

El Diseño Tecnológico

EDUARDO R. SCARANO

Centro de Investigación en Epistemología de las Ciencias Económicas.
Facultad de Ciencias Económicas. Universidad de Buenos Aires

Resumen

El objetivo de este trabajo es explicitar la noción de diseño tecnológico. La tecnología tiene un vínculo esencial con la ciencia, pero es diferente; el diseño posee aspectos semejantes a la resolución de un problema científico mediante la formulación de una hipótesis, pero ambos son conceptos muy distintos.

Una de las principales diferencias es la heterogeneidad de elementos que componen un diseño y de naturaleza distinta a los componentes científicos. Estas diferencias se exploran mediante la metáfora del *collage*.

La metáfora se explora principalmente mediante cuatro aspectos que muestran la heterogeneidad del diseño: las diversas clases de conocimientos que participan (científico, experto, común); la utilización de teorías falsas; el papel esencial de los componentes filosóficos, éticos, políticos, económicos, legales; y los casos en que la utilización de leyes implica construir los antecedentes con ayuda parcial de elementos no científicos.

Palabras clave: tecnología; diseño tecnológico; enfoque inverso; diseño *collage*

Clasificación JEL: B4, C1.

The Technological Design

Abstract

The objective of this work is to make explicit the notion of technological design. Technology has an essential link with science but it is different; design has similar aspects to solving a problem in science by formulating a hypothesis, but the two are very different concepts.

One of the main differences is the heterogeneity of elements that compose a design and of a different nature from the scientific components. These differences are explored through the *collage* metaphor.

The metaphor is explored mainly through four aspects that show the heterogeneity of the design: the various kinds of knowledge that participate (scientific, expert, common); the use of false theories; the essential role of the philosophical, ethical, political, economic, legal components; and the cases in which the use of laws implies building the antecedents with partial help of non-scientific elements.

Keywords: technology; technological design; reverse approach; *collage* design

JEL Classification: B4, C1.

* Recibido: 28/01/21; Aceptado: 08/04/21

<https://orcid.org/0000-0002-0978-8290>

Introducción

La tecnología desempeña un papel fundamental en nuestra sociedad, sin embargo, la reflexión epistemológica sobre ella es muy reciente y, como consecuencia, su naturaleza, el tipo de vínculos y las diferencias con la ciencia básica o aplicada no están elucidados satisfactoriamente.

En las tecnologías ‘naturales’ como las ingenierías físicas y químicas asociadas a la ciencia física y química, y un poco menos en las biológicas, ha habido un desarrollo muy importante que, si bien no desentrañó los vínculos y las diferencias, condujo a un grado de diferenciación importante. En las ciencias sociales la situación es mucho más confusa, y en general no está claro cuándo se está construyendo teoría económica, psicológica o de alguna otra disciplina social o de sus correspondientes tecnologías asociadas.

Las consecuencias son manifiestas, por ejemplo, discusiones de cuestiones que se evalúan con criterios o con conceptos pertenecientes al otro dominio, y que debilita la aplicación eficiente de las teorías a problemas tecnológicos -también llamados ‘aplicados’ o ‘prácticos’. O, por el contrario, que al tener un problema práctico sustento científico, la solución está completa -los denominados enfoques tecnocráticos que no toman en cuenta o simplemente eliminan los aspectos políticos, éticos, de gestión.

En este trabajo nos proponemos desarrollar el concepto fundamental de diseño tecnológico -análogo a la solución de un problema en ciencia básica-, y caracterizar sus elementos componentes. Nos guiará la metáfora del *collage*. Este término se refiere a una técnica de la pintura consistente en reutilizar diversos materiales u objetos para componer una obra. La metáfora permitirá manifestar el carácter distintivo del diseño, su heterogeneidad al incluir diversos tipos de conocimientos existentes, entre ellos el científico, y otros componentes no necesariamente cognoscitivos para conseguir que el artefacto funcione. Un segundo rasgo que manifiesta esta metáfora es típico de la pintura, es una creación artística, en el caso de la tecnología una creación del artefacto, distinto de un producto de la naturaleza.

Para explicar el diseño tecnológico utilizaremos una aproximación que hemos propuesto en otros trabajos (Scarano, 2017; 2020), el enfoque inverso; es decir, la ciencia es un componente esencial para la tecnología, pero también debemos señalar los componentes no científicos que forman parte del artefacto para comprenderlo enteramente y distinguirlo de ella.

