

## El diseño del modelo y prototipo. Herramientas para la comunicación y evaluación

Andrés Conejero, Manuel Martínez, Pedro Ayala y Miguel Fernández.  
Instituto de Diseño y Fabricación. Universidad Politécnica de Valencia

### RESUMEN

*En los proyectos de diseño y desarrollo de producto los modelos y prototipos físicos sirven como símbolos accesibles del futuro producto. Facilitan la definición de metas concretas y unifican a los equipos involucrados en todo el proceso. Tanto el diseño de las características como la elección de las técnicas empleadas en la fabricación de éstos depende de los diferentes aspectos del proyecto que vayan a ser evaluados. En el presente artículo se analiza a través de la literatura existente y la experiencia recogida en casos reales los criterios necesarios para la elección de la mejor de las opciones.*

---

### INFORMACION DEL ARTICULO

**Palabras clave:** diseño y desarrollo de producto, prototipo, modelo, Impresión 3D  
**ISSN:** 2254-2272

Designiopress.com. Sendemá Editorial. Instituto de Diseño y Fabricación

### LICENCIA

© Designiopress.com. Sendemá Editorial. Instituto de Diseño y Fabricación

### Introducción

En el proceso de diseño y desarrollo de producto se ven implicados profesionales de diferentes disciplinas con bagajes, conocimientos y objetivos distintos que expresan sus pensamientos mediante terminología profesional diferente. Según Leonard Burton (1991) la concreción puede apoyar su comunicación haciendo que la abstracción sea algo explícito y comprensible. Además, y en mayor medida al involucrar al usuario en el proceso, es necesario la utilización de referentes concretos al ser difícil la comunicación de especificaciones abstractas. Como aseguran Green y Jordan (1999), las compañías utilizan los modelos y prototipos para diferentes propósitos, como en el campo del marketing, entrenamiento o transferencia de tecnología, sirviendo como especificaciones vivas.

Los equipos de diseño y desarrollo están constituidos por profesionales de diferentes disciplinas, incluyendo ingeniería,

marketing, finanzas, producción, diseño de producto o servicio al cliente. Cada uno de ellos no solo suma diferentes prioridades y metas distintas, sino que expresan estas necesidades con lenguajes distintos. El vocabulario utilizado en torno al desarrollo de un producto puede llegar a ser muy amplio: productividad, información sobre estándares, ergonomía, compras. Esta lista puede llegar a ser muy larga. De esta forma Schrage (1993) concluye que las representaciones físicas del producto o herramientas ayudan a superar estas barreras de lenguaje, permitiendo a las diferentes partes la discusión comprensible y constructiva.

Esta superación de las barreras es significativa, al menos desde dos puntos de vista. En primer lugar, estos modelos representan el producto emergente en un lenguaje neutral. Los departamentos no relacionados con entornos de ingeniería y diseño, como los de marketing o comercialización, generalmente pueden ver mermada su capacidad discursiva al referirse a aspectos concretos del producto, por lo que sus sugerencias pueden llegar a no ser escuchadas. En este tipo de equipos



[1] Reunión de trabajo de la empresa Viccarbe con el diseñador Werner Aissinger



[2] Modelo de trabajo para el diseño de una silla. Empresa Viccarbe, diseñador Werner Aissinger .

creativos, los miembros con mayor conocimiento dominan y dan forma al proyecto según sus propias convicciones. Domina en su percepción el ámbito técnico y su descripción en números tiende a desplazar a las palabras. En segundo lugar, cuanto antes sea materializado un concepto, de una forma que sea visible y accesible para todos los miembros del equipo de desarrollo, más fácil será para aquellas disciplinas menos dominantes la participación en el proyecto (Schrage, 1993).

Los modelos sirven como símbolos accesibles del producto acabado, ayudando a la unificación del equipo, procurando una meta concreta. Más que la representación del concepto de un producto, estos modelos sirven como mecanismos integradores y comunicadores, mediante un lenguaje consistente, a lo largo del proceso de desarrollo del producto, ayudando a todos los miembros del equipo a trabajar en una misma dirección.

