

# Métodos y recursos empleados en el proceso de diseño conceptual: resultados de un estudio empírico

Alfonso Martín-Errero, María del Mar Espinosa, Manuel Domínguez

Ingeniería del Diseño. Universidad Nacional de Educación a Distancia - UNED. Madrid

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/7212>

## RESUMEN

Este trabajo muestra los resultados de un estudio empírico acerca de los recursos y métodos empleados por profesionales del diseño durante la fase conceptual de diseño de un producto industrial. El estudio está orientado hacia varios factores clave en el diseño conceptual, tales como la creatividad, la gestión del conocimiento o el pensamiento visual. Se pretende estudiar asimismo el grado de implementación de aplicaciones computacionales existentes en el proceso.

**Palabras clave:** Diseño conceptual, creatividad, gestión del conocimiento, generación de ideas, pensamiento visual

## 1. INTRODUCCIÓN

El diseño conceptual de un producto industrial puede definirse como un proceso de generación, selección y evaluación de ideas, compuesto por una serie de etapas (definición del problema, generación de ideas, selección y validación) que siguen un ciclo iterativo en el que se deben evaluar diferentes alternativas planteadas como soluciones a unos requisitos de diseño prescritos. Se trata de un proceso de búsqueda de una solución al problema planteado del cumplimiento de un conjunto de requisitos [1]. Es un proceso consistente en la identificación de funciones que cumplan con dichos requisitos, así como la creación de formas y prestaciones que lleven a cabo las citadas funciones y en

el que influyen diversos factores, tales como el conocimiento, la intuición, el razonamiento y la creatividad [2].

El diseño conceptual es una de las fases de mayor importancia dentro el proceso de desarrollo de un producto industrial. Para Horváth [2] es la etapa de mayor influencia, French [3] lo identifica como la fase donde la ciencia de ingeniería, el conocimiento práctico, los métodos de producción y los temas comerciales necesitan unirse y donde se toman las decisiones más importantes, con un impacto significativo en el coste, fiabilidad y prestaciones finales del producto. Dada la importancia del proceso de diseño conceptual, es evidente que se deben emplear todos los medios y recursos posibles que ayuden a desarrollar soluciones conceptuales mejores y más innovadoras. Uno de los medios principales de apoyo al proceso es la información, que se alimenta fundamentalmente del propio conocimiento de los diseñadores, así como por la información obtenida por otros especialistas del desarrollo del producto (marketing, fabricación, embalaje y distribución), o la que se haya registrado anteriormente. El uso de técnicas visuales (esquemas, mapas mentales, y fundamentalmente bocetos) se entiende como uno de los procesos mentales de resolución de problemas de diseño más efectivos [2] [4]. Tabora [5] entiende la importancia del pensamiento visual además como apoyo a la creatividad e innovación en diseño. El diseño conceptual es un proceso cognitivo, que hace énfasis en la visualización y la externalización.

Como apoyo a la generación de ideas se emplean medios externos de estímulo, tales como imágenes, fotografías, esquemas, grafos, maquetas, objetos de todo tipo [6] y sobre todo los bocetos [7][8]. También se aplican técnicas creativas de diverso tipo. Sah

[9] las identifica como intuitivas (como por ejemplo la tormenta de ideas) o lógicas, así como técnicas basadas en el pensamiento visual, tales como los mapas mentales o también el método de *Brainsketching* [11].

Junto con estas metodologías y recursos se han tenido en cuenta el uso de ordenadores en el proceso conceptual. A diferencia de otras etapas del proceso de desarrollo, la implementación de sistemas computacionales en esta fase del proceso de diseño es escasa. La caracterización del proceso conceptual (tratamiento de información difusa, iterativo y recurrente) dificulta una integración en aplicaciones por ordenador, que se ajustan a procesos secuenciales y que utilizan información precisa. A pesar de ello, las ventajas de una integración en sistemas computacionales justifican la búsqueda de una solución. Por un lado el registro y almacenamiento de la información generada es inmediato, siendo susceptible de un posible reaprovechamiento ya sea en bases de datos de gestión del conocimiento, como dentro de sistemas integrados de ciclo de vida del producto. En este sentido, se ha estudiado el problema del diseño conceptual asistido por ordenador desde diversos enfoques [12][2] tales como sistemas de Inteligencia Artificial, Algoritmos Genéticos, Sistemas de modelos generativos donde la máquina desempeña un papel de relevancia. Por otro lado, la revisión de los productos comerciales específicos de apoyo al proceso de diseño conceptual, tanto por parte de los principales desarrolladores de sistemas (podemos citar entre éstos a Dassault Systemes, Autodesk o Siemens), muestran aplicaciones tanto específicas (sistemas de bocetado asistido [13]) como módulos de diseño conceptual integradas en sistemas DAO, orientadas fundamentalmente hacia sistemas de modelado geométrico. Una relación de las aplicaciones comerciales de diseño conceptual más destacadas se muestra en la Figura 7.

