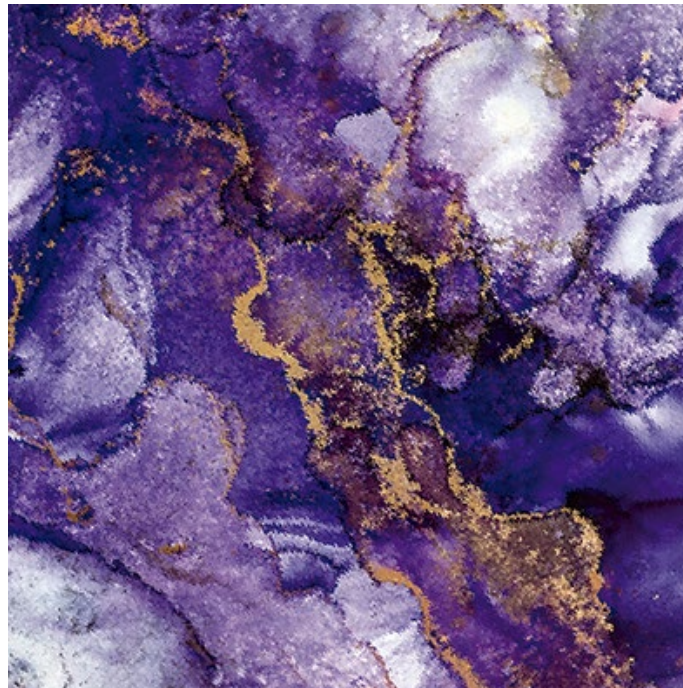




Tecnología & diseño

Publicación Semestral de Investigación del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización
Año 9 • núm. 14 • junio - diciembre 2020.



La Industria 4.0 sin prisas

Diseño paramétrico: aplicación conceptual de la autopoiesis y diagramas de Voronoi a partir de la implementación del método adaptado de función de calidad

Diseño de servicios en México: oportunidades y retos

Aplicación tecnológica en la visualización de la información digital para el diseño arquitectónico sustentable

Selección de materiales para el diseño de ingeniería

Taller de elaboración de exvotos: conservación de tradición y activación social

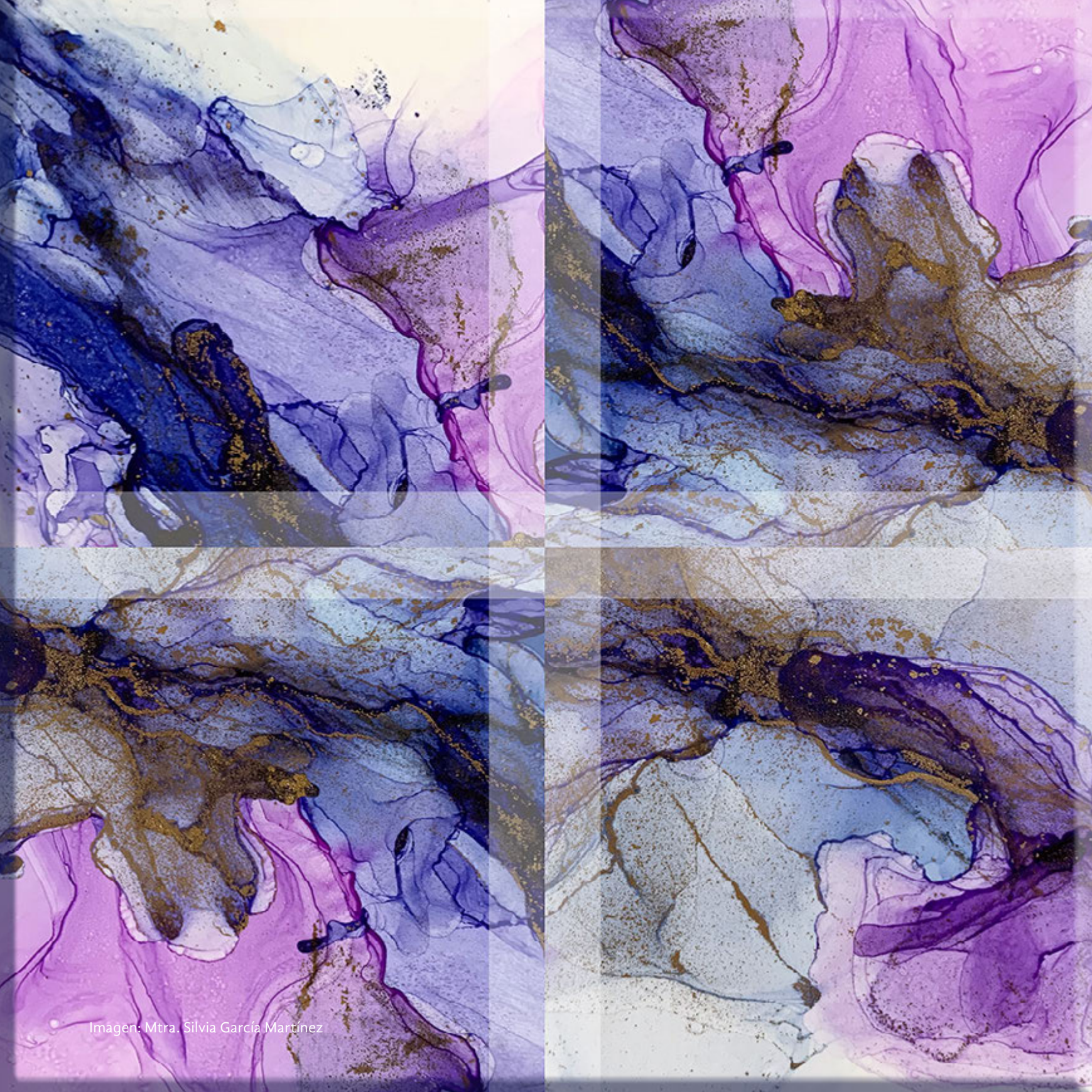
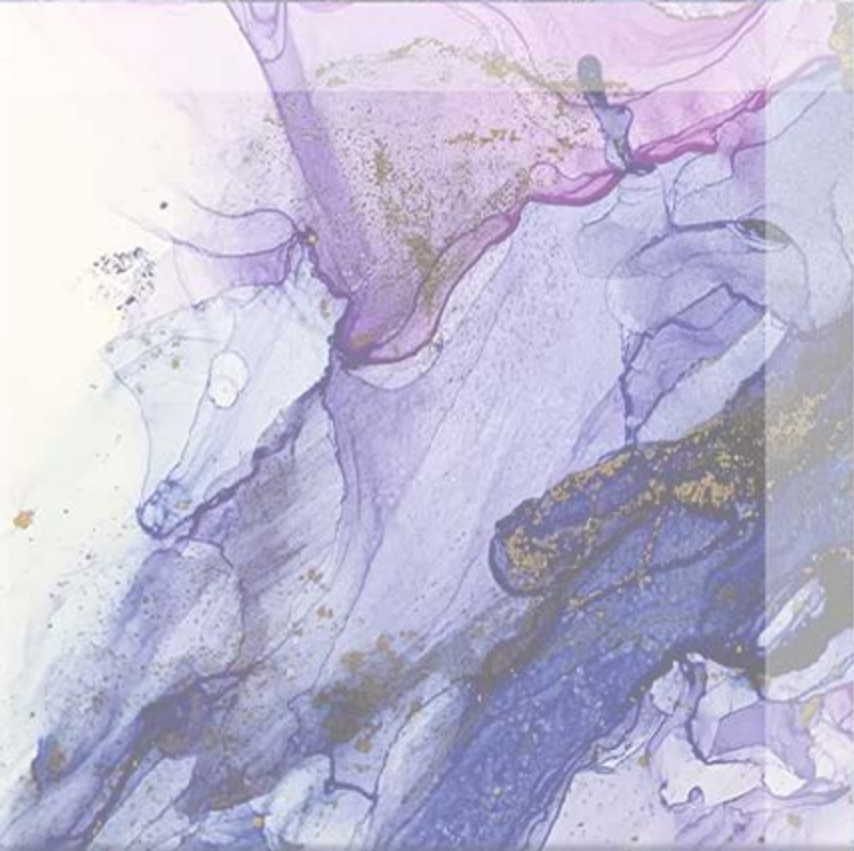


Imagen: Mtra. Silvia García Martínez



Presentación	7
La industria 4.0 sin prisas Jordy Micheli Thirión	11
Diseño paramétrico: aplicación conceptual de la autopoiesis y diagramas de Voronoi a partir de la implementación del método adaptado de función de calidad Michelle Vanessa Flores Jurado Mario Javier Caiza Simbaña Edgar Pa- tricio Jácome Monar Roberto Moya Jiménez Mario Augusto Rivera Valenzuela	21
Diseño de servicios en México: oportunidades y retos Marco Vinicio Ferruzca Navarro Carolina Sue Andrade Díaz	39
Aplicación tecnológica en la visualización de la información digital para el diseño arquitectónico sustentable Luis Ángel Meza Zárate Román Anselmo Mora Gutiérrez	53
Selección de materiales para el diseño de ingeniería Iván Alonso Lira Hernández Rodrigo Ramírez Ramírez	73
Taller de elaboración de exvotos: conservación de tradición y activación social Adolfo Guzmán Lechuga Ana Isabel Pérez Gavilán María del Socorro Gabriela Valdez Borroel	87



Postulación de artículos para ser publicados en el núm. 15

La revista **Tecnología & Diseño** –publicación de la UAM-A, **indexada** por el Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal (**LATINDEX**) convoca a la comunidad académico-científica vinculada a las diversas áreas del diseño (gráfico, industrial, arquitectónico y/o afines) y su relación con la tecnología a publicar artículos originales, artículos de revisión, informes técnicos, comunicaciones en congresos, comunicaciones cortas, estados del arte, reseñas de libros, entre otros documentos de contenido científico-académico resultado de la investigación y la práctica de dichas disciplinas.

Instructivo sobre el envío de originales y resúmenes

A fin de ser publicados, los artículos deben reunir los siguientes requisitos

1. Las colaboraciones deberán ser, en todos los casos, trabajos de investigación o comunicación científica originales, no publicados previamente –de manera total o parcialmente– en otros medios de comunicación y difusión.
2. Los documentos se estructurarán conforme al tipo de contribución elegido, haciendo evidente la metodología científica que rige su desarrollo. Sin embargo, todos deberán presentar el título, palabras clave y el resumen (100 palabras) en idioma español e inglés. Deberá incluir, además, referencias bibliográficas que sustenten el documento de acuerdo con el estándar APA (Ver: Normas para la elaboración de referencias bibliográficas).
3. La extensión de los textos deberá ser de 10 a 20 cuartillas –incluyendo gráficos– con tipografía Times New Roman de 12 pts. a 1.5 de interlineado y márgenes normales, limitando el empleo de imágenes y gráficos a un 20% del trabajo como máximo.
4. Las notas se indicarán con números arábigos y en superíndice en orden consecutivo al pie de página.
5. Todos los cuadros, ilustraciones y gráficas deberán estar numerados progresivamente, con los pies de cada gráfico ubicados en el sitio correspondiente dentro del cuerpo del texto.
6. Las colaboraciones deberán ser enviadas al e-mail revistatd@azc.uam.mx en formato Word, en dos versiones: una que incluya los gráficos y otra con sólo el texto sin ningún formato e incluyendo sólo la ubicación de los mismos. Además, se deberá enviar en formato PDF la primera hoja del artículo firmada por cada uno de los autores.
7. Se entregarán los gráficos en un archivo por separado, con una resolución mínima de 300 ppi. en formato TIFF o PDF, nombrados con la numeración dispuesta de acuerdo con su ubicación dentro del texto.
8. Se anexará un archivo con los siguientes datos: nombre del autor/es, profesión o grado académico, institución donde labora, domicilio, teléfonos, dirección electrónica y fax.

Normas para la elaboración de referencias bibliográficas

De acuerdo con las Normas APA [<http://www.apastyle.org/manual/>], los documentos deberán incluir las fuentes empleadas para sustentar los argumentos o los hechos mencionados en el documento. Estas deberán elaborarse con base en dicho estándar, citando la referencia en el texto y adicionalmente agregarla en la lista de referencias.

Se pueden emplear citas tanto de tipo textual como parafraseadas (ver ejemplos), utilizando paréntesis dentro del texto en lugar de notas al pie de página o al final del texto de acuerdo a las siguientes reglas:

Citas textuales

- Cita textual de menos de 40 palabras: se inserta dentro del texto entre comillas. 1) Apellido del autor (año del texto citado) vínculo "cita" (página) 2) "cita" (Apellido del autor, año del texto citado, página).
- Cita textual de más de 40 palabras: se inserta a parte del texto, con sangría y sin comillas. 1) Apellido del autor (año de la publicación) vínculo cita textual sin comillas. (página). 2) Cita textual sin comillas (Apellido del autor, año de la publicación, página citada).

Citas parafraseadas

- Basadas en el autor: Apellido del autor (año del texto citado) vínculo "cita" (página).
- Basadas en el texto: Cita (Apellido del autor, año de la publicación).

Reglas según cantidad de autores

- Dos autores: Cita textual: Autor (Año) y Cita parafraseada: (Autor, año).

- Tres a cinco autores: Si es la primera cita se deben escribir los apellidos de todos los autores, después solo se cita al primer autor agregando “*et al.*”: Cita textual: Autor, Autor y Autor (año). (...) Autor *et al.* (año) y Cita parafraseada: (Autor, Autor y Autor, año). (...) (Autor *et al.*, año).
- Seis o más autores: Cita textual: Autor *et al.* (año) y Cita parafraseada: (Autor *et al.*, año).
- Anónimo: Cita textual: Anónimo (año) y Cita parafraseada: (Anónimo, año).
- Autor corporativo. Si es la primera cita se debe escribir el nombre completo de la institución seguido de su sigla, después sólo se citan las siglas: Cita textual: Universidad Autónoma Metropolitana [UAM] (año). (...) UAM (año) y Cita parafraseada: (Universidad Autónoma Metropolitana [UAM], año). (...) (UAM, año).

Después de haber citado en el texto, la referencia se debe agregar en la lista de referencias, de acuerdo con los siguientes ejemplos:

- Publicaciones no periódicas impresas: Autor, A. A. (Año de publicación). Título del trabajo, Localidad, Editorial.
- Parte de una publicación no periódica impresa: Autor, A. A. (Año de publicación). Título del capítulo. Título del trabajo (p.p xx-xx). Localidad, Editorial.
- Publicaciones no periódicas electrónicas: Autor, A. A. (Año). Título del trabajo. Recuperado día, mes y año, de la fuente: <http://www.xxxxxx.xxx>
- Publicaciones periódicas impresas: Autor, A. A. (Año de publicación). Título del artículo. Título de la publicación. xx, xxx-xxx. Recuperado día, mes y año, de la fuente: <http://www.xxxxxx.xxx>
- Publicaciones no periódicas electrónicas: Autor, A. A. (Año de publicación). Título del trabajo. Recuperado día, mes y año, de la fuente: <http://www.xxxxxx.xxx>
- Informes técnicos y de investigación: Autor, A. A. (Año de publicación). Título del informe. Información de la publicación.
- Disertaciones doctorales y tesis de maestría no publicadas: Autor, A. A. (Año de publicación). Título del informe. Información de la publicación.

Para mayor información consultar la página de las Normas APA en: *APA Publication Manual of the American Psychological Association* [<https://apastyle.apa.org/products/publication-manual-7th-edition>]

Sistema de arbitraje

Las colaboraciones que se ajusten a los lineamientos editoriales antes descritos serán consideradas por el Comité Editorial de la Publicación para someterse a un proceso de arbitraje por pares –especialistas en el tema abordado– que se guardará en un estricto anonimato.

Los dictaminadores decidirán sobre su publicación sin modificaciones, si requiere de algún tipo de ajuste o si no es apta para su publicación y cuya resolución será remitida por el Comité Editorial a los autores por escrito.

El Comité Editorial de la Publicación se reserva el derecho de realizar la corrección de estilo y los cambios editoriales que considere necesarios para mejorar el trabajo.

Entrega de colaboraciones

Fecha límite de recepción de colaboraciones para el num. 15 (enero a junio de 2021): 30 de marzo de 2021.

Nota: Si se entregan las colaboraciones fuera de la fecha límite, los artículos serán considerados para siguientes números de la publicación.

Los contribuciones deberán ser enviadas al e-mail revistatd@azc.uam.mx o directamente al Departamento de Procesos y Técnicas de Realización de la UAM-A (Av. San Pablo núm. 180, edificio H, planta baja, Col. Reynosa Tamaulipas, C.P. 02200, Alcaldía Azcapotzalco, Ciudad de México, México.), en un disco compacto debidamente rotulado.

Los materiales originales no serán devueltos. En caso de ser aceptados, los autores autorizan la publicación tanto impresa como electrónica de sus colaboraciones firmando una carta de cesión de derechos y originalidad y comprometiéndose a ser dictaminadores en números posteriores de la revista.

Informes: Mtra. Mónica E. Gómez Ochoa, Editora responsable.

E-mail: revistatd@correo.azc.uam.mx. Tels. 53189181 y 53189480.

Departamento de Procesos y Técnicas de Realización, Universidad Autónoma Metropolitana, Av. San Pablo núm. 180, Col. Reynosa Tamaulipas, C.P. 02200, Alcaldía Azcapotzalco, Ciudad de México, México.

Universidad Autónoma Metropolitana
Eduardo Abel Peñalosa Castro
Rector General

Dr. José Antonio de los Reyes Heredia
Secretario General

Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Azcapotzalco

Dr. Oscar Lozano Carrillo
Rector de Unidad

Dra. María de Lourdes Delgado Núñez
Secretaria de Unidad

División de Ciencias y Artes para el Diseño

Dr. Marco Vinicio Ferruzca Navarro
Director

Mtro. Salvador Ulises Islas Barajas
Secretario Académico

Dr. Edwing Antonio Almeida Calderón
Jefe del Departamento de Procesos
y Técnicas de Realización

Cuerpo Editorial

Mtra. Mónica E. Gómez Ochoa

Editora Responsable de la Publicación

Dra. Marcela E. Buitrón de la Torre
Directora de la Publicación

Mtra. Gabriela García Armenta
Coordinadora de Diseño y Producción

Dra. Marcela E. Buitrón de la Torre

Mtra. Gabriela García Armenta

Mtra. Mónica Elvira Gómez Ochoa

María Fernanda Jarque Ramírez

Gilberto Pérez Robles

Rodrigo Manuel Vargas Flores

Diseño y Formación

Mtra. Mónica E. Gómez Ochoa

Diseño de Portada

Tinta Negra Editores

Corrección de Estilo

Mtra. Silvia Gabriela García Martínez

Imagen de Portada, Portadilla y Colofón

Comité Editorial de la Publicación

Dr. Miguel Ángel Herrera Batista

Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco (México)

Dr. Víctor Guijosa Frago

Universidad Anáhuac, Norte (México)

Mtro. José Luis Cárdenas Pérez

Universidad Autónoma de Yucatán (México)

Dra. Carolina Magaña Fajardo

Facultad de Arquitectura, UNAM (México)

Dra. Selene Marisol Martínez Ramírez

Universidad Nacional Autónoma de México (México)

Mtra. Tere Cuevas Cáceres

Despacho Cárdenas y Cuevas Arquitectos (México)

Dra. Verónica Paola Rossado Espinoza

Universidad de Lima (Perú)

Dra. Martha Tappan Velázquez

Universidad Anáhuac, Norte (México)

TECNOLOGÍA & DISEÑO, Año 9, núm. 14, junio- diciembre de 2020, es una publicación semestral de la Universidad Autónoma Metropolitana, a través de la unidad Azcapotzalco, División de Ciencias y Artes para el Diseño, Departamento de Procesos y Técnicas de Realización, Av. San Pablo núm. 180, edificio H planta baja, colonia Reynosa Tamaulipas, Alcaldía Azcapotzalco, C.P. 02200, Ciudad de México, México; Tel. 53189181; y Prolongación Canal de Miramontes núm. 3855, colonia Exhacienda de San Juan de Dios, Alcaldía Tlalpan, C.P. 14387, Ciudad de México, México. Página electrónica de la revista: <http://revistatd.azc.uam.mx> y correo electrónico: revistatd@azc.uam.mx. Editor responsable: Mónica Elvira Gómez Ochoa, profesora investigadora del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización. Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título Núm. 04-2016-112310321100-203, ISSN 2594-0341. Ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Mónica Elvira Gómez Ochoa, Departamento de Procesos y Técnicas de Realización, División de Ciencias y Artes para el Diseño, unidad Azcapotzalco, Av. San Pablo núm. 180, colonia Reynosa Tamaulipas, Alcaldía Azcapotzalco, C.P. 02200, Ciudad de México, México. Fecha de la última modificación 06 de abril de 2021. Tamaño de archivo 4.6 MB.

Publicación indexada por el Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (LATINDEX).

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación ni de la Universidad Autónoma Metropolitana.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización expresa y por escrito de la Universidad Autónoma Metropolitana.

Salvo convenio o indicación individual en contrario se presume que nuestros colaboradores autorizan la libre reproducción de sus obras por el sólo hecho de entregarlas voluntariamente, siempre que se citen el nombre del autor y de la fuente, y que dichas obras no sean empleadas por terceros para fines de lucro sin el consentimiento expreso por escrito del autor.

Continuamos trabajando, a pesar de las adversidades y dificultades que nos ha traído este 2020; cerramos gustosos y satisfechos este año, cumpliendo las metas y los objetivos planteados; hemos superado retos, expectativas y dimos certeza a lo que era incierto, desde la investigación o la docencia, desde lo administrativo y lo ejecutivo de cada una de nuestras labores como diseñadores, investigadores, docentes; cualquiera que sea nuestro quehacer profesional nos hemos superado a nosotros mismos y demostrado que podemos hacer frente a las situaciones difíciles.

De igual manera, quisiéramos abrir este pequeño espacio para recordar a todos aquellos compañeros, colegas, amigos y familiares que dieron lo mejor que pudieron, que lucharon para continuar con nosotros sin conseguirlo. En **Tecnología & Diseño** hacemos este pequeño homenaje para todas aquellas personas que de una u otra forma nos dejaron una huella y enseñanza y que siempre estarán presentes en cada uno de nosotros.

En este núm. 14 de nuestra revista, el Dr. Jordy Micheli Thirión, en su artículo "La industria 4.0 sin prisas" propone un ejercicio de análisis y un instrumento de interpretación en medio de la polisemia que acompaña a la llamada industria 4.0; muestra el panorama en el que muchas empresas han priorizado e invertido en tecnologías digitales y procesos industriales de automatización y digitalización que pueden tener un alcance social y económico sin precedentes, dejando en un nivel inferior las estrategias de inversión a las tecnologías de producción. Dentro de este campo complejo se requiere de mayor conocimiento histórico y tecnológico; sin la sensación de un retraso tecnológico, sugiere que, dentro del ambiente académico, se maneje este concepto sin prisas para poder observar, analizar y actuar en relación a este nuevo paradigma industrial.

Michelle Vanessa Flores Jurado, Mario Javier Caiza Simbaña, Edgar Patricio Jácome Monar, Roberto Moya Jiménez y Mario Augusto Rivera Valenzuela autores de "Diseño paramétrico: Aplicación conceptual de la autopoiesis y diagramas de Voronoi a partir de la implementación del método adaptado de función de calidad", abordan la posibilidad que ofrece la tecnología en potencializar la creatividad, causando propuestas de diseños disruptivos a partir de la forma, de los materiales y el proceso de manufactura; hace referencia a la industria 4.0 que permite la transformación y creación de sistemas para optimizar los procesos de producción.

La Dra. Carolina Sue Andrade Díaz y el Dr. Marco Vinicio Ferruzca Navarro plantean el diseño de servicios como un área de oportunidad en México para la economía nacional e internacional, como un catalizador de valor, generación de empleos y cambios de paradigmas en la experiencia de usuarios y consumidores. "Diseño de servicios en México: oportunidades y retos", describe, igualmente, su prospectiva de desarrollo a futuro y con base en los datos revisados, observan que el sector de servicios es la principal actividad económica que aporta al producto interno bruto de este país. En el contexto de la pandemia



del COVID-19, la explosión de servicios digitales en diferentes ámbitos abre una oportunidad para los diseñadores en el desarrollo de la economía digital.

¿La tecnología digital puede generar estrategias de diseño que permitan definir la morfología de la arquitectura para lograr condiciones de confort o simplemente son herramientas de visualización de la arquitectura? es la pregunta a la que responden el Dr. Luis Ángel Meza Zárate y el Dr. Román Anselmo Mora Gutiérrez en su artículo "Aplicación tecnológica en la visualización de la información digital para el diseño arquitectónico sustentable", ahí hacen referencia a la tendencia de las tecnologías digitales como herramientas en el acto analítico y para enriquecer al universo del diseño y a la arquitectura con nuevos métodos y procedimientos para solucionar problemas y necesidades.

Así mismo, el Mtro. Iván Alonso Lira Hernández y el Dr. Rodrigo Ramírez Ramírez resaltan la importancia de que los materiales deben contar con las mejores propiedades químicas, estructurales, físicas y mecánicas para el desarrollo e innovación de productos; y desde el punto de vista del diseño, su principal objetivo es crear y desarrollar productos que convenzan y cautiven al cliente. En "Selección de materiales para el diseño de ingeniería" hacen una descripción concisa y precisa de ambas áreas: diseño y diseño de ingeniería, su respectiva función, complementación y relación con el objetivo de proponer una metodología de las disciplinas involucradas y vinculadas por medio del proceso de diseño de ingeniería.

Por último, en nuestra sección de Miscelánea, el Dr. Adolfo Guzmán Lechuga, la Dra. Ana Isabel Pérez Gavilán y la Mtra. María del Socorro Gabriela Valdez Borroel en su artículo titulado "Taller de elaboración de Exvotos: Conservación de tradición y activación social" nos narran las experiencias obtenidas como parte de su proyecto de investigación, en el que intentan rescatar los exvotos pictóricos, conocidos como retablos, que caen en desuso a partir del surgimiento de la fotografía. El objetivo fue sensibilizar el sentido social y simbólico de esta actividad plástica religiosa con el fin de conservarla como patrimonio en Coahuila y vislumbrar la transformación de la fe, antes expresada por este medio.

Agradecemos la valiosa participación de cada uno de los miembros del equipo editorial, autores, dictaminadores y lectores de la revista; el equipo de **Tecnología & Diseño** reitera el compromiso en la búsqueda de calidad en contenidos con el fin de constituirse como un recurso confiable de difusión de investigaciones originales y de calidad.

Diciembre, 2020.

Mónica E. Gómez Ochoa
Editora de la publicación.





La Industria 4.0 sin prisas

Industry 4.0 Without Haste

Jordy Micheli Thiri6n* Profesor-Investigador del departamento de Economía de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Azcapotzalco y Coordinador del Programa Economía 4.0 en la misma universidad. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 2 desde 2008. Estudió la carrera de Ingeniería Industrial, la maestría en Economía en la UNAM y el doctorado en Diseño, línea de Estudios Urbanos, en la UAM-Azcapotzalco. Su campo de investigación es la transformación de distintos sistemas de producción de servicios y manufacturas, en interacción con los factores tecnológicos, económicos y territoriales. Su perspectiva de análisis es el vínculo entre cambio técnico y el desarrollo económico y social. Es autor de diversos artículos sobre la temática anterior, así como de libros en calidad de autor y/o coordinador.

Resumen

En este artículo se contextualiza a la llamada Industria 4.0 dentro del proceso de digitalización de la industria en general y se describe funcionalmente al grupo de tecnologías que constituyen el ensamble de fuerzas productivas impulsoras de la nueva fase de digitalización. El objetivo es proporcionar al lector una visión breve y estructurada del fenómeno de digitalización industrial actual en la cual se marque su esencia evolutiva y se puedan entender los roles de cada una de las tecnologías impulsoras. La importancia de este ejercicio de análisis es proponer un instrumento de interpretación en medio de la polisemia mediática que acompaña a la llamada Industria 4.0.

Palabras clave: Industria 4.0, digitalización industrial, tecnologías digitales.

Abstract

This article provides a context for Industry 4.0 within the industry digitization process and a functional description of the group of ensembled forces of production driving the new digitization phase. The purpose is to provide a brief and structured view of the ongoing industrial digitization process, noting his evolutive nature, and an explanation for the roles of each driving technologies. The importance of this analytical exercise is to propose an instrument for interpreting the Industry 4.0 in the middle of the polysemy procreated by the media.

Keywords: Significant image, narrative, animation, memory.

Introducción

El término Industria 4.0 se emplea polisémicamente. Puede significar un cambio de paradigma en la producción industrial; el nombre genérico de iniciativas estratégicas de política industrial; un término técnico para nuevos activos y servicios digitales de la empresa o bien el nombre de una etapa histórica. Con gran frecuencia es definida como la “cuarta revolución industrial”, suplantando al quehacer de los historiadores y anteponiendo como argumento el incomparable poder transformador de las nuevas tecnologías al nivel no sólo industrial, sino social (Schwab, 2016).

Sin duda, existen poderosas razones económicas para impulsar esa idea: hay estudios de mercado que señalan que los principales proveedores para esta industria tienen expectativas de ventas para 2024 de 156.6 mil millones de dólares, es decir poco más de 9 veces su mercado de 2019, que fue de 17.1 mil millones de dólares (Markets and Markets, 2020), pero por otra parte también hay evidencias de las dificultades reales que tienen las empresas para abrazar completa y rápidamente este nuevo modelo industrial (Deloitte, 2018).

La Industria 4.0 es, sin duda, una innovación organizacional y de mercado, bajo una concepción shumpeteriana, pero ¿es una innovación incremental o disruptiva?

El ruido mediático, al que a veces se adhiere el académico, apuesta a que estamos frente a una innovación histórica, disruptiva, de alcance social y económico sin precedentes, y que el mundo de un mañana muy cercano será ya muy distinto al de hoy. Parece existir una presión ambiental para mirar la transformación digital con prisas.

Sin ninguna pretensión de resolver esta presión, con este texto se quiere aportar una mirada basada en una descripción evolutiva y funcional de la tecnología, incluyendo, desde luego su papel económico.

El aprendizaje continuo es una condición de la sociedad moderna, cuyo desarrollo descansa en gran medida en el aprendizaje, pero ¿cuántas veces no leemos o escuchamos opiniones “especializadas” que nos inducen a creer que más que el aprendizaje necesitamos una re-inención de nuestros saberes personales, organizacionales y sociales?

La etapa industrial que se vive es la digitalización

Dentro de la ya conocida secuencia histórica de etapas del desarrollo de la industria manufacturera, que inicia con la producción de manufacturas basada en la energía de agua y vapor; continúa con la producción en masa soportada en energía eléctrica y prosigue con la automatización de los procesos en masa a través de las tecnologías de la electrónica e internet, la actual y nueva tendencia del desarrollo industrial tiene un eje explicativo en la creciente digitalización de procesos de producción —o digitalización industrial para diferenciarla de la digitalización social—, materializada en un despliegue de tecnologías de manufactura avanzada, robótica y diversos sistemas de automatización. Esta digitalización industrial avanzó tanto en industrias de producción en masa flexible intensivos en mano de obra como en segmentos de especialización flexible intensivos en capital, abarcando un espectro amplio del sistema de la manufactura.

En los años ochenta del siglo pasado, el avance en la automatización digital de la manufactura tenía sus límites en la entonces conocida metáfora de las “islas de automatización” (Kaplinsky, 1984), con la cual se aludía a la incomunicación entre los diversos subsistemas de producción, cada uno automatizado, pero cuya integración para conformar un flujo homogéneo en velocidad, variedad y calidad aún no era posible. Sin duda, las formas emergentes de organización toyotistas de tareas humanas fueron la parte que acoplaba a las islas de automatización (Coriat, 1992).

La digitalización (UNCTAD, 2019) es un término ampliamente usado, pero con variación de significados. Con base en la mirada sociotécnica de Osmunsen, Iden y Bygstad (2018) la digitalización se puede entender como el uso de tecnología digital para impulsar cambios en las estructuras sociotécnicas destinadas a producir tanto bienes como servicios, y en este contexto se concibe a la estructura sociotécnica como un arreglo de interacciones sociales, normas y valores con dispositivos técnicos y sus correspondientes rutinas de uso y fronteras de mejora.

"El término **Industria 4.0** [...] es definido como la '**cuarta revolución industrial**', suplantando al quehacer de los historiadores y anteponiendo como argumento el incomparable **poder transformador** de las nuevas tecnologías al nivel no sólo industrial, sino social" (Schwab, 2016).

La tecnología digital del internet aceleró la digitalización de la empresa en sus diversas funciones, pero fue la combinación del uso de sensores y actuadores que emplean radiofrecuencia la que dio paso a la etapa siguiente, como se describe a continuación.

Los sensores constituyen una rama tradicional y básica de la operación mecánica de dispositivos, aparatos y sistemas, y el avance sustantivo en la sensorización se dio al incluirles un transmisor que emite señal en una banda del espectro electromagnético, llamada radiofrecuencia. De allí el nombre de tecnología RFID, la cual tiene una larga historia de desarrollo constante desde los años 30 del siglo pasado. Los actuadores reciben la señal del sensor y generan un movimiento a partir de él. Cuando los sensores y actuadores se conectan a una red, los objetos a los que aquéllos están adheridos se convierten en objetos interconectados y, si con algoritmos adecuados se almacena la información y se llevan a cabo procesos con automatismos, metafóricamente los objetos están "comunicados" y entonces estamos hablando de la base conceptual del internet de las cosas y la posibilidad tecnológica de vincular las islas de automatización. Ha nacido la Sensórica como tecnología que suma sensores con conectividad.

Aquí se debe agregar que internet es el canal de transmisión de datos y que la posibilidad de generar acciones con ellos (recolectar-movilizar-almacenar) proviene de procesadores nano-electrónicos, cuyo cada vez menor tamaño impacta en la creciente potencia de la computación. Los chips o transistores actuales poseen dimensiones de una decena de nanómetros (1 milímetro tiene 1 millón de nanómetros), de modo que la cantidad de estos transistores que puede tener un procesador le permite realizar acciones cada vez más amplias y complejas, soportados por algoritmos idénticamente poderosos.