De alguna manera el modelista tradicional siempre ha representado de esta forma el lenguaje del diseñador, tal y como Polato (1991) describe el trabajo de Giovanni Sacchi con los diseñadores italianos del siglo XX. En base a estos criterios trataremos de describir los ámbitos de utilización del modelo y prototipo.

### Conceptualización y experimentación. El rol del modelo y prototipo de trabajo en las primeras fases del proyecto

La fase de conceptualización es dónde se inicia el proyecto de diseño y se gesta el nuevo producto. En esta etapa el diseñador debe entender las necesidades del cliente y del mercado y expresarlas mediante especificaciones que den forma a un nuevo producto.

Esta es la fase donde el diseñador debe tomar decisiones sobre aspectos que giran en torno a la construcción analítica de la idea. El bocetado por medio del dibujo y los modelos físicos, suponen herramientas básicas para la generación, desarrollo y contraste de ideas. Todos ellos funcionan como elementos de materialización de conceptos, estableciendo un dialogo constante con el pensamiento. Por ello, pueden ser valiosísimos como medio de organización de las ideas o simplemente para capturar y marcar hitos en la evolución y

flujo del pensamiento. De esta manera Tovey (1995) afirma que cuanto mayor es el grado y rapidez de representación, mayor y mejor será la traducción de un lenguaje a otro.

Como diseñadores sabemos que todo proyecto resulta ambiguo hasta que no realizamos los primeros ensayos o evaluamos los conceptos representados de forma bidimensional. La necesidad de observar y analizar formas y volúmenes, lleva a que el diseñador pronto tome la iniciativa de crear sus propios modelos. Construyendo formas a través de materiales fáciles de modelar y mecanizar (pastas de modelar, papel, cartón, espumas) que además nos pueden ayudar a dar una respuesta rápida a nuestra necesidad de análisis.

Estas primeras representaciones tridimensionales son realizadas por el mismo diseñador, que de una forma contrastada estudia cuestiones relacionadas tanto con criterios de fabricación como de percepción. De esta manera encontramos un modelo de fácil construcción e iteración que facilita el arranque y las decisiones iniciales de diseño.

Por otro lado, el paso de la representación bidimensional a la tridimensional es un proceso definido y relacionado con la cultura empresarial. En algunos casos transformar los dibujos de producto en modelos físicos puede detener el dialogo de diseño, si la definición es muy rígida y poco abierta. En empresas con poca cultura de diseño, los llamados "*hard models*" pueden detener el pensamiento, ya que son entendidos como la finalización de la evolución de una idea. Por este motivo, el valor de las primeras aproximaciones formales con modelos rápidos de baja fidelidad reside en su rudeza, incorporando como mucho, una aproximación a un posible acabado final. Cuanto mayor sea la definición de un modelo, mayor es la sensación de que la idea está cerrada y el posible dialogo de diseño, cerrando la etapa de proposición y modificación, y abriendo la de evaluación ( Leonard-Barton, 1991). Por otro lado, como ya comentaba Virzi (1996), muchas empresas son demasiado prolíficas en la generación de modelos virtuales y ninguna transición en papel, espuma, clay, cera o escayola, cerrando demasiado pronto la etapa de exploración.

Uno de los factores más importantes en la utilización de herramientas de modelización es el coste; es mucho más fácil



3



4

[3] Modelo en espuma del proyecto "Last minute"

[4] Taburete "Last minute" de la diseñadora Patricia Urquiola para la empresa Viccarbe.

experimentar con medios poco costosos como el papel, el cartón pluma y espuma que con metales, maderas o resinas. Las empresas que utilizan medios económicos tienden a hacer más modelos. No obstante, como el coste y complejidad de tecnologías como la estereolitografía o el sinterizado irán disminuyendo veremos una transformación semejante a la del campo de la industria gráfica, cuando aparecieron las tecnologías de impresión 2D, redefiniendo el rol de éstas en el proceso de diseño.