A continuación, presentamos desde qué concepción de la ciencia básica se describirán vínculos y diferencias con la tecnología; en la próxima sección caracterizamos la tecnología desde el punto de vista epistemológico; en la siguiente trataremos la cuestión del diseño como un *collage*; y finalmente, proponemos algunas conclusiones.

La ciencia desde un punto de vista empirista

La ciencia posee una conexión íntima con la tecnología, y depende de cómo se conciba la primera para determinar la naturaleza del vínculo y de la misma tecnología. Actualmente existen diferentes concepciones de la ciencia, y solo por mencionar algunas muy conocidas, se la puede caracterizar desde la corriente empirista -la más difundida-, desde la teoría crítica -la escuela de Frankfurt-, considerarla desde el punto de vista retórico, o con un enfoque posmoderno -interpretativista. Nos identificamos con un enfoque empirista amplio, es decir, no adherimos a alguna subcorriente empirista especial y solo nos valemos de algunos autores contemporáneos mencionados abajo, que por ser

tan conocidos nos releva de exponerlos para ejemplificar los caracteres de la ciencia básica.

El empirismo contemporáneo ha recorrido un amplia y cambiante senda desde el empirismo clásico del s. XX, el neopositivismo, hasta nuestros días. Principalmente ha modificado la noción básica de observacional, y ha propuesto una noción en la que término observacional está imbricado con la teoría (*theory-laden*)¹ y, por lo tanto, la aceptación o rechazo de una teoría se realiza no de manera absoluta sino respecto de una base empírica. Por lo cual, nunca habrá un test definitivo de la verdad o falsedad de una teoría, por ser relativo a la base observacional.

La teoría considerada como un conjunto de enunciados es insuficiente y se debe tomar en cuenta otros aspectos que la definen, por ejemplo, el conocimiento no siempre se expresa de manera explícita y así el conocimiento tácito puede guiar la investigación en ausencia de reglas o conocimiento explícito (por ejemplo, el paradigma de Kuhn²); la resolución de problemas requiere componentes o aspectos que no se reducen a la formulación y aplicación a casos, es decir, de la teoría más reglas de aplicación; así, los ejemplares compartidos son aspectos cruciales de los paradigma en términos kuhnianos en el que teoría y realidad aparecen simultáneamente comprometidos.³

La racionalidad dejó de ser instantánea, a la manera popperiana en el que el testeo de hipótesis incompatibles puede determinar la falsedad y el rechazo de una de ellas. El rechazo de una hipótesis o teoría se efectúa a largo plazo, ubicando los resultados del testeo en la trama de la prioridad de la teoría, encajando la realidad en el paradigma, priorizando el programa de investigación sobre el resultado de un testeo que depende de supuestos reconsiderables (hipótesis auxiliares, heurísticas positivas y negativas, etc.) La manera de ver la realidad, el núcleo 'filosófico', la manera de resolver problemas, tiene un valor mayor que la mera inconsistencia producida en un testeo o un problema provisoriamente no resuelto. Las 'teorías' absorben estas inconsistencias mediante diferentes mecanismos, aunque a la larga muestran sus límites y se producen cambios o surgen programas rivales más exitosos en la resolución de problemas.⁴

La ciencia básica tiene como objetivo, desde el punto de vista epistemológico, mostrar un mapa consistente del mundo en el dominio que estudia, exhibiendo las entidades que lo componen, sus propiedades y vínculos principales, y los patrones legaliformes de la realidad. Pero, así como la ciencia muestra cómo es el dominio estudiado, también se compromete a dar razones de los hechos y de los patrones de comportamiento, lo que usualmente se denomina explicaciones. El otro objetivo básico consiste en la predicción de fenómenos, lo cual permite conseguir, en algún grado, el control de lo que sucederá.

El empirismo actual ha matizado estos objetivos y, por ejemplo, no siempre una teoría es explicativa y predictiva simultáneamente -caso típico la teoría de la evolución-, pero sigue constituyendo el ideal de las teorías científicas.

Estos son unas de las pocas notas distintivas del empirismo no clásico contemporáneo pero su imagen de la ciencia tiene caracteres permanentes y diferenciales de otras corrientes epistemológicas y de otros tipos de conocimiento como la tecnología. Un paradigma, un programa de investigación, una teoría en sentido empirista, no puede ser contradictoria. Este requisito lógico es innegociable. La razón es simple, un principio

¹ Popper fue el primero desde una concepción empirista realista en proponerlo: "todo enunciado descriptivo emplea nombres (o símbolos o ideas) universales, y tiene el carácter de una teoría, de una hipótesis." (Popper, 1962, p.90).

