
**PROGRAMA DE APOYO A LA INNOVACIÓN DE LAS PEQUEÑAS Y
MEDIANAS EMPRESAS**

(INNOEMPRESA)

E1. Estudio de Vigilancia Tecnológica de tecnologías emergentes

**ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE RAPID MANUFACTURING (ASERM)
NIF: G-63681449**

Título del Proyecto: Desarrollo de un proyecto de apoyo y asesoramiento tecnológico a las PYMES industriales a través del uso racional e inteligente de las tecnologías de Rapid Manufacturing (RM) como herramienta clave de su negocio y que les permita potenciar su competitividad.

Acrónimo: “USINTEC”

Coordinador Entregable: AIMME

**Participantes: AIJU,
ASCAMM, AITIIP, ULPGC, UDG, HOFMANN, F. ALCALA-
INNOVA, IDELT, MOLDKAR**

FECHA: NOVIEMBRE 2007

ACTIVIDAD 1A: Análisis de la situación actual del tejido español, respecto a la utilización del RM en España y su valor añadido en la cadena de valor.

En esta actividad se va a hacer un Análisis del uso de las tecnologías, las aplicaciones, materiales y sectores industriales dentro del rapid manufacturing (RM)

Se pretende que el estudio abarque el mayor número de sectores posible y en el que se encuentren la mayor parte de proveedores y usuarios de RM, con el objetivo de caracterizar en detalle cuál es la situación real del RM en España.

En la ejecución de esta actividad del proyecto, se decidió utilizar como fuente de información las bases de datos de los servicios a empresas de todos y cada uno de los centros y empresas participantes en el proyecto ya que configuran un mapa real del estado del RM en España.

Para hacer el estudio de dichos servicios se han clasificado según sectores y aplicaciones siguiendo el criterio de clasificación del archiconocido libro **Wohlers Report** que es un referente dentro del mundo del RM.

Con la finalidad de realizar las tareas de análisis que se marca como objetivo en los puntos 1.A.1 y 1.A.2 se ha recopilado toda la información relativa a los servicios realizados con tecnologías de Rapid Manufacturing entre los años 2005, 2006 y 2007 (datos desde el 1 de Enero del 2005 hasta el 31 de Octubre del 2007).

Se seleccionaron los siguientes sectores como los más representativos (clasificación según Wohlers Report).

- Vehículos a motor.
- Arquitectura y GIS.
- Productos de consumo/ electrónica de consumo.
- Aeroespacio.
- Industria y maquinaria.
- Instituciones académicas.
- Medicina/Dental.
- Gobierno y militar.
- Otros.

Se han seleccionado las siguientes aplicaciones (clasificación según Wohlers Report).

- Rapid Manufacturing (producción corta personalizada).
- Modelos visuales (para fabricantes de utillajes).
- Presentación de modelos.
- Modelos funcionales.
- Ajuste y ensamblaje.
- Estudios ergonómicos.
- Patrones para utillaje rápido (incluyendo moldes de silicona).
- Patrones para fundición de metal.
- Partes de utillaje (construidas directamente con sistemas aditivos).
- Dispositivos de fabricación y anclaje.
- Rapid Manufacturing (producción corta personalizada).
- Otros.

Los datos que se van a mostrar en formato de gráfico circulares, son el resultado de cruzar los 1945 servicios ofrecidos desde 2005 por los centros que han cooperado en este proyecto, clasificados en función del número de piezas obtenidas por cada tecnologías de RM, uso de que se ha hecho de las piezas obtenidas y sectores que las demandaron.

Los datos de los gráficos han sido ordenados en orden decreciente en el sentido de las agujas del reloj para facilitar el análisis e identificar más fácilmente las tendencias en el ámbito nacional de las tecnologías de Rapid Manufacturing entre el 2005 y 2007.

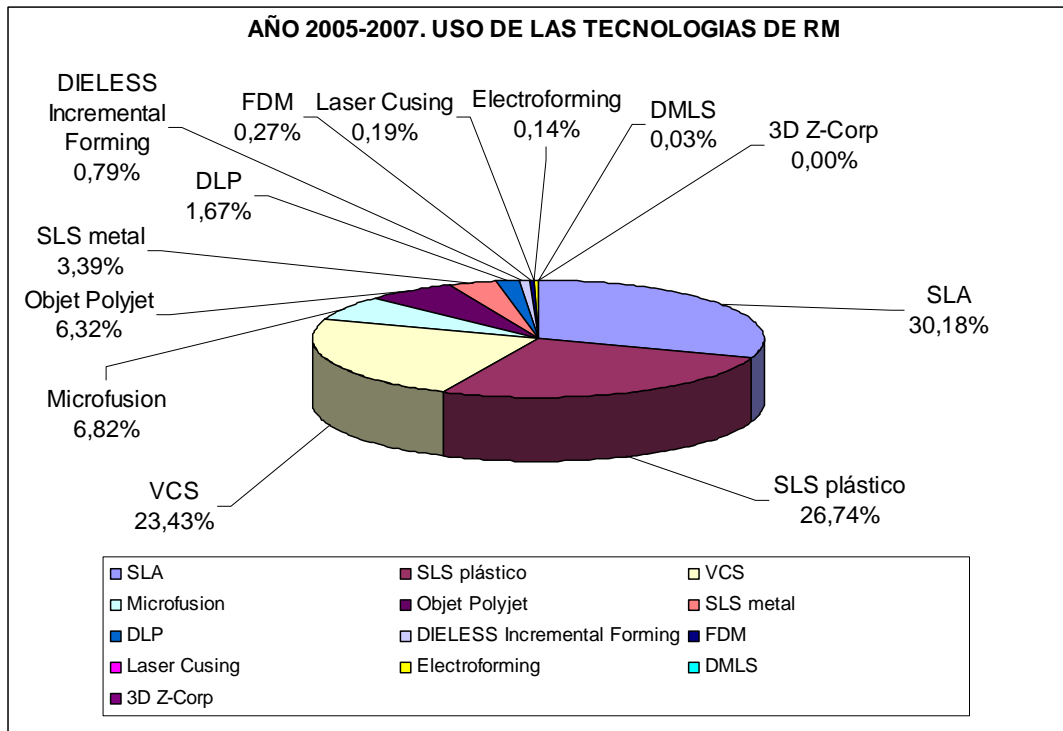


Figura 1. Distribución del uso de las tecnologías de RM de 2005 a 2007 por número de piezas.

Observando la figura 1 se puede concluir que las tecnologías más utilizadas (en función del número de piezas producidas) a nivel nacional en el periodo 2005-2007 enumeradas de mayor a menor son: SLA (30,18%), SLS plástico (26,74%), VCS (23,43%) y en menor medida destacan Microfusión (6,82%), Objet Polyjet (6,32%), SLS metal (3,39%) y DLP (1,67%).

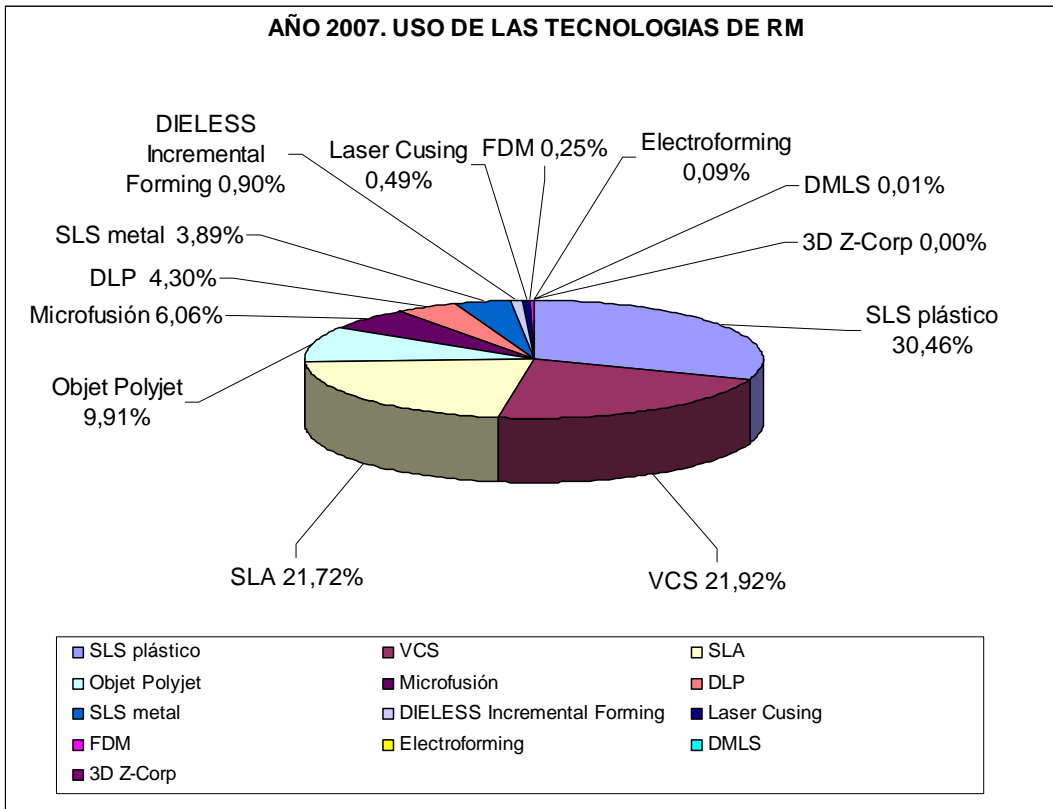


Figura 2. Distribución del uso de las tecnologías de RM en 2007 por número de piezas.

En la figura 2 se muestra la distribución del uso de tecnologías RM en el 2007, a nivel nacional, destacar que la tecnología SLS plástico (30,46%) y VCS (21,92%) han superado a la SLA (21,72%). En porcentajes menores remarcar que Objet Polyjet (9,91%) superó a la tecnología Microfusión (6,06%) y DLP (4,30%) superó a SLS metal (3,89%).

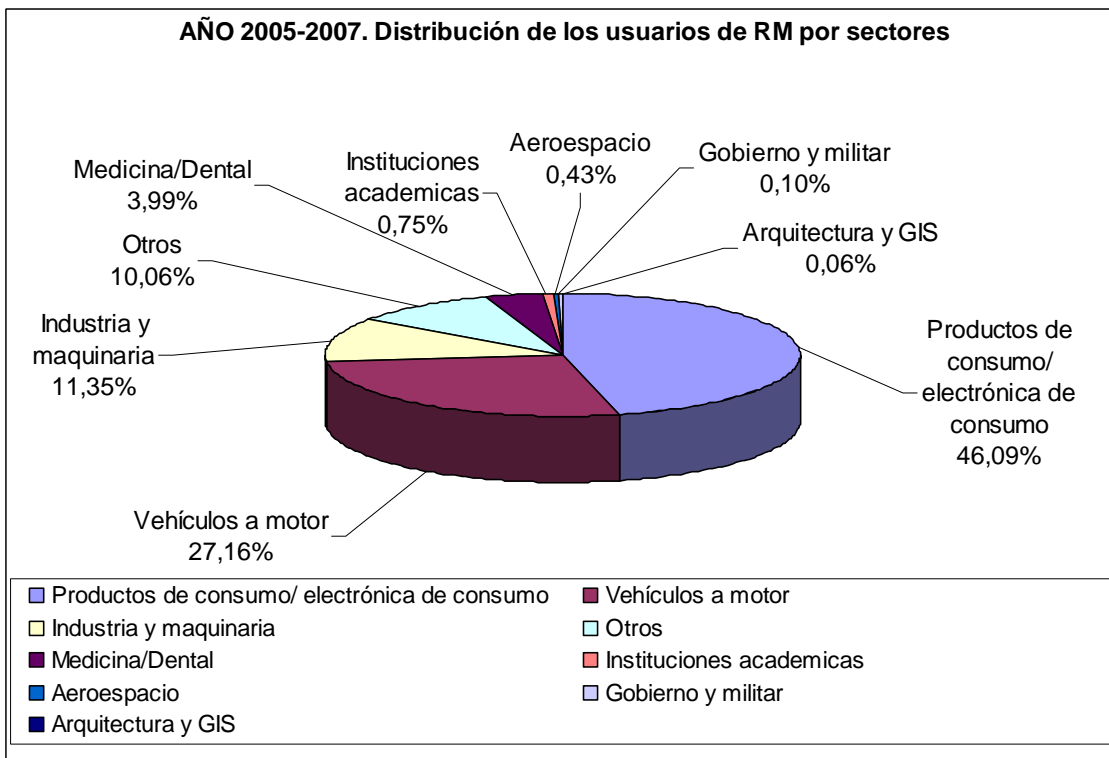


Figura 3. Distribución del uso de las tecnologías de RM por sectores de 2005 a 2007.