### El modelo y prototipo en la fase de evaluación

Como hemos comentado anteriormente el diseñador tiene que transmitir de forma tangible las ideas que ha estado trabajando, aportando información bi y tridimensional adecuada para su análisis y comprensión por parte de los diferentes agentes que intervienen en el proceso. Uno de los aspectos críticos siempre es hacer perceptible el futuro producto y mostrar el concepto propuesto. Es un momento importante pues normalmente se decide si seguir adelante, convertir el anteproyecto en proyecto, validar estética, funcional y comercialmente la idea,... por ello se hacen necesarias herramientas como el modelo y el prototipo, siempre acompañados de imágenes infográficas que permitan acercar al espectador todas esas ideas que pueden aportar valores diferenciales.

Por lo general, en esta fase pueden ser utilizados modelos de presentación con un alto nivel de representación en texturas,

acabados materiales o colores. Es decir, de aquellas propiedades del producto que más contribuyen a despertar las emociones o necesidades del consumidor final (Berlyne, 1971). En productos de gran volumen o cuyo coste de realización a escala real es elevado, pueden ser utilizados modelos a escala, procurando que el factor aplicado transmita correctamente y no distorsione el valor estético-perceptivo del diseño. Por ejemplo, un bloque de madera mecanizado y pintado para simular la textura de un objeto inyectado en plástico puede ser de gran ayuda en la evaluación de estos aspectos. Por lo general, los materiales con los que se construyen estos modelos pueden ser muy distintos a los de producción, y su proceso de construcción no debe ser una simulación de la producción. En cambio, sí que es importante que el aspecto externo sea cercano al del producto final. Por éste motivo, los acabados y, en especial, los realizados con masillas y pinturas, y los procesos de aplicación de éstas, deben cobrar especial importancia.

Una de las vías principales de evaluación de la respuesta comercial de un futuro producto se lleva a cabo mediante la utilización de modelos de presentación o prototipos. A través de pequeñas series, el encargado de la comercialización preparará una serie de muestras con las que, dependiendo de la tipología de producto, pueden plantearse posibles variaciones relacionadas con sus diferentes acabados. Por lo general, los directores comerciales realizan visitas a los diferentes representantes locales de cada zona para mostrar las propuestas del nuevo producto y establecer el número de pedidos, además de recoger sus sugerencias.

Otra de las posibles vías para realizar la captación de clientes se realiza a través de la exposición de muestras en las diferentes ferias del sector al que pertenece la empresa. Este tipo de acciones permite mostrar y exhibir nuevas estrategias, nuevos retos y planteamientos empresariales que pueden ser argumentos imprescindibles para que el cliente o distribuidor deposite la confianza en la empresa.

El sistema de reproducción utilizado para la realización de estas pequeñas series, varía, en cada caso, dependiendo de la tipología de producto y el número de piezas requerido. En los sectores donde, mayoritariamente, se producen piezas en plástico, los prototipos pueden ser reproducciones en poliuretano realizadas por colada bajo vacío, aunque, cuando solo es necesaria una muestra, también pueden ser piezas realizadas en sistemas aditivos o sustractivos debidamente acabadas (Wohlers, 2011). Por otro lado, en la producción de piezas prototipo metálicas, como en los sectores de la iluminación o el herraje, para la producción de pequeñas series se utilizan sistemas de reproducción por fundición, que pueden partir de patrones realizados en sistemas de Impresión 3D o mediante procesos de mecanizado manual o automatizado y simular en los prototipos el futuro producto. En el caso del sector del mueble, dónde la realización de moldes puede ser muy costosa debido al tamaño de las piezas, las series suelen ser cortas. Por lo general, se recurre al mecanizado tanto manual como automatizado para solucionar todo tipo de piezas.

