

Prototipado como estrategia para la generación de nuevo conocimiento desde los procesos de formación en investigación-creación en el diseño industrial

Resumen

El artículo tiene como objetivo relacionar los procesos cognitivos del diseñador en formación con el desarrollo de prototipos de distintos niveles de complejidad en diversas fases del proceso de creación en diseño. La propuesta teórica que soporta la construcción de dicha relación se acerca a la investigación-creación, manteniéndose al margen de la mirada tradicional de los métodos de diseño y centrándose en el valor que adquiere la generación de prototipos para las acciones de conceptualización y desarrollo de producto en el proceso de diseño en coherencia con una taxonomía del aprendizaje y el conocimiento. La metodología propuesta se desarrolla como casos de estudio entre 2019 y 2021 en ejercicios de aula en el programa de Diseño Industrial de la Universidad Antonio Nariño en contextos espaciales (presencial y remoto), acompañados de una Revisión Sistemática de la Literatura y un análisis muestral de resultados de algunos de los 40 proyectos desarrollados en el marco de la asignatura Seminario de Énfasis. Los proyectos presentados en el análisis son los mejor estructurados metodológicamente y más destacados en los procesos de validación de prototipos que surgieron en el marco de procesos de investigación-creación en el aula con alto nivel de rigor en el registro de resultados. La ejecución de esta investigación permitió proponer una categorización de variables que relacionaban procesos cognitivos con categorías de prototipado y establecer algunas consideraciones para la evaluación de prototipos en distintos momentos del proceso de formación de diseñadores desde la perspectiva de la investigación-creación. Así, entonces, como conclusión de la investigación, se identificaron relaciones importantes entre los procesos cognitivos de los diseñadores en formación y los niveles de desarrollo de prototipos, siendo esta una categoría de estudio relevante para la investigación en diseño.

Juan Sebastián Hernández
Olave

Magíster en Administración.
Profesor, Universidad Antonio
Nariño.
Bogotá, Colombia.
Correo electrónico:
juseher85@uan.edu.co
ORCID: orcid.org/0000-0003-4348-5792

Google Scholar

Recibido: noviembre 3 de 2022

Aprobado: Junio 26 de 2023

Palabras clave:
Diseño industrial, creación,
prototipado, prototipo,
investigación-creación.



Revista KEPES Año 20 No. 28 julio-diciembre 2023, págs. 179-218 ISSN: 1794-7111 (Impreso) ISSN: 2462-8115 (En línea)
DOI: 10.17151/kepes.2023.20.28.7



Prototyping as a strategy for the generation of new knowledge from the training processes in artistic research for the industrial design

Abstract

The article aims to explore the cognitive processes of the designer in training to the development of prototypes of different levels of complexity in various phases of the design creation process. The theoretical proposal that supports the construction of this relationship approaches research-creation, taking a non-traditional approach to design methods and focusing the role that prototyping plays in conceptualization and product development in the design process, based on a taxonomy of learning and knowledge. The proposed methodology was developed through case studies conducted in classroom exercises in the Industrial Design program at the Universidad Antonio Nariño between 2019 and 2021, in both face-to-face and remote settings, accompanied by a systematic literature review and a sample analysis of results from some of the forty projects developed in the Seminar on Emphasis subject. The projects presented in the analysis are the most methodologically rigorous and have the most outstanding prototype validation processes of any of the research-creation projects conducted in the classroom with a high level of rigor in the recording of results. This research allowed us to develop a categorization of variables that relate cognitive processes to prototyping categories and to establish some considerations for the evaluation of prototypes at different stages of the design training process from a research-creation perspective. Thus, as a conclusion of the research, important relationships were identified between the cognitive processes of designers in training and the levels of prototype development, which is a valuable area of study for design research.

Key words:
Industrial design, creation,
prototyping, prototype,
research-creation.

Introducción

Las últimas tres décadas (1990 al 2020) han generado reflexiones académicas sobre el significado y el aporte social, cultural, productivo y tecnológico de las disciplinas del diseño. Es así como fue de interés de esta investigación identificar distintas líneas de acción del diseño desde su perspectiva profesional. Y, como consecuencia en la formación académica disciplinar, se han encontrado en la revisión de los planes de estudio de las instituciones de educación superior que ofertan diseños (RAD, 2021), variables tales como que el diseño responde a necesidades de mercado, humanas o artísticas, estando su énfasis en el desarrollo de productos que se encajan en las dinámicas comerciales. La visión tradicional de la formación del diseño como un escenario de prestación de servicios más que como una disciplina, ha postergado discusiones clave sobre las maneras en que los procesos de enseñanza deberían acercarse a una realidad cada vez más compleja, y la mayoría de los cuerpos profesoriales vienen desarrollando formación técnica (oficio) y profesional asociada a las tendencias académicas y de mercado sin necesariamente analizar escenarios prospectivos disciplinares.

En ese marco de referencia, las principales preocupaciones y diferencias sobre el enfoque del diseño se encuentran en producción rastreable hasta los años 80 e hicieron parte de la definición del concepto de investigación-creación, definido por Colciencias¹ a inicios del siglo XXI, que bajo una mirada científica estableció parámetros para la generación de nuevo conocimiento artístico desde la creación. Esta ha sido objeto de críticas por gran parte de la población de profesores investigadores y creadores del país, porque al definir el concepto, el ahora Ministerio de Ciencias ha situado la investigación-creación en las lógicas habituales de generación de conocimiento científico, incluyendo

¹ Entidad encargada de promover políticas públicas y gestionar y coordinar los procesos de investigación a nivel gubernamental desde 1968, elevada a nivel de Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCiencias) en 2019.

procesos y productos y ha obviado las miradas de la investigación artística (Frayling, 1993; Mínguez, 2014; Saikaly, 2013) y las reflexiones que sobre el tema se vienen construyendo históricamente, aunque en los últimos cinco años se ha abierto la puerta para definir mesas de discusión para incorporar las miradas de los académicos de la creación en los modelos conceptuales que soportan la mirada que se establece desde la política pública.

La influencia de la investigación en la estructuración curricular de los programas de formación superior en diseño se hace evidente al aparecer los procesos de acreditación de alta calidad² sugeridos por el Ministerio de Educación Nacional y, por tanto, aparecen disertaciones y miradas divergentes sobre las formas tradicionales de ejecutar procesos de diseño y sus consecuencias. Es así como un grupo de profesores investigadores, dentro de los que se encuentra el autor de este artículo, entiende que a partir de dichas preocupaciones sobre el valor de la creación como práctica y proceso de investigación en sí mismo, se pueden reestructurar ciertas dinámicas de la enseñanza del diseño, por ejemplo: el uso excesivo del método de diseño como proceso lineal, el uso desproporcionado del tiempo usado para formular situaciones problemáticas, la constante búsqueda del resultado artefactual tangible y la falta de consideración que debe generarse en los estudiantes sobre las falencias que los métodos de diseño usuales han generado en la fase de diseño, generando un olvido sistemático de los valores poéticos y simbólicos (Benjamin, 2019)³ de la creación desde una mirada proveniente de las artes.

En este artículo se asume que el diseño puede tener como finalidad en su ejercicio profesional la prestación de servicios cuyo objetivo sea la generación de productos bajo los requerimientos del mercado y de públicos específicos. Sin embargo, también se entiende que al situar la formación en diseño en

² Mecanismo establecido por el Ministerio de Educación en Colombia y por el Consejo Nacional de Acreditación (CNA) para comparar la formación que se imparte con la que reconoce la comunidad académica como válida y deseable.

³ Se entiende esta construcción de valores desde la mira del aura propuesta por Walter Benjamin en su obra de 1936.

esferas del método tradicional (Archer, 1979; Dubberly, 2005; Jones, 1992; Munari y Rodríguez, 1983) se le ha dado el mismo peso tanto a los procesos de conceptualización como a acciones operativas de campos cercanos como el mercadeo, la publicidad y la logística del producto y, por tanto, es necesario que se recupere la perspectiva de una disciplina del diseño actualizada, situada y fortalecida por las nuevas dinámicas de la educación. Adicionalmente, se encuentra que una mirada cercana al arte y a la investigación artística (Borgdorff, 2010; Frayling, 1993) puede potenciar el sentido conceptual y crítico de los diseñadores y así entonces de los productos resultantes de sus procesos de diseño.

Es así como en seis periodos académicos⁴ en asignaturas del programa de Diseño Industrial de la Universidad Antonio Nariño en Bogotá (en niveles de profundización y profesionalización - sexto a décimo semestre), se construyó una propuesta metodológica (laboratorio de creación en diseño) que como caso de estudio permitió fortalecer en primera instancia el concepto de investigación-creación desde el aula y también propiciar que los estudiantes habitaran procesos de diseño desde las formas de creación artística en los cuales fomentaran ejercicios conceptuales profundos en donde se hiciera conciencia sobre el valor del prototipado —prototipar ideas, conceptos, modelos bidimensionales y modelos tridimensionales—. Y de esta forma, se fortaleciera la reflexión activa y la sensibilidad, no solo sobre el oficio (dibujo, modelado 3D, renderizado, manejo de materiales y procesos) sino también desde el pensamiento artístico tal y como lo presenta Arrigoni (2016) y que desde la propuesta acá presentada el estudiante de diseño debe desarrollar.