## 2. ESTUDIO SOBRE MÉTODOS Y RECURSOS EN DISEÑO CONCEPTUAL

A la luz de la situación actual en la

investigación y evolución en el proceso de diseño conceptual es importante averiguar en qué medida influye en la práctica real del diseño. Por ello, se pretende estudiar las preferencias en cuanto a los recursos, medios y métodos empleados en el proceso de diseño conceptual.

Se preparó un cuestionario compuesto por preguntas de diverso tipo (selección múltiple, sí/no, escala Likert y texto libre). El cuestionario fue enviado previamente a varios especialistas de diseño y de ingeniería. El tiempo promedio necesario en rellenar el cuestionario piloto fue de 20 minutos.

El cuestionario definitivo se desplegó inicialmente por medio de un formulario en formato PDF enviado por correo electrónico dentro del territorio español. Más adelante se subió el mismo formulario en un sitio en internet (GoogleDocs), promocionado a través de redes profesionales y académicas (LinkedIn, ResearchGate) así como en foros de sitios en internet de organizaciones de ingeniería y escuelas de diseño e ingeniería, en su versión en idioma español así como en inglés. Una vez analizados los resultados, algunas de las cuestiones objetivo del estudio se completaron por medio de entrevistas personales, realizadas a través de correo electrónico así como por medio de cuestiones planteadas en redes de profesionales y académicas (LinkedIn, Researchgate).

El cuestionario se compone de 23 preguntas relacionadas con los siguientes temas:

- Información relativa a los encuestados.
- Proceso de diseño conceptual.
- Medios de apoyo al proceso de diseño conceptual.
- Uso de técnicas creativas.
- Recursos de apoyo en la generación de ideas
- Recursos de estímulo creativo.
- Gestión del conocimiento de diseño conceptual/reutilización del diseño.

### 3. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

Tras la campaña inicial de distribución por correo electrónico, se recibieron 36 cuestionarios, el 43% de los formula-

rios enviados. Por otro lado, se registraron 45 respuestas en el sitio GoogleDocs. Se obtuvieron respuestas dentro del sector industrial, por parte de ingenieros de diseño (en adelante “ingenieros”) y diseñadores industriales (en adelante “diseñadores”), sin recibir respuestas de estudiantes. En cuanto a la experiencia de los encuestados, ésta se distribuye en un 43,75% con más de 10 años de experiencia en diseño, un 28,13% entre 6 y 10 años de experiencia y el 28,13% restante entre 1 y 5 años. Un número de los encuestados estaban familiarizados con otras áreas del desarrollo del producto, como se indica en la Tabla 1.

En diseño conceptual	38%
En diseño conceptual, diseño de detalle	21%
En diseño conceptual, diseño de detalle, verificación/pruebas	14%
En diseño conceptual, diseño de detalle, verificación/pruebas, fabricación	14%
En diseño conceptual, diseño de detalle, verificación/pruebas y soporte en servicio	14%

Tabla 1: Perfil de experiencia profesional de los encuestados

Se analizaron los datos recopilados en línea con las expectativas de cómo trabajan tanto los ingenieros y diseñadores en la fase conceptual. Por tanto, se analizaron las preferencias en cuanto a métodos y recursos para el proceso de generación de conceptos de diseño con objeto de conocer las variaciones entre ambos grupos estudiados. La información obtenida mediante escala Likert fue evaluada según el caso empleando medias ponderadas con peso de 1 a 5.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. PROCESO DE DISEÑO CONCEPTUAL

La opinión de los ingenieros y diseñadores encuestados acerca de la importancia de la etapa del diseño conceptual era bastante homogénea. La mayoría de los encuestados coincide en que un producto/diseño óptimo depende en gran medida de un buen concepto de diseño, el 88% respondieron completamente de acuerdo; sobre la cuestión de que la mayoría de las decisiones clave se toman en la fase conceptual, la opinión de los encuestados era menos unánime. Un 22% estaba completamente de acuerdo en esta afirmación, mientras que un 66% parcialmente de acuerdo.