De modo que, metafóricamente, el piso sobre el que descansa la automatización tiene una argamasa integrada por la mezcla de miniaturización de los transistores y la ampliación de las bandas electromagnéticas en que actúa internet como canal de transmisión de datos. Entre estos dos componentes, se intercalan los sensores que permiten la localización en tiempo real de cualquier objeto¹.

Ahora veamos con un sentido funcional el conjunto de tecnologías que se ensamblan para producir el nuevo modelo industrial digital.

Industria 4.0 y el ensamble de sus tecnologías impulsoras

Planes y profecías aparte, en los hechos la Industria 4.0 es la descripción del *upgrading* de productos y procesos industriales mediante el uso de tecnologías de automatización y digitalización. Es la continuación del proceso de digitalización presente desde los años 70, que ahora incorpora procesos de administración y control inteligentes dirigidos a la empresa y a la cadena de valor. El rasgo básico de esta fase de digitalización industrial es la interoperabilidad entre los diversos y distintos sistemas digitales y organizacionales de la empresa (Lu, 2017). Ello permite rapidez y eficiencia en costos para la modificación o innovación de productos y mayores niveles de productividad en la manufactura y producción de servicios.

Esta fase innovadora forma parte del proceso histórico de digitalización con unas trayectorias tecnológicas que Brynjolfsson y McAfee (2014) han caracterizado como exponenciales y combinatorias, y cuya tendencia es la de constituir un sistema que asocie consumo y producción en un nuevo paradigma que algunos denominan ciber-físico, retomando dicho concepto de la terminología creada a finales del siglo XX, cuando los avances en automatización permitían concebir un solo espacio de monitoreo y coordinación entre operaciones físicas y representaciones cibernéticas de las mismas (Lee, Bagheri y Kao, 2015).

Las discusiones sobre los probables efectos de la transformación industrial y de servicios promovida por las tecnologías ciber-físicas tienen un referente en el documento que ha elaborado una empresa consultora (McKinsey, 2017), la cual ha planteado tres aspectos orientadores:

1. Las tecnologías que promueven la automatización se encuentran en distintas fases de su desarrollo, pero no todas alcanzarán las repercusiones que algunos pronósticos les atribuyen y otras podrían influir de forma diferente e incluso con efectos más importantes de los previstos hoy en día, y de hecho los robots siguen teniendo altos costos, especialmente para las pequeñas y medianas empresas;

"El conjunto de tecnologías de la era contemporánea de digitalización que impulsan y alimentan la Industria 4.0 son: banda ancha, centros de datos, internet de las cosas, big data-analítica e inteligencia artificial".

2. El nivel salarial y los costos del trabajo en general son un factor muy importante en la decisión de automatizar determinados procesos o actividades, y

3. Los beneficios de las empresas con los procesos de automatización no se limitan al ahorro de costos, sino que abarcan las mejoras en la productividad, la mayor calidad de productos y servicios y otros aspectos, como la seguridad en los procesos.

El conjunto de tecnologías de la era contemporánea de digitalización que impulsan y alimentan la Industria 4.0 son: banda ancha, centros de datos, internet de las cosas, big data-analítica e inteligencia artificial (ver Figura 1).

Estas tecnologías se alimentan unas a otras —de allí su caracterización como convergentes y exponenciales—, aunque esta integración ocurre, como en todo proceso social y técnico, de manera desigual y combinada.

A continuación se describe brevemente cada una de las tecnologías mencionadas, poniendo énfasis en su funcionalidad dentro del ensamble de la Industria 4.0.

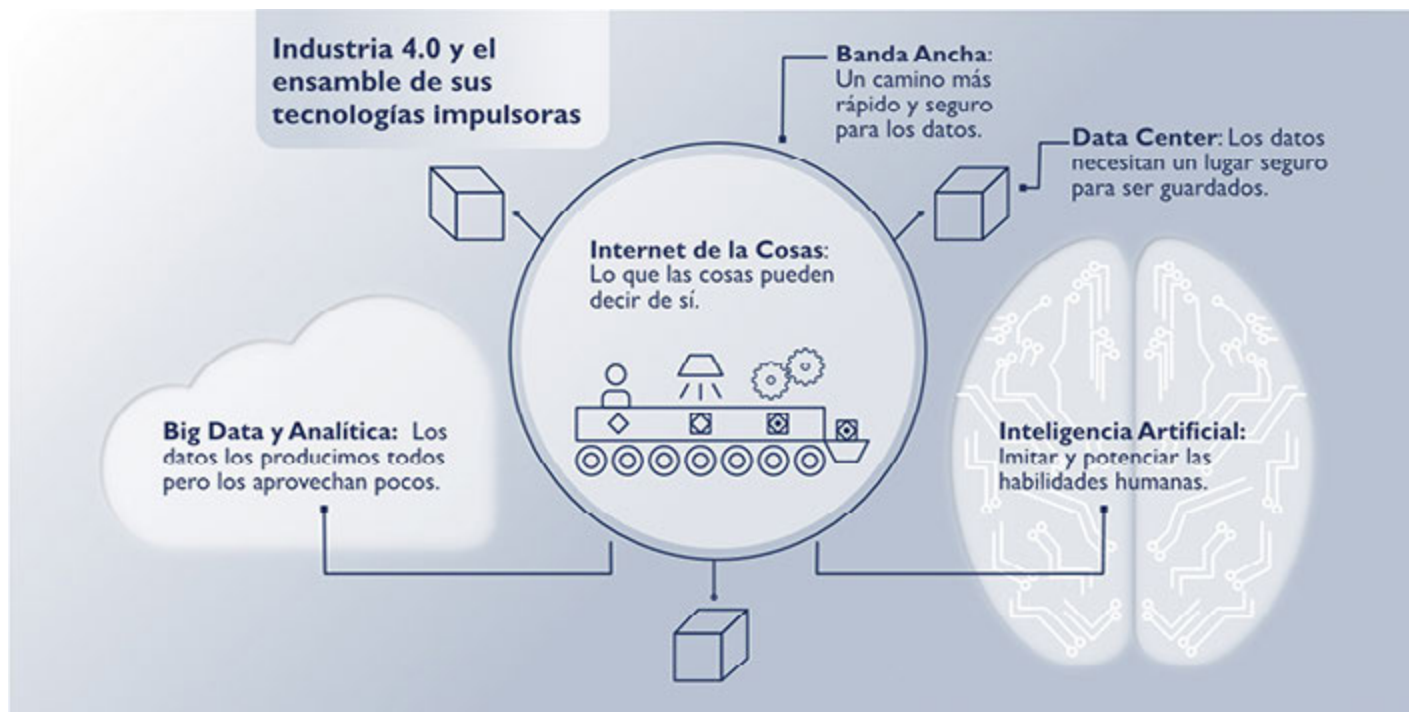


Figura 1. Conjunto de tecnologías de la era contemporánea de digitalización que impulsan y alimentan la Industria 4.0.

Un camino más rápido y seguro para los datos

La banda ancha, comúnmente asociada a mayor velocidad, tiene el carácter de infraestructura de red básica, fiable y siempre disponible, capaz de ofrecer diversos servicios convergentes mediante un acceso de alta capacidad para transportar gran cantidad de datos por segundo. Eso es fundamental para asegurar la conectividad empresarial y organizacional en general, por lo regular más demandante que la de los individuos.

La banda ancha constituye una fuerza productiva mensurable que permite construir estimaciones sobre el crecimiento económico asociado a la primera. A partir de la posibilidad de un modelo unificado de acervo de capital tecnológico (una

red de la cual se derivan actividades económicas) comenzó a cobrar importancia la noción de digitalización. El acceso a la red —mediante dispositivos terminales— permite el uso de servicios y productos digitales que es denominado digitalización y que es posible diferenciar entre privada, para los individuos y hogares, y empresarial. Las tecnologías digitales tienen la característica de ser complementarias entre sí, son complementarias con las competencias y activos de las empresas, y con políticas públicas que fomenten la competitividad (OECD, 2019).

Los datos necesitan un lugar seguro para ser guardados

Los centros de datos se colocan en el punto crítico de la actual fase de digitalización: todas las tecnologías digitales demandan mayor capacidad de procesamiento, almacenamiento y transmisión de datos. Carecerían de valor económico y estratégico los datos sin estas tecnologías críticas que centralizan la gestión de los mismos. Su modelo de negocio es un servicio tercerizado y constituye la estructura física y de capacidades de gestión asociada al concepto de “nube”. El cómputo en la nube es la denominación más reciente de la tecnología digital que permite que la red sea utilizada, bajo demanda, para tener acceso a un conjunto compartido de recursos de cómputo, como redes particulares, servidores, almacenamientos, aplicaciones y servicios que se ubican en centros de datos. En esencia, es compartir internet para actividades de computación diversas, en vez de utilizarlo de modo particular, de modo que el procesamiento de información se convierte en servicio.

Su atributo económico más importante es que permite el acceso a los costosos recursos de la tecnología digital para una gama de actores más amplia que las grandes organizaciones o empresas. La infraestructura tecnológica es adquirida como servicio, sin necesidad de invertir en activos físicos digitales. Por ello, la implementación de cómputo en la nube representa ahorros para las empresas, que deben calcularse de un modo general como “cuánto cuesta un proceso de digitalización (por ejemplo, inteligencia artificial) usando recursos propios para la computación vs. recursos de la nube”. Para la Industria 4.0, el cómputo en la nube representa mayores beneficios relativos en la medida en que las empresas implementen mayores capacidades digitales y/o en la medida en que las empresas sean más chicas y sus disponibilidades de inversión en digitalización sean menores. Otro factor a tomar en cuenta es la intención al implementar el cómputo en la nube: disminuir costos de producción, disminuir riesgos, administración de recursos humanos, etcétera.

La capacidad de utilizar datos comprende su recopilación, análisis, protección, aprovechamiento y movilización. Los centros de datos habilitan esta capacidad, y por ello constituyen

un factor crítico de la seguridad y desarrollo competitivo de la empresa. Aspectos como la transmisión en tiempo real, la reducción de latencia, las aplicaciones de negocio críticas o bien, en un caso específico, el automóvil autónomo, son ejemplos de la importancia que tienen los centros de datos y los servicios en la nube asociados. Al tercerizar esta capacidad, es fundamental que se haga en condiciones de seguridad y soberanía de los datos, así como con una velocidad de respuesta adecuada. Las tendencias han sido asociar esta capacidad a empresas líderes que deslocalizan sus centros de datos y, por ende, implican un factor de riesgo para la empresa contratante en este campo crucial de la digitalización en general y de la industria en particular. Para evaluar el futuro de la Industria 4.0 debe considerarse que, en la actualidad, el mercado de datos generados carece de regulación y está a expensas de actividades oligopólicas.² Este mercado físicamente fue de 33 Zettabytes en 2018 y será de 175 Zettabytes en 2025 (1 Zettabyte= 10^{21} bytes).

Lo que las cosas pueden decir de sí

El internet de las cosas (I o T) es un conjunto de dispositivos digitales y objetos móviles naturales o artificiales con identificadores únicos, con la capacidad de transferir datos a través de una red sin intermediación humana. Una fábrica que emplea esta tecnología digital típicamente realiza las funciones siguientes en tiempo real, sin intervención humana: operación de la línea de producción; monitoreo de la calidad, tanto predictiva como correctiva, y registro del inventario y sus flujos. La eficiencia en tiempos de ejecución de esta fábrica explicaría su mayor productividad. De hecho, el I o T es el proceso de digitalización que mayormente se aplica en la manufactura, frente a otras áreas de la empresa.

Sin embargo, el sistema es aún complejo y heterogéneo. Aquí se manifiestan las diferencias estructurales entre industrias y dentro de ellas: las configuraciones y el equipamiento de los sistemas de manufactura o procesamiento continuo son diversos y, por tanto, las soluciones del IoT suelen ser a la medida, con el consiguiente aumento de costos. Una estimación de 10 mil millones de dispositivos industriales interconectados en 2020 (Navarro Ortiz *et al.*, 2018) conforman el espacio físico sobre el cual deben establecerse los sistemas virtuales que conecten esa cantidad de direcciones URL y exijan manejo de Big Data y de ciberseguridad. El IoT es un detonante de la industria 4.0, pero su implementación se producirá cuando los proveedores lo ofrezcan llave en mano, escalable fácilmente para hacerle frente a la estacionalidad del mercado y bajo esquemas de pago por uso, no como un activo a depreciar de manera tradicional.

Los datos los producimos todos, pero los aprovechan pocos

Big Data y Analítica permiten la extracción de valor de los datos que crecen de manera exponencial. Big Data (datos masivos, en una traducción al español) es el nombre de la acumulación de datos, que guardan cierta estructura³ y Analítica es el proceso que permite obtener información de los datos y generar predicciones.

Se genera así conocimiento para fines sociales y económicos, y el valor de los datos iniciales se multiplica. Existen ya diversas métricas que cuantifican el valor económico generado, especialmente para los actores empresariales. Cabe señalar que la expansión de estas dos tecnologías en el ámbito sociopolítico ha dado pie a la tendencia del Gobierno Abierto, como innovación organizacional en la esfera estatal, mientras que la tendencia en el mundo empresarial es la de Industria 4.0.

La expansión del IoT en los procesos industriales produce datos masivos de manera heterogénea, con valores distintos y con usos diferenciados, “desestructurados”, como se les conoce en la ciencia de datos. La ciencia de datos aplicada a procesos heterogéneos debe poder generar información eficaz y crítica, en tiempo real, y ello implica desarrollos especializados. Las grandes empresas generadoras de datos masivos han sido las primeras en tener las herramientas para su explotación, adecuada a sus necesidades: Google, LinkedIn, Yahoo o Twitter. La economía basada en plataformas es también un promotor de soluciones específicas, como por ejemplo Uber. Pero la industria, heterogénea, requiere de un complejo científico-tecnológico que genere soluciones a la medida (Gokalp *et al.*, 2016).

Imitar y potenciar las habilidades humanas

La Inteligencia Artificial (IA) es una tecnología digital orientada a crear máquinas que, mediante algoritmos, emulen el comportamiento humano. Su gama de aplicaciones se está ampliando de manera continua, y, desde luego, al estar unida a las otras tecnologías que actúan como vectores, abre la perspectiva de constituir un mundo en el que las máquinas tengan capacidades de decisión.

La IA es la palanca del dinamismo de las transformaciones laborales y, por ende, societales, que se discuten en primer plano en el contexto de esta etapa de aceleración de la digitalización, que es la Industria 4.0.

En la industria manufacturera, la IA tiene campo de aplicación en la robótica industrial, calidad, mantenimiento y diseño, sin embargo, a nivel mundial aún es menor el peso que tiene la inversión en IA dentro de la manufactura, comparada con los servicios en general. La ciencia de datos y la inteligencia artificial son la base de empresas líderes a nivel mundial, como Google, Amazon o Alibaba, y, dentro de las estrategias públicas, conforman el núcleo de las preocupaciones estratégicas, precisamente por el efecto disruptivo que tiene su expansión.

Concluyendo: ¿de qué prisa se habla?

Este conjunto de tecnologías se desarrolla continuamente, reforzándose unas a otras, pero el signo de su crecimiento comercial e innovación ha sido la dispersión, de suerte que la empresa que se enfrenta a la necesidad de dar un salto tecnológico, tiene frente a sí decisiones que tomar bajo incertidumbre económica. Esta incertidumbre empresarial requerirá metodologías aplicadas y una de las primeras incursiones nos la brinda una encuesta de Deloitte (2018) en 361 grandes empresas manufactureras y de energía de Estados Unidos, Canadá, México y Brasil, la cual mostró resultados que priorizan inversiones en tecnologías digitales para las funciones administrativas y de planeación, y que colocan en sitios más bajos de las estrategias de inversión a las tecnologías de producción. Además, la transformación digital es considerada una alta prioridad estratégica, aunque no se considera crítica para mejorar la rentabilidad de la empresa.

Esta encuesta es un ejemplo y nada más, pero muestra el camino para verificar la evolución práctica de la Industria 4.0. Hasta ahora, este paradigma de automatización ciber-física es una colección de medidas de mejora en una senda evolutiva en el mundo industrial, un mercado de aplicaciones y tecnologías calificadas de imprescindibles por sus vendedores y, desde luego, un sinfín de conocimiento en búsqueda de aplicaciones en los centros de I+D. Una visión coherente e integradora de la complejidad de la Industria 4.0 es tan importante como la urgencia de vincularnos a lo nuevo.

Este artículo, como se enuncia desde el título y el objetivo, busca sugerir al amable lector que la prisa con la cual se habla en nuestros medios académicos acerca de la Industria 4.0 nos puede impedir observar, analizar y actuar acerca de este nuevo paradigma industrial sin la presión de sentirnos desde ahora presos de un retraso: si la Industria 4.0 es la revolución industrial en marcha, la “cuarta”, ¿qué mañana puede haber para nosotros, inmersos y actores de un sistema productivo y académico que no se integra plenamente a las tecnologías digitales y que, además, es renuente a cambiar con la misma velocidad del cambio digital?

Con plena conciencia de que desestimar la prisa en este tema puede sonar conservador e, inclusive, ignorante, la pequeña provocación consiste en insinuar que esta transformación en curso, que nadie niega, es un campo complejo que requiere mucho más conocimiento histórico y tecnológico sobre la digitalización: sus actores, la manera en que se ensamblan las diversas tecnologías y los límites en su aplicación. Las fuerzas productivas no actúan ni se transforman en el vacío social y económico, y aún nadie ha venido del futuro para avisarnos que ésta era la cuarta revolución industrial, porque así la bautizaron quienes tienen interés en que el mercado de las diversas tecnologías digitales crezca sin obstáculos.

Notas

- 1 Esto nos lleva necesariamente al tema del límite físico y social de ambas tecnologías. El límite atómico: los semiconductores ya tienen una dimensión de 5 nanómetros, y un átomo de tamaño medio mide 0.32 nanómetros, eso significa que hay una “pared” de 15 átomos entre semiconductor y semiconductor de 5 nanómetros cada uno. Disminuir el tamaño lleva a “adelgazar” la pared atómica. El límite radioeléctrico: la profusión de usos de distintas bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico —un bien público— no es ilimitada, porque puede dar lugar a interferencias entre distintos usuarios. La tecnología 5G (quinta generación) en pleno uso comercial desde 2018 utiliza bajas frecuencias del espectro, lo cual acelera velocidad de transmisión y, por tanto, multiplica la cantidad de información e impulsa la innovación de dispositivos informacionales. Pero está pendiente el futuro que apunte hacia los límites de esta invasión sociotécnica del espectro radioeléctrico, por ejemplo: es una incógnita su efecto sobre el consumo de energía o sobre la geopolítica.
- 2 Las empresas líderes son Cisco, Equinix, Huawei, IBM y Microsoft. Se trata de un mercado para ellas valuado en 284.4 miles de dólares durante 2019-2023 (Technavio, 2019).
- 3 Big Data es la tendencia tecnológica que quizá más rápidamente encontró un mercado amplio, pues su primera utilización tuvo lugar en la economía de servicios y alimentó mercados de consumo masificado (Mayer-Schöberger y Cukier, 2019).

Referencias

- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. New York: W. W. Norton & Co.
- Coriat, B. (1992). *Pensar al revés, trabajo y organización en la empresa japonesa*. México: Siglo XXI Editores.
- Deloitte Digital (2018). *The Industry 4.0 paradox: Overcoming disconnects on the path to digital transformation*. Recuperado de: <https://www.deloitte.com/global/en/insights/focus/industry-4-0/challenges-on-path-to-digital-transformation/summary.html> (Fecha de consulta: 6 de mayo de 2020).
- Gokalp, M. O., Kayabay, K., Akyol, M. A., Eren, P. E., & Kocyigit, A. (2016). "Big Data for Industry 4.0: A Conceptual Framework". *2016 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)* (pp. 431-434). Recuperado el 1 de julio de 2020 de: <https://doi.org/10.1109/csci.2016.0088>
- Kaplinsky, R. (1984). *Automation: The Technology and Society*. Londres: Longman Group.
- Lee, J., Bagheri, B. Hung-AnKao (2015). "A Cyber-Physical Systems Architecture for Industry 4.0-Based Manufacturing Systems". *Manufacturing Letters* (pp. 18-23), (3). Recuperado el 10 de junio de 2020 de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221384631400025X?via%3Dihub>
- Lu, Y. (2017). "Industry 4.0: A Survey on Technologies, Applications and Open Research Issues". *J. Ind. Inf. Integr* (pp. 1-10). (6). Recuperado el 10 de junio de 2020 de: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>
- Markets and Markets (2020). *The Industry 4.0 Market*. Recuperado de: <https://www.rcrwireless.com/20170714/fundamentals/is-there-a-limit-to-how-fast-the-internet-can-become> (Fecha de consulta: 7 de mayo de 2020).
- McKinsey Global Institute. (2017). *Un futuro que funciona: automatización, empleo y productividad*. Recuperado de: <https://ciiss-bienestar.org/wp-content/uploads/2019/04/Un-futuro-que-functiona-automatizacion-empleo-y-productividad-1.pdf> (Fecha de consulta: 14 de mayo de 2020)
- Navarro-Ortiz, J., Sendra, S., Ameigeiras, P., & Lopez-Soler, J. M. (2018). "Integration of LoRaWAN and 4G/5G for the Industrial Internet of Things". *IEEE Communications Magazine* (pp. 60-67), 56(2). Recuperado el 15 de mayo de 2020 de: <https://doi.org/10.1109/mcom.2018.1700625>
- OECD (2019). *Digitalisation and productivity, a Story of Complementarities*. Recuperado de: <http://www.oecd.org/economy/outlook/digitalisation-and-productivity-complementarities> (Fecha de consulta: 16 de mayo de 2020).
- Osmundsen, K., Iden, J. & Bygstad, B. (2018). *Digital Transformation: Drivers, Success Factors and Implications*. *12Th Mediterranean Conference on Information Systems*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/330397210-DIGITAL_TRANSFORMATION_DRIVERS_SUCCESS_FACTORS_AND_IMPLICATIONS (Fecha de consulta: 19 de mayo de 2020).
- Mayer-Schöberger, V. & Cukier, K. (2019). *Big data, la revolución de los datos masivos*. Madrid: Turner Publicaciones.
- Schwab, K. (2016). *La cuarta revolución industrial*. Barcelona: Penguin Random House.
- Technavio (2019). *Global Data Center Market Outlook 2019-2023*. Recuperado de: <https://www.businesswire.com/news/home/20190823005139/en/Global-Data-Center-Market-Outlook-2019-2023-17> (Fecha de consulta: 22 de mayo de 2020)
- UNCTAD (2019). *Digital Economy Report*. Recuperado de: https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/der2019_overview_en.pdf (Fecha de consulta: 26 de mayo de 2020).



Imagen: Gilberto Perez Robles

Diseño paramétrico: aplicación conceptual de la autopoiesis y diagramas de Voronoi a partir de la implementación del método adaptado de función de calidad

Parametric design: conceptual application of autopoiesis and Voronoi diagrams using the adapted quality function method

Michelle Vanessa Flores Jurado*

Estudiante de Ingeniería en Diseño Industrial

Mario Javier Caiza Simbaña**

Estudiante de Ingeniería en Diseño Industrial

Edgar Patricio Jácome Monar***

Ingeniero Mecánico, Magíster en Ingeniería Industrial

Roberto Moya Jiménez****

Diseñador Industrial, Magíster en Innovación en Diseño

Mario Augusto Rivera Valenzuela*****

Ingeniero Mecánico

Resumen

La creatividad puede ser potenciada con la aplicación de tecnología, con el fin de suscitar ideas ingeniosas que provoquen conceptos de diseños disruptivos originados desde la forma, seguidos de la selección y aplicación de materiales y de sus respectivos procesos de manufactura, orientados a penetrar en un mercado desatendido. En el entorno actual de desarrollo tecnológico, las empresas de manufactura requieren implementar estos cambios en sus procesos. La industria 4.0 y el diseño industrial son parte de esta transformación que coadyuva a crear sistemas de manufactura que permiten optimizar procesos de fabricación y la utilización óptima de recursos para generar una propuesta de valor que satisfaga las necesidades y expectativas de los clientes, y que permita responder de forma apropiada a los objetivos de competitividad del mercado. Por ello, en este artículo, a partir de conceptos de autopoiesis se exploraron las posibilidades creativas a través de Grasshopper, *plug-in* del CAD Rhinoceros, para generar superficies con módulos teselables a partir de la aplicación de diagramas de Voronoi en una fuente de inspiración poco explotada: las muestras metalográficas obtenidas por barrido de microscopio electrónico. Se ha recurrido al procedimiento Quality Function Deployment (QFD), que se adapta a las percepciones del cliente, a la tecnología y a los recursos existentes en la industria metalmecánica ecuatoriana, y permite concluir en perspectivas e implicaciones futuras y transversales de esta metodología.

Palabras clave: Diseño de productos, QFD, diagramas de Voronoi.

Abstract

Creativity can be empowered by the application of technology, in order to arouse ingenious ideas that produce disruptive design concepts originated from the shape, followed by the selection and application of materials and their respective manufacturing processes, aimed at introducing them into an unattended market. In the current environment of technological development, manufacturing companies need to implement these changes in their processes. Industry 4.0 and industrial design are part of this transformation that helps to create manufacturing systems that allow the optimization of manufacturing processes and the use of the necessary resources to generate a value proposal that satisfies the needs and expectations of the customers, and that allows to respond appropriately to the competitiveness objectives of the target. In this article, based on autopoiesis concepts, we explored the creative possibilities through the Grasshopper, a plug-in of Rhinoceros CAD, to generate surfaces with tessellable modules from the application of Voronoi diagrams in a barely exploited source of inspiration: the metallographic samples obtained by electronic microscope scanning. We have used the Quality Function Deployment (QFD) methodology, which is adapted to the client's perceptions, technology and existing resources in the ecuadorian metalworking industry, and allows us to conclude on future and transversal perspectives and implications of this methodology.

Keywords: Product design, QFD, Voronoi diagrams.

1. Introducción

La industria 4.0 aplica herramientas digitales en los procesos de diseño y desarrollo de productos (Lasi *et al.*, 2014), lo cual ha revolucionado los intereses y gustos de los consumidores, y esto, a su vez, ha derivado en la apertura de nuevos espacios para la exploración en el diseño, reformulando la relación entre la concepción y la producción de la forma (Schmidt *et al.*, 2015).

De acuerdo con datos del BID (2017), en Latinoamérica y el Caribe aún no se aprovecha del todo la tecnología, y países como Ecuador requieren de acciones para hacer frente a los retos de la sociedad digital global (Véliz *et al.*, 2018). Además, el país no presenta una cultura de diseño difundida entre su población, lo cual es una oportunidad de mercado que puede ser ex-

plotada. Asimismo, con el trabajo conjugado entre el sector del diseño y la industria metalmecánica, se presenta una coyuntura especial en el año 2020 de depresión económica: la necesidad de fabricar productos donde se optimice el uso de materiales y energía, y que satisfagan los requerimientos de los clientes.

El perfil de las empresas metalmecánicas ecuatorianas, según Cercado (2018), ha sufrido varias transformaciones que le han permitido cobrar importancia para la economía de la región. Sin embargo, lo más relevante es que requieren de estrategias de competitividad y de incremento de valor agregado (Quezada *et al.*, 2018), y por esta razón el diseño y la planeación estratégica conllevan a esta industria a seguir mejorando de manera continua.

Para transformar y habilitar las capacidades básicas de manufactura, las empresas deben comenzar a cambiar la manera de crear sus productos, por lo que es necesario incluir en sus actividades, tanto de investigación como de diseño, desarrollo y producción, tecnologías que permitan obtener datos, procesarlos y transmitirlos de manera que todos los actores del sector tengan la posibilidad de sobresalir.

Por esta misma razón se debe enfatizar en el protagonismo de las personas dentro de la industria 4.0, y para lograrlo, en la metodología se emplea el procedimiento QFD. Esta herramienta cualitativa y cuantitativa traduce la voz del cliente a términos técnicos y de operación en la planta productiva de manera controlada, por medio de valoraciones obtenidas de los requerimientos de los clientes, consiguiendo así un producto con alto grado de aceptación (Taguchi, 1993).

Ahora también es pertinente introducir algunos conceptos basados en el modelo teórico de Patrik Schumacher y de su obra *La autopoiesis de la Arquitectura*, que permiten proponer un resultado estructurado dentro de estos sistemas que encajan con disciplinas proyectuales, como es el diseño industrial (Schumacher, 2012; Jácome & Valverde, 2020) y son la motivación del proyecto para que las industrias de la región se potencien.

El proyecto inicia en una imagen del análisis microestructural de un acero para finalizar en el desarrollo de un producto. La aplicación del modelado paramétrico facilita la tarea de creación digital a partir de la inspiración (Ahlquist *et al.*, 2013) de formas obtenidas de la metalografía con el fin de implantar las formas resultantes en el objeto concreto de diseño. Esta búsqueda de la forma se basa en la geometría y se activa mediante la interacción dinámica de parámetros mientras se ejecuta el algoritmo en el software sin afectar las bases tipológicas y topológicas consideradas.

Con definiciones de la geometría fractal, desarrollada por Mandelbrot (1975), se redondea esta investigación, donde el diseñador comienza por establecer las relaciones entre las

superficies, construye su diseño a partir de estas relaciones y las modifica en base a la evaluación y selección de los resultados obtenidos (Navarrete, 2014). Siguiendo esta dirección, se usan como herramienta de diseño los diagramas de Voronoi.

Con el sustento teórico del pensamiento complejo se busca que, durante la definición del diseño, las ideas no se conviertan en una repetición de técnicas, sino que permitan introducir procesos creativos y definiciones que aumenten la capacidad de innovación¹ (Morin & Pakman, 1994). Teniendo en cuenta la complejidad de diseñar productos ajustados a los fundamentos de la industria 4.0, se requiere de una metodología flexible para resolver el diseño, así como de una actitud prolija para encontrar las intenciones del diseño e iterar sobre geometrías complejas. De modo que, la metodología pretende mostrar el desarrollo de una propuesta de diseño ordenada y enfocada en la realidad ecuatoriana considerando el comportamiento de la sociedad y los recursos tecnológicos de manufactura existentes.

2. Materiales y método

La aplicación de la herramienta QFD, esquematizada en la Casa de la Calidad, permitió establecer los determinantes del diseño para precisar el enfoque hacia la búsqueda de la forma que se sintoniza con los deseos sociales y técnicos requeridos por el cliente, para sumar características y factores de relevancia dentro del proceso de diseño (Akao, 1990) y sin olvidar la motivación de la investigación, es decir, las nociones a las que hace referencia el concepto de autopoiesis (León, 2018; Jácome & Valverde, 2020).

El producto obtenido es una silla creada a partir del concepto de diseño paramétrico y de la autopoiesis, establecida en función del estudio morfológico de una imagen microestructural del acero, para la creación de diagramas Voronoi que conforman la estructura del producto.

2.1. Requerimientos del cliente

Según Krajewski y Ritzman (2000), los clientes externos son las personas o empresas que compran el producto o servicio, mientras que los clientes internos forman parte de una organización dedicada a la manufactura de productos. La información sobre las necesidades del cliente externo permite identificar las expectativas que tienen los consumidores y entenderlas en los parámetros de diseño que son precisos conocer para transmitirlos a las empresas metalmecánicas. En la tabla 1 se diferencian los distintos tipos de clientes:

Tabla 1: Identificación de clientes externos					
IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE EXTERNO	Cliente directo		Empresas metalmecánicas: Mirlo, Metalbosco, Metaltronic, INDIMA		
	Cliente indirecto		Empresas de arquitectura, diseño u otros interesados: Adriana Hoyos, Arkilit, Arq. Christian Viteri, Proyecto In Design		
	Cliente experto		Jóvenes y adultos entre 18 a 30 años		
	Distribuidores y Competidores	Competidores		Productos similares	Activistas de la forma (Dra. Fernanda Arias)
				Diferenciación frente a otros productos	Polímeros: PICA, CHEMPRO, Plásticos THOR
		Distribuidores		Novacero, Kubiec, Cedal (Aluminio), Sedemi	Import Aceros, Geroneto, MG

Fuente: elaboración propia, 2020.

En el sector metalmecánico se encuentran diversas empresas (Osterwalder & Pigneur, 2011), las cuales importan, distribuyen y también comercializan los productos elaborados y semielaborados provenientes del extranjero. Por ejemplo, la organización Mirlo, además de la manufactura de sus propios diseños, provee de productos a Adriana Hoyos. Otros, como Metalbosco, Metaltronic e Indima, proveen de motocicletas, bicicletas y prototipos mecánicos a Ecuador. Es necesario mencionar que el sector es considerado dentro del país como uno de los sectores primarios para el desarrollo y de carácter transversal por su influencia en otras áreas industriales y

productivas (Proecuador, 2013). Es por esto que su análisis es trascendente, dado que su participación en el mercado actual augura pronósticos excelentes para el futuro.

Los clientes directos tienen una presencia fuerte dentro del sector metalmecánico del Ecuador y se encuentran operando en el DM de Quito. En relación a los clientes indirectos, estos corresponden a empresas que dan servicios de diseño de interiores y de mobiliario (Adriana Hoyos) y otras dedicadas a la aplicación de diseño arquitectónico (ARKILIT). Por otro lado, organizaciones como la del Arq. Christian Viteri y el Proyecto In Design han irrumpido en el mercado ecuatoriano bajo la

2.2. Prioridades y evaluación del cliente

dirección de profesionales influenciados por el estilo de diseño paramétrico y orientados en su desempeño a la arquitectura y al diseño de interiores.

Dentro del estudio de mercado, además de la competencia indirecta se encontró un proyecto de competencia directa debido a la similitud tipológica de los conceptos de inspiración de tipo geométrico. Se trata del proyecto Activistas de la Forma.

Para el ítem de diferenciación de producto se analizó un sector de la industria ecuatoriana que está tomando nuevos bríos desde el 2018. Estos clientes se encuentran en el puerto de Guayaquil y todos corresponden al procesamiento de polímeros. Finalmente, se tienen empresas de distribución y procesamiento de preformas en cuanto a perfiles y láminas de metal, que aseguran la sostenibilidad de materia prima para la elaboración de la silla.