De esta manera, se plantearon ejercicios de prototipado en diseño con abordajes diversos que desde métodos heurísticos, tal y como lo presenta Breyer (2007), propiciaran soluciones de diseño divergentes, entendiendo

⁴ 2019A, 2019B, 2020A, 2020B, 2021A, 2021B.

que al modificar la estructura de método de diseño por una de metodología de investigación artística (laboratorio de creación en diseño), los procesos de creación se asumieran no solo desde posturas científicas tradicionales, sino también sobre la conciencia de la existencia de otras rutas en las cuales el diseño puede surgir como agente de creación. El reto también se estableció en el papel de un profesor actuando como tutor⁵ y actor de los procesos de creación de los estudiantes desde la perspectiva del saber ser y el saber hacer en los escenarios disciplinares.

Una de las propuestas para los ejercicios académicos fue romper con la postura de una disciplina del diseño centrada en la producción de artefactos con un enfoque funcional o que prevalecieran problemas asociados a las dinámicas de producción y del mercado. La prioridad se situó en definir grupos de personas con las cuales construir relaciones empáticas y así, desde la observación, la conversación y la experiencia vivencial, definir requerimientos de diseño, conceptualizar ideas acordes con los contextos, y proponer los aspectos técnicos del producto desde la experiencia sensible y el conocimiento de los entornos de producción posibles en el marco de la problemática analizada. Dicho cambio de dirección en la mirada de la acción del diseñar en las disciplinas de diseño se convirtió en motivo de investigación desde la práctica y la teoría, porque sus implicaciones están asociadas con la construcción de una perspectiva que valora con estructura y consciencia los aportes incorporados por la sensibilidad artística que los profesores y los jóvenes diseñadores en formación desarrollan en el ejercicio.

Como consideración hipotética se plantea que el fomento de la investigación-creación y del prototipado como acción cognitiva en el marco proyectual del diseño permitiría relacionar de forma más activa: los contextos en donde se

⁵ El concepto de tutor no corresponde solo a un docente de cátedra, sino también a un acompañante que en ocasiones tiene voz activa en las recomendaciones de diseño del proceso, para apoyar el aprendizaje desde la experiencia y la intuición entrenada (Cross, 2018).

gestan los artefactos de diseño, los sujetos que se involucran como parte de procesos de creación artística y los valores sensibles que se establecen en la representación y construcción de ideas y conceptos que resultan del proceso de creación en diseño y que en este artículo se entienden como obra-creación. En ese sentido, Colciencias (2016) señala que:

Se entiende por Obras, Diseños y Procesos de Nuevo Conocimiento, Provenientes de la Creación en Artes, Arquitectura y Diseño, aquellas obras, diseños o productos resultantes de los procesos de creación que implican aportes nuevos originales e inéditos al arte, a la arquitectura, al diseño, a la cultura y al conocimiento en general a través de lenguajes simbólicos que expresan, interpretan y enriquecen de manera sustancial la vida intelectual, emocional, cultural y social de las comunidades humanas. (p. 6)

Así, entonces, los lenguajes simbólicos son claves en las distintas fases de prototipado del proceso de diseño que se exploraron, dado que estas encarnarían el momento en que se logran representar, significar, modelar y validar intenciones de comunicación, configuración e interacción con las personas para las que se diseña, resaltando las visiones más humanistas del diseño y generando una relación directa con las sensibilidades que de la creación artística se despliegan.

Esta concepción implica también identificar la forma como los procesos de prototipado implican aprendizajes para el diseñador, en este caso en formación. Los medios de validación⁶ de dichos procesos que se proponen en este artículo se configuran en las bitácoras, entendiéndolas como los entornos de registro donde se despliegan los recursos lingüísticos (escritura) y extralingüísticos (orales, visuales) que son requeridos para estructurar ideas de diseño. Por tanto, el rescate de la bitácora como diario de navegación que incluye pensamientos, aciertos y desaciertos en sus diferentes formatos (bocetos, esquemas, modelos, fotografías, grabaciones, textos, animaciones,

⁶ Entiéndase como una evaluación activa de todo lo que se registra con el fin de tomar decisiones de diseño.

ilustraciones análogas y digitales), es otro de los ejercicios relevantes durante la investigación que soporta la escritura de este texto.

El interés investigativo a través de las experiencias recolectadas se enfoca así en la construcción de categorías de análisis del prototipado en el proceso de diseño desde una perspectiva curricular. Se enfatiza en que, si hay conciencia sobre el valor que adquiere la creación artística en la enseñanza y el desarrollo del proyecto de diseño, se instituyen sistemas de registro cimentados en los análisis derivados de los procesos de creación y se clarifica la ruta para generar posteriores productos de investigación desde la visión que las artes proveen.

Método

Los resultados de esta investigación se obtuvieron mediante un proceso de recolección de información con estudiantes de la asignatura Seminario de Énfasis 2, enfocada en creación y tecnología del programa de Diseño Industrial de la Universidad Antonio Nariño (UAN). Entre 2019 y 2021, durante seis semestres, se analizaron 40 proyectos desarrollados por los estudiantes bajo la propuesta metodológica de laboratorio de creación que se enfocó en validar la forma como los prototipos desarrollados por los equipos de trabajo se relacionaban con procesos cognitivos de valor para el diseñador como apuesta curricular del espacio académico.

El laboratorio de creación como estructura metodológica permite hacer exploraciones de creación en diseño desde una postura alejada de los métodos tradicionales de diseño y que se enfoca fundamentalmente en este proceso de investigación en el momento de generación de ideas y conceptos y sus procesos de registro.

La base teórica sobre la cual se estableció la jerarquía de los niveles de prototipado surge de una RSL (Revisión Sistemática de la Literatura) sobre textos de los últimos 10 años asociados con el concepto de prototipo y prototipado en español e inglés. La definición de los niveles cognitivos analizados se establece a partir de la revisión de taxonomías cognitivas contemporáneas.

Las acciones de validación en el aula de clase se desarrollaron bajo el concepto de Laboratorio de creación, concepto desarrollado por investigadores de la UAN que se asumen como referencia para la planificación de las metodologías de creación asociadas a las teorías de la deriva y la creación relacionada con fundamentos de *artistic research*. Los datos identificados en el contraste entre los niveles de prototipado y la taxonomía cognitiva dieron lugar a una categorización que permite ubicar la utilidad de cada fase de prototipado en los diferentes momentos de reflexión activa en el proceso de investigación-creación asociado al diseño.

El análisis de las categorías teóricas y el levantamiento de información de campo con estudiantes se desarrolló bajo el método de triangulación de datos y se ejecutó en función de los tres procesos de levantamiento de información previamente descritos: Análisis temático de procesos de prototipado a través de encuentros en el aula con estudiantes; Análisis de procesos de observación de los estudiantes en sus procesos de creación sistematizados a través de fotografías y registros de cada momento de prototipado y cada prototipo generado; Análisis temático de revisión documental sobre las categorías de procesos de creación y prototipado.

Al comparar los resultados de los tres análisis temáticos, se identificaron dos convergencias fundamentales que orientaron la formulación de resultados:

- Los hallazgos de los tres análisis temáticos son similares en la medida en que se identificó la importancia del proceso de prototipado como parte del ejercicio cognitivo asociado a la creación en diseño.
- La ausencia de un corpus teórico sobre el prototipado como ejercicio cognitivo del proceso creativo revela la necesidad de estructurar un marco de referencia para su desarrollo y para direccionar futuras investigaciones al respecto.

La investigación en diseño desde la perspectiva artística

Uno de los aspectos fundamentales sobre los procesos investigativos desde, para o en el diseño que se describen en la introducción de este artículo corresponden al creciente cuestionamiento frente al objeto de estudio de la disciplina y la mención de algunas posturas sobre la necesidad de reconstruir las relaciones del diseño con las artes. Esto implica que el fortalecimiento de los estudios sensibles de la forma, el valor poético de la técnica y el oficio, y las reflexiones estéticas, sensibles y poéticas (Borgdorff, 2012) de la práctica de creación configuren una ruta de trabajo alineada con las consideraciones actuales sobre el valor de la creación y la investigación-creación.

188

Para dar continuidad a esta idea ha sido necesario reflexionar sobre ¿qué tiene de arte el diseño?, un cuestionamiento que en sentido estricto es muy amplio pero que en este caso se entiende desde la apuesta de Munari (2008) en *Design as art* quien afirma que:

The designer of today re-establishes the long-lost contact between art and public, between living people and art as a living thing. Instead of pictures for the drawing-room, electric gadgets for the kitchen. There should be no such thing as art divorced from life, with beautiful things to look at and hideous things to use. If what we use every day is made with art, and not thrown together by chance or caprice, then we shall have nothing to hide.⁷ (p. 13)

⁷ Traducción al español: "El diseñador de hoy restablece el contacto perdido entre el arte y el público, entre la gente viva y el arte como algo vivo. En lugar de cuadros para el salón, aparatos eléctricos para la cocina. No debería existir el arte divorciado de la vida, con cosas bellas para mirar y cosas horribles para usar. Si lo que usamos todos los días está hecho con arte, y no por casualidad o capricho, entonces no tendremos nada que ocultar".