Finalmente otro de los ámbitos de utilización del modelo-prototipo es en el de la comunicación con proveedores externos. En el esfuerzo por transmitir el proyecto y establecer un diálogo con los responsables de desarrollo y producción. Suponen un lenguaje inequívoco tanto en la evaluación de la viabilidad como en la puesta en marcha de la producción y la realización de ensayos a través de preseries para la preparación de utillaje o ajuste de moldes.



[5] Stand comercial de Gandía Blasco. Presentación de producto.



[6] Proceso de construcción del prototipo de la tumbona " 356" . Instituto de Diseño y Fabricación / UPV.

5

6

### Diseño del modelo y prototipo

Uno de los aspectos que reducen coherentemente el tiempo, es la planificación del trabajo, y por tanto conviene pensar antes del propio resultado en la configuración necesaria, en lo que denominamos "diseño del prototipo", si lo que queremos es una herramienta útil y a la vez rentable. ¿Y por qué? Pues por la sencilla razón por la que un artesano selecciona prudentemente la materia prima y planifica como desarrollar un modelo nuevo y casi siempre único (concepto prototipo-producto). Este saber hacer casi se ha perdido, y como en muchas otras profesiones, la actividad del modelismo, tan importante tradicionalmente en muchos sectores, se ha venido asumiendo por otros especialistas con habilidades limitadas o por nuevas tecnologías de mecanizado o prototipado, que en algunos casos no están lo suficientemente implementadas o no se aprovechan eficazmente, por la introducción de los recursos digitales. Esto nos sugiere rápidamente plantearnos una reflexión seria, que primero pasa por el conocimiento existente, con una tecnología todavía considerada como emergente, y por la necesaria reducción de tiempos de decisión que necesita una empresa innovadora para adelantarse y lanzar un producto al mercado. Por ello es importante valorar qué criterios debemos tener en cuenta para seleccionar la tecnología adecuada, y no creamos sólo en últimos recursos tecnológicos, dónde se encuentre solución a todos nuestros problemas.

Para empezar, el diseño de modelos y prototipos depende por un lado, de una serie de factores que afectan a la elección de los materiales y técnicas, al tipo de ensayo, el grado de exactitud requerido, o la propia morfología (Müller, 2001). Por otro, aquellos que afectan a la capacidad comunicativa, como es el grado de análisis / síntesis, o el tipo de mensaje. Por tanto, los criterios fundamentales para el diseño de un modelo son principalmente conseguir la máxima eficiencia, empleando sólo los recursos necesarios, dependiendo sobretodo del proceso de ensayo o experimentación adecuado, y en segundo lugar, determinar cuáles son las características del producto que queremos observar anticipadamente.

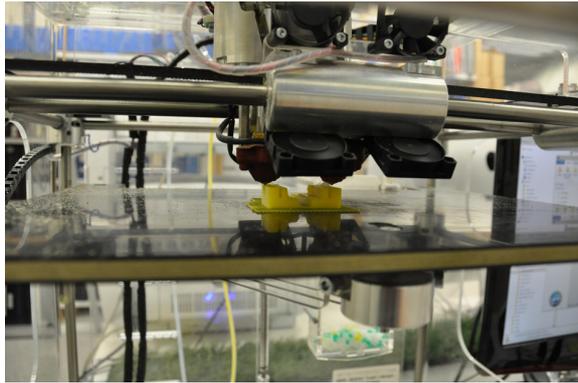
En este sentido, las herramientas digitales como la impresión 3D y los sistemas aditivos de fabricación son tecnologías que han permitido dar un gran salto en materia de innovación. Creemos que este salto se ha producido en cuanto a las posibilidades de evaluación previa, reduciendo los riesgos de error en la fabricación y comercialización de un producto. Intentaremos resumir los beneficios respecto a los procesos tradicionales en el siguiente cuadro comparativo:

Como vemos, las ventajas aparentemente son más interesantes, incluso habría que mencionar las grandes posibilidades de estos dispositivos en cuanto al diseño para la fabricación, donde el prototipado ha alcanzado su labor más merecida, para comprobar la factibilidad a través del prototipado de patrones y moldes, así como del desarrollo de series cortas, para evaluar mercados o la fabricación de piezas especiales. Tal y como menciona Wohlers (2011) en sus informes tecnológicos anuales, los grandes mercados impulsores del uso e integración de la tecnología son la automoción y el sector aerospacial, grandes motores de impulso de su integración industrial. La tendencia por tanto más interesante en estos momentos, es la del desarrollo tecnológico que está permitiendo la fabricación de moldes prototipo, matrices y utillajes, acortando los tiempos de desarrollo y fabricación (Dickens, 2000).

