

La función del diseño en los procesos de innovación*

Anna Estany

UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA
anna.estany@uab.cat

Rosa M. Herrera

ICAI (ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA)
herrera.rm@gmail.com

Recibido: 28/04/2020

Aceptado: 30/07/2020

RESUMEN

Hay palabras que, en un momento determinado, emergen como catalizadoras de ideas que previamente habían tenido otros sentidos. Entre ellas están «innovación» y «diseño». La innovación ha estado tradicionalmente asociada a la ciencia aplicada, especialmente a la tecnología, mientras que los cambios en las ciencias puras se solían catalogar como descubrimientos, invenciones o creaciones sin más. Sin embargo, desde hace unas décadas, la innovación se ha inmiscuido en todos los ámbitos del conocimiento científico, tanto en las ciencias puras como en las aplicadas. También el diseño ha salido del nicho en el que había permanecido durante décadas e incluso centurias, al menos en lo que atañe a la historia de la filosofía y de la ciencia. De hecho, a medida que se ha ido introduciendo en el mundo académico ha estado muy ligado al arte y aplicado a entornos de nuestra vida cotidiana. El objetivo de este artículo es analizar los procesos de innovación en las ciencias puras y aplicadas, viendo hasta qué punto las teorías de diseño surgidas en las últimas décadas han influido en la innovación de campos como la epistemología y la tecnología. Nos centraremos en la epistemología de diseño y en la innovación metodológica, en concreto en la simulación y los modelos metodológicos de diseño. Tomaremos como referencia tanto las ciencias puras o descriptivas como las aplicadas o de diseño, además de la tecnología subyacente a ambos campos y con un papel muy relevante en los procesos de innovación.

Palabras clave: epistemología de diseño, innovación, simulación computacional, modelo metodológico.

ABSTRACT. *Design Function in Innovation Processes*

Some words emerge at a given moment to catalyse ideas and give new meaning to old terminology. *Innovation* and *design* are two such words. Innovation has traditionally been linked with the Applied Sciences, especially technology, whereas advances in the Pure Sciences tend to be termed *discoveries*, *inventions*, or *creations*. However, for decades now, innovation has been a *leitmotiv* in all fields of scientific knowledge in both the Pure and the Applied Sciences. Design has also emerged from the niche it once occupied for decades (and even centuries) at least insofar as its impact on the History of Science and of Philosophy is concerned. In fact, design's introduction into the academic world has gone hand-in-hand with Art and its impact on our daily lives. This paper analyses innovation processes in both the Pure and the Applied Sciences to discover how far

* Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades dentro del Subprograma Estatal de Generación del Conocimiento a través del proyecto de investigación FFI2017-85711-P «Innovación epistémica: el caso de las ciencias biomédicas». Este trabajo forma parte de la red de investigación consolidada «Grupo de Estudios Humanísticos de Ciencia y Tecnología» (GEHUCT), reconocida y financiada por la Generalitat de Catalunya, referencia 2017 SGR 568.

new design theories over the last few decades have influenced innovation in fields such as Epistemology and Technology. We focus on Design Epistemology and methodological innovation, specifically in connection with design simulations and methodological models. We also look at the underlying design technologies and the key role they play in innovation processes.

Keywords: design epistemology, innovation, computer simulation, methodological model.

SUMARIO

- Innovación e invención
- La emergencia del diseño
- El diseño en el ámbito epistemológico
- La simulación computacional como innovación en el método científico
 - La simulación computacional sustentada en modelos físico-matemáticos
 - La simulación computacional en las ciencias sociales y humanas
- La innovación tecnológica en el quehacer científico
 - La simulación computacional sustentada en modelos físico-matemáticos
- Modelos metodológicos de diseño
- La cultura del diseño entre las ciencias y las humanidades
- Conclusión
- Referencias bibliográficas
- Nota biográfica

Autora para correspondencia / Corresponding author: Anna Estany. Departament de Filosofia. Edifici B. Campus de la UAB. 08193 Bellaterra. Cerdanyola del Vallès (España).

Sugerencia de cita / Suggested citation: Estany, A. i Herrera, R. M. (2021). La función del diseño en los procesos de innovación. *Debats. Revista de cultura, poder y sociedad*, 135(2), 53-67. DOI: <http://doi.org/10.28939/iam.debats.135-2.4>

Hay palabras que, en un momento determinado, emergen como catalizadoras de ideas que previamente habían tenido otros sentidos. Entre ellas están «innovación» y «diseño». La innovación ha estado tradicionalmente asociada a la ciencia aplicada, especialmente a la tecnología, mientras que los cambios en las ciencias puras se solían catalogar como descubrimientos, invenciones o creaciones sin más. Sin embargo, desde hace unas décadas la innovación se ha inmiscuido en todos los ámbitos del conocimiento científico, tanto en las ciencias puras como en las aplicadas (Estany y Herrera, 2016).

También el diseño ha salido del nicho en el que había permanecido durante décadas e incluso centurias, al menos en lo que atañe a la historia de la filosofía y de la ciencia. De hecho, a medida que se ha ido introduciendo

en el mundo académico ha estado muy ligado al arte y aplicado a entornos de nuestra vida cotidiana. Determinar con precisión el cambio de tendencia en este tema no es tarea fácil, pero posiblemente la revolución industrial, la expansión de los productos a amplios campos de la población y la producción en serie, pueden considerarse factores que han incentivado la introducción del diseño en todos los ámbitos del conocimiento.

El objetivo de este artículo es analizar los procesos de innovación en las ciencias puras y aplicadas, viendo hasta qué punto las teorías de diseño surgidas en las últimas décadas han influido en la innovación de campos como la epistemología y la tecnología. No cabe duda de que la innovación puede abordarse desde muchas perspectivas y desde muchas disciplinas, pero

vamos a centrarnos en la relación entre innovación y diseño. Para ello, por un lado, nos centraremos en la epistemología de diseño como una nueva perspectiva que conlleva innovación en el campo epistemológico; por otro, en la innovación metodológica, en concreto la simulación y los modelos metodológicos de diseño. Para estas dos cuestiones tomaremos como referencia tanto las ciencias puras o descriptivas como las aplicadas o de diseño. Subyacente a dichos campos científicos está la tecnología, que tiene un papel muy relevante en los procesos de innovación. Por tanto, habrá que ver el papel del diseño en la innovación tecnológica y cómo esta se plasma en los artefactos y en la modelación de sistemas.