² "La falta de una interpretación ordinaria o de una reducción aceptada a reglas, no impedirá que un paradigma dirija la investigación." (Kuhn, 1971, p.82).

³ "Esta clase de erudición [resolver un nuevo problema] no es adquirida por medios verbales exclusivamente. Más bien llega como si se dieran a uno, a la par, las palabras y los ejemplos concretos sobre cómo funcionan en el caso." (Kuhn, 1971, p.292).

⁴ Cfr. Kuhn (1962, especialmente cap.IX); Lakatos (1983, en particular pp.92 y ss.)

empirista es que la lógica es un supuesto de las teorías científicas y, por lo tanto, una teoría científica sería irrelevante si cualquier conclusión se siguiera de ella. No sirve para describir, explicar y predecir el mundo.

Otra característica del mismo tipo, siempre que consideremos un enfoque realista de una teoría, es no incluir enunciados incompatibles. Es un requisito menos fuerte lógicamente, pero comprensible. Si pertenecieran a la teoría enunciados incompatibles, no pueden ser simultáneamente verdaderos y no podría pretender describir ni explicar el mundo. Esta propiedad lógica es importante pues de otra manera no habría modelos en el sentido usual. Modelo es un conjunto de enunciados verdaderos y sería imposible conseguir uno de ellos si hubiera hipótesis incompatibles. Especialmente este requisito en el empirista actual no debe entenderse que es exigible inmediatamente -la racionalidad no es instantánea-, sino que una teoría en el tiempo debe conseguir ser compatible; hay que trabajar en ella para eliminarla manteniendo los aspectos cruciales del programa de investigación, del paradigma.

De la comprensión del mundo -la ciencia- a la creación de la realidad con base científica -la tecnología

La constatación más elemental nos muestra que la aparición del hombre va acompañada por la producción sistemática de elementos no naturales, por ejemplo, herramientas que, aunque compuestas a partir de piezas de la naturaleza no se reducen a ella: arcos, flechas, ruedas, carruajes, tienen presencia porque el hombre existe. La técnica es connatural a los seres racionales, sin ellos no encontramos en el universo la dimensión de la realidad denominada técnica o tecnología.

Ambas crean una parte del mundo, un agregado a la naturaleza. Esta creación puede realizarse con la ayuda de la ciencia, en este caso estamos no meramente ante la técnica sino ante la tecnología. Mientras la técnica existió desde la aparición del hombre, la tecnología es un fenómeno muy reciente, desde el último cuarto del siglo XIX con la producción de electricidad y las anilinas artificiales.

La técnica y la tecnología suponen, en primer lugar, dar cuenta de su diferenciación de la naturaleza. Hay que comenzar por una ontología que caracterice este nuevo nivel de la realidad, el cual se suele denominar artificial.⁵

El análisis ontológico ocupa un lugar central. Los artefactos que constituyen un nuevo nivel de la realidad, el nivel artificial, surgen de los propósitos del ser humano para cuya realización se vale usualmente del nivel natural.

Mario Bunge, uno de los primeros filósofos contemporáneos que se interesó y desarrolló la epistemología de la tecnología⁶ propone tres características definitorias del término artificial: es consecuencia de una opción; es producto del conocimiento aprendido; y es generado y utilizable en un ambiente social.⁷

Los artefactos suponen una opción o elección; este requisito excluye las conductas instintivas (por ejemplo, el tejido de la telaraña). Como resulta de una elección lo artificial podría no haber sido creado o realizado de diferentes maneras; no hay una ley por cual necesariamente un artefacto debe aparecer o ser creado de tal o cual manera. La condición de producto del conocimiento aprendido, por lo menos la primera vez que fue ejecutado, circunscribe lo artificial exactamente a los productos de los seres racionales o sus sustitutos, como los robots. Solo el ser humano o sus sustitutos pueden crear tecnología.

⁵ En esta sección seguimos de cerca la exposición de la tecnología realizada en (Scarano, 2020, par. 3 y 4).

⁶ Ver especialmente Bunge 1977; 1979; 1980, VII-13; 1985, cap.5; 1998, cap.11.

⁷ Lo define de la siguiente manera, "anything optional made or done with the help of learned knowledge and utilizable by others." (Bunge, 1985, p.222).

Mientras el dominio de la ciencia es el universo, el de la tecnología es el mundo humano. La característica utilizable por otros, alude a la necesidad de que lo artificial manifieste un valor social, actual o potencial, y debido a que es una producción humana incorpora tácita o explícitamente las distintas dimensiones del hombre (política, ética, jurídica, etc.)