Pero no siempre son las tecnología más operativas. Si observamos de nuevo el recuadro, es cierto que estas tecnologías

Factores / Herramientas	Prototipado digital	Construcción prototipos
Dimensiones	Exactitud muy elevada	Exactitud limitada (error humano)
Tiempos desarrollo	Rapidez ejecución (formas complejas)	Lentitud (relativa)
Incorporación de Tecnología	Muchas y nuevas posibilidades de técnicas aditivas	Mucha necesidad de infraestructura
Integración entre tecnologías	Interfaz posible y conectada entre dispositivos (CAD,...)	Desconexión tecnológica (posibilidades futuras digitalización)

Tabla 1. Comparativa entre herramientas de prototipado digitales



[7] Sistema de Impresión 3d "Low cost". FabLab VLC.

permiten una mayor precisión dimensional. La exactitud es un valor añadido muy importante de los sistemas digitales, en especial cuando nos vamos acercando más al diseño definitivo. Sin embargo, el modelo desarrollado de forma convencional tiene esa dependencia del error visual o perceptivo. Por este motivo si un modelo no necesita inicialmente una exactitud dimensional marcada, como por ejemplo en modelos de trabajo de exploración formal, función parcial o comunicación de conceptos, puedan ser utilizados en las fases iniciales de todo diseño (Van Daalen, et al. 2003) . Proporcionando inmediatez y fluidez al proceso de diseño.

Sobre la infraestructura necesaria para poder o no integrar estas capacidades de desarrollo de modelos y prototipos en una empresa, uno de los grandes inconvenientes tradicionales era la necesidad de amplios recursos técnicos, e incluso la presencia de personal cualificado, lo que entendemos que muchas veces resultaba más rentable la subcontratación. En el caso de los sistemas aditivos, hasta mediados de los 90 las tecnologías fueron asimiladas por grandes corporaciones o compañías que tenían un gran potencial de desarrollo y competitividad en el mercado. Aunque las dudas que mantenía el mercado para la adquisición de tecnologías era razonable al tratarse de tecnologías muy costosas (Rennie, et al. 2002). Pero es con la aparición de las impresoras 3D estamos viendo como estos sistemas aditivos son de gran rentabilidad para las empresas que incorporan en su día a día los procesos para la innovación (Ryder, 2002). Por motivos como el coste y facilidad de incorporación a la interfaz operativa de la oficina técnica, y en algunos casos, como primer eslabón para uso de técnicas de segunda fase, o para la subcontratación o adquisición de sistemas más complejos.

En la medida que los sistemas de diseño digital se optimizan, la gestión y administración de datos se informatiza, etc. el interfaz de comunicación indiscutible es la red propia de cada empresa. Si se decide introducir un sistema de impresión 3D, podemos incluirlo casi sin ningún tipo de problema, además de podernos proveer de herramientas complementarias de apoyo al diseño asistido, como el software de preparación y reparación de archivos stl, de conversores de igs, dxf, dwg, etc., de sistemas intercomunicados,... de todos aquellos elementos que nos permiten ensayar y verificar "virtualmente" un diseño (Ryder, 2002). En cambio, el camino del modelismo convencional si ha llegado a utilizar unos mínimos planos informatizados ha sido para corroborar cotas y generar un paralelismo de



8



10

[8] Prototipo por mecanizado manual en madera.

[9] Imágenes comerciales del taburete "Last minute". Viccarbe.