En primer lugar, vamos a dar un panorama de las principales características de los conceptos de innovación e invención; en segundo lugar, veremos cómo el diseño ha penetrado en diversos ámbitos de conocimiento y analizaremos la epistemología de diseño y los conceptos relacionados con esta; en tercer lugar, analizaremos el papel de las simulaciones en la investigación científica como innovación epistemológica y su aplicación en casos prácticos; en cuarto lugar, expondremos el esquema de McCrory sobre metodología de diseño a partir de las propuestas de Herbert Simon en su obra *Las ciencias de lo artificial* (1996) y del filósofo Ilkka Niiniluoto sobre las ciencias de diseño que expone en su artículo «The aim and structure of applied sciences» (1993); y finalmente, propondremos una cultura de diseño como marco para un abordaje integral de los procesos de invención e innovación. Hay que tener en cuenta que todas estas cuestiones podrían ser motivo de un solo artículo, pero ello va más allá de los propósitos de este trabajo. También los autores de referencia constituyen algunos entre otros muchos, pero se ha considerado que lo nuclear es la temática para la cual se propone una serie de autores relevantes para las cuestiones planteadas.

INNOVACIÓN E INVENCION

De alguna forma podríamos decir que el mundo gira en torno a la innovación. No hay ámbito teórico o

práctico que sea ajeno a los procesos de innovación, desde la empresa al laboratorio, desde la gastronomía al deporte, desde el arte a la ciencia, además de los cambios tecnológicos que se producen en materia de automoción, salud, energía, comunicación, etc. La innovación nos remite a logros en las ciencias aplicadas y a resolver problemas prácticos, al igual que la invención, que va desde la rueda y la escritura hasta la imprenta y el teléfono.

Como punto de partida asociamos la innovación a las ciencias aplicadas y los cambios en las ciencias puras a los descubrimientos y creaciones, sin embargo, el significado de estos conceptos ha sufrido modificaciones en el marco de la filosofía de las prácticas científicas, pudiéndose encontrar referencias a innovación en ciencias descriptivas y descubrimientos en ciencias de diseño. Por ejemplo, Brown (2009) se refiere a la innovación conceptual en la física (Galileo) y en la química (Proust y Dalton), cuando habitualmente se los consideraba descubridores. Brown sostiene que es una forma de abordar la dinámica científica desde una perspectiva menos rupturista y más gradualista. Nancy Nersessian (2009) se refiere a la innovación conceptual como los cambios que tienen lugar en algunos de los episodios más importantes de la historia de la física. En general, la idea de descubrimiento en las ciencias descriptivas se entiende como la aportación de nuevos conocimientos sustantivos que suponen una mayor capacidad de explicación del mundo natural y social. Y este es el sentido que Brown y Nersessian otorgan a los ejemplos señalados, que consideran innovaciones conceptuales.

No cabe duda de que la idea de innovación es polisémica, por lo que es necesario un análisis conceptual con el fin de extraer un denominador común que configure sus características. Veremos que las definiciones que indicamos a continuación, extraídas de Estany y Herrera (2016)¹, aunque no se haya expresado explícitamente,

1 Las referencias de estas definiciones corresponden al libro de Estany y Herrera (2016), en especial al capítulo 2. Para ello se ha tenido en cuenta el libro de Shavinina, L.V. (ed.) (2003). *The international handbook on innovation*. Elsevier Science Ltd.

hacen alusión a las ciencias aplicadas o de diseño, y algunas de ellas diferencian entre invención e innovación.

- «Invención» ('creación de una idea nueva') e «innovación» ('primera utilización de una idea nueva'), ambas estrechamente relacionadas con la palabra «técnica» (Edgerton, 2013).
- Innovación es la generación, aceptación e implementación de nuevas ideas, procesos, productos y servicios (Shavinina, 2003).
- La innovación se define como el conjunto de acciones originales orientadas a dar soluciones a problemas no resueltos previamente, de forma única y creativa (Renzulli, 2003).
- Invención es un avance rupturista e innovación es su actualización (Florida, 1990).
- La invención es el origen creativo de un nuevo proceso, que facilita la innovación con un impacto en los procesos sociales, económicos y financieros (Hindle, 1986).
- La innovación ocurre cuando algunos individuos producen soluciones nuevas y miembros relevantes de este dominio adoptan dichas soluciones, considerándolas variaciones valiosas de la práctica habitual (Bailey y Ford, 2003).
- El término «innovación» tiene dos significados algo distintos. El primero se refiere a la invención, creación o descubrimiento, que proporciona algo realmente nuevo y útil. El otro significado consiste en la adopción de lo que es nuevo para ti, tanto si «ti» es un individuo como si es una organización (Coates, 2003).
- Las innovaciones son procesos interactivos que generan algo nuevo, transformador y valioso en entornos y sistemas determinados (Echeverría, 2017).

La característica común de los conceptos de «innovación» e «invención» como conceptos integradores es la capacidad para resolver problemas prácticos. Y en este punto abundan algunos autores como los siguientes:

- Nickles (2003): la novedad tiene que ser útil, ya que tanto «innovación» como «descubrimiento» son términos de éxito, términos que se refieren a algo conseguido.
- Sintonen (2009): «La investigación aplicada es la búsqueda de conocimiento donde el objetivo es, según la caracterización autorizada de la OCDE de hace unos 30 años, intentar utilizar los resultados de la investigación básica o incluso descubrir nuevos conocimientos que puedan tener una aplicación práctica inmediata».
- Renzulli (2003) señala que «los objetivos de la ciencia nos dicen que un propósito principal es agregar nuevos conocimientos a nuestra comprensión de las condiciones humanas, pero en un campo de conocimiento aplicado también hay un propósito práctico para definir conceptos».
- Marinova y Phillimore (2003) ponen el acento en la innovación tecnológica, que distinguen de la social, educacional u organizativa.

A partir de esta caracterización de los conceptos de «innovación» e «invención» vamos a ver qué puede aportar el diseño en todas sus ramas a la comprensión de los procesos de innovación, desde la metodología y la epistemología hasta lo que Nigel Cross llama «cultura del diseño». En este sentido vamos a analizar algunos de los modelos de diseño especialmente relevantes para los fenómenos innovadores.

LA EMERGENCIA DEL DISEÑO

Las razones por las que el diseño ha estado tan ligado al arte y aplicado en entornos de nuestra vida cotidiana sin traspasar al mundo académico son múltiples y seguramente de distinta índole, por lo que podemos decir que la emergencia del diseño es un fenómeno multicausal al que va unido la idea de innovación, que también ha penetrado en campos nuevos.

La innovación industrial es un campo en el que el diseño es crucial, abarca desde muebles a coches, pasando por

la tecnología relacionada con la informática. El concepto más utilizado en este ámbito es el de *design thinking*² («pensamiento según diseño»), que se ha abordado desde diversas perspectivas y aplicado a múltiples ámbitos. Una de las primeras cuestiones que se ha planteado es su definición, que no es fácil desde una visión esencialista, dada su polisemia. Debería verse más bien como un marco teórico con un denominador común que sería un diseño a escala humana.

