

Diseño industrial e inteligencia artificial: Proyección del diseño industrial a 100 años de su creación como disciplina y sus aplicaciones con IA hoy

Sandra Rodríguez-Mondragón, Oscar Herrera-Alcántara,
Luis Jorge Soto-Walls, Manuel Martín Clavé-Almeida

Universidad Autónoma Metropolitana,
Unidad Azcapotzalco,
México

{sandra.rgz.mondragon, luissotowalls,
mclavealmeida}@gmail.com, oha@correo.azc.uam.mx

Resumen. La definición de Diseño industrial como lo conocemos actualmente surge en 1919 junto con la Bauhaus, y la presente investigación muestra un análisis histórico de la forma en que se desarrollan diversas definiciones y concepciones de la disciplina como tal, en ella se busca esclarecer el concepto desde el punto de vista histórico, pasando por la definición actual y haciendo un planteamiento de su proyección incursionando en temas de inteligencia artificial. Esta propuesta de proyección del Diseño industrial (DI) se plantea por medio de aplicar técnicas de Inteligencia Artificial (IA), así el desarrollo de productos por medio del uso de algoritmos evolutivos para la optimización de simulaciones. Este método busca perfeccionar sistemas que ya cuentan con cierta utilidad para llegar a un desarrollo máximo de utilidad por medio de IA.

Palabras clave: Diseño industrial, innovación, tecnología, algoritmos evolutivos, inteligencia artificial, optimización.

Industrial Design and Artificial Intelligence: Projection of Industrial Design after 100 Years of its Creation as a Discipline and its Applications in Modern AI

Abstract. The definition of Industrial Design as we know it today arises in 1919 together with the Bauhaus, and this research shows a historical analysis of the way in which various definitions and conceptions of the discipline are developed as such, in it we seek to clarify the concept from the historical point of view, going through the current definition and making an approach to its projection by entering into topics of artificial intelligence. This proposal for the projection of Industrial Design (DI) is proposed through the application of Artificial Intelligence (AI) techniques, as well as the development of products through the

use of evolutionary algorithms for the optimization of simulations. This method seeks to improve systems that already have a certain utility to reach a maximum development of utility through AI.

Keywords: Industrial design, innovation, technology, evolutionary algorithms, artificial intelligence, optimization.

1. Introducción

El término diseñador industrial aparece por primera vez en 1907 para describir el trabajo realizado por el arquitecto Peter Behrens dentro de la empresa *Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft* (AEG) como artista consultor; él es considerado el padre del Diseño Industrial en Alemania y además el creador de la identidad corporativa.

La definición de Diseño Industrial como lo conocemos actualmente surge junto con la Bauhaus (Weimar, Dessau y Berlín, 1919-1935) [1]; que fue la primera escuela en incluir la especialidad de Diseño Industrial como una profesión reconocida por el estado.

Así el manifiesto de la Bauhaus cita a la disciplina del Diseño Industrial como se muestra a continuación:

“La recuperación de los métodos artesanales en la actividad constructiva, elevar la potencia artesana al mismo nivel que las Bellas Artes e intentar comercializar los productos que, integrados en la producción industrial, se convertirían en objetos de consumo asequibles para el gran público” [2].

Actualmente, la definición de Diseño Industrial de la Organización Mundial del Diseño (*World Design Organization, WDO*) en 2015 es la siguiente:

El diseño industrial es un proceso estratégico de resolución de problemas que impulsa la innovación, genera éxito empresarial y conduce a una mejor calidad de vida a través de productos, sistemas, servicios y experiencias innovadores. El diseño industrial cierra la brecha entre lo que es y lo que es posible. Es una profesión transdisciplinaria que aprovecha la creatividad para resolver problemas y crear soluciones con la intención de mejorar un producto, sistema, servicio, experiencia o negocio. En esencia, el diseño industrial ofrece una forma más optimista de mirar el futuro al reformular los problemas como oportunidades. Vincula la innovación, la tecnología, la investigación, los negocios y los clientes para proporcionar un nuevo valor y una ventaja competitiva en las esferas económica, social y ambiental [3].