[10] Fichero CAD obtenido por digitalización 3d a partir de prototipado manual.

comprobación tangible entre las dos herramientas. Los pasos que la digitalización 3D está iniciando en la conversión del modelo físico al digital, como herramienta de futuro no sólo para el molde sino para el rediseño ágil de piezas existentes (una vez superado "comercialmente" la conversión de nubes de puntos a mallas poligonales), esa interacción está suponiendo un gran avance entre los dos ámbitos gracias a la ingeniería inversa.

La exigencia o la demanda más cercana en el tiempo, y que a pesar de los avances, será la superación en un futuro próximo de tres importantes barreras "comerciales" de todas estas tecnologías, que van más allá de los factores considerados como fuertes anteriormente:

a) A estos sistemas digitales se les exige una reproducción del prototipo con las características formales y materiales reales del producto final. A pesar de que la mayoría de dispositivos no reproducen el material definitivo, y aunque se haga necesaria una herramienta de segunda fase, como la colada de resinas bajo vacío, todavía hay quienes consideran la tecnología como experimental. Evidentemente si en el futuro se llegan a desarrollar herramientas "polifacéticas" (sustractivas/ aditivas), preferiremos estar hablando de integración de dispositivos automatizados con distintas herramientas que directamente produzcan series largas o limitadas ( concepto CIM o de flexibilidad productiva).

b) Es cierto que un tangible facilita la comunicación más allá de la representación 2D o 3D virtual, pero tenemos que valorar a partir de esa herramienta las capacidades de

desarrollo, fabricación, montaje y comercialización de ese nuevo modelo. Es decir, que tras una tecnología, tiene que haber un cambio cultural, de correcta integración de todo el proceso de diseño y desarrollo de un producto.

c) Y el futuro previsto de interconectividad de las herramientas de digitalización y obtención del modelos 3D como nexo entre los productos existentes y las tecnologías digitales. Nos referimos fundamentalmente a los rasgos de la anatomía humana u otras morfologías naturales, desarrollos no analíticos complejos, como los de la ornamentación artística, que siguen tan presentes en la producción de sectores importantes de nuestro entorno (iluminación, herrajes, cerámica decorativa, artículos de regalo y decoración, fundición, joyería, etc.), y en los que su uso podría ser altamente rentable (restauración, arquitectura, arqueología, etc.).

De los lenguajes habituales que el diseñador maneja encontramos varios aspectos que permiten verificar y evaluar un proyecto, como son los valores perceptivos y todo aquello que intenta cuantificar percepciones complejas, como la idea de calidad o usabilidad (Rooden, 2002) que transmite un producto, etc. En segundo lugar, están los aspectos compositivos, que nos ayudan a establecer un orden o jerarquía entre las partes que componen un objeto, a establecer una coherencia dimensional y a observar el funcionamiento de mecanismos o articulaciones. El tercer valor sería el de la factibilidad técnica, que permite evaluar la compatibilidad entre las formas y los procesos de fabricación, y finalmente, los de interacción del producto con diferentes agentes del medio físico. Según si implicamos unos sistemas u otros en el proceso, las verificaciones estético-perceptivas, y en muchos casos las compositivas están más cerca del campo de las técnicas no automatizadas de construcción de modelos tridimensionales. Por otro lado, las de factibilidad e interacción con el medio físico, junto a las compositivas, cuando establecemos relaciones entre elementos o subpartes, nos encontramos más cerca de la integración de las tecnologías digitales:

Tecnologías	P. Virtual	P. Convencional	P. Automatizado
Verificación			
Estéticas	Representación no real	Poca relevancia errores dimensionales Mayor control de la evolución teniendo una percepción inmediata	Puede resultar lento con objetos de gran tamaño y tolerancias dimensionales amplias
Compositiva	Interferencias no deseadas entre piezas no reflejadas perceptivamente  Se pueden establecer relaciones entre elementos o subpartes	La exactitud dependerá del nivel de análisis Los primeros estudios de relaciones espaciales entre elementos pueden ser realizados por estos medios	En fases muy avanzadas del diseño: prototipos muy analíticos (ensambles, solapas, articulaciones,...)
Factibilidad	CAD-CAE permite analizar procesos del objeto diseñado	Desaconsejable sobre procesos y materiales simulados	Prototipado de moldes y utillajes Obtención de piezas preseries

Tabla 2. Relación entre los aspectos críticos del diseño y las tecnologías de prototipado.