Lockwood (2009) define el «pensamiento según diseño» como el proceso de innovación centrado en el factor humano que pone el acento en la observación, la colaboración y el aprendizaje rápido. Se trata de aplicar la sensibilidad y los métodos del diseñador a la resolución de problemas en contextos distintos, a saber: empresariales, comerciales, de liderazgo, de servicios públicos y privados, etc. Uno de los ejemplos aportados por Lockwood (2009), las prendas de esquiar, constituye una muestra de pensamiento según diseño. Uno de los elementos clave de dichas prendas es la protección del frío, por lo que los materiales utilizados para fabricarlas son esenciales para su finalidad de uso. El éxito de esta innovación se debió a la colaboración de diversos profesionales, especialmente del diseñador, el ingeniero y el empresario. No es necesario que sean tres personas distintas, pero sí que estas tres perspectivas converjan en la fabricación del producto. En este caso concreto, según cuenta Lockwood, él mismo aportó el diseño y la parte comercial gracias a que había estudiado dirección de empresa en su etapa de licenciatura en la universidad. El ingeniero era imprescindible para aportar los conocimientos sobre materiales y energía. Respecto a los usuarios hay que decir que, por un lado, las nuevas prendas las probaron los esquiadores habituales y, por otro, se dio la circunstancia de que una de las personas que tenía que evaluar las posibilidades mercantiles de los trajes de esquí era un aficionado a este deporte. En resumen, dado que cualquier innovación implica aspectos diversos que no pueden obviarse, cualquier novedad tiene que ser el resultado de la participación de los diferentes actores relevantes, en este caso: ingenieros,

diseñadores y usuarios. Todo ello sin dejar de lado la viabilidad económica considerando costes y beneficios para la empresa que desarrolle la iniciativa innovadora.

Vogel (2009: 5) considera que el pensamiento según diseño puede cubrir la brecha entre la producción intensiva centrada en el coste y el beneficio y la producción a escala humana. Hace referencia al hecho de que la revolución industrial comportó la posibilidad de fabricar en serie diversos productos, desde coches hasta lavadoras, además de muebles y edificios. Frente a este fenómeno surgieron dos enfoques principales: uno centrado en la industria y representado por Carnegie, Rockefeller, J. P. Morgan y Ford, y otro que quería recoger la tradición del trabajo artesanal, representado por Charles Rennie Mackintosh, Frank Lloyd Wright y Gustav Stickley. Vogel (2009: 5) cita al arquitecto Peter Behrens y a la escuela Bauhaus como ejemplos de pensamiento según diseño que intentan realizar una síntesis de las posiciones tecnológicas y artesanas.

También Victor Papanek, en su libro *Diseño para el mundo real* (2014), defiende el pensamiento según diseño como un enfoque que apuesta por la responsabilidad social en la producción. Acusa a los diseñadores que solo tienen en cuenta a los consumidores con un alto potencial económico. Por todo ello, es importante la valoración de la satisfacción del usuario de cualquier tipo de producto, teniendo en cuenta parámetros como la usabilidad, la accesibilidad, la comprensión y la experiencia.

Como conclusión de la emergencia del diseño en el campo académico podemos decir que los factores contextuales, desde los sociopolíticos a los ético-morales, están en el núcleo del conocimiento práctico. Si se logra configurar marcos teóricos para abordar estos fenómenos tendremos una explicación racional de los elementos que inciden en la ciencia y sus consecuencias para la sociedad. Uno de estos marcos teóricos es lo que se denomina «Ciencia, Técnica y Sociedad» (CTS), que, aunque habitualmente no se relaciona con el diseño, tiene muchas características sobre el impacto de la ciencia y la técnica en los fenómenos sociales que encajan perfectamente con la idea de pensamiento

2 A pesar de las dificultades para su traducción al castellano, vamos a adoptar la expresión «pensamiento según diseño».

según diseño. Respecto a la conexión entre innovación y diseño, vemos que el conocimiento práctico, la resolución de problemas y los criterios para un buen diseño forman el sustrato en el que convergen los procesos de innovación y pensamiento según diseño.

EL DISEÑO EN EL ÁMBITO EPISTEMOLÓGICO

Actualmente, la idea de diseño ha llegado a la epistemología, un campo que, en principio, parece alejado del análisis de situaciones prácticas, dado que su principal objetivo, como una rama de la filosofía, ha sido buscar los fundamentos racionales de nuestras convicciones. Sin embargo, el diseño aplicado al ámbito epistemológico puede proporcionar soluciones a los problemas de la ciencia aplicada y una nueva visión a la epistemología clásica. Esto requiere una clarificación conceptual de las expresiones con las que nos referimos a la relación entre diseño y epistemología.³

Bengoa (2011) hace una serie de puntualizaciones respecto al alcance de la ciencia en su aplicación práctica. La idea de que la epistemología es la doctrina de los fundamentos y de los métodos del conocimiento científico, según Bengoa, no encaja con el hecho de la variedad de objetos que pueblan nuestro campo de conocimiento, por lo que no puede haber una sola epistemología. En realidad, se refiere a los objetos construidos o artefactos, y se pregunta si se puede hacer una epistemología de los objetos construidos en base a otros parámetros diferentes de los tradicionales. Con este fin hace una distinción entre epistemología

«para» el diseño y epistemología «del» diseño.⁴ Sobre la primera dice que tiene que ver con «una ciencia del conocimiento que ayude al diseñador». De la segunda dice que tiene que ver con «una epistemología que utilice como herramienta para conocer a la realidad del propio diseño». Respecto a la primera, podríamos decir que encaja con una epistemología de la ciencia aplicada. Respecto a la segunda perspectiva, la definición parece poco clara a no ser que la interpretemos como «una epistemología que utilice el propio diseño como herramienta para conocer la realidad». La idea es que las teorías de diseño constituyan un modelo para la epistemología, tanto en su función de fundamentar las ciencias puras como las ciencias aplicadas. Podría objetarse que este planteamiento es un círculo vicioso; diremos que es un círculo, pero no vicioso, sino de retroalimentación entre conocimiento, artefactos y diseño. A partir de estos dos sentidos de la relación entre epistemología y diseño vamos a analizar una serie de propuestas que, aunque con expresiones distintas, inciden en los dos sentidos señalados por Bengoa.

Las dos expresiones en lengua inglesa que reproducen los dos sentidos de Bengoa son, por un lado, *Epistemology of Design*, que equivaldría a epistemología «para» el diseño, y *Design Epistemology*, que equivaldría a epistemología «del» diseño. Nuestra propuesta, siguiendo lo señalado en las notas 3 y 4, sería que los dos sentidos más relevantes de la relación entre epistemología y diseño

3 Hay una dificultad añadida cuando traducimos estas expresiones, habitualmente en inglés, al castellano, aunque no es solo un problema de traducción, como veremos a continuación. Precisamente el artículo de G. Bengoa (2011) «Distintos acercamientos epistemológicos: cinco enfoques sobre los objetos» está escrito directamente en castellano y no por ello escapa a la necesidad de clarificar los sentidos.