1.1. Definiciones del diseñador industrial en algunas instituciones educativas

En el contexto internacional existe un gran número de instituciones que tienen programas institucionales de Diseño Industrial (DI). En México, de acuerdo con Moreno [4], según el Consejo Mexicano para la Acreditación de Programas de Diseño, A.C. (COMAPROD) [5], existen 22 programas de licenciatura en Diseño Industrial en México acreditados por este organismo, donde 9 son instituciones públicas y el 13 son privadas. Sin embargo, consultando otros organismos se observan hasta 46 universidades en el país que imparten la carrera de diseño industrial. Para propósitos de

este artículo, es relevante mencionar algunas de las instituciones que se presentan a continuación, en particular en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) [6 y 7], la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) [8] y la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM) [9] ya que cuentan con un número considerable de egresados de la carrera de Diseño Industrial. Aquí, se comenta sobre los objetivos de los planes de estudio, dado que cada una de estas instituciones cuenta con un programa de la carrera de Diseño Industrial y han desarrollado su propio concepto de disciplina mismo que expresan en sus planes y programas:

La UAM, Unidad Azcapotzalco, en el plan de estudios de la carrera en Diseño Industrial desde 2005, tiene por objetivo:

Formar un profesional integrado, con una conciencia crítica de su actividad disciplinaria y de la relación existente entre éste y la sociedad; que conozca racionalmente, mediante su proceso de diseño de productos, el compromiso, el enfoque, las funciones, aportaciones y la conciencia con la cual se diseña y realiza un producto socialmente útil [10].

La UAM, Unidad Xochimilco, por su parte tiene como objetivo general de la carrera en Diseño industrial:

Formar diseñadores industriales altamente calificados, capaces de incorporarse al desarrollo industrial y científico-tecnológico a través de la reflexión crítica; de la generación de alternativas de diseño de objetos-bienes materiales; de la estética; de alternativas para el cambio tecnológico; de los mercados nacionales e internacionales y de la protección del medio ambiente. Asimismo, deberá ser capaz de coadyuvar a la resolución de necesidades mayoritarias y al desarrollo armónico, plural, justo y solidario de la sociedad mexicana [11].

La UNAM, realiza la siguiente descripción del profesional en Diseño Industrial:

El Diseñador Industrial es el profesional que genera objetos-producto de fabricación industrial, que con su preparación y conocimientos contribuye al mejoramiento de la calidad de vida de las personas.

Participa en la definición de los aspectos estéticos, funcionales y productivos del objeto e incrementa su valor.

Desarrolla su actividad en tres áreas principales: dentro de una industria o empresa; llevando a cabo actividades de consultoría de manera independiente o creando su despacho, o bien; como diseñador emprendedor estableciendo una empresa.

*Asimismo, es responsable de: * Crear nuevas propuestas y soluciones de productos acordes con los requerimientos de un mercado globalizado que demanda productos mejor planeados y diseñados, con el objeto de lograr el óptimo aprovechamiento de la infraestructura industrial.*

** Proponer innovaciones e incluir tendencias en los procesos de manufactura, cuya originalidad les permita competir con productos importados [12].*

La UAEM, realiza la siguiente descripción del profesional de Diseño Industrial:

Un diseñador industrial propone y soluciona problemáticas del día a día, sociales y del trabajo; genera infinidad de propuestas de innovación en el área de la ergonomía. [...]

Sandra Rodríguez-Mondragón, Oscar Herrera-Alcántara, Luis Jorge Soto-Walls, et al.

El diseño industrial resuelve necesidades, soluciona problemas, embellece el espacio. Un diseñador industrial es el profesionalista capaz de dejar un legado en la cultura material de las diferentes sociedades del mundo, considerando los entornos naturales y artificiales. [...].

Un diseñador industrial es un visionario del futuro. Con la ayuda de las nuevas tecnologías, tu capacidad creativa no tendrá límites. El campo laboral es amplio y variado, puedes ofrecer tus servicios en departamentos de planeación y desarrollo de nuevos productos en diversas industrias, así como en las áreas de manufactura, producción, proyectos, investigación, etc. [13].

Como se puede ver, todas coinciden en que dicha disciplina tiene un fin primario de diseño de objetos y productos industriales, con una conciencia crítica y reflexiva que sea un aporte en beneficio de la sociedad a nivel global. En dicho contexto se parte de un ambiente tecnológico que implica la capacidad creativa en la resolución de problemas por medio de productos. Pero, pese a que las definiciones implican la profesión como una disciplina creativa e innovadora, en todas ellas no se aprecia una clara inclusión de Inteligencia Artificial (IA), sin embargo la IA ha sido adoptada inconscientemente en la sociedad actual en el mundo y en el Diseño Industrial no es la excepción, sólo que no se ha tomado conciencia de su integración, por ejemplo: en aeronáutica se utiliza optimización evolutiva para el diseño de estructuras robustas, en aplicaciones médicas a nivel de prótesis personalizadas con un efecto en usabilidad eficiente y convivencia humano-computadora, sistemas de geolocalización para el desarrollo de vehículos autónomos, teléfonos inteligentes, entre otras aplicaciones. Este trabajo pone de manifiesto la importancia de hacerlo explícito en los planes y programas y en todo el ámbito del DI.