Se realizó un proceso de estadística descriptiva para medir las necesidades de diseño de un grupo específico, estos datos se obtuvieron de una muestra constituida por jóvenes y adultos de entre 18 y 30 años. Ellos son quienes proporcionan los conocimientos y la comprensión necesaria del entorno, es decir permiten conocer parámetros como: formas de pensamiento, emociones, percepciones de producto, niveles de satisfacción y modelos de consumo, entre otros.

De la muestra se escogió a personas relacionadas con el diseño de producto a través de una de las siguientes categorías: a) estudiantes universitarios, y b) profesionales con primer empleo, todos ellos habitantes del DM de Quito y con acceso directo e indirecto a tecnología de la Industria 4.0. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos, este grupo se clasifica dentro del grupo socioeconómico B y C+, representando el 34% de la población ecuatoriana. A continuación se detallan los datos recolectados de un total de 98 encuestas.

Tabla 2: Medidas de tendencia central de los datos

Ítem	Medidas de tendencia central				
	Media	Mediana	Moda	Desv. estándar	Varianza
Edad (años)	21,92	21	20	2,33	5,42
Pregunta de selección según importancia					
Que la empresa encargada de la manufactura esté comprometida con el ahorro de energía	3,50	3	3	1,45	2,11
Que el producto sea ecuatoriano	3,04	3	3	1,39	1,94
Que el proceso de manufactura se ajuste al modelo de la industria 4.0	3,31	3	3	1,4	1,96
Que se optimice el uso de la materia prima para su elaboración	4,1	5	5	1,42	2,01
Que sea tendencia de diseño de producto	3,08	3	3	1,51	2,27
La percepción de resistencia del material	4,69	5	5	0,89	0,79
La creatividad reflejada en la silla	4,42	5	5	1,12	1,26
El proceso de manufactura	3,56	3	5	1,44	2,08
Que se pueda personalizar	3,44	3	3	1,4	1,95
Que presenten innovación	4,13	5	5	1,19	1,42
Calidad vs. Precio	4,46	5	5	1,07	1,14
Precio (USD-estadounidense)	57,17	50,00	50,00	32,47	1054,60

Fuente: elaboración propia, 2020.

Uno de los requisitos primordiales de los clientes fue la percepción de resistencia del material, por ello la selección de materiales es fundamental para la fabricación de la silla. Además, la mayoría está dispuesta a pagar un precio que oscila alrededor de los 50 USD.

Tabla 3: Porcentajes de evaluación de tres sillas referenciales

Pregunta	Frecuencia (%)			Ninguna de las sillas
	Silla 1	Silla 2	Silla 3	
				
¿Con cuál de las tres sillas se identifica mejor?	20	42	26	8
Teniendo en cuenta la comodidad como algo primordial ¿qué silla es de su preferencia?	22	20	54	-
¿Conoce empresas o estudios de diseño en Ecuador que oferten este tipo de sillas?	Sí	No		
	32	64		
¿Le parece que las sillas son innovadoras?	Poco innovadoras	Innovadoras	Muy innovadoras	
	8	65	23	

Fuente: elaboración propia, 2020.

Con esto se señalan los aspectos sobresalientes acordes a la importancia de cada elemento en el momento de adquisición de una silla en el mercado.

Tabla 4: Prioridades y evaluación del cliente

Ítem	Aspectos evaluados	1	3	5
1	Compromiso con el ahorro de energía		◆	★
2	Producto ecuatoriano	◆	★	
3	Ajuste al modelo de la industria 4.0		◆ ★	
4	Optimización de materia prima		◆	★
5	Tendencia de diseño de producto		◆ ★	
6	Resistencia del material			◆ ★
7	Creatividad	◆		★
8	Proceso de manufactura			★
9	Personalización		★	
10	Innovación		◆	★
11	Calidad vs. Precio		◆	★

★
◆

Nosotros
Competidores

Nivel de importancia	Escala
Alta	5
Media	3
Baja	1

Fuente: elaboración propia, 2020.

2.3. Requerimientos técnicos-matriz de evaluación

En este segmento se excluyeron algunos criterios con el fin de reducir la complejidad para la construcción de la Casa de la Calidad, se seleccionaron sólo los requerimientos funcionales y que pueden ser respondidos para traducirlos en atributos.

Tabla 5: Requerimientos técnicos

		Requerimientos técnicos					
		Durabilidad	Diseño	Geometrización	Aspecto	Materiales	Precio
Requerimientos técnicos	Resistencia	▲					
	Creatividad		▬				
	Optimización			▲			
	Innovación				▬		
	Calidad					▲	
	Precio asequible						●

Fuente: elaboración propia, 2020.

2.4. Evaluación de importancia

En la siguiente tabla se observa cómo la clarificación de las características técnicas en la anterior fase no sólo facilita el diseño del objeto para que responda a los requerimientos del cliente, sino que favorece la detección de ventajas competitivas que merezcan ser explotadas, esto también fomenta la innovación en el diseño.

Símbolo	Fortaleza	Escala
▲	Fuerte	9
▬	Medio	3
●	Débil	1

Tabla 6: Evaluación de importancia

		Aspectos	Resistencia	Calidad del producto	Optimización	Innovación	Precio
EVALUACIÓN COMPARATIVA	NOSOTROS		5	5	5	3	1
	COMPETENCIA		5	5	3	3	1

Fortaleza	Escala
Fuerte	5
Medio	3
Débil	1

2.5. Evaluación de ingeniería

La matriz de ingeniería ofrece una apreciación equilibrada de todas las relaciones que hacen al diseño del producto, e indica a cada sector o área de la empresa las acciones que debe realizar, abriendo así la posibilidad de un debate técnico sobre alternativas y prioridades (Harrington, 1993).

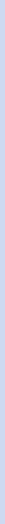
Tabla 7: Evaluación de ingeniería

	Durabilidad (a)	Diseño (b)	Geometrización (c)	Aspecto (d)	Materiales (e)	Precio (f)
Nosotros	+	→	+	→	+	→
Competencia	+	→	+	→	→	▼
TOTAL	10	6	8	6	10	4

Símbolo	Prioridad	Escala
+	Fuerte	5
→	Medio	3
▼	Débil	1

2.6. Matriz de correlación

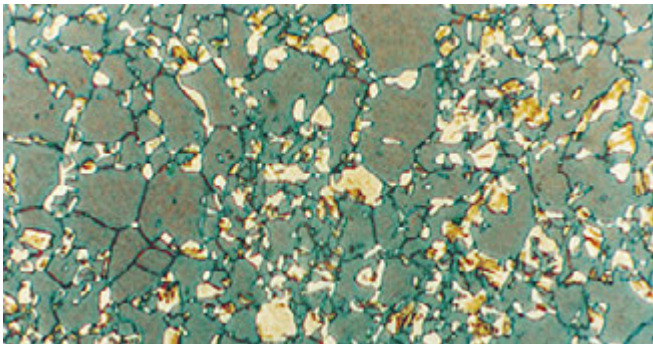
Como fase final de la metodología, se estableció la matriz de correlación que integra a la Casa de la Calidad, la cual pondera cualitativamente los atributos técnicos y su relación unos frente a otros; finalmente, se calculó la importancia de cada una de las características técnicas, y de este modo se obtiene un valor de ponderación total alto de 98 y 84, que sugiere que la mayor atención se centre en los materiales (e) y, en el diseño y geometrización (b y c) del producto, respectivamente, involucrando los demás aspectos que también son la clave para la aceptación y satisfacción del cliente.



¿Que atributos debe reunir una silla?								Evaluación comparativa (1-5)	
	Importancia para el cliente (1-5)	a	b	c	d	e	f	★	◆
Material resistente	5	5	3	2	3	5	4	4	3
Creatividad	3	1	5	4	5	2	1	5	3
Optimización de materia prima	4	3	4	5	3	5	3	5	1
Innovación	4	2	5	5	4	3	1	4	3
Calidad	4	5	2	3	2	5	4	4	4
Asequible	5	1	2	2	2	3	5	2	2
Peso de la columna		17	21	21	19	23	18		
Importancia		73	84	84	76	98	80		

2.7. Análisis

- Aspectos positivos: los clientes buscan sillas que presenten cierto grado de innovación y les interesa la identidad ecuatoriana. Se presta especial atención al diseño considerando la geometrización y la optimización del material.
- Aspectos negativos: se requieren materiales de calidad, por lo tanto, es difícil reducir el precio del producto, aun así, el precio sigue siendo competitivo en el mercado y puede llegar a ser aceptado por el cliente.
- Trazabilidad: a) Explotar la búsqueda de la forma a través de herramientas digitales, presentando una nueva combinación de conceptos, formas y el mejoramiento de otros aspectos que hagan al objeto más atractivo; b) Utilizar potencialmente las herramientas tecnológicas que se tengan al alcance para el proceso de diseño y de manufactura, que son imprescindibles para estar inmersos en la industria 4.0 y alcanzar a mayor parte de los objetivos de la empresa², y c) considerar la búsqueda de otros metales para la elaboración del producto.



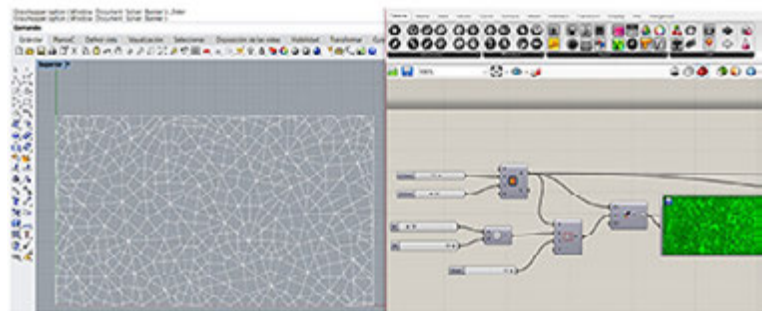
A

3. Resultados

La metodología aplicada otorgó los atributos que se deben plantear como índices paramétricos para la flexibilidad del proceso de diseño, parámetros que, a su vez, corresponden a los aspectos esenciales del modelo autopoiético. A partir de aquí se establecen las fases del diseño que condujeron al resultado de un prototipo digital del objeto deseado y que se pretende cumpla con todos los requerimientos de los clientes de la industria 4.0.

a) Geometrización

En este apartado se muestran los resultados de un análisis metalográfico existente. Se trata de la selección de una metalografía que muestra el tamaño de grano de austenita en aceros microaleados y templados. En dicha selección se ha optado por el más significativo para una correcta comprensión del trabajo, de manera que se puedan identificar los patrones y establecer el módulo base para la teselación.



B

Figura 1: A) Micrografía óptica de luz de acero templado. Fuente: Girault *et al.*, 1998;
B) Representación diagrama de Voronoi. Fuente: elaboración propia, 2020.

Inicialmente, se abordó el análisis de la microestructura a partir de secciones 2D que se obtuvieron gracias al componente Voronoi del plug-in Grasshopper de Rhinoceros. La información visual que ofrece el software permite representar el diagrama B en la figura 1, que se asemeja a una típica imagen de Voronoi, también denominada teselación de Dirichlet, en la que se observan segmentaciones como células, que se aproximan unas a otras formando un patrón poligonal (Shamos & Hoey, 1975). Lo que procede es aprovechar las propiedades del Voronoi y aplicarlas para obtener el módulo base que será indispensable para la trama que conformará la estructura de la silla.

Para garantizar la convergencia hacia los casos elementales que permitan generar una malla estructurada, se emplearon preceptos de autopoiesis que hacen referencia a un sistema más pequeño que es capaz de producir más copias de sí mismas de manera controlada; desde esta perspectiva se obtuvieron las regiones puntuales de análisis.

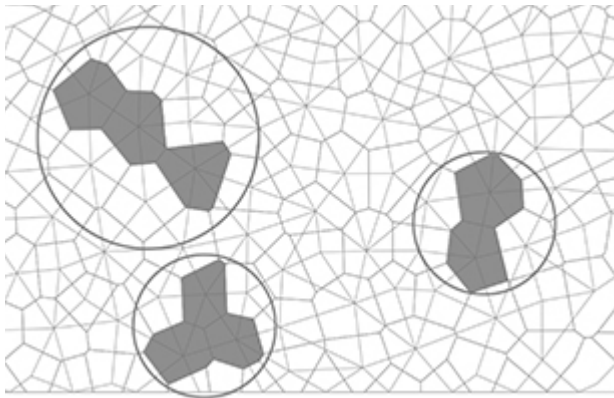


Figura 2. Regiones de análisis. Fuente: elaboración propia, 2020.

De manera que, al calcular la cadena divisoria de cada subcampo, se combinaron las soluciones y se eliminaron las líneas que no forman parte de la cadena. Así se obtuvo lo siguiente:

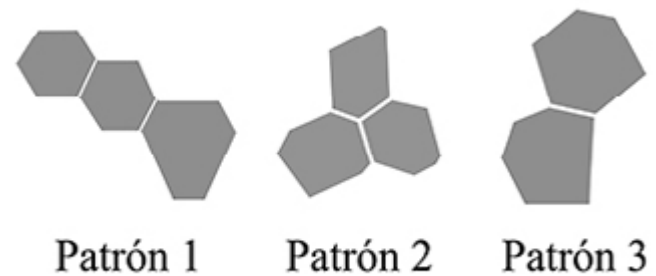


Figura 3. Modelos de patrones Voronoi. Fuente: elaboración propia, 2020.

Dado que el enfoque de la investigación deriva de la búsqueda de la forma, a partir de los tres casos de la figura 3, las teselaciones se pueden definir o resolver a través de la intuición del diseñador para asignar las condiciones topológicas iniciales basándose en la geometría más deseable. Así, se trabajó uno de los patrones para establecer la forma base y el cuerpo de la silla a partir de la programación en nodos, que posteriormente se establecieron como Nurbs. Estas superficies se basan en curvas Bézier o splines (Xie & Qin, 2001). Por lo tanto, parámetros como el grado, los puntos de ajuste, los vértices de control, el peso y la parametrización de nudos son importantes a la hora de definir el Nurb.

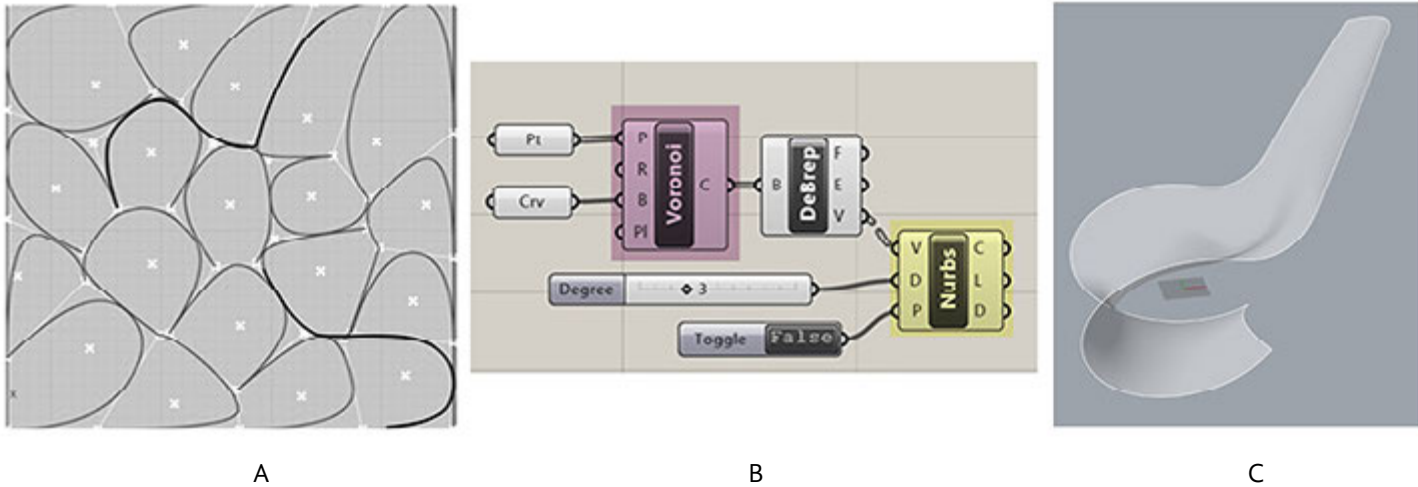


Figura 4. A) Configuración de puntos, B) Parámetros esenciales, y C) Generación superficie. Fuente: elaboración propia, 2020.

Primero se establecieron los centros de los módulos y el límite de extensión del diagrama para replicar los patrones; con la herramienta Voronoi se generó el diagrama para la colección de dichos centros, y con el operador Nurbs se crearon curvas a partir de puntos de control en el diagrama establecido, de modo que modelen una silueta en forma de “s”.³ Finalmente, se procedió a establecer el Nurb básico en el sketch y se emplearon barridos sobre las líneas.

b) De la representación 2D a 3D

Para la fase de exploraciones de la geometría con la superficie, haciendo uso del algoritmo del software, se empezó asignando restricciones geométricas y dimensionales faltantes a las curvas, y entre estas acciones se buscó la optimización

topológica de dicha superficie por motivos de requerimientos iniciales (Hoppe, 1993).

La herramienta BBOX permitió unir la representación de límites Voronoi y los límites obtenidos de la operación *loft* de las curvas Nurbs. Con el operador Disc se garantizó que no existan discontinuidades a lo largo de la curva, y el cajetín Scale permitió escalar los módulos y generar marcos controlados por el Slider a 0.75 puntos.

Diseño paramétrico: aplicación conceptual de la autopoiesis y diagramas de Voronoi a partir de la implementación del método adaptado de función de calidad

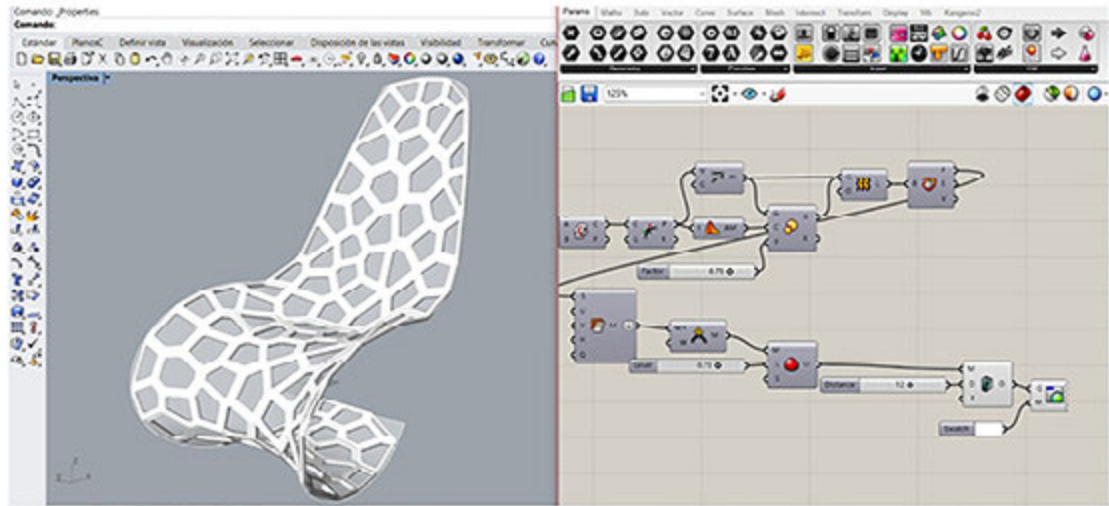


Figura 5. Aplicación de la teselación en la superficie. Fuente: elaboración propia, 2020.

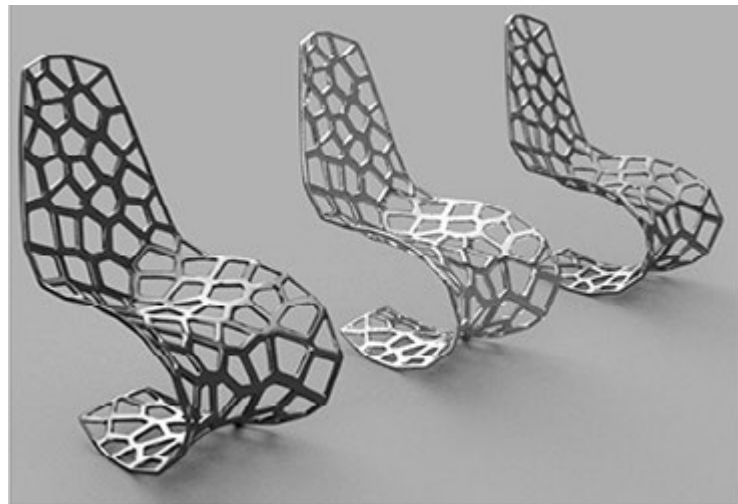


Figura 6. Modelo digital del producto final. Fuente: elaboración propia, 2020.

En última instancia, se procedió a la aplicación de la trama de patrones Voronoi que fue establecida en la fase anterior de diseño 2D, y con el modelo definido sólo resta analizar el área de manufactura y estimar el proceso de construcción para el prototipo físico, sentando las bases de la ponderación objetiva que se obtuvo en la matriz QFD. No obstante, este análisis no es parte de la presente investigación, debido a que la esencia del proyecto era establecer el diseño con la búsqueda de la forma y que pueda ser de alto impacto en la industria mobiliaria para que resulte de provecho para las empresas metalmecánicas interesadas en los lineamientos de la industria 4.0.

4. Discusión y conclusiones

El proceso de exploración y diseño llevado a cabo permitió desarrollar la silla a través de un proceso causa-efecto controlado a través de un algoritmo, utilizando diagramas de Voronoi, e iniciando en la organización de datos de cliente y contexto determinados. No obstante, la configuración espacial obtenida al final del proceso no debe ser entendida como un evento aislado, sino, más bien, como la conjugación de una serie de etapas de exploración y ajuste de las herramientas de diseño.

Desde el punto de vista digital, el proceso consiguió nuevas lógicas a partir del algoritmo base. Y desde el punto de vista físico es necesario investigar una relación directa entre la forma generada y el cómo construirla, esto formará parte de una futura investigación, donde se analizará la manufacturabilidad (Groover, 2007) del producto, ya que es fundamental estudiar cuáles son los parámetros que sería posible programar para obtener una estructura coherente, cuya composición responda a la fluidez de la configuración general.

Se ha cumplido el objetivo de diseñar una silla empleando teoría fundamental de los sistemas autopoieticos de Schumacher, y los patrones de Voronoi que se obtuvieron a través de una exhaustiva búsqueda de formas desde las microestructuras del acero. En relación al estudio de la geometría, las células de Voronoi fueron entendidas desde el principio como la unidad básica del objeto creado, por tanto, su diferenciación y su influencia en el atractivo del producto fue considerado como un punto esencial dentro de las estrategias de diseño.

Por otro lado, el enfoque de las teselaciones centradas en la topología se adaptó mejor a las rutinas de modelado exploratorio, facilitando la tarea de inspirarse en los patrones obtenidos del acero para plasmarlas al diseño concreto de la silla. Uno de los avances más importantes de la fase de exploración fue entender la correlación entre los datos cualitativos y cuantitativos de la investigación, es decir, los atributos que debe poseer la silla, que fueron determinados por el propio cliente, y los resultados formales del algoritmo para generar el modelo.

Además del diseño de la silla, que fue una de las motivaciones principales de la investigación, se logró articular una metodología completa de diseño industrial, que puede ser aplicada en Ecuador para aumentar la competitividad de sus empresas metalmecánicas, convirtiéndolas en empresas que sondan la voz del cliente y, a la vez, vinculadas con las aplicaciones tecnológicas de la industria 4.0 (Bryden, 2014). Asimismo, el avance tecnológico creciente, el diseño interconectado con la ingeniería y la gestión de información, entre otros, dan cuenta de que la Industria 4.0 puede plasmarse en realidad y permiten generar un producto icónico que puede ser demandado por distintos tipos de clientes en Latinoamérica.

Notas

- 1 Dicha innovación puede oscilar entre un mínimo giro en la forma de un producto ya existente (rediseño), y una innovación drástica que introduce no sólo un cambio formal, sino un cambio de fondo (funcional, tecnológico) que modifica sustancialmente al producto.
- 2 Para escribir respecto a la manufacturabilidad es necesario ampliar el alcance de este artículo.
- 3 Esta silueta es similar a la silla icónica Pantón de uno de los diseñadores de gran influencia en la evolución del diseño mobiliario de los años sesenta y setenta (Verner Pantón, 1967).

Referencias

- Ahlquist, S., Lienhard, J., Knippers, J., & Menges, A. (2013). "Physical and numerical prototyping for integrated bending and form-active textile hybrid structures". *Rethinking Prototyping: Proceeding of the Design Modelling Symposium* (pp. 1-14). Berlin.
- Akao, J. (1990). *Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements into Product Design*, Translated by Glenn H. Mazur and Japan Business Consultants, Ltd. Cambridge, Massachusetts.
- Bryden, D. (2014). *CAD y prototipado rápido en el diseño de producto*. Promopress.
- Cercado, M. E. J., & Pilacúa, M. A. N. (2018). "Perfil ecuatoriano de las empresas metalmeccánicas". *Dominio de las Ciencias* (pp. 585-602), 4(1).
- Girault, E., Jacques, P., Harlet, P., Mols, K., Van Humbeeck, J., Aernoudt, E., & Delannay, F. (1998). "Metallographic methods for revealing the multiphase microstructure of TRIP-assisted steels". *Materials Characterization* (pp- 111-118), 40(2).
- Groover, M. P., & Automation, P. (2007). *Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*.
- Harrington, H. J. (1993). "Mejoramiento de los procesos de la empresa". *Mejoramiento de los Procesos de la Empresa*.
- Hoppe, H., De Rose, T., Duchamp, T., McDonald, J., & Stuetzle, W. (1993). "Mesh optimization". *Proceedings of the 20th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. *Ecuador en cifras*. Recuperado de: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/> (Fecha de consulta: 30 de octubre de 2020).
- Jácome, P., & Valverde, M. (2020). "Tecnologías de fabricación y su influencia en el Diseño Industrial". *INGENIO* (pp. 27-36), 3(1).
- Krajewsky, L., & Ritzman, L. P. (2000). *Administración de operaciones: estrategia y análisis*. Editorial Pearson Prentice Hall.
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). "Industry 4.0". *Business & Information Systems Engineering* (pp. 239-242), 6(4).
- León Andrade, V. M., & Meneses Camacho, M. E. (2018). *Propuesta de una metodología de diseño paramétrico como aporte innovador para el proceso de diseño de productos* (Bachelor's thesis, Quito: Universidad de las Américas, 2018).
- Mandelbrot, B. B. (1975). *Les objets fractals: forme, hasard et dimension*.
- Morin, E., & Pakman, M. (1994). *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Gedisa.
- Navarrete, S. (2014). "Diseño paramétrico: El gran desafío del siglo XXI". *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos* (pp. 63-72), (49).
- Osterwalder, A., Pigneur, Y. (2011). *Generación de modelos de negocio. Un manual para visionarios, revolucionarios y retadores*. Barcelona: Deusto.
- Proecuador. (2013). *Análisis del Sector Metalmeccánico*. Instituto de Promoción de Exportación e Inversiones, Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones. Quito: Proecuador.
- Quezada-Torres, W. D., Hernández-Pérez, G. D., González-Suárez, E., Comas-Rodríguez, R., Quezada-Moreno, W. F., & Molina-Borja, F. (2018). "Gestión de la tecnología y su proceso de transferencia en Pequeñas y Medianas Empresas metalmeccánicas del Ecuador". *Ingeniería Industrial* (pp. 303-314), 39(3).
- Schmidt, R., Möhring, M., Härting, R. C., Reichstein, C., Neumaier, P., & Jozinovic, P. (2015). "Industry 4.0-potentials for creating smart products: empirical research results". *International Conference on Business Information Systems* (pp. 16-27). Springer, Cham.
- Schumacher, P. S. (2012). *Autopoiesis of Architecture: Vol. 2: A New Agenda for Architecture*.
- Shamos, M. I., & Hoey, D. (1975). "Closest-point problems". *16th Annual Symposium on Foundations of Computer Science* (pp. 151-162). IEEE.
- Taguchi, G., & Ciriapa, V. (1993). Taguchi on robust technology development.
- Véliz, M. A., Velasteguí, A. M. Y., & Pérez, V. C. (2018). "Perspectivas de la economía digital en Latinoamérica: Caso Ecuador". *3c Empresa: investigación y pensamiento crítico* (pp. 28-43), 7(3).
- Xie, H., & Qin, H. (2001). "Automatic knot determination of NURBS for interactive geometric design". *Proceedings International Conference on Shape Modeling and Applications* (pp. 267-276). IEEE.

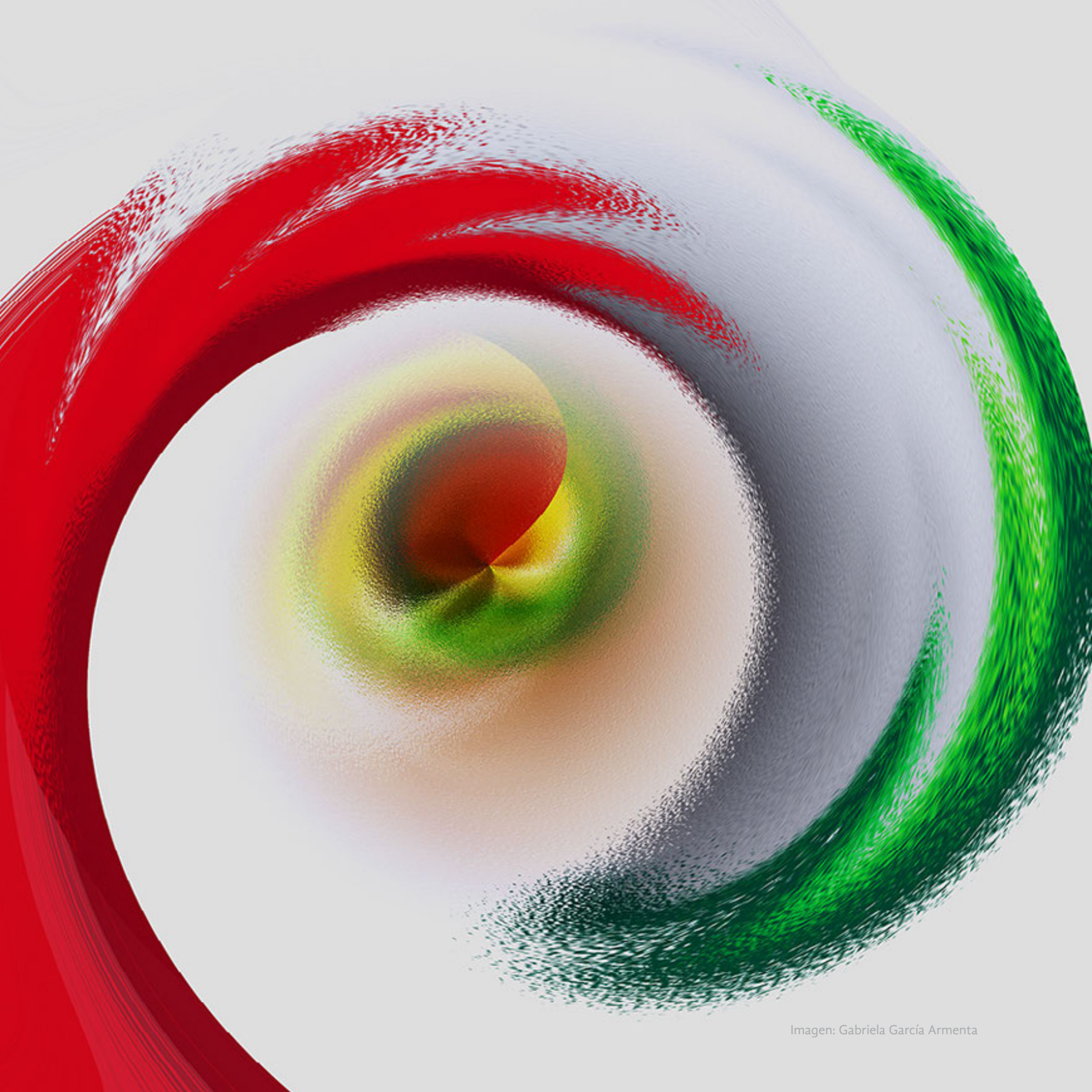


Imagen: Gabriela García Armenta

Diseño de servicios en México: oportunidades y retos

Service design in Mexico: opportunities and challenges

Dr. Marco Vinicio Ferruzca Navarro* Profesor-investigador de la División de Ciencias y Artes para el Diseño en la Universidad Autónoma Metropolitana. Especialización y Maestría en Diseño de Hipermédios. Posgrado en Realidad Virtual por la Fundación Politécnica de Cataluña. Doctor por la Universidad Politécnica de Cataluña en el Programa de Ingeniería Multimedia. Profesor invitado en el Laboratorio de Aplicaciones Multimedia de la Universidad Politécnica de Cataluña y el Centro de la Imagen y la Tecnología Multimedia. Cuenta con más de 15 años de experiencia profesional y de investigación en el diseño, desarrollo y explotación de espacios multimedia. Ha publicado artículos de investigación en diferentes medios nacionales e internacionales indexados. Su actividad de investigación está centrada en diseño e innovación de productos y servicios basados en internet. Tiene la certificación PROMEP y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología en México.

Dra. Carolina Sue Andrade Díaz** Profesora-Investigadora de la UAM-Azcapotzalco en la División de Ciencias y Artes para el Diseño. Coordinadora de Planeación de la División de Ciencias y Artes para el Diseño. Doctora en Diseño y Estudios Urbanos. Maestra en Estudios Organizacionales. Licenciada en Administración. Ha sido consultora en espacios culturales, así como industrias creativas dedicadas a la moda, arte, tecnología y gastronomía. Fue Gerente de vinculación para PPG Comex; en el 2004 colaboró para la Fundación del Centro Histórico de la Ciudad de México y la Fundación Intercambio para la Transformación del Corredor Cultural de Regina en el Centro Histórico de la Ciudad de México. Ha publicado artículos de investigación en diferentes medios nacionales e internacionales. Su actividad de investigación está centrada en diseño estratégico. Cuenta con perfil PROMEP y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología en México.