Para esta investigación el panorama sobre esta relación conceptual puede aclararse desde la intersección entre las experiencias racionales y sensibles de las acciones humanas, porque el diseño tiene influencias del pensamiento racional provenientes de las ciencias básicas y naturales y las acciones asociadas al pensamiento sensible relacionadas con las artes y las humanidades. En este sentido, Pérez-Orrego (2017) menciona que “el diseño es el arte de nuestros días si reconoce su necesidad simbiótica con este en razón de dotar de sentido creador a su instrumentalización; así que el discurso del diseño y el arte, estará entretejido y no dividido” (p. 143). Por tanto, los aportes que desde la investigación en, sobre y para el diseño se pueden construir en estas reflexiones, tienen que ver con la conciencia que los diseñadores deben tener sobre el ejercicio proyectual para construir las relaciones entre lo sensible y lo racional y que los resultados se sinteticen en el producto si el objetivo del ejercicio del diseño es comercial o en una obra-creación si esta es consecuencia de reflexiones investigativas.

En este punto es relevante incorporar el aporte de Cross (2001), ya que con su propuesta de la definición de una cultura intelectual del diseño se evidencia la importancia no solo de conocer, pensar y actuar desde una perspectiva exclusivamente metódica, sino, por el contrario, dar valor a las diversas formas de aproximarse a ese conocimiento, establecer miradas reflexivas desde otras aristas con la habilidad de pensamiento holístico que se le atribuye a los diseñadores y generar prácticas de creación que se asuman desde su complejidad e incluso desde la posibilidad que tienen de forjar miradas críticas (Torres, 2015).

Un aspecto relacionado con la mirada anteriormente descrita se soporta en la propuesta de Berkeley Letters & Science Arts & Humanities (2020), para quienes la investigación artística fomenta el cuestionamiento, la exploración y el descubrimiento de nuevas ideas; los cuales incluyen análisis conceptuales y

exploraciones de diversas configuraciones de artefactos a partir de situaciones problemáticas identificadas en escenarios en los cuales interactúan comunidades humanas. En este sentido, se hace relevante reiterar que es necesario que el proceso de diseño y su enseñanza se pueden asumir no solo desde la estructura de método tradicional (fases lineales cuyo único resultado es un producto tangible), sino que también pueden tomar tintes más analíticos y argumentativos cuyo objetivo sea cargar de discurso al resultado del proceso de diseño más allá de un objetivo meramente pragmático. Por consiguiente, la investigación artística vista desde las referencias teóricas o investigación-creación desde el concepto institucionalizado de MinCiencias (2020) como se entiende en este texto, ayuda a los diseñadores en formación a crear puentes entre las miradas más funcionales del ejercicio de diseño y las perspectivas más románticas y poéticas que se construyen desde su dependencia con las artes.

En los ejercicios de aula, que se usaron como laboratorio de creación para validar esta idea, se encontró que la forma más eficiente de garantizar una apropiación real de estos conceptos por parte de los estudiantes era la reiterada solicitud de prototipar, es decir, el prototipo como una fase en la cual el diseñador desarrolla y valida sus procesos de creación. Al respecto, la mirada de Arrigoni (2016) plantea que los prototipos son el mecanismo a través del cual se pueden generar experimentaciones y validaciones de resultados en un proceso cíclico, en el que la visión acá esbozada sobre el prototipado no se remite a los resultados finales de un proceso de diseño (piezas análogas o digitales), sino que comprende la posibilidad de prototipar ideas iniciales, ideas intermedias, conceptos, modelos bidimensionales y modelos tridimensionales. La forma más estructurada de validarlos que se encontró en el laboratorio de creación de la muestra seleccionada para este artículo se ejecutó a través del sistema de registro que se construyó a partir de la bitácora.

La conocida iteración que se menciona en muchos métodos de diseño tiene su soporte conceptual en esas acciones de reflexión cíclica. Ahora bien, el aporte propuesto en esta experiencia es que tiene sentido incluir las miradas que proponen Careri et al. (2002) en *Walkscapes* y Debord (1956) en su *Teoría de la deriva* porque sus propuestas resumen las relaciones de atemporalidad en el pensamiento abstracto y la necesidad que tiene el sujeto creador de reinventar sus contextos y, adicionalmente, destacar y validar la importancia de los momentos de pausa que se requieren para estructurar ideas analíticas y argumentadas frente a su creación. No obstante, en la enseñanza del diseño contemporáneo o incluso en la práctica de creación en el entorno proyectual se deja de lado esa posibilidad y se enfatiza en la efectividad y eficiencia de los procesos y los resultados. Este efecto del modernismo ha dejado de lado las posibilidades que un ejercicio de creación consciente puede entregarle al diseño como disciplina en cuanto a su relación con el saber artístico y al potencial que hay para construir métodos de creación críticos y reflexivos.

Uno de los principales descubrimientos en los ejercicios de aula con estudiantes alrededor de este enfoque asociado a la deriva fue que en las acciones creativas que vincularon contextos alejados de las simulaciones académicas se desarrolla con mayor naturalidad el ejercicio de observación de las situaciones asociadas al proyecto de diseño, concluyendo que las interacciones culturales en contextos comprobables facilitan la relación entre los observadores (estudiantes) y los observados (comunidades). Probablemente, la relación cercana y tangible con un contexto alejado del aula de clase despierta en los estudiantes las sensibilidades que los hace más propensos a establecer conversaciones con los entornos y las personas y, adicionalmente, les facilita la construcción de narrativas conceptuales y el registro de las acciones de creación. Se asume que la estructura de un ejercicio de creación basado en la observación y el diálogo con comunidades permite acercar a los estudiantes

a las dimensiones más sensibles que se despiertan con el recorrer, el observar y el interactuar, tal y como lo proponen Careri et al. (2002) y Debord (1956).

El prototipado como ciclo clave en el proceso de creación en diseño

Como se ha mencionado, en el campo de las artes hay una motivación primigenia frente a las prácticas de creación. En las disciplinas del diseño esta acción creadora se desarrolla en el marco de un ejercicio proyectual que se instala en la búsqueda de datos, el análisis de la información, la conceptualización de ideas hasta llegar a la configuración del objeto; todo esto en un proceso metódico que bien puede ser lineal o cíclico. Empero, la formalización de una práctica de creación desde el diseño requiere reflexiones que la emplacen en todo el ejercicio proyectual, es decir, la práctica de creación no se segmenta ni se divide, esto implica un cambio significativo de hábitos, abandonando las visiones de método más tradicional y apropiando las miradas provenientes de las artes.

En tal virtud, es esencial retomar el pensamiento de diseño visto desde Buchanan (2019) y Dorst (2011) como referencia frente a la manera como los diseñadores estructuran la idea de creación, en sintonía con maneras de interpretar problemas en un nivel racional. Esto es relevante para la investigación debido a que existe un enfoque sobre el análisis de la información y la síntesis conceptual para la configuración de respuestas de creación en el contexto de necesidades humanas. Este planteamiento es consecuente con el aporte de Krippendorff (2016) porque ubica la concepción de problemas de diseño desde lenguajes artísticos que construyen significados y establecen interacciones centradas en las personas, a través de objetos que optimizan las relaciones con el entorno que habitan, potencien el sentido social y simbólico que las comunidades les otorgan y son agentes discursivos que desde la forma,

función y estructura tecnológica contribuyen a la constitución de interacciones con las personas.

Adicionalmente, es necesario referenciar a Buchanan (2010) quien describe que en las disciplinas del diseño existen problemas complejos que dependen de la situación de la cual provienen, por tanto, las soluciones no pueden definirse a partir de un repositorio procedimental. Con este argumento toma fuerza la posibilidad de otorgar predominancia a los aspectos más puros de la creación artística, en tanto que un fortalecimiento de los conceptos generará una mayor cantidad de alternativas que puedan convertirse en productos resultantes del ejercicio de diseño. Así, el diseñador, al desarrollar una práctica de creación desde métodos heurísticos y soportados en metodologías artísticas, obtiene en la práctica más que en la teoría una experiencia sensible frente a la problemática abordada (Cross, 2018) y se permite construir interacciones estructuradas entre personas, contextos y objetos con miradas críticas y situadas.

En este orden de ideas, la búsqueda que se propuso en los ejercicios de aula buscaba establecer cambios significativos en contextos fuera del aula, con poblaciones humanas cuyas necesidades se acercan a los requerimientos básicos. Considerar estos hechos sociales como punto de partida para formular proyectos de diseño requería que los estudiantes asumieran una postura crítica, optimista, poética y sensible, y la experiencia planteada se prototipó en el laboratorio de creación en diseño mencionado en apartados anteriores.