1.2. Inteligencia artificial

Parte de los alcances de la Inteligencia Artificial (IA) y algunas de sus características son que [14]:

- Es un área de la ciencia bastante nueva (1956)
- Su objetivo son las capacidades que consideramos Inteligentes
- Las aproximaciones siguen diferentes puntos de vista
- Sus influencias son diversas (Filosofía, Matemática, Psicología, Biología)
- Involucra una gran cantidad de áreas tanto genéricas (aprendizaje, percepción, resolución de problemas) como específicas (jugar al ajedrez, *diagnosticar enfermedades, conducir automóviles, etc.*).

A finales de siglo XX, de acuerdo con Berzal, la IA tiene cuatro campos de acción [15]:

- a) *Sistemas que actúan como humanos, “El estudio de cómo hacer computadoras que hagan cosas que, de momento, la gente hace mejor” (Rich y Knight, 1991).*
- b) *Sistemas que piensan como humanos, “El esfuerzo por hacer las computadoras pensar...máquinas con mentes en el sentido amplio y literal” (Haugeland, 1985).*

Tabla 1. Áreas de trabajo de IA.

Básicas	Específicas
Representación del conocimiento	Planificación de tareas Tratamiento del Lenguaje Natural Razonamiento Automático
Resolución de problemas, búsqueda	Sistemas Basados en el Conocimiento Percepción Aprendizaje Automático Agentes autónomos

c) *Sistemas que actúan racionalmente. “Un campo de estudio que busca explicar y emular el comportamiento inteligente en términos de procesos computacionales” (Schalkpff, 1990).*

d) *Sistemas que piensan racionalmente. “El estudio de las facultades mentales a través del estudio de modelos computacionales” (Charniak y Mc Dermott, 1985).*

Ahora bien, para continuar con la identificación los sistemas de IA, algunas áreas de trabajo se presentan en la Tabla 1.

Como se puede ver en la Tabla 1, la IA tiene muchas vertientes y prácticamente cualquier área de conocimiento puede incluir IA, en el Diseño Industrial aún no se indica como incluir la IA, en contraste, la Industria 4.0 no existiría sin el concepto de IA, sino que ésta acepta y adopta como pieza fundamental las técnicas de IA para el desarrollo de sistemas de producción, de esta forma ¿cuál sería el nombre o la versión del Diseño Industrial dónde se incluya la IA? Puede ser DIIA (Diseño industrial e Inteligencia Artificial), tal como en su momento se desarrolló el Diseño con el uso de dibujo asistido por computadora que dio lugar al CAD (Diseño Aasistido por Computadora).

2. Diseño industrial e inteligencia artificial

En síntesis, el Diseño Industrial se basa en el desarrollo de productos con la aplicación de métodos creativos y el uso de tecnologías, por su parte, la Inteligencia artificial, se basa en los procesos de conocimiento y resolución de problemas realizados por el ser humano; así, la interrelación de estas disciplinas radica en resolver problemas de diseño con métodos innovadores que sustituyan algunas funciones del ser humano por medio de tecnologías de IA, una de las principales herramientas que han facilitado los procesos de diseño actuales, son el uso y análisis en *big data*.¹

¹ Big data es un término que describe el gran volumen de datos – estructurados y no estructurados – que inundan una empresa todos los días, https://www.sas.com/es_mx/insights/big-data/what-is-big-data.html, ultimo acceso 05/02/20



Fig. 1. Lengua electrónica (IBM Research en Suiza) [16].



Fig. 2. Robots aspiradores Roomba® [17].

2.1. Ejemplos de diseño resueltos por medio de IA

Lengua electrónica

Investigadores de IBM Research en Suiza han creado un dispositivo que analiza y reconoce multitud de líquidos en menos de un minuto. Esa nueva tecnología se podrá aplicar, entre otros, en el sector biomédico y en análisis de la calidad del agua. Este dispositivo cuenta con un algoritmo de aprendizaje automático que le permitirá en un futuro, analizar muestras de orina de una persona y ayudar a obtener una evaluación de la huella dactilar metabólica (ver Figura 1) [16].

Este ejemplo se basa en principios de diseño biónico o biomímesis, que resuelven problemas de diseño por medio de imitar las funciones de organismos vivos.

