

03-013

REVIEW OF THE USE OF GUIDING QUESTIONS IN THE SCOPE OF DESIGN ENGINEERING

Royo González, Marta; Chulvi Ramos, Vicente; Mulet Escrig, Elena; Ruiz-Pastor, Laura

Universitat Jaume I, Dep. Enginyeria Mecànica i Construcció

Guiding Questions are used, among other possibilities, as a method for learn, evaluate and reach new ideas. Within the scope of Engineering Design, they allow driving the designer in the conceptual phase, and they are adequate for analysing a broad variety of aspects which are not usually considered in the early creative process. Guiding Questions help to frame hypothetical situations for product uses, both present and future ones, and also their interaction with the users. So, using them in the early phases of the development of the design process will help in a better adaptability of the product to new needs, in prolong their useful lifetime and, in conclusion, they help in increase the user satisfaction.

In brief, this communication shows an analysis in depth of the different uses of guiding questions within the creative process in the product design framework.

Keywords: *guiding questions; conceptual design; design methodologies; product design*

REVISIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE LAS PREGUNTAS GUIADAS EN EL ÁMBITO DEL DISEÑO

Las preguntas guiadas (Guiding Questions) se pueden utilizar como método de aprendizaje, evaluación y obtención de nuevas ideas. En el ámbito del Diseño, permiten conducir al diseñador en la fase conceptual y son la herramienta adecuada para analizar una gran variedad de aspectos no considerados inicialmente en el proceso creativo. Las preguntas guiadas ayudan a enmarcar hipotéticas situaciones del uso del producto, presentes o futuras, y de la interacción con el usuario, por lo que utilizarlas en fases iniciales del desarrollo del proceso de diseño nos ayudará a que el producto se adapte mejor a nuevas necesidades, a que alargue su vida útil y, en definitiva, contribuya a aumentar la satisfacción del usuario.

Esta comunicación, por tanto, muestra un análisis en profundidad de los diferentes usos de las preguntas guiadas dentro del proceso creativo propio del ámbito del diseño de producto.

Palabras clave: *Preguntas guiadas; diseño conceptual; metodologías de diseño; diseño de producto*

Correspondencia: Marta Royo royo@uji.es

Acknowledgements/Agradecimientos: Este trabajo forma parte del proyecto de investigación GV/2017/098 Creación de espacios emocionales para incrementar los resultados creativos del diseñador durante la fase conceptual.



©2019 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Revisión de la utilización de las preguntas guiadas en el ámbito del Diseño

1. Introducción

El proceso de diseño es esencialmente un proceso de resolución de un problema, donde los requerimientos que surgen de una nueva situación se abordan con la intención de llegar a una respuesta, el diseño resultante (Cardoso et al., 2016). Existen diferentes modelos que describen el proceso de diseño (Archer, 1965; French et al., 1985; March, 1984; Pahl & Beitz, 2013; VDI 2221, 1993). Según las actividades esenciales realizadas por el diseñador el proceso se divide en 4 apartados: exploración, generación, evaluación y comunicación (Cross, 1999). French et al. (1985) desarrollan el modelo implementando un diagrama de flujo siendo una de las actividades realizadas el diseño conceptual: “esta fase toma el planteamiento del problema y genera soluciones amplias, en forma de esquemas. Es la fase que impone mayores demandas al diseñador y donde existe el mayor campo para mejoras espectaculares. Es la fase donde necesitan conjuntarse la ciencia de la ingeniería, el conocimiento práctico, los métodos de producción y los aspectos comerciales, y donde se toman las decisiones más importantes”.