El prototipado se incorporó a los ejercicios de aula inicialmente como fase de un proceso, pero con el paso de los semestres se encontró que no constituía un momento de creación en diseño, sino que era un ciclo que se requería para validar hipótesis que aparecían en las acciones de creación durante todo el proceso. Como dichos ejercicios de aula no se asumieron como adiestramiento académico exclusivamente, sino que se les estructuró como

procesos de investigación-creación, el prototipado adquirió importancia en la medida en que los resultados de cada elemento prototipado fueron registrados y constituyeron información relevante para darle rigor a los resultados del proyecto de investigación.

¿Cuál es entonces la definición de prototipado que se incorpora en la reflexión?

Desde una definición tradicional, la creación de prototipos es un ejercicio cognitivo que permite a los diseñadores validar sus diseños antes de que estén terminados, por tanto, un ejercicio de prototipado permite resolver problemas potenciales antes de llegar a una fase de desarrollo que involucre planificación de recursos ineficientes. Así, entonces, un prototipo es una muestra, borrador o modelo de un supuesto producto. El desarrollo de un prototipo constituye una de las formas de verificar características y condiciones de un producto o servicio, siendo este concepto más usado en los últimos años precisamente en el diseño de servicios y experiencias, pero en general en el mundo académico no se ha profundizado en la construcción de una reflexión teórica al respecto. Más bien corresponde a acepciones tácitas aceptadas por los diseñadores que circulan en diversos medios como los blogs, videos de *YouTube* y en general material que no es estrictamente resultado de procesos de investigación.

194

Como un prototipo, en su sentido más amplio, puede contribuir a la comprensión de interacciones humanas, a la verificación de variables técnico-productivas o a dimensiones comunicativas de un producto, se asume en este artículo que el desarrollo de prototipos es congruente con la validación de hipótesis en los entornos científicos tradicionales. Esta apreciación implicó contrastar como primer ítem relevante la manera en que desde la ciencia tradicional la forma de detonar acciones de investigación es la hipótesis, que a partir de métodos, preguntas y objetivos se van desarrollando hasta el punto de obtener

resultados. Por otro lado, entendiendo al proceso de diseño como un entorno de creación, el prototipo se constituye como un ciclo constante en el mismo, que de la misma manera que la hipótesis en la investigación tradicional permite construir y concluir desde la práctica las ideas que el diseñador construye en la medida en que el proceso de diseño avanza. Esta dinámica de construcción de conclusiones a partir de prototipos en diferentes momentos del proceso de diseño es la razón por la cual se debe entender al prototipado como un ciclo del proceso de creación de un producto y corresponde a uno de los aportes fundamentales de esta investigación. Esto implica que hay proyectos que requieren validación de hipótesis más pronto que otras, o varias veces en el proceso y, por tanto, no hay una receta que permita definir una sola estructura para prototipar.

Krippendorff (2016) plantea que el lenguaje que en el prototipado se genera requiere de modelos, dibujos y presentaciones que acompañen los argumentos que aporta el diseño cuando se crean objetos que las personas requieren interpretar. Es por eso que en los prototipados desarrollados en los ejercicios de aula se permitió el uso de diversas herramientas de expresión de ideas (mapas, bocetos, esquemas, modelos bi y tridimensionales) que garantizaran procesos de análisis robustos que aportaran a la toma de decisiones en los ciclos posteriores de diseño y desarrollo.

En particular, Coleman y Goodwin (2017), Martínez (2014), Pinilla (2014) y Rey (2010) fueron relevantes en este análisis dado que en su mirada frente a los niveles de prototipado entienden que no corresponde exclusivamente a versiones *alpha* o *beta* de un producto, sino que es un momento en el cual se logran desplegar habilidades de pensamiento para solucionar problemas concretos en el proceso de diseño implicando pensar el proyecto desde los prototipos, y en sus propuestas se presentan herramientas que se requieren para prototipar dependiendo del momento del proceso donde se usen y

entendiendo que detrás de su desarrollo hay una aproximación a objetivos cognitivos que el diseñador desarrolla a medida que los construye y de acuerdo a la calidad de la retroalimentación que se obtiene de ellos. Los prototipos en estos cuatro autores se consolidaron en el marco de esta investigación y se clasificaron como de baja fidelidad, media fidelidad o alta fidelidad, siendo la variable de fidelidad un aspecto que depende de la necesidad del proyecto. Es importante mencionar acá que la literatura sobre métodos de diseño, procesos de creación en diseño u otros referentes similares consultados no hacen énfasis en el concepto de prototipado como proceso cognitivo clave para el desarrollo de acciones de creación en diseño. En general, la bibliografía referencia al prototipado como una fase del proceso de diseño que se limita a la visualización de resultados a través de expresiones bidimensionales o tridimensionales, pero no enfatiza en la necesidad de proponer este proceso como un ejercicio transversal del proceso de diseño que evidencia diversos niveles de reflexión cognitiva por parte del diseñador, en este caso en formación.

Así, entonces, la clasificación propuesta en este artículo para los tipos de prototipado y que se presenta a continuación recoge visiones generales sobre el concepto de prototipado, pero se desarrollan como parte del proceso cognitivo del diseñador a partir de la taxonomía de Marzano y Kendall (2007) como parte de los aportes de esta investigación:

196

Los prototipos de baja fidelidad (nivel básico) corresponden a bocetación manual, mapas mentales, esquemas, tableros de imágenes para identificar conexiones a través de elementos visuales, maquetas que no están diseñadas para un uso real. Se centran fundamentalmente en estructuras de comunicación del producto.

Los prototipos de fidelidad media (nivel intermedio) se desarrollan en físico o en *software* de representación vectorial para la construcción de piezas gráficas, ilustraciones, modelos 2D y 3D, y recursos interactivos y narrativos. Se centran en interacciones de nivel más avanzado y ayudan a comprobar en muchas ocasiones variables de usabilidad.

Los prototipos de alta fidelidad (nivel avanzado) se construyen con un enfoque fundamental de validación de conceptos con comunidades, bajo criterios de uso e interpretación detallados que deben ser planificados en las fases analíticas del proyecto, tal y como sucede cuando se diseñan servicios y experiencias o en momentos de preproducción de un producto tangible.

En la Figura 1 se presenta un análisis esquemático de la forma como el proceso de prototipado contribuye al desarrollo de estructuras de pensamiento para el diseñador que establecen la base de los procesos de conceptualización, análisis y toma de decisiones en el proceso de diseño. En este aparte es importante mencionar que para validar la hipótesis del prototipado como una forma de pensar el proyecto se hace una caracterización en paralelo con la taxonomía de Marzano y Kendall (2007). Esta decisión se fundamenta en que dicha clasificación en ámbitos académicos aporta la forma como pedagógicamente se puede planificar un entorno de aprendizaje eficiente. Adicionalmente, explora no solo las dimensiones cognitivas del aprendizaje como en taxonomías anteriores como la de Bloom y Krathwohl (1956), sino que trabaja adicionalmente en los entornos metacognitivos y del ser que se relacionan con las habilidades sociales, de trabajo colectivo y de aplicación del conocimiento; procesos que desde este artículo se relacionan directamente con el prototipado como un ejercicio más allá del saber hacer.

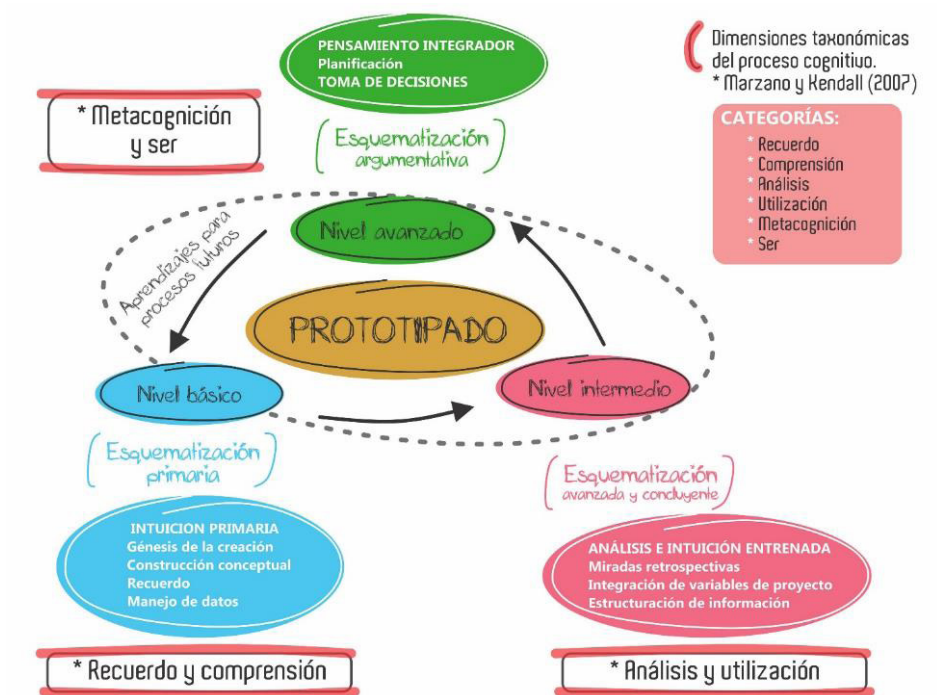


Figura 1. Estructura de análisis de las relaciones entre prototipado y la taxonomía cognitiva de Marzano y Kendall (2007).
Nota: esquema visual que presenta las relaciones entre el prototipado como ciclo del proceso de diseño y los niveles cognitivos de acuerdo con taxonomía.
Fuente: elaboración propia.