El tiempo empleado en el proceso de diseño conceptual se distribuye de un modo homogéneo en ambos grupos, tal y como se indica en la Figura 1. La proporción del tiempo empleado en esta fase respecto al proceso de desarrollo del producto oscila entre un 11-20% y un 21-30%, siendo el primer tramo indicado el más preferente: un 11-20% (56% de los ingenieros y 54% de los diseñadores encuestados) y entre un 21-30% (33% de los ingenieros y 38% de los diseñadores).

Acerca de concretar qué etapa del diseño conceptual empleaba más tiempo (definición del problema, generación de ideas, selección y validación), se envió esta cuestión a un grupo de diseñadores e ingenieros, solicitando que indicasen el porcentaje de tiempo empleado en cada subfase del diseño conceptual (definición del problema, generación de ideas, selección y evaluación), resultando que la etapa que más tiempo consume es la de evaluación del concepto (un 61%) seguida de la generación de ideas (un 28%).

El proceso de iteraciones en el diseño conceptual es de 4-5 (40% de los encuestados) o 2-3 (32% de los encues-

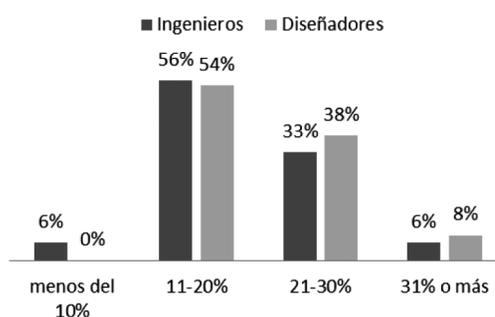


Figura 1: Tiempo empleado en la fase conceptual

tados). La diferencia entre ingenieros y diseñadores en este aspecto no es significativa, tal y como se aprecia en la Figura 2.

Cuando se cotejó el número de ideas generadas en el proceso de diseño se vio que éste no guarda una relación directa con el tiempo empleado en el proceso conceptual. El número de ideas generadas como posibles soluciones de diseño es diferente entre los ingenieros y los diseñadores. Estos últimos generan principalmente entre 1 a 3 conceptos de diseño (el 42%) y un 25% de los diseñadores generan de 5 a 10 conceptos. Por otra parte, el número de ideas generadas en el caso de los ingenieros es dispar. Un 27% de los ingenieros generan de 1 a 3 ideas, otro 27% entre 40 y 50 y un 18% generan 50 o más ideas de diseño.

Puede apreciarse que los diseñadores emplean menor número de iteraciones que los ingenieros y por otra parte, también es dispar el resultado entre los propios ingenieros. Hay dos grupos claramente diferenciados dentro de los ingenieros entre los que generan hasta 5 ideas (27% de 1 a 3 y 18% de 3 a 5) y una proporción similar que generan una gran cantidad de ideas. (27% entre 40 y 50 y un 18% más de 50). Por otro lado, entre los diseñadores las diferencias no son significativas. El 42% de los diseñadores genera 1 a 3 ideas, y un 25% de los diseñadores de 1 a 10 ideas.

En relación a la intervención de otros actores implicados en el proceso, así como los usuarios, el 38% de los encuestados confirmaban que la implicación de especialistas dedicados a otras etapas del proceso de desarrollo del producto era ocasional, siendo en un 28% su participación activa. Un 25% afirmaba que a pesar de que no intervenían en el proceso de diseño, la opinión de otros especialistas era tenida en cuenta. Respecto a los usuarios, la mitad de los encuestados opinaba que una participación activa de los usuarios beneficiaría en gran medida en el diseño conceptual y un 44% afirmaba que ésta sería interesante pero meramente testimonial.