La definición del término artificial es muy amplia, incluye tanto la técnica como la tecnología, también múltiples manifestaciones socio-culturales, entre otras muchas, las artísticas, las formaciones políticas, las instituciones.

Diseño y planificación

Los artefactos son producidos para satisfacer ciertos objetivos o propósitos. La noción de *diseño* da cuenta de los dos componentes del artefacto, naturaleza e intervención humana deliberada. El diseño es la representación anticipada de una cosa o proceso (posible o imposible); el artefacto al ser una creación no se lo puede señalar ostensivamente, o fotografiar, o producir en el laboratorio antes de su realización, como los fenómenos naturales. En las tecnologías físicas se transmite el diseño especialmente por una colección de planos o diagramas sean o no icónicos, y por un texto. Incluye un código que permite decodificar los símbolos del diagrama y el texto puede incluir fórmulas y diversas expresiones. En las tecnologías sociales raramente la representación de la creación se manifiesta como en las físicas, lo más frecuente es la simple caracterización del artefacto, por ejemplo, de una técnica de aprendizaje.

En lugar de diseño algunos prefieren utilizar el término *síntesis*⁸ para sugerir que para obtener el artefacto hay tanto descripción como prescripción. Si el diseño es tecnológico y no meramente técnico, la representación se conseguirá con la intervención, al menos parcial, del conocimiento científico o su método.

Ahora bien, el diseño tecnológico tiene un objetivo último, la *función*; los insumos que se utilizan para conseguirlo son solo medios para obtener funcionalidad.⁹ El requisito de funcionalidad implica un conjunto de restricciones en el diseño que nos permiten conseguirla, entre otras muchas: a) no debe violar las leyes naturales, de otra manera nunca funcionaría; b) debe ser realizable, o sea, poder manufacturarse o realizarse con los medios actuales, caso contrario queda solo como un diseño potencial; c) comportarse efectiva y confiablemente; d) el costo del artefacto no debe exceder cierta cifra y el lapso para realizarlo cierto tiempo.

La *especificación* de un diseño consiste en la determinación del conjunto de condiciones interrelacionadas que tienen una dimensión científica, técnica y social. Es imposible explicitar todas las características, por lo tanto, siempre será parcial y siempre se tenderá a enumerar aquellas que se consideran esenciales. Usualmente las especificaciones de un diseño se manifiestan en un contrato de tipo jurídico entre las partes.

Una vez generado el diseño, el próximo paso es el *plan* para realizarlo. Un plan o programa es una sucesión de ideas que describen operaciones o acciones sobre ciertas cosas que serán ejecutadas con el propósito de causar cambios específicos. La planificación, es el problema inverso al problema de la previsión. La planificación, en este contexto es una respuesta a la pregunta cuáles son los medios para obtener el artefacto.

Una vez realizado el diseño de acuerdo con su planificación estamos frente a un sistema hombre-artefacto, hay que operarlo para que cumpla su funcionalidad, y requerirá ajustes, mantenimiento y eventualmente mejoras.

⁸ Herbert Simon propuso este término para la tecnología en (1996).

⁹ Bunge define los sistemas funcionales de la siguiente manera: "the aim of technological design is to create *functional systems*, i. e. systems discharging effectively and efficiently certain functions useful to some people." (1985, p.226).

El estudio científico de lo artificial: la tecnología

De acuerdo a lo expuesto anteriormente la tecnología es el estudio científico de lo artificial. De manera más explícita recurriendo a los conceptos anteriores, es el campo del conocimiento que se refiere al diseño de artefactos, a su planificación, operación, ajuste, mantenimiento y seguimiento a la luz del conocimiento científico.¹⁰

Incluye una metódica que consiste en procedimientos criticables y justificables, en particular: i) el método científico; ii) las técnicas peculiares de la tecnología como la inmunización y la contabilidad; y iii) el método tecnológico. Este último consiste en los siguientes pasos: Reconocimiento y formulación de un problema práctico → Diseño → Prueba → Revisión del diseño (reformulación del problema).

No siempre es tajante la separación entre ciencia, especialmente entre ciencia aplicada y tecnología, por una parte, y la técnica y la tecnología, por otra parte. Sin embargo, un campo de conocimiento que carece completa o parcialmente de base científica o no emplea el método científico o tecnológico claramente no pertenece al dominio tecnológico.