4 Esta distinción puede parecer solo una cuestión lingüística, pero es de mucho más calado. Un contraste que podría ayudarnos a clarificar la distinción de Bengoa es la que se establece entre «ética de la neurociencia» y «neuroética», aunque solo como metáfora, ya que la neurociencia tiene una fundamentación y unos resultados empíricos que no tiene la teoría del diseño, al menos por el momento. La primera estudia las implicaciones éticas de los progresos neurocientíficos y de la práctica de los profesionales en este ámbito; la segunda toma la neurociencia como base para la comprensión y explicación de las decisiones sociales, morales y filosóficas en sentido amplio. Otra distinción análoga es entre «filosofía de las ciencias cognitivas» y «enfoque cognitivo en filosofía de la ciencia». La primera se refiere al análisis filosófico de las ciencias cognitivas, del mismo modo que nos referimos a la filosofía de la física, de la química, de la biología o de las ciencias sociales; la segunda se refiere a modelos de ciencia que estén anclados en las ciencias cognitivas, un enfoque en el que R. Giere es uno de los pioneros.

son: «epistemología del diseño» y «epistemología de diseño». La primera refleja el sentido de epistemología «para» el diseño y la segunda el sentido de epistemología «del» diseño, aunque consideramos que las expresiones que proponemos son las más adecuadas en lengua castellana. Sin embargo, como veremos a continuación, la mayoría de los autores utilizan estas dos expresiones sin especificar las diferencias entre ellas.

D. Mahdjoubi (2003) en su artículo «Epistemology of design» hace una clasificación de diseño como actividad, como planificación y como epistemología. Como actividad se refiere a la fase de pensar cómo será el producto; como planificación, a la organización de las acciones para la realización del producto; y como epistemología, a la relación con las metodologías sintéticas necesarias para cualquier cambio en las ciencias aplicadas distintas de las metodologías analíticas cruciales para el desarrollo de las iniciativas científicas. Mahdjoubi señala que la metodología analítica ha mostrado deficiencias o carencias para abordar la ciencia aplicada, por lo que ha florecido la metodología sintética, tomando la epistemología del diseño como una alternativa que puede paliar dichas deficiencias, especialmente en campos como la ingeniería.

Bajo el título «Design Epistemology», D. Karabeg (2012) propone que el diseño sea la alternativa a la tradición. Esto significa un cuestionamiento de la epistemología tradicional que no encaja con una apuesta por la innovación como eje central de la investigación científica. La idea central es lo que llama *postulating an epistemology*, es decir, plantear qué significado vamos a darle a «epistemología» que vaya más allá de la epistemología entendida como la base sobre la que se asienta la búsqueda de la verdad y del significado de las cosas.

Vemos que el sentido de Karabeg no es distinto del de Mahdjoubi, a pesar de que el primero lo denomina *design epistemology*, mientras el segundo lo designa *epistemology of design*. Por tanto, Karabeg refuerza una perspectiva en el marco de la investigación académica que es una alternativa a los enfoques tradicionales. Si pensamos la alternativa para la ciencia pura, constituiría

lo que denominamos «innovación epistemológica» que implicaría tanto nuevas formas de representación del conocimiento como cambios en los valores epistémicos o, al menos, en su priorización. En este sentido, y siendo fieles a Karabeg, se trataría de que esta innovación epistemológica se hiciera de acuerdo con los modelos de diseño. Su propuesta parece indicar que, a diferencia de la epistemología tradicional, la de diseño es más dinámica y permite incorporar nuevos elementos surgidos en el curso de la investigación.

Respecto a las características de la epistemología de diseño, Karabeg (2012) señala como especialmente relevante lo que denomina *wholeness*, en el sentido de totalidad e integración, que define como «la cualidad que caracteriza a un organismo sano y perfectamente desarrollado, o un mecanismo completo e inmaculadamente funcional: todas las partes funcionan bien y en sinergia entre ellas, y cumplen su propósito dentro de la totalidad, para que esta pueda funcionar bien y cumplir sus propósitos incluso en ámbitos más grandes» (Karabeg, 2012: 3). Como consecuencia de ello tendríamos la «transdisciplinariedad», que se concretaría en la *knowledge federation*, es decir, en una federación de conocimientos y disciplinas con el fin de que cualquier fenómeno pudiera abordarse desde diversas perspectivas a modo de un caleidoscopio.

Por las características que Mahdjoubi y Karabeg atribuyen a la relación entre epistemología y diseño, parece que lo fundamental es una alternativa a la tradición y a la epistemología analítica y una apuesta por la epistemología sintética, que corresponde a la de diseño, en el sentido de un acercamiento a la ciencia con el marco mental del diseñador.

Otro de los conceptos relacionados con la epistemología del diseño es *Design theory*, que aborda L. E. Östman (2005) en su artículo «Design theory is a philosophical discipline – Reframing the epistemological issues in design theory». Según Östman, la teoría del diseño no es una ciencia social ni una ciencia natural, sino una disciplina filosófica, que toma el pragmatismo como el marco que proporciona razones para la teoría del diseño. No se trata pues de fijar el conocimiento a una

simple verdad, sino de abordar problemas y promover comprensión a través de la clarificación, el razonamiento y la crítica. Estas afirmaciones constituyen la base de su propuesta, centrada en el conocimiento para la resolución de problemas, no para alcanzar la verdad o, al menos, no solo para ello, ni en primer término.

Por tanto, podemos decir que el núcleo de la relación entre epistemología y diseño, llámese «epistemología del diseño» o «epistemología de diseño», está en pensar con la mentalidad del diseñador, tomando como marco el pensamiento según diseño. De hecho, la crítica a la epistemología analítica no es nueva y empieza en la década de los cincuenta, aunque es con Thomas Kuhn (1962) y *La estructura de las revoluciones científicas* que marca un cambio de paradigma en lo que se consideraban los pilares de la denominada «concepción heredada». Al período historicista lo siguió la sociología de la ciencia y la sociología del conocimiento, y ahora estamos en el enfoque cognitivo de la ciencia y la tecnología, sin que ello suponga que ninguna de estas líneas de pensamiento haya desaparecido, sino que coexisten, en cierta forma, complementándose. Podemos considerar que la epistemología de diseño recoge parte de las críticas a la epistemología analítica con la mirada puesta en la ciencia aplicada y en la resolución de problemas.

LA SIMULACIÓN COMPUTACIONAL COMO INNOVACIÓN EN EL MÉTODO CIENTÍFICO

La simulación ha sido la gran olvidada de la metodología de la ciencia por parte de los filósofos enmarcados en lo que se ha llamado la «concepción heredada». Desde Hempel a Kuhn se ha analizado qué son las teorías, las leyes, la explicación, buscando cuál es el conocimiento que estas formas de representación añaden a nuestra comprensión del mundo. Sin embargo, ahora la pregunta es: ¿qué sabemos más del mundo cuando tenemos una simulación sobre alguno de sus procesos? Por eso es importante abordar la simulación computacional, tanto en su marco teórico, muy influenciado por la física y las matemáticas, como en su parte práctica, como es el ejemplo de las avalanchas de nieve. En este sentido la epistemología de diseño es un buen marco

para innovar en los modelos metodológicos y no cabe duda de que la simulación computacional se enmarca adecuadamente en este contexto.