Resumen

El diseño de servicios ha ganado mucha atención por su impacto en las actividades económicas, principalmente en economías desarrolladas, de tal forma que existen diversas aproximaciones a su estudio con una perspectiva de negocios, ingeniería de la gestión de la información o incluso del diseño. En este artículo se describe el sector de diseño de servicios en México, su importancia desde la perspectiva económica nacional y su prospectiva de desarrollo a futuro.

Palabras clave: Diseño de servicios, economía y tecnologías de la información y comunicación.

Abstract

The Service Design has gained attention for the great impact in the economic activities, especially in developed economies, somehow there is a variety of studies from the point of view of business, engineering, information management or even in design. This paper presents an overview of the service design sector in Mexico, its contribution from a national economic perspective and its prospective of future development.

Keywords: Service design, economy, information and communication technologies.

introducción

El diseño de servicios en México representa un área de oportunidad de crecimiento para el presente, ya que este sector representa un catalizador para la economía y el desarrollo de un país. El presente artículo se divide en 5 apartados, el primer apartado describe dónde se encuentra el sector de servicios en México y su importancia económica; el siguiente apartado se refiere a la importancia del diseño en el contexto nacional; el tercer apartado hace referencia al diseño de servicios; el cuarto apartado hace referencia al diseño de servicios y las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), y, finalmente, un apartado de conclusiones.

I. Panorama económico y los servicios en México

Desde una perspectiva macroeconómica, existen diferentes indicadores cuyo objetivo es medir el crecimiento económico, el desarrollo económico y la calidad de vida de los habitantes en un país; una forma de acercarnos al estudio económico es a partir de analizar la clasificación de actividades económicas.

En el caso de México, y de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en el documento Clasificación para Actividades Económicas (2014), un primer nivel de orden de las actividades económicas se divide en tres aspectos: primarias, secundarias y terciarias (Figura 1)

En las actividades primarias “[...] se sitúan en primer término porque aprovechan los recursos de la naturaleza que no han sufrido una transformación previa” (INEGI, 2014:9); dentro de las actividades primarias se encuentran, por ejemplo, la agricultura, pesca, ganadería y caza, entre otras.

Las actividades secundarias se refieren a la transformación de bienes, como la minería; la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica y agua; la construcción y la industria manufacturera, entre otras.

Finalmente, las actividades terciarias son las relacionadas con la distribución de bienes, operaciones con información, operaciones con activos, servicios cuyo insumo principal es el conocimiento y la experiencia del personal, servicios que tienen que ver con la recreación, servicios residuales y actividades de gobierno, entre otras.

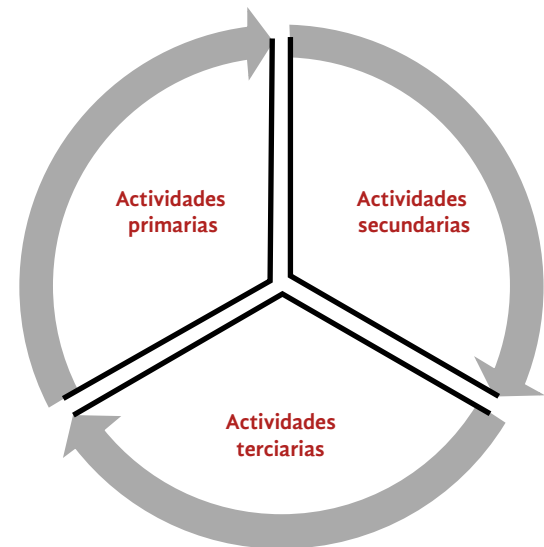


Figura 1. Clasificación de Actividades Económicas
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2015).

De acuerdo con el *Directorio de Unidades Económicas Relacionadas a Servicios por Entidad Federativa*, hasta marzo de 2020 México contaba con 2,314,823 unidades económicas¹ relacionadas a servicios, y se clasifican como a continuación se enlistan, de acuerdo con el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN), instrumento creado por los tres institutos de estadística de los países integrantes del Tratado de Libre Comercio:

- ◆ Información en medios masivos
- ◆ Servicios financieros y de seguros
- ◆ Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles
- ◆ Servicios profesionales, científicos y técnicos
- ◆ Corporativos
- ◆ Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación

- ◆ Servicios educativos
- ◆ Servicios de salud y de asistencia social
- ◆ Servicios de esparcimiento, culturales y deportivos, y otros servicios recreativos
- ◆ Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos
- ◆ Otros servicios, excepto actividades gubernamentales

De acuerdo con los datos de la Tabla 1, las entidades con mayor número de Unidades Económicas son la Ciudad de México y el Estado de México, teniendo una participación conjunta de 472,932 unidades económicas, es decir el 20% a nivel nacional.

Las actividades económicas en el sector servicios son una parte fundamental de la economía en México; es a través de la composición del Producto Interno Bruto (PIB)² que se visualiza su importancia en la economía.

Tabla 1. Unidades Económicas (UE) relacionadas a servicios por entidad federativa

Estado	#UE	Estado	#UE
Estado de México	267,688	Hidalgo	55,019
Ciudad de México	205,244	Coahuila	53,388
Jalisco	160,377	Yucatán	52,831
Veracruz	143,321	San Luis Potosí	50,218
Puebla	125,023	Morelos	47,143
Guanajuato	106,863	Querétaro	41,913
Michoacán	102,574	Tabasco	38,037
Nuevo León	90,756	Quintana Roo	35,587
Oaxaca	89,361	Nayarit	32,659
Chiapas	84,233	Durango	30,228
Baja California	64,593	Zacatecas	29,481
Tamaulipas	63,778	Aguascalientes	28,765
Chihuahua	60,317	Tlaxcala	28,190
Guerrero	58,939	Colima	19,863
Sinaloa	57,712	Baja California Sur	18,212
Sonora	56,472	Campeche	18,038

Fuente: Elaboración propia con base al DENUE (INEGI, 2015)
(Fecha de consulta: marzo 2020)

A continuación, en la Tabla 2 y en la Figura 2 se presenta la distribución del PIB por actividades económicas:

Tabla 2. PIB por actividades económicas

Actividad	Millones de pesos a precios de 2013
Actividades primarias	607,457
Actividades secundarias	5,266,177
Actividades terciarias	11,805,415
Sumatoria	17,679,049

Producto Interno Bruto por actividades económicas
2019, 4T

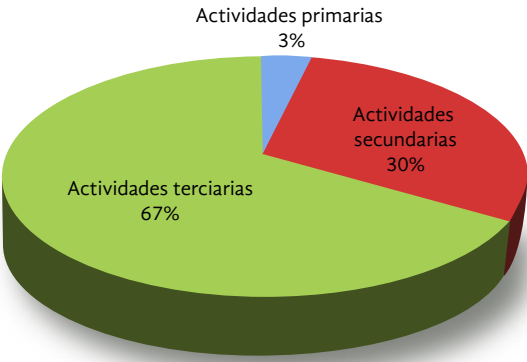
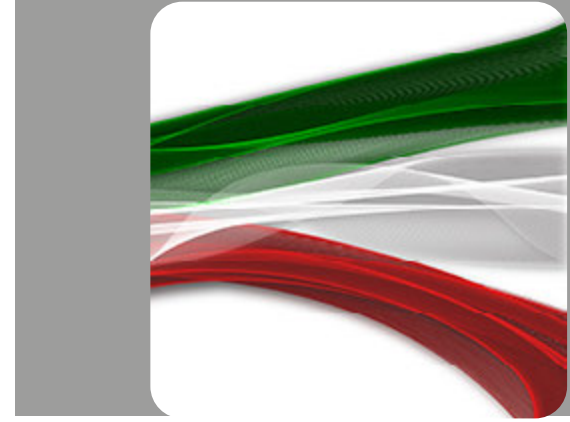


Figura 2. Distribución del PIB en México
Fuente: Elaboración propia con base al INEGI, 2020.

El sector de servicios en México representa un aspecto clave para el crecimiento y desarrollo económico del país, donde se encuentra la mayor concentración de empleos,³ y es en este sector donde se abren nuevos modelos de negocio, como son las telecomunicaciones, servicios financieros, de salud y de diseño, entre otros.

II. Servicios: el aspecto del diseño

Existen múltiples estudios y libros sobre la historia del diseño en México, como puede verse en los trabajos de Álvarez (1981), Salinas (1992), Antuñano *et al* (1992) y Domínguez (1991). Sin embargo, se han realizado pocos estudios orientados a demostrar con datos objetivos el aporte del diseño a la economía de este país. Uno de los trabajos más recientes elaborados con esta orientación es el realizado por Ferruzca *et al* (2013), cuyo fin era modelar el sistema diseño de México para identificar a los agentes de la cultura, de la oferta y de la demanda que integran dicho sistema de diseño definido. Si bien con este estudio se pudo identificar que existe un buen número de agentes cuyo fin es promover la cultura del diseño, también se concluyó que no existen estudios para demostrar cuánto aporta el diseño a la economía mexicana.



...el diseño como actividad económica se puede identificar con el nombre de la rama **diseño especializado y tiene las siguientes subramas: Diseño y Decoración de Interiores, Diseño Industrial, Diseño Gráfico, Diseño de Modas...**

Uno de los grandes hallazgos de este último trabajo fue descubrir que el diseño es reconocido como parte de las actividades económicas registradas en el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN), instrumento creado por los tres institutos de estadística de los países integrantes del Tratado de Libre Comercio. Por lo tanto, la actividad económica del diseño, en sus diferentes subramas, ha estado siendo analizada durante los últimos 4 censos económicos en México. Conforme al SCIAN, el diseño como actividad económica se puede identificar con el nombre de la rama “Diseño especializado” y tiene las siguientes subramas: **Diseño y Decoración de Interiores, Diseño Industrial, Diseño Gráfico, Diseño de Modas** y otros diseños especializados. Cada una de estas subramas está claramente definida en el SCIAN. Si bien, gracias a esta clasificación pueden identificarse datos como cuánto dinero genera cada una de estas ramas o cuántos empleados hay en cada una de estas ramas, por citar un par de indicadores actualmente monitoreados, también es cierto que sólo representan a los profesionales del diseño que prestan sus servicios a otras empresas. En la realidad, no se tiene un dato preciso de cuántos diseñadores se desempeñan dentro de otros sectores de la economía. En consecuencia, los datos oficiales de la rama “Diseño Especializado” no necesariamente reflejan el verdadero aporte de la disciplina del diseño a la economía.

A pesar de las limitaciones que pudiera tener el SCIAN, el INEGI puede medir la actividad económica del diseño con las restricciones establecidas en este sistema de clasificación de actividades económicas.

Según datos del Censo Económico 2018 realizado en México por parte del INEGI (<https://www.inegi.org.mx/app/saic/>), la rama de Diseño Especializado tuvo una producción bruta total de 127,473 millones de pesos, que representa tan sólo el 0.014 % de la producción bruta total nacional, equivalente a 839,956,138 millones de pesos. No obstante, esta pequeña aportación fue generada por un total de 4,862 unidades de negocio que brindan formalmente sus servicios de diseño en el país. En 2014, la aportación fue de 2,723,120 millones de pesos, en 2009 de 5,177,412 millones de pesos, mientras que en 2004 fue de 5,026.756 millones de pesos. Ver Tabla 3.

Tabla 3. Producción Bruta Total Diseño Especializado (INEGI, n.d)

Año Censal	Entidad	Actividad económica	UE Unidades económicas	A111A Producción bruta total (millones de pesos)
2018	00 Total Nacional	Total nacional	4,800,157	893,956,138
2018	00 Total Nacional	5414 Diseño especializado	4,862	127,473
2014	00 Total Nacional	Total nacional	4,230,745	13,984,313,218
2014	00 Total Nacional	5414 Diseño especializado	2,234	2,723,120
2009	00 Total Nacional	Total nacional	3,724,019	11,235,922,228
2009	00 Total Nacional	5414 Diseño especializado	3,363	5,177,412
2004	00 Total Nacional	Total nacional	3,005,157	6,410,434,699
2004	00 Total Nacional	5414 Diseño especializado	3,580	5,026,756

Fuente: Elaboración propia con base en Censos Económicos INEGI 2018, 2014, 2009 y 2004. Resultados definitivos.

Por otra parte, en tiempos recientes, la actividad del diseño en México pareciera que ha cobrado mayor presencia a nivel nacional, si se consideran las denominaciones de la ciudad de Puebla y la Ciudad de México como miembros de la Red de Ciudades Creativas de la UNESCO bajo la categoría de “Diseño” en 2016 y 2017, respectivamente. Por su parte, Querétaro recibió la misma denominación en 2019. La intención con estos nombramientos es que esta disciplina se convierta en una herramienta estratégica para el desarrollo de ambas ciudades. Cabe destacar que el trabajo detrás de las candidaturas ha sido impulsado por diferentes instancias de gobierno, del sector privado y la academia.

Asimismo, en 2018 la Ciudad de México obtuvo la designación de “Capital Mundial del Diseño” por parte del World Design Organization. Este hecho conlleva la responsabilidad de hacer que la disciplina mejore la calidad de vida en un sentido integral de todos los que habitan esta ciudad. Gobierno, academia y sector privado han trabajado juntos para conseguir esta designación.

En síntesis, puede concluirse que el diseño en México tiene unas raíces que pueden ser analizadas para comprender la evolución de la disciplina en este país. Que hay toda una tradición de educación en diseño con más de 50 años de antigüedad en México, que también puede ser estudiada para comprender mejor este campo de trabajo, y que también se han realizado algunos esfuerzos por identificar la aportación del diseño como actividad económica durante los últimos 26 años, a raíz de la firma del Tratado de Libre Comercio en 1994. El reconocimiento de la disciplina de diseño como motor de desarrollo por algunas entidades del país sugiere que hay un mayor reconocimiento de los aportes de la disciplina que deberán demostrarse con hechos en los próximos años.

El reconocimiento de la disciplina de **diseño** como motor de desarrollo por algunas entidades del país sugiere que hay un **mayor reconocimiento de los aportes de la disciplina** que deberán demostrarse con hechos en los próximos años.

III. El Diseño de servicios

El diseño de servicios es un campo relativamente nuevo que ha cobrado importancia en los últimos años en Latinoamérica. Este auge también ha ido en paralelo al crecimiento de las actividades en el sector servicios, en comparación con las del sector industrial. Sin embargo, el diseño de servicios tiene más de 20 años de desarrollarse en otras áreas geográficas económicamente más desarrolladas. Secomandi y Snelders (2011) sugieren que poco a poco los diseñadores han ido incorporando en su discurso el tema de los servicios, además de que han mostrado un mayor interés en desarrollar investigación en este campo, derivado de la idea de que los diseñadores de servicios crean múltiples puntos de interacción entre los proveedores de servicios y sus usuarios, que pueden incluir artefactos materiales, entornos, *apps* (aplicaciones digitales), etcétera.

Autores como Kuosa *et al.* (2012:7) señalan que no se puede identificar con claridad y precisión el origen del término diseño de servicios, pero si se puede identificar que su formalización surge junto con otros dos conceptos: *design thinking* y *co-design*. Destacan que los tres conceptos tienen sus raíces en el concepto general de diseño, el proceso de diseño y el diseño participativo. Adicionalmente, ubican el diseño de servicios como una alternativa de formación profesional en el año de 1991 en la Köln International School of Design (KISD), institución que junto con otras universidades de renombre, como el Politécnico de Milán, lanzaron en 2004 la creación de la Service Design Network, que hoy integra a académicos y profesionales de todo el mundo (véase <https://www.service-design-network.org/>).

Existen otros autores que pudiéramos considerar que introdujeron el concepto de diseño de servicios al reconocer o proponer que el diseño no sólo integra componentes materiales e inmateriales. Muchas de estas definiciones acercan el concepto de diseño de servicios a la disciplina del diseño, rebasando la frontera tradicional de su entendimiento desde las disciplinas de la administración y el marketing. El Consejo de Diseño del Reino Unido (2018) también propuso que el diseño de servicios es acerca de hacer que los servicios sean útiles, usables, eficientes, eficaces y deseables. Otras definiciones también han sido propuestas por Stefan Moritz, Birgit Mager, Engine Service Design, Frontier Service Design, Continuum, etcétera.

El diseño de servicios también se ha fundamentado en el diseño de la interacción y en el diseño de la usabilidad.



Estos dos términos han estado presentes más tiempo entre la comunidad de diseñadores, y sus orígenes podrían encontrarse en las ciencias de la computación, donde el concepto interfaz del usuario apareció en la década de los ochenta. Incluso, se ha llegado a considerar que el concepto diseño de la interfaz del usuario se adaptó a la profesión a la actividad de diseño industrial. Bill Moggridge and Bill Verplank fueron los primeros diseñadores en acuñar el término diseño de la interacción, en lugar del concepto SoftFace, para referirse al potencial que el diseño tenía dentro de las ciencias de la computación (Löwgren, s.f.).

Para Kuosa en Design Tree (2012), aunque el término diseño de servicios parece novedoso, los diseñadores industriales han estado trabajando con este particular tipo de diseño desde hace tiempo, considerando que los servicios son parte del proceso de diseño de producto. Lo mismo apuntan autores como Holopainen (2010), no obstante, enfatiza que los diseñadores tienen una participación menor dentro de las compañías de servicios.

En la actualidad, el diseño de servicios se ha visto contagiado por los procesos participativos en donde clientes, proveedores, productores y otros *stakeholders* (personas u organizaciones afectadas por las decisiones y/o actividades de una empresa) trabajan juntos desde un principio en la concepción, desarrollo, lanzamiento y mantenimiento de un sistema de producto-servicio. Además, se ha asociado a otros conceptos, como la economía de experiencia o las experiencias de servicios. El diseño de servicios se está viendo fuertemente afectado por otros fenómenos tecnológicos, como la industria 4.0 y los medios sociales.

La capacidad que
tenga un país para
desarrollar y adoptar
las tecnologías de
la información y la
comunicación es un
elemento clave
para afrontar la
cuarta revolución
industrial que ya ha
iniciado.

IV. El diseño de servicios y las TIC

La capacidad que tenga un país para desarrollar y adoptar las tecnologías de la información y la comunicación es un elemento clave para afrontar la cuarta revolución industrial que ya ha iniciado. Esta última revolución ha traído consigo nuevas tecnologías, como el internet, la impresión 3-D, la inteligencia artificial, etcétera. Según Schawb (2016), trata de una revolución donde la frontera entre lo físico, lo digital y lo biológico parece fusionarse.

Hoy los clientes demandan nuevas experiencias, cada vez más complejas gracias a la revolución digital. Stickdorn *et al.* (2018) señalan que hoy los consumidores tienen acceso a más canales de información que pueden incidir en su decisión de compra y consumo. Las redes sociales, así como los nuevos medios de comunicación, de interacción y de conexión (sociales) facilitan que las personas compartan sus experiencias con otras y que construyan conversaciones.

La versión de 2016 del documento *The Global Information Technology Report* (World Economic Forum & INSEAD, s.f.) destaca dos ideas que, desde la perspectiva de estos autores, están conectadas con el diseño de servicios en el contexto actual:

1) La innovación se basa actualmente en tecnologías digitales y los nuevos modelos de negocio que de ésta se desprenden.

2) La manera en que las empresas adopten las TIC será un elemento clave para su desarrollo.

La necesidad de innovar se da en un contexto que cambia constantemente y donde todo está conectado, los ciclos de los negocios se acortan y la información existente es ubicua, lo que dificulta la propiedad intelectual (Stickdorn *et al.*, 2018).

Respecto a la capacidad que tienen las empresas para adoptar las TIC e innovar, países como Finlandia y Estados Unidos sobresalen, ubicándose en el grupo de los primeros siete países, muy por encima de otros países o incluso regiones, como Latinoamérica (World Economic Forum, s.f.), pero esta adopción también está relacionada con la capacidad que tiene un país para impulsar las TIC a favor de mejorar la competitividad y el bienestar. México aún está muy lejos de disponer de una política eficaz que contribuya a este fin. Según el *Networked Readiness Index* (s.f.), México ocupa la posición 76 de un total de 139 países que participan en dicha medida. De hecho, el país sufrió un descenso, pues en 2015 ocupaba la posición 69, siendo superado en el último año por países como Bulgaria, Grecia, Moldavia, Brasil, Indonesia, Seychelles y Serbia, mientras que los primeros lugares son ocupados por países como Singapur, Finlandia, Suecia, Noruega, Estados Unidos, Holanda, Suiza y Reino Unido.

Los aspectos que inciden en un mejor o peor desempeño en la adopción de las TIC por parte de un país pasan por atender los siguientes aspectos: política regulatoria del uso de la TIC, entorno para promover la innovación y los negocios, infraestructura, accesibilidad, habilidades, consumo individual, consumo en la empresa, consumo en el gobierno, impacto económico e impacto social.

En el caso de México, la industria de las TIC es un área con mucho potencial que ha venido mostrando un crecimiento considerable en los últimos años, a pesar de que tampoco ha despegado. Según datos de la Secretaría de Economía, esta industria contribuyó con un 4.1% del PIB en 2014.

El país es reconocido a nivel internacional por el gran impulso que ha dado al desarrollo de software, pero también se ha identificado por explotar poco la producción de valor agregado en esta industria. Aún hace falta mucho trabajo para explotar mejor las ventajas competitivas de México en este sector, como son (IMCO, 2014): mayor aprovechamiento del talento que se forma en esta rama, una ubicación geográfica clave para realizar negocios, capacidad exportadora que lo coloca en tercer lugar a nivel mundial y que es el segundo país en Latinoamérica con mayor recepción de inversión.

Para el actualmente extinto PROMÉXICO, entendido como una instancia del Gobierno de México que promovía el comercio y la inversión internacional, las TIC representaban un medio de gran importancia para promover la innovación en todos los sectores de la economía, debido a que dan soporte a una amplia diversidad de actividades tan complejas como un sistema robotizado de ensamble de algún tipo de producto, pasando por el diseño de aplicaciones móviles o el desarrollo de animaciones.

El potencial que tienen las TIC, aunado a la disrupción causada por la cuarta revolución industrial, han contribuido a que la economía digital vaya creciendo. Sin embargo, ésta ha sido acelerada como consecuencia de la emergencia sanitaria derivada del virus COVID-19. La pandemia en cuestión ha traído consigo la transformación digital de las organizaciones, independientemente del sector al que pertenecen. Las escuelas han tenido que ofertar sus cursos de manera virtual por completo, los micronegocios están en la búsqueda de formas a través de las cuales poder seguir brindando sus productos y servicios a los consumidores, los ciudadanos buscan estar en comunicación con sus seres queridos a través de servicios basados en plataformas digitales de comunicación, pero, sobretodo, se ha revelado la necesidad de desarrollar tecnología digital para buscar dar una respuesta global a la pandemia (World Economic Forum, s.f.), diseñar sistemas de visualización de la información para monitorear a nivel mundial el desarrollo de la pandemia, diseñar caretas 3D para su pronta distribución entre la población y el uso de sistemas de geolocalización para monitorear la reducción de la movilidad en las ciudades, entre otro tipo de tecnologías, son sólo algunas de las soluciones digitales que se han desarrollado en un tiempo récord con el fin de poder compartir información, así como de dotar de elementos a la población mundial para que se mantenga a salvo.

V. Conclusiones

El sector económico de los servicios es un factor importante para la economía nacional e internacional, ya que representa un catalizador de cadenas de valor, generación de empleos y cambios de paradigmas en la forma en que nos relacionamos con el mundo, y cómo las organizaciones ofrecen experiencias a sus usuarios/consumidores.

La generación de políticas públicas en torno a la regulación, la creación y el fortalecimiento de este sector permitirá tener las bases para el crecimiento y desarrollo económico del país, que puede traducirse en mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Los datos revisados en el presente trabajo arrojan que el sector de servicios es la principal actividad económica que aporta al producto interno bruto de este país.

Desde la perspectiva docente, es fundamental que los futuros diseñadores tengan conocimiento de este sector, debido a que pueden agregar valor en términos de mejorar la experiencia de interacción del usuario con un producto-servicio. Hoy los usuarios adquieren productos, pero también servicios, que utilizan en línea y que por lo tanto implican el diseño de una interfaz gráfica para facilitar las acciones que ejecuta. En el fondo, detrás del concepto de diseño de servicios hay términos que son familiares para los diseñadores, sobre todo para los diseñadores industriales, es el caso de los conceptos de interacción y usabilidad. Esta situación permite que los diseñadores puedan tener un papel clave en el desarrollo de la economía digital, sobre todo si consideramos que en los próximos años aparecerán nuevos modelos de negocio digitales que requerirán del diseño de experiencias centradas en los usuarios, por ejemplo, el diseño de contenidos digitales de alta calidad, interfaces digitales fáciles de usar a través de soluciones de realidad extendida (realidad virtual + realidad), diseño de contenidos para impresión 3D bajo demanda, etcétera. Los diseñadores tienen la capacidad no sólo de asistir a aquellos negocios que demanden los servicios de diseño para generar nuevo valor agregado para sus usuarios a través de brindarles nuevas experiencias, también puede crear nuevos modelos de negocio basados en este modelo de desarrollo económico.

En el contexto de la pandemia del COVID-19, como se ha intentado argumentar, la explosión de servicios digitales en diferentes ámbitos abre una oportunidad para que el diseño como disciplina asuma su papel en esta nueva normalidad y contribuya a mejorar la necesidad de los usuarios a través de la interacción con mensajes, objetos y espacios, sean estos físicos o virtuales.

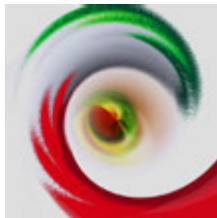
Finamente, el mundo actual en el que vivimos está sometido a diversas fuerzas que están transformando la manera en que vivimos, nos movemos, nos comportamos, etcétera, a saber: la producción y la manufactura avanzadas, los materiales avanzados, la inteligencia artificial y la robótica, la biotecnología, las comunicaciones digitales, los drones, etcétera. Para el diseño es de suma importancia seguir de cerca estas grandes transformaciones, porque generarán nuevos sistemas de producto-servicio para los usuarios, nuevos comportamientos de consumo y nuevas formas de interactuar.

Notas

- 1 De acuerdo con el *Directorio de Unidades Económicas*, contemplando actividades primarias, secundarias y terciarias, el número total de unidades asciende a 5,487,061. (Fecha de consulta: marzo 2020).
- 2 El Producto Interno Bruto es un indicador económico que refleja el comportamiento monetario de productos y servicios en un país en un periodo determinado.
- 3 De acuerdo con la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo del 4to. trimestre de 2019, 73.5% de la población económicamente activa se encuentra laborando en el sector servicios.

Referencias

- Álvarez, M. (1981). *Surgimiento del diseño en México*. México: Universidad Iberoamericana, Cuadernos de Diseño.
- Antuñano, J. S., Gutiérrez, M. L., & Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco. División de Ciencias y Artes para el Diseño (1992). *Contra un diseño dependiente*. 2da. ed. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Design Tree (2012). "In Service Design: On the Evolution of Design Expertise". *Research Reports Part 17* (pp. 11-22).. Lahti University of Applied Sciences, Series A.
- Domínguez Macouzet, A. (1991). *Diseño mexicano industrial y gráfico*. México: CODIGRAM.
- Ferruzca, M. V., Lozano, A., Rodríguez, J., Ramírez, C. I., Zafra, I. A., Kitahara, M. H., Molina, S. L., Zizumbo, A. M., Martínez, G. D., Badillo, S. H., & Loyola, R. S. (2013). *Diseño mx: Modelado del sistema diseño de la ciudad de México*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Kuosa, T., & Westerlund, L. (s.f.). *Service Design: On the Evolution of Design Expertise*. Tuomo Holopainen, M. (2010). "Exploring service design in the context of architecture". *The Service Industries Journal* (pp. 597-608), 30(4).
- Secomandi, F., & Snelders, D. (2011). "The object of service design". *Design Issues* (pp. 20-34), 27(3).
- Stickdorn, M., Hormess, M. E., Lawrence, A., & Schneider, J. (2018). *This is service design doing: Applying service design thinking in the real world*. O'Reilly Media.
- Salinas Flores, O. (1992). *Historia del diseño industrial*. México: Trillas.



- Löwgren, J. (s.f.). *Interaction design-brief intro*. The Interaction Design Foundation. Recuperado de: <https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed/interaction-design-brief-intro> (Fecha de consulta: 20 de mayo de 2020).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2014, Enero 1). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. (DENUE). Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/> (Fecha de consulta: 24 de mayo de 2020).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2015). Clasificación para Actividades Económicas
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2020, Abril 30). Por actividad económica. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/temas/pib/> (Fecha de consulta: 24 de mayo de 2020).
- INEGI. (s.f.). Censos Económicos. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/app/saic/> (Fecha de consulta: 24 de mayo de 2020).
- Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO) (2014, Abril) *Los Emprendedores de TIC en México: Recomendaciones de política pública para su nacimiento, crecimiento y consolidación*. Recuperado de: https://imco.org.mx/wp-content/uploads/2014/05/20140507_Los_Emprendedores_de_TIC_en_Mexico.pdf (Fecha de consulta: 18 de marzo de 2020).
- Design Council (2018, Abril 6). *Design methods for developing services*. Recuperado de: <https://www.designcouncil.org.uk/resources/guide/design-methods-developing-services> (Fecha de consulta: 18 de mayo de 2020).
- Schwab, K. (2016, Enero 14). *The fourth Industrial Revolution: What it means and how to respond*. World Economic Forum. Recuperado de: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/> (Fecha de consulta: 12 de mayo de 2020).
- World Economic Forum. (s.f.). *Strategic intelligence* | World economic forum. Strategic Intelligence. Recuperado de: <https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb0000001SH21EAG?tab=publications> (Fecha de consulta: 12 de mayo de 2020).
- World Economic Forum, & INSEAD. (s.f.). *The Global Information Technology Report 2016*. World Economic Forum - Home. Recuperado de: https://www3.weforum.org/docs/GITR2016/WEF_GITR_Full_Report.pdf
- World Economic Forum. (s.f.). Networked readiness index. Global Information Technology Report 2016. Recuperado de: <https://reports.weforum.org/global-information-technology-report-2016/networked-readiness-index/> (Fecha de consulta: 12 de mayo de 2020).

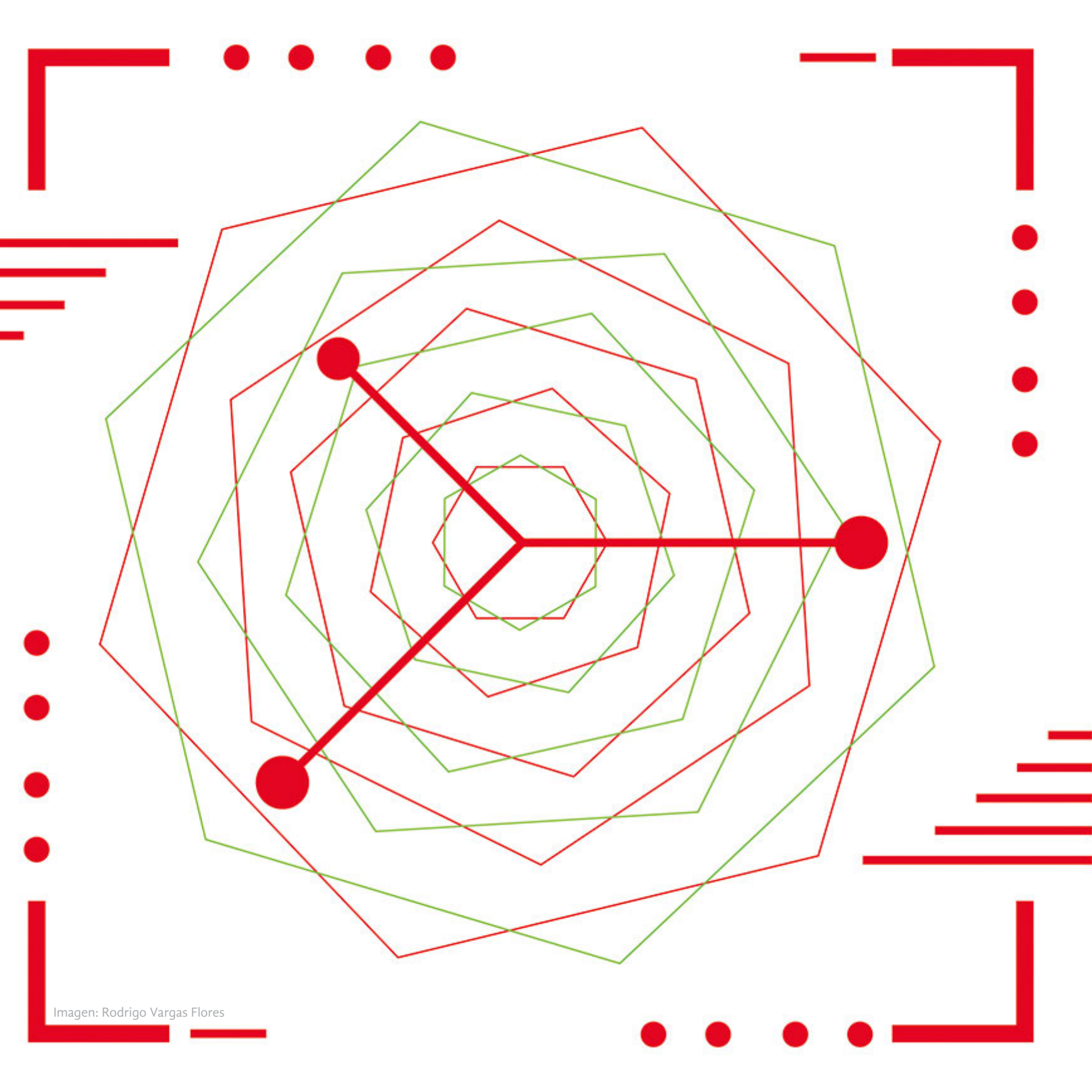


Imagen: Rodrigo Vargas Flores

Aplicación tecnológica en la visualización de la información digital para el diseño arquitectónico sustentable

Technological application in the visualization of digital information for sustainable architectural design

Luis Ángel Meza Zárate* Ingeniero Arquitecto por el Instituto Politécnico Nacional, Especialista y Maestro en Diseño en la línea de Arquitectura Bioclimática y Doctorando en Diseño y Visualización de la Información en CYAD/UAM-Azcapotzalco. Profesional con 14 años de experiencia en el campo del diseño, administración de la construcción y edificación sustentable. Desarrollador de contenido para distintas universidades privadas a nivel licenciatura y profesor a nivel maestría en diversas especialidades.