La creatividad forma parte del proceso de diseño, "la creatividad se construye así, como una habilidad aprendida que nos permite definir nuevas relaciones entre conceptos o eventos, que parecían estar desconectados y que resultan en una nueva entidad de conocimiento" (Comisión Europea, 1998). Torrance (1962) definió la creatividad como “el proceso de detectar brechas o elementos perturbadores, faltantes; formando ideas o hipótesis acerca de ellos; poniendo a prueba estas hipótesis; y comunicando los resultados, posiblemente modificando y volviendo a probar las hipótesis”. Las técnicas creativas se clasifican en analíticas e intuitivas (Higgins, 1999), si se aplican individualmente o en grupo, y por último si son convergentes o divergentes (Siefertzi, 2000).

Los métodos de diseño son todos y cada uno de los procedimientos, técnicas, ayudas o “herramientas” para diseñar. Presentan un número de actividades distintas que el diseñador combina y utiliza en un proceso general de diseño. Existen métodos creativos y sistemáticos. Los métodos creativos son los que ayudan a estimular el pensamiento creativo, incrementando el flujo de ideas, eliminando bloqueos mentales que inhiben la creatividad, o ampliando el área en la cual se buscan las soluciones (Cross, 1999).

El método de generar preguntas ha sido estudiado y aplicado en diferentes disciplinas como la filosofía, lógica, lingüística, inteligencia artificial y psicología cognitiva (Graesser & Black, 1985). Según Eris (2004), “en el contexto del diseño, una pregunta es una declaración verbal relacionada con las tareas de diseño a mano con las demandas de una respuesta explícita verbal y / o no verbal”. El pensamiento de diseño es un proceso dirigido por preguntas, particularmente durante la generación de ideas (Cardoso et al., 2016).

Muchos métodos creativos usan implícita o explícitamente las preguntas como un mecanismo para ayudar a la gente a romper la rutina del comportamiento y los típicos caminos para resolver problemas (Cardoso et al., 2016). Dass (2004) citó entre otras la estrategia de preguntas abiertas como herramienta para potenciar la creatividad en las aulas de ciencias (Ramirez & Ganaden, 2008). Otras investigaciones muestran que las cuestiones de diseño son descriptivas de las principales actividades de diseño y de modelos de diagnosis (Aurischio et al., 2010; 2013).

Eris (2004) desarrolló un modelo de pensamiento dirigido mediante preguntas construido en base a los trabajos de Lehnert (1978), y Graesser y MacMahen (1993). Según la propuesta de Eris, existen tres clases de preguntas en el discurso de diseño: Low-Level Questions (LLQs), Deep Reasoning Questions (DRQs) and Generative Design Questions (GDQs). Las preguntas de bajo nivel son ante todo preguntas de búsqueda de información que son

formuladas cuando los interrogadores quieren clarificar un tema/evento dado o están intentando obtener información perdida. un ejemplo de este tipo de preguntas sería: ¿Qué clase de material puedo utilizar para el diseño del producto?. Las DRQ s se plantean para alentar a otra gente a pensar sobre las razones para usar un enfoque particular facilitando el pensamiento convergente, por ejemplo, ¿Por qué fallará el material?. Sin embargo, para generar soluciones diferentes y alternativas desconocidas se emplean las preguntas características del pensamiento divergente que intentan alejarse de los hechos hacia las posibilidades que pueden ser generadas desde ellos, son las denominadas por Eris Generative Design Questions: ¿Qué pasaría si falla el material?.

Esta comunicación, por tanto, pretende analizar en profundidad los diferentes usos de las preguntas guiadas principalmente en fases iniciales del Diseño de producto, ver cómo seleccionar la más efectiva y analizar cómo pueden servir durante el proceso creativo para ayudar a encontrar nuevas necesidades de los usuarios.

2. Metodología

2.1 Selección de las diferentes técnicas existentes en cuanto a preguntas guiadas

A continuación, se van a describir las diferentes técnicas seleccionadas que utilizan preguntas en la obtención, análisis y evaluación de ideas.