La simulación computacional como innovación metodológica conlleva dos procesos: la creación de modelos y el trabajo propiamente dicho de simulación a través de ellos. La simulación computacional está asociada al uso del ordenador en el trabajo científico. La simulación y la previa creación de modelos es útil para afrontar problemas que desbordan la capacidad humana a mano desnuda o para implementar experiencias. Expresado de otro modo, el uso de la modelización es una herramienta imprescindible para llevar a cabo eficazmente la simulación computacional.

En las ciencias de la naturaleza es necesario afrontar problemas inaccesibles a nivel humano, por ejemplo, de naturaleza astronómica a gran escala en los que, aunque sorprenda, paradójicamente es necesario conocer pequeños detalles: un sistema solar de tres cuerpos tiene esencialmente los mismos problemas dinámicos que uno de mayor tamaño, sin embargo, es mucho más fácil en principio trabajar con tres cuerpos que con un número mayor. A este resultado, que no es obvio, se ha llegado tras siglos de maduración científica. Si nos detenemos en esta idea encontramos el germen de los modelos y, como asociada a él, aparece la simulación.

Así, en muchas ocasiones los fenómenos a escalas no humanas (las dimensiones imposibles) son candidatos a ser tratados en el contexto de esta heurística. Pero no solo ocurre en fenómenos de este tipo, también en problemas de índole más delicada en tanto que nos afectan en calidad de seres humanos.

La modelización como proceso analítico por excelencia se usa en el estudio de la materia, en las ciencias de estructura matemática y en las ciencias de la vida. Los modelos se desarrollan según el pensamiento matemático que se adecua al tipo de razonamiento de la física, describiendo las observaciones descarnadamente, desprovéyéndolas de lo accesorio, actuando sobre sus características esenciales o estructurales y cosificándolas.

En ese sentido, una buena teoría describe un amplio dominio de fenómenos a partir de unos modelos sencillos y efectúa predicciones que pueden ser sometidas a prueba, lo que otorga fiabilidad.

La simulación computacional permite abordar problemas y resolver cuestiones que, con la epistemología clásica, centrada en modelos muy rígidos como el concepto de teoría o la explicación hipotético-deductiva, centrales en el empirismo lógico, no encajaban debido a la complejidad de muchos fenómenos. Esto no significa que en la práctica los científicos se hayan limitado a una simplificación del método científico, sino que han tenido en cuenta alternativas inesperadas a fin de probar ideas. Casos como los modelos físico-matemáticos y la simulación en las ciencias humanas y sociales son ejemplos de ello.

La simulación computacional sustentada en modelos físico-matemáticos

La simulación computacional estructurada sobre el andamiaje de modelos físico-matemáticos es un recurso metodológico-heurístico habitual en las últimas décadas. De hecho, se ha consolidado en el campo de las ciencias (incluidas las ciencias computacionales y las ciencias de la vida) y las tecnologías e ingenierías a partir de la segunda mitad del siglo xx.

El modelo, al ser un intermediario entre el observador y el objeto⁵ observado, proporciona información relevante para la elaboración del conocimiento (sin caer en la identificación del modelo con el objeto modelado); dado que el mundo es independiente de lo que podemos decir o pensar sobre él, y como ya queda subrayado suficientemente, el modelo es una idealización por exceso —o por defecto— de la realidad. En uno u otro caso no pasa de ser una racionalización o un sistema lógico coherente (formulado en lenguaje matemático).

La simulación computacional en las ciencias sociales y humanas

Las denominadas «humanidades» tienen un abordaje discursivo no matemático; los estudios y análisis se suelen efectuar mediante el lenguaje natural y utilizando citas y comentarios de las citas, que van ahondando paulatinamente en el contenido y lo desarrollan.

Este método de trabajo no es adecuado para el análisis matemático de sus objetos propios de estudio, en consecuencia, no tiene cabida plantearlo en términos de ecuaciones o de la lógica matemática. En ese sentido su gran variedad de objetos de estudio no es modelizable matemáticamente y por tanto no son materiales de estudio viables para la realización de simulaciones computacionales. Esta inadecuación tal vez podría ser salvable al menos en algunas situaciones de investigación, utilizando un paso intermedio, una especie de puente.

La colaboración entre historiadores, por ejemplo, y estudiosos de los movimientos de partículas en un fluido (movimiento browniano) puede resultar productiva. En un intento de modelizar conflictos sociales, se están contrastando datos históricos precisos con datos proporcionados por los expertos en movimiento brownianos. Se están encontrando ciertas pautas de comportamiento en los movimientos humanos en diferentes tipos de conflictos sociales que presentan ciertas analogías con las partículas en movimiento browniano representables matemáticamente en términos de sus ecuaciones y por tanto susceptibles de ser simulados computacionalmente. De hecho, ya se está empezando a producir literatura ad hoc. No conviene adelantarse; esto es solo el inicio, el futuro nos dará el desarrollo.

LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN EL QUEHACER CIENTÍFICO

La tecnología que caracteriza nuestro tiempo, con su impresionante potencia que se retroalimenta de continuo y que concierne a sujetos de toda condición, constantemente fuerza nuevas consideraciones

⁵ La voz «objeto» se usa en sentido amplio y designa fenómenos y procesos, tanto del mundo físico conocido como imaginarios. Se suele construir a partir de preguntas y otros elementos intermediarios.

y modos de relación entre los seres humanos y el mundo, en los que surgen dudas y preguntas: ¿a qué se debe la fascinación por el entorno tecnológico que en mayor o menor grado compartimos y por el afán de solucionar que este entorno nos proporciona? Este entorno, construido linealmente de forma acumulativa, damos por sentado casi sin reflexión que realiza una aportación positiva a nuestra existencia. ¿Es la pura atracción emocional por lo novedoso? ¿Intuimos que hay algo más? Un mundo nuevo se presenta a nuestro alcance.

Los más escépticos se preguntan si la sobreexposición a la innovación tecnológica (que lleva asociada una hipervaloración de la misma) está, tal vez, dejando de lado el conocimiento reflexivo, la ciencia, lo que se ha considerado tradicionalmente el progreso real, o si es una forma nueva y auténtica de ese mismo conocimiento.

Quizá por eso buscamos dotar de emoción (o de apariencia de emoción) a los llamados ad hoc robots «emocionales», al menos en cierta medida, es decir, buscamos que se parezcan en algún modo a nosotros.

El ejemplo que analizamos a continuación entra de lleno en uno de los objetivos del diseño, a saber: resolver problemas prácticos como es el caso de las avalanchas de nieve.

Un ejemplo de simulación computacional: las avalanchas de nieve

Una avalancha de nieve es una masa de nieve y hielo que desciende por la ladera de una montaña abruptamente a gran velocidad, originando un torbellino de aire (el viento de la avalancha) y arrastrando todo lo que encuentra a su paso: tierra, piedras, trozos de rocas, etc.