Esta estructura propuesta se consolida como la base para construir los criterios de evaluación de cada uno de los 40 proyectos analizados en el marco de la asignatura Seminario de Énfasis 2. Estos 40 referentes correspondían a las estructuras proyectuales que mejor aplicaron acciones creativas que relacionaban las variables cognitivas con los tipos de prototipos a desarrollar.

El objetivo de esta validación era identificar la forma como el uso de prototipos correspondía a un ejercicio cognitivo en sus diferentes niveles de complejidad y, adicionalmente, esta relación propuesta entre el objetivo cognitivo y el tipo de prototipo que se generaba desencadenó la clasificación propuesta en la Tabla 1. Dicho esquema permitió desarrollar la base para relacionar la dimensión cognitiva con las operaciones mentales desarrolladas por los estudiantes y el nivel y tipo de prototipo que ellos usaban dependiendo del momento y el objetivo de su uso.

Por tal motivo, es importante explicar que a partir de las seis dimensiones cognitivas planteadas por Marzano y Kendall (2007) se hizo una agrupación de las mismas con los niveles de prototipado que se construyeron a partir del análisis temático sobre prototipado generado en la revisión documental. Dicha asociación es resultado de la triangulación de datos entre los hallazgos provenientes de asuntos conceptuales y teóricos provistos por la literatura y los procesos de observación de los estudiantes ejecutando los procesos creativos. Dado que no había en los marcos teóricos suficiente estructura conceptual para entender el prototipado como un proceso cognitivo clave en el ejercicio de diseño, esta fue la ruta propuesta por la investigación para generar la relación entre las dos categorías.

Otro de los aspectos relevantes que se gestaron en la construcción de esta relación entre los conceptos de dimensión cognitiva y prototipado fue la necesidad de entender el tipo de prototipo que el estudiante desarrollaba en

cada uno de los niveles. Se usa como ejemplo el nivel básico de prototipado y su relación con las dimensiones cognitivas de recuerdo y comprensión. Según Marzano y Kendall (2007), estas dimensiones corresponden a los momentos de activación y transferencia de información proveniente de la memoria y de generación de conexiones primarias para la concreción de conceptos que se instalen en la memoria permanente. Para el diseñador corresponde con los procesos de intuición primaria en donde a partir de una idea o un recuerdo se construyen conceptos y se generan ideas simbólicas y visuales primarias para construir el producto resultante del proceso de diseño.

Dichos procesos se desarrollan si se usan herramientas específicas que aportan a la ejecución de la actividad cognitiva. Por ejemplo: para esas fases de conceptualización y construcción simbólica habitualmente se usan *storyboards*, *moodboards*, bocetación básica y otro tipo de prototipos que exploran la idea en sus niveles de desarrollo inicial.

Para ejemplificar dichos hallazgos enfocados en la relación entre los niveles y fidelidades del prototipado y su influencia en términos cognitivos para los diseñadores en el proceso de creación, se presentan las figuras 2 y 3 que se relacionan a continuación. Se exhibe el prototipado de nivel básico e intermedio de los procesos de creación de algunos estudiantes de décimo semestre en el marco del espacio académico Seminario de Énfasis 2.



Figura 2. Ejemplos de mapas visuales del proceso de diseño en fase cognitiva de análisis.
Nota: fotografía de ejemplos de prototipado de nivel básico (mapas conceptuales y diagramas visuales) asociados con la fase de análisis desde la taxonomía de Marzano y Kendall (2007).
Carlos Julián Cuervo, David Mahecha y Yesica Torres (2022).

En este diagrama visual se presenta la manera como los estudiantes bajo un modelo de trabajo basado en la reflexión conceptual logran revisar referentes naturales incorporados en el proceso de búsqueda de información a partir de la teoría de la deriva de Debord (1956). Esto implica que no se asume el proceso de conceptualización desde un método tradicional de diseño, sino que a partir de la teoría de la deriva se permiten otras formas de exploración sensible distintas a la búsqueda de información y análisis matriciales; y con este insumo generan elementos de composición visual que se constituyen en las primeras ideas de un potencial producto.

El hallazgo fundamental de esta experimentación se centra en que, al encontrar la flor presentada en las fotografías, los estudiantes identifican comportamientos propios de la estructura de la misma que pueden convertirse en referentes formales y funcionales de potenciales productos desarrollados en fases posteriores. Este proceso, que se formaliza a través de la bitácora, cognitivamente implica que el prototipado se usa como herramienta para registrar ideas asociadas a experiencias y recuerdos que a partir de la intuición del diseñador pueden convertirse en desarrollos formales posteriores.

Continuando con los ejercicios iniciales de exploración conceptual presentados en la Figura 3, se llega a la concreción de formas (morfología y topología) de un producto que pueden situarse en la fase cognitiva de comprensión planteada por la taxonomía de Marzano y Kendall (2007). Esto significa que la bocetación manual es una forma de expresión, pero también le permite al diseñador hacer validaciones con respecto a la configuración formal del producto que diseña y desencadena una toma de decisiones posteriores enfocadas en la mejora de aspectos estéticos o funcionales no tenidos en cuenta en fases previas del proceso de diseño.

202

Los procesos cognitivos anclados a esta fase de prototipado intermedia corresponden a habilidades de síntesis de información proveniente de la experiencia práctica y de los referentes teóricos entregados a los estudiantes para desarrollar sus procesos de análisis. La identificación y presentación de los componentes asociados a un concepto se representan en bocetos y estructuras de rápida elaboración en papel que permiten evidenciar categorías de análisis definidas por los estudiantes. Es importante presentar en este punto que, como no todos los estudiantes tienen las mismas habilidades de representación, el seminario ha sido un espacio para permitirles expresar las ideas en las formas más adecuadas para garantizar motivación individual. Así, esta definición de “rutas de aprendizaje” corresponde a la dimensión taxonómica del sistema de conciencia del ser planteada por Marzano y Kendall.

Hernández, J. S. / Prototipado como estrategia para la generación de nuevo conocimiento desde los procesos de formación en investigación-creación en el diseño industrial

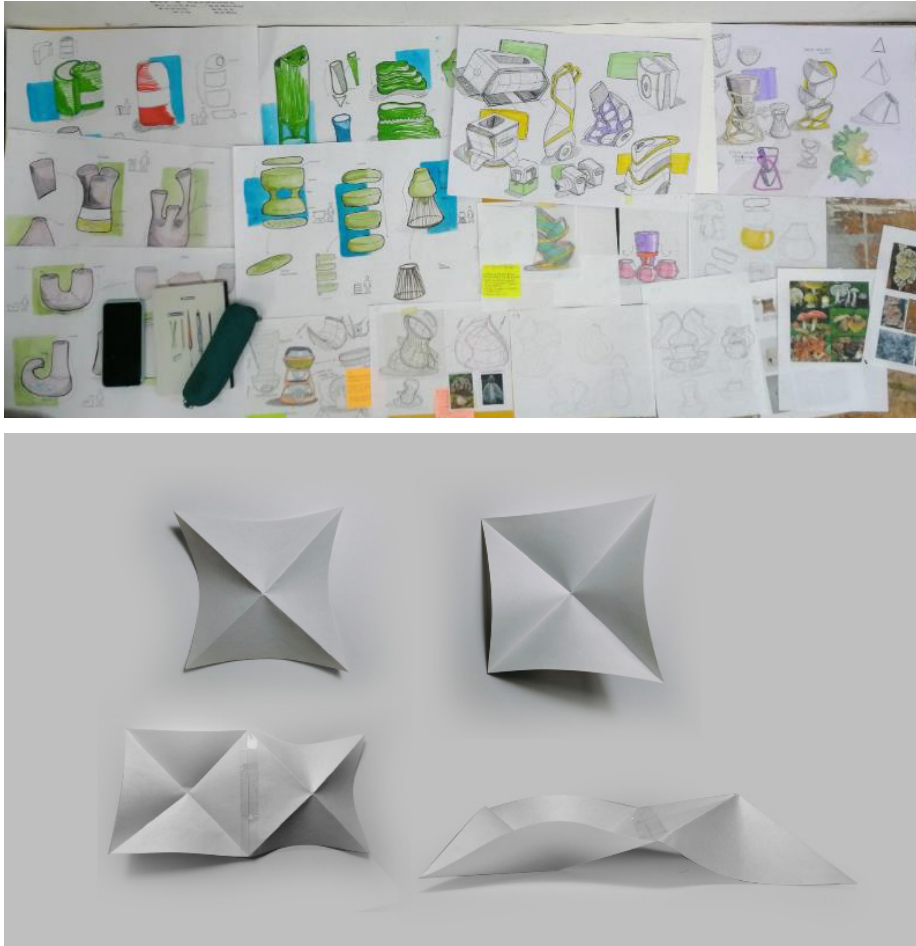


Figura 3. Prototipos físicos en modelos 2D y 3D.
Nota: fotografía de prototipos de nivel intermedio (exploraciones análogas en dibujo y papel) asociadas a la fase cognitiva de utilización.
María José Santodomingo y Carlos Julián Cuervo (2022).