2.1.1 Técnica 5W+1H

5W+1H o el método Kipling (<http://creatingminds.org/tools/kipling.html>; <http://en.wikipedia.org/wiki/5W1H>) ya ha sido utilizado en varios campos profesionales. El método 5W+1H investiga la razón y el efecto de una relación en un problema específico. Consiste en formular 2 tipos de preguntas, 5W (es decir, quién, qué, dónde, cuándo, por qué) y 1H (cómo).

El método explica un hecho que representa a un actor (quién) que está en una ubicación específica (dónde), en cierto período de tiempo (cuándo), interactuando con una acción/objeto específico (qué), al tiempo que representa el proceso de la acción (cómo) en el que debe realizarse y en consideración debido a una cierta intención (por qué) (Ha et al., 2009).

5W+1H es un marco viable para analizar problemas de manera sistemática. Podría ayudar a identificar los principales usuarios, condiciones, interacciones y proponer un escenario a largo plazo (Lin & Luh, 2009).

La técnica 5W+2H, proviene de las seis palabras en inglés descritas en el punto anterior, además de éstas implementa la siguiente variable: ¿cuánto?, por ejemplo, ¿Cuántos problemas se dan en un día? ¿En una semana? ¿En un mes? ¿Cuánto dinero están implicando?

Otros agregan una "H" más: "How many?" = "¿Cuántos/as?", por tanto tenemos 5W+3H.

También existen casos (6W+2H) en los que se agrega una "W" más: "With?" = "¿Con qué?", en relación a qué recursos se precisan.

2.1.2 La checklist de Osborn

Las checklist más conocidas son la lista de preguntas verbales creada por Osborn (1953). Esta técnica creativa se usa básicamente para mejorar un producto o realizar modificaciones. Se desarrolla aplicando una serie de palabras, verbos, adjetivos o frases

contenidas en la lista de preguntas o tablas a un producto o servicio existente o a sus características.

La checklist de Osborn incluye los siguientes verbos: utilizar para otros usos, adaptar, modificar, magnificar, minimizar, sustituir, arreglar de nuevo, dar la vuelta y combinar (Higgins, 1996). Cada verbo contiene una serie de definiciones expandidas en forma de preguntas. Por ejemplo, en el apartado ¿sustituir? tenemos: ¿Cambia alguien más? ¿Cambia algo más? ¿Otro ingrediente? ¿Otro material? ¿Otro proceso? ¿Otra energía? ¿Otro lugar? ¿Otro enfoque? ¿Otro tono de voz? (Osborn 1963).

Para aplicar esta checklist se elige un producto y se aplican cada uno de los verbos y sus apartados expandidos con el elemento a desarrollar. Es un poco débil cuando se trata de cambiar servicios porque fue diseñado para productos. También permite crear su propia lista de verificación de mejoras de productos y servicios utilizando un diccionario y un diccionario de sinónimos (Higgins, 1996).

2.1.3 La checklist PICL de VanGundy

VanGundy (1988, 1992), creó una lista de preguntas para mejorar los productos utilizando palabras estándar y únicas que se pueden aplicar a productos y servicios existentes. Utilizada de la misma manera que la lista de Osborn, la lista de VanGundy contiene 792 palabras y 102 preguntas de estimulación de productos. Entre las palabras más singulares de VanGundy se encuentran: intentarlo, hazlo, pensar en, quitar o agregar. La lista de VanGundy tiene tantas opciones que puede usarse para desarrollar nuevos productos y servicios (Higgins, 1996)

Adicionalmente, VanGundy (1987) sugiere usar una lista general de preguntas. Por ejemplo: ¿Qué piensas sobre la situación? ¿Qué sería mejor si se resolviera esta situación? ¿Qué sería lo peor? ¿Cuál es el mayor obstáculo al que se enfrenta para hacer frente a esta situación? ¿Qué partes de la situación están relacionadas? ¿Cuándo es probable que la situación empeore? ¿Mejorar? En la búsqueda de datos, intenta aclarar los supuestos y las restricciones para hacer que el desorden sea manejable y para definir los problemas de manera sucinta (Evans, 1997).