**4.2. MEDIOS DE APOYO AL DISEÑO CONCEPTUAL**

El uso de técnicas convencionales (cuadernos de notas y bocetos en papel) es preferente en comparación con sistemas computacionales (sistemas de bocetado asistido y sistemas DAO). En

la Figura 4 se indica la frecuencia de utilización de diferentes medios en el proceso de diseño conceptual: vemos que los diseñadores aplican herramientas de

bocetado en mayor medida que los ingenieros. El bocetado a mano presenta una media de 4,93 sobre 5 en los diseñadores frente a un 4,22 en los ingenieros. Asi-

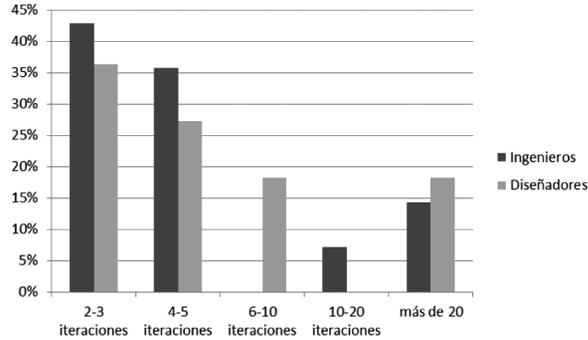


Figura 2: Número de iteraciones en el proceso conceptual

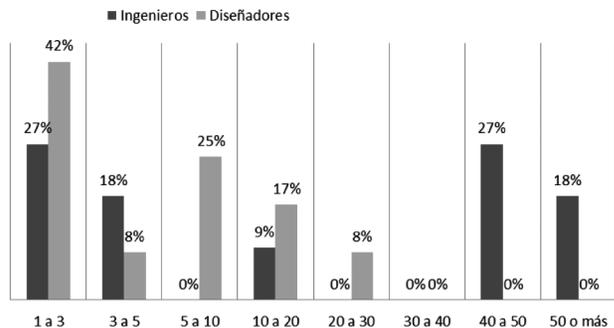


Figura 3: Promedio de ideas generadas en el proceso conceptual

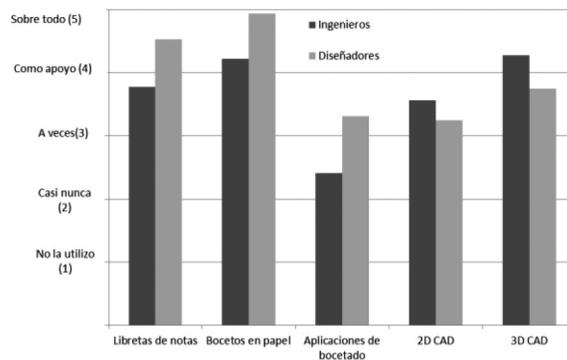


Figura 4: Medios de apoyo en diseño conceptual

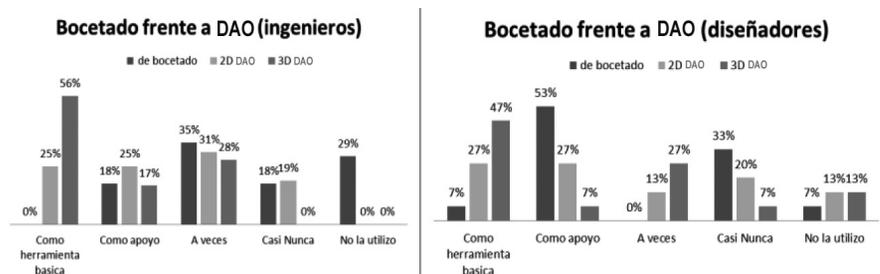


Figura 5: Uso de aplicaciones gráficas (de bocetado y DAO)

mismo, las aplicaciones de bocetado asistido son empleadas por los diseñadores en mayor medida que por los ingenieros (media de 3,56 sobre 5 en los diseñadores frente a 2,41 en los ingenieros). Por otra

parte, el uso de sistemas DAO es ampliamente empleado, en ambos grupos, siendo entre los ingenieros donde es mayor la frecuencia de utilización: en aplicaciones DAO 2D los ingenieros presentan una

media de 3,56 sobre 5 frente a una media de 3,33 en los diseñadores, mostrándose la diferencia en mayor proporción en el caso de uso de aplicaciones DAO 3D (media de 4,28 sobre 5 en los ingenieros frente a una media de 3,67 en los diseñadores). Por otra parte, es igualmente destacable que este uso de los sistemas DAO 3D en los ingenieros no es mayor en perjuicio del bocetado a mano (media de 4,22 sobre 5).

El uso de aplicaciones de bocetado es mayor entre los diseñadores, siendo más preferente el uso de sistemas DAO, tanto 2D como 3D por parte de ingenieros. El porcentaje de uso de estas aplicaciones es claramente superior entre los diseñadores (un 7% como herramienta básica y un 53% como apoyo) frente a los ingenieros, que solo lo usa como apoyo (18%) o a veces (35%).