Este fenómeno se origina por la evolución de las capas de nieve que se superponen en las montañas debido a los episodios de sucesivas nevadas, que dependen primordialmente de las condiciones meteorológicas. La cubierta nevada formada en etapas sucesivas por superposición de capas de nieve de diferente consistencia y distinta estabilidad tiene unas capas más inestables

que, cuando se producen episodios de viento fuerte y fases de deshielo, dan lugar a las avalanchas.

Estas avalanchas y los materiales que arrastran a su paso pueden causar bastantes destrozos; en ese sentido, es conveniente analizar los mecanismos para organizar la protección de personas y bienes.

El interés por caracterizar y acotar el fenómeno de las avalanchas viene de lejos: los pueblos de montaña a principios del siglo xx describían diferentes tipos de avalanchas que, por su propio interés, clasificaban primero para predecir su recorrido y el alcance de los daños que podían producir. También buscaban reconocer las condiciones en que era previsible que se originara alguna y actuar preventivamente adaptando las construcciones y la vida en general a estas circunstancias para protegerse adecuadamente.

Para organizar la simulación numérica de este proceso previo al trabajo computacional, es preciso determinar con precisión las características del fenómeno físico y formalizarlo. La nieve en interacción con el aire forma una especie de fluido de comportamiento complejo difícil de caracterizar, y por eso se recurre a las ecuaciones más potentes típicas de la mecánica de fluidos, las de Navier-Stokes, en este caso adaptadas a la naturaleza de la avalancha o del alud. Para conseguir las primeras aproximaciones se considera un comportamiento medio, sin entrar en algunos detalles de los que, aunque son importantes, se puede prescindir sin impedir un estudio fiable sobre la formación de una avalancha con una antelación aceptable.

Los términos complementarios propios de las avalanchas se introducen en dichas ecuaciones de Navier-Stokes y las modifican en su estructura matemática típica y, por tanto, influyen en la naturaleza de las soluciones. Algunos elementos concretos de las ecuaciones son cruciales para describir el comportamiento del deslizamiento.

La observación de las avalanchas reales y sus simulaciones computacionales están en fase de contrastación y es un campo de estudio e investigación muy activo que fuerza una relación interdisciplinar intensa de los

agentes intervinientes: ingenieros, físicos, matemáticos, científicos computacionales y expertos en avalanchas y aludes de nieve en alta montaña. Este reto despierta interés a distintos niveles, no solo al nivel científico por las puras matemáticas y físicas implicadas, sino también en otros campos, como el deportivo, el geológico y el medioambiental, por ejemplo.

La simulación de los aludes y avalanchas de nieve no solo persigue un mejor conocimiento del funcionamiento de la naturaleza, sino que tiene un propósito práctico. En ese sentido, se encuentra una utilidad adicional de los modelos y métodos matemáticos utilizados tradicionalmente en la física, en la simulación y en general en este procedimiento de trabajo con el propósito de resolver con criterios propios del pensamiento según diseño.

MODELOS METODOLÓGICOS DE DISEÑO

Con la idea de buscar una alternativa a la epistemología analítica están los modelos metodológicos de diseño como uno de los campos en que el diseño incide en la metodología de las ciencias aplicadas. El esquema clásico del método científico (Figura 1) consiste en probar una hipótesis. Si la predicción se cumple, el conocimiento obtenido se añade al saber general. En la práctica, los procesos metodológicos son más complejos y constan de varias etapas, sobre todo cuando se afronta una situación problemática nueva o cuando hay que cambiar de procedimiento porque no se llega a ningún tipo de resultado válido. Sin embargo, el esquema de la figura 1 continúa reflejando la idea general de la contrastación de hipótesis. A pesar de ello, los científicos que trabajan en las ciencias aplicadas han cuestionado que el esquema clásico fuera el más adecuado para estos ámbitos científicos. Así surgen las metodologías propias de las ciencias de diseño.

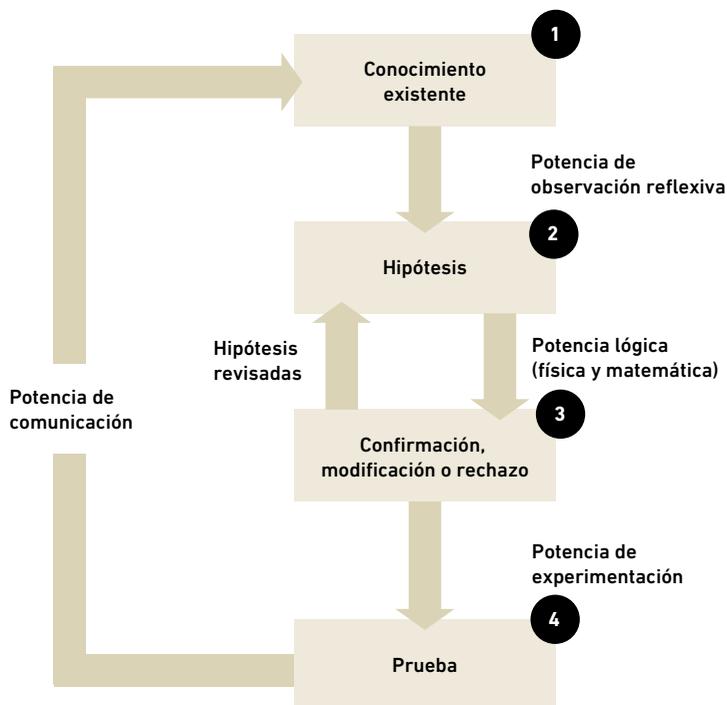
Las ciencias de diseño son el resultado de un proceso de científicización y mecanización de las artes en el sentido de habilidades y actividades prácticas. Simon (1996) señala que el modelo tradicional de ciencia ofrece una imagen engañosa de campos como la ingeniería, la

medicina, la arquitectura, la economía, la educación, etc., que están interesados en el «diseño», en el sentido de propósito o meta a conseguir, es decir, no tienen como objetivo saber cómo son las cosas, sino cómo tienen que ser para los propósitos asignados.

Indiscutiblemente, los ingenieros no son los únicos diseñadores profesionales. La actividad intelectual que produce artefactos materiales no es fundamentalmente distinta a la de prescribir fármacos a un paciente, programar un nuevo plan de ventas para una compañía o una política de asistencia social. El diseño, así construido, es el núcleo de la formación de las ciencias aplicadas, fruto de la profesionalización del antiguo trabajo artesanal. Las escuelas de ingeniería, así como las escuelas de leyes, arquitectura, educación, medicina, etc., orbitan alrededor del proceso de diseño, institucionalizando dichas disciplinas.

Se han propuesto diversos modelos de metodología ingenieril, entre los que podemos señalar, a modo de ejemplo, los siguientes: Gerald Nadler (1967), M. Asimov (1962), A. D. Hall (1974) y R. J. McCrory (1974), entre otros.