2.1.4 La checklist de Quarante

La checklist de Quarante (1992) ofrece una lista de cuestiones que ayudan a obtener y evaluar productos. Esta lista analiza múltiples aspectos de la conceptualización de un producto como cuestiones que afectan al planteamiento, producto, usuario, límites técnicos y económicos, elección de materiales, verificación e imagen de la empresa. Ejemplos de preguntas de cada apartado serían:

- Cuestiones que afectan al planteamiento: ¿Puede verificarse la validez de la demanda? ¿Cuál es el entorno del problema?
- Cuestiones que afectan al producto: ¿Qué servicios se esperan del producto? ¿Qué prestaciones se esperan del producto?
- Cuestiones que afectan al usuario: ¿Qué acciones deberá efectuar el usuario cuando utilice el producto? ¿Qué tareas pueden clasificarse como particularmente importantes? ¿Qué duración? ¿Con qué orden en el tiempo?
- Cuestiones que afectan a los límites técnicos y económicos: ¿Cuáles son los límites técnicos y económicos que se oponen al establecimiento de condiciones óptimas de ergonomía y valor de uso? ¿Puede renunciarse a algún aspecto del producto?

- Cuestiones que afectan a la elección de materiales: ¿Cuáles son los materiales a considerar? ¿Es desaconsejable algún aspecto de superficie?
- Cuestiones de verificación: ¿Presenta la situación considerada más inconvenientes que ventajas? ¿Cómo reducir los inconvenientes?
- Cuestiones de imagen de la empresa: ¿Existe política de imagen de la empresa? ¿Existe un manual de identificación?

2.1.5 Técnica SCAMPER

SCAMPER es una lista de preguntas que estimulan la generación de ideas. Osborn (1953), el creador del Brainstorming, estableció las primeras. Más tarde fueron dispuestas por Eberle (1971) en este mnemotécnico S-C-A-M-P-E-R: sustituir, combinar, adaptar o alterar, modificar o magnificar, utilizar en otros usos, eliminar o minimizar, y reordenar o invertir. SCAMPER es una forma de fomentar la singularidad y promover el cambio.

S: ¿Sustituir? (Sustituir cosas, lugares, procedimientos, gente, ideas...)

C: ¿Combinar? (Combinar temas, conceptos, ideas, emociones...)

A: ¿Adaptar? (Adaptar ideas de otros contextos, tiempos, escuelas, personas...)

M: ¿Modificar? (Añadir algo a una idea o un producto, transformarlo)

P: ¿Utilizarlo para otros usos?

E: ¿Eliminar o reducir al mínimo? (Sustraer conceptos, partes, elementos del problema)

R: ¿Reordenar? = ¿Invertir? (o invertir elementos, cambiarlos de lugar, roles...),

El proceso comprendería tres fases: planteamiento del problema, realización de las preguntas y evaluación de las ideas obtenidas al responder las preguntas creadas.

2.1.6 Método ¿Qué pasaría sí?

Ojasalo et al. (2015) definen el método "¿Qué pasaría sí?" como un camino sencillo para considerar alternativas anticipando o imaginando desarrollos futuros (Casti et al., 2011). No ayuda a valorar la idea sino a mejorarla (Allan et al., 1999). Las preguntas ¿y sí? son técnicas que alientan a los estudiantes a generar soluciones o ideas novedosas.

Robu et al. (2007) definen que el método se basa en la iteración de algunas series de preguntas que conducen a la identificación de eventos inesperados con posibles consecuencias desfavorables y se aplica en campos de actividad específicos (Gavrilescu, 2003).

Wiltching et al. 2013 establecen que esta técnica es aplicada principalmente por los diseñadores como una estrategia de evaluación, mediante la cual se involucran en el razonamiento de causa y efecto "¿qué pasaría si?" para determinar la eficacia de las posibilidades de solución (Ball & Christensen, 2009; Ball et al., 2010; Christensen & Schunn, 2009).