Ciencia y tecnología se parecen tanto que algunos las confunden, sin embargo, un escrutinio más profundo las distingue. La ciencia procura conocimiento, la tecnología realiza artefactos; la primera, intenta comprender el universo, la segunda, un mundo nuevo -los artefactos. Están íntimamente relacionadas, pero no son lo mismo, ni una es reducible a la otra.

El enfoque inverso de la tecnología

Los epistemólogos de la tecnología estudian sistemáticamente la conexión de la tecnología con la ciencia y su método; de la misma manera señalan que la tecnología posee otros componentes que no son científicos o completamente científizables. Estos últimos forman esencialmente parte de la tecnología, caso contrario, sería idéntica a la ciencia.

Así, cuando Bunge señala como características definitorias de la tecnología el ajuste y mantenimiento de los artefactos, difícilmente puedan reducirse a conocimientos científicos. Cuando indica que uno de los constituyentes básicos del diseño es la propuesta de la funcionalidad que cumplirá el artefacto – en otras palabras, de su objetivo o fin-, en su mayor parte o completamente son estados valorativos, propositivos o teleológicos, los cuales no son científicos -aunque sí lo sea la selección de medios alternativos para alcanzarla.

La mayoría alude a estos elementos no científicos, indican la función que cumplen en la tecnología, pero poco más; interesa la conexión con la ciencia y es el lugar favorito desde donde argumentan. Nosotros, por el contrario, explicitamos el complemento, los conocimientos y componentes no científicos de la tecnología. Esta es la razón por la cual lo denominamos *enfoque inverso*.¹¹ Esta perspectiva es muy interesante porque puede colaborar para clasificar con mayor claridad las tecnologías y para comprender la diferencia entre ciencia y tecnología, especialmente sus estrategias para desarrollarlas.

¹⁰ Ver Bunge (1985, p.231).

¹¹ Hemos tratado este enfoque especialmente en Scarano (2014, 2017, 2018, 2019, 2020).

A continuación, enumeramos de manera no exhaustiva, componentes de la tecnología especialmente algunos no científicos:

1. *Conocimiento teórico*
2. *Técnicas científicas*
3. *Conocimiento experto*
4. *Conocimiento común*
5. *Legales y normativos*
6. *Filosóficos*
7. *Éticos*
8. *Políticos*
9. *Interacción de subsistemas distintos al económico*
10. *Restricciones presupuestarias y de tiempo para ejecutar el proyecto*

Los dos primeros componentes dan cuenta de los conocimientos de la ciencia básica o aplicada, sean conceptos o teorías, y las técnicas¹² asociadas al método científico. Por supuesto, también encontramos conceptos y teorías tecnológicos. En 3 y 4 se incluyen conocimientos precientíficos cuya naturaleza y extensión dependen de cada tecnología.

Usualmente constituyen un marcador de esta; si no existieran sería solo ciencia. Gran parte del *know how* está constituido por estas clases de conocimientos. Los artefactos producidos por el hombre afectan a los demás, lo cual implica cuestiones normativas de tipo legal (la responsabilidad civil del constructor de un puente) o éticas (abstenerse de producir minas antipersonales). Estos dos componentes, junto al 6 y 8, indican, como ya señalamos, que a diferencia de la ciencia el ámbito de validez de la tecnología no es el universo sino el dominio humano. Una tecnología puede ser válida o no por cuestiones meramente políticas o filosóficas, aunque su núcleo científico, 1 y 2 y hasta 3 y 4, sea aceptables para todos. En el caso de la dimensión política es manifiesto en la aceptación/rechazo de las tecnologías ligadas al cambio climático. Las discusiones acerca de la prohibición de armas -minas antipersonales o la bomba neutrónica- o el aborto implican decisiones más allá del núcleo cognoscitivo y tocan a cuestiones de la validez del diseño en aspectos filosóficos esencialmente éticos. La tecnología usualmente es un bien privado y, por lo tanto, el tiempo de ejecución del proyecto y su costo son cruciales en el momento de decidir un diseño más allá de la coherencia y las bondades científicas.

El diseño como *collage*

Al explicitar en la sección anterior los diferentes niveles que constituyen la tecnología, y tomando en cuenta solamente los niveles cognoscitivos, observamos que lo componen diferentes tipos de conocimientos, conocimientos científicos, sin lo cual no sería tecnología, pero también conocimiento experto y conocimiento común. Este collage de diferentes piezas de conocimiento que se utilizan en un artefacto debe ser coherente en el sentido de no contradecir las leyes naturales pues en ese caso no funcionaría, no se conseguiría la funcionalidad prescrita al artefacto.