Román Anselmo Mora Gutiérrez** Ingeniero forestal industrial por la Universidad de Chapingo, Maestría y Doctorado en Ingeniería-Sistemas de Investigación de operaciones por la UNAM. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, escritor, editor, catedrático, conferencista y docente de tiempo completo. Cuenta con diversas publicaciones y aportaciones científicas, libros y más de 10 artículos en revistas científicas indexadas.

Resumen

¿Puede la tecnología potenciar la visualización de la información digital y el diseño arquitectónico generando un entorno que promueva y fomente el confort? ¿La tecnología digital puede generar recomendaciones en la morfología de la arquitectura contemporánea? Con un mundo cambiante y con el reto de fomentar mejores y buenas prácticas en el diseño que promuevan el bienestar del ser humano, la presente investigación se enfoca en el uso y desarrollo de tecnología como una herramienta de análisis que permita visualizar y potenciar el diseño apoyado de inteligencia artificial. La visualización de información digital y la generación de recomendaciones de diseño que garanticen el confort del usuario son los resultados de la influencia que tiene el uso correcto de la tecnología como elemento integrador

Abstract

Can technology enhance the visualization of digital information and architectural design by creating an environment that promotes and encourages comfort? Can digital technology generate recommendations in the morphology of contemporary architecture? With a changing world and with the challenge of promoting best and best practices in design that promote human well-being, this research focuses on the use and development of technology as an analysis tool that allows visualizing and enhancing design, supported by artificial intelligence. The visualization of digital information and the generation of design recommendations that guarantee user comfort are the results of the influence that the correct use of technology has as an integrating element

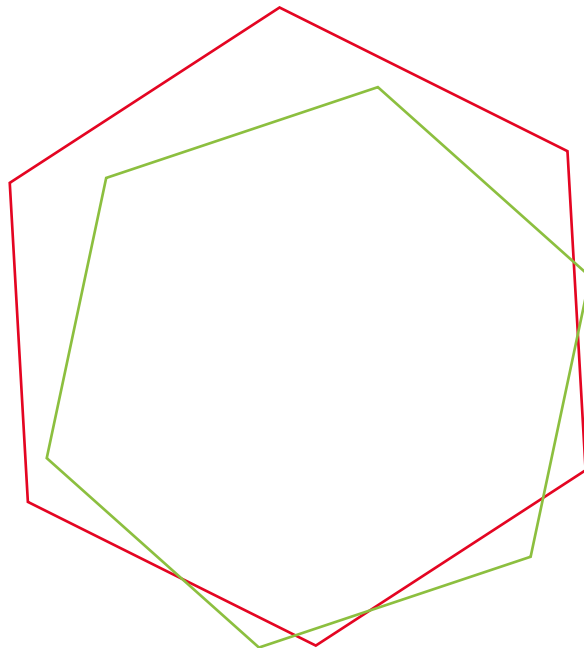


que puede aplicarse en cualquier parte de México. El objetivo central de la investigación es difundir la influencia de la tecnología en la generación de proyectos arquitectónicos sustentables y que puedan ser simulados con éxito en diferentes contextos naturales para la toma de decisiones al momento de diseñar. Se desarrolla un modelo y una técnica de optimización, como una herramienta digital accesible y práctica para los interesados en el proceso del diseño, permitiendo generar principios básicos de morfología arquitectónica que logre los estándares de calidad de vida deseados, mejorando el confort y el grado de bienestar y habitabilidad de los usuarios.

Palabras clave: Tecnología, visualización de la información digital, diseño arquitectónico, inteligencia artificial, confort, modelo de optimización.

that can be applied anywhere in Mexico. The main objective of the research is to spread the influence of technology in the generation of sustainable architectural projects that can be successfully simulated in different natural contexts for decision-making when designing. An optimization model and technique is developed, as an accessible and practical digital tool for those interested in the design process, allowing the generation of basic architectural morphology principles that achieve the desired quality of life standards, improving comfort and the degree of welfare and habitability of users.

Key words: Technology, digital information visualization, architectural design, artificial intelligence, comfort, optimization model.



Introducción



La arquitectura es **proyectar, programar, administrar y edificar espacios estéticos en armonía** con el medio ambiente y, sobre todo, que respondan a una necesidad en particular y que sean **confortables** para el usuario. Por lo tanto, en esta investigación partimos de la siguiente pregunta para comenzar a profundizar en la lectura del trabajo: ¿la tecnología digital puede generar estrategias de diseño que permitan definir la morfología de la arquitectura para lograr condiciones de confort o simplemente son herramientas de visualización de la arquitectura?

Anteriormente, los grandes cambios en las tendencias del diseño y la ingeniería estaban marcados por el descubrimiento y usos de nuevos materiales, como el vidrio y el acero. Sin embargo, a finales del siglo XX y principios del siglo XXI, las nuevas tendencias en la forma en que se concebía y programaba el diseño arquitectónico se debía al desarrollo de las tecnologías digitales como herramientas que sirven para potenciar el acto analítico y creativo del arquitecto (Schumacher, 2004). Dicho esto, para generar una arquitectura que responda a las necesidades del usuario y al medio ambiente, debemos de posicionarnos frente a un nuevo estilo de diseño, que pone de manifiesto la extraordinaria capacidad de artefactos tecnológicos para su creación y, sobre todo, para enriquecer al universo del diseño y a la arquitectura con nuevos métodos y procedimientos para solucionar problemas y necesidades.

Con el apoyo de la tecnología, más allá de la actividad esencial del diseño, se pueden identificar y desarrollar una serie de nuevos conceptos y métodos que son diferentes de los métodos de ejercicios arquitectónicos tradicionales. En consecuencia, se puede hablar de la aparición de un nuevo paradigma o método en el diseño contemporáneo: la arquitectura digital como un nuevo lenguaje o tendencia arquitectónica en la consecución de objetivos y solución de requerimientos especiales.

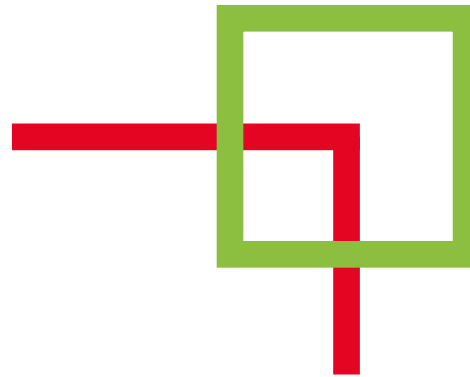


**“La arquitectura es
*proyectar, programar,
administrar y edificar
espacios estéticos en
armonía* con el medio
ambiente”**



Es importante considerar que utilizar métodos en la proyección de la arquitectura es necesario para poder acercarse a una respuesta más acertada y cada vez menos prematura o inacabada (Rodríguez, 1989). Según el autor, la solución a los problemas que enfrenta la práctica de la arquitectura, es a través de un proceso ordenado, el cual, al ser desarrollado de forma correcta, tendrá recompensas satisfactorias al final del trabajo.

Por otro lado, al seguir creciendo las actividades humanas que demanden mayor consumo de recursos y una expansión masiva de la urbe, las zonas urbanas y las edificaciones en general necesitarán diseñarse, adaptarse y equiparse con nuevas estrategias para la generación y consumo de energías limpias, que busquen encontrar un equilibrio entre el elemento natural y el medio construido. Es por ello que el diseño sustentable en cualquier proyecto cobra importancia demandando el análisis detallado para proponer estrategias, con el objetivo principal de que todo diseño logre la eficiencia energética para resolver las necesidades de habitabilidad y mitigar el cambio climático. En el año 2011, Rubio concluyó que el sector de la construcción es responsable de, aproximadamente, el 40% de



los impactos negativos que se causan al medio ambiente. Por ello, en respuesta a la situación medioambiental actual, se incorporan nuevas tendencias y formas de pensamiento, como **la arquitectura bioclimática y sustentable**, que considera las condiciones del clima y los recursos disponibles del sitio donde se localizará el edificio, con el fin de **disminuir los consumos de energía desmedidos, el impacto ambiental y, sobre todo, garantizar el confort del ser humano** aprovechando las condiciones naturales del sitio.

Entonces, en la era donde la arquitectura digital y el cuidado al medio ambiente cobra mayor relevancia en el proceso del diseño, es de suma importancia para esta investigación **desarrollar nuevos conceptos y procesos** que den rigor al proceso de generación desde un punto de vista sistémico e integral, es decir, considerando **la integración de la tecnología en el análisis de datos, la visualización de la información, los modelos de optimización, el uso de software y la arquitectura sustentable**, para generar recomendaciones de diseño, que garanticen el confort y la habitabilidad del usuario.

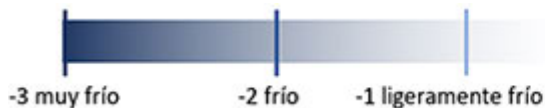


El confort

El confort del usuario es el **objetivo principal en el diseño bioclimático y sustentable**, ya que es la forma de medir el grado de bienestar o incomodidad que puede presentar una persona en cualquier espacio arquitectónico construido. Según la Organización Mundial de la Salud (1948), la salud es un estado integral de bienestar físico y mental que experimenta una persona.

Por lo tanto, el estudio cuantitativo del confort en la arquitectura permite ser punto de referencia en las propuestas arquitectónicas para ofrecer condiciones de habitabilidad al usuario. De acuerdo con Fanger (1970), el confort térmico puede ser medido bajo tres índices:

1) Temperatura Radiante Media: Es la temperatura media de los objetos que rodean a una persona (plafones, muros, suelos, equipos de trabajo, etcétera) y que influye en la pérdida o ganancia de calor de dicha persona debido al intercambio de la energía. García (1996), investigador internacional especialista en arquitectura bioclimática, establece que el rango de confort se puede considerar rígido en un rango de 18°C a 23°C para cualquier época del año, rangos utilizados para el modelo de optimización desarrollado en este proyecto de investigación.



2) Predicted Mean Vote (PMV): Opinión Media Estimada, es un índice de confort térmico vital en el cálculo del confort térmico, como lo menciona Gálvez (2013). El índice PMV se refiere a la comodidad higrotérmica en una escala de siete grados, desde el frío (-3), pasando por el valor neutro o cero, hasta el calor (+3) (Fanger, 1970). En este caso, el valor ideal es el neutro 0 (cero), ya que las pérdidas son iguales a las ganancias (Figura 1). Para cumplir con la Norma 55 de ANSI/ASHRAE (2017), el límite térmico recomendado en la escala de 7 puntos de PMV está entre -0.5 y 0.5. De igual forma, de acuerdo a la ISO 7730 (2005) establece un límite "rígido" entre -1 y +1, considerado para los cálculos matemáticos en el modelo de optimización desarrollado.

3) Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD): El Porcentaje Pronosticado de Insatisfechos es un índice que establece una predicción cuantitativa del porcentaje de personas insatisfechas. ANSI/ASHRAE Norma 55 (2017), determina que se puede lograr el confort térmico con base en una tasa de satisfacción del 85% o más de los ocupantes, es decir, si el 15% de los ocupantes está insatisfecho con su ambiente interior, el edificio y el sistema en general se consideran aceptables, puesto que el resto está en condiciones de confort.



Figura 1. Índice Predicted Mean Vote (PMV).

Fuente: Elaboración propia a partir de los estudios de Fanger (1970).

Modelo de optimización para la toma de decisiones en el diseño arquitectónico

Las metodologías son aquellos elementos bajo una estructura ordenada, lógica y organizada para encontrar la solución de un problema en especial, en este caso, lograr condiciones de **confort en el usuario**. Por lo tanto, el presente desarrollo experimental se enfoca en la aplicación de **tecnologías digitales** con el uso especial de dos software: *Autodesk Ecotect Analysis 2011* para el levantamiento del prototipo y el análisis de los tres índices de confort, y *Matlab 2019* para la implementación del **modelo de optimización** y la programación matemática, que permita automatizar y generar las recomendaciones de diseño. Dicho lo anterior, la metodología experimental consta de las siguientes etapas:

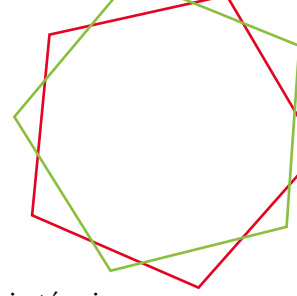
El diseño arquitectónico es un trabajo muy complejo de acuerdo a la gran cantidad de variables y aspectos formales que le dan vida al objeto arquitectónico.

Etapas 1: Modelado y análisis de los índices de confort en Autodesk Ecotect Analysis 2011

El diseño arquitectónico es un trabajo muy complejo de acuerdo a la gran cantidad de variables y aspectos formales que le dan vida al objeto arquitectónico. Existen muchas variables que pueden tomarse e integrarse en futuras líneas de investigación, sin embargo, para acotar variables y para fines prácticos de la investigación, se definieron y seleccionaron los elementos que el arquitecto o diseñador puede controlar en la práctica profesional, estableciendo el modelo formal (Figura 2) de la siguiente forma:

Variables fijas:

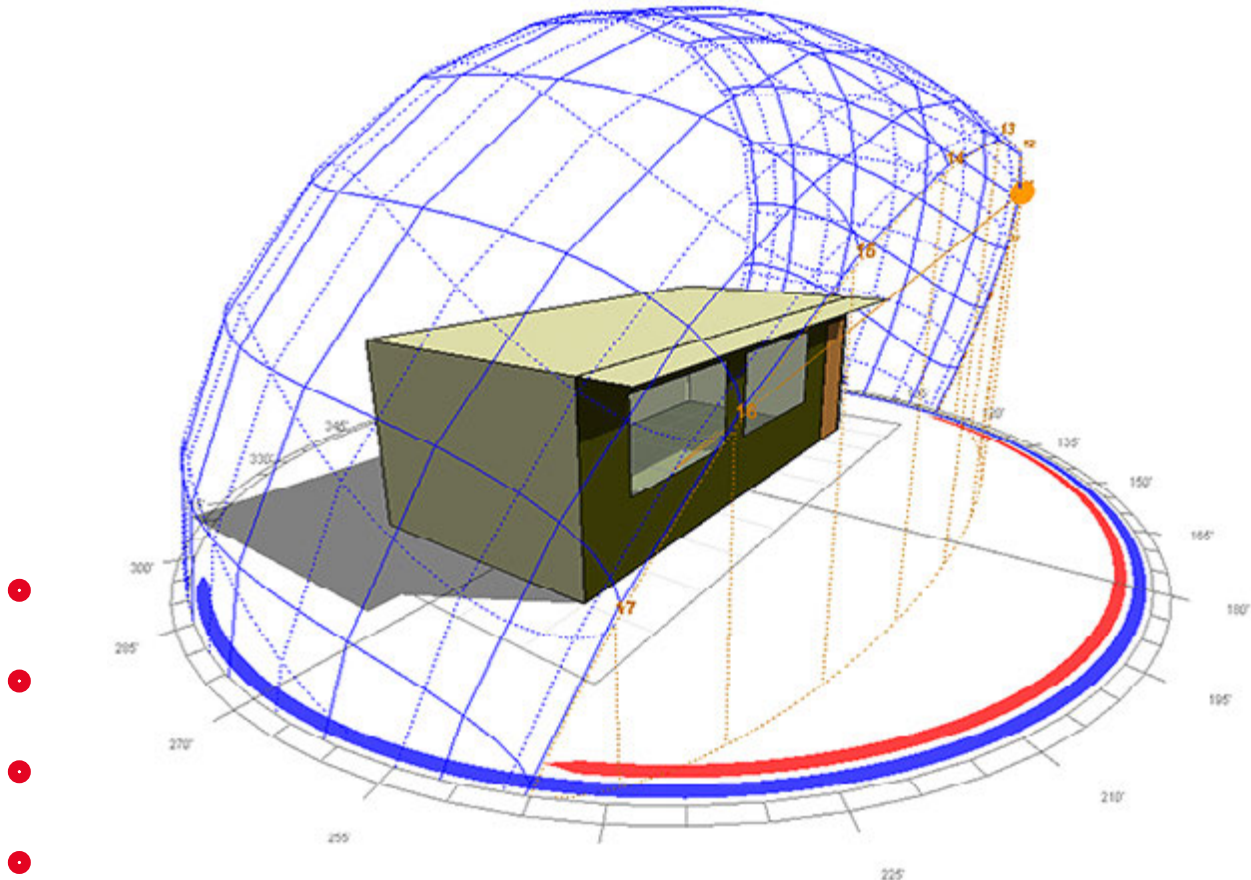
- ▶ Dimensiones del espacio: 8.00 m de largo por 4.00 m de ancho.
- ▶ Orientación: norte-sur
- ▶ Tipo de techo: plano.



Variables con varias opciones:

- ▶ Altura del espacio: alta (2.70m) o baja (2.30) de acuerdo a los rangos mínimos recomendados en el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal de Arnal, L. & Betancourt, M. (2019).
- ▶ Densidad del material: para muros kg/m^3 (alta o baja), para techos kg/m^3 (alta o baja) de acuerdo a la biblioteca de materiales de Autodesk Ecotect Analysis, 2011.
- ▶ Acabado de los materiales: acabado liso con acabados en colores con reflectancia alta (80%) o acabado liso en colores con baja reflectancia (20%).
- ▶ Sistema de ventilación: unilateral o cruzada.
- ▶ Tipo de cristal en ventanas: alta transmitancia térmica $\text{w}/\text{m}^2\text{k}$ (cristal sencillo 6 mm) o baja transmitancia térmica $\text{w}/\text{m}^2\text{k}$ (sistema de doble cristal 6-10-6) de acuerdo a la Biblioteca de materiales de Autodesk Ecotect Analysis, 2011.

Figura 2. Prototipo modelado en Autodesk Ecotect Analysis, 2011.
Fuente: Elaboración propia.





Etap 2: Definición de periodos de estudio

Equinoccio de primavera (21 de marzo), solsticio de verano (21 de junio) y solsticio de invierno (21 de diciembre), a las 3:00 am y 3:00 pm para cada estación del año, por ser los momentos críticos de baja y alta temperatura respectivamente.

Etap 3: Sitios de aplicación

De acuerdo a la clasificación bioclimática (Tabla 1), se seleccionaron todos los sitios de acuerdo con los requerimientos de temperatura y precipitación para tener la base de datos de todos los escenarios climáticos. Semifrío seco: Ciudad de México. Semifrío: Puebla, Pue. Semifrío húmedo: Xalapa, Veracruz. Templado seco: Celaya, Guanajuato. Templado: Guadalajara, Jalisco. Templado húmedo: Tepic, Nayarit. Cálido seco: Chihuahua, Chihuahua. Cálido semihúmedo: Coquimatlán, Colima, y cálido húmedo: Cancún, Quintana Roo.

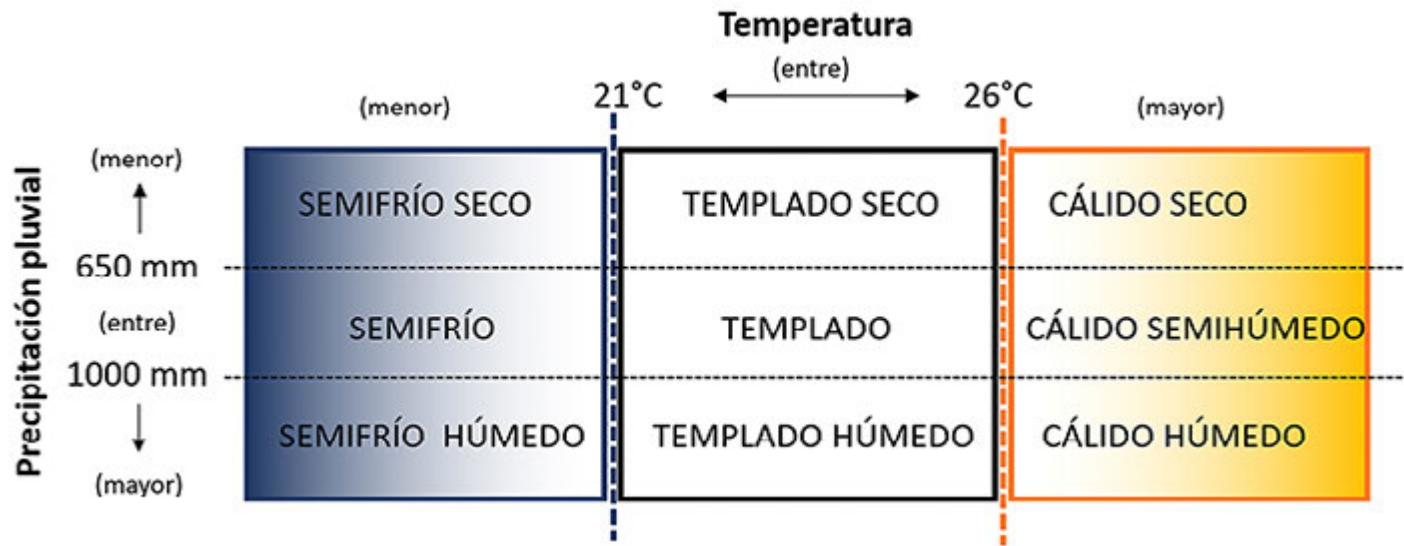


Tabla 1. Clasificación de los bioclimas.
Fuente: Elaboración propia a partir de los trabajos de King (1994) y Morillón (2004 y 2005).





Etapla 4: Modelo de optimización para el tratamiento, análisis e interpretación de información de simulaciones desarrolladas

El prototipo se modeló con el objetivo de combinar y manipular todas las variables entre sí, y por ello se combinan sin repetirse e integran en su totalidad en un modelo formal (Figura 3), obteniendo 64 escenarios posibles, en los cuales se analizaron los tres índices de confort explicados anteriormente, para cada periodo de estudio y para cada bioclima elegido, generando 10,368 valores numéricos de acuerdo al modelo formal analizado.

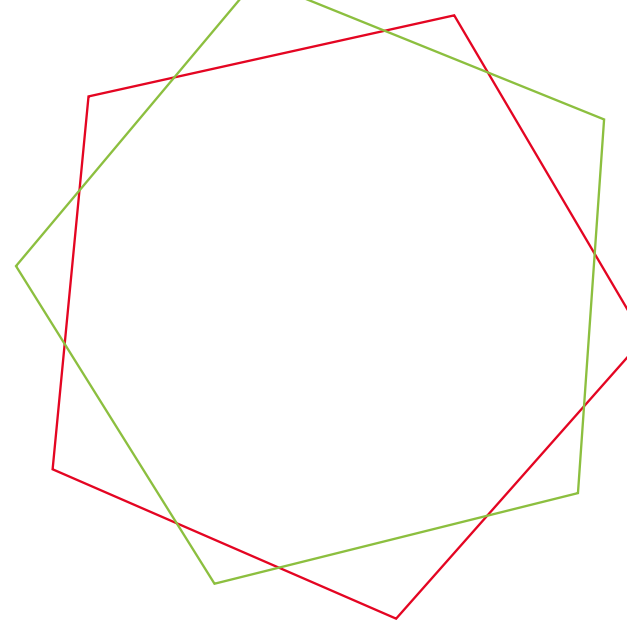
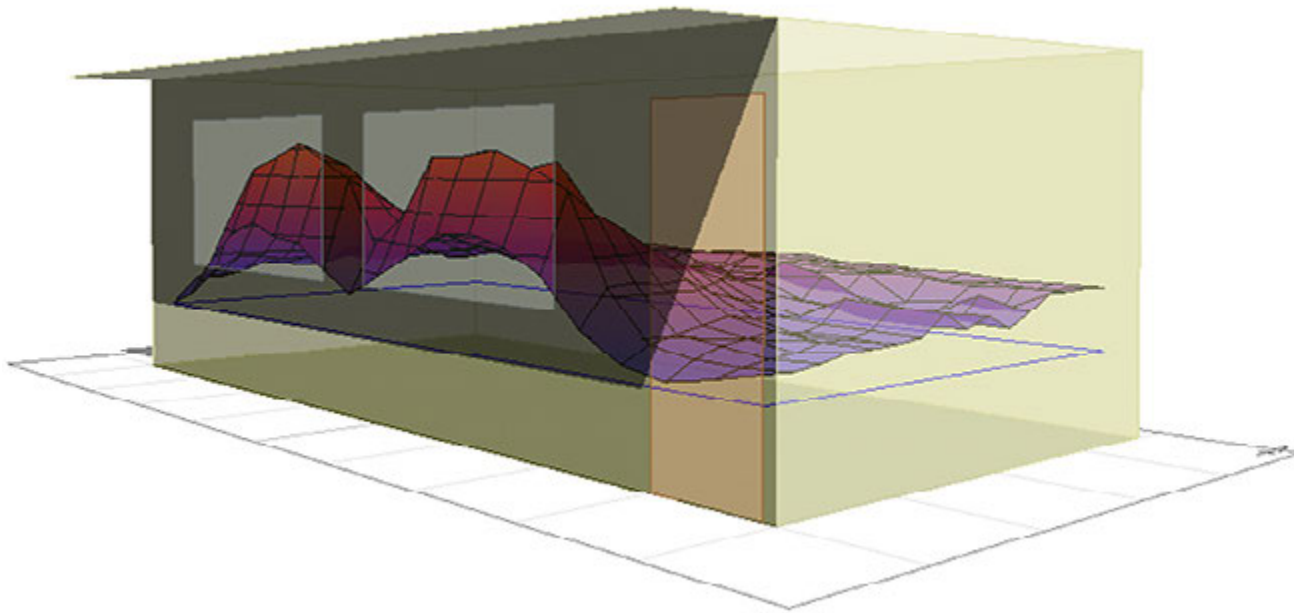
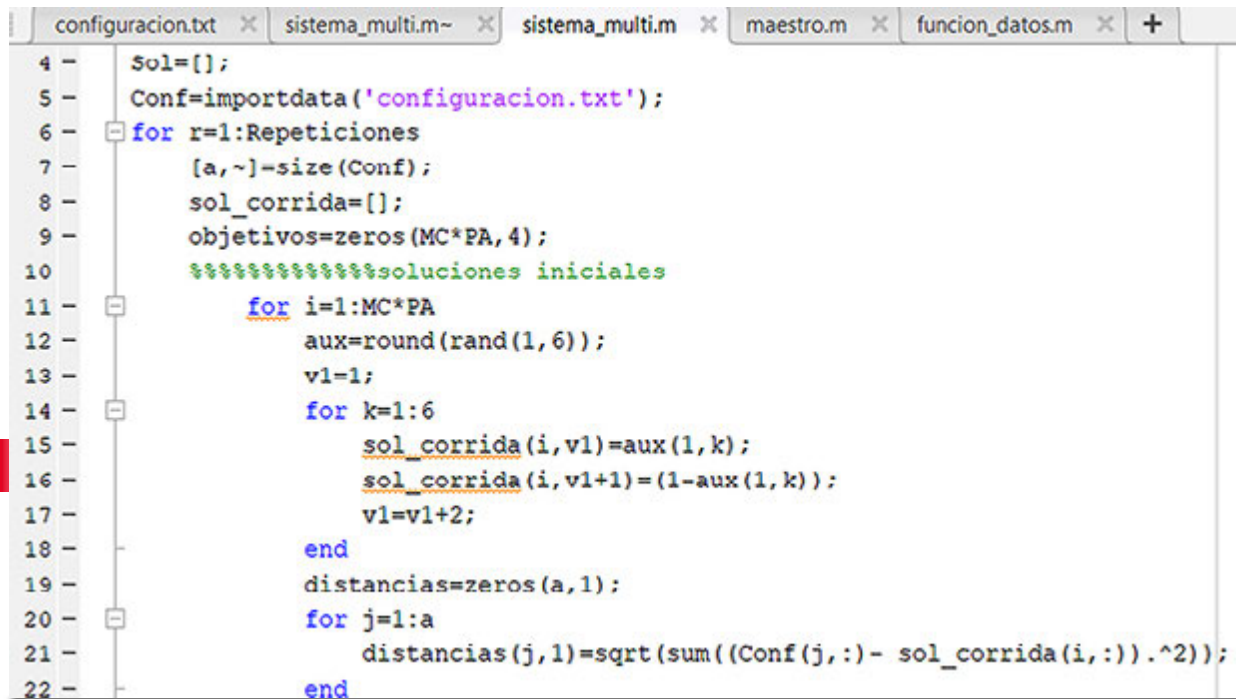


Figura 3. Interacción entre las variables de estudio.
Fuente: Elaboración propia



La parte central de la investigación radica en esta etapa, debido al análisis tan completo e integral realizado en *Matlab 2019*. Este software posee un gran número de prestaciones y permite la integración de modelos matemáticos tan complejos que se necesiten para el análisis y tratamiento de información según el objetivo que se desee lograr (Goering, 2007). La aplicación de la tecnología y el uso de la inteligencia artificial en *Matlab 2019* demandó planear el modelo y la técnica a utilizar para resolver y poder analizar todos los valores numéricos de las simulaciones previamente desarrolladas. En consecuencia, el modelo fue resuelto como un **problema de optimización**, es decir, calculando los valores de una función que, en el caso de estudio, son los datos obtenidos de los tres índices de confort. Sin embargo, dada la complejidad e integración del sistema, se resolvió como un **problema estocástico multiobjetivo y de optimización** para que proporcione un frente estadístico, y así poder tomar la mejor decisión o la mejor alternativa según el caso que se presente (Figura 4).



```
configuracion.txt x sistema_multi.m~ x sistema_multi.m x maestro.m x funcion_datos.m x +
4 - Sol=[];
5 - Conf=importdata('configuracion.txt');
6 - for r=1:Repeticiones
7 -     [a,~]=size(Conf);
8 -     sol_corrida=[];
9 -     objetivos=zeros(MC*PA,4);
10 -     %%%%%%%%%soluciones iniciales
11 -     for i=1:MC*PA
12 -         aux=round(rand(1,6));
13 -         v1=1;
14 -         for k=1:6
15 -             sol_corrida(i,v1)=aux(1,k);
16 -             sol_corrida(i,v1+1)=(1-aux(1,k));
17 -             v1=v1+2;
18 -         end
19 -         distancias=zeros(a,1);
20 -         for j=1:a
21 -             distancias(j,1)=sqrt(sum((Conf(j,:)- sol_corrida(i,:)).^2));
22 -         end
```

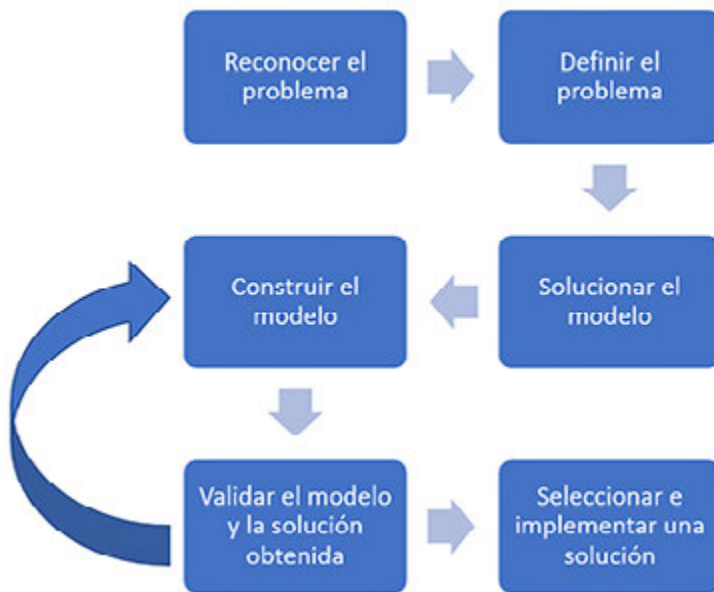
Figura 4. Programación del modelo de optimización y de multiobjetivo en *Matlab 2019*.
Fuente: Elaboración propia.

¿Qué es la optimización?

De acuerdo a Ackoff (1978), la optimización es la aplicación, por grupos interdisciplinarios, del método científico a problemas relacionados con el control de las organizaciones o sistemas a fin de que se produzcan las soluciones que mejor sirvan a los objetivos de toda la organización; en otras palabras, es obtener **la mejor solución posible de una actividad** o un proceso a través del uso adecuado de la información y conocimientos disponibles.

El **modelo de optimización matemático** utilizado en la programación informática del problema a resolver contiene los siguientes elementos:

- ▶ **Alternativas o variables de decisión:** son las decisiones cuantificables, cuyo valor afecta el desempeño del sistema. En otras palabras, las estrategias de diseño que mejor se apegan a los rangos de confort establecidos.
- ▶ **Restricciones:** representan un conjunto de relaciones o condiciones (expresadas como ecuaciones e inecuaciones) que un subconjunto de variables está obligado a satisfacer, es decir, los índices de confort que todo proyecto debe de lograr.
- ▶ **Función objetivo (o funciones multiobjetivo):** es la medida cuantitativa sobre la calidad de las soluciones de un problema. Se expresa como una función matemática de las variables de decisión.