Este método comprende las siguientes etapas: identificación de los riesgos, evaluación y valoración de las cuestiones, toma de decisiones (<https://normaohsas18001.blogspot.com/2013/06/el-metodo-what-if.html>)

2.1.7 Técnica de los 5 porqués

La técnica de los 5 Porqués tiene su origen en la evolución y desarrollo de metodologías de fabricación de Toyota (<http://en.wikipedia.org/wiki/5W1H>). Es un método basado en la realización de preguntas para explorar las relaciones de causa-efecto que generan un problema y buscar soluciones (Ohno, 1997). Para hallar la verdadera causa del problema o defecto se pregunta ¿por qué? cinco veces por cada problema encontrado hasta encontrar la solución más efectiva.

La técnica es sencilla, no tiene gran dificultad de aplicación, es una herramienta fácil y muchas veces eficaz para descubrir la raíz de un problema. No obstante, si no se obtiene una respuesta correcta de manera rápida, es posible que tengas que aplicar otras técnicas de resolución de problemas.

2.1.8 Técnica de los 8 factores

Esta técnica de creatividad (Michalko, 2006) utiliza 8 preguntas clave para evaluar ideas. Cada una de las preguntas clave tiene un rango de evaluación, si cumple muy bien la respuesta se le asigna un valor máximo y si no el valor mínimo que es 0. Ideas con éxito son las que obtienen un resultado final mayor de 50 puntos.

Las 8 preguntas clave son las siguientes:

- ¿Puedo comunicar la idea completamente y claramente? (0-20 puntos)
- ¿Cuánto interés tengo en esta idea? (0-20 puntos)
- ¿Cómo de buena es mi oportunidad para realizarla? (0-20 puntos)
- ¿En qué medida se ajusta en cuanto a su temporalización? (0-5 puntos)
- ¿Tengo las habilidades para realizar la idea? (0-10 puntos)
- ¿Podría aplicar mis fortalezas en la realización de la idea? (0-10 puntos)
- ¿Esta idea tiene buenas ventajas competitivas? (0-5 puntos)
- ¿Cómo de diferente o única es esta idea? (0-10 puntos)

2.2 Variables de análisis de las preguntas guiadas

Para cada una de las técnicas se valorarán los siguientes aspectos: definición breve de la técnica, objetivos de la misma, ¿para qué se utiliza?, fase de aplicación, tipo de pensamiento que promueve: convergente o divergente, ventajas, desventajas y por último cómo puede ayudar a obtener productos que se adaptan mejor a nuevas necesidades.

3 Resultados

Como resultado de la investigación se presenta una tabla con la descripción de cada uno de las técnicas con cada uno de los factores descritos (Tabla 1). En ella se pueden consultar rápidamente la definición, objetivos, características de la aplicación de cada técnica, la fase en la que se aplica, las ventajas e inconvenientes de su aplicación. De esta manera puede resultar una recopilación útil para los diseñadores a la hora de decantarse por cada una de ellas.

4. Conclusiones

Las preguntas guiadas ayudan a enmarcar hipotéticas situaciones del uso del producto, presentes o futuras, y de la interacción con el usuario, por lo que utilizarlas en fases iniciales

del desarrollo del proceso de diseño nos ayudará a que el producto se adapte mejor a nuevas necesidades y, en definitiva, contribuya a aumentar la satisfacción del usuario

El presente trabajo ha pretendido realizar una recopilación de las técnicas de preguntas guiadas que son capaces de ayudar a los diseñadores en fases conceptuales del diseño para obtener situaciones de uso del producto y obtener nuevas necesidades. También propone mejoras a las técnicas existentes para potenciar sus posibilidades.

Las técnicas más completas y que podrían ayudar al diseñador en la obtención de necesidades para alargar la vida de los productos serían las checklists, en concreto la de Quarante, ya que considera un amplio rango de cuestiones que podrían ayudar a pensar en nuevas necesidades del usuario.

