

FORMALIZACIÓN DE LA ETAPA CONCEPTUAL EN EL DISEÑO DE ARTEFACTOS HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN COMUNITARIA DE DISEÑO

Matías Novelli

Universidad Nacional de La Plata, IPAF Región Pampeana (INTA), Comisión de Investigaciones Científicas

Resumen

El diseño conceptual puede definirse como la etapa central durante el proceso de diseño de productos; en esta etapa se determinan los principios que gobernarán al objeto de diseño. Las decisiones tomadas durante esta etapa tendrán un impacto sumamente importante en la calidad del producto final, costos y aceptación en el mercado (Ofer, Yoram, & Daniel, 2009).

Una de las problemáticas principales de la etapa conceptual del proceso de diseño reside en que el diseñador dispone de técnicas fundamentalmente analógicas en donde es escasa o nula la asistencia formal o computacional para facilitar la generación, organización y procesamiento de información durante el proceso creativo.

El proceso creativo, fundamental en la etapa conceptual, es un área incierta, ya que no hay ninguna garantía de que el “evento” creativo vaya a ocurrir.

Los estudios más recientes en el campo de las ciencias cognitivas, particularmente dentro de la neurociencia, dieron como resultado una expansión del conocimiento sobre la temática y la aparición de nuevas teorías que proponen mecanismos en el pensamiento creativo.

Este estudio propone generar herramientas para utilizar en instancias de diseño participativo de artefactos tomando como casos de estudio problemáticas pertenecientes al INTA, vinculando artefactos técnicos y la interacción entre individuos.

Palabras Clave: diseño conceptual, neurociencia cognitiva, diseño participativo, topología.

La principal tarea de ingenieros y diseñadores es la de aplicar su conocimiento para la resolución de problemas, para poder optimizar estas soluciones en relación a los requerimientos y restricciones impuestas por materiales, tecnologías, económicas, legales, medio ambientales y humanas. Los problemas se tornan concretos una vez que el problema que se requiere resolver para crear un nuevo objeto técnico, artefacto, se define. Independientemente de la teoría o metodología de diseño utilizada, ya sea basada en principios matemáticos o métodos procesuales sistemáticos, es generalmente aceptado, que el proceso de diseño presenta una estructura jerárquica: inicia con una esquematización definida como diseño conceptual, para luego, de forma sucesiva, ir agregando detalles hasta llegar al producto final. La generación de la información necesaria para la fabricación de un nuevo producto es la tarea del diseño.

El diseño conceptual, dentro del marco de los objetos técnicos, se define como la transición entre las especificaciones funcionales y los principios de funcionamiento de un artefacto que las satisfacen. En esta etapa pueden identificarse tres estadios: Formulación de la problemática, búsqueda de alternativas/soluciones, evaluación de resultados (Hao, Yi-xiong, Jian-rong, Zhi-feng, & Zi-xian, 2015); en donde la generación de conceptos y la evaluación de conceptos son las dos etapas cognitivas esenciales. En la etapa primera, generación conceptual, el diseñador explora combinaciones de principios de solución al fin de lograr alternativas de diseño satisfactorias que puedan cumplir con los requerimientos del producto. La segunda

etapa de evaluación, se focaliza en la evaluación de las alternativas. Una de las características más distintivas de esta etapa es la creatividad, las decisiones tomadas durante esta determinarán en gran medida las propiedades finales de los objetos de diseño.

La creatividad es una actividad fundamental en el procesado de información de la mente humana (Boden, 1998). En el marco del diseño, generalmente se le atribuyen dos características esenciales: la habilidad de producir objetos novedosos (originales, inesperados), y apropiados (útiles, adaptativo relacionado a tareas) (Sternberg & Lubart, 1999). En oposición al pensamiento convergente, cuya directriz se basa en encontrar una única solución correcta frente a un problema, la creatividad o pensamiento divergente involucra la capacidad de generar conscientemente nuevas ideas con capacidad “expansiva” (que permiten diversificarse), y permitan un abanico de soluciones frente a un problema.