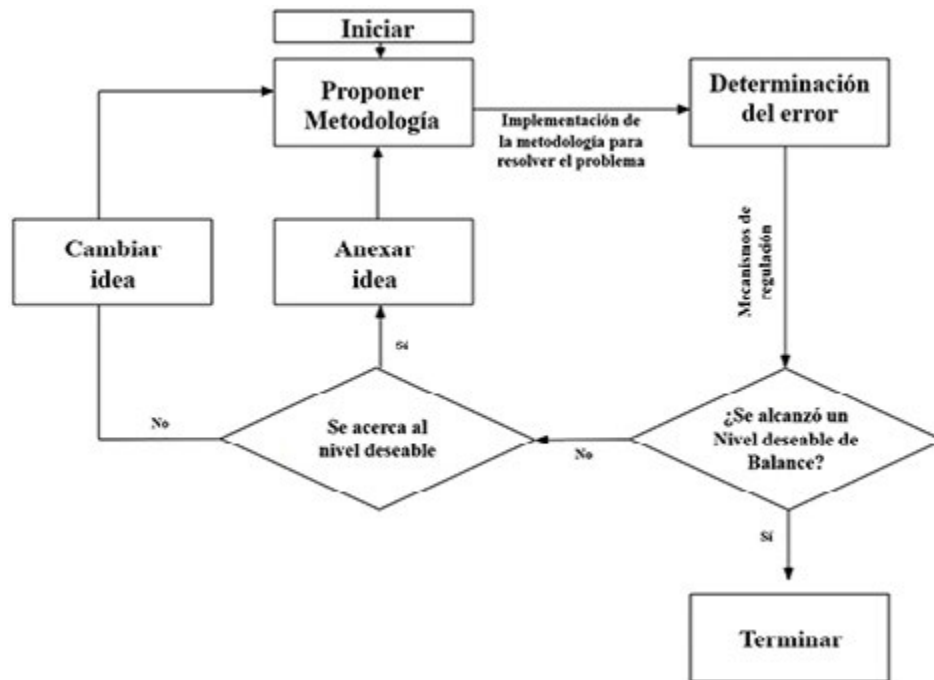
Por lo tanto, el modelado matemático desarrollado se nombró como un **proceso creativo-intelectual**, es decir, la fusión del diseño arquitectónico y la inteligencia artificial, para la generación de todos los modelos y combinaciones pertinentes, los cuales deben de ser sistemáticos, racionales y teóricamente guiados, cuyo objetivo principal es analizar y resolver problemas, en este caso **el confort del usuario**.

La modelación de este **problema de optimización** toma en cuenta el estudio y sistematización de la investigación de operaciones de Taha (2004), cuya metodología (Figura 5) aplicada al problema de estudio en *Matlab 2019* se puede considerar como un **potenciador del diseño arquitectónico** para seleccionar la mejor solución de diseño posible con las mejores condiciones de confort, de acuerdo con el lugar en donde se vaya a generar el proyecto arquitectónico.

Figura 5. Metodología de la investigación de operaciones en el modelo de optimización desarrollado. Fuente: Elaboración propia a partir de los estudios de Taha (2004).

¿Cómo se resolvió el problema de programación matemática?

La tarea esencial de la herramienta de optimización desarrollada consistió en localizar un punto meta dentro del espacio de soluciones, es decir, obtener las mejores condiciones de confort, lo cual solamente se puede asegurar mediante el empleo de algoritmos exactos. Sin embargo, el problema en el diseño arquitectónico es complejo, debido a la enorme cantidad de variables que entran en el análisis, por lo tanto, no sólo se requirieron dichos algoritmos, por lo que, de acuerdo con los estudios de Piaget (1971) se necesitó realizar una modificación en su formulación inicial como alternativas de solución que resolverán el problema en un tiempo polinomial de forma óptima (Figura 6).



Dicho lo anterior, en el modelo resuelto, al tratar **elementos matemáticos y estadísticos** aplicados en el diseño y en la informática, se manejaron los datos con el descubrimiento de los mejores valores de la función multiobjetivo, es decir, poder acceder a los rangos de confort de los tres índices definidos.

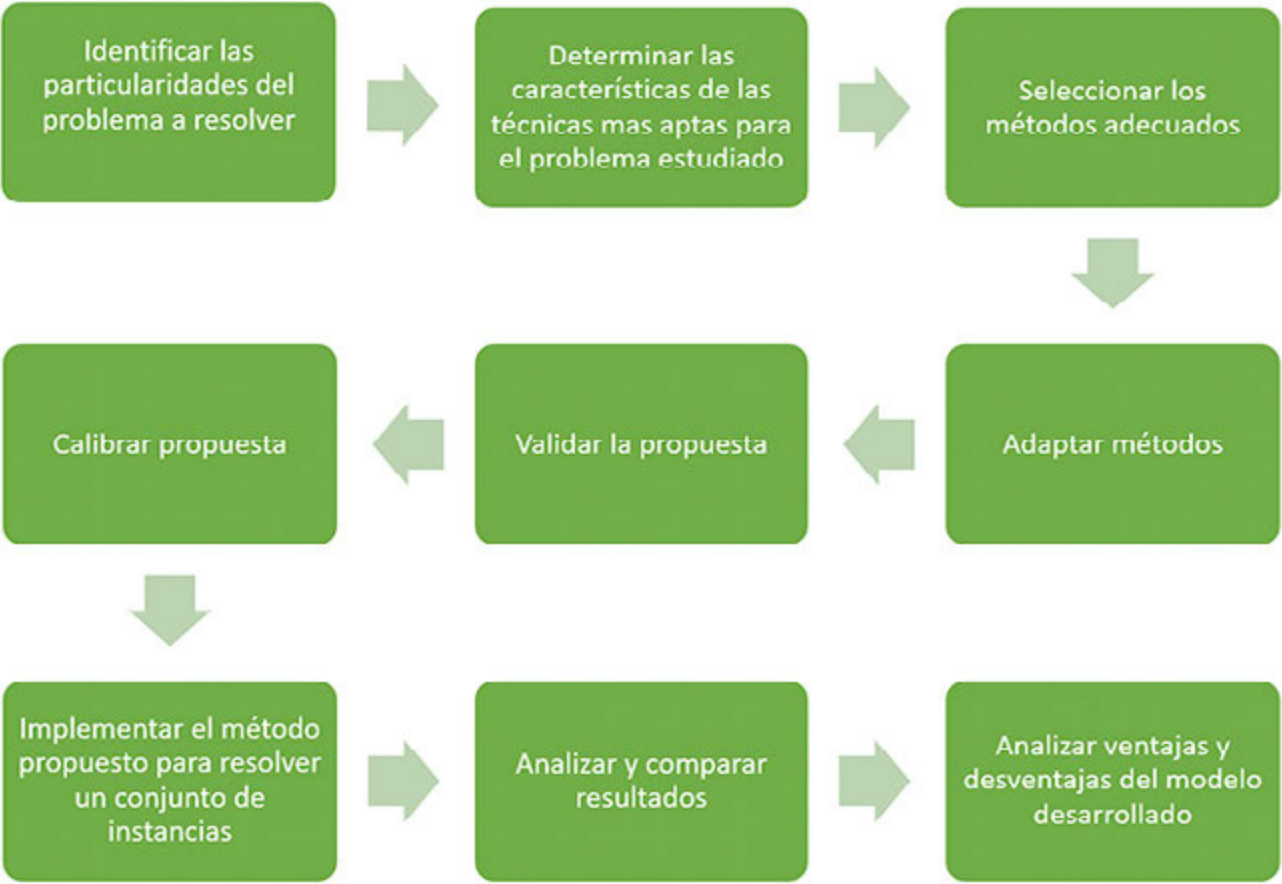
Al ser un **modelo multiobjetivo y de optimización**, el tratamiento de los datos obtenidos en las simulaciones se enfocaron en la acción y el efecto de optimizar, es decir, en resolver el sistema de la manera más eficiente posible, traduciendo los datos en valores binarios, utilizando la menor cantidad de recursos y gestionando eficientemente todos los procesos y valores obtenidos para generar la base datos integral que posteriormente nos permita generar las recomendaciones de diseño sustentable.

Figura 6. Metodología del problema de optimización y multiobjetivo. Mecanismo de Piaget para la búsqueda de balance.

Fuente: Elaboración propia a partir de los estudios de Piaget (1971).

Este **modelo de optimización y de multiobjetivo** se realizó como un **proceso estocástico** con programación de jerarquías, mínimos, máximos, filtros, repeticiones y condicionantes, para poder hacer búsquedas aleatorias guiadas o inteligentes con base en todos los escenarios simulados que estén más cercanos a las condiciones de confort de referencia (Figura 7) y así, al final, se puedan generar las recomendaciones de diseño que se pueden tomar en cuenta para cualquier proyecto.

Figura 7. Metodología utilizada para el desarrollo de la implementación.
Fuente: Elaboración propia a partir de los estudios de Taha (2004).





Etapa 5: Toma de decisiones

Concluyendo con la **optimización de la información** generada de todos los bioclimas existentes en México, como resultado final del análisis se muestran las recomendaciones de diseño (Tabla 2) que se pueden proponer de acuerdo a las mejores **condiciones de confort**.

RECOMENDACIONES GENERALES DE DISEÑO					
1	2	3	4	5	6
DENSIDAD		CONFIGURACIÓN	ACABADO	VENTILACIÓN	TRANSMITANCIA DEL CRISTAL
MUROS	TECHOS	(ALTURA)			
1.- ALTA	1.- ALTA	1.- ALTO (MÍN. 2.7 M)	1.- REFL. ALTA (80%)	1.- UNILATERAL	1.- ALTA
2.- BAJA	2.- BAJA	2.- BAJO (2.30 M)	2.- REFL. BAJA (20%)	2.- CRUZADA	2.- BAJA

Tabla 2. Recomendaciones generales de diseño.
Fuente: elaboración propia.

La aplicación desarrollada, llamada AVDE (Aplicación de Visualización en Diseño Ecosustentable) (Figura 8), fue desarrollada como producto final para que el usuario pueda, en menos de dos minutos, conocer las recomendaciones de diseño necesarias, para que se pueda acceder a condiciones de confort. La aplicación no necesita un complemento extra, licencia, llave, ni tener instalado Autodesk Ecotect Analysis 2011 o Matlab 2019, y está disponible de forma gratuita en el departamento de posgrado de Ciencias y Artes para el Diseño en la Universidad Autónoma Metropolitana-unidad Azcapotzalco.

Figura 8. AVDE-Aplicación de Visualización en Diseño Ecosustentable.
Fuente: Elaboración propia.



Una vez instalado en cualquier sistema operativo, se procede a ejecutar el icono de acceso rápido en el escritorio; al ser un programa de rápido acceso y fácil de usar, en un lapso máximo de 10 segundos se abre la única ventana con la cual el usuario podrá interactuar, dividida en 3 secciones (Figura 9).

1

Datos necesarios

Temperatura

14.6

Precipitación

275.7

Correr con parámetros recomendados

2

Parámetros (técnica)

Compositores

Repeticiones

Evaluaciones

Cambio Social

Cambios por genialidad

Cambios por innovación

Memoria del compositor

Pruebas

Correr

3

Resultado recomendación

Materiales para muros:

Opción 1

Materiales para techos:

Opción 1

Altura del espacio:

Opción 2

Color en los acabados:

Opción 2

Sistemas de Ventilación:

Opción 2

Tipo de cristal:

Opción 2

Figura 9. Interacción y solicitud de datos al usuario, parámetros de corridas especiales y resultados. Fuente: AVDE-Elaboración propia.

Los únicos datos que el arquitecto, diseñador, ingeniero o, en general, cualquier persona interesada debe de ingresar son los siguientes:

- ▶ Temperatura: se refiere a la temperatura media normal.
- ▶ Precipitación: la precipitación pluvial anual o normal.

Escoger la opción: Correr con parámetros recomendados.

La figura anterior es el resultado del proceso de análisis y de ejecución de todo el trabajo de investigación en donde se le informa al diseñador, de forma concreta y puntual, qué acciones debe considerar en el proceso del diseño. Es importante señalar que son 3 resultados puntuales que AVDE muestra al final de la corrida del análisis:

1. Resultado de las recomendaciones
2. Gráfica de barras y de dispersión como elementos de apoyo estadístico
3. Gráfica de corridas para la toma de decisiones.

Dicho lo anterior, para el caso de la Ciudad de México, con un bioclima **semifrío seco**, las mejores alternativas en las cuales el espacio entra en condiciones de confort, de acuerdo al **modelo de optimización y multiobjetivo** programado en *Matlab 2019* (Figura 10) y de acuerdo a la Tabla 2 de recomendaciones generales, son las siguientes:

- ▶ Muros: sistemas compuestos de densidad alta de adobe con aplanados de mortero.
- ▶ Techos: sistemas compuestos de densidad alta de losa aislante con aplanados de mortero.
- ▶ Altura del edificio: bajo de 2.30 m.
- ▶ Acabado liso con reflectancia alta (80%).
- ▶ Sistema de ventilación: cruzada.
- ▶ Tipo de cristal de baja transmitancia térmica: sistema de doble cristal 6-10-6.

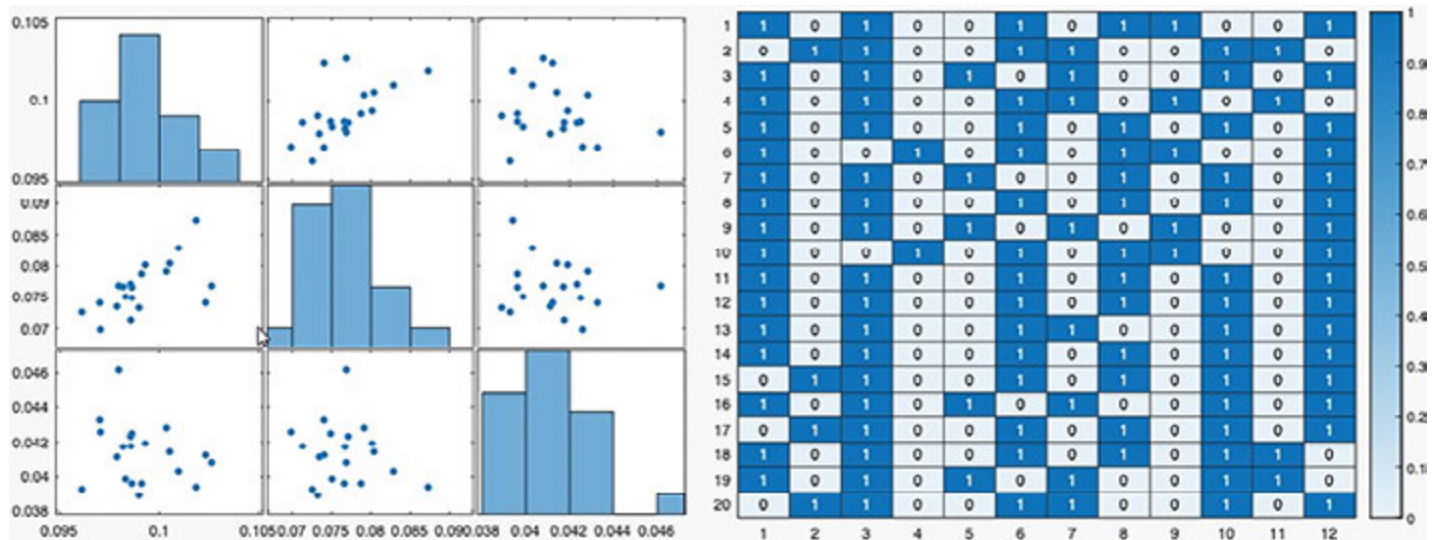


Figura 10. Análisis del sistema multiobjetivo y de optimización en Matlab 2019 para la Ciudad de México. Fuente: AVDE-Elaboración propia.

En Cancún, Quintana Roo, con un bioclima **cálido húmedo** (Figura 11), las recomendaciones de diseño son:

- ▶ Muros: sistemas compuestos de densidad baja con aplanados de mortero.
- ▶ Techos: sistemas compuestos de densidad de losa aislante con aplanados de mortero.
- ▶ Altura del edificio: alto de 2.70 m.
- ▶ Acabado liso con reflectancia alta (80%).
- ▶ Sistema de ventilación: cruzada.
- ▶ Tipo de cristal de baja transmitancia térmica: sistema de doble cristal 6-10-6.

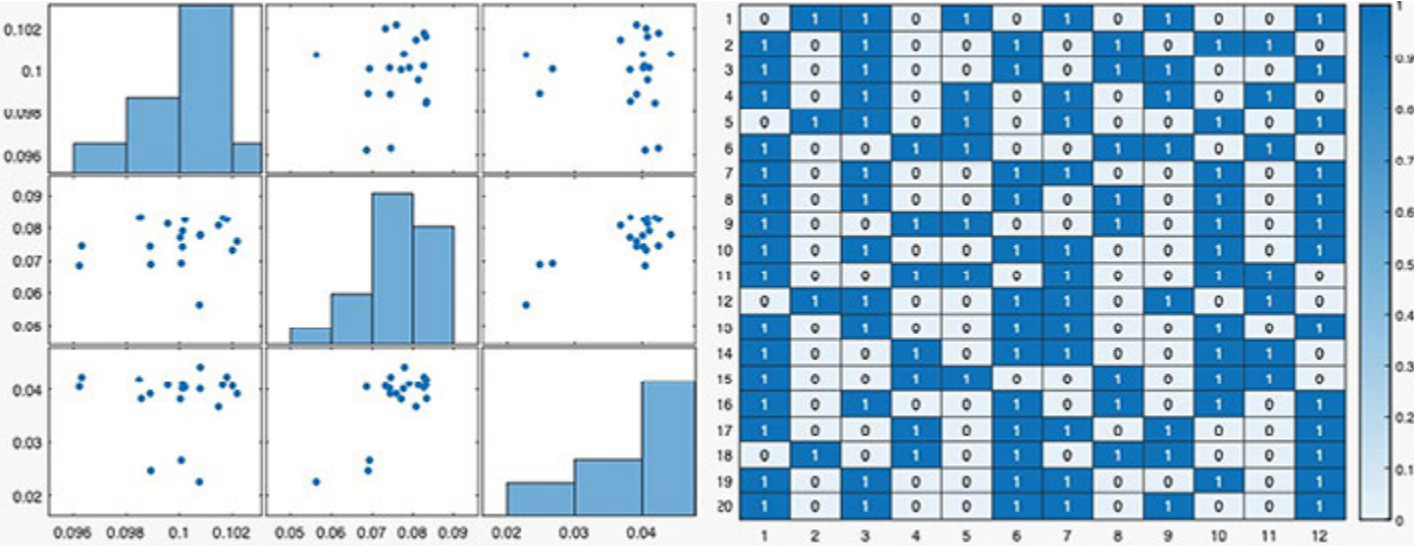


Figura 11. Análisis del sistema multiobjetivo y de optimización en Matlab 2019 para Cancún, Q. Roo. Fuente: A.V.D.E-Elaboración propia.

Por último, otro ejemplo de aplicación: en Chihuahua, Chihuahua, con un bioclima **cálido-seco** (Figura 12), las recomendaciones de diseño son:

- ▶ Muros: sistemas compuestos de densidad alta como el adobe con aplanados de mortero.
- ▶ Techos: sistemas compuestos de densidad de losa aislante con aplanados de mortero.
- ▶ Altura del edificio: alto de 2.70 m.
- ▶ Acabado liso con reflectancia alta (80%).
- ▶ Sistema de ventilación: unilateral.
- ▶ Tipo de cristal de baja transmitancia térmica: sistema de doble cristal 6-10-6.

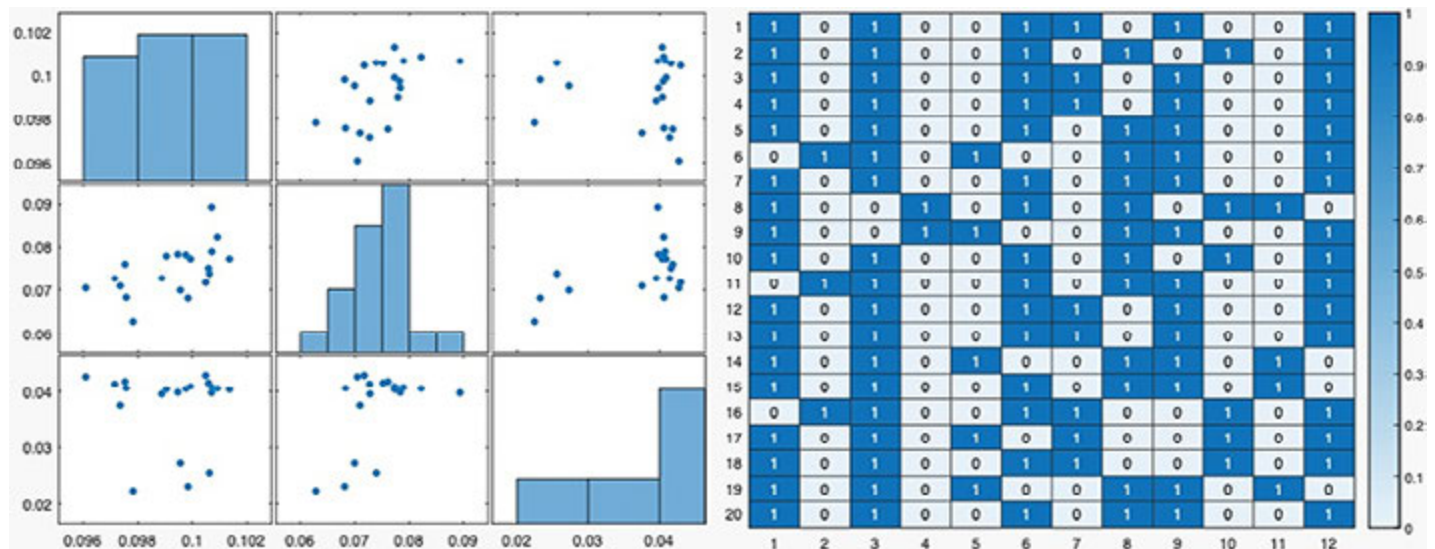


Figura 12. Análisis del sistema multiobjetivo y de optimización en Matlab 2019 para Chihuahua, Chihuahua. Fuente: AVEDE-Elaboración propia.

Conclusiones

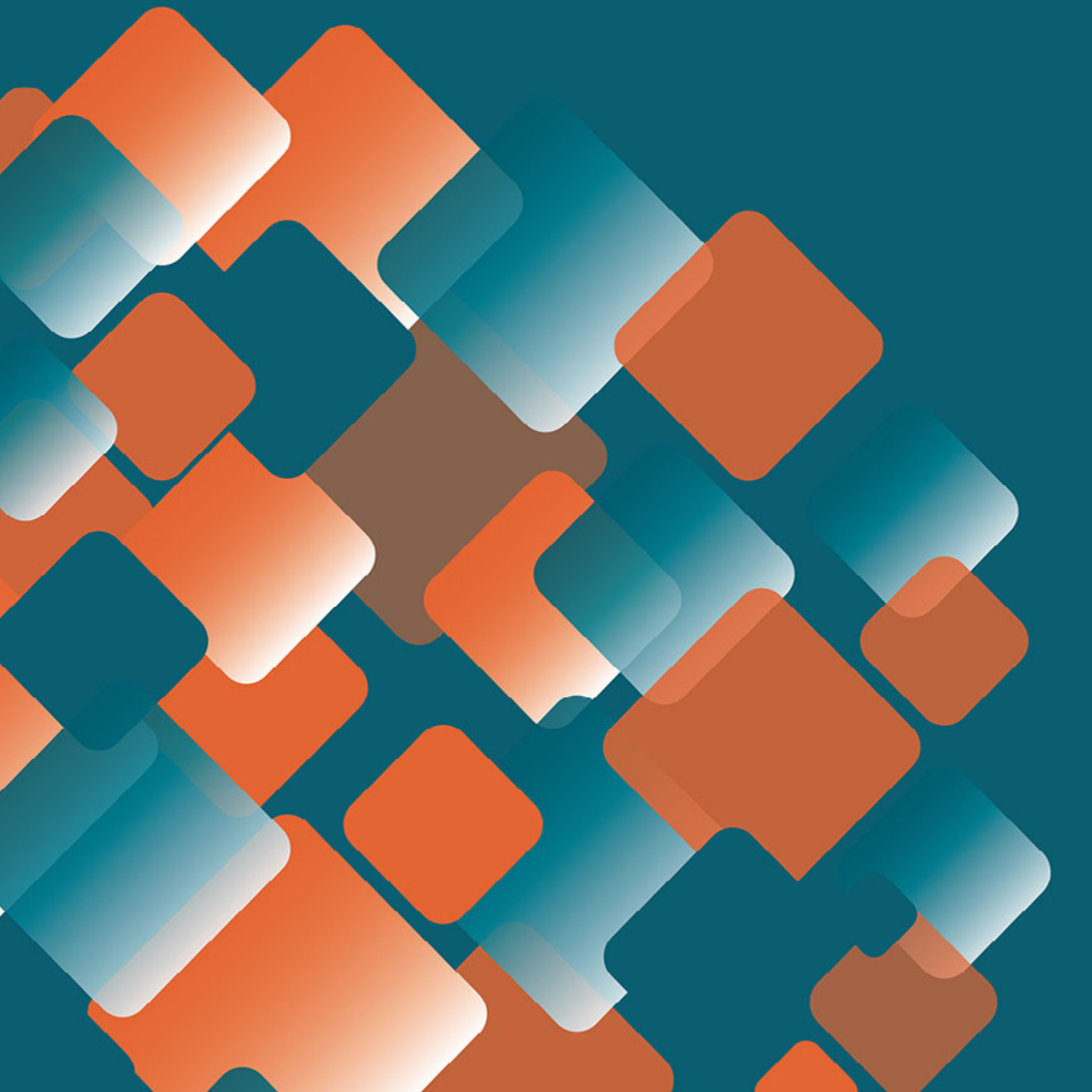
Con la generación de nuevas prácticas en el desarrollo del conocimiento, se manifiesta la necesidad de generar nuevos contextos que deben ser integrados en la enseñanza y en la práctica profesional, aprovechando el enorme potencial que brinda la aplicación de **las tecnologías y la visualización de la información** aplicadas al diseño sustentable. Por ello, se analizaron todos los tipos de bioclimas que presenta la República Mexicana, con el fin de generar una base de datos completa, con las variables de diseño incluídas y los índices de confort que debe de perseguir toda propuesta de diseño. Posteriormente, con la integración y resolución del **modelo multiobjetivo y de optimización**, y la programación y el tratamiento estadístico de los datos, el usuario **podrá obtener las recomendaciones de diseño** más adecuadas para cualquier punto espacial de México, indicando solamente la temperatura media y la precipitación media pluvial del sitio en donde se ubique el proyecto.

Este artefacto digital desarrollado sirve como **potenciador de diseño para poder generar** las recomendaciones necesarias que se puedan implementar en la fase de conceptualización o de anteproyecto. Para estas etapas de diseño resulta de suma importancia, ya que permitirá tener en cuenta los elementos de diseño sustentables básicos desde un inicio. De igual forma, para proyectos que ya estén contruidos, esta herramienta ayudará a la toma de decisiones que puedan ser implementadas en remodelaciones o ampliaciones para que el usuario pueda experimentar condiciones de confort.

AVDE (Aplicación de Visualización en Diseño Ecosustentable) tiene como finalidad ser **digerible, aprendible y enseñable a todos los interesados**; para que se pueda repetir en cualquier proyecto, cualquier clima y, sobre todo, que ayude a establecer un camino, de los muchos posibles, generando las condiciones de comodidad, bienestar y confort que requiere el ser humano para realizar sus actividades.

Referencias

- Ackoff, R. (1978). *El arte de resolver problemas*. Pensilvania: Limusa.
- ANSI/ASHRAE Norma 55 (2017), *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Recuperado de: https://www.techstreet.com/ashrae/standards/ashrae-55-2017?product_id=1994974 (Fecha de consulta: 2 de mayo de 2020).
- Arnal, L., & Betancourt, M. (2019). *Reglamento de construcciones para el Distrito Federal*. México: Trillas.
- Fanger, P. (1970). *Thermal comfort*. Copenhagen: Danish Technical Press.
- Gálvez, M. (2013). *Instalaciones y Servicios Técnicos*. Madrid: Sección de Instalaciones de Edificios. Escuela Técnica Superior de Arquitectura, U.P.M.
- García, J. (1996). *Diseño bioclimático para ahorro de energía y confort ambiental integral*. Universidad Autónoma Metropolitana. Departamento de Medio Ambiente. México: UAM.
- Goering, R. (2007). *Matlab edges closer to electronic design automation world*. EE Times.
- ISO 7730 (2005). *Ergonomics of the thermal thermal environment. Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criterio*. Asociación Española de Normalización y Certificación.
- King, D. (1994). *Acondicionamiento bioclimático*. México: UAM-Xochimilco.
- Morillón, G. (2004). *Atlas del bioclima de México, II*. México: UNAM.
- Morillón, G. (2005). *Recomendaciones bioclimáticas para diseño arquitectónico y urbano: Estudios aplicables en Chihuahua, Cd. Juárez*. Región Lagunera y Durango. México: CFE-PAESE
- Organización Mundial de la Salud (1948). ¿Cómo define la OMS la salud? Recuperado de: <https://www.who.int/es/about/who-we-are/frequently-asked-questions> (Fecha de consulta: 20 de abril de 2020).
- Piaget, J. (1971). *El estructuralismo*. 3a. ed. Buenos Aires: Proteo.
- Rodríguez, L. (1989). *Para una teoría del Diseño*. México: UAM- Azcapotzalco.
- Rubio, R. (2011). *Repercusión medioambiental del uso de la cerámica estructural en España. Energía embebida y emisiones de CO2*. Madrid.
- Schumacher, P. (2004). *Responsive Environments-From Drawing to Scripting*, The challenge presented by the new level of dynamic complexity in the metropolitan life processes and the opportunity presented by the development of new powerful digital design tools. Estocolmo: Royal Institute of Technology. Recuperado de: <http://www.patrikschumacher.com/Texts/AADRLDrawingScripting.html> (Fecha de consulta: 29 de abril de 2020).
- Taha, H. (2004). *Investigación de Operaciones*. Trad. de Gonzáles P. V. s.l.: Arkansas: Pearson Educación.



Selección de materiales para el diseño de ingeniería

Selection of materials for engineering design

Iván Alonso Lira Hernández* Estudiante del Doctorado en Diseño y Desarrollo de Productos de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, CDMX. Actualmente trabaja en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, Laboratorio de Manufactura.

Rodrigo Ramírez Ramírez** Doctor en Diseño, Líneas de Nuevas Tecnologías. Actualmente labora en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, CDMX. Profesor Asociado "D" de Tiempo Completo. Profesor del Posgrado en Diseño en los niveles de Especialización, Maestría y Doctorado en la línea de Nuevas Tecnologías, opciones CAD/CAM e Hipermédicos.

Resumen

Los materiales están directamente relacionados con el diseño, estas dos áreas de conocimiento son fundamentales para el desarrollo e innovación de productos. La ciencia de los materiales tiene como principal función el estudio y la descripción de las características o propiedades de los diversos tipos de materiales que existen y la búsqueda o descubrimiento de nuevos materiales que cuenten con mejores propiedades químicas, estructurales, físicas y mecánicas, además de asistir en la selección de los materiales durante el diseño. En lo que respecta al diseño, su principal cometido consiste en crear y desarrollar partes y/o productos que sean capaces de cautivar y convencer al cliente. Es importante resaltar que los dos campos de conocimiento están completamente interrelacionados y su relación es bidireccional, constante

y permanente, debido a que siempre que se desee desarrollar una idea en algo tangible será imprescindible contemplar el empleo de un material para poder materializarla. La presente investigación tiene como propósito principal dar a conocer una descripción concisa y precisa de cada área del saber, su respectiva función y la complementación entre ellas, además de que podamos identificar el orden, la relación y la jerarquía a partir de conocer con claridad la selección de materiales para algunos tipos de diseño que existen y proponer una metodología sobre la selección de materiales para el diseño de ingeniería.

Palabras clave: Materiales, proceso, diseño, diseño de ingeniería, método de elemento finito.

*Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, Laboratorio de Manufactura. ilira@uaeh.edu.mx

**Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Azcapotzalco
xurod@yahoo.com

Abstract

The materials are directly related to the design, these two fields of knowledge are fundamental for the development and innovation of products, the material's science main function is the study, characteristics and its properties of diverse types of materials that exist, the search and discovery of new chemical, structure, physical and mechanical properties to further assist in the selection of materials during design.

Regarding the design, its main task is to create and develop parts and/or products that are able to captivate and to convince the client. It is important to highlight that the two fields of knowledge are completely interrelated and their relationship is bidirectional, constant and permanent, because whenever you want to develop an idea into something tangible, it will be essential to contemplate the use of a material to be able to materialize it. The main purpose of this research is to present a concise and accurate description of each area of knowledge, its respective function and complementation that exist between them, as well as to identify the order, the relationship and hierarchy among them, starting from knowing with clarity the material selection for some types of design that exist and propose a methodology on selection of materials for engineering design.

Keywords: Materials, Process, Design, Engineering Design, Finite Element Method.

Introducción

Frecuentemente se conoce y es sabido que para poder manufacturar un producto se requiere emplear un material, y aunque muchas veces se generan nuevos productos no necesariamente van acompañados de nuevos materiales. Estos materiales van desde, por ejemplo, cobre, hierro fundido, latón, que han estado disponibles durante miles de años, hasta los materiales avanzados, recientemente desarrollados, por ejemplo, materiales compuestos, cerámicos y aceros de alto rendimiento, entre otros. Después de definir los materiales o el material a utilizar para manufacturar un componente, y antes de pasar a la manufactura del mismo, se requiere de un diseño, el cual se hace frecuentemente mediante algún software, mejor conocido como CAD, de acuerdo a sus siglas en inglés, que en español es Diseño Asistido por Computadora.

Actualmente, una vez que se tiene un modelo en 3D es posible realizar simulaciones sobre el mismo para conocer determinados comportamientos; de esta manera, y en algunos casos, no es necesario fabricar el prototipo físico para someterlo a determinadas fuerzas para su análisis, lo anterior es posible a través del CAE, mejor conocido por sus siglas en inglés, que quiere decir Ingeniería Asistida por Computadora.

Si la simulación virtual del modelo 3D cumple con lo requerido, se puede pasar al CAM para su fabricación en caso de requerir la parte o componente, que no es otra cosa que la Manufactura Asistida por Computadora. Por otro lado, la manufactura aditiva es un tipo de sistema de fabricación no convencional, donde los modelos físicos se fabrican automáticamente con la ayuda de datos CAD. Estos procesos también se conocen como RP (Rapid Prototyping) o impresión 3D, ya que pueden construir partes complejas rápidamente utilizando datos CAD en 2D.

La pérdida mínima de material y la ausencia de dispositivos de fijación son la principal ventaja de este proceso de fabricación, que lo hace menos costoso y más rápido (Jyothish, Pandey, & Wimpenny, 2019).