Trabajos futuros en este ámbito serían mejorar algunas de las técnicas implementando preguntas con nuevos puntos de vista para potenciar la obtención de necesidades futuras de los usuarios. Otra opción sería, focalizar únicamente preguntas referidas a la obtención de necesidades cambiantes aunándolas en una checklist propia para reducir los tiempos de aplicación de las mismas y obtener mejores resultados. Y, por último, combinar la checklist con otras técnicas divergentes y así potenciar la creatividad de las soluciones obtenidas.

Tabla 1. Tabla comparativa de características de las diferentes técnicas

Nombre	Definición	Objetivos ¿Para qué?	Tipo de pensamiento	Fase aplicación: análisis/Generación/Evaluación	Ventajas	Desventajas	¿Cómo ayudaría más a obtener nuevas necesidades?
5W+1H o método Kipling	Consiste en formular 2 tipos de preguntas 5W (es decir, quién, qué, dónde, cuándo, por qué) y 1H (cómo).	Su desarrollo permite definir cuál es el problema y no la solución, con lo que se facilita la focalización sobre las causas de un problema.	Convergente.	Las 3 fases.	Facilita la focalización sobre las causas de un problema. Centra mucho el problema a resolver.	No genera soluciones, únicamente analiza el problema.	Mezclando con técnicas creativas para obtener soluciones.
5W+2H	"How much?" = "¿Cuánto?"						
5W+3H	"How many?" = "¿Cuántos/as?"						
6W+2H	Una "W" más: "With?" = "¿Con qué?" (recursos necesarios)						
Osborn checklist	Lista verbal de preguntas que se usa para mejorar un producto o realizar modificaciones.	Se desarrolla aplicando una serie de palabras, verbos, adjetivos o frases contenidas en la lista de preguntas o tablas a un producto o servicio existente o a sus características.	Divergente.	Las 3 fases.	Ayudan a obtener y evaluar productos. Permite mejorar un producto. Permite plantearse nuevos usos del producto.	Compleja utilización. Hay que partir de un producto ya ideado. Aplicación a problemas rutinarios. Necesaria experiencia previa. No conlleva grandes cambios en el diseño. Excesivo tiempo de aplicación.	Ampliando alguna pregunta referente a nuevas necesidades. Complementar con otras técnicas.
PICL VanGundy	Checklist para mejorar un producto PICL.	Utilizada de la misma manera que la lista de Osborn, la lista de VanGundy contiene 792 palabras y 102 preguntas de estimulación de productos	Divergente.	Las 3 fases.	Permite mejorar productos acabados. Son más creativas que las anteriores.	Aplicación compleja debido a la cantidad de preguntas y al tiempo de resolución de las mismas.	Planteando alguna pregunta más referida a la obtención de nuevas necesidades de los usuarios.
Quarante checklist	Conjunto de preguntas que analizan diferentes aspectos de la conceptualización de un producto.	Ofrece una lista de cuestiones que ayudan a obtener y evaluar productos.	Divergente.	Las 3 fases.	Muy completa, invita a pensar en múltiples aspectos. Permite prever soluciones y necesidades futuras.	Aplicación compleja debido a la cantidad de preguntas y al tiempo de resolución de las mismas.	
SCAMPER	Es una lista de preguntas que estimulan la generación de ideas.	Puede ser utilizada junto a otras técnicas en el proceso divergente de la generación de ideas. Fomenta la singularidad.	Divergente.	Las 3 fases.	Ayuda a plantearse otros usos, puntos de vista no considerados y estimulan la generación de ideas.	Mejora productos ya acabados. Algunas preguntas son difíciles de entender.	Formulando alguna pregunta más referida a la obtención de nuevas necesidades de los usuarios.
¿Qué pasaría si?	Método que mediante la iteración de preguntas ayuda a analizar la eficacia y posibilidades para una solución.	Se aplica en diferentes campos para estudiar eventos inesperados y sus consecuencias.	Convergente.	En la fase de análisis.	Ayuda en la previsión de problemas futuros y a generar soluciones o ideas novedosas. Aplicada como técnica de evaluación.	Se necesita experiencia para analizar problemas. No valora la idea, sino que la mejora. Campos de actividad específicos.	Implementando con otras técnicas creativas o con nuevas preguntas.
5 porqués	Es una técnica sistemática de preguntas utilizada para el análisis de problemas y para buscar las posibles causas y soluciones.	Es un método basado en la realización de preguntas para explorar las relaciones de causa-efecto que generan un problema.	Convergente.	En la fase de análisis.	Ayuda a analizar problemas y encontrar la causa. Técnica sencilla y de fácil aplicación.	Se necesita experiencia para analizar problemas.	Analizando las causas del cambio de necesidad. Implementando con técnicas creativas.
Técnica de los 8 factores	Utiliza 8 preguntas clave para evaluar ideas.	Ayuda a evaluar y dar un valor comparativo entre varias ideas.	Convergente.	En la fase de evaluación.	Posibilita la implementación de mejoras a un producto final.	La evaluación de las preguntas clave es subjetiva.	Extendiendo el método con preguntas que analicen y evalúen las causas de cada necesidad. Implementando con técnicas creativas.