Esta composición de diferentes clases de conocimientos es un primer aspecto *collage*. Conocimientos tan diversos no son ni pueden ser comparados ni evaluados con los mismos criterios; ellos colaboran para que un artefacto creado trabaje en el sentido que fue propuesto. Al valernos del conocimiento científico, su método y sus técnicas,

¹² Aquí se emplea el término en el sentido de Bunge, como 'métodos especiales' que colaboran para realizar los pasos del método científico en un problema, por ejemplo, las técnicas estadísticas, las entrevistas, la microscopía (cfr. Bunge, 1998, cap.1.3).

tendremos más probabilidad de conseguir la funcionalidad y de hacerlo eficientemente. También parece evidente que cuanto más se base en el conocimiento científico más sólido es el diseño y más satisfactoria resultará la funcionalidad obtenida.

Esta mezcla o composición de diferentes conocimientos es típica de la tecnología, simplemente porque no todo en el universo está regido por regularidades o bien porque no las conocemos. Si bien se puede afirmar, con Popper, que hay alguna estructura común entre el conocimiento común y el científico, también que hay una diferencia de clase entre ellos y epistemológicamente para aceptarlos y usarlos no se acude a los mismos criterios.¹³ No hay homogeneidad de criterios, cada clase de conocimiento es aceptado por sus propios ‘métodos’ evaluativos.

La heterogeneidad no está regida por propiedades metateóricas comunes como coherencia o compatibilidad, tradicionales de las teorías científicas porque para estimarlas deberíamos formularlas y determinarlas en un lenguaje preciso y reglado (como ideal en un lenguaje formalizado de la ciencia). Entonces, ¿cuál criterio se aplica a este *collage*?, conseguir que el artefacto trabaje, lograr la funcionalidad propuesta en algún grado.

Por esta razón, para la tecnología no es una barrera lógica o epistemológica la incompatibilidad entre teorías, las utiliza valiéndose del hecho que hipótesis o teorías incompatibles pueden tener consecuencias lógicas comunes. Compone consecuencias de teorías incompatibles para conseguir el artefacto. Su meta no es comprender el mundo y suministrar un modelo explicativo y predictivo -como la ciencia- sino que el artefacto creado funcione, trabaje según fue propuesto.

Un segundo aspecto *collage* es la utilización de una teoría falsa, rechazada como teoría descriptiva y explicativa del mundo, para diseñar un artefacto; es decir, no solo sabemos que son incompatibles las teorías sino también que una fue rechazada, es falsa, en base a tests. El ejemplo tradicional es la teoría que utiliza un ingeniero para diseñar un puente. Si bien la teoría newtoniana no es aceptable para explicar el mundo físico, sin embargo, para diseñar un artefacto como el mencionado, usar una teoría falsa es más práctico puesto que el error involucrado en su utilización, en los cálculos realizados, es insignificante desde el punto de vista práctico.

Si estuviéramos en el dominio de la ciencia básica, tal como la describimos en la segunda sección, este conflicto sería intolerable. Aquí, los valores de no contradicción e incompatibilidad entre teorías son decisivos y su vigencia una meta de la ciencia.

Se pone de relieve en esta situación las metas diferentes de la ciencia y la tecnología; la primera tiene el compromiso de describir, explicar y predecir un dominio de la realidad, mientras la segunda la utiliza como una de las tantas materias primas para crear otra realidad, un artefacto. En este sentido, por utilizar elementos existentes para componer otra realidad distinta a cada uno de esos elementos, un todo nuevo creado, el nivel artificial, parece apropiado caracterizarlo mediante la metáfora del *collage*.

Otro tercer aspecto *collage* tiene que ver con la composición de otros elementos que restringen el diseño de los artefactos. El objetivo político o ético que se seleccione encamina el diseño de maneras distintas. Así, por ejemplo, según la construcción de una central nuclear se haga con el fin de producir armamento nuclear o con el fin de producir energía y aplicaciones no militares, se utilizarán combustibles distintos. La teoría física es la misma en uno y en otro caso, pero el diseño muy diferente.

Más aún, otros componentes pueden actuar para que el artefacto solo quede a nivel de diseño conceptual, y nunca se realice, o bien se rediseñe. Un ejemplo del primer tipo, por las consecuencias éticas, es la bomba neutrónica que solo destruye las formas

¹³ Popper afirma, “Toda ciencia y toda filosofía son sentido común ilustrado (...) partimos del sentido común, siendo la crítica nuestro gran instrumento de progreso.” (1974, p.43).

vivientes, pero no las estructuras físicas; un ejemplo del segundo, debido a las consecuencias negativas medioambientales, las usinas en base a carbón para transformarlas a gas.