Estos hallazgos no representan productos en sí mismos desde una visión tradicional, es decir, bocetos, diagramas y modelos tridimensionales generados en las fases de prototipado básico e intermedio, son solo hitos de reflexión y análisis. Se consideran puntos de partida o de retroalimentación que tienen potencial de mejora o con los cuales se comprueba que hay ideas desarrolladas en la génesis de la creación que no tienen viabilidad o factibilidad. En este sentido, se fortalece la premisa planteada de que el prototipado es un ciclo para pensar el proyecto y, como tal, su aplicación en el proceso de creación en diseño no es lineal.

Como ejercicio de validación de prototipado a nivel avanzado se presentan también los resultados de uno de los proyectos de la asignatura Seminario, en donde se evidencia la forma como se esquematizan con niveles argumentales estructurados los resultados que surgen de fases de análisis previas del proceso de diseño. En la Figura 4 se ilustra una imagen del prototipo validado con la comunidad del proyecto, en este caso el prototipo corresponde a un modelo visual de método de proyecto de diseño planteado por una estudiante. Su objetivo era construir relaciones complejas de interacción con la comunidad para la cual desarrollaba su producto, enfatizando en que por ser una propuesta de artefacto médico se requería gran cantidad de procesos de iteración que no encontró en los métodos tradicionales de diseño.

204

En este sentido, el objetivo de generar una gráfica del método le permitió identificar flujos de información y procesos críticos en su proceso de diseño y planificar resultados de cada fase, permitiéndole una validación con comunidad que finalmente desencadenó en el producto final de su ejercicio de diseño.

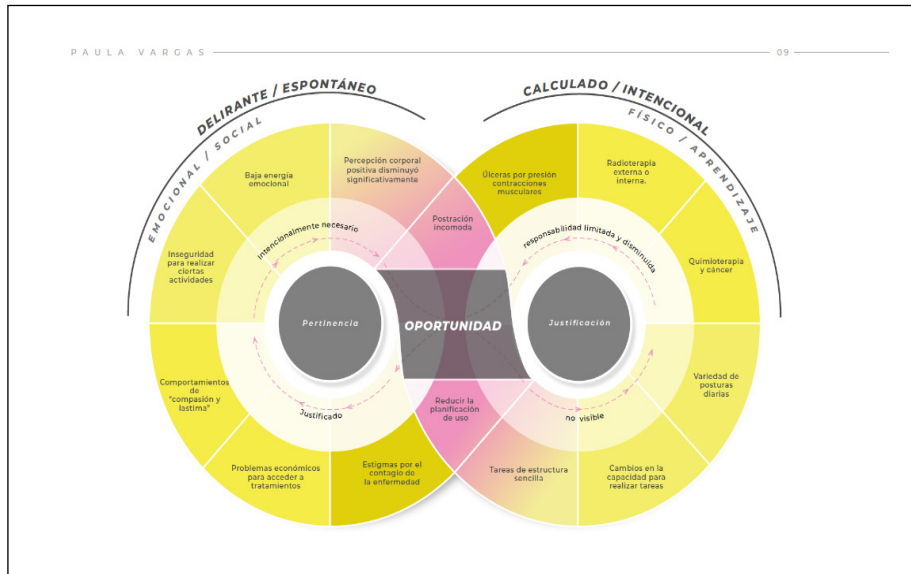


Figura 4. Categorización de variables metódicas de proyecto, bajo el esquema de mentefacto.
Nota: diagrama de prototipo de nivel avanzado que representa una propuesta de método de diseño asociada a la fase cognitiva de resolución de problemas y toma de decisiones.
Paula Vargas (2021).

En este nivel avanzado de prototipado se identifica que los estudiantes son capaces de integrar variables complejas en sus proyectos que les permiten tomar decisiones. Por tanto, el prototipado es una herramienta que se establece en sistema de metacognición, significando entonces que al prototipar el estudiante tiene la habilidad de especificar metas de proyecto y monitorear procesos físicos y mentales que finalmente apoyan el desarrollo de propuestas de diseño sistémicas, contextualizadas y validadas.

Como cierre del análisis de los ejercicios de aula, también se presentan varios resultados de bitácoras, que de forma rigurosa se consolidan como dispositivos de pensamiento, en donde los estudiantes recopilan y analizan datos, ideas y reflexiones, en diferentes momentos del proceso de diseño, tal y como se presenta en la Figura 5.



Figura 5. Tablero de imágenes de bitácoras como dispositivo de pensamiento.

Nota: mosaico de imágenes de bitácoras de distintos proyectos presentando espacios de reflexión activa dentro del proceso de creación en diseño. Estudiantes espacio académico Seminario de Énfasis 2 (María Alejandra Moreno, Jenny Paola Ramírez y Juliana Marín) - Universidad Antonio Nariño.

Fuente: elaboración propia (2021).

En ellos se evidencia que, al desarrollar una cultura de construcción de prototipos de baja, mediana y alta fidelidad, los estudiantes pueden usar la información para estructurar argumentos que validen los productos de sus procesos de creación. De esta forma, se podría proponer que la bitácora como dispositivo de pensamiento tiene la función de activar procesos de reflexión activa sobre los fenómenos que se despliegan en el acto creativo. Por tanto, es necesario el registro del proceso de desarrollo de prototipos y las conclusiones sobre su concepción y validación, para obtener información rigurosa no solo sobre el producto resultado del proceso de diseño, sino también de los hallazgos de los procesos de investigación asociados a la creación.

Categorías de análisis del prototipado: de la teoría a la práctica y su validación

Los análisis presentados en el apartado anterior como resultado de la revisión de las acciones de proyecto y los procesos de prototipado planificados para desarrollar en el mismo, permiten construir un panorama en el cual se comprende la importancia del desarrollo del prototipo para activar distintos procesos cognitivos útiles en el proceso de creación en diseño. Es decir, se refuerza la premisa del prototipado como un ciclo que permite pensar el proyecto de diseño, y como un escenario similar a la validación de hipótesis en un proyecto de investigación científica.

Para que el análisis tenga utilidad posterior se consideró la construcción de categorías de análisis que permitieran relacionar al prototipado con las diferentes dimensiones cognitivas del aprendizaje a partir de la taxonomía de Marzano y Kendall (2007). Esta clasificación se toma en cuenta dado que dichos autores proponen un avance significativo en las teorías cognitivas porque incluyen variables emocionales, procedimentales y de la naturaleza de los contenidos fundamentales que se aplicaron en este análisis.

En la Tabla 1 se presenta la matriz que relaciona las dimensiones cognitivas del aprendizaje, las operaciones mentales asociadas a cada dimensión y la relación que se construyó con los niveles y tipos de prototipado que se pueden usar en el proceso de diseño. Debe mencionarse también que se hizo una recopilación de distintos tipos de prototipos usado habitualmente en el proceso de diseño, y a ellos se les definió unos alcances en términos cognitivos. Es decir, a partir de la dimensión cognitiva en la que se ubica y de acuerdo a las operaciones mentales planteadas por la taxonomía, se define el tipo de prototipo en función de los alcances que este tiene en la construcción de procesos cognitivos del diseñador.

Esta relación que se construye entre las dos categorías conceptuales de la investigación se constituye en el principal hallazgo de la misma, dado que permitió comprender que, de acuerdo con el momento del proceso de diseño y los objetivos cognitivos

del mismo, se pueden usar diversos tipos de prototipos que aportan a una serie de operaciones mentales que no son caracterizadas habitualmente en los procesos de enseñanza-aprendizaje en las disciplinas del diseño.

Adicional a ello, se incluye la variable de evaluación para determinar la forma como se puede validar cualitativamente el uso de los prototipos como parte de un proceso de aprendizaje en diseño, tomando como premisa que cada ciclo de prototipado se puede relacionar con resultados de aprendizaje del estudiante. Este escenario de evaluación no se desarrolla en este artículo porque en sí mismo constituye un proyecto investigativo posterior al ejercicio reflexivo presentado. No obstante, se presentan las consideraciones que se tuvieron en cuenta para evaluar los proyectos mencionados durante el periodo escogido para el estudio.