En líneas generales, desde el Diseño Industrial existe consenso en definir el proceso de diseño las siguientes etapas: “preparación, incubación, iluminación, verificación”. En cuanto al rol de la disciplina Bonsiepe (Bonsiepe, 1986) plantea:

“más que una concepción que ve al diseñador industrial dando containers para las estructuras técnicas desarrolladas por los ingenieros, puede ser útil proponer un esquema diferenciado desde el punto de vista hermenéutico: el esquema ontológico del diseño. El esquema está compuesto por tres ámbitos unidos –como se expondrá a continuación- por una categoría central. En primer lugar existe un usuario o agente social, que desea efectivamente cumplir una acción. En segundo lugar se encuentra una tarea que el mismo quiere ejecutar, por ejemplo: cortar pan en fetas, pintarse los labios, escuchar música rock, tomarse una cerveza o aplicar el torno a una muela. En tercer lugar existe un utensilio o un artefacto del que necesita el agente para llevar a término la acción –un cuchillo para el pan, un lápiz de labios, un walkman, un jarro de cerveza, una micro turbina de precisión de alta velocidad.

Y aquí aparece la cuestión de cómo se pueden conectar, hasta formar una unidad, a tres elementos tan heterogéneos: el cuerpo humano, el objeto de una acción, un artefacto o una información en el ámbito de la acción comunicativa. La conexión entre estos tres campos se produce a través de una interface. Se debe tener en cuenta que la interfase no es un objeto, sino un espacio en el que se articula la interacción entre el cuerpo humano, la herramienta (artefacto, entendido como objeto o como artefacto comunicativo) y objeto de la acción.”

Por otra parte, Lobach (Lobach, 1981) coloca al diseño industrial dentro de un contexto en donde la sociedad industrial altamente desarrollada, en permanente expansión de la producción de bienes de uso, las empresas prestan cada vez más atención al rol del diseñador. En este contexto considera al diseño industrial como una disciplina de la configuración del entorno en sus dimensiones sociales, psíquicas, históricas, económicas y estéticas, cuya finalidad es facilitar al usuario una utilización más crítica de los productos de consumidor.

Escenario local

Entre el conjunto de demandas tecnológicas que el Estado, (CIPAF INTA), ha detectado en colaboración con organizaciones de productores a nivel nacional durante 2005-2015, se han constituido líneas de investigación, entre las que pueden mencionarse: el desarrollo de equipamiento para aprovechamiento de energías renovables aplicadas a la vivienda y producción, la mecanización para la producción primaria y el desarrollo de equipamiento para el agregado de valor en origen.

En este contexto, y en base a dicho mapa de demandas, desde el IPAF Región Pampeana entre 2009 y 2015 se han desarrollado 86 casos de investigación, gestión y desarrollo de artefactos vinculados a 22 procesos productivos: ganaderos, forestales, hortícolas, florícolas, apícolas y avícolas, ubicados en ámbitos urbanos, periurbanos y rurales de la Región Pampeana, actividades que se anclaron en 23 proyectos territoriales gestionados por el INTA.

Dada la naturaleza de las problemáticas que se han abordado desde el CIPAF INTA, este conjunto de proyectos se ha llevado a cabo utilizando como base las metodologías antes descritas, e incorporando aspectos metodológicos asociados a la “*Gestión comunitaria de diseño*” (Bernatene, 2015). Es decir que se han realizado arreglos metodológicos para abordar la complejidad que el tema requiere, avanzando sobre la incorporación de herramientas que posibilitan incluir en el proceso de diseño a diversos actores del territorio, de modo tal de sostener los procesos de cambio. Esta perspectiva teórica, es descrita por Bernatene (Bernatene, 2015) como sistémica o integradora, ya que da lugar a ampliar el horizonte del diseño y de la actividad productiva. Referenciando a este tipo de enfoques, la autora indica se pueden ampliar las posibilidades de generar innovaciones de producto, proceso y organizacionales. Enfocándose en el caso del Diseño Industrial en Argentina, describe 3 metodologías: “*Una de ellas es la perspectiva del Diseño para la Sustentabilidad, que estudia todo el ciclo de vida de un producto, desde la industria extractiva de las materias primas hasta su fin de vida. Otra mirada complementaria es la del Análisis de Cadenas Globales de Valor, que permite relacionar el diseño con todos los eslabones de una cadena productiva y luego fortalecer los más débiles o vulnerables. La tercera perspectiva teórica es aquella que amplía las escalas de intervención de un proyecto desde el escenario a construir, pasando por la estrategia y por la filosofía de la unidad productiva, hasta involucrar al sistema del producto y a todos sus componentes, incluyendo las materias primas (Galán, 2008)*”.