Lo anterior nos muestra que el diseño de un mismo artefacto globalmente considerado puede variar en gran medida por las restricciones de otros niveles no científicos: políticos, éticos, sociales, y hasta simplemente presupuestarios. Determinada una funcionalidad la propuesta de artefacto no queda a veces determinada primero por el nivel científico sino por las restricciones que imponen otros niveles que luego determinan qué partes del conocimiento científico, y el conocimiento en general existente, se seleccionará para su realización.

El cuarto y último aspecto *collage* consiste en la utilización de leyes científicas que, para aplicarlas a un caso concreto, necesitamos realizar el antecedente. La teoría nos brinda una ley, Si p entonces q , pero no nos brinda conocimiento sobre cómo conseguir el antecedente que necesitamos.

Lo ilustraremos con una explicación de Newton en su *System of the world*, dirigido a comprender fenómenos naturales debido fundamentalmente a la atracción universal: por qué los planetas orbitan alrededor del Sol; cómo se originan las mareas. Imagina a una persona muy fuerte en la cima de una montaña que arroja una piedra. Sobre ella actúan dos fuerzas -eliminando el roce-, una la de inercia por la cual la piedra seguiría si no la afecta otra fuerza en la dirección y con la velocidad que se le imprimió; y una segunda, la atracción de la Tierra sobre la masa de la piedra que la hace caer en una parábola a cierta distancia, 1 km. Supongamos que la tira nuevamente imprimiéndole más velocidad y ahora cae a 10, luego a 100, a 1000 kilómetros, hasta que consigue suficiente velocidad para que orbite alrededor de la Tierra.

Este experimento mental no solo explica por qué orbitan los planetas alrededor del Sol, sino que anticipa la posibilidad de satélites orbitando nuestro planeta. Las leyes son exactamente las mismas, únicamente que hay que conseguir imprimirle suficiente velocidad para que orbite. La teoría no dictamina acerca de cómo realizar un artefacto, un cohete, que permita generar la fuerza necesaria. De hecho, se tardó más de dos siglos en conseguirlo.

Este caso ejemplifica que aún para aplicar una ley a veces tenemos que recurrir a otros componentes cognoscitivos para realizar el antecedente. En la construcción del artefacto se utilizó además del fragmento de la teoría física señalado, conocimiento común y experto que posibilitaron su realización. Especialmente al comienzo, el desarrollo de combustibles y motores, de los parámetros que caracterizan las vibraciones al atravesar la atmósfera y muchísimos otros aspectos fueron eminentemente cuestiones de ensayo y error. Las pruebas de vuelos y en bancos no se utilizaron para validar las leyes mencionadas, sino el diseño. Consistió en un éxito práctico no en uno teórico.

Conclusión

La tecnología tiene una conexión esencial con la ciencia; carecer de ella la reduce a técnica. Desplegamos la conexión mencionada y complementariamente expusimos el enfoque inverso de la tecnología, es decir, los distintos componentes que manifiestan características que no la reducen a ciencia básica.

En este marco y con estos elementos argumentamos en favor de considerar al diseño tecnológico como un *collage*; es decir, como una composición de elementos heterogéneos -respecto de los componentes de la ciencia básica- mediante los cuales se crea un artefacto.

El primer aspecto collage que señalamos fue la heterogeneidad de los elementos cognoscitivos -conocimiento común, experto, científico- los cuales ni se formulan sobre la misma base, ni se le aplican los mismos criterios y tampoco se evalúan de la misma manera. Así, por ejemplo, las propiedades metateóricas como la consistencia, compatibilidad, etc., solo se pueden discutir si la teoría científica se expresa en un lenguaje reglado, lo cual no se aplica a las restantes clases de conocimiento.

El segundo aspecto que analizamos es la utilización en el diseño de teorías falsas. Sería incongruente su utilización en ciencia básica porque se propone una descripción, un modelo de un dominio de hechos. Sin embargo, por razones prácticas, entre otros, simplicidad, márgenes de error tolerables, se las utiliza para componer un diseño. Aquí se muestra una de las diferencias de metas entre la ciencia básica y la tecnología, y cómo este última acepta este *collage*, la reutilización de una teoría falsa que resultaría intolerable en ciencia.