El uso de medios de bocetado en las fases tempranas del diseño se decanta aún más hacia las técnicas convencionales. Ante la cuestión de los medios empleados en el proceso de generación de ideas, los bocetos en papel se indicaron como uso principal (72%), mientras que las aplicaciones de bocetado se usaban un 10% principalmente, siendo las 2D (*Sketchbook*) usadas como apoyo (20%) y las aplicaciones 3D (*Mudbox*) en ocasiones (23%).

Se indica una escasa utilización de aplicaciones comerciales actualmente disponibles para el proceso conceptual, sobre todo en las fases iniciales del diseño. Únicamente un 2% de las respuestas “como herramienta básica” siendo importante destacar el hecho de que el 29% de las respuestas obtenidas indican que conocen estas aplicaciones de software para diseño conceptual pero no las utilizan, y el 60% de los encuestados no las conocen. Respecto al tipo de aplicaciones, los sistemas más utilizados son los de evaluación del diseño. El 17% de las respuestas indicaba como herramienta básica una aplicación de evaluación del diseño (*Solidworks Mechanical Conceptual*) siendo 4 de cada 5 respuestas por parte de ingenieros.

La siguiente herramienta con un uso como herramienta básica es una aplicación de bocetado 2D-3D (*Catia Natural Sketch*) con un 2% de las respuestas así como una aplicación de modelado 3D (*Catia Concept Design*) con un 2% de las respuestas.

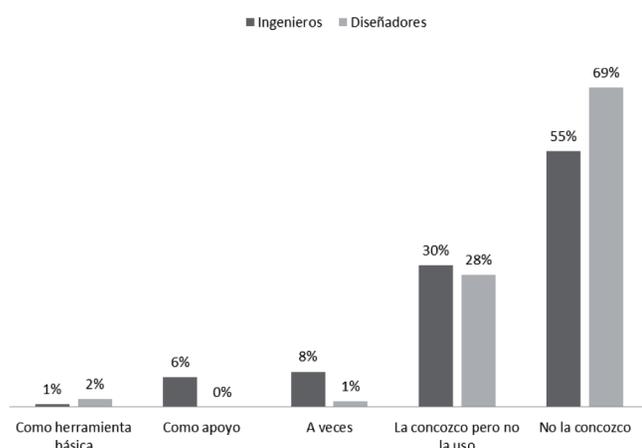


Figura 6: Frecuencia de uso de aplicaciones de diseño conceptual

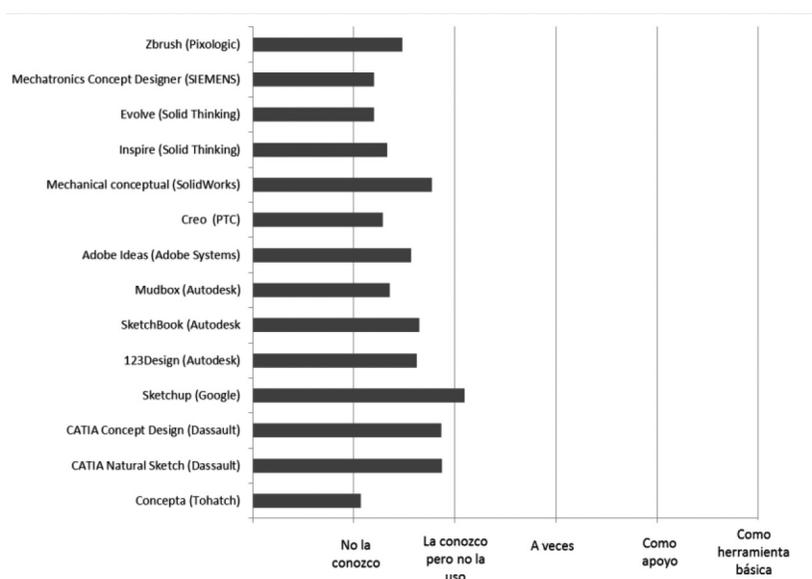


Figura 7: Frecuencia de uso de aplicaciones de apoyo al diseño conceptual (ii)

