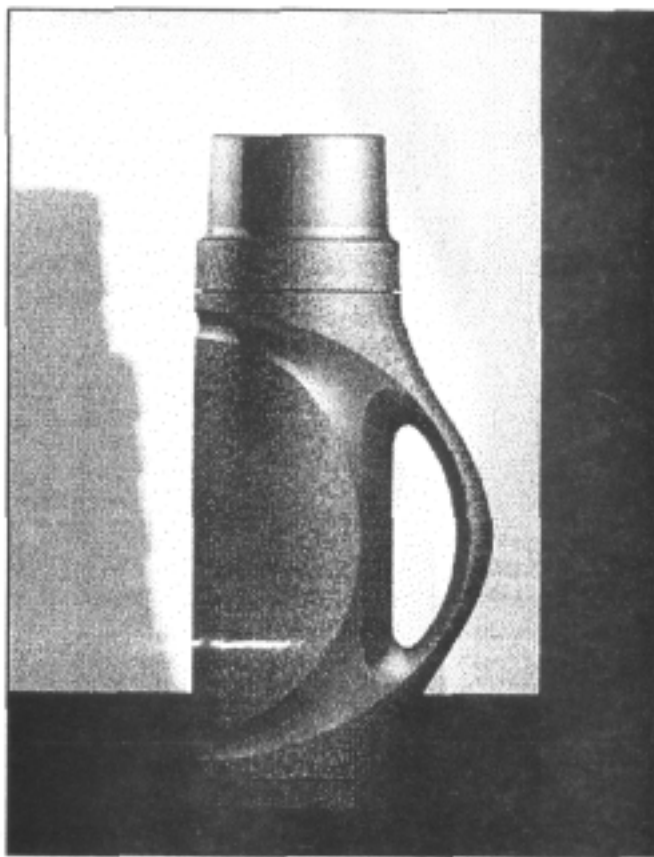
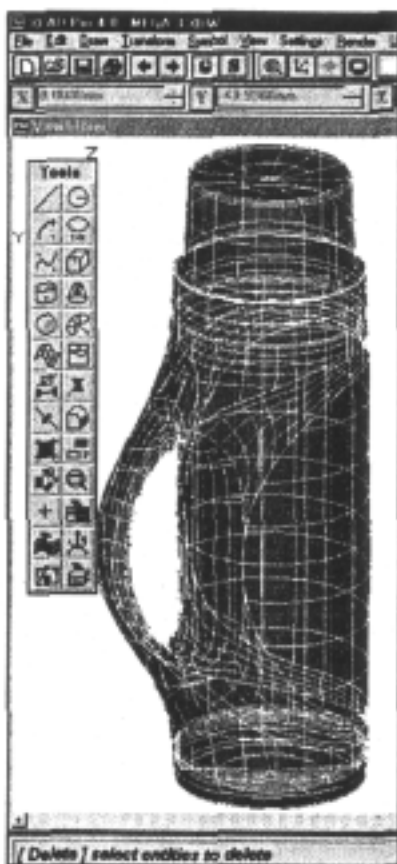
Pico para termo desarrollado localmente para MEGA CORP. USA

Izquierda, arriba, 3DRM en base a NURBS.  
Software: XCAD 3.1.

Derecha, arriba, STLs generadas en SLA 250 por ROBTEC S.A., ROU.

Izquierda, abajo, renderizado fotorrealista.  
Software: XCAD PRO 4.

Derecha, abajo, estudio de movimientos de herramienta para mecanizado del molde de inyección. Software: XCAM/XMILL 3.09



EJEMPLOS DE RENDERIZADOS  
FOTORREALISTAS A PARTIR DE  
3DRMs DESARROLLADOS  
EN BASE A NURBS

Softwares:  
XCAD 3.1  
XCAD PRO 4

"NUEVA ERA EN LA  
CONFORMACION  
DE LA MATERIA"

Sergio LOPEZ, Dis. Ind.  
T.T.D.I., D.D.I., UNLP