Tabla 1. Categorías de análisis de prototipado a partir de las dimensiones cognitivas del aprendizaje

Dimensión cognitiva del aprendizaje	Operaciones mentales asociadas	Nivel de prototipado	Tipo de prototipo	Alcances del prototipado	Evaluación del prototipado (variables analizadas)
Recuperación (sistema cognitivo)	Recuerdo/Ejecución	Básico	Boceto simple Diagrama visual	Activar y transferir el conocimiento empírico y teórico	Habilidad para registrar recuerdos y primeras ideas de concepto
	Reconocimiento	Básico	Boceto simple Diagrama visual	Activar y transferir el conocimiento empírico y teórico	Habilidad para definir estructuras básicas conceptuales a partir de conocimientos pragmáticos
Comprensión (sistema cognitivo)	Simbolización	Básico	<i>Storyboard</i> Mapa mental Boceto con detalles iniciales <i>Moodboards</i>	Traducir el conocimiento en estructuras adecuadas para su almacenamiento	Habilidad para construir conceptos estructurados
	Integración	Básico	<i>Storyboard</i> Mapa mental Mapa conceptual Boceto con detalles iniciales Maqueta tridimensional de rápida elaboración	Vincular el nuevo conocimiento con estructuras de conocimiento existentes	Habilidad para integrar variables analizadas sobre una problemática definida. Habilidad para identificar aspectos de contexto sujetos a posibilidades de diseño de productos.

Análisis (sistema cognitivo)	Asociación	Intermedio	Mentefacto Mapa conceptual Mapa mental Diagramas de afinidad	Asociar conceptos para la generación de productos	Habilidad para asociar conceptos de las etapas simbólicas. Habilidad para construir ideas de producto a partir de los conceptos establecidos.
	Clasificación	Intermedio	Mentefacto Mapa conceptual Escritura de textos <i>Storyboard</i> <i>Dark horses (design thinking)</i>	Definir categorías conceptuales para ser analizadas en el diseño de producto (funcionales, técnicas, ergonómicas, formales)	Habilidad para definir categorías de análisis de producto
	Análisis del error	Intermedio	Boceto detallado Maqueta tridimensional de elaboración intermedia Modelos experimentales <i>Mockups</i>	Identificar rutas críticas del producto. Aprender desde el error.	Habilidad para reconocer fallos del proceso. Habilidad para identificar aspectos del producto diseñado sujetos a modificación
	Generalización	Intermedio	Boceto detallado Maqueta tridimensional de elaboración intermedia Mapas de análisis de uso Mapas de análisis técnico <i>Mockups</i>	Inferir características específicas del producto a partir de datos generales	Habilidad para definir características específicas de un producto
	Especificación	Intermedio	Boceto detallado Maqueta tridimensional de elaboración intermedia Planos de fabricación	Generar aplicaciones a partir de problemáticas generales	Habilidad para detallar técnicamente las características específicas de un producto

Utilización del conocimiento (sistema cognitivo)	Investigación	Avanzado	Textos escritos Diagramas visuales	Definir rutas registrables del proyecto a partir del reconocimiento del estado del arte y de los hallazgos del proceso de creación	Habilidad para registrar con rigor el proceso de creación en diseño incluyendo fases de búsqueda de información, análisis y diseño de producto
	Experimentación	Avanzado	Mentefacto Maqueta tridimensional de elaboración avanzada Protocolos de validación Demostraciones Simulaciones Realidad virtual Realidad aumentada	Generar y probar hipótesis o acciones creativas por comprobar	Habilidad para experimentar sobre variables o hipótesis identificadas en el producto y sujetas a verificación
	Resolución de problemas	Avanzado	Protocolos de validación Demostraciones Simulaciones Herramientas de análisis matricial Juego de roles Mapas de experiencia	Identificación de obstáculos. Definición de soluciones. Evaluación de alternativas.	Habilidad para resolver problemas de diseño a partir de la información generada en procesos de validación del producto diseñado
	Toma de decisiones	Avanzado	Protocolos de validación Demostraciones Simulaciones Herramientas de análisis matricial Planes estratégicos Propuestas de método Juego de roles Mapas de experiencia	Definición entre alternativas para seleccionar la mejor opción	Habilidad para tomas de decisiones de proyecto que permitan estructurarlo de acuerdo con los planteamientos iniciales del proceso de investigación

Nota: tabla de análisis de las relaciones entre las dimensiones cognitivas del aprendizaje y las fases de prototipado desarrolladas en el proceso de diseño.

Fuente: elaboración propia (2022).

El sistema metacognitivo y el interno se excluyen del análisis presentado en la categorización porque, si se considera al prototipado como un ciclo de un proceso de creación en diseño, este sistema metacognitivo y de motivaciones internas pertenece al proceso de diseño más que a la acción específica de prototipar. Esta es una revelación generada después de la revisión de varios proyectos en los cuales, al intentar conectar estas dimensiones y variables cognitivas con momentos del prototipado, no se obtienen resultados que se puedan considerar como relacionales. Por ejemplo: si un estudiante tiene habilidades de dibujo y es capaz de expresar ideas que compilan análisis de una situación de contexto, la calidad cognitiva de este análisis no solo corresponde a la calidad del boceto, sino también al momento emocional en el que se desarrolla el mismo. Esto significa que no es lo mismo desarrollar un boceto analítico al inicio de un proceso de diseño, que llegar a este en momentos finales del proceso, en donde por ejemplo la variable de entrega de proyecto se define como prioritaria. Es decir, la injerencia del tiempo de desarrollo asignado al producto afecta los resultados porque, en general, cuando el boceto se genera como parte de una esquematización primaria tiene un carácter distinto a cuando se llega a él en una esquematización argumentativa. Es pertinente recomendar que en reflexiones subsecuentes a este artículo se considere analizar la forma como la motivación de los estudiantes influye en la construcción de rutas de aprendizaje que permitan potencializar cada una de las herramientas de prototipado dependiendo de las fortalezas cognitivas del diseñador.

Los tipos de prototipo como categoría de análisis que se mencionan en la Tabla 1 tienen relación con las posturas teóricas de Borgdorff (2012) que centran la creación artística en acciones como crear, producir, ensayar, construir imágenes y conceptos. Bajo este contexto y como reflexión final, el prototipado es un ciclo que involucra todas estas acciones, y como proceso analítico reflexivo se define desde y para un contexto espacial y el entorno

cultural e histórico en donde se pueden desarrollar las prácticas de creación. Por tanto, el prototipado depende del tipo de proyecto, del contexto social, organizacional e incluso económico en donde se desarrolle el ejercicio de diseño. El aporte de Borgdorff (2012) en la definición de la clasificación de los prototipos es importante, porque propone evaluar los procesos de creación y su registro riguroso (en este caso a través de la bitácora), con el fin de verificar significados del conocimiento artístico o encontrar nuevas posturas, que en este caso el ejercicio de diseño proponga precisamente a partir de los contextos en los que se desarrolla.

Esta idea propone una reestructuración sobre la forma como los métodos proyectuales de diseño pueden aportar al desarrollo de un proceso creativo. Porque al vincular las variables más analíticas y argumentativas que se proponen desde la investigación-creación, no se sitúan en acciones procedimentales como tradicionalmente se han venido usando, sino que le imprime relevancia a la construcción de significados epistémicos tanto de los procesos de pensamiento de diseño, como de los productos resultantes de los mismos tal y como se menciona en Ayala et al. (2020).

Discusión

212

El proyecto de investigación y sus resultados descritos en este artículo dan cuenta de varias posibilidades de reflexión en posteriores investigaciones enfocadas en los siguientes aspectos:

1. Es relevante construir una revisión de los diversos modos de investigación artística para plantear escenarios de validación del conocimiento generado en dichos procesos, siendo prioritario identificar el potencial y los límites del concepto en los campos disciplinares del diseño.

2. Es fundamental construir un marco teórico relevante sobre el concepto de prototipado y sus dimensiones de aplicación en procesos de diseño. En general, el material sobre prototipado y prototipo corresponden al diseño de servicio y al *design thinking*, pero no se consideran como una forma de construir conocimiento desde el diseño. En este artículo las formas de entender el prototipado como una forma de pensar el proyecto de diseño se han considerado desde las posturas epistémicas del arte y sobre algunos investigadores de diseño como Buchanan (2010, 2019), Cross (2001, 2018) y Krippendorff (2016) que se consideran como marco teórico disciplinar.
3. La construcción de diversas dimensiones artefactuales del prototipo como parte de la investigación-creación en ejercicios de diseño es necesaria, porque los resultados del mismo no solo finalizan en productos tangibles, sino que también se pueden entender desde la escritura, la construcción digital y multimedial e incluso desde sus interacciones.
4. Los ejercicios de validación con los estudiantes que construyeron la relación entre las dimensiones cognitivas y los diversos niveles de prototipado establecen una ruta provechosa para hacer un mayor énfasis en la necesidad de conectar los procesos profesionales de desarrollo del diseñar como acción compleja y las estructuras requeridas para su enseñanza desde la pedagogía. El efecto de contrastar posturas provenientes de la educación sobre los niveles cognitivos y su influencia en la manera de pensar del ser humano se relaciona directamente con las formas como un diseñador establece su proceso creativo y lo estructura por fases a través de la comprobación fáctica de hipótesis teóricas.