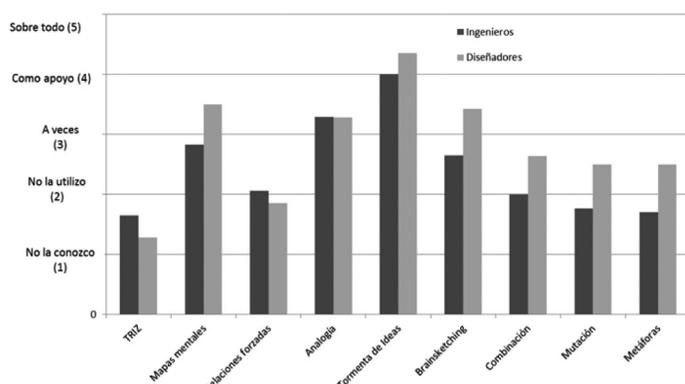


Figura 8: Frecuencia de uso de técnicas creativas

### 4.3. USO DE TÉCNICAS CREATIVAS

La técnica creativa más empleada, tanto por diseñadores como por ingenieros, es la tormenta de ideas (media 4,36 para los diseñadores, media 4 para los ingenieros.) En cuanto a la frecuencia de uso por parte de los diseñadores un 64% emplea siempre esta técnica creativa y un 21% a menudo, mientras que un 35% de los ingenieros la emplea siempre y un 47% a menudo.

La técnica creativa menos utilizada es la TRIZ: únicamente un 6% de los ingenieros encuestados lo emplean principalmente, otro 6% en ocasiones, y un 29% no la utiliza. Un 9% de los diseñadores la emplea a veces, mientras que un 45% la conoce pero no la utiliza. El desconocimiento de esta técnica por parte de los profesionales encuestados es también destacable: un 45% entre los diseñadores y un 59% entre los ingenieros.

El uso de técnicas creativas visuales ocupa un lugar destacable. La técnica de *Brainsketching* figura como la tercera técnica creativa más utilizada (M=3,429 para los diseñadores, M=2,64 para los ingenieros) respecto a la primera más valorada (tormenta de ideas), mientras que los mapas mentales es la cuarta más utilizada (M=3,5 para los diseñadores, M=2,82 para los ingenieros).

### 4.4. RECURSOS DE APOYO EN LA GENERACIÓN DE IDEAS

En cuanto a otros medios de apoyo a la inspiración de soluciones e ideas de diseño, las preferencias de uso en cuanto a elementos físicos (prototipos/maquetas y objetos) son similares tanto en ingenieros como en diseñadores. Los elementos gráficos (imágenes/ fotografías y *moodboards*) son las fuentes de inspiración más empleadas por los diseñadores.

Las herramientas empleadas en el proceso creativo son preferentemente medios en papel (cuadernos de notas y bocetos) tanto por ingenieros como por diseñadores, aunque la frecuencia de uso es mayor en los diseñadores. Esto puede explicarse por el hecho de que los ingenieros parten más de diseños existentes que los diseñadores, que parten de cero en sus proyectos en mayor medida que los primeros: el 93% de las respuestas de los diseñadores afirmaban que siempre usan cuadernos de notas y bocetos en papel en sus procesos de ge-

neración de ideas mientras frente a los ingenieros (56% siempre usan bocetos y 61% siempre usan cuadernos de notas). El uso de aplicaciones de bocetado es también mayor en el caso de los diseñadores (el 27% usa siempre aplicaciones de bocetado 2D y el 23% siempre usa aplicaciones de bocetado 3D) frente a un 17% de los ingenieros que utiliza a menudo cualquiera de estas aplicaciones de bocetado.

### 4.5. GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO DE DISEÑO CONCEPTUAL/ REUTILIZACIÓN DEL DISEÑO

Ante la afirmación de que la fase de diseño conceptual es una importante fuente de conocimiento, las respuestas fueron bastante favorables (74% completamente de acuerdo con esta afirmación y un 15% parcialmente de acuerdo). En relación a la reutilización del conocimiento de diseño, un 62% de los ingenieros aprovechan parcialmente diseños anteriores en sus proyectos y un 5% los reutiliza en gran medida; mientras que una gran mayoría de los diseñadores inician de cero

sus proyectos (el 67%) empleando otros diseños un 33%, sin que ninguno de los diseñadores encuestados empleara intensivamente diseños existentes.

La reutilización de información de diseño es igualmente empleada por diseñadores e ingenieros. La información más utilizada por los diseñadores es datos sobre el ciclo de vida así como de *packaging*, ecodiseño, o costes de materiales (ambos media 4,17 sobre 5) y especificaciones de otros diseños. Por otra parte, los ingenieros emplean como fuente principal las especificaciones de diseño de proyectos antiguos, seguido de planos DAO 2D (media 3,80 sobre 5 y de modelos DAO 3D (media 3,75 sobre 5). La reutilización de bocetos es ligeramente mayor en los diseñadores (M=3,23) que en los ingenieros (M=3,06).