Como se puede observar, la relación de los materiales y el diseño es imprescindible, la ausencia de una de las dos impide la generación de un producto de cualquier ámbito del sector manufacturero. Respecto a la jerarquía que hay entre el diseño y los materiales, esto dependerá del producto a fabricar, así como del uso que se le dará, puesto que en la mayoría de las ocasiones el propósito del mismo justificará la prioridad o jerarquía que se implementará en el diseño y en el material.

Quizá para algunas personas lo más importante radicará en el diseño y no les importa el material con el que se haya fabricado determinado producto, y en algunos otros casos el diseño es lo que menos importa. Algunos otros desearán que el producto les satisfaga en ambos. Sin embargo, no es posible enunciar si una es más importante que otra, pero lo que sí se puede destacar y resaltar es que, indudablemente, están ligadas e interrelacionadas y la valoración o peso que cada persona le pueda dar dependerá no sólo de los factores condicionados por el mismo producto, sino por otro tipo de variables externas, que muchas veces tienen que ver con el propio usuario o consumidor.

Los productos se diferencian no sólo por sus funciones técnicas, sino también por los materiales de los que están hechos y lo que significan para el usuario. Recientemente Elvin Karana y colaboradores, en su libro titulado *Materials Experience Fundamentals of Materials and Design*, hablaron sobre la selección de materiales para el diseño industrial, para el diseño de producto y la selección de materiales en el diseño técnico.

Diseño

A diferencia de los requisitos de diseño técnico, que se definen en términos cuantitativos como los que pueden evaluarse objetivamente, las características del diseño industrial se expresan en términos cualitativos, que son más subjetivos y difíciles de interpretar (Karana, Pedgley, & Rognoli, 2014).

Selección de materiales en el diseño del producto

Para una selección efectiva de materiales en el diseño del producto, los diseños técnicos e industriales deben considerarse a fondo. Además, para que el diseño de un producto sea exitoso, se deben realizar diseños técnicos e industriales, idealmente juntos, como se muestra a continuación en la Figura 1. Sin embargo, esto significa que las propiedades y las características divergentes de los materiales entre sí deben conciliarse simultáneamente. Esto no es fácil, porque es difícil combinar las propiedades y características de los materiales con los requisitos de diseño a través de diseños técnicos e industriales, respectivamente.

Lo anterior a menudo genera conflictos cuando se trata de satisfacer los requisitos de diseño con prioridades que se deben dar a los requisitos que se consideran esenciales y restringidos por los materiales que permitirán.

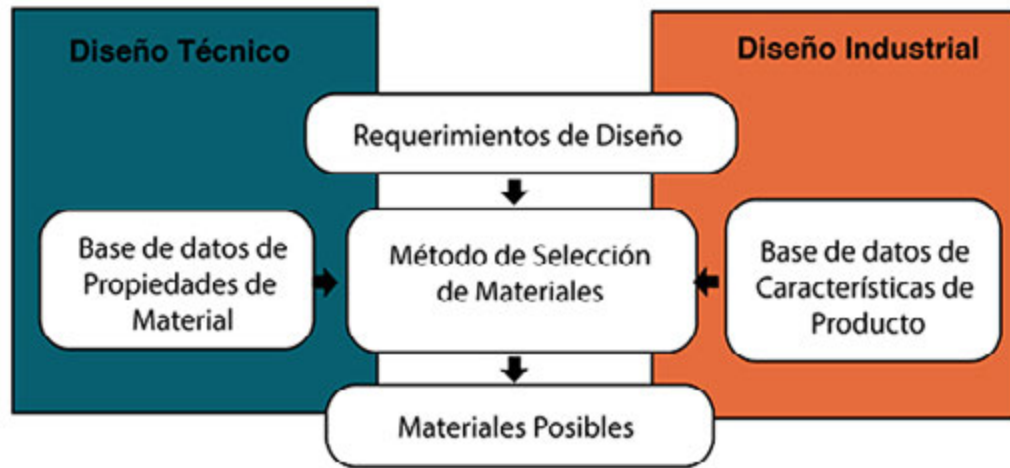


Figura 1. El papel de la selección de materiales en el diseño de productos (Karana, Pedgley, & Rognoli, 2014).

Diseño

El término diseño se encuentra implícito en muchos campos del conocimiento, y en algunos de ellos tiene su nombre específico y su reconocimiento. El diseño es una palabra omnipresente: a menudo está a la vista y en muchos contextos diferentes. Por ejemplo, en nuestros periódicos diarios leemos acerca de personas que son diseñadores de automóviles, diseñadores de vestuario, diseñadores arquitectónicos, diseñadores de sistemas de sonido, diseñadores de aviones, diseñadores de organizaciones, diseñadores de carreteras, diseñadores de sistemas, y así sucesivamente (Dym & Brown, 2012). Aunque en algunos otros casos se cree que el diseño va implícito en todas las áreas y los diversos tipos de ingeniería. El diseño es una actividad central en ingeniería. De hecho, Herbert A. Simon ha argumentado que el diseño es la actividad central que define la ingeniería, o al menos lo distingue de las ciencias "puras" porque el papel de la ingeniería es la creación de artefactos.

Diseño de ingeniería

"Generación sistemática, inteligente para la evaluación de las especificaciones de los artefactos en cuanto a su forma y función para lograr los objetivos y satisfacer las limitaciones o requerimientos establecidos" (Dym & Brown, 2012).

Esta definición incorpora muchas suposiciones de diseños en representaciones que incluyen forma y función, y se puede traducir a partir de estas representaciones en un conjunto de especificaciones de fabricación para la producción del artefacto diseñado.

También está propuesto el siguiente diagrama para la selección de materiales en cada etapa del proceso de diseño, donde se puede apreciar que en primer lugar es necesario considerar la necesidad requerida del mercado, para posteriormente efectuar cada una de las etapas hasta llegar al producto deseado. El diagrama es muy general y no se puede conocer con precisión algún procedimiento de selección en el que se conozca con mayor detalle la relación entre los materiales y el diseño.

"El diseño es una palabra omnipresente: a menudo está a la vista y en muchos contextos diferentes"

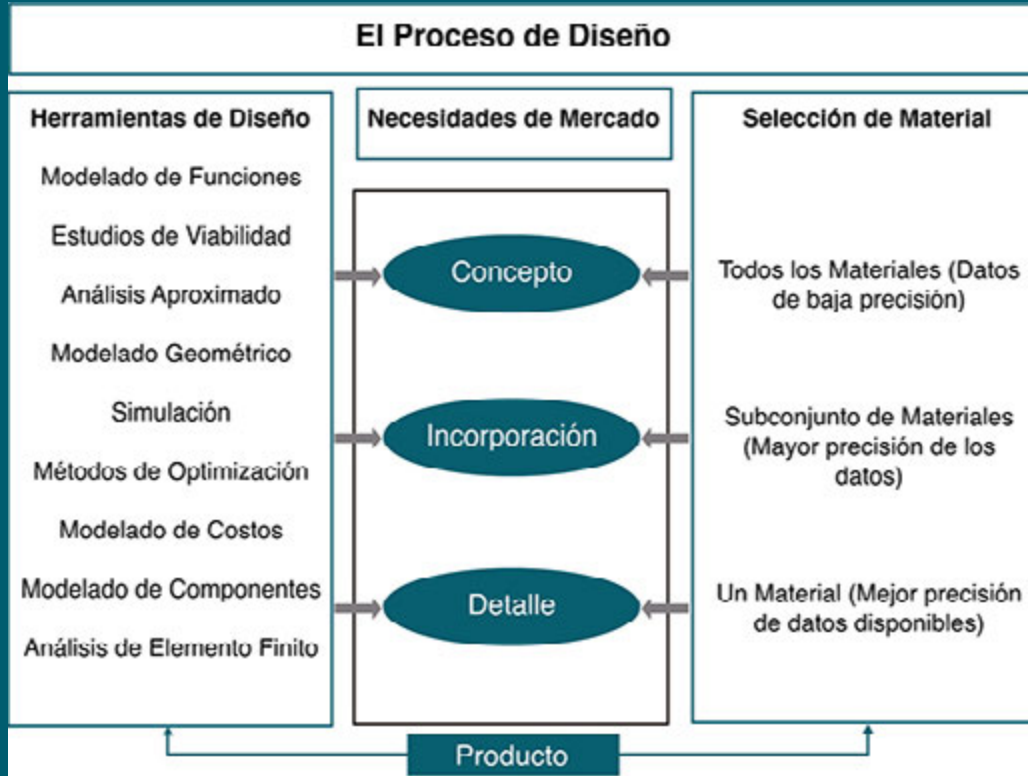


Figura 2. Diagrama de flujo de diseño, que muestra cómo las herramientas de diseño y la selección de materiales ingresan al procedimiento. Se necesita información sobre los materiales en cada etapa, pero a niveles muy diferentes de amplitud y precisión (Ashby, 2011).

El diseño de ingeniería se encarga de convertir una idea en especificaciones técnicas, donde ya se tiene seleccionado el material y el proceso más adecuado para el desarrollo de un producto. En este tipo de diseño están involucrados dos campos muy amplios y similares en algunos aspectos, por lo que en el diseño de ingeniería se deberá buscar fusionar lo mejor de cada uno de ellos para obtener como resultado productos que cumplan al cien por ciento con su propósito. Aunque desde el diseño se hace un esfuerzo por definir no sólo la forma, sino también la función, qué mejor que se tengan la certeza y la garantía de la función, al dejársela al campo que se especializa en ella y que corresponde, en mayor parte, a la ingeniería.

En este trabajo de investigación se hace una propuesta sobre la selección de los materiales para el diseño de ingeniería. Sin embargo, es importante resaltar que no existe algún método o procedimiento de selección único y/o estándar para llevar a cabo la selección de materiales en el diseño, y menos si se maneja únicamente el concepto de diseño, puesto que el mismo término es inmenso. Sin embargo, si se acota el concepto como, por ejemplo, selección de materiales en el diseño de producto o en el diseño industrial, es más factible desarrollar una propuesta de selección de materiales que resulte más específica y óptima.



Figura 3. Selección de Materiales en el Proceso de Diseño de Ingeniería. Elaboración propia.

El esquema anterior representa la estructura de las etapas y pasos que deberán de llevarse a cabo para poder diseñar y desarrollar un producto o un componente o parte. La mayoría de los productos surgen de alguna necesidad, aunque algunos otros se generan a partir de buscar satisfacer determinados caprichos o por algunas otras razones, pero sea cual sea la situación, siempre será necesario recurrir a una serie de pasos de forma ordenada y sobre todo a la aplicación de ciertas

disciplinas o áreas de conocimiento de manera interrelacionada, como son los propios materiales, el diseño y la ingeniería. La selección y evaluación de materiales son consideraciones fundamentales en el diseño de ingeniería. Si se hace correctamente, y de una manera sistemática, el tiempo y el costo considerables se pueden ahorrar en el trabajo del diseño, y los errores del diseño pueden ser evitados.

El esquema propuesto consta de tres fases importantes, las cuales se encuentran dentro del proceso de diseño de ingeniería, y todo el diagrama que se recomienda es posible utilizar cuando se va a diseñar y desarrollar un componente, desde la idea hasta que la parte o el producto esté en manos del cliente.

Sin embargo, en algunos casos sólo es necesario realizar una parte o un componente de determinado material para utilizarlo posteriormente como parte de un producto o ensamble final, pero primero se deberá saber cuál es el diseño más recomendable, de qué material podría ser conveniente y, finalmente, cómo se fabricará. Es por ello que, como ejemplo de la aplicación de la selección de materiales para asistir el proceso de ingeniería, se propone definir y realizar un diseño, analizar y traducir los requerimientos; en lo que respecta al apartado de materiales, mientras que en la parte de diseño se debe definir el problema, recopilar la información, generar un concepto, realizar su evaluación y definir las especificaciones.

Para ejemplificar la metodología propuesta en la Figura número 3, se propone la elaboración de un soporte para una estructura, la cual podría ser de diferentes formas, sin embargo, como es muy sabido, la forma se relaciona directamente con la función, y para este caso en particular lo más conveniente es la forma circular, por lo que antes de empezar a realizar el diseño, primero es muy importante mencionar que, a través de este pequeño caso de estudio, se podrán identificar con facilidad los pasos a seguir de forma clara y práctica, por ejemplo: en la fase conceptual conocer la necesidad, que es contar con un soporte para una estructura, y el objetivo, que es que pueda soportar una fuerza, sin que se deforme; en lo que se refiere a la parte de materiales se necesita definir el diseño, y en lo que respecta a la parte de diseño se necesita realizar la evaluación del mismo; todo esto es mejor si es demostrado realizándolo directamente de forma aplicada, por lo que se inicia con definir el espesor de dicha estructura, ya que en la parte del proceso de diseño, como definición de problema o más bien como requerimiento, se desea que dicha parte o componente, llamada “soporte para estructura”, resista al menos una carga de 100 N, en otras palabras, que no se deforme o desplace dicho soporte y con el menor peso posible.

La fórmula para determinar la masa de un tubo hueco es (Budynas, 2011):

$$m = \frac{\pi(d_o^2 - d_i^2)l\rho}{4}$$

Donde

m = masa

d_o = diámetro exterior

d_i = diámetro interior

l = longitud

ρ = densidad del material

Como se puede observar, se necesita definir primero el material y después de cuánto debe ser el diámetro a utilizar, sin olvidar que el soporte debe ser resistente y no tan pesado para la estructura a generar.

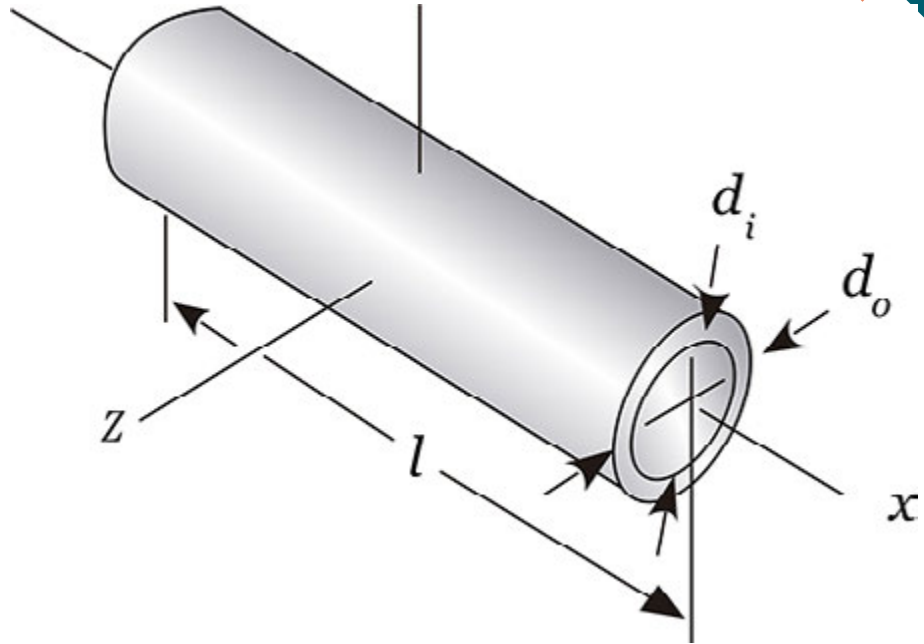


Figura 4. Representación de tubular.

El material que se propone es *nylon* o bambú, por su resistencia y peso ligero. Sin embargo, es necesario realizar los primeros cálculos sobre su masa, partiendo de un diámetro definido de 25.4 mm y un diámetro menor de 21.4 mm, con una longitud de 50 mm, para el caso del *nylon* tiene una densidad de:

$$0.00113 \text{ g/mm}^3$$

$$m = \frac{\pi(d_o^2 - d_i^2)l\rho}{4} = \frac{3.1416(25.40^2 - 21.40^2)50 * 0.00113}{4} = \frac{33.2280}{4} = 8.3070 \text{ g}$$

Para calcular la masa del bambú se utilizan los mismos valores, con la única diferencia de su densidad, que es de:

$$0.0007 \text{ g/mm}^3$$

Como se puede visualizar, la masa es menor en el bambú, pero aún falta conocer la rigidez, para lo cual primero es necesario determinar el momento de inercia, que para una sección tubular se calcula con la siguiente fórmula:

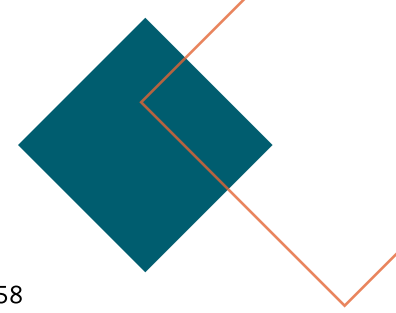
$$I_x = \frac{\pi(d_o^2 - d_i^2)}{8}$$

Para el *nylon*:

$$I_x = \frac{8.3070 \text{ g}}{8} (25.40 \text{ mm}^2 - (21.40 \text{ mm})^2) = 194.38 \text{ gmm}^2$$

Para el bambú:

$$I_x = \frac{5.1459 \text{ g}}{8} (d_o^2 - d_i^2) = 120.41$$



Para determinar la deflexión la fórmula es la siguiente (Pytel, 2012):

$$\delta = \frac{FL^3}{C_1 E}$$

El módulo de Young para el *nylon* es de 2930 MPa

$$\delta = \frac{PL^3}{3EI} = \frac{100 \cdot (50\text{mm})^3}{3 \cdot 2930 \cdot 194.38} = \frac{12500000}{1708424.4} = 7.315\text{mm}$$

Mientras E = módulo de Young (N/m²) y para el bambú es el siguiente, $E=15\text{-}20\text{GPa} = 17,500\text{ MPa}$.

$$\delta = \frac{FL^3}{C_1 E I} = \frac{100 \cdot 50\text{mm}^3}{3 \cdot 17500\text{MPa} \cdot 120.41} = \frac{12500000}{6321525} = 1.977\text{mm}$$

Finalmente, la rigidez se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$S = \frac{F}{\delta}$$

Se observa a continuación el resultado para rigidez en el caso del *nylon*:

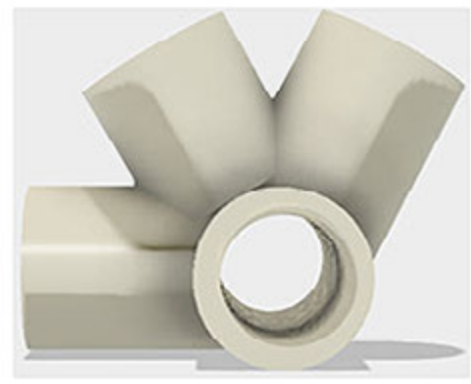
$$S = \frac{F}{\delta} = \frac{100\text{N}}{7.315} = 13.67$$

$$\text{Rigidez para el bambú: } S = \frac{F}{\delta} = \frac{100\text{N}}{1.977} = 50.58$$

Hasta este momento, y de acuerdo con los cálculos, se puede verificar que el bambú es el material que presenta mejores resultados para un espesor de 2 mm, si se desea que tenga un espesor de más de 2 mm los valores de masa, deformación y rigidez se mantendrán proporcionalmente, con la ventaja nuevamente para el material de bambú, sin lugar a dudas.

Sin embargo, existen dos problemas si se realiza el soporte con bambú, el primero es que no se puede utilizar para realizar la simulación a través del método de elemento finito, y el segundo problema que existe es que hasta este momento no existe alguna impresora de 3D con la posibilidad de realizar alguna pieza a partir de la inyección de bambú. Por lo tanto, a continuación se presenta en primer lugar el diseño del soporte en material de *nylon*, el cual sí es posible analizar y simular, además de imprimir en 3D.

Figura 5. Soporte para estructura en nylon, generado a partir del software Fusión 360, con un espesor de 2 mm.



Una vez creado el soporte del diseño en 3D con sus respectivas dimensiones, se ingresó al módulo de simulación dentro del software Fusion 360 de la compañía Autodesk, en donde se hizo el análisis estático correspondiente, partiendo de la asignación del material, que en este caso correspondió al material de nylon 6/6, con un Módulo de Young de 2.93 GPa.

Posteriormente se asignaron las cargas y restricciones, para finalmente llegar al mallado y a los resultados a través del método de elemento finito, mejor conocido como FEM, por sus siglas en inglés (Okereje & Keates, 2018).

El diseño y análisis de estructuras ha sido posible gracias al uso frecuente de técnicas de simulación numérica basadas en computadora, como es el caso del presente trabajo. En la parte interna tiene una cuerda, debido a que en cada orificio se ensamblarán otros tubos para ir formando una estructura a través de rosado.

Después de que se realizó el diseño, se dará paso a la aplicación de la fuerza de 100 N en el tubo que se encuentra en la posición horizontal, para verificar si el soporte resistirá, para poder llegar al mallado; como se muestra en la Figura 6, primero es necesario asignar la fuerza en la posición deseada y sus respectivos elementos de fijación.

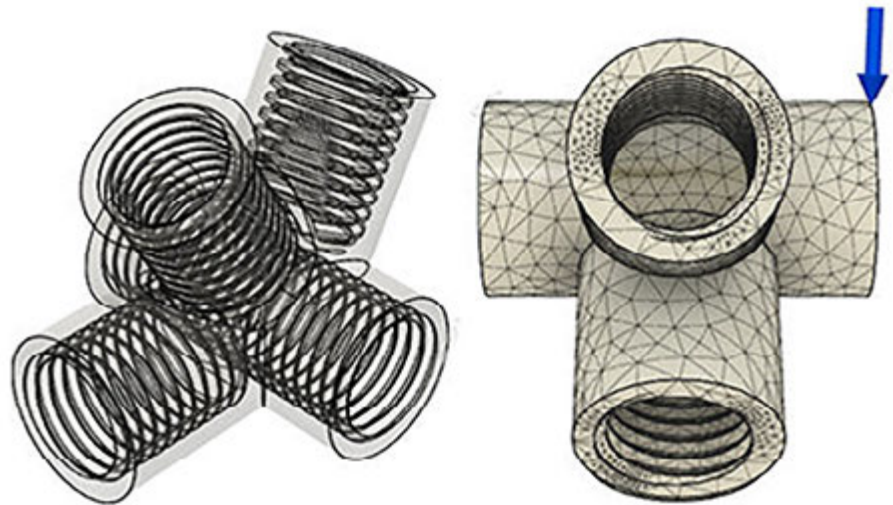


Figura 6. Representación de las fuerzas y del mallado que permitirá dar paso al análisis de elemento finito.

Una vez que se realiza lo anterior, el siguiente paso consiste en la solución para ver cuál es el comportamiento que tendrá dicho soporte al momento de aplicarle la fuerza, sin olvidar que lo que se pretende es que la deformación o desplazamiento sea la mínima posible.

Figura 7. Representación de la simulación “desplazamiento”.

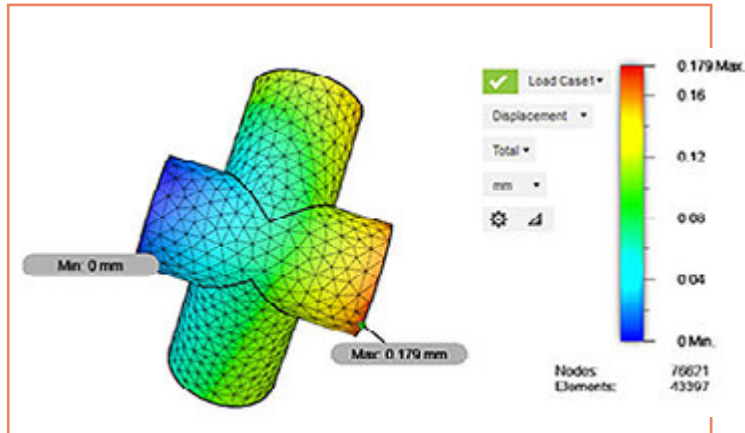
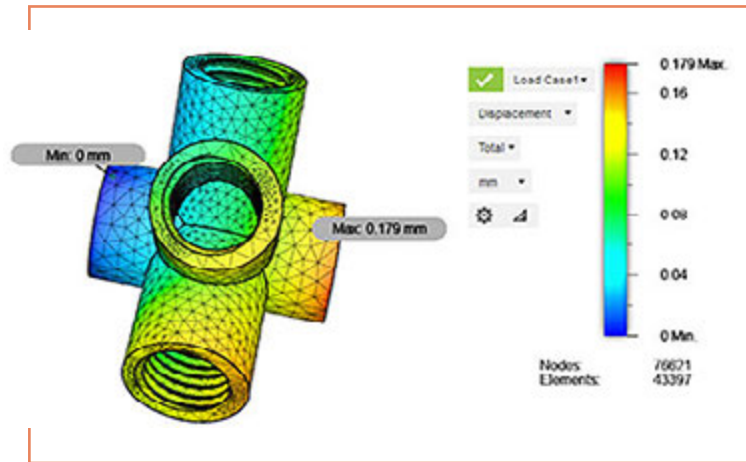


Figura 8. Otra vista del lugar o zona donde se desplaza en mayor cantidad el soporte.

En la figura anterior se pudo observar que existe un desplazamiento máximo de 0.179 mm, dicho valor es mucho más pequeño del que se había calculado, que era de alrededor de 7.3 mm; la razón por la cual no se puede comprobar el mismo resultado es porque el cálculo teórico se hizo considerando solamente el tubo, y en este caso el resultado se generó ya de la pieza o soporte que se desea.

Donde fue evidente que los tubos que se encuentran en la parte central, superior y posterior, apoyan para que el desplazamiento sea mucho menor, observando que el mayor desplazamiento se tiene en la esquina inferior, situación lógica y entendible puesto que fue en el extremo donde se aplicó la carga.

los análisis correspondientes y de recopilar la información obtenida de forma teórica, y mediante la parte del análisis y simulación, se puede tener una evaluación más objetiva sobre cuál será el comportamiento de dicho soporte y determinar si cumplirá o no con los requerimientos establecidos, que en este caso particular se puede concluir que la pieza con ese espesor no es suficiente para cumplir con lo requerido. Por lo tanto, se podrían realizar cambios en el material o sobre el diseño, cambiando las dimensiones, para aumentar el espesor del tubo y realizar los mismos estudios y análisis presentados.

Conclusiones

En primer lugar, se puede concluir que fue posible proponer una metodología a través de un esquema o diagrama en donde se mencionan las actividades que le corresponden a cada una de las disciplinas involucradas, las cuales están vinculadas por medio del proceso de diseño de ingeniería. Con la metodología es posible identificar con claridad las funciones para el área de materiales y la disciplina de diseño, donde ambas se encuentran en la misma jerarquía, y a través de las etapas que forman parte del proceso de diseño de ingeniería se establecen las fusiones, como por ejemplo en lo que fue la fase conceptual; en lo que respecta a los materiales se definen los requerimientos, y por parte del diseño se generó el concepto, mientras que la segunda etapa se encarga de conocer las propiedades de los materiales requeridas y la configuración del diseño, para finalmente pasar a la evaluación de los materiales y lograr establecer las especificaciones del producto y/o parte.

La metodología se aplicó partiendo de la necesidad de buscar diseñar y fabricar un soporte central con algún tipo de material, para lo cual se llevaron a cabo diferentes actividades o etapas, mencionadas anteriormente, empezando con la fase conceptual al momento de diseñar la forma que debería tener la pieza, la cual se realizó en un software de Diseño

Asistido por Computadora, mejor conocido como CAD; la siguiente fase fue la de incorporación, y aquí es el momento para realizar el diseño de configuración, debido a que dicho soporte era más conveniente desarrollarlo en material de bambú, puesto que el cálculo de rigidez obtenido fue mucho mayor que el de material de nylon, pero el inconveniente presentado es que no era posible realizar el CAE que corresponde a la Ingeniería Asistida por Computadora, por sus siglas en inglés; en otras palabras, no se puede generar el método de elemento finito, al menos en el software Fusion 360 utilizado hasta este momento, por la única y simple razón de que no existen las propiedades mecánicas en la base de datos del software antes señalado.

Finalmente, en lo que respecta a la fase de detalle, que son las especificaciones, se puede comentar que fue posible definir un diseño y realizar su evaluación, llegando a la conclusión de que el soporte de nylon para una estructura con un espesor de 2 mm no es suficiente para resistir una carga de 100 N, por lo tanto deberá realizarse una modificación en

el espesor hasta lograr obtener el mínimo desplazamiento para que pueda ser utilizada de forma real en la integración o conformación de una estructura para una aplicación específica.

Sin duda alguna, este tipo de investigación es fundamental para el diseño y desarrollo de productos, puesto que a partir de lo realizado se pueden empezar a generar otras investigaciones para dar continuidad, por ejemplo, buscar algún otro programa o software que permita realizar el análisis de elemento finito usando como material el bambú. La otra investigación consistiría en fabricar el soporte sin que necesariamente se haga en una impresora 3D y optar por maquinar el soporte diseñado en material de bambú y de esta manera materializar el producto para demostrar la última fase o etapa de la metodología.

Agradecimientos

El presente trabajo de investigación ha sido gracias al apoyo de la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Azcapotzalco, CyAD, y a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área Académica de Ingeniería y Arquitectura.

Referencias

Ashby, M. F. (2011). *Materials Selection in Mechanical Desing*. Burlington, Estados Unidos de América: Elsevier.

Budynas, R. G. (2011). *Shigle's Mechanical Engineering Design*. Nueva York: McGrawHill Connect Learn Succeed.

Dym, C. L., & Brown, D. C. (2012). *Engineering Design*. Nueva York, : Cambridge University Press.

Jyothish, L., Pandey, P. M., & Wimpenny, D. I. (2019). *3D Printing and Additive Manufacturing Technologies*. Gateway, Singapur: Springer.

Karana, E., Pedgley, O., & Rognoli, V. (2014). *Materials Experience Fundamentals of Materials and Design*. Amsterdam, Reino Unido: Butterworth-Heinemann Elsevier.

Okereje, M., & Keates, S. (2018). *Finite Element Applications*. Gewerbestrasse, Suiza: Springer.

Pytel, A. (2012). *Mechanics of Materials*. Stamford, United State of America: Cengage Learning.

"ver es un acto voluntario y, por tanto, todo lo que vemos queda a nuestro alcance, no necesariamente de nuestra mano, pero sí en un plano que hace pensar que puede ser realidad."

Berger

Taller de elaboración de exvotos: conservación de tradición y activación social

Workshop on making of exvotos: conservation of tradition and social activation

Adolfo Guzmán Lechuga* Dr. en Arquitectura, Diseño y Urbanismo por la UAEM, Maestro en Artes Visuales, Comunicación y Diseño Gráfico por la Academia de San Carlos-UNAM. Licenciado en Diseño Gráfico por la FAD-UNAM. Perfil Prodep. Miembro del cuerpo académico *Expresión Visual* de la Escuela de Artes Plásticas Rubén Herrera de la Universidad Autónoma de Coahuila. Líneas de investigación: Imagen, Comunicación y Cultura; Tecnología y Procesos Creativos del Discurso Visual. Profesor de Tipografía y Taller de Investigación y Producción I y II.

Ana Isabel Pérez Gavilán** Dra. en Historia del Arte por la Universidad de Binghamton, N.Y. Maestra en Museos y Licenciada en Historia del Arte por la Universidad Iberoamericana Santa Fe. Perfil Prodep. Miembro del cuerpo académico *Expresión Visual* de la Escuela de Artes Plásticas Rubén Herrera de la Universidad Autónoma de Coahuila. Líneas de investigación: Imagen, Comunicación y Cultura. Profesora de: Historia del Arte Universal e Historia del Arte Mexicano, Crítica del Arte y Análisis del Arte Contemporáneo.

María del Socorro Gabriela Valdez Borroel*** Mtra. en Metodología de la Investigación por la Universidad Autónoma de Coahuila y Licenciada en Diseño de la Comunicación Gráfica por la FAD-UNAM. Perfil Prodep. Miembro del cuerpo académico *Expresión Visual* de la Escuela de Artes Plásticas Rubén Herrera de la Universidad Autónoma de Coahuila. Líneas de investigación: Imagen, Comunicación y Cultura; Tecnología y Procesos Creativos del Discurso Visual. Profesora de: Teoría y percepción del color; Envase y embalaje, Factores económicos para el diseño.

Resumen

El proyecto de investigación: Taller de Elaboración de Exvotos: Conservación de Tradición y Activación Social fue realizado en los municipios de Parras de la Fuente, General Cepeda, Arteaga y Saltillo, Coahuila, entre 2017 y 2018. Sus resultados se presentaron en el XXX Encuentro Nacional de Escuelas de Diseño Gráfico (Encuadre, 2019) en la mesa de Cultura y Patrimonio.

El objetivo del proyecto fue sensibilizar al sentido social y simbólico de esta expresión plástica religiosa, con el fin de conservarla como patrimonio en Coahuila. Dado que en la tradición de esta ofrenda se requiere que un comitente o donante realice o mande a hacer un retablo pintado, donde se represente a una deidad o santo a quien se implora, se

está perdiendo. Se utilizaron los talleres como método de activación social. Así, la declaración de petición o agradecimiento sobre una situación personal o comunitaria en los nuevos exvotos tomaría un sentido actualizado que queríamos explorar. La intención era vislumbrar cómo se ha transformado la fe que antes se expresaba en este medio pictórico; es decir, ¿cómo se expresa la relación contemporánea de los participantes en los talleres con lo sobrenatural y, si acaso, lo milagroso, de una manera iconográfica?

Para evaluar el impacto se aplicó un cuestionario donde los participantes señalaron que la experiencia resultó motivadora y reflexiva, al descubrir que esta antigua práctica tiene un sentido de ofrenda y de agradecimiento. Expresaron

que representar plásticamente un episodio cotidiano no fue fácil; les dejó una sensación de concreción y crecimiento, ya fuera espiritual, mental, personal, de alivio o libertad. Pintar un exvoto les dejó una sensación de esperanza a su deseo. Estos resultados se discuten en el presente artículo.

Palabras clave: Taller, exvotos, conservación, activación social.

Abstract

The research project: exvotos preparation workshop: Conservation of tradition and social activation, was carried out in the municipalities of Parras de la Fuente, General Cepeda, Arteaga and Saltillo, Coahuila, between 2017 and 2018. Its results were presented in the XXX National Meeting of Graphic Design Schools (Encuadre, 2019) at the Culture and Heritage table.