Si bien estas metodologías incorporan en el proceso de diseño a diferentes actores, es decir que el diseñador busca democratizar las decisiones del proyecto, sintetizando objetivos e ideas de *otros* (productores, PyMEs metalmecánicas, técnicos y/o investigadores especialistas en la materia que se esté trabajando), se entiende no brindan las suficientes herramientas metodológicas para la instancia de definición conceptual del problema. A partir del análisis de los 86 casos, se asume que las decisiones tomadas durante la etapa conceptual fueron realizadas principalmente por los diseñadores-ingenieros, con escasa participación de los *otros*.

Estado actual del conocimiento. Teorías y métodos de diseño

Según (Pahl, Beitz, Feldhusen, & Grote, 2007 Third Edition) los principios de Redtenbacher (*Prinzipien der Mechanik und des Maschinenbaus*, 1852) y las reglas de función y forma de Releaux (*Konstruktionslehre fur den Maschinenbau*, 1854) constituyen los primeros intentos de implementar un sistema formal o axiomático en el proceso de diseño. En la década del '60 se comienza a plantear al diseño de objetos técnicos como una actividad racional, separándolo del concepto de ser una actividad puramente “creativa e intuitiva”. Se la reconoce como una actividad creativa pero contiene aspectos rutinarios y procesuales. Incluye al pensamiento creativo, la clarificación de tareas, pensamiento crítico y no restringida al conocimiento científico. A partir de la década de los 80's se produce un incremento en el campo de investigación de las teorías y metodologías de diseño. La visión clásica define a las teorías como formas de modelar y comprender el diseño, mientras que las metodologías tratan como diseñar o como el diseño debe ser (Tomiya, Gu, Jin, Lutters, Kind, & Kimura, 2009).

Entre las teorías de diseño, dentro de las primeras contribuciones teóricas se destaca el trabajo de Hubka (*Theory of Technical Systems*), que clasifica y categoriza el conocimiento sobre sistemas técnicos en un conjunto ordenado de afirmaciones sobre

su naturaleza, patrones de conformación, origen, desarrollo y observaciones de carácter empírico.

En 1981 Yoshikawa, con el objeto de establecer un marco riguroso para el desarrollo de sistemas CAD propone la teoría general del diseño, *GDT* (Tomiyama, Gu, Jin, Lutters, Kind, & Kimura, 2009), en la cual el proceso de diseño se concibe como un mapeo entre dos espacios topológicos (conceptos abstractos y entidades) bajo una situación de conocimiento ideal

A mitad del siglo XX Altshuller desarrolla TRIZ, un método de resolución de problemas cuyo objeto son las invenciones. El método propuesto se fundamenta en patrones generales del proceso inventivo detectados a partir del análisis de patentes de artefactos soviéticos, introduciendo la idea de contradicción técnica de cuya resolución emerge la invención.

Los métodos de diseño sistemáticos como los establecidos por la *VDI-Richtlinie 2221* prescriben las actividades durante la etapa conceptual del diseño dividiendo el proceso en los siguientes pasos: exploración y descomposición del problema en funciones, identificación de las interrelaciones entre funciones, solución de los problemas planteados por las funciones en forma aislada y finalmente generación de variantes por combinación de las soluciones encontradas.

Suh (Suh, 1990) establece dos postulados que según el autor deben ser satisfechos para que un diseño sea aceptable: el axioma de independencia y el axioma de información. El primero establece una restricción en la aplicación lineal entre parámetros de diseño y de performance mientras que el segundo evalúa la robustez de la solución a partir de la distribución de probabilidad de los parámetros de diseño.