Aspirador robotizado

Estos aspiradores emplean un sistema de sensores inteligentes que guían al robot aspirador por toda la casa, a lo largo de las paredes, alrededor de los muebles y por debajo de sillones y camas para ayudar a limpiar los pisos en profundidad. Además, cuentan con tecnología que le permite identificar las áreas de mayor tránsito para optimizar su funcionamiento y el uso de energía, es programable para operar en horarios de poca actividad (ver Figura 2).

De acuerdo con Ma. Ángeles Domínguez [14], la IA está cambiando el trabajo de los diseñadores y tiene, algunas de las siguientes consecuencias:

- La IA acelerará el proceso de desarrollo del producto/servicio.
- A medida que el desarrollo se acelera, también los clientes tendrán nuevas expectativas sobre la línea de tiempo y el progreso.
- Las herramientas de diseño y los flujos de trabajo tendrán que ser más veloces para adaptarse a un entorno más dinámico.
- Las experiencias con la IA también deben diseñarse, tal vez como una nueva oportunidad de negocio.
- La IA puede reducir la necesidad de interfaz de usuario física/gráfica y su interacción.

2.2. Caso de aplicación de IA en diseño industrial

Diseño paramétrico

De acuerdo con Sergio Marrero y José Martínez, el diseño paramétrico consiste en:

Transformarla descripción primaria de un problema en una nueva descripción de cierto conjunto de objetos que, adecuadamente vinculados y puestos en funcionamiento, han de resolver el problema inicial [18].

Ello sugiere realizar un diseño conceptual que define el problema de diseño y un diseño detallado que debe contar con un modelo matemático para describir el objeto por medio de ecuaciones y valores, esto permite identificar las características dimensionales y geométricas del objeto. Para implementar IA en este proceso se parte del modelo matemático del objeto y una matriz de confusión que opera empleando las variables dependientes e independientes del modelo.

Definición de variables

En el diseño, es preponderante la definición de formas primitivas o básicas del modelado e identificar éstas como variables primarias que regirán la forma de un objeto. Reconocer estas variables permite conocer las cualidades formales² del objeto y poder definir una proyección de mejora por medio de simulación.

Al definir con claridad las variables primarias, el proceso de simulación da la posibilidad de identificar la pertinencia de la forma del objeto, y ello ayuda a mejorar su función. Ahora bien, un sistema complejo de simulación consta de variables primarias y secundarias, dónde las variables secundarias o dependientes se modifican con base en las variables primarias.

A continuación, se muestra parte del proyecto “Sistema modular para conformación de escultura cerámica monumental” [19]. Así, en la Tabla 2, se observa la matriz de algunas de las variables dimensionales del objeto y en la Figura 3 la relación de variables con respecto a su forma. Cabe aclarar que en la Figura 3, se muestra el objeto en vista bidimensional y en el sistema de simulación ya se contemplan todas las variables en un ambiente tridimensional.

² Refiriéndonos a la forma geométrica del objeto.

Tabla 2. Matriz de variables.

Variables	Valor predicho		
Independientes	A	15	15
	B	60	60
Dependientes	a	60	=A
	b	15	=B
	c	60	=A
	d	15	=B

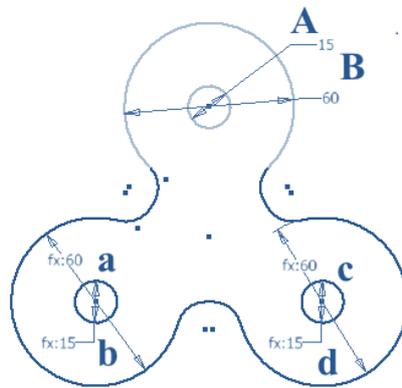


Fig. 3. Modelo b, aplicación de modelado paramétrico (Rodríguez, S. 2014) [19].