Por otra parte, la información de diseño conceptual que se archiva es fundamentalmente propia, (50% de todos los encuestados), existiendo sistemas centralizados en algunos casos (10% en ingenieros), y sobre todo en diseñadores (30% de los encuestados).

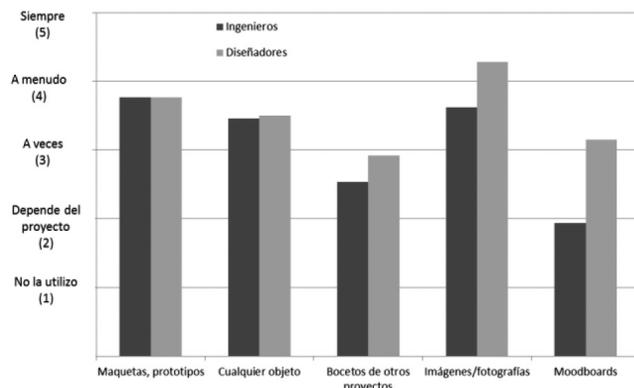


Figura 9: Recursos de estímulo de ideas

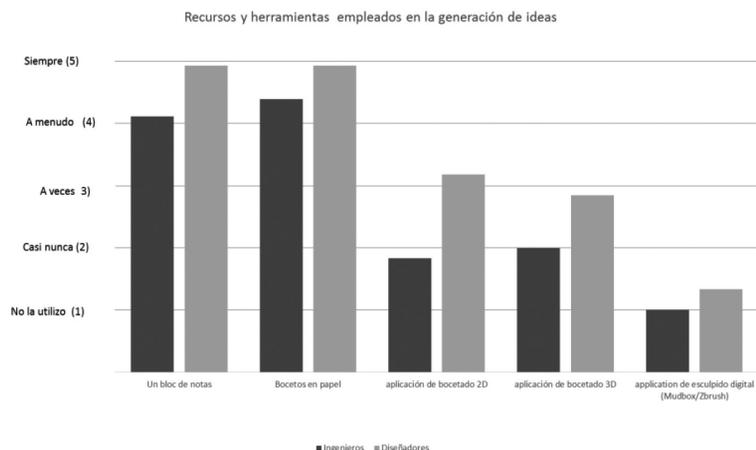


Figura 10: Recursos y herramientas empleados en la generación de ideas

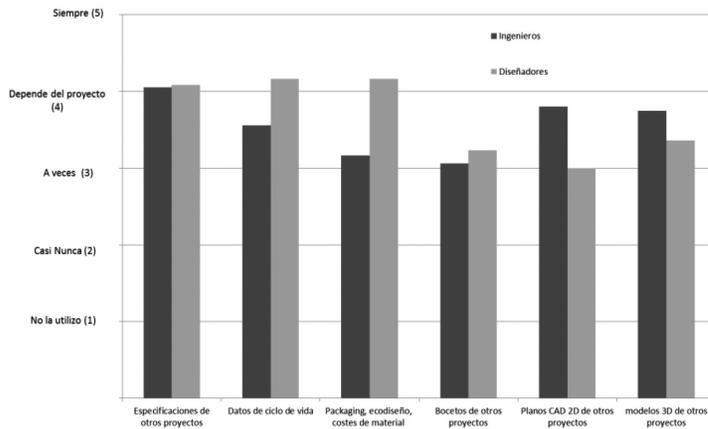


Figura 11: Reutilización de información de diseño

Los encuestados que indicaban una gestión centralizada o una gestión en el departamento mostraban un número menor de iteraciones en diseño conceptual y número menor de ideas de diseño.

En cuanto a la captura de ideas se trata de una práctica empleada frecuentemente tanto por ingenieros como por diseñadores. El 97% del total de los encuestados respondió que solía capturar ideas en cualquier momento. Acerca de los medios utilizados, tienen preferencia los medios convencionales: el más empleado es una libreta de notas (40% de las respuestas) junto con cualquier papel/una servilleta (23%). El medio digital más empleado es una fotografía realizada con un teléfono inteligente (28%) y el que menos se emplea son las aplicaciones de bocetado disponibles en un dispositivos táctiles (9%).