Referido a la creatividad, Fink & otros (Fink, Benedek, Grabner, Staudt, & Neubauer, 2007) exponen que consensualmente la creatividad es considerada como un acto, rasgo o capacidad que se manifiesta en las características de originalidad, valoración y aceptación social de ideas, productos o trabajos del arte. Esta mirada se refleja paralelamente en la presunción de que el nivel de creatividad de un individuo puede ser valorado por medio de evaluaciones de rendimiento derivadas de tareas concernientes al pensamiento creativo o por medio de pruebas psicométricas.

“El talento creativo o la habilidad creativa de un individuo puede ser evaluada a través de un cierto número de variables como: fluencia de ideas (cantidad / número de ideas), el grado de novedad (originalidad) de las ideas, la flexibilidad de pensamiento (habilidad de producir diferentes tipos de ideas, opuesto a rigidez), la sensibilidad hacia el reconocimiento de problemas, la habilidad para reorganizar o redefinir, habilidad de síntesis, habilidad para evaluar.” (Guilford, 1986).

Básicamente estos avances teóricos y empíricos en la neurociencia cognitiva y la psicometría, desplazan el concepto de la creatividad como un acto “misterioso” o un evento “místico” (Simonton, 2000). Según Boden (Weisberg, 1999), la creatividad se cimenta en los procesos ordinarios de razonamiento, haciendo a la creatividad cognitiva una parte integral de las ciencias cognitivas. El autor enfatiza que uno de los prerrequisitos para un pensamiento creativo es el papel fundamental que juega el dominio de conocimientos específicos. Este punto de vista de la creatividad como el rendimiento o capacidad orientada ha sido estudiado por Dietrich (Dietrich, 2004) el cual ofrece una revisión de las investigaciones contemporáneas en el campo de la neurociencia y argumenta que la creatividad requiere de una variedad de habilidades cognitivas clásicas como trabajo sobre la memoria, atención sostenida, flexibilidad cognitiva. El pensamiento creativo involucra la habilidad de romper las reglas convencionales del pensamiento desarrollando nuevas estrategias e ideas combinando elementos del conocimiento ya almacenado.

Las investigaciones realizadas en el campo de la neurociencia cognitiva, tratan de establecer cuáles son los mecanismos mentales utilizados por diseñadores e ingenieros en la resolución de problemas. En su estudio Dort & Cross (Dorst & Cross, 2001) exponen que los aspectos en la resolución de problemas del diseño pueden describirse en términos del modelo de Maher's, una co-evolución del espacio de problemas y soluciones, y que los aspectos creativos del diseño pueden describirse introduciendo la noción de "defecto" y "sorpresa" en el espacio de problemas/solución.

Definición del problema

Una gran cantidad de metodologías y métodos de diseño se desarrollaron fundamentalmente a partir de la década de los 80's, es hasta hoy en día que el espacio o dominio de los posibles problemas de diseño están cubiertos de forma incompleta. Existe una necesidad en la práctica del diseño de producir métodos con un enfoque amplio para la identificación y clasificación de los problemas de diseño, de forma tal que estos métodos y herramientas puedan ser aplicados y explotados más íntimamente.

Una de las problemáticas fundamentales del proceso de diseño se centra en la etapa conceptual. Esta etapa juega un rol decisivo en el desarrollo de productos y procesos. Caracterizada por ser una etapa de alta complejidad, interactiva y creativa, el diseño conceptual, tiene un impacto fundamental en la calidad de los productos finales (Komoto y Tomiyama, 2012). Cerca del 80% del costo de ciclo de vida de los productos está determinado durante la etapa conceptual de diseño (Ullman, 2003)¹.