En la figura 3 es posible observar la distribución del uso de las tecnologías por sectores a nivel nacional (2005-2007), siendo el sector de Productos de consumo/electrónica de consumo (46,09%) y vehículos a motor (27,16%) los que más han utilizado estas tecnologías. Destacar la importancia en otros sectores como Industria y maquinaria (11,35%), Otros (10,06%) y Medicina/Dental (3,99%).

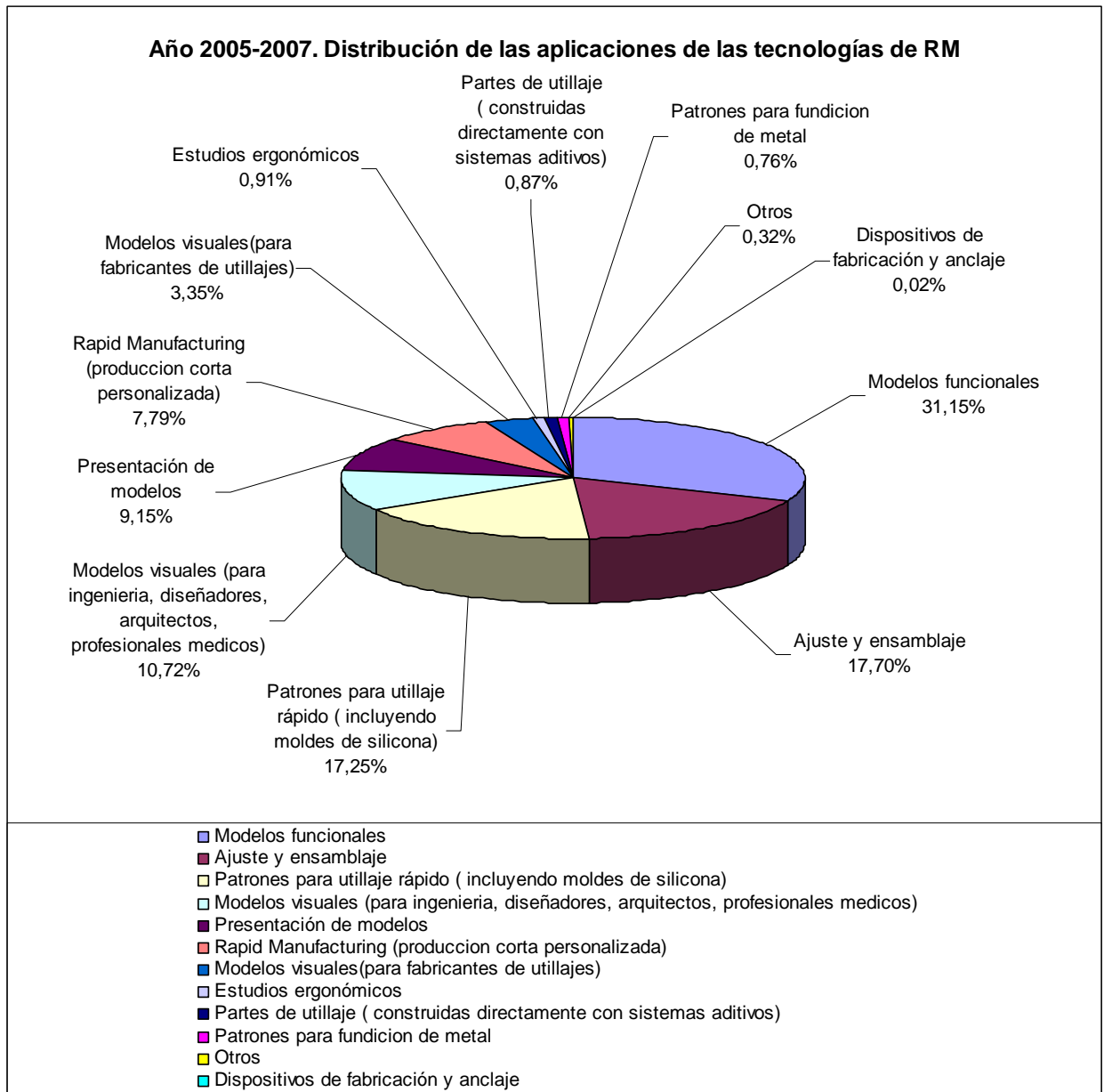


Figura 4. Distribución de las aplicaciones en las que se utilizan las tecnologías de RM, 2005- 2007.

En la figura 4 se presentan, a nivel nacional, las aplicaciones en las que se utilizan las tecnologías de RM y su importancia en porcentaje en función del número de piezas producidas entre 2005 y 2007. Se observa que las aplicaciones en las que el RM más utilizadas de mayor a menor son:

- Modelos funcionales (31,15%).
- Ajuste y ensamblaje (17,70%).
- Patrones para utillaje rápido (incluyendo moldes de silicona) (17,25%).

- Modelos visuales (10,72%).
- Presentación de modelos (9,15%).
- Rapid Manufacturing (producción corta personalizada) (7,79%).
- Modelos visuales (para fabricantes de utillajes) (3,35%).

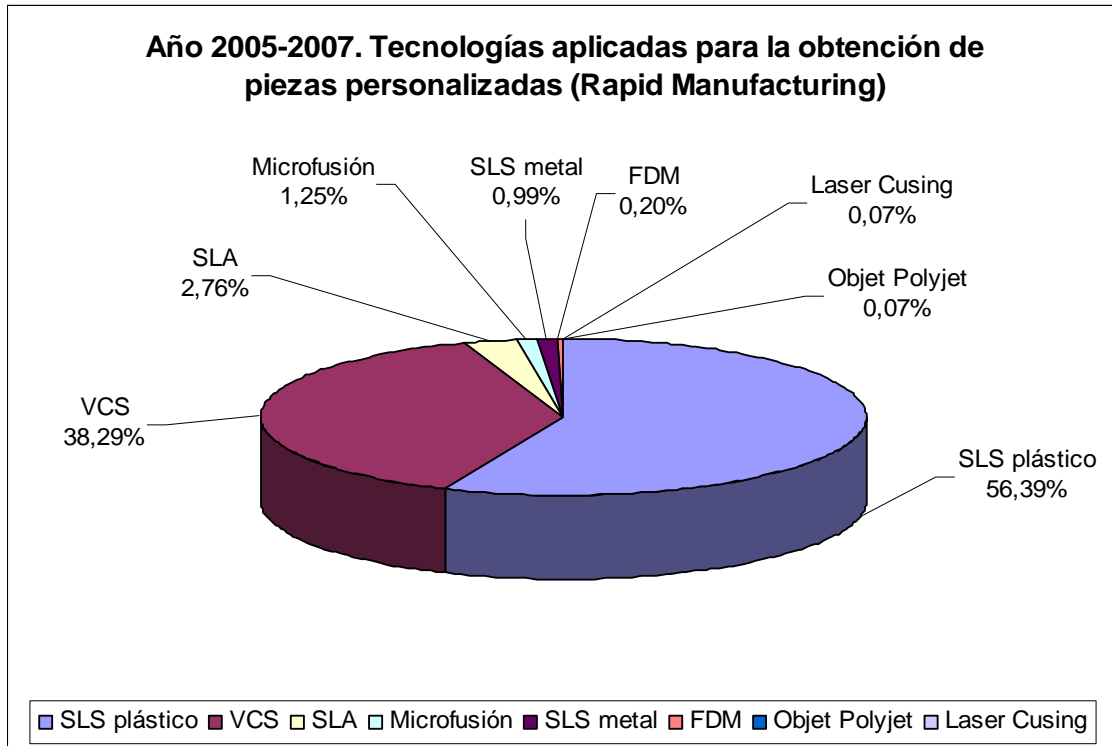


Figura 5. Distribución de tecnologías RM para la obtención de piezas personalizadas 2005- 2007.

Las tecnologías de RM más utilizadas en la obtención de piezas personalizadas, en el ámbito nacional, del 2005 al 2007 se pueden observar en la figura 5. Prácticamente solo se han utilizado SLS plástico (56,35%) y VCS (38,29%), en total estas dos tecnologías de RM suponen el 94,7% de las piezas personalizadas.

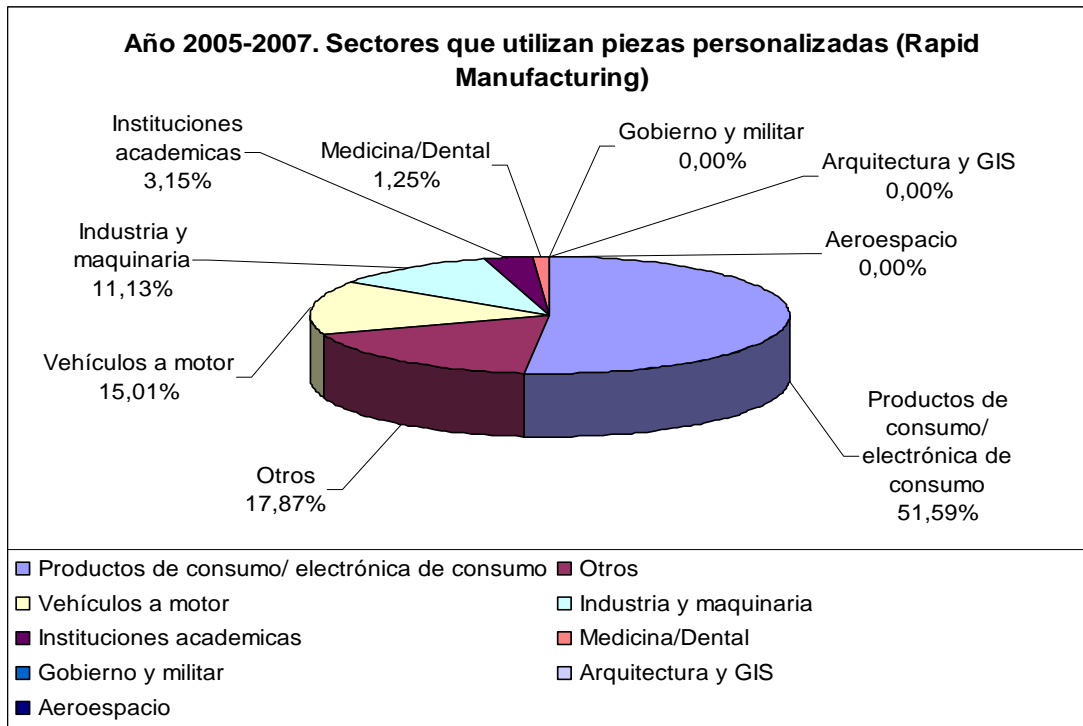


Figura 6. Distribución de los sectores que utilizan tecnologías RM para obtener piezas personalizadas, 2005- 2007.

En la figura 6 se observa que los sectores que utilizan en mayor medida las tecnologías de RM para piezas personalizadas de mayor a menor son: Productos de consumo/electrónica (51,59%), Otros (17,87%), Vehículos a motor (15,01%) e Industria y maquinaria (11,13%).