## 5. CONCLUSIONES

Se ha llevado a cabo un estudio comparativo entre diseñadores e ingenieros acerca de cómo trabajan en las tareas de diseño conceptual, principalmente en las fases iniciales. El estudio se ha centrado en determinados factores clave, tales como la creatividad, el pensamiento visual y la gestión de la información. Los resultados del estudio han indicado diferencias y semejanzas en los dos grupos de trabajo. El estudio confirma la diferencia significativa en el empleo de técnicas creativas entre diseñadores industriales e ingenieros de diseño, mostrando una prevalencia de métodos creativos intuitivos frente a los lógicos, incluso entre los ingenieros. Se ha confirmado igualmente la relevancia del

pensamiento visual en las fases tempranas del diseño. Los métodos creativos visuales (*Brainsketching*, mapas mentales) aunque no son los principalmente utilizados, ocupan un lugar destacado entre las preferencias de uso de estas técnicas. A pesar de la diversidad de aplicaciones comerciales de diseño conceptual, su uso es escaso y prevalece el empleo de medios convencionales, fundamentalmente en las etapas iniciales, donde el factor creatividad desempeña un papel más relevante. Los sistemas empleados con mayor frecuencia son los de simulación/evaluación del diseño. Por otro lado, es importante indicar el uso de sistemas DAO convencionales, a expensas de otras específicas para el proceso conceptual, como las aplicaciones de bocetado. La reutilización de diseños existentes, ya registrados en modelos 3D, puede explicarlo en parte si bien se puede entender como el conocimiento difundido de estas herramientas frente al desconocimiento de las aplicaciones específicas. Sería de interés realizar un estudio similar al presente en el futuro para determinar si se produce un descenso del uso de aplicaciones DAO en fase conceptual y cuáles de estas nuevas herramientas aún no empleadas se emplea en su lugar. Por último, se confirma la importancia de la gestión del conocimiento en la fase conceptual, si bien esta información no se gestiona todavía de un modo óptimo. La información de diseño conceptual es tratada a título individual en un importante porcentaje y de igual modo no se considera emplear información procedente de terceros. Una de las vías futuras de optimización del proceso conceptual puede enfocarse hacia una adecuada gestión del conocimiento de diseño. Este elemento

importante dentro de la gestión del conocimiento en la fase conceptual es la reutilización del diseño.

## REFERENCIAS

- [1] G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen, and K.-H. Grote, *Engineering design: a systematic approach*, vol. 157. Springer, 2007.
- [2] I. Horváth, "On some crucial issues of computer support of conceptual design," in *Product Engineering*, Springer, 2005, pp. 123–142.
- [3] M. J. French, *Conceptual design for engineers*. Springer, 2010.
- [4] W. Hsu and I. M. Y. Woon, "Current research in the conceptual design of mechanical products," *Computer-Aided Design*, vol. 30, no. 5, pp. 377–389, 1998.
- [5] E. Taborda, S. Chandrasegaran, L. Kisselburgh, T. Reid, and K. Ramani, "Enhancing visual thinking in a toy design course using freehand sketching," in *ASME international design engineering technical conferences and computers and information in engineering conference*, 2012.
- [6] M. Brereton and B. McGarry, "An observational study of how objects support engineering design thinking and communication: implications for the design of tangible media," in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, 2000, pp. 217–224.
- [7] V. Goel, *Sketches of thought*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1995.
- [8] E. Ferguson, "Engineering and the Mind's Eye," The MIT press, 1994.
- [9] J. J. Shah, S. M. Smith, and N. Vargas-Hernandez, "Metrics for measuring ideation effectiveness," *Design Studies*, vol. 24, no. 2, pp. 111–134, 2003.
- [10] M. C. G. Cruz, J. A. Aguilar-Zambrano, J. J. Aguilar-Zambrano, and M. G. Colombel, "La estrategia de creatividad sistemática TRIZ con equipos multidisciplinares de diseño de producto," *DYNA-Ingeniería e Industria*, vol. 83, no. 6, 2008.
- [11] R. Van der Lugt, "Brainsketching and how it differs from brainstorming," *Creat. Innov. Manag.*, vol. 11, no. 1, pp. 43–54, 2002.
- [12] W. Hsu and B. Liu, "Conceptual design: issues and challenges," *Computer-Aided Design*, vol. 32, no. 14, pp. 849–850, 2000.
- [13] G. Johnson, M. D. Gross, J. Hong, and E. Y.-L. Do, "Computational support for sketching in design: a review," *Found. Trends Human.-Computer Interaction*, vol. 2, no. 1, pp. 1–93, 2009.