A pesar de las diferencias entre ellos, en todos los modelos se dan una serie de características y posicionamientos sobre la metodología de diseño acorde con las finalidades prácticas. Así, Nadler señala que diseñar consiste en pergeñar los procesos a fin de obtener resultados útiles, utilizando el conocimiento, las leyes y las teorías desarrolladas a partir de la investigación en ciencias básicas o descriptivas. Asimov considera que el diseño ingenieril es una actividad dirigida a satisfacer necesidades humanas, particularmente aquellas que tienen que ver con los factores tecnológicos de nuestra cultura. Hall distingue tres dimensiones en todo sistema ingenieril: la dimensión tiempo; el procedimiento para resolver un problema; y el cuerpo de hechos, modelos y procedimientos que definen una disciplina, profesión o tecnología. Si bien podemos encontrar el equivalente de estas tres dimensiones en los otros modelos, es la tercera dimensión la que es especialmente interesante para abordar la identidad de una disciplina profesionalizante. La definición de una

Figura 1 Representación gráfica del método científico según McCrory (1974: 160).

disciplina da entidad a una serie de profesiones que actualmente se han institucionalizado convirtiéndose en estudios universitarios, que ayudan a comprender dicho proceso de institucionalización.

Finalmente, McCrory entiende que la función del diseño no es originar el conocimiento científico, sino utilizarlo a fin de que el resultado sea una creación útil. En este sentido, la función del diseñador puede ser considerada similar a la del artista en tanto que da lugar a nuevas creaciones. Hay que resaltar la idea de que en la concepción de un diseño convergen los conocimientos científicos (estado de la cuestión) y las necesidades que constituyen la entrada no técnica y que corresponden a los factores sociales, económicos, geopolíticos, etc.

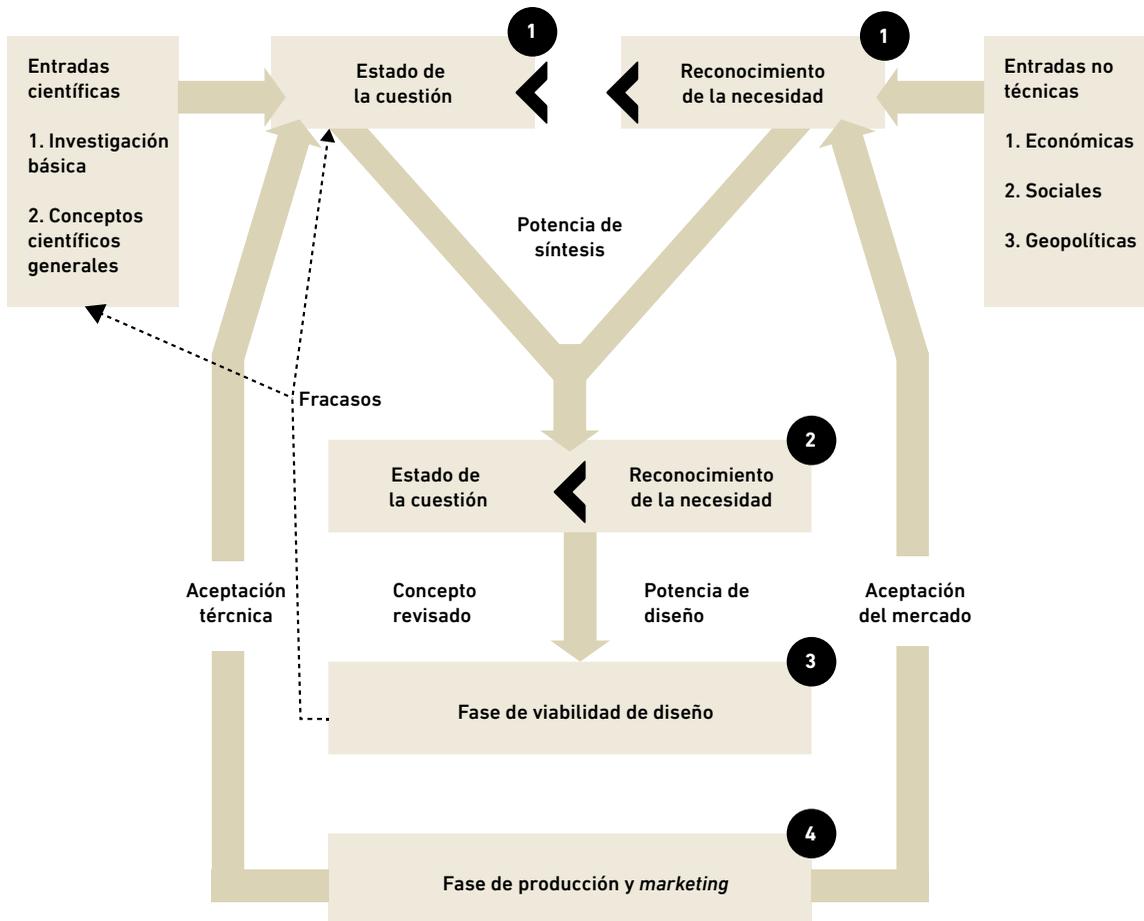
En este modelo no está incluido el diseño en la entrada no técnica, pero tendría sentido añadirlo y tenerlo en

cuenta en la segunda fase de concepción del diseño. En esta fase es cuando se piensa en lo que queremos llevar a cabo, sea un artefacto, un fármaco, un avión o un plan de estudio. En especial es importante tener en cuenta el pensamiento según diseño con el fin de que se adecue a los futuros usuarios.

LA CULTURA DEL DISEÑO ENTRE LAS CIENCIAS Y LAS HUMANIDADES

A partir de lo que hemos dicho sobre innovación y su impacto en la epistemología y metodología de la ciencia, la denominada por Cross «cultura del diseño» parece el marco más apropiado para abordar los procesos de innovación e invención, un ámbito en el que convergen elementos teóricos y prácticos, dando una nueva perspectiva integradora de las ciencias y las humanidades.

Figura 2 Representación gráfica del método de diseño según McCrory (1974: 162).



Cross (2006) en su obra *Designerly ways of knowing* considera el diseño como una forma de conocimiento enlazado con la epistemología de diseño y el pensamiento según diseño. Una de las ideas centrales de su propuesta es que el diseño constituye la tercera cultura que se añadiría a la de las ciencias y las humanidades, por lo que debería formar parte de la educación, y no solo para determinadas profesiones, sino como uno de los pilares de la formación general.

Así, igual que hay formas de acercarse a los fenómenos desde las humanidades y desde las ciencias, que podríamos calificar de formas de pensar humanísticas y

científicas, también podemos abordar los fenómenos partiendo del diseño en el sentido de «formas diseñísticas de conocer». Cross señala algunas diferencias entre estas tres culturas respecto al objeto de estudio, al método y a los valores. En el caso del diseño, el objeto de estudio es el mundo artificial; entre los métodos cita la formación de patrones; y como valores predominantes, la practicidad, la empatía y la adecuación a los propósitos que se quieren alcanzar.