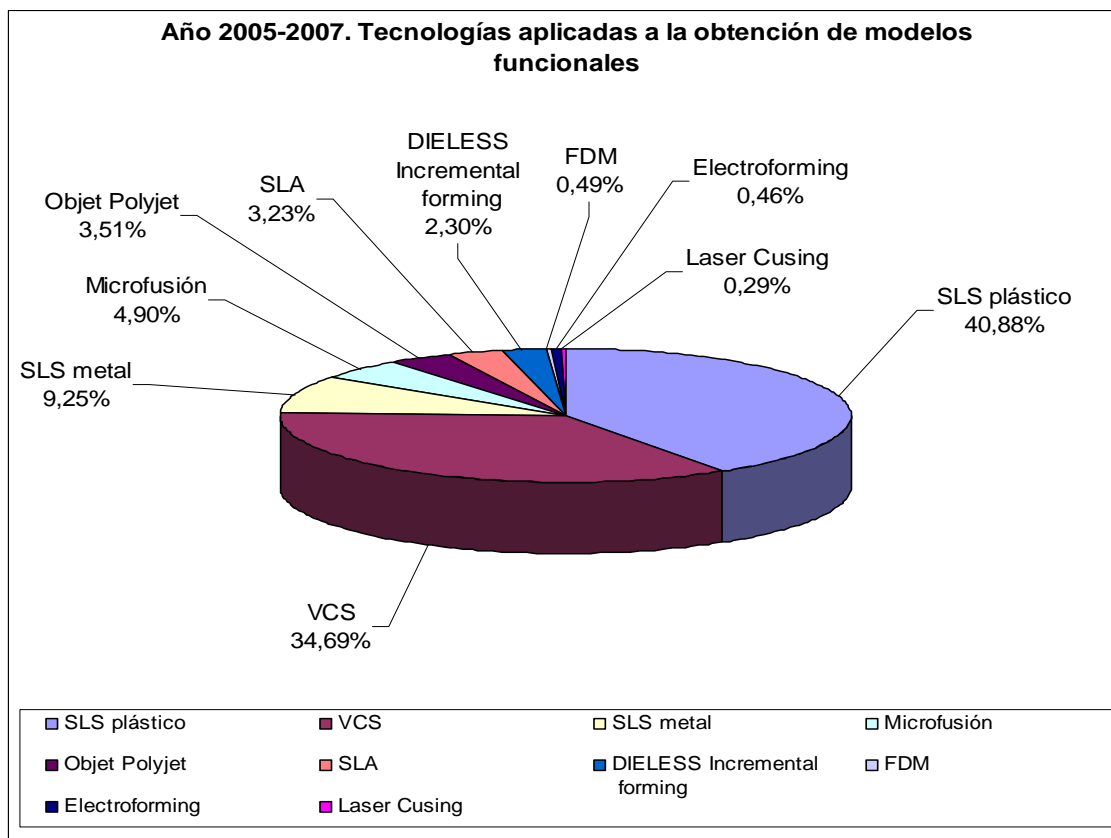


Figura 7. Distribución de las tecnologías RM para obtención de modelos funcionales, 2005- 2007.

Las tecnologías de RM más utilizadas para modelos funcionales de mayor a menor son: SLS plástico (40,88%), VCS (34,68%) y en menor medida SLS metal (9,25%), Microfusión (4,90%), Objet Polyjet (3,51%), SLA (3,23%) y DIELESS Incremental forming (2,30%).

ACTIVIDAD 1B: Análisis de las tecnologías emergentes de Rapid Manufacturing a nivel mundial.

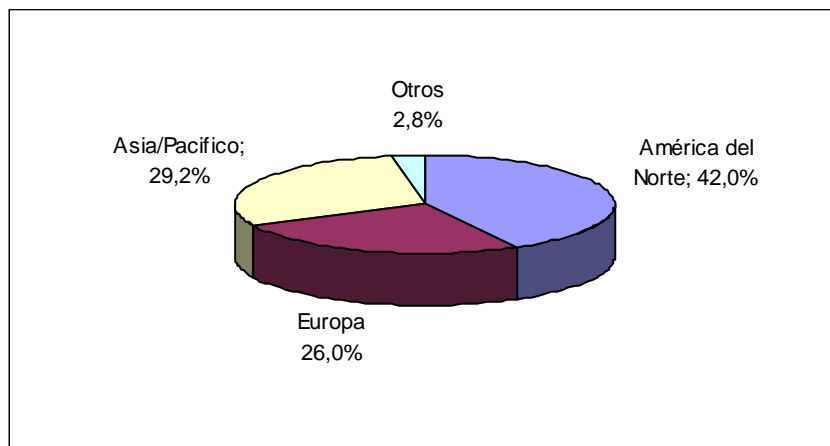
En esta fase se pretende, además de conocer cuales son las tendencias a nivel mundial del RM, situar el nivel tecnológico real de España frente a otros países donde el nivel de desarrollo en este campo es mayor. El objetivo es hacer converger hacia la dirección correcta aprovechando las experiencias de otros países. Las sub-actividades asociadas a esta actividad son:

- 1.B.1. Análisis de las tecnologías y materiales emergentes por países.
- 1.B.2. Análisis del uso de las aplicaciones finales.
- 1.B.3. Nuevas perspectivas y paradigmas.
 - 1.B.3.1. Mejora en los negocios.
 - 1.B.3.2. Diseño para RM.
 - 1.B.3.3. Materiales en RM.
 - 1.B.3.4. Procesos en RM.

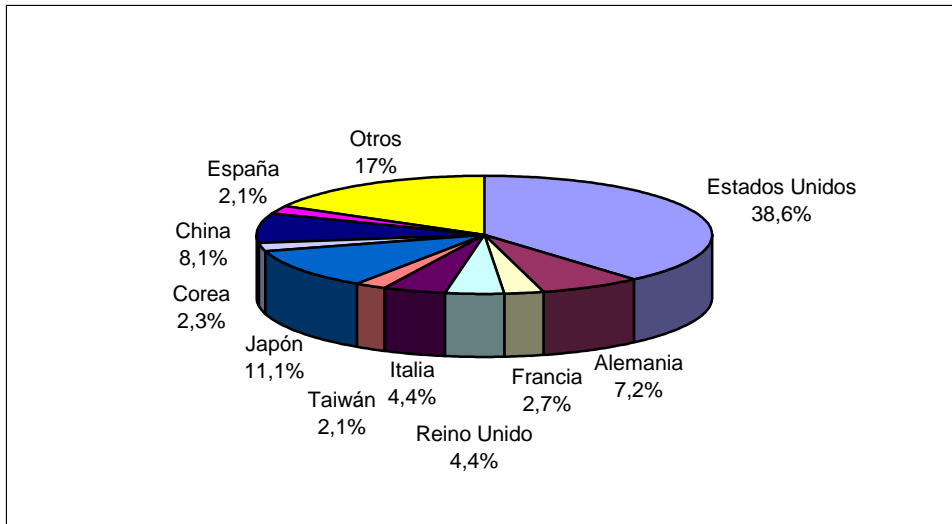
1.B.1 Análisis de las tecnologías y materiales emergentes por países.

Los siguientes tres gráficos y la tabla provienen de la estimación de las tecnologías de RM instaladas en los países de todo el mundo. La estimación es el total acumulado desde el inicio del 2006. Las cuentas eran 21917 de los aproximadamente 21960 sistemas vendidos e instalados en todo el mundo. Las ventas utilizadas en el sistema han sido excluidas del total para evitar que una máquina fuera contada varias veces. Los datos provienen directamente de los fabricantes de las tecnologías.

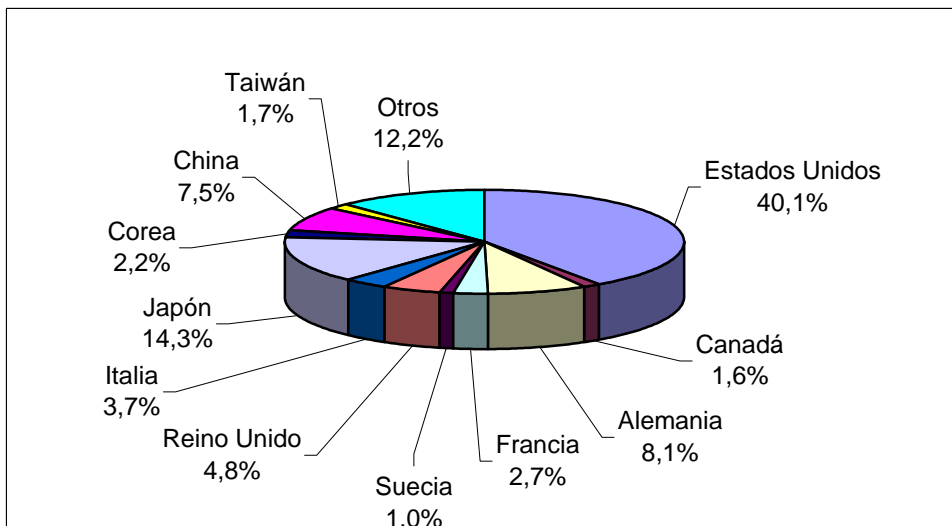
El siguiente gráfico muestra el porcentaje de los sistemas instalados en los mayores continentes del mundo. América del norte tiene más del 42% de los sistemas instalados a nivel mundial, el mismo resultado que el último año.



En el 1997, América del norte representaba el 52,6% de los sistemas instalados, en los siguientes cuatro años descendió al 43,8%, pero ha cambiado poco durante los 5 últimos años. El siguiente gráfico muestra los sistemas vendidos e instalados en los países en el 2006. Estados Unidos ha ganado un 2,1% después de perder un 0,8% en 2005 y un 5,7% en 2004. Estados Unidos, rara vez, ha ganado terreno. Alemania y China experimentaron pequeños aumentos, mientras que el Reino Unido disminuyó un 5,8% en 2005 y un 4,4% en 2006. El otro segmento refleja muchas de las pequeñas regiones del mundo que están creciendo, algunas de ellas, significativamente.



El siguiente gráfico muestra la distribución de sistemas instalados por países desde 1988 hasta el final del 2006. El porcentaje de la mayoría de los países se mantienen sin cambios, a excepción de Japón, el cual disminuyó del 15,1% al 14,3%. Estados Unidos y Alemania también han experimentado una pequeña disminución, en cambio, Italia ha tenido un pequeño aumento. Los otros países han crecido cerca del 1%.



La siguiente tabla es un desglose de las ventas de máquinas por países. Los números en la columna etiquetada "hasta 2006" incluye todas la maquinas que se vendieron desde la introducción de los sistemas de adición hasta final de 2006.

Las 4165 unidades vendidas el 2006 están tenidas en cuenta en esta tabla, aunque algunos de los fabricantes son estimados, en algunos países. Como se mencionó anteriormente, el sistema utilizado de ventas no se incluye en los totales para evitar que la misma máquina se cuente varias veces.