Referencias

- Allan, D., Kingdon, M., Murrin, K., & Rudkin, D. (1999). *What if!: How to start a creative revolution at work*. Capstone.
- Archer, B. L. (1965). Systematic methods for designers in: *Developments in Design Methodology* (Cross N. Ed.).
- Auricchio, M., Bracewell, R. H., & Wallace, K. M. (2010). Understanding how the information requests of aerospace engineering designers influence information-seeking behaviour. *Journal of Engineering Design*, 21(6), 707-730.
- Auricchio, M., Bracewell, R. H., & Wallace, K. M. (2013). Characterising the information requests of aerospace engineering designers. *Research in Engineering Design*, 24(1), 43-63.
- Ball, L. J., & Christensen, B. T. (2009). Analogical reasoning and mental simulation in design: two strategies linked to uncertainty resolution. *Design Studies*, 30(2), 169-186.
- Ball, L. J., Onarheim, B., & Christensen, B. T. (2010). Design requirements, epistemic uncertainty and solution development strategies in software design. *Design Studies*, 31(6), 567-589.
- Christensen, B. T., & Schunn, C. D. (2009). The role and impact of mental simulation in design. *Applied Cognitive Psychology*, 23(3), 327-344.
- Cardoso, C., Badke-Schaub, P., & Eris, O. (2016). Inflection moments in design discourse: How questions drive problem framing during idea generation. *Design Studies*, 46, 59-78.
- Casti, J., Ilmola, L., Rouvinen, P., & Wilenius, M. (2011). Introduction. In: Casti J, Ilmola L, Rouvinen P, Wilenius M (eds) *Extreme events*. Taloustieto Oy, Helsinki, pp 7–17
- Comisión Europea, (1998). *Innovation Management Techniques in Operation*, European Commission, Luxembourg.
- Cross, N. (1999). *Métodos de diseño: estrategias para el diseño de productos*. Limusa.
- Dass, P. M. (2004). New science coaches: Preparation in the new rules of science education. In J. Weld (Ed.). *The game of science education* (pp. 48-79). Boston: Pearson.
- Eberle, R. F. (1971). *Scamper: games for imagination development*. Buffalo: YDOK.
- Eris, O. (2004). *Effective inquiry for innovative engineering design* (Vol. 10). Springer Science & Business Media.
- Evans, J. R. (1997). Creativity in OR/MS: The creative problem-solving process, Part 1. *Interfaces*, 27(5), 78-83.
- Five Ws. (n.d.) Obtenido el 8 de abril de 2019, desde <http://en.wikipedia.org/wiki/5W1H>
- French, M. J., Gravdahl, J. T., & French, M. J. (1985). *Conceptual design for engineers*. London: Design Council.
- Gavrilescu, M. (2003). *Risk Assessment and Management*. Ecozone Press. Iasi, Romania.
- Graesser, A. C., & Black, J. B. (Eds.). (1985). *The psychology of questions*. Routledge.
- Graesser, A. C., & McMahan, C. L. (1993). Anomalous information triggers questions when adults solve quantitative problems and comprehend stories. *Journal of Educational Psychology*, 85(1), 136.
- Ha, S., Jung, H., & Oh, Y. (2006). Method to analyze user behavior in home environment. *Personal and Ubiquitous Computing*, 10(2-3), 110-121.
- Higgins, J. M. (1996). Innovate or evaporate: creative techniques for strategists". Long Range Planning, 29(3), 370-380
- Higgins, L. F. (1999). Applying principles of creativity management to marketing research efforts in high-technology markets. *Industrial Marketing Management*, 28, 305-317.
- Lehnert, G. W. (1978). *The Process of Question Answering*. Lawrence Erlbaum Associates. Hillsdale, New Jersey.