Conclusiones

La caracterización propuesta para asumir el prototipado como una estrategia para la generación de nuevo conocimiento, desde los procesos de investigación-

creación, implicó la evaluación de los ejercicios de aula bajo las categorías definidas en la Tabla 1 presentada y aplicada a los 40 proyectos desarrollados como ejercicios de investigación-creación entre (2019-2021) en la asignatura Seminario de Énfasis 2 del programa de Diseño Industrial de la Universidad Antonio Nariño en Colombia. Esta experimentación dio como resultados:

- Plantear un proceso de creación basado en la deriva, en la observación y en el registro de todas las experiencias, emociones y sensaciones que estas acciones constituyen, permite que los estudiantes de diseño consoliden un pensamiento artístico que le otorga valor a la conceptualización como parte del ejercicio de diseño.
- El uso del prototipado como ciclo, que iteradamente se usa en distintos momentos del proceso de diseño, permite no solo comunicar avances de las reflexiones creativas, sino también establecer acciones de validación de los proyectos en sus momentos de desarrollo.
- La comprensión del prototipado desde la dimensión cognitiva aporta las herramientas para poder evaluar el proceso de diseño no solo desde los resultados, sino también desde cada uno de los momentos que construyen el mismo. Y de esta manera se posibilita que las evaluaciones de cada fase del diseño de productos tengan una relación con los resultados de aprendizaje esperados para los diseñadores en formación.
- El relacionamiento formal de las dimensiones cognitivas con las distintas fases del prototipado no solo permitió la construcción de estructuras analíticas para los efectos evaluados en el proyecto, sino que también se constituyó como una posible ruta de investigación que enfatiza en la importancia de entender el prototipado como un proceso cognitivo transversal y clave dentro del pensamiento de diseño.

- La categorización de cada dimensión cognitiva y su relación con las operaciones mentales y tipos de prototipos usados, resultó del análisis generado a partir de la triangulación de datos, siendo este método el más adecuado para contrastar variables teóricas provenientes de la revisión de la literatura, variables procedimentales provenientes de la observación de los estudiantes en la ejecución de sus procesos creativos y variables cualitativas relacionadas con la conversación estructurada entre investigador y estudiantes. Todo esto permitió identificar la importancia que cada uno de ellos le daba al prototipo que ejecutaba en la fase del proyecto de diseño que estaba desarrollando.
- Potencializar el despliegue analítico en todas las fases del proceso de diseño a través del prototipado da lugar a propuestas de producto que evidencian de forma activa las interacciones esperadas entre contexto, personas y artefactos.
- El fomento del desarrollo de prototipos de baja y mediana complejidad (bocetos análogos, modelos bidimensionales digitales, modelos tridimensionales) consolida posturas críticas y argumentales de los estudiantes frente a las respuestas que el diseño debe dar a los contextos planeados, porque contrastan y validan sus ideas constantemente en distintos momentos del proceso de creación en diseño.
- El nivel de los prototipos de alta complejidad (construcciones artefactuales, reflexiones escritas, objetos tangibles, modelos digitales) solo se consolida cuando hay un entorno social y cultural que lo potencia. En este caso particular se pueden expresar dos aspectos relevantes. El primero: entre mejor relacionamiento entre estudiantes y comunidades, mayor calidad argumentativa en la propuesta de diseño, por la consciencia que se adquiere sobre el papel del artefacto creado en un entorno específico. El segundo: los estudiantes con una mayor formación artística cultural y con

mayor conciencia sobre el valor del prototipo como entorno de validación de hipótesis, son hábiles en la construcción de conceptos abstractos que les permiten pasar de la reflexión a la acción en el ejercicio del diseño.

Referencias

- Archer, B. (1979). Design as a discipline. *Design studies*, 1(1), 17-20.
- Arrigoni, G. (2016). Epistemologies of prototyping: knowing in artistic research. *Digital Creativity*, 27(2), 99-112.
- Ayala, C., Gasca, L. F., Gil, N. E., Kanek, M., Hernández, J. S., Hoyos, C. y Ramos, J. J. (2020). *Verificación de la memorabilidad desde la investigación-creación en la Casa Museo Jorge Eliécer Gaitán*. Editorial REDLIC.
- Benjamin, W. (2019). *La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica*. Ediciones Godot.
- Berkeley Letters & Science Arts & Humanities. (2020). *Research in the Arts & Humanities*. <https://artshumanities.berkeley.edu/research-arts-humanities>
- Bloom, B. S. y Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals, by a committee of college and university examiners. Handbook I: Cognitive Domain*. Longmans, Green.
- Borgdorff, H. (2010). *El debate sobre la investigación en las artes. Cairon: revista de ciencias de la danza*, 13, 25-46.
- Borgdorff, H. (2012). *The Conflict of the Faculties: Perspectives on Artistic Research and Academia*. Leiden University Press. <https://www.oapen.org/download?type=document&docid=595042>
- Breyer, G. (2007). *Heurística del diseño*. Nobuko.
- Buchanan, R. (2010). Wicked Problems in Design Thinking. *Kepes*, 6, 7-35. http://vip.ucaldas.edu.co/kepes/downloads/Revista6_2.pdf
- Buchanan, R. (2019). Systems thinking and design thinking: The search for principles in the world we are making. *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, 5(2), 85-104.

- Careri, F., Pla, M., Hammond, P., y Piccolo, S. (2002). *Walkscapes: el andar como práctica estética*. Editorial Gustavo Gili.
- Colciencias. (2016). *Guía para el reconocimiento y medición de grupos de investigación e investigadores*. Dirección de Fomento a la Investigación. http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/ckeditor_files/guia-reconocimiento-y-medicion-de-grupos-e-Investigadores.pdf
- Coleman, B. y Goodwin, D. (2017). *Designing UX: Prototyping: Because Modern Design is Never Static*. SitePoint.
- Cross, N. (2001). Designerly Ways of Knowing: Design Discipline versus Design Science. *Design Issues*, 17(3), 49-55. <http://users.metu.edu.tr/baykan/arch467/Readings/Cross01.pdf>
- Cross, N. (2018). Developing design as a discipline. *Journal of Engineering Design*, 29(12), 691-708.
- Debord, G. (1956). *Theory of the derive*. Les Lèvres Nues #9 (November 1956), reprinted in Internationale Situationniste #2 (December 1958).
- Dorst, K. (2011). The Core of Design Thinking and its Application. *Design Studies*, 32, 521-532. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142694X11000603>
- Dubberly, H (2005). ¿How do you design? Book unfinished. Dubberly design office. <http://www.dubberly.com/articles/how-do-you-design.html>
- Frayling, C. (1993). *Research in Art and Design* (Vol. 1, No. 1, pp. 1-5). Royal College of Art.
- Jones, J. C. (1992). *Design methods*. John Wiley & Sons.
- Krippendorff, K. (2016). Design, an Undisciplinable Profession. <https://repository.upenn.edu/handle/20.500.14332/2302>
- Martínez, N. (2014). *Protothinking, pensamiento de diseño en acción*. Ed. Nel Martínez estrategias de innovación. https://www.academia.edu/11078022/Protothinking1_0
- Marzano, R. J. y Kendall, J. S. (2007). *The New Taxonomy of Educational Objectives*. Corwin Press.
- MinCiencias. (2020). *Anexo 3. Investigación + Creación: Definiciones y Reflexiones*. MinCiencias - Dirección de Generación de Conocimiento. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/convocatoria/anexo_3__la_investigacion_creacion_-_definiciones_y_reflexiones.pdf

- Mínguez, H. (2014). La generación de conocimiento en la creación artística y su orientación en el ámbito universitario a nivel de posgrado. *Revista Sonda: Investigación y Docencia en Artes y Letras*, 3, 23-36.
- Munari, B. (2008). *Design as art*. Penguin Books.
- Munari, B. y Rodríguez, C. A. (1983). *¿Cómo nacen los objetos?* Gustavo Gili.
- Pérez-Orrego, N. (2017). Experiencias de conocimiento del diseño desde su relación con el arte. *Kepes*, 14(16), 121-146. <https://doi.org/10.17151/kepes.2017.14.16.6>
- Pinilla, M. (2014). Dar sentido a las posibilidades: síntesis y prototipo en diseño. *Iconofacto*, 10(15), 22-34. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5204359.pdf>
- RAD. (2021). Programas académicos de diseño. <https://radcolombia.org/web/programas>
- Rey, A. (8 de julio de 2010). Pensar con prototipos: me uno a la reflexión (post-178). *Amalio Rey | Blog de innovación con una mirada humanista*. <https://www.amaliorey.com/2010/07/08/pensar-con-prototipos-me-uno-a-la-reflexion-post-178/#sthash.rjeOhAx1.dpuf>
- Saikaly, F. (2003). Design re-thinking: some issues about doctoral programmes in design. In 5th International Conference of the European Academy of Design, Techné: Design Wisdom, the University of Barcelona (pp. 28-30).
- Torres, I. (2015). *Diseño crítico: de la transgresión a la autonomía*. Máster Universitario en Investigación en Arte y Diseño - EINA/Universidad Autónoma de Barcelona.