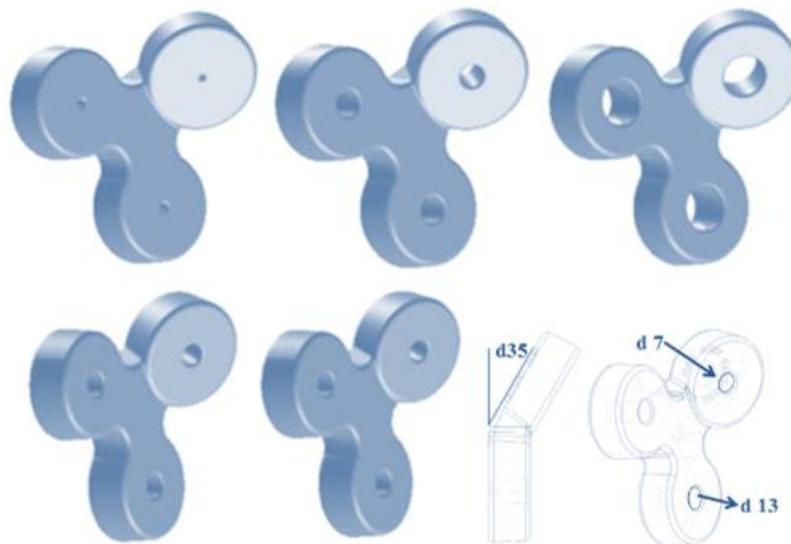


Fig. 4. Resultados (Rodríguez, 2014) [19].

Tabla 3. Variables físicas del material para el proceso de simulación del análisis de elementos finitos.

Variables	Definición
Material	Concreto, agregado expuesto
Densidad	2.40731 g/cm ³
Masa	587.682 gr
Área	34,443.7 mm ²
Volumen	244,124 mm ³
Centro de gravedad	X = 0.00000938643 mm Y = 7.70724 mm Z = 0.894215 mm

Tabla 4. Variables físicas del material para el proceso de simulación del análisis de elementos finitos en el sistema de módulos cerámicos.

Variables	Definición
Densidad de masa	2.40731 g/cm ³
Fuerza de rendimiento	2.41329 MPa
Resistencia a la tracción	2.41329 MPa
Estrés	El coeficiente de Poisson 0.167 <i>ul</i> Cortes de módulo 9.96144 <i>GPa</i>

Para continuar con el ejemplo en la figura 4, se muestran algunos de los resultados obtenidos al aplicar distintos valores a las variables primarias del objeto.

Para la optimización de este objeto, se somete la forma a diferentes esfuerzos en un sistema de simulación de Autodesk Inventor ®³, para poder realizar la simulación, es necesario definir las cualidades físicas del material del objeto. En este caso se propuso un material con cualidades similares a cerámica de alta temperatura, dicho material es el concreto agregado expuesto. Las características físicas del objeto con material se presentan en la Tabla 3.

Resultados de la simulación

Para realizar el proceso de simulación, es necesario definir variables y restricciones en el sistema de simulación, lo que refiere al conjunto de objetos esta escultura. Las variables del sistema se presentan en la Tabla 4. En la primera simulación se definen características generales de densidad de masa, fuerza de rendimiento, resistencia a la tracción y estrés.

Dado que el sistema de simulación trabaja con el comportamiento de varios módulos sometidos a esfuerzos, también es importante definir variables de tipo de carga en condiciones operativas de gravedad (ver Tabla 5).

³ Autodesk, Inc., es una compañía dedicada al software de diseño en 2D y 3D para las industrias de manufacturas, infraestructuras, construcción, medios y entretenimiento y datos transmitidos vía inalámbrica.



Fig. 5. Estrés.

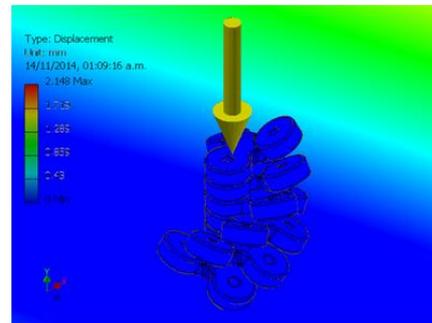


Fig. 6. Desplazamiento.



Fig. 7. Estrés.

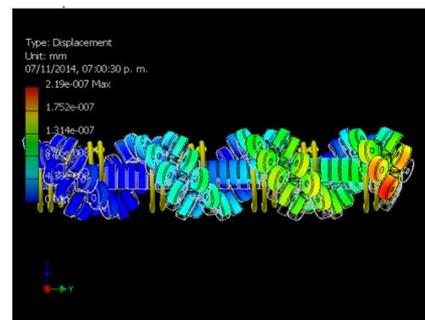


Fig. 8. Desplazamiento.

Tabla 5. Variables de tipo de carga en condiciones operativas con fuerza de gravedad.

Variables	Definición
Magnitud	9,810.000 mm/s ²
Vector X	0.000 mm/s ²
Vector Y	-9,810.000 mm/s ²
Vector Z	0.000 mm/s ²

Ahora bien, en las Figuras 5 a 8, podemos ver las gráficas de simulación que permiten validar el comportamiento del objeto al someterlo a ciertos esfuerzos empleando acomodo radial de los módulos. Las Figuras 5 y 