Otras características relevantes de las formas diseñísticas de conocer son: la manipulación de códigos no verbales en la cultura material, la conexión entre hacer y pensar y

la relevancia de los modos de cognición icónicos (2006: 11). Y en cuanto a las habilidades del diseño, señala las siguientes: resolver problemas mal definidos, adoptar estrategias centradas en buscar soluciones y utilizar el razonamiento abductivo y medios no verbales y gráficos para representar el conocimiento (2006: 20). Todas estas características están en el núcleo de los procesos de innovación e invención.

A partir de los conceptos de ciencia y diseño, distingue tres formas de conexión entre ambos, que corresponden a sentidos distintos:

- a) Diseño científico (*scientific design*) es el diseño, sea en el campo que sea, aunque con preferencia en el diseño industrial, para el que el diseñador recurre al conocimiento científico.
- b) Ciencias de diseño (*design sciences*) son las ciencias cuyo objetivo no es describir el mundo, sino transformarlo, tales como las ingenierías, la medicina o las ciencias de la educación y de la información.
- d) Ciencia del diseño (*design science*) es el cuerpo de teorías del diseño para llevar a la práctica un producto determinado a través del método científico.

Hay que señalar que el mismo Cross quiere dejar claro que no es lo mismo *science of design* que *design science*. Nos podemos plantear si las distinciones propuestas por Cross son fructíferas para la clarificación del complejo y amplio campo del diseño. Lo primero que habría que decir es que, en la práctica, esto es, en cualquier actividad en la que el diseño esté implicado, estos conceptos se entrelazan y convergen en la actividad, el producto o el

proceso de diseño. Sin embargo, precisamente por ser un campo relativamente nuevo, al menos en el mundo académico, es importante un primer análisis conceptual.

Podemos decir que la cultura del diseño tiene como finalidad situar el marco en el que muchas de las ideas que se van desarrollando en el artículo tienen lugar. De hecho, la misma idea del papel que el diseño juega en la innovación tendría poco sentido sin este marco general. Además, las tres formas de conexión entre ciencia y diseño que señala Cross (diseño científico, ciencias de diseño y ciencia del diseño) dan sentido a los objetivos y a su desarrollo.

CONCLUSIÓN

Hemos visto que el diseño impregna todos los ámbitos científicos y culturales de la conceptualización del mundo natural y social, aunque a veces olvidamos que lo social forma parte de lo natural. Constituye una nueva perspectiva con la que aproximarse a la complejidad de todos los fenómenos de los que somos conscientes. Si el mundo gira en torno a la innovación, no cabe duda de que el pensamiento según diseño es un andamiaje para que en los procesos de innovación los intereses y capacidades humanas prevalezcan por encima de los intereses económicos. Estas conclusiones, aunque concisas, son de gran calado para el pensamiento actual y para la filosofía en su función de metaconceptualización del saber. Desde el punto de vista de los retos que la humanidad tiene planteados en la actualidad, la versión práctica del conocimiento y el afán por la resolución de problemas tendrá consecuencias para el diseño de las instituciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asimov, M. (1962). A philosophy of engineering design. En *Contributions to a Philosophy of Technology* (p. 150-157). Dordrecht: Springer.
- Bengoa, G. (2011). *Distintos acercamientos epistemológicos: cinco enfoques sobre los objetos* [Seminar]. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, UBA Universidad de Buenos Aires.
- Brown, H. I. (2009). Conceptual comparison and conceptual innovation. En J. Meheus y T. Nickles (ed.), *Models of discovery and creativity* (p. 29-41). Dordrecht: Springer.

- Cross, N. (2006). *Designerly Ways of Knowing*. Londres: Springer.
- Echeverría, J. (2017). *El arte de innovar. Naturalezas, lenguajes, sociedades*. Madrid: Plaza y Valdés.
- Edgerton, D. (2013). *Quoi de neuf? Du rôle des techniques dans l'histoire globale*. París: Éditions du Seuil.
- Estany, A. y Herrera, R. M. (2016). *Innovación en el saber teórico y práctico*. Londres: College Publications.
- Hall, A. D. (1974). Three dimensional morphology of systems engineering (1969). *Contributions to a Philosophy of Technology*.
- Karabeg, D. (2012). Design Epistemology. *Information*, 3, 1-x.
- Kuhn, T. (1962). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Lockwood, T. (ed.) (2009). *Design Thinking. Integrating Innovation, Customer Experience, and Brand Value*. Nueva York: Allworth Press.
- Mahdjoubi, D. (2003, junio). Epistemology of Design. En *Integrated Design and Process Technology* (p. 1-5). IDPT.
- McCrorry, R. J. (1974). The Design Method-A Scientific Approach to Valid Design. En F. Rapp (ed.), *Contributions to a Philosophy of Technology*, (p. 158-173). Dordrecht: Reidel.
- Nadler, G. (1967). An investigation of design methodology. *Management science*, 13(10), B-642.
- Nersessian, N. (2009). Conceptual change: creativity, cognition, and culture. En J. Meheus y T. Nickles (ed.), *Models of discovery and creativity* (p. 127-165). Dordrecht: Springer.
- Niiniluoto, I. (1993). The aim and structure of applied research. *Erkenntnis*, 38, 1-21.
- Östman, L. E. (2005). *A Pragmatist Theory of Design. The Impact of the Pragmatist Philosophy of John Dewey on Architecture and Design* [Tesis doctoral]. School of Architecture Royal Institute of Technology. Stockholm.
- Östman, L. E. (2005). Design theory is a philosophical discipline-Reframing the epistemological issues in design theory. *Design System Evolution*.
- Papanek, V. (2014). *Diseño para el mundo real. Ecología humana y cambio social*, 2ª edición en castellano. Barcelona: Pol-len Edicions.
- Shavinina, L. V. (ed.) (2003). *The international handbook on innovation*. Elsevier Science Ltd.
- Simon, H. (1996 [1969]). *The science of the artificial*. Cambridge (MASS): MIT.
- Vogel, C. M. (2009). Notes on the evolution of design thinking: A work in progress. En T. Lockwood (ed.) (2009), *Design thinking. Integrating innovation, customer experience, and brand value*. Nueva York: Allworth Press.

NOTA BIOGRÁFICA

Anna Estany

Doctora en Filosofía por la Universitat de Barcelona y Master of Arts por la Indiana University (EE.UU.). Actualmente es catedrática de Filosofía de la Ciencia en el Departamento de Filosofía de la Universidad Autónoma de Barcelona. Constituyen sus líneas de investigación los modelos de cambio científico, el enfoque cognitivo en filosofía de la ciencia y de la tecnología y la filosofía de las ciencias de diseño.

Rosa M. Herrera

Cursó sus estudios de Física en la Universidad Autónoma de Madrid. Es doctora en Física por la Università degli Studi di Roma Tor Vergata. Es miembro del grupo «Pensamiento Matemático» de la UPM y de la European Society for Astronomy in Culture. Trabaja en sistemas dinámicos de baja dimensión, mecánica celeste y astrofísica gravitacional, en el marco de un consorcio internacional europeo para desarrollos en astrodinámica, en colaboración con una agrupación interuniversitaria italiana.