El tercero consiste en la composición del diseño con elementos, no regulares en la ciencia, y variables en cada diseño. Esos componentes son muy variados y consisten en un arco que va desde un enfoque filosófico, pasando por cuestiones socio-políticas y culturales, hasta económicas en el otro extremo. Un diseño puede ser muy sólido en los niveles de conocimiento pero inaceptable por cuestiones éticas (el aborto, la bomba neutrónica) o políticas o por alguna combinación de los restantes componentes que no corresponden a los tipos de conocimiento.

El último aspecto *collage* que expusimos es la aplicación de una ley científica cuyo antecedente específico que necesitamos no está disponible, hay que construirlo y como la disciplina no dictamina cómo hacerlo, se lo realiza por una combinación de distintos tipos de conocimientos científico, no científicos y, eventualmente, por otros componentes no cognoscitivos.

El diseño es análogo a, en el método científico, formular una hipótesis y contrastarla, pero desde otra perspectiva muy diferente. Un rasgo inherente al diseño es la composición del artefacto en base a elementos heterogéneos -respecto de la naturaleza del conocimiento científico y su método-, y como en el *collage*, se obtiene una creación que no estaba en el mundo, una obra de arte en la pintura, un artefacto en la tecnología.

El diseño así analizado brinda perspectivas para investigaciones futuras, como la enseñanza diferenciada de la ciencia y la tecnología. En las ciencias maduras, las naturales y la biología, la enseñanza de la ciencia y de las tecnologías asociadas se realizan en facultades diferentes. En las ciencias sociales esta diferenciación no se ha realizado y seguramente con la maduración progresiva de estas disciplinas en algún momento ocurrirá. Los conocimientos, habilidades y competencias son en unas y otras distintas aunque conectadas, muy claramente establecidos en las más maduras, confusos los límites, las estrategias y los contenidos en las sociales.

Otra son los criterios que se aplican en la evaluación de ambas en los sistemas científicos que generalmente se corresponden con los de la ciencia básica. Esto desnaturaliza y hasta impide o frustra la investigación tecnológica que tiene centralidad porque es el lugar en la cual se resuelven los problemas que afectan a nuestra compleja y conflictiva sociedad contemporánea.

Referencias Bibliográficas

- BUNGE, M. (1977), "The Philosophical Richness of Technology". En: F. Suppe y P. D. Asquith (eds.), *Proceedings of the 1976 Bienal Meeting of the Philosophy of Science Association*, vol. II, pp.153-172.
- BUNGE, M. (1979), "Philosophical Inputs and Outputs of Technology". En: G. Bugliarello and D. B. Donner (eds.), *The History and Philosophy of Technology*, University of Illinois Press, pp.262-281.
- BUNGE, M. (1980), *Epistemología*. Siglo XXI Editores.
- BUNGE, M. (1985), *Treatise on basic philosophy. VII: Epistemology and methodology III: Philosophy of science and technology. Part II. Life science, social science and technology*, Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.
- BUNGE, M. (1998), *Philosophy of Science*. V. I; New Brunswick: Transaction Publishing.
- KUHN, T. (1971), *La estructura de las revoluciones científicas*. México, D. F.: Fondo de Cultura Económica.
- LAKATOS, I. (1983), *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Editorial.
- POPPER, K. R. (1962), *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Editorial Tecnos.
- POPPER, K. R. (1974), *El conocimiento objetivo*. Madrid: Editorial Tecnos.
- SCARANO, E. R. (2014), "Propuestas epistemológicas e Mario Bunge para comprender la tecnología: reglas, fines, acciones racionales, diseños". En: *Elogio de la sabiduría: Ensayos en honor de Mario Bunge en su 95ª aniversario*, Buenos Aires: Eudeba; pp269-289.
- SCARANO, E. R. (2017), "Familias de Tecnologías Socioeconómicas". *Argumentos de Razón Técnica*, n° 20, pp. 71-86.
- SCARANO, E. R. (2018), "Economía teórica e ingeniería económica". Anales de la LIII Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Política
<https://aaep.org.ar/anales/works/works2018/scarano.pdf>
- SCARANO, E. R. (2019) "Modos característicos de resolver problemas en los diseños tecnológicos". En: Lerner, S., J. Legris, G. Marqués, comps., *Filosofía y Economía*, CIECE-FCE-UBA, pp.140-157.
- SCARANO, E. R. (2020), "The Inverse Approach to Technologies". *Metascience*, n°1, Avril 2020. Online edition.
<https://metascience-en.sopromet.org/the-inverse-approach-to-technologies>
- SIMON, H. (1996), *The Sciences of Artificial*. Cambridge (MA): The MIT Press, 1996.