The objective of the project was to sensitize the social and symbolic meaning of this religious plastic expression, in order to preserve it as heritage in Coahuila. Since the tradition of this offering, a principal or donor makes or has a painted altarpiece made representing a deity or saint who is imple-

red, is being lost. The workshops were used as a method of social activation. Thus, the declaration of request or thanks about a personal or community situation in the new votive offerings would take on an updated meaning that we wanted to explore. The intention was to glimpse how the faith that was previously expressed in this pictorial medium has been transformed; that is, how is the contemporary relationship of the workshop participants expressed with the supernatural and, if anything, the miraculous, in an iconographic way?

To evaluate the impact, a questionnaire was applied where the participants indicated that the experience was motivating and reflective, upon discovering that this ancient practice has a sense of offering and appreciation. They expressed that plastically representing an everyday episode was not easy. It left them with a feeling of concretion and growth, be it spiritual, mental, personal, relief or freedom. Painting a votive offering left a feeling of hope for his desire. These results are discussed in this article.

Keywords: Workshop, exvotos, conservation, social activation.

Introducción

Los exvotos pictóricos son imágenes religiosas de larga tradición en México, especialmente durante el siglo XIX y principios del XX. Metafóricamente podríamos decir que son imágenes que bajan a la Tierra y entrecruzan los territorios de lo sagrado y lo cotidiano de manera sorprendente. Son los testimonios gráficos de “milagros” que los creyentes del catolicismo aducen a la “intervención divina”. El género deriva de la pintura religiosa virreinal, pero la idea de ofrendar y agradecer a la divinidad es tan antigua como lo es el capital simbólico del hombre.

Podemos afirmar que el exvoto, en su modalidad pictórica moderna, como expresión de la religiosidad popular con una iconografía específica que lo caracteriza, es una creación mexicana. Generalmente, esta tipología pictórica comprende a la divinidad a quien se le dedica en la parte superior; el donante (de rodillas) y su red social, y una cartela o texto que explica el suceso en la parte inferior. A veces se evidencia el motivo de la petición mediante la escena del enfermo en una cama, un accidente, una caída, etcétera.

No obstante, a partir del surgimiento de la fotografía, los exvotos pictóricos —conocidos anteriormente como “retablos”—, han caído en desuso, dando lugar a objetos menos elaborados. En agradecimiento por el “favor” recibido del santo o santa, virgen o Cristo, cuya imagen adquirió fama milagrosa a lo largo del tiempo, trenzas, muletas, fotografías, papelitos e incluso los llamados milagritos —de oro y plata, ahora de metales menos valiosos— son depositados en sus templos cuya imagen ha adquirido fama milagrosa a lo largo del tiempo.



Gráfico 1. Esta antigua expresión plástica es una ofrenda de agradecimiento. Al paso del tiempo se ha perdido su elaboración, uso y significado, llegando a ser un patrimonio cultural en riesgo de perderse. Anónimo, exvoto dedicado a San Antonio de las Cabras, 1933, óleo sobre lámina de cobre, capilla San Antonio de las Cabras, ejido de Guadalupe, General Cepeda, Coahuila. Fotografía: María West (2014).

Como señala Peter Burke, "[...] las imágenes son la mayor guía para entender el poder que tenían las representaciones visuales en la vida política y religiosa de las culturas pretéritas." (2005:17). Así, las imágenes desempeñan un papel primordial en la experiencia de lo sagrado (Wirth, citado por Burke, 2005:28); pero lo milagroso, lo sobrenatural, constituye concepciones históricas que, por supuesto, van cambiando con el tiempo. La veneración de las imágenes, el poder apotropaico o milagroso que se les atribuía antaño, ha pasado por el filtro de la racionalidad y el descrédito de los grandes discursos religiosos; no obstante, lejos de desaparecer, se ha transformado semiótica y ontológicamente.

Las preguntas rectoras de esta investigación fueron: ¿cómo se ha transformado la fe que antes se expresaba en los exvotos pictóricos? y ¿cómo se expresa la relación contemporánea de los participantes en estos talleres con lo sobrenatural y, si acaso, lo milagroso, de una manera iconográfica? Esta investigación da cuenta de posibles significados del exvoto pictórico hoy, y ello es tomado como el eje a partir de su activación social en los talleres de elaboración de exvotos en diferentes localidades de Coahuila y con diferentes públicos. Los participantes fueron seleccionados porque han estado expuestos al tema de diferentes maneras, ya sea como guardianes patrimoniales o como educandos.

Comprender la manera que tienen las personas en la actualidad para relacionarse con alguna divinidad y llevarlo a una representación gráfica fue el gran reto para los talleristas, así también hacerlos comprender y tomar con cierta espiritualidad el sentido íntimo y trascendente de esta ofrenda; éste fue un aspecto a considerar a medida que los talleres transitaban de una población tradicional y católica a otra con jóvenes que no lo eran (tanto).

Este proyecto busca significar y revivir en comunidades específicas de Coahuila los exvotos pintados, con la intención de reencontrar el sentido simbólico de la petición u ofrenda a un poder superior, dada la extinción de este género en la geografía que nos ocupa.

"... las imágenes son la mayor guía para entender el poder que tenían las representaciones visuales en la vida política y religiosa de las culturas pretéritas."

Antecedentes

Existen relatos sobre colecciones de exvotos que estuvieron a punto de perderse y terminar en la basura. La dedicada al Santo Madero de Parras es una de ellas. Fue rescatada en 2013 por la Secretaría de Cultura del Gobierno del Estado de Coahuila y su Oficina de Turismo, dándose a conocer mediante una magna exposición itinerante y su respectivo catálogo (Pérez Gavilán, 2013), titulada "Exvotos de Parras: historias de fe de un pueblo mágico".

La colección ubicada en una capilla rural en el municipio de General Cepeda ha permanecido inédita hasta ahora, de ahí gran parte del mérito de este proyecto de *Taller de Elaboración de Exvotos: Conservación de una Tradición y Activación Social*, que la saca por primera vez a la luz pública. Con el telón de fondo de aquella exposición presentada en la Ciudad de México, Zacatecas, Tijuana, Torreón, Saltillo y Monclova, se decidió continuar trabajando el tema por medio de talleres que abarcaran las dos colecciones localizadas en Coahuila.



Gráfico 2. Material gráfico creado por la Secretaría de Cultura de Coahuila (SEC) para las exposiciones de los exvotos rescatados de la Capilla del Santo Madero de Parras, Coahuila.

Los repositorios más famosos

En México los santuarios con exvotos más conocidos y famosos se ubican en la zona del Bajío, en Guanajuato y en Jalisco, como la Virgen de San Juan de los Lagos; en el centro destaca la basílica de la Virgen de Guadalupe. Son estos sitios donde se presentaron durante el siglo XIX las condiciones propicias para que los exvotos pictóricos se multiplicaran durante el Porfiriato y la Revolución. La marginación económica y académica con precarios servicios de salud y educación artística y la exacerbada religiosidad católica, unidos a la creatividad propia

de los mexicanos, permitieron que los encontremos también en Oaxaca (La Soledad) y otras entidades, y por supuesto, en Ciudad de México. Ahí destaca la amplia colección aún viva de la Basílica de la Virgen de Guadalupe, cuyos exvotos antiguos son resguardados en el Museo de la misma.

A medida que nos alejamos del centro hacia el norte de la República, encontramos el notorio culto al venerado san "Panchito", en Real de Catorce, San Luis Potosí, sumamente venerado. La escultura de un san Francisco sentado en la parroquia

recibe a gran cantidad de peregrinos que acuden a aquella antigua población minera a depositar sus ofrendas. Fuera de esta colección, que hoy incluye trenzas, fotos, cartas, milagritos que se venden en la calle y hasta bancas de madera como ofrendas, no existía documentación de colecciones decimonónicas o de principios del siglo XX en el noreste de México. Las dos colecciones de las que tenemos noticia en esta región son la del Santo Madero en Parras de la Fuente y la de la capilla dedicada a san Antonio de las Cabras en el ejido Presa de Guadalupe, municipio General Cepeda, ambas en el sureste de Coahuila.¹

La colección de más de 120 piezas de la capilla de San Antonio de Las Cabras se hace pública por primera vez con un repositorio digital que acompaña a este proyecto, el cual cuenta con la autorización de la oficina regional del INAH Coahuila. Inicialmente fue documentada por la artista plástica María West en su tesina de licenciatura en 2014, publicación del ámbito académico.²

El resultado de los talleres confirma la valía de este patrimonio cultural, a pesar del pobre estado de conservación en que se encuentra, aún en su sitio original: un pequeño cuarto a manera de baptisterio a la entrada del templo del lado de la epístola. Para este proyecto, en primera instancia se buscó que la comunidad del ejido Presa de Guadalupe se acercara a la colección de una manera diferente, para así generar un mejor cuidado de la misma.³

¿Qué ha pasado entonces con el exvoto pintado? Como hemos venido señalando, básicamente se enfrenta a su extinción. Su escasa supervivencia como imagen pictórica se concentra en los santuarios más relevantes del país, cuya factura sería tema de una interesante investigación futura. Podemos decir, sin embargo, que el exvoto en sí no se ha extinguido, sino que ha sufrido una transformación profunda, sustituido principalmente por imágenes fotográficas de “donantes” y objetos personales, como las trenzas y las muletas citadas arriba. Podríamos caracterizar a estas nuevas formas de votos como un género híbrido que incluye su sentido tradicional de ofrenda, aunque los medios y soportes con los que se realiza se han transformado sustancialmente al incorporar materiales y formatos fácilmente accesibles al devoto contemporáneo, como cartulinas, recortes, listones, collages, apuntes improvisados, cabellos y, por supuesto, fotografías (Pérez, 2013:44-56).⁴



Gráfico 3. Mapa de los repositorios de exvotos más famosos en México. Gráfico: Paola González, estudiante de Diseño Gráfico de la EAP (2018).



Gráfico 4. Exvotos en el antiguo baptisterio de la capilla de San Antonio de las Cabras. Fotografía: Alberto Ramos, 2017.

Significado social y religioso

"Estudiosos registraron, conservaron, restauraron y divulgaron colecciones, al tiempo que el mercado nacional e internacional se empezó a interesar en estas piezas de ingenua factura."

Para Elin Luque, especialista en el tema, el enfoque desde la historia de las mentalidades es fundamental para entender los exvotos o retablos. En el siglo XX, los cultos regionales se convirtieron en instrumento decisivo para aglutinar movimientos de rebeldía y lucha que adquirieron fuerza cohesiva como expresión de patriotismo regional (Luque, 2012: 43). El exvoto tuvo auge entre los años 20 y 40 del siglo pasado. Los de General Cepeda no son la excepción, pues entre ellos hay algunos de la Revolución, lo cual les da valor como documentos visuales para el estudio de la historia nacional (Luque, 2012:17).

El interés por estas expresiones gráficas, antes menospreciadas por ser populares, fue creciendo de los años noventa a la fecha. Estudiosos registraron, conservaron, restauraron y divulgaron colecciones, al tiempo que el mercado nacional e internacional se empezó a interesar en estas piezas de ingenua factura, lo que provocó su tráfico, a veces indiscriminado. Esto ha provocado la realización de exposiciones y publicaciones importantes que Luque reseñó detalladamente en su tesis doctoral: *Análisis de la evolución de los exvotos pictóricos como documentos visuales para describir "la otra historia" de México* (2012).

El enfoque de esta investigación no es histórico, tampoco desde las mentalidades o desde la estética de la recepción, sino desde la ontología y la semiótica. Los participantes fueron persuadidos a relacionarse de una manera vivencial con la esperanza espiritual y la creencia en lo divino, propio de un exvoto, aunque profesaran otra religión o incluso se declararan no creyentes. La espiritualidad contemporánea es más abstracta, menos tangible, especialmente en los jóvenes. Cada vez es menor la cantidad de individuos en México que realmente vive esa religión; aun cuando profesen la religión católica (según datos del INEGI, el crecimiento de la población no católica de 1921 a 2010 es más elevado que aquellos que profesan esa religión. Estos últimos alcanzan el 89.3% de una población total de 112,333,538 personas en 2010).

Método empleado en los talleres de elaboración de exvotos

Los talleres de elaboración de exvotos se realizaron en cuatro municipios de Coahuila entre 2017 y 2018. Estuvieron guiados por tres profesores y diez estudiantes de Artes Plásticas y Diseño Gráfico.⁵ Los materiales empleados fueron una tabla MDF de 20 x 20 cm, tintas vinílicas, pinceles, lápices y hojas bond. Cada participante elaboró un exvoto y respondió un cuestionario de cuatro preguntas abiertas sobre la experiencia del taller. Se asignó un color a cada pregunta con la intención de diferenciarlas y lograr visualizar su relevancia en la nube de respuestas: El color naranja a la pregunta: ¿Cuál fue tu experiencia al realizar un exvoto? El color verde a la pregunta: Al realizar el exvoto, ¿hiciste alguna promesa a santos?, ¿a quiénes?, ¿por qué motivos? El color rojo a la pregunta: con la experiencia de hacer un exvoto, ¿piensas que tus deseos se consumarán? El color morado a la pregunta: ¿al realizar tu exvoto tuviste algún crecimiento en algún aspecto? Las respuestas del cuestionario se prepararon en Excel para su procesamiento y el análisis de respuestas se realizó en Atlas.ti.

Los talleres se estructuraron en dos partes, la primera fue teórica con una presentación visual y oral. En ella se expuso un resumen sobre la historia y el significado de un exvoto y el propósito de los talleres. La segunda fue conceptualizar y pintar el exvoto.

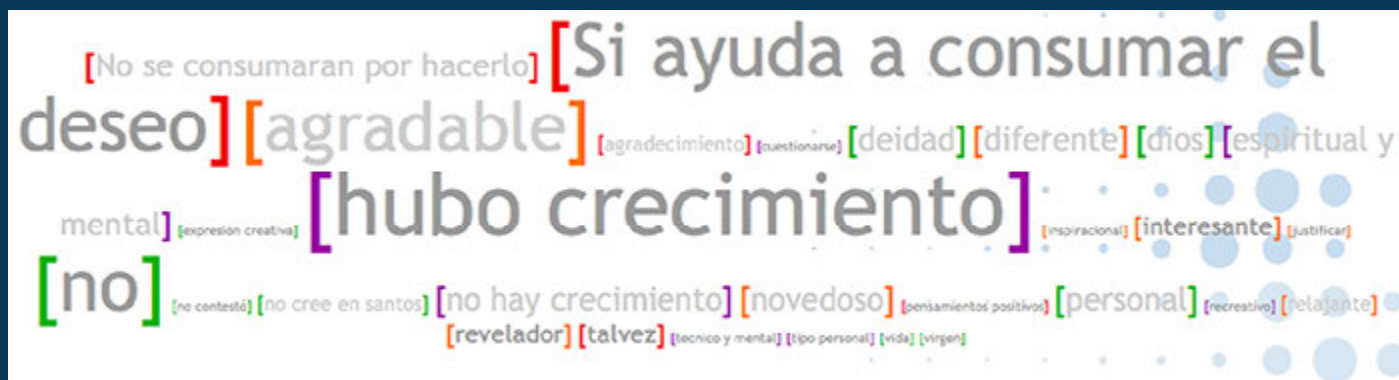


Gráfico 5. La nube de palabras permitió visualizar los códigos de relevancia.
Gráfico: Carolina Quinto. UAT (2018).

Se orientó a los participantes a elegir el episodio a narrar antes de ilustrarlo. Éste fue un elemento básico para el éxito de la construcción narrativa; es decir, el carácter íntimo y personal que refleja el género, la necesidad de consuelo o alivio del miedo y del dolor, debía ser elaborado a manera de relato, lo cual descubrimos después de realizar el primer taller. Para ello, se indicó a los participantes de los siguientes talleres que primero lo escribieran y dibujaran como un boceto, para asegurarse que contuviera todos los elementos de un exvoto: asunto, lugar, a quién se hacía la petición, el nombre de quien lo pedía y la fecha. Una vez revisado el boceto, podían pintar el exvoto. Durante el proceso fueron auxiliados en la conceptualización y ejecución técnica por los estudiantes de apoyo.

El primer taller se desarrolló en General Cepeda (ejido Presa de Guadalupe), donde participaron 48 personas, principalmente las mujeres que cuidan la capilla dedicada a San Antonio de las Cabras; a ellas se les sumaron algunos niños. El resultado fue de 24 exvotos pintados.

El segundo taller se desarrolló en Parras de la Fuente, Coahuila, en la Biblioteca Pública Municipal. Participaron 16 alumnos de la Preparatoria Juan Antonio de la Fuente, cuatro artesanos, dos personas de turismo y la cronista de la ciudad. El resultado fue de 23 exvotos pintados.

El tercer taller se desarrolló en Arteaga, en la Escuela de Artes Plásticas Rubén Herrera (EAP) de la Universidad Autónoma de Coahuila (UA de C). Participaron 13 estudiantes de las

"... el carácter íntimo y personal que refleja el género, la necesidad de consuelo o alivio del miedo y del dolor, debía ser elaborado a manera de relato."

Licenciaturas en Artes Plásticas y Diseño Gráfico. En este caso, se incluyó la modalidad digital como una elaboración libre a partir de la idea principal de agradecimiento o petición. Esto, considerando que en las redes sociales es frecuente el agradecimiento a Dios de diversas maneras, incluyendo el signo # (hashtag) como #graciasadios y otras semejantes. El resultado fue de 13 exvotos pintados y ocho exvotos digitales.

El cuarto taller se desarrolló en el patio de la galería de la Secretaría de Cultura en el Centro Histórico de Saltillo, con 19 estudiantes de preparatoria. El resultado fue de 21 exvotos pintados.



Gráfico 6. Taller de pintura de exvotos en el ejido Presa de Guadalupe, General Cepeda, Coahuila, 2017. De izquierda a derecha: las maestras facilitadoras Lilette Jamieson y Ana Isabel Pérez Gavi-lán; el niño José y la señora Ma. Cristina Leija con sus creaciones, y miembros de la comunidad con talleristas de la Escuela de Artes Plásticas. Fotografías: Alberto Ramos.

Resultados

En total se realizaron 81 exvotos pictóricos y 8 digitales. Los rasgos distintivos fueron la ingenuidad plástica y la frescura de las escenas con objetos en primer plano sobre fondos de color, generalmente cielos en los que flotan aquellos. En las comunidades con un repositorio antiguo fueron más comunes las escenas anecdóticas (Parras y el ejido de Presa de Guadalupe), mientras que en Saltillo y Arteaga se presentaron más deseos de bienestar para la familia o el mundo. Cabe destacar que el taller de Saltillo se realizó pocas semanas antes del temblor en Ciudad de México del 19 de septiembre de 2017, lo cual llevó naturalmente a los preparatorianos a expresar su solidaridad social. No obstante, la mayoría carece de una figura sagrada, que quizá fue sustituida por imágenes de la naturaleza: un atardecer, el mar, el cielo...

"El exvoto es una invitación a experimentar la espiritualidad..."

Es justo señalar que nuestra metodología fue afinándose para alcanzar objetivos, así se observa que los primeros ejemplares no contienen todos los elementos; la cartela o texto fue difícil de escribir por no contar con las herramientas adecuadas, como un pincel más fino o un plumón, que incorporamos más tarde.

En cuanto a los resultados, junto a los exvotos pintados, obtenidos a través del cuestionario aplicado, destaca que, en la generalidad, a los participantes, el realizar un exvoto les dejó una experiencia agradable, porque la consideran diferente, novedosa, inspiradora, interesante y reveladora. En sus propias palabras, la experiencia fue agradable, porque podría ser una forma de comprender por qué suceden las cosas; la experiencia tiene que ver con la trascendencia del ser humano, pues el exvoto es una expresión plástica que se involucra fuertemente con la espiritualidad humana y con la idea de que somos más que cuerpo, y que hay algo que trasciende nuestros sentidos y la materia.

El exvoto es una invitación a experimentar la espiritualidad, un tema que para muchos implica la religiosidad y el contacto con la figura de un Dios y otras figuras a las que se concede trascendencia. Se dice que:

[...] las imágenes se hicieron al principio para evocar la apariencia de algo ausente. Gradualmente se fue comprendiendo

que una imagen podía sobrevivir al objeto representado, por tanto, podría mostrar el aspecto que había tenido algo o alguien, y por implicación como lo habían visto otras personas (Berger, 2007:6).

Bajo esta idea, el exvoto tuvo eco en las creencias de las personas para expresar y materializar sus deseos de agradecimiento, petición u ofrecimiento. En la actualidad, quizá el exvoto aún pueda contener esperanzas y deseos, pero también puede no representar mayor interés que ser una reliquia o una anécdota que sólo ofrece testimonio de lo que en otra época tuvo relevancia.

Berger escribió que ver es un acto voluntario y, por tanto, todo lo que vemos queda a nuestro alcance, no necesariamente de nuestra mano, pero sí en un plano que hace pensar que puede ser realidad (Berger, 2007:5). De ahí que las representaciones visuales para el hombre han sido la posibilidad de materializar el mundo. Una representación visual es el principio para materializar el mundo de las ideas en un mundo material. En ese sentido, los participantes de los talleres dicen no haber dedicado el exvoto para ninguna deidad o santo en específico; dicen ya no creer en los santos, no hay creencia en los favores de éstos. Tienen confianza en sus capacidades personales o en un destino ya definido. Los que no tienen una referencia religiosa a la cual dirigir sus plegarias, como a la Virgen de Guadalupe o al ángel de la guarda, recurren a un dios no necesariamente concebido desde el catolicismo.



Gráfico 7. Exvotos realizados por Deisy Rodríguez, Andrea Badillo y Adanay en el taller impartido en Saltillo, Coahuila (2017). Fotografías: Alberto Ramos.

Considerando la creencia de que al plasmar un deseo en un exvoto éste se realizará, la mayoría de los participantes suponen que sí; esto sugiere que en el pensamiento de las personas siguen presentes las creencias en lo intangible o, incluso, lo sobrenatural, aunque también se asoma la suposición de que son los pensamientos positivos los que ayudan a la realización del deseo. Lo cierto es que las personas tienen la necesidad de creer en algo, aunque el lugar de los santos ya no es el principal depósito de la fe y la devoción. Esta idea cobra relevancia dentro de los talleres, pues para los participantes representar un acto de fe fue una gran dificultad, ya que no estaban convencidos de que un exvoto pudiera lograrlo. Esto, suponemos, tiene que ver con la educación que se da a las personas bajo alguna religión. Al respecto, Gutiérrez (2005) ha sugerido que:

[...] la verdadera educación es la que produce la existencia auténtica, gracias a la cual el hombre ama, es libre, constituye un mundo axiológico de unidad con el género humano y se convierte en la más fiel expresión de Dios, su creador. La existencia auténtica del ser humano consiste en que el hombre se haga a imagen y semejanza de Dios (Gutiérrez, 2005:162).



Gráfico 8. Exvotos realizados por los estudiantes de Diseño Gráfico y Artes Plásticas: Luis Donaldo, Jorge Alejandro, Lluvia Zapata y Aurora en el taller impartido en Arteaga, Coahuila. 2018. Fotografías: Alejandra Sánchez.



Gráfico 9. Exvotos digitales realizados en Facebook por las estudiantes Sofía López y Rosi González en el taller impartido en Arteaga, Coahuila. 2018. El de la extrema derecha es un ejemplo de agradecimiento a Dios en las redes sociales, recopilada por la primera.

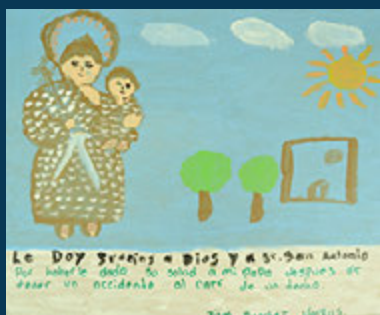


Gráfico 10. Exvotos realizados por la madre de la familia Sánchez Vargas, por Yocsan Bladimir, Ma. Cristina Leija y Porfiria Torres Vargas en el taller impartido en General Cepeda, Coahuila. 2017. Fotografía: Alberto Ramos.

...para los participantes representar un acto de fe fue una gran dificultad, ya que no estaban convencidos de que un exvoto pudiera lograrlo.

Quizá lo expresado por los participantes acerca de creer o no creer en alguna deidad y, por tanto, suponer que sus deseos se consumaran o que no sucederá nada con su exvoto, tenga respuesta en lo sugerido por Bergeson referido por Berger, en cuanto a que hay dos tipos de religión: la primera es la estática, la que se dirige a objetos, ídolos, cosas, ritos y, por tanto, no hay sentido para el ser humano. Religión que prolifera en la actualidad y genera una neurosis humana. La segunda, calificada como fundamentante, aquella donde un individuo tiene una experiencia que da a su vida un sentido amplio de la vida y la hace axiológicamente válida. Experiencia que le hace vivir el amor que proviene de Dios (Bergson, citado por Gutiérrez, 2005:161). Lo dicho hace suponer que muchos de los individuos participantes en los talleres han sido educados bajo un tipo de religión estática en la que sólo se ha seguido la repetición de ritos y objetos y no se ha vivido una experiencia de verdadera transformación personal.

Lo que creemos afecta al modo en que vemos las cosas (Berger, 2007:5). Bajo esta idea, si las personas no consideran que hubo un cambio en su vida a partir de realizar un exvoto, todo ello depende de sus creencias. Claro que realizar un solo exvoto es poco para determinar que haya una repercusión en sus creencias o afirmar que las personas no tengan alguna creencia. Contradictoriamente, la mayoría de los participantes manifiestan tener una fuerte creencia de que su exvoto ayudará a que sus deseos se hagan realidad, piensan que la imagen que representaron es el principio para la realización de su deseo, aunque su representación no tiene que ver con alguna deidad. Algunos participantes son escépticos y comentan que su trabajo no ayudaría en nada a que sus deseos sean consumados. Lo único que expresaron fue haber experimentado pensamientos positivos durante la realización.

Conclusiones

El objetivo planteado en el proyecto, relacionado con contribuir a la conservación y práctica de la tradición del exvoto mediante la activación social, se logró con las personas que participaron en los talleres, aunque no es posible asegurar que con cuatro talleres la práctica de esta antigua expresión plástica vuelva a tener la trascendencia en las creencias de las personas que tuvo en el pasado.

Es posible que los talleres dejaron en los participantes una comprensión más profunda de lo que es un exvoto; realizar una petición o un agradecimiento a través de la palabra y la imagen, y de lo que significa representar plásticamente sus aspiraciones o agradecimientos. Esto aporta el sentido del valor semiótico y simbólico del signo y de su poder transformador sobre la realidad.

Como respuesta a: ¿cómo se ha transformado la fe que antes se expresaba en los exvotos pictóricos? y ¿cómo se expresa la relación contemporánea de los participantes en los talleres con lo sobrenatural y, si acaso, lo milagroso, de una manera iconográfica? La mayoría de los participantes dijeron haber tenido una experiencia satisfactoria al realizar un exvoto, aunque no creen en algún santo o el Dios de la religión católica. Sin embargo, existe la creencia en algún otro tipo de divinidades o fuerzas. La creencia en un ser, principio o energía superior está presente, aunque la representación del poseedor de esta cualidad ha mutado y se ha alejado de la representación de los santos, lo cual podemos observar en los exvotos pintados, donde se agradece a la naturaleza o al aire que se respira, o en los digitales, donde sólo en el # aparece una referencia a lo divino, pero la imagen es totalmente cotidiana. Muchos de los participantes sólo pudieron agradecer a la vida de una manera general, incluso abstracta. De igual forma, la mayoría encontró en el exvoto un crecimiento, siendo los de tipo espiritual, mental y personal los más mencionados, aunque la mayoría dijo haber experimentado un crecimiento, quizá momentáneo y emotivo. Para otros no hubo mayor cambio en sus creencias. Entre los argumentos que provocaron un crecimiento mencionan que el cuestionar su creencia fue determinante, en otros, la realización fue un ejercicio recreativo sin mayor trascendencia o reto técnico o mental.

Este proyecto buscó significar esta expresión plástica en comunidades específicas de Coahuila al revivir los exvotos pintados, con la intención de reencontrar el sentido simbólico de la petición u ofrenda a un poder superior, dada la extinción de este género en la geografía que nos ocupa.

Comprender la manera que tienen las personas en la actualidad para relacionarse con alguna divinidad y llevarlo a una representación gráfica fue el gran reto para los talleristas; así también hacer comprender a los participantes el posible componente espiritual y el sentido íntimo y trascendente de esta ofrenda. Esta situación fue un aspecto a considerar a medida que los talleres transitaban de una población tradicional y católica a otra, con jóvenes que no lo eran (tanto), y que también se reflejó en los resultados.

Consideramos que el método empleado para la realización del proyecto fue adecuado, en cuanto a contar con un apartado teórico y otro práctico. El cuestionario aportó datos de opinión suficientes, aunque sería conveniente aumentar el número de preguntas y la cantidad de exvotos.

Es evidente que las creencias cambian con el tiempo. Cuando el exvoto era un medio popular de agradecimiento o petición, el contexto social y el habitus de las personas era otro y, por lo tanto, la certeza en que éste lograría hacer realidad sus deseos y anhelos fue una firme creencia.

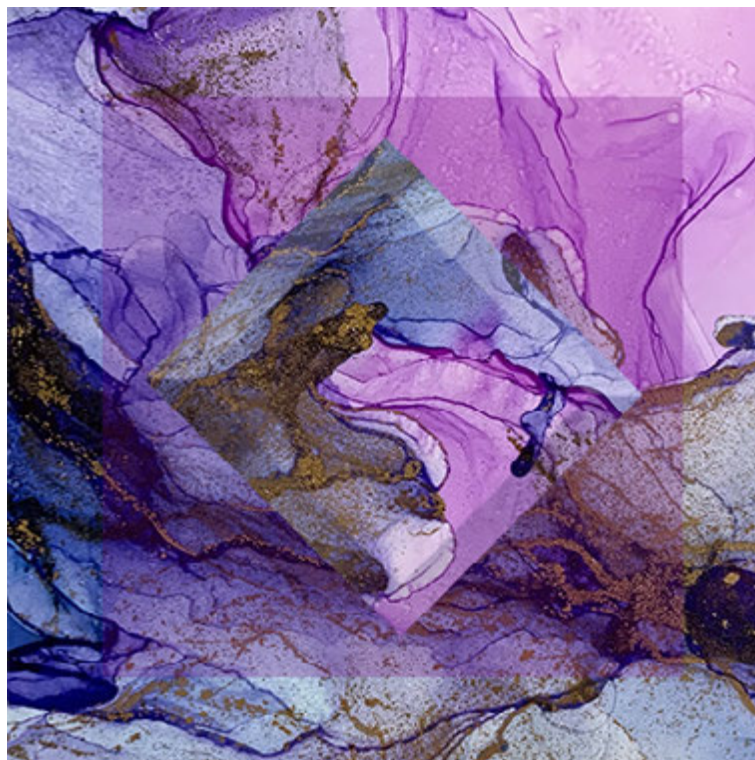
En la actualidad, aunque el contexto es otro, y por supuesto las creencias han cambiado, el pensamiento racional no excluye lo sobrenatural en las creencias de muchos individuos. Es de esperar que para varios de los participantes la realización de un exvoto no haya tenido mayor repercusión en su persona ni en sus creencias, aunque, quizá, pudiera ser en sentido opuesto.

Notas

1. Existe también una colección en Mazapil, Zacatecas, otra población minera del norte del país, en cuya parroquia, dedicada a san Gregorio Magno, se venera a “nuestro padre Jesús”.
2. El repositorio aguarda su sitio permanente en la WEB de la Universidad Autónoma de Coahuila en próximas fechas.
3. Agradecemos la mediación de María Antonieta Oyervides, quien nos acercó a la comunidad, así como a todos sus miembros que participaron en este proyecto.
4. Pérez Gavilán ahonda en la transformación del exvoto a partir del desarrollo de la fotografía en México en las décadas de los años cuarenta y cincuenta del siglo pasado y sus formas contemporáneas.
5. Colaboración de la Mtra. Lilette Jamieson en la conducción plástica de los talleres, así como el apoyo de los estudiantes: Angélica Ávalos, Andrea Badillo, Linda Bernal, José María Boone, Ricardo Charles, Luis Darío Cruz, Raúl García, Alberto Ramos, Alejandra Sánchez y Dafne Zepeda.

Referencias

- Berger, J. (2007). *Modos de ver*. 2da. ed. Barcelona: GG.
- Burke, P. (2005). *Visto y no visto. El uso de la imagen como documento histórico*. Barcelona: Crítica.
- Gutiérrez, R. (2005). *Introducción a la antropología filosófica*. México: Esfinge.
- Luque, E. (2012). *Análisis de la evolución de los exvotos pictóricos como documentos visuales para describir “la otra historia” de México*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia (Tesis doctoral en Historia del Arte).
- Pérez Gavilán, A. (2013). *Exvotos de Parras. Historias de fe de un pueblo mágico*. Saltillo: Secretaría de Cultura del Estado de Coahuila.
- Sánchez, R. (1990). *Los retablos populares. Exvotos pintados*. México: IIE, UNAM.
- Zarur, E., Lovell, C. (Coords.) (2001). *Art and Faith in Mexico, the Nineteenth-Century Retablo Tradition*. Nuevo México: The University of New Mexico Press.



TECNOLOGÍA & DISEÑO

Núm. 14, 2020

ISSN 2594-0341 (versión electrónica)

La edición estuvo a cargo del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización. Indexada por el Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (LATINDEX). Página electrónica de la revista: <http://revistatd.azc.uam.mx> y correo electrónico: revistatd@azc.uam.mx.

Tamaño de archivo 4.6 MB.



Universidad Autónoma Metropolitana

Dr. Eduardo Abel Peñalosa Castro

Rector General

Dr. José Antonio de los Reyes Heredia

Secretario General

Universidad Autónoma Metropolitana

unidad Azcapotzalco

Dr. Oscar Lozano Carrillo

Rector de Unidad

Dra. María de Lourdes Delgado Núñez

Secretaria de Unidad

División de Ciencias y Artes para el Diseño

Dr. Marco Vinicio Ferruzca Navarro

Director

Mtro. Salvador Ulises Islas Barajas

Secretario Académico

Dr. Edwing Antonio Almeida Calderón

Jefe de Departamento de Procesos
y Técnicas de Realización