El paradigma fundamental de las herramientas CAD fue establecido a finales de la década del 80's momento desde el cual su desarrollo no ha presentado avances sustanciales en las últimas dos décadas. Los sistemas que se producen prácticamente no tienen contenido semántico y la mayoría de las herramientas de asistencia consisten en librerías de componentes estandarizados, como describe McMahon (McMahon, 2014). El desarrollo de futuros sistemas CAD debe incorporar asistencia en la etapa inicial de desarrollo de productos y es recomendable que en su desarrollo se utilicen teorías formales que capturen las características de la totalidad del proceso de diseño.

Discusión

El interés en la implementación de estructuras formales al diseño se ha incrementado durante los últimos años. Entre las causas está la posibilidad de reducir el problema del diseño a uno computacional y resolverlo utilizando algoritmos. Paralelamente, esta posibilidad también es recibida con escepticismo y las teorías presentadas en esa línea (fundamentalmente GDT) han tenido impacto limitado en situaciones reales o aplicaciones prácticas.

Dentro de las teorías de diseño, la GDT constituye un ejemplo de teoría formal. Esta pretende modelar las relaciones entre especificaciones de diseño y las soluciones, a las que denomina conceptos de entidad. La proposición principal es el axioma de operación, el cual postula que los conceptos abstractos son topologías del conjunto de conceptos de entidad. Estos son representaciones idealizadas de entidades que existen o existirán y resuelven el problema de diseño. Los conceptos abstractos son funciones y atributos pretendidos en la situación de diseño.

Una topología de un conjunto S de elementos, intuitivamente puntos, es una forma de usar subconjuntos de S para describir relaciones entre los puntos en S . El conjunto de estos subconjuntos, para ser una topología T , debe contener a S , el conjunto vacío, la unión de cualquier colección de conjuntos en T , y la intersección de cualquier colección finita de conjuntos en T . Un espacio topológico es un par (S, T) .

Al definir una topología sobre el conjunto de entidades se establece la relación entre especificaciones y potenciales soluciones, de modo que por cada especificación existe un conjunto de entidades que la satisfacen. En forma análoga se establecen los atributos requeridos. Por lo tanto en un estado ideal de conocimiento el diseño se define como un mapeo desde el espacio de especificaciones al de atributos.

En 2003 Hatchuel y Weil's (Hatchuel & Weil, "A new approach of innovative Design: An introduction to C-K Theory", 2003) introducen la teoría CK (C-K Theory) en la cual el proceso de diseño se define a partir de las operaciones entre dos espacios, el espacio de conocimiento K y conceptos C que contienen proposiciones con y sin status lógico, respectivamente. El proceso de diseño culmina cuando el espacio de conceptos se ha transformado completamente en nuevo conocimiento.

Conclusiones y trabajo futuro

Si bien existe consenso respecto a la imposibilidad de formalizar de manera completa el proceso de diseño, es de interés investigar cuales son las limitaciones de la formalización y las consecuencias prácticas de las predicciones de las teorías generadas. En particular es necesario identificar las estructuras formales de teorías y metodologías de diseño existentes, con la finalidad de reconocer los fenómenos que no son capturados por las mismas por medio de su evaluación en situaciones de diseño. Algunos de los interrogantes que se plantean son: ¿Cuál es la estructura adecuada para representar el espacio de diseño y cómo evoluciona?, bajo el supuesto que existe un espacio topológico subyacente ¿Qué aspectos de la cognición representa el mapeo desde el espacio de funciones y atributos? Y finalmente ¿De qué manera las teorías pueden asistir al diseñador en la práctica?

El estudio tiene como objetivo contribuir a la comprensión de los procesos durante la etapa conceptual de diseño investigando las posibilidades de formalización y sus problemas epistemológicos. Este aspecto será abordado desde dos perspectivas. Por un lado, se espera modelar el proceso de diseño mediante las estructuras teóricas de disciplinas de la matemática aptas para representar su fenomenología con el objeto de generar modelos, métodos, prácticas y/o herramientas de asistencia para la etapa conceptual del diseño utilizando. Por el otro, se propone incorporar el estado actual del conocimiento en neurociencia al estudio del proceso de diseño para contribuir a la comprensión de los fenómenos característicos de la actividad.