Países	Acumulado	Ventas	Ventas	Ventas	Ventas	Ventas	Ventas	Ventas	Ventas	Ventas	Ventas	Antes del
	total	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996
Canadá	353	76	90	83	19	10	7	12	7	17	19	13
Estados Unidos	8779	1608	1319	1094	803	606	466	492	487	431	451	1022
Islas Vírgenes	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Puerto Rico	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alemania	1786	299	239	264	135	120	134	117	112	103	94	169
Austria	79	14	22	15	3	4	6	2	6	3	1	3
Bélgica	40	9	8	5	5	1	1	3	2	0	1	5
Bielorrusia	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Bosnia	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Bulgaria	5	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Croacia	5	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Dinamarca	92	27	23	14	5	1	7	5	3	2	2	3
Eslovaquia	3	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Eslovenia	23	11	4	1	0	3	1	2	0	0	1	0
España	259	88	57	23	14	7	17	23	11	11	5	3
Estonia	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Finlandia	48	4	6	6	4	1	2	3	7	4	5	6
Francia	592	114	101	66	40	37	50	44	42	22	21	55
Grecia	52	11	10	5	4	4	7	1	0	1	4	5
Hungría	18	7	5	2	0	3	0	0	0	1	0	0
Irlanda	4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Islandia	4	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0
Italia	810	182	170	79	59	48	60	52	35	39	38	48
Letonia	3	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Lituania	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Luxemburgo	6	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Malta	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Noruega	39	7	16	5	1	2	2	1	1	1	2	1
Países Bajos	109	36	20	12	0	5	11	2	12	4	4	3
Polonia	37	19	7	1	2	2	0	2	0	2	2	0
Portugal	38	8	12	3	4	0	3	1	4	2	1	0
Reino Unido	1044	182	208	175	82	57	62	65	64	35	56	58
Republica Checa	61	21	13	8	4	2	5	1	3	1	3	0
Rumania	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
Rusia	168	39	43	29	9	10	8	6	5	0	7	12
Suecia	223	53	33	22	12	12	8	12	12	15	16	28
Suiza	134	24	32	31	9	13	7	4	2	4	3	5
Ucrania	3	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Otros de Europa	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7

Países	Acumulado total	Ventas 2006	Ventas 2005	Ventas 2004	Ventas 2003	Ventas 2002	Ventas 2001	Ventas 2000	Ventas 1999	Ventas 1998	Ventas 1997	Antes del 1996
Arabia Saudita	9	3	2	1	1	0	0	2	0	0	0	0
Australia	174	42	46	22	19	7	7	6	0	3	7	15
China	1638	339	276	265	195	168	89	125	68	35	45	33
Chipre	13	0	0	9	0	2	0	0	0	2	0	0
Corea	491	96	76	77	54	46	29	29	30	9	13	32
Egipto	16	5	4	2	0	4	0	1	0	0	0	0
Emiratos Árabes	27	9	10	4	0	0	1	0	1	2	0	0
Filipinas	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
India	188	41	41	14	21	7	20	10	5	7	13	9
Indonesia	11	3	2	2	1	2	0	0	0	0	0	1
Irán	3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
Isla Mauricio	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Israel	71	18	23	8	5	4	7	2	3	0	1	0
Japón	3139	463	398	361	235	216	219	251	238	208	187	363
Jordania	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Líbano	20	9	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Malasia	118	20	14	22	14	12	14	6	4	1	9	2
Nueva Zelanda	18	5	10	0	0	1	1	0	1	0	0	0
Pakistán	6	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Singapur	89	13	14	7	7	3	4	4	6	5	8	18
Sur África	77	26	24	15	2	2	1	1	1	0	2	3
Tailandia	125	24	29	25	11	12	6	4	2	2	5	5
Taiwán	381	86	63	74	50	22	26	13	9	6	13	19
Turquía	224	55	58	39	25	16	1	10	9	3	5	3
Vietnam	24	10	6	1	4	2	1	0	0	0	0	0
Argentina	13	5	2	2	0	0	1	0	2	0	1	0
Brasil	86	19	16	6	7	7	9	3	3	5	6	5
Chile	6	0	4	0	0	1	0	0	0	0	1	0
Colombia	12	2	2	0	2	3	2	0	0	0	0	1
Costa Rica	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
México	80	19	18	26	5	2	1	5	0	1	1	2
Perú	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Uruguay	4	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Venezuela	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otros América Latina	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Otros Países	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4
TOTAL	21921	4165	3609	2936	1876	1493	1305	1325	1199	987	1053	1973

En el 2005, varios países han experimentado el crecimiento del tercer dígito (con 100 o más instalaciones), incluyendo la India, España, Italia y Australia. Sin embargo, no hay ningún país con este tipo de crecimiento en el 2006. Un fuerte crecimiento de dos dígitos procedía de los Países Bajos (80%), Suecia (60,6%), España (54,4%), Malasia (42,9%) y Taiwán (36,5%). Otros países como Corea, Alemania, China y los Estados Unidos han conseguido unos buenos crecimientos en el 2006.

1.B.2. Análisis del uso de las aplicaciones finales.

La competencia hoy en día es intensa e imprime un alto ritmo en el desarrollo de productos. La competencia se extiende más allá de las fronteras locales, nacionales y llega a un nivel mundial. A medida que las empresas luchan por encontrar las herramientas que necesitan para estar y permanecer en lo más alto, también desean entregar el producto con una alta calidad a un bajo coste. La fabricación por adición es una potente herramienta que da a las empresas una trayectoria competitiva y que necesitan para obtener el éxito en el mercado global.

Las aplicaciones iniciales de la fabricación RM se han centrado en la fabricación de prototipos y su capacidad para fomentar la comunicación acerca de los nuevos progresos. La tecnología ha evolucionado y se ha extendido a industrias completamente nuevas y a usos nuevos. Colegios y universidades están utilizándolo en un único camino, mejorar el desarrollo y que sean menos costosas. Artesanos y escultores están descubriendo que estas tecnologías no tienen menos limitaciones en los procesos de fabricación. La fabricación RM también se está aplicando en la creación de utillaje, agujeros guía y en la ayuda en el montaje, así como la venta de piezas de calidad.

Comunicación

Las personas tienden a aprender más y más, en un periodo más corto, a partir de un modelo físico que no a partir de unos dibujos e impresos. Esto no quiere decir que un modelo físico es un reemplazo de los dibujos de ingeniería, en cambio, la combinación de los dibujos de ingeniería y los modelos físicos se convierten en una poderosa herramienta de comunicación

La otra cara de la moneda, es la falta de una adecuada comunicación que a menudo es la principal causa de los problemas en el desarrollo de productos nuevos. La fabricación RM ofrece una descripción rápida, clara, y sucinta de un nuevo diseño que mejora la comprensión y la comunicación entre los partes interesadas. Una comunicación mejor conduce al desarrollo de productos mejores, junto con posibles reducciones en tiempo y coste.

La información geométrica difícil que se comunica es un desafío en áreas con excepción de desarrollo de producto. HDR es una empresa de arquitectura, ingeniería, y consultoría que asesora a empresas que se encuentra con frecuencia con desafíos a la hora de la transferencia de información en su trabajo cotidiano. Al planear proyectos de nueva construcción, los ingenieros de HDR encontraron que la impresora del color 3D de Z Corp podría aceptar datos geográficos de los sistemas de información (GIS). HDR está utilizando la impresora 3D para producir modelos exactos de la "capas del terreno" para comunicar la información del emplazamiento a los empleados y a los clientes.

En salas de tribunal, es a menudo necesario explicar claramente conceptos altamente técnicos a los jurados abarcando amplios sectores de la vida, técnicas o no. Un ejemplo fue el caso de negligencia que sufrió una mujer que experimentaba dificultad, después de la cirugía para fijar dos huesos rotos de su antebrazo. La cirugía implicó atornillar placas de metal a cada hueso roto.

Alair Emory, socio principal en el Javelin 3D, realizó una exploración para obtener los datos geométricos exactos 3D del antebrazo y de la muñeca del paciente, para el brazo izquierdo indemne y el brazo derecho reparado quirúrgicamente. Los modelos fueron hechos usando los datos, y presentados en la sala de tribunal. Convencieron el jurado claramente: La muñeca del paciente no podría funcionar con los huesos fijados de la manera en la que se encontraban. Emory explicó que usando solamente radiografías de dos dimensiones, habría sido imposible ver las características geométricas complejas que gobiernan la operación de la muñeca.

Cambios en Ingeniería

Los cambios del diseño son un hecho cotidiano en el mundo del desarrollo de producto. Siempre que haya una necesidad de revisar un diseño, se requiere una orden de cambio de ingeniería (ECO). El coste de un ECO aumenta un orden de magnitud a medida que el diseño progresa, de una fase significativa del desarrollo a la siguiente. Esta es la razón por la cual es

crítico hacer modelos y prototipos en una etapa temprana del ciclo de diseño, cuando los cambios son menos costosos.

Ingenieros en el Bison Bede, un fabricante Británico de salva-escaleras, tenían un plazo apretado para desarrollar un producto nuevo. El periodo era tan apretado, de hecho, que sabían que tendrían que realizar cambios de ingeniería al diseño, al mismo tiempo que creaban los útiles para la producción. Contactaron con AMSYS Rapid Prototyping y Tooling Ltd. para solicitar ayuda. Usando su proceso de la sinterización láser para piezas de nylon, los ingenieros de Bison Bede podrían verificar las nuevas piezas complejas para el control de impulsión del producto con los prototipos funcionales, incluso mientras que comenzaban a fabricar los útiles de producción para otras partes del producto. Ellos introdujeron un producto premiado antes de lo esperado, debido en parte a la fabricación RM.

En Logitech (Fremont, California), principal fabricante de accesorios para computadoras y teléfonos móviles, sus ingenieros encontraron que algunos usuarios tenían problemas con su receptor de cabeza móvil Bluetooth debido a su particularmente complicado manejo. Los ingenieros de Logitech encontraron que debido a la distorsión durante la fabricación, pletina podía rotar más allá de su parada diseñada y romper los contactos eléctricos. Sabían que la solución implicaba un cambio en las paradas rotatorias de la pletina, pero no estaban seguros qué cambio era el adecuado. Utilizaron la máquina de Stratasys FDM (fused deposition modeling) para hacer piezas funcionales en material ABS. Después de realizar algunos intentos, entonces optimizaron de forma iterativa lo que proporcionó mejores resultados, llegando a una solución que generaba un 273% de aumento en la fuerza de la pieza en cuestión.

Ideas y propuestas de gran alcance

Una ayuda visual, ayuda a vender ideas. Todo aquello que se puede tocar y sostener en las manos es lo más persuasivo. Cuando un modelo físico forma parte de una presentación, la oferta tiene una ventaja que puede hacer que sea la solución elegida. Las mejores decisiones se toman cuando la audiencia aprende más sobre la idea propuesta y puede calcular mejor su valor.

En E-Z Painter (St. Francis, Wisconsin), todos los nuevos diseños están prototipados y acabados a mano para que parezcan piezas de producción, entonces presentadas a los usuarios -encargados, cliente, y fabricantes- involucrados en el proyecto. Muchos de estos productos necesitan resolver conceptos ergonómicos y cubrir requisitos, así que es necesario tener modelos físicos para probar el diseño.

SentriLock, LLC (Cincinnati, Ohio) tenía un concepto del producto triunfador, pero no tenían ninguna unidad de muestra con calidad de producción para mostrarlas en una exposición próxima. Era crítico anunciar su nuevo Realtor Lockbox en la Expo, así que la compañía acudió a Morris Technologies, Inc. (Cincinnati, Ohio) para el diseño, la ingeniería, y el prototipado. Confiando en el sinterizado láser metálico directo (DMLS) de EOS, Morris Technologies, Inc. entregó un prototipo funcional que provocó un lanzamiento exitoso del producto.

La ubicación de todas las piezas juntas en una fabricación, el automatizado y la fabricación piezas en el proceso conllevó 53 horas, frente a los 10 días laborables estimados si hubieran sido mecanizadas. Con un plazo tan agresivo, ésta es la clase de productividad que la compañía necesitaba para una entrega en fecha.

Modelos Conceptuales

Las impresoras 3D son la variante menos costosa de los sistemas aditivos que se sitúan como una herramienta para crear modelos rápidos y baratos en los primeros estadios del ciclo de diseño. La mejor analogía está al mundo del diseño en el papel: Si un modelo físico es el verdadero dibujo de la ingeniería, el modelo conceptual es el bosquejo rápido en una servilleta.

SunTech médico, productor principal de soluciones no invasoras de monitorización de la presión sanguínea, utiliza modelos conceptuales para fabricar completamente con una

impresora Dimension 3D de Stratasys. Según Steve Just, "tener el modelo conceptual en casa ha permitido que reconozcamos errores de diseño mucho más pronto que antes y que alcancemos un producto mejor en el mismo tiempo." Suntech utiliza su sistema para iterar con la comercialización, junto con la ingeniería, en las primeras etapas del ciclo de desarrollo, cuando los cambios son más fáciles y menos costosos de realizar.

El modelo conceptual no se limita a los diseños mecánicos. Un arquitecto surafricano requirió un modelo a escala de un hogar propuesto para ser construido en la región de Constantia, con solamente tres semanas para el proyecto, y una necesidad de proteger los detalles finos en el diseño, el arquitecto se puso en contacto con This Way Up, una compañía de diseño en Ciudad del Cabo, para convertir planos 2D en los modelos sólidos 3D y sus prototipos. La firma diseñadora creó el CAD 3D y construyó el modelo a escala usando la tecnología de sinterizado. Atendiendo al detalle, el modelo fue acabado y pintado cuidadosamente. Cuando fue presentado al cliente, el modelo trajo el concepto del arquitecto a la vida.

Verificación de las bases de datos CAD

El diseño de piezas complejas y de ensamblajes puede ser difícil y consumir mucho tiempo. Conforme la complejidad aumenta, la dificultad en relación a la exactitud de los datos geométricos también aumenta. Entre la lista de problemas potenciales están los agujeros mal alineados, interferencias, las costillas estructurales en el lugar incorrecto y el acoplamiento incorrectos de piezas.

Las tecnologías RMs permiten que los diseñadores verifiquen la corrección de la base de datos del CAD. Esto es especialmente importante antes de mecanizar costosas herramientas en metal, donde identificar y eliminar una sola interferencia tiene el potencial de pagar un sistema aditivo entero por sí solo.

FreeForm, un estudio de investigación del diseño en New York City, utiliza fabricación RM para verificar la arquitectura, CAD, estructura, y la disposición de sus productos. Esto se asegura que los componentes finales del molde de fundición encajen perfectamente en el lugar de fabricación. El modelo físico del diseño final también sirve como el modelo para su presentación al cliente anticipado.

Como extensión de la verificación de la base de datos del CAD, la universidad de Hull (Hull, Reino Unido) aplica procesos aditivos para validar simulaciones por ordenador. Según lo divulgado por la CAD/CAMNet, un boletín de noticias en línea de Ash Bridge Media, investigadores en la universidad ha desarrollado una simulación por ordenador de la resistencia del hueso en función de la densidad del mismo. El estudio de los efectos de la osteoporosis, y los efectos de varios tratamientos, utiliza un análisis de elementos finito complejo. Para validar la simulación, el equipo de investigación ha construido más de 50 modelos en estereolitografía. Estas piezas complejas se prueban para evaluar las características elásticas y las características de los fallos de las estructuras generadas mediante elementos finitos.

Estilo y ergonomía

Los diseñadores industriales usan los procesos aditivos para producir modelos físicos de preliminares de nuevos conceptos e ideas. Este enfoque es muy útil con productos con muchas superficies curvadas que son difíciles o imposibles de comunicar usando planos 2D y renderizados. Las personas prefieren ver, sujetar y coger un modelo de un diseño propuesto con una forma antes de que resulte demasiado costoso hacer cambios drásticos. Esta necesidad es particularmente importante para productos que deben acoplarse al cuerpo humano tales como cascos de protección, controles de la cabina del piloto de avión y equipos de buceo por nombrar unos pocos.

Symbol Technologies (Holtsville, New York) diseña y fabrica ordenadores de mano y escáneres de código de barras. Usando una impresora ThermoJet desde 3D Systems, Symbol consigue modelos físicos en horas que podrían costar una semana cuando son construidos con espuma de moldear. Jorg Schlieffers, diseñador industrial senior dijo, "Como estamos tratando con dispositivos para las manos, necesitamos la capacidad de tocar un objeto." Schlieffers añadió

que los diseñadores de Symbol a menudo piensan que ellos pueden comunicar sus ideas con modelos ThermoJet en una fracción de tiempo del que sería requerido de otra manera.

El sistema ThermoJet fundamentalmente ha cambiado el proceso de diseño en Symbol. Los diseñadores imprimen los modelos de muy temprano en el proceso de diseño, y a menudo hacen múltiples copias para que personas de otros departamentos y lugares puedan evaluar el diseño al mismo tiempo. En un caso, Schlieffers cree que los modelos de ThermoJet acortaron un proyecto de un año a 2 o 3 meses.

Ajuste y ensayo funcional

El Renault Formula 1 Team esta funcionando con varias SLA 7000s, máquinas de sinterización por láser, y otros sistemas aditivos. El equipo Renault usa la tecnología para estudios aerodinámicos y modificaciones de diseño. Las pruebas de túnel de viento de nuevos conceptos de diseño ha llevado hacia un diseño final que era esperado que rebajara 1,5 segundos por vuelta para el Mild Seven Renault Team. En el mundo de la competición de la Formula 1, esta ganancia es sustancial. Usando fabricación RM, Renault no solo ha obtenido una ventaja de tiempo al utilizar los modelos en las pruebas del túnel de viento sino que también obtuvo mejoras en la precisión. Renault prueba ahora más diseños de más piezas con igual o menor inversión de tiempo y dinero. Renault F1 aplica la tecnología a la fabricación directa de piezas para sistemas de refrigeración, eléctricos y varios componentes de la carrocería.

La empresa Burton Snowboards, un proveedor líder de tablas de snowboard, fijaciones y accesorios, hace productos que sufrirán un severo esfuerzo y desgaste. De hecho, antes de que Burton se hubiera implicado con la fabricación RM, necesitaba producir piezas por inyección en molde, antes de que ellos pudieran tener una primera retroalimentación de la idea o concepto de un nuevo diseño. El prototipado convencional no podía afrontar el reto.

Todo esto cambió cuando la compañía compró una máquina de sinterizado por láser. El desarrollador de producto Ryan Larson dijo, "Las piezas a menudo funcionan de forma similar a las de materiales de producción". En un proyecto, usando piezas sinterizadas por láser para una prueba sobre la nieve, la compañía rebajo en 2 meses completos el desarrollo en un ciclo de tiempo típico. Con la tecnología de sinterizado por láser en casa, ahora es posible intentar ideas más salvajes en las tablas de snowboard más rápidamente y mantener su posición de liderazgo en la industria.

Prototipado

El Prototipado rápido fue una de las primeras aplicaciones de las tecnologías de fabricación RM, y permanece hoy día entre las herramientas más potentes para el desarrollo de producto. Dichos productos van desde instrumental médico tan pequeños como la punta de un lápiz hasta piezas tan grandes como la cabina de un tractor, fabricándose mediante un sistema aditivo. Pero, ¿qué tienen todos en común?. Permiten a los ingenieros y diseñadores aprender sobre sus nuevos diseños, de manera que pueden estar seguros de que cubren las necesidades del cliente final en un plazo más corto.

HandyLab (Ann Arbor, Michigan) se encontró con un problema desafiante de prototipado cuando estaba desarrollando el núcleo microfluído de su tecnología de diagnóstico médico. Básicamente, se trata de un laboratorio en un chip. El producto de HandyLab contiene canales minúsculos, depósitos reactivos y bolsitas de aire que se han diseñado para mover tapones de aire del tamaño de nanolitros, para realizar tests. Este producto reduce una sala de equipo de test a un dispositivo en miniatura, que cabe dentro de una mano. Tradicionalmente, los ingenieros habrían usado técnicas de fotolitografía para fotopolimerizar las capas de vidrio para sus prototipos. Aunque dicho proceso funcionaría bien, era costoso en tiempo y en recursos. Por lo tanto, HandyLab dio el salto a la tecnología de estereolitografía de alta resolución. Con dicha tecnología Viper SLA, HandyLab fue capaz de testar conceptos de diseño rápidamente y con sólo una fracción del coste de los métodos tradicionales.

Los fabricantes de zapatos han adoptado rápidamente técnicas de fabricación RMs en sus disciplinas de diseño y desarrollo. Una compañía, Adidas, las usa para el modelado

conceptuales y como herramienta de prototipado. Durante varios años, Adidas ha usado una tecnología de Z-Corp para producir modelos conceptuales en las primeras fases de diseño. Además, para ampliar la aplicación de los sistemas aditivos para prototipado, Adidas adquirió máquinas de Objet Geometries. Todd Millar, responsable de Ingeniería y Realización Conceptual, considera que la tecnología de Objet Polyjet es excelente para realizar moldes para construir modelos de caucho. Mediante este método, Adidas produce prototipos funcionales para el diseño de suelas de sus zapatos más innovadores. Uniendo los prototipos de suelas con el correspondiente nylon, lona o cuero, dicha compañía produce prototipos de zapatos completamente funcionales, para evaluar su forma, ajuste, funcionamiento y estilo.

Colada de metal

Case New Holland (New Holland, Pennsylvania) usa muchas piezas de metal para sus equipos de agricultura y construcción. Típicamente, CNH necesita de 20 a 50 prototipos de metal para completar el testado de funcionalidad y durabilidad. Para sus piezas de colada de arena, CNH ha reemplazado su fabricación tradicional de moldes, por el sinterizado láser DuraForm (nylon), reduciendo el tiempo de producción de colada en más de 50 veces. En algunos casos, aquello que tardaban de 3 a 4 semanas, ahora sólo les lleva unos pocos días. Las piezas en DuraForm son suficientemente resistentes para soportar la presión y la abrasión de la arena, pudiendo producir hasta 1200 piezas de colada de metal. CNH también ha encontrado que los moldes CastForm fabricados mediante sinterizado láser (poliestireno y cera) han abierto la puerta a la colada por gravedad en acero. En el pasado, la compañía confiaba en el acero para simular piezas de forjado. Puesto que las piezas patrones de CastForm eliminan la necesidad de útiles, CNH ahora cuela por microfusión las piezas de acero para simular mejor las propiedades y las características de forjas.

Ahora bien, no todos los fabricantes hacen coladas de piezas grandes. TOP Service realiza una forma de corrector de ortodoncia, bien llamado Incógnito, que es fijado detrás de la dentadura de sus pacientes para que no sea visible cuando se ríen.

Como todas las piezas tienen que ser realizadas a medida y no pueden ocupar mucho espacio, TOP Service se cambió a la fabricación RM de Solidscape. Después de que las piezas son diseñadas en el software de TOP, los datos son enviados a la máquina Benchtop T66 de Solidscape, para imprimir los modelos patrón en un termoplástico colable por gravedad. Una vez impresos y limpiados, los correctores son colados con oro dental. Finalmente, los correctores de oro son cortados y fijados dentro de la boca del paciente.

Solicitudes de presupuestos

Cuando llega la hora de solicitar una cotización, es aconsejable incluir un modelo físico de la pieza. Proporcionando dicho modelo, aclaramos cualquier ambigüedad en los planos de ingeniería y en las especificaciones del diseño, lo cuál, puede conllevar un precio menor. Los proveedores suelen admitir un aumento en sus precios para cubrir posibles errores de interpretación en los requerimientos del diseño. Esto puede conllevar un aumento de un tercio del precio.

Delphi Automotive Systems (Troy, Michigan) de forma rutinaria envía modelos fabricados con tecnología RM a sus proveedores y tiendas de utillaje con propósito de solicitar presupuesto. Ford Motor Company (Dearborn, Michigan) también practica este método de solicitud de cotizaciones. Basado en un estudio liderado por Meter Sferro de Ford, la compañía ha estimado que podría ahorrar entre 30 y 50 % del coste de sus compras cuando utiliza prototipos físicos. En un proyecto de un brazo de un rocker, adjuntado un modelo con la solicitud de presupuesto, se consiguió una reducción del 50 % en el coste de producción de la pieza unitaria. Después de producir 10 millones de brazos de rocker, Ford había conseguido el ahorro de 5 millones de dólares.

En Invensys Appliance Controls (Carol Stream, Illinois), todos los proyectos nuevos tienen dos conjuntos de prototipos. Un conjunto es para evaluación interna y el otro para el cliente. Uno de los mayores beneficios de realizar dichos prototipos es proporcionárselos al cliente. Las piezas también son usadas en el proceso de oferta del vendedor. Con los modelos físicos en la mano,

las ofertas son más ajustadas, estimándose una reducción entre el 10 y 15 % del coste en herramientas por proyecto.

Utillaje

Durante muchos años, la industria de fabricación RM ha esperado reducir el coste y el tiempo que se consume en el mecanizado de moldes de metal y matrices. Algunas compañías están ahora cambiando sus procesos tradicionales hacia Rapid Tooling, y están produciendo piezas en el material de uso final para prototipos de evaluación funcional y para producción de bajo volumen.

POM (Auburn Hills, Michigan) usaba su proceso DMD (Direct Metal Deposition) con metal en polvo para aumentar la vida de sus moldes de forjado en caliente. La fabricación del molde conlleva la combinación de mecanizado por control numérico (CNC) y DMD. Una supermezcla Stellite basada en cobalto, resistente a la temperatura, se depositaba en la superficie de acero mecanizado por CNC fabricado previamente. De acuerdo con Tim Skszek, antiguo vicepresidente de POM, la herramienta tardaba de 3 a 5 veces más tiempo, comparado con el utillaje convencional.

DMLS (Direct Metal Laser Sintering) de EOS es una tecnología muy adecuada para tales aplicaciones de utillaje. Según Greg Morris de Morris Technologies, un estudio reciente en el que se compara las metodologías tradicionales y DMLS para una importante compañía de automoción, indica que se consigue un importante ahorro de tiempo y costes empleando fabricación RM para utillaje (Rapid Tooling). Los insertos estudiados fueron aproximadamente de 152x102x19 mm con complejidad moderada. El mecanizado tradicional y EDM consumieron dos veces más tiempo y un 18 % más de coste que usando DMLS, mientras las tolerancias y la calidad fueron consideradas equivalentes.

Gentle Giant Studios, un estudio de modelado 3D líder que trabaja para producciones cinematográficas, entretenimiento, video juegos, y la industria juguetera, ha adquirido la impresora 3D InVision de 3D Systems para la producción de bustos y figuritas. Gentle Giant realiza el escaneo de los actores en varias poses e imprime los datos con una de sus impresoras 3D InVision.

Después del pulido del modelo escaneado, se realiza un molde para su uso en producción. Karl Meyer, presidente de Gentle Giant Studios, dice que usando esta metodología ha ahorrado un 40%, sólo en costes de mano de obra, comparado con el proceso previo manual.

Fabricación de piezas

El desarrollo de producto es sólo un factor dentro del tiempo total necesario para la puesta en el mercado de un nuevo producto. Igual de importante es el tiempo para comenzar la producción, una vez diseñado el producto. Algunas compañías han aplicado con éxito procesos aditivos a la producción de artículos finales para reducir aún más tiempo de comercialización y el coste. Otros han elegido aplicar la fabricación RM para ofrecer un producto creado exclusivamente para un determinado consumidor.

La fabricación RM está en las etapas iniciales para llegar a ser una herramienta de producción. Con los primeros éxitos de las compañías pioneras, llegarán muchas más aplicaciones en los años venideros. Así, cuando las organizaciones alcancen más aplicaciones con éxito, se realizará un mayor esfuerzo en el desarrollo de tecnologías RMs para la fabricación de piezas.

SAP (Serlandets Alumimumproduktter), en Kristiansand, Noruega, fabrica asientos de gama alta y componentes para plataformas petroleras. Mientras estaban desarrollando un producto en el que iban especialmente ajustados respecto a lo planificado, decidieron realizar un prototipo con una máquina FDM de Stratasys. Después de fabricar todos los componentes que necesitaban, se dieron cuenta de que las piezas eran mucho más resistentes y duraderas de lo que esperaban. De hecho, dichas piezas resistieron todos los test rigurosos a los que el producto se somete. Por tanto, la compañía decidió vender el producto con las piezas en FDM, y sus clientes quedaron encantados con el resultado.

La industria aeroespacial impone requisitos de calidad muy severos. Por ello, antes de que un nuevo material o proceso se pueda usar para fabricar componentes aeroespaciales, tiene que pasar unos tests rigurosos y estar certificados. Con todo ello, Rocketdyne (Canoga Park, California) ha empleado con éxito procesos aditivos para la fabricación de cientos de piezas para la Estación Espacial Internacional y la lanzadera espacial. Dicha compañía también usa fabricación RM para construir piezas para el avión de combate F-18. Concretamente, Rocketdyne produce estas piezas mediante sinterizado láser en nylon con carga de vidrio.

Aylward Enterprises es un fabricante de equipos de empaquetado de pastillas para compañías farmacéuticas. Debido a que las pastillas fluyen a una velocidad muy alta dentro de dichos equipos, tienen tendencia a desplazarse unas encima de las otras durante el inicio y la parada, produciendo el atasco de las conducciones. Para resolver dicho problema, el equipo de Aylward ingenió la siguiente solución: añadió una torsión a los tubos, de forma que las pastillas no pudieran montarse sobre la de delante. Y como los procesos de producción convencionales no podían realizar dicha torsión, Aylward cambió al FDM (fused deposition modeling) de Stratasys, en la que los tubos de alimentación helicoidales se fabricaron con un polímero de categoría médica. Ahora la compañía está satisfecha con dicha tecnología, y la utiliza para resolver todo tipo de problemas en el proceso de fabricación.

Las tecnologías de fabricación RM han puesto en auge a una nueva forma de artistas: el escultor digital. Una de las primeras artistas en alabar estas nuevas herramientas, Bathsheba Grossman, ha estado empleando tecnologías RMs para sus proyectos de arte desde 1998. Según sus palabras, "Esta técnica me libera para crear esculturas complejas con entrelazados: las restricciones normales que tengo al esculpir y moldear, no existen con este nuevo medio". Después de diseñar sus esculturas en un ordenador, las fabrica empleando una máquina de Solidscape mediante colada o utilizando el proceso de Prometal de Ex One (pieza final en metal).

Potencial Ilimitado:

Como hemos podido observar, las aplicaciones de la fabricación RM son prácticamente ilimitadas. Quizás la mayor barrera para realizar nuevas aplicaciones y conseguir grandes beneficios, sea nuestra resistencia al cambio. Es difícil desplazar los procesos y procedimientos ya establecidos. Sin embargo, cuando las personas con visión de futuro apliquen los procesos aditivos en nuevos ámbitos, será posible conseguir resultados sorprendentes.

La amplitud de las aplicaciones es imprevisible. La tecnología ha sido aplicada a campos tan variados como la medicina, ortodoncia, joyería, arquitectura, forenses, exploraciones espaciales, cine y entretenimiento. A continuación, se describen otros ejemplos:

- Testado del flujo de agua para simular las fracturas en rocas.
- Componentes de los robots autónomos más pequeños de la actualidad.
- Paneles de mando para automóviles hechos en una sola pieza.
- Recreaciones de asesinatos.
- Creación bajo demanda de componentes para robots auto diseñados.
- Componentes de sumergibles para exploración.
- Cráneos de víctimas de accidentes para preparar la cirugía de reconstrucción.
- Modelos a color, para revelar áreas de presión en el análisis por elementos finitos.
- Castings para herramientas de microcirugía.
- Maquetas de túnel de vientos para testar diseños aeroespaciales y de deportes de motor.
- Moldes a medida para alojar dispositivos de electrónica de consumo.
- Vibradores, fijaciones y ayudas al ensamblaje para fabricación de productos.
- Premios y trofeos personalizados a medida, y otros productos de regalos.

Muchas más aplicaciones de fabricación RM, que ahora son inconcebibles, irán surgiendo mientras se produce el cambio.

1.B.3 Nuevas perspectivas y paradigmas.

1.B.3.1. Mejora en los negocios

1.B.3.1.1. La introducción

Este capítulo describe el impacto que RM tendrá en el sector industrial. El capítulo es general en su naturaleza por ello, se centra en el impacto que RM tendrá en una amplia comunidad fabricantes y clientes. Intenta abarcar esos aspectos que no son cubiertos por las publicaciones más técnicas, tales como desarrollo de proceso, materiales o requerimiento de diseño.

La producción en masa incluyendo el resultado del consumo total ha condicionado nuestra sociedad tanto económicamente como nuestra manera de vivir. RM no cabe dentro de los modelos de pensamiento estándar y de los procesos que hemos forjado tan cuidadosamente a lo largo de los últimos 200 años.

La implantación de cualquier tecnología es una barrera significativa al éxito de dicha tecnología dentro de un mercado. Los errores en la implantación de cualquier tecnología provienen de la inadecuada atención a los factores que condicionan la puesta en marcha de la misma. Prioridades estratégicas, cultura y la educación del empleado, son amplios criterios que necesitan ser tratados. “Tecnología primero, organización después” es un concepto que conlleva un error intrínseco y, por ello, es necesario un acercamiento integrado entre la tecnología y la organización de la investigación.

La cadena de valor total está condicionada por la capacidad de satisfacer las necesidades del cliente. Los aspectos de la puesta en práctica incluyen (pero no se limitan) a conceptos tales como recogida de datos, diseño y verificación del consumidor, las operaciones de fabricación, logística, gestión de la cadena de suministros, negocio de modelado, propiedad intelectual (es decir responsabilidad y propiedad de los datos), educación, costes de producción, supervisión de la calidad, análisis del riesgo y los estándares. Además, será necesario poner atención en la “toma rápida de decisiones” para no limitar las oportunidades de una puesta en el mercado en un plazo corto de productos de RM.

1.B.3.1.2. Visión a medio plazo

Costes de fabricación: es importante identificar las diferencias claves en los costes que conlleva el sistema de fabricación debido al método de fabricación RM. Por ejemplo los costes en materiales deberían (y serán) ser reducidos para aumentar el volumen. Un aspecto clave es que RM no lleva una carga de trabajo alta; la producción de componentes requerirá un mínimo de implicación del operador y las máquinas, que pueden funcionar independientemente y durante la noche. Otro aspecto importante es la ausencia de inversión y la depreciación del utillaje que sucede en las técnicas tradicionales de fabricación por sustracción y conformado. La mayoría de los costes resultarán del diseño de producto, de la máquina de RM, de su coste de capital, consumo de energía, uso, de la materia prima y de IPR más probable. Una reducción adicional de los costes indirectos se obtienen debido a los cortos periodos de tiempo necesario para la puesta en el mercado del producto además de la minimización de la etapa de diseño en la fase de producción. Estos cambios en los costes de fabricación se potencian cuando existe la posibilidad de cambiar la cadena de suministro; diferentes posibilidades de suministro darán lugar al desarrollo de nuevas cadenas más ligeras y ágiles favoreciendo la fabricación en diferentes ubicaciones para servir lo mejor posible al consumidor.

Aspectos de la implementación: El impacto de RM en la industria es muy difícil de estimar y es altamente dependiente del segmento de mercado en cuestión. Los aspectos siguientes, que determinaran la viabilidad económica o el fracaso, requieren atención.

- Gestión de los datos del producto.
- Evaluación de la implantación y la aceptación de otras tecnologías de fabricación avanzadas.
- Selección del producto - cuál es conveniente para RM y cuál no lo es.
- Responsabilidad para diferentes productos individuales y su certificación.
- Prueba virtual de productos one-off.

- Producción bajo pedido y sobre el terreno.
- Servicio de la ingeniería incluido en el producto
- IPR para un producto diseñado por el cliente.
- Cálculo de coste comparando tecnologías convencionales y productos basados en RM respecto a volúmenes de producción.

Programas de formación y destreza para RM: enfocado particularmente a diseñadores actuales y profesionales de la industria. Una estrategia coherente que resuma las ventajas de RM, debe abarcar temas tales como fabricación ligera y ágil y el desarrollo de RM en una cadena de suministros desmaterializada. Desarrollo de la mejor práctica para la implementación (estudios realizados por los actores implicados actualmente), que es correcto y qué se puede mejorar con estos conceptos de negocio.

1.B.3.1.3. Visión en 2020

En 2020 RM debe ser considerado como un proceso de fabricación habitual. Por lo tanto, la investigación debe centrarse en la mejora de los procesos, mejoras de la calidad, al impacto de RM en la fabricación local, como RM ha cambiado el paradigma de la fabricación (es decir donde RM ha movido la fabricación de nuevo al EU), y los efectos sobre competencias y empleo. Además, debe destacarse el hecho de RM pueda considerarse una posible tecnología de fabricación sostenible, es necesario considerar el análisis completo del ciclo de vida de los procesos y los materiales para potenciar la demanda local y los sistemas locales de la fabricación. RM debe ser reconocida como parte integrante del conjunto de tecnologías disponibles para la fabricación.

- Cero residuos de fabricación: En contraposición a las tecnologías sustractivas RM; no genera en principio ningún tipo de residuos.
- Estándares de calidad: Actualmente se ajustan completamente a la fabricación convencional y tienen que modificarse para adaptarse a las características específicas de RM.
- Fabricación sin Stock: Una producción mediante RM requiere solamente almacenar la materia prima y los archivos del CAD, por lo tanto derramada para arriba en espacio común físico y virtual. Los productos acabados también tienen que ser almacenado por un período corto pero se hacen "just in time" y se envían enseguida. Por lo tanto significa reducciones significativas en los costes del almacenamiento físico, "work in process" y la tenencia de dicha acción aportaran ventajas (financieras) enormes para la industria.
- Localización y distribución: los requisitos mínimos de los sistemas de RM (las materias primas y los datos) y la independiente con la que funcionan las máquinas de RM permiten que la fabricación se realice en diversas localizaciones por todo el mundo (producción descentralizada, mini-fábricas). La verdadera "fabricación global" se puede dirigir con consecuencias logísticas enormes. Solamente los datos de fabricación (CAD) serán enviados, en vez de los productos acabados, que se hacen localmente.
- Cadena De Valor: Acorte de la cadena de valor a través de cambios en la entrada y salida respecto a la logística y las operaciones. También incluyendo restricciones relacionadas con las características específicas del producto del usuario.
- Integración de RM con la fabricación existente para producir "lo mejor posible de ambos" panoramas. Para muchos usos es probable que un acercamiento integrado sea mucho más eficiente que de forma individual, y necesita esfuerzos de colaboración para alcanzar el máximo beneficio.
- RM puede colocar al ciudadano en una posición que le permitiera crear productos completos, aunque pueda parecer difícil. Para ello, serían necesarias interfaces y bases de datos para dirigir a los ciudadanos a través de un sistema de conocimiento que consiguiera un buen resultado basado en la elección de diferentes alternativas.

1.B.3.1.4. Bases para una Agenda Estratégica de Investigación

Los siguientes temas de investigación más relevantes muestran cómo alcanzar la visión descrita anteriormente, siendo todos lo mencionado previamente considerado para la actual Agenda Estratégica de Investigación:

- Las mejores prácticas serán establecidas para las aplicaciones actuales de RM.
- Métodos para implementar RM como proceso para superar barreras culturales y del negocio.
- Generación de modelos de negocio para mercados de aplicaciones individuales.
- Establecimiento de las bases para considerar RM como tecnología sostenible.
- Serán necesarios programas avanzados para cubrir todas las mejoras mencionadas y para asegurar una integración acertada de RM a través de la cadena completa de creación.
- Los estándares de calidad necesitan ser modificados para adaptarse también a los productos hechos mediante RM.
- La fabricación global exige programas de soporte que faciliten su consecución.
- Software para combinar RM con tecnologías convencionales.

1.B.3.2. Diseño para RM

1.B.3.2.1. Introducción

Debido a los progresos en el diseño, en la producción y a los requisitos de consumidores en los años recientes, los tiempos de fabricación se están haciendo más corto y la diversificación del producto se está incrementando. Por estas razones el diseño cambiará dramáticamente en los años venideros. Actualmente, el diseñador experimenta el aumento de las presiones de tiempo junto con presiones de competitividad debido a la complejidad creciente del diseño.

Concurrentemente, el número de la gente implicada en el desarrollo de producto esta disminuyendo debido a consideraciones financieras. El aumento que resulta en responsabilidades para el diseñador individual se hará muy grande. Para poder llevar este aumento de responsabilidades, el diseñador tiene que, por ejemplo, ser apoyado por un equipo excelente de VR-FEM y el software automático de diseño para acabar el diseño automáticamente dentro de las restricciones impuestas por el diseñador. Todos estos progresos serán acelerados fuertemente por la realización de RM.

A parte del concepto básico de diseñadores individuales, diseñar el producto compartiendo la responsabilidad con el software, otros cambios se pueden mencionar. Estos cambios en el diseño se originarán debido a la fabricación de los productos mediante RM. Después de todo, un aspecto importante en el diseño se ocupada de las limitaciones de la fabricación. Estos cambios en la fabricación incluyen:

- Libertad geométrica ilimitada: puesto que RM se basa en la fabricación por capas, casi cualquier forma puede ser fabricada. Esta libertad da nuevas oportunidades en el diseño de producto, oportunidades que son desconocidas y tienen que ser descubiertas.
- Integración de funcionalidades por diferentes materiales: la fabricación por capas abre la posibilidad para depositar varios materiales en diversas localizaciones del producto. Esta posibilidad abre una dimensión adicional en el diseño de geometrías 3D. El diseñador puede cambiar ciertas características del producto localmente, por ejemplo podrían ser variadas las características mecánicas, la conductividad térmica, o la conductividad eléctrica. De esta manera, el diseñador puede integrar diferentes funcionalidades en un mismo producto.
- Ensamblados no requeridos: los productos, que convencionalmente están formados por dos o más partes ensambladas para crear el movimiento entre las piezas, se pueden producir sin ensamblados con RM. Esto dará una reducción de costes enorme en ensamblados y simplifica la logística de la producción drásticamente. Esto se hace especialmente patente para micro-montaje. Los ensamblados no serán más una limitación para el diseño como sucedía antes.

1.B.3.2.2. Visión a medio plazo

- Software de soporte para diseñar las características repetitivas como macro-texturas en un formato de 3 dimensiones verdadero.
- Sistema de CAD experimental para Materiales Clasificados Funcionalmente (MCF). Los sistemas de CAD actuales no pueden diseñar o registrar estructuras clasificadas de productos. Pocos desarrollos están actualmente lo tienen en cuenta, de hecho se basan en el modelado B-rep CAD existente con sus limitaciones intrínsecas. Los sistemas que puede corregir y grabar clasificaciones de estructuras para el diseño interactivo y la distribución de la característica de los materiales tienen que ser aun desarrollados.
- Programas E-learning para explotar completamente las oportunidades de RM. Los intercambios del conocimiento de RM y de las experiencias alcanzadas en RM tienen que ser compartidos.
- Integración del CAD, VR y FEM para apoyar a diseñadores en sus responsabilidades con respecto al producto acabado.
- WebCam 3D experimental para escaneo de bajo-nivel de geometría 3D para comenzar la entrega por Internet de productos modificados para requisitos particulares.
- Optimización topológica experimental para la optimización automática de la geometría basada en FEM.
- Para evitar el consumo de tiempo debido al intercambio de datos y conversión de archivos, aparece la necesidad de sistemas CAD con núcleos híbridos para poder introducir y extraer archivos de formatos (ingeniería reversa) STL (formato del archivo de RM) y NURBS (formato de funcionamiento del CAD).

1.B.3.2.3. Visión en 2020

- Sistemas CAD de modelado de característica libre: Para RM es necesario otro tipo de característica estándar que, por ejemplo, para el moldeado por inyección. Los tipos de características deseados son por ejemplo, los conectadores rápidos dedicados de RM, llenando de los espacios de las estructuras tridimensionales de panal etc.
- Sistemas de CAD específicos del producto: para hacer el uso óptimo de la flexibilidad y la velocidad de los sistemas de RM, es necesario hacer los sistemas de CAD indicados el diseño completamente automatizado de un producto específico. Los ejemplos son diseños para la industria del calzado, diseños para pulseras, etc.
- CAD para materiales clasificados funcionalmente. Tras los progresos experimentales, en término medio, de sistemas sostenibles para el diseño interactivo y la distribución de la característica del material, tienen que ser aun desarrollados la corrección y grabación de las clasificaciones de estructuras para el diseño interactivo y la distribución de la característica de los materiales.
- Programas E-learning para explotar completamente las oportunidades para RM. El intercambio de conocimientos en RM y de las experiencias al usar RM tienen que ser compartidos.
- WebCam 3D para escaneo de bajo-nivel de geometría 3D para comenzar la entrega por Internet de productos modificados para requisitos particulares.
- Optimización topológica para la optimización automática de la geometría basada en FEM.
- Optimización multi-objetivo: optimización entre diferentes parámetros, como esbeltez frente peso.
- Optimización multi-disciplinaria: optimización entre disciplinas como dinámica de fluidos computacional, modo de fallo y análisis de fallo.
- Sistemas de diseño automática de comprobación simulada para productos de diseño de bajo coste con una complejidad reducida.
- Inspección mediante ordenador de las piezas de RM para una producción correcta desde el primer momento.
- El desarrollo de la tecnología para la captura de las características requeridas por los usuarios relacionado con la obtención de producto de alto valor añadido: rentable y compatible con diverso modelos de negocio (Internet, punto de adecuación para los requisitos del cliente, el punto de venta, etc.).

- Reglas de diseño específico de desarrollo de producto para transformar las características del usuario dentro de los parámetros de diseño para la obtención de productos de alto valor añadido.
- El diseño específico del producto del desarrollo gobierna para transformar características del usuario en los parámetros de diseño para funcionamientos de producto agregados más altos del valor.

1.B.3.2.4. Bases para una Agenda Estratégica de Investigación

Los siguientes temas de investigación más relevantes muestran cómo alcanzar la visión descrita anteriormente, siendo todos lo mencionado previamente considerado para la actual Agenda Estratégica de Investigación:

- El desarrollo y la modificación de los sistemas de CAD para cubrir las necesidades de diseño de las piezas de RM, como: el modelado libre de característica, clasificación de materiales, macro texturas, producto CAD específico, integración del CAD, VR, FEM y optimización de la topología.
- Aumentando del nivel de conocimiento y saber hacer en las tecnologías y el uso de RM en la industria europea mediante programas e-learning, talleres, congresos y redes de RM.
- Integración de cámaras de escaneo y software de la exploración en los sistemas de CAD para facilitar la fabricación rápida de productos personalizados.
- El desarrollo de los sistemas de ayuda al diseño para disminuir los costes de diseño comparado con el bajo costo de producción de RM para fabricaciones de series cortas y de pieza única. Estos sistemas implican también optimizaciones multi-objetivas y optimizaciones multidisciplinarias.
- Desarrollo de nuevas herramientas de preparación del trabajo para producciones correctas desde el primer momento y análisis de costes de RM.
- Desarrollo de las herramientas orientadas al usuario para capturar las características requeridas y para integrarlas en modelos de negocio y en los sistemas de diseño.

1.B.3.3. Materiales en RM

1.B.3.3.1. Introducción

El desarrollo de materiales es el componente impulsor principal, porque las características y el procesado de los materiales influyen directamente en la posterior aplicación y características del producto.

El estado del arte muestra una amplia gama de materiales (Ej. polímeros, metales y cerámicas) que se aplica en tecnologías de RM, pero solamente un rango pequeño de estos materiales es aplicable para cada tecnología. La cantidad enorme de diferentes tecnologías de RM existentes, requieren unas condiciones en los materiales (Ej. tamaños de partícula, forma de la partícula del polvo, diámetro del hilo y material del hilo) que no están disponibles hoy. Las características de los productos de fabricación rápida no son siempre comparables con los componentes convencionalmente producidos. Por una parte no todos los materiales que se aplican en procesos convencionales, se puede adaptar a las tecnologías de RM. Por otra parte una aplicación de la mayoría de los materiales es la de componentes con características limitadas (ej. densidad, fuerza, rugosidad superficial, dureza y exactitud superficial y dimensional).

Respecto a estos antecedentes, los objetivos próximos más importantes son identificados a continuación

1.B.3.3.2. Visión a medio plazo

- Nuevos métodos y herramientas para la sustitución de materiales clásicos por los materiales de RM para conseguir alto rendimiento y los materiales individualizados.
- Predicción del comportamiento a corto y a largo plazo de materiales así como de componentes.

- Las investigaciones en aleaciones y materiales para RM darán lugar a temperaturas de proceso avanzadas en la duración de la densificación y a la homogeneización de la microestructura permitiendo características mecánicas y estructurales optimizadas. Las tecnologías llegarán a ser más económicas.
- La puesta en práctica de nuevas fuentes de energía y de procesos híbridos hará que el uso de una gama grande de materiales sea posible, porque se puede proporcionar al material un nivel más alto de energía.
- La investigación/la clasificación de los mecanismos del densificación y de modelado de los procesos aumentará detalladamente la comprensión de los procesos.
- Nuevos materiales se habrán clasificado en función de las características, altos rendimientos, así como características individuales y personalizadas.
- Propuesta de materiales especiales (nuevos) con puntos de venta únicos, de lo que se obtendrá una alta cuota de mercado. Esto conducirá directamente a la promoción de los materiales y las sustituciones de la fabricación tanto tecnológica como económicamente por un lado y a la utilización de los potenciales de creatividad y modificación en términos de la producción individualizada por otra parte.
- Una ayuda de decisión, que permitirá materiales orientados a su aplicación y posibles proceso así como los parámetros para las tecnologías de RM y su optimización.
- Intensificación y aumento del uso industrial de las tecnologías de RM y las aplicaciones de sus productos la explotación de las condiciones fundamentales de RM y de los principios del proceso.
- Una integración comprensiva y sistemática de los procesos y de los sistemas generativos de producción dentro de las tecnologías convencionales de producción considerando los materiales.
- Se realizaran la integración de los procesos de fabricación (RM + convencional) en función de los requerimientos personalizados (cantidad a fabricar, costes, dimensiones estructurales, complejidad, velocidad y calidad) serán observados. Simultáneamente la consumición de recursos (energía, materiales, etc.) debe ser controlado y reducido al mínimo.
- El desarrollo industrial, el uso de tecnologías de RM y la investigación básica de los materiales conducirá al conocimiento comprensivo sobre el material, el proceso y el comportamiento del producto. En base a estos antecedentes se conocerán limitaciones de proceso, los detalles y las interacciones evidentes entre las máquinas y los materiales.
- Un acercamiento sistemático permitirá la estandarización y comercialización de nuevos grupos de materiales especiales para los segmentos de mercado aplicables.

1.B.3.3.3. Visión en 2020

- Una nueva generación de materiales será desarrollada por las herramientas de diseño de materiales (diseño de materiales asistido por ordenador; CAMD) con coste asumible para el desarrollo y la producción. Además, esta herramienta combinará conceptos de materiales virtuales con el diseño de producto integrado. El procedimiento irá al revés desde el diseño relacionado uso de la pieza a través del proceso a utilizar hasta el diseño de CAMD, obteniendo los materiales adaptados al uso.
- La tecnología de producción será suplida por una gama muy amplia de materiales estables cuyas características se podrían predecir en un cierto plazo por simulación y métodos de prueba adaptados. Al mismo tiempo, las características de los materiales se podrán adaptar a los usos predefinidos resolviendo requisitos de calidad específicos, estándares existentes, desafíos ambientales y condiciones económicas.
- El apoyo para la toma de decisiones para ser desarrollada, mantendrá completo agotamiento de los potenciales de aplicación bajo la consideración de los requisitos económicos (ratio: coste optimizado /producción). Será fácil utilizar y será comercializado por los fabricantes de materiales y las casas de software. Además el apoyo para la toma de decisiones tomará en consideración las condiciones ambientales y de reciclabilidad en términos de coste, de reutilidad y de compatibilidad ambiental.
- Procesos específicos serán ligados con las características de materiales específicos. Esto tendrá como resultado una amplia gama de diversas características de materiales:

tanto para aplicaciones de bajo coste como para características de alto acabado. Por otra parte características únicas como las características ópticas (índices de reflexión, transparencia, superficies, tolerancias, etc.) para ambos sistemas, reflexivo y de transmisión óptica estarán disponibles. Además, los nuevos materiales permitirán características como biodegradabilidad así como las características del crecimiento de grano (química, micro-/nano-estructural, porosidad definida, etc.) para usos médicos (implantes), biológicos (biosíntesis) o farmacéuticos. Otros progresos relacionados en RM pueden ser características magnéticas, gradiente (transición progresiva suave-dura) o composites.

- Se establecerá un sistema operativo para el control del coste de la elección de los materiales. Esto incluye la consideración de la gama entera: de los materiales de bajo coste para grupos de producto particulares así como de altos rendimientos para usos sofisticados. La cadena completa de valor añadido cubrirá desde el diseño hasta la logística. Se registrará, evaluará y considerará el desarrollo, el proceso, la dirección, el almacenaje, la logística, la producción y el reciclaje a la hora de determinar los datos necesarios. Finalmente, se tendrán en cuenta aspectos económicos (ej. nuevos modelos de negocio), sociales (educación, nuevas profesiones) así como ecológicos en término de compatibilidad para el ser humano y la naturaleza.
- Los métodos de toma de decisiones asistido por ordenador y los soportes ayudarán al planeamiento, la visualización y a la simulación de los usos del material para RM. Basándose en bases de datos cuyo manejo permita una transparencia alta con respecto a la definición y la elección de las propiedades y condiciones específicas de los materiales almacenados. Los diseñadores podrán predefinir y calcular no solamente los materiales sino también las características posteriores del producto. Por último, será posible comprender la multitud de nuevos y complejos sistemas de materiales junto con sus propiedades.

1.B.3.3.4. Bases para una Agenda Estratégica de Investigación

En el general, es evidente desarrollar y establecer una amplia gama de diversas clases de materiales, que satisfagan principalmente las demandas expuestas a continuación. Los siguientes temas de investigación más relevantes muestran cómo alcanzar la visión descrita anteriormente, siendo todos lo mencionado previamente considerado para la actual Agenda Estratégica de Investigación:

- Eficacia económica.
- Capacidad de ser procesado mediante fabricación generativa.
- Rendimientos comparables a los materiales convencionales.
- Los nuevos materiales tienen que estar incluidos en uno de los diversos grupos materiales (metales, polímeros, cerámica los etc.)
- Diversas clases del comportamiento/clase de producto (bio-compatibilidad, resistencia a alta temperatura, transparencia, peso ligero, capacidad para mezclarse con otros materiales etc.).

1.B.3.4. Procesos para RM

1.B.3.4.1. Introducción

Rapid Manufacturing permitirá en un futuro la transición desde la fabricación industrial o en masa a procesos de fabricación personalizados o dirigidos al cliente, eco-eficientes y orientados a las necesidades. RM presenta ventajas específicas sobre tecnologías de fabricación convencional, tales como la producción de características internas complejas, la inserción de los sensores in situ en localizaciones imposibles de alcanzar una vez que se ha fabricado la pieza y mínimas restricciones en el diseño de la geometría de las piezas. Permite realizar cambios en la geometría de la pieza de forma sencilla. Esto permite la personalización masiva con aplicación en piezas de máquina, piezas de repuesto y piezas personalizadas en el campo médico para generar estructuras biológicas que ayuden a la regeneración de la materia viva. En RM no hay dependencia del coste en función de la complejidad de la geometría, lo cual favorece su aplicación para geometrías complejas y tiradas cortas de piezas.

1.B.3.4.2. Visión a medio plazo

- Las tecnologías de RM se introducen en aplicaciones de productos específicos en nichos de mercado preferentes, en la simulación de mercado, la aceptación pública y la generación de experiencia a través de la demostración. Generándose compañías locales y los centros de RM (semejantes a los Internet cafés).
- La mejora de la estructura interna de las piezas fabricadas mediante RM alcanzadote densidades en las piezas muy próximas al 100% (99.9%).
- Como resultado del desarrollo de maquinaria de RM se alcanzará de forma económica (velocidad, coste, etc.) calidad en piezas de alta prestaciones.
- Entre los avances en el desarrollo de los procesos están pendientes la incorporación de nano-materiales funcionales (procesado de nano partículas mediante tecnologías de RM).
- Desarrollo e intensificación del uso de aleaciones de alto punto de fusión en tecnologías de RM para proporcionar productos metálicos con una funcionalidad debido al multimaterial y productos clasificados (conductividad, sensores, antenas que requieren Cu, Au, Ag).
- Introducción de aplicaciones para productos aleados de alto punto de fusión.
- Desarrollo de la tecnología de RM y sistemas de "implantes humanos" en procesos (impresión de órganos, del tejido, de células humanas) por la impresión adaptada de células.
- Introducción de aplicaciones para órtesis y prótesis humanas en RM.
- Establecimiento de RM como una posibilidad de tecnología de fabricación en compañías clave. Esto también asegurará una aceptación pública.
- Mantenimiento del empleo suficiente y capacitado en el sector industrial.
- Creación de un ambiente que propicie la destreza y estimula la creatividad. Es necesario una considerable y fundamental investigación durante este periodo, como clave para los embotellamientos de las tecnologías dominantes, Ej. Integrar los nuevos procesos, control mediante sensores inteligentes, materiales bioactivos, aplicación de nuevos materiales y clasificación de los mismos.

1.B.3.4.3. Visión en 2020

- Continúo incremento del uso de RM como una tecnología de fabricación adicional para productos (fabricación personalizada), permitiendo este incremento complementar a la producción en masa convencional.
- Algunos usos en el área médica se alcanzan con una alta claridad, cimentando el camino para que productos más generales sean utilizados por la mayoría.
- Se generarán y utilizarán a escala industrial guías de usos de tecnologías de RM que proporcionarán productos con funciones metálicas por su composición multimaterial y la clasificación de los mismos (conductividad, sensores, antenas que requieren Ag, Au y Cu).
- Las tecnologías de RM (maquinas, diseño, uso...) están abocadas a fabricar tecnologías de uso generalizado, a un coste que pueda ser asumido por la mayoría. Esto implica un escalado de la fabricación de la máquina de RM, operaciones remotas, transferencia e implantación en la escena educativa, etc. El objetivo es alcanzar la situación en la cual todas las casas tengan su propio 3D "fax" personal para fabricar piezas. La implantación debería ser como la producida con Internet.
- El continuo desarrollo de RM para prótesis y ortesis humanas (impresión 3D de órganos humanos, tejidos) debe estar en la lista de prioridades de la agenda política como respuesta al envejecimiento de la población europea. Esto permitirá una fabricación de órganos e implantes baratos, rápidos, flexibles y personalizados de una manera rentable.
- Debe realizarse la conexión con el desarrollo de nano materiales. RM es la tecnología clave para aplicar nano partículas a productos, aportándoles, por tanto, las propiedades clasificadas ya descritas las cuales pueden ser desarrolladas y diseñadas (conductividad local, reforzamientos, servicio de entregas locales, etc.). Los productos demostradores están presentes, por ejemplo, en componentes electrónicos, sector automoción, sector aeroespacial.

- Desarrollo e implantación de sistemas de RM a gran escala en la producción y en la industria medica (ambos a un alto nivel de implantación) junto con maquinaria de RM personal serán una herramienta de comodidad en el 80 % de los hogares europeos (a un bajo nivel de calidad).
- Posteriormente al 2020, los requerimientos para una tecnología de fabricación personalizada y flexible continuará creciendo gracias a RM. El concepto de fabricación personalizada "sobre el terreno" de productos hechos a medida con un uso de la energía y de material 100% efectiva es una oportunidad para Europa. En particular, es una respuesta al crecimiento de los grupos de mayor edad quienes necesitarán unas prótesis personalizadas y partes internas del cuerpo.
- Expansión del concepto de RM y su aplicación e implantación deberá de ser un concepto clave para la industria y los gobiernos.

1.B.3.4.4. Bases para una Agenda Estratégica de Investigación

Los siguientes temas de investigación más relevantes muestran cómo alcanzar la visión descrita anteriormente, siendo todos lo mencionado previamente considerado para la actual Agenda Estratégica de Investigación:

- Desarrollo de maquinaria de RM indicada para el procesamiento de materiales graduados, multimateriales, biológicos y nano materiales, incluyendo el proceso, el control de calidad, fiabilidad, reproducibilidad y estandarización ISO y rendimiento de producción "first time right".
- Un sistema de procesos de acabado disponibles relacionados con RM, incluyendo los recubrimientos, plateado e impregnación.
- Actualización de los planes de estudios respecto a las prácticas educacionales en RM, cambiar la imagen de la producción hacia la alta tecnología, la seguridad y la orientación al servicio. Esto incluye un servicio de una red de trabajo donde se incluye la optimización del proceso y de la topología, que sea accesible para usuarios de bajo perfil técnico, fácil utilizar, multicultural/lingüística.
- Preparación de las aplicaciones principales con alta visibilidad en el sector médico (sustitución de partes del cuerpo, productos inteligentes).
- Actualización de un plan de concienciación pública, apoyado por una agenda política.
- Establecimiento de un grupo base que determine paradigmas del diseño de productos nuevos, la integración de RM con los nano-materiales, la nano-electrónica, 3D-ID (dispositivos interconectados) y la implantación de RM en la producción de las PIMES del futuro.