- Lin, C. C., & Luh, D. B. (2009). A vision-oriented approach for innovative product design. *Advanced engineering informatics*, 23(2), 191-200.
- March, L. (1984). The logic of design. *Developments in design methodology*, 265-276.
- Michalko, M. (2006). *Thinkpak: A Brainstorming Card Deck*;[a Creative-thinking Toolbox]. Random House Digital, Inc..
- Norma OSHAS 18001. Seguridad y salud en el trabajo NORMA 45001. Recuperado en 12 de abril de 2019, desde <https://norma-ohsas18001.blogspot.com/2013/06/el-metodo-what-if.html>
- Ohno, T. (1997). *Toyota Production System-in addition to large scale production*. Porte Alegre: Bookman.
- Ojasalo, K., Koskelo, M., & Nousiainen, A. K. (2015). Foresight and service design boosting dynamic capabilities in service innovation. In *The Handbook of Service Innovation* (pp. 193-212). Springer, London.
- Osborn, A. F. (1953). *Applied Imagination*, Scribner, New York.
- Pahl, G., & Beitz, W. (2013). *Engineering design: a systematic approach*. Springer Science & Business Media.
- Quarante, D. (1992). *Enciclopedia del Diseno Elementos Introductorios* (Vol. 1). Barcelona: CEAC.
- Ramirez, R. P. B., & Ganaden, M. S. (2008). Creative activities and students' higher order thinking skills. *Education quarterly*, 66(1), 22-33.
- Robu, B. M., Căliman, F. A., Bețianu, C., & Gavrilescu, M. (2007). Methods and procedures for environmental risk assessment. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 6(6).
- Sefertzi, E. (2000) The creativity. Report produced for the EC funded project. INNOREGIO: dissemination of innovation and knowledge management techniques.
- The Kipling Method (5W1H). (2019) Recuperado 6 March 2019, <http://creatingminds.org/tools/kipling.html>
- Torrance, E. P. (1962). *Guiding creative talent*. New Delhi: Prentice-Hall of India.
- VanGundy, A. B. (1987). *Creative Problem Solving: A Guide for Trainers and Management*, Quorum Books, New York.
- VanGundy, A. B. (1988). *Product improvement check list, New Product Development Newsletter*, New Jersey.
- VanGundy, A. B. (1992). *Idea Power: Techniques and Resources to Unleash the Creativity in Your Organization*, AMACOM, New York.
- VDI 2221. (1993). *Design Handbook 2221, Systematic Approach to the Development and Design of technical Systems and Products*.
- Wiltschnig, S., Christensen, B. T., & Ball, L. J. (2013). Collaborative problem–solution co-evolution in creative design. *Design Studies*, 34(5), 515-542.