[11] Pieza prototipo realizada en colada bajo vacío.

Todos estos principios detallados aquí nos pueden ayudar a tener un criterio inicial para el diseño del modelo y prototipo. Se convierte entonces en una poderosa herramienta de decisión. Por tanto un usuario de estos sistemas o tecnologías, propios o subcontratados, debe utilizar los recursos adecuados y estrictamente necesarios para una correcta representación de los aspectos críticos del diseño, y una adecuada comunicación.

Como conclusión a esta exposición, decir que el objetivo principal una vez aclarados estos puntos, sería que pudiésemos determinar en cada momento cuáles podrían ser los factores de selección del sistema adecuado de una forma general:

- El coste de los equipos y los factores que están relacionados con sus consumibles, incluido el rendimiento de los mismos.
- Tipos de reproducción que podemos obtener a partir del sistema y también a partir de la pieza como patrón, el tipo de reproducción a obtener con una tecnología de segunda fase.
- Es importante tener en cuenta la situación de la empresa proveedora.
- Y en último lugar y no menos importante, dimensiones y morfología de las piezas a desarrollar.

## Bibliografía

Berlyne, D. (1971). *Aesthetics and psychobiology*. Appleton Century Crofts, New York.

Dickens, P. (2000). The introduction and Take-up of Rapid Prototyping and Tooling into companies. In *Proceeding of EOS Internacional User Meeting 2000*, Schloss Elmau

Edward, B. (1997). *Integrated Product and Process Design and Development*. Ed. CRC Press LLC. Florida.

Green, W. S. and Jordan P. W. (1999). Human factors in product design: Current Practice and Future Trends. London. p. 67.

Leonard-Barton, D. (1991). *Inanimate integrators: A block of wood speaks*. *Design Management Journal*, 2, 3, p.35.

Müller H., Schimmel A. (2001). *The Decision Dilema: Assesment and Selection of Rapid Prototyping Process Chains*. BIBA (Bremer Institut für Betriebstechnik und angewandte Arbeitswissenschaft) and University of Bremen.

Polato P. (1991). *Il modello nel design, la bottega di Giovanni Sachi*. Ed Hoepli, Milano, 1991.

Rennie, A., et al. (2002). Development of saddle components using CAD, rapid prototyping, rapid tooling, and reverse engineering. *The National Conference on Rapid Prototyping, Tooling, and Manufacturing*. UK.

Rooden, M. J. (2002). *Design models for anticipating future usage*. Delft.

Ryder, G.J., et al. (2002). Benchmarking the rapid design and manufacture process. In *Rapid Prototyping, Tooling, and Manufacturing (Third National Conference)*. The Cromwell Press, Trowbridge, Wiltshire, UK.

Schrage, M. (1993). The Culture of Prototyping. *Design Management Journal*, 4 (1), 57-61.

Tovey M. (1989). Drawing and CAD in industrial design. *Design Studies*,10.

Tudeau, N. (1995 ). *Professional Modelmaking*. Nueva York , USA: Whitney Library of Design.

Van daalen, P., et al. VV.AA. (2003). *The origin of things*. Ed. Timo te Duits. Museum Boijmans Van Beuningen Rotterdam. Ed. Timo te Duits. NAI Publishers, Rotterdam.

Virzi, R.A., et al. (1996). Usability problem identification using both low- and high-fidelity prototypes. In *Proceeding of ACM CHI'96 Conference*, pp. 236-243.

Wholers, T. (2011). *Wholers Report 2011*. Wholers Associates. River Oak Drive (USA).