Bibliografía:

- Bernatene, M. d. (2015). *La historia del diseño industrial reconsiderada*. La Plata: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata UNLP.
- Boden, M. A. (1998). *"Creativity and artificial intelligence"*. Sussex Brighton Inglaterra: Universidad de Sussex.
- Bonsiepe, G. (1986). *Del objeto a la interfase*. Buenos Aires: Infinito .
- Burdek, B. (1994). *Diseño: Historia, Teoría y Práctica del Diseño Industrial*. Barcelona España: Gustavo Gilí S. A.
- Dietrich, A. (2004). "The cognitive neuroscience of creativity". *Universidad de Beirut, Lebanon, "Psychonomic Bulletin & Review*, 1011-1026.
- Dorst, K., & Cross, N. (2001). "Creativity in the Design Process: co-evolution of problem-solution. *Elsevier*.
- Finger, S., & Dixon, J. R. (1989). *"A review of Research in Mechanical Engineering Design. Par1: Descriptive, Prescriptive, and Computer-Based Models of Design Processes"*. Pennsylvania USA: Universidad de Carnegie Mellon, Instituto de Robotica.
- Fink, A., Benedek, M., Grabner, R. H., Staudt, B., & Neubauer, A. C. (2007). "Creativity meets neuroscience: Experimental task for the neuroscientific study of creative thinking". *ScienceDirect*.
- Guilford, J. (1986). "Creative Talents: Their Nature, Use and Development". *Buffalo NY: Bearly*.
- Hao, Z., Yi-xiong, F., Jian-rong, T., Zhi-feng, Z., & Zi-xian, S. (2015). "An integrated cognitive computing approach for systematic conceptual design". *Journal of Zhejlana University*.
- Hatchuel, A., & Weil, B. (2003). "A new approach of innovative Design: An introduction to C-K Theory". *Conferencia Internacional de diseño en ingeniería, Estocolmo*.
- Hatchuel, A., Le Masson, P., Reich, Y., & Weil, B. (2011). "A systematic approach of design theories using generativeness and robustness". *International Conference on Engineering Design*.
- Huang, H., Bo, R., & Chen, W. (2006). "An integrated computational intelligence approach to product concept generation and evaluation. *Mech Mach Theory*.
- Keeney, R. (2004). "Stimulating Creative Design Alternatives Using Customer Values". *"IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics" - Parte C "Applications and Reviews"*, 450-459.
- Lobach, B. (1981). *Diseño Industrial: Bases para la configuración de los productos industriales*. Barcelona España: Gustavo Gilí S. A.
- McMahon, C. (2014). "Design Research: Current Status and Future Challenges". *"The 3rd Internacional Conference on Design Engineering and Science, ICDES 2014"*.
- Ofer, S., Yoram, R., & Daniel, R. (2009). "Creative conceptual design: Extending the scope by infused design". *ScienceDirect*, 119.
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., & Grote, K. (2007 Third Edition). *"Engineering Design: A systematic Approach"*. Inglaterra: Springer.
- Shai, O., & Reich, Y. (2009). "Extending the Scope by Infused Design. *Computer-Aided Design*.
- Simonton, D. (2000). "Creativity: Cognitive, personal, developmental, and social aspects". *American Psychologist*, 151-158.
- Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1999). *"The concept of creativity: Prospects and Paradigms"* *"Handbook of Creativity"*. Inglaterra: Universidad de Cambridge.
- Suh. (1990). *The Principles of Design*. *Universidad de Oxford*.

- Tomiyama, T., Gu, P., Jin, Y., Lutters, D., Kind, C., & Kimura, F. (2009). "Design methodologies: Industrial and educational applications". *CIRP Annals - Manufacturing Technology* , 544.
- Wang, L., Shen, W., Xie, H., Neelamkavil, J., & Pardasani, A. (2002). "Collaborative conceptual design - state of the art and future trends". *Computer-Aided Design" ELSEVIER*.
- Weisberg, R. (1999). "Creativity and Knowledge: A challenge to theories". *Universidad de Cambridge*.
- Yong, C. (2012). "A heuristic-based approach to conceptual design". DOI: 10.1007/s00163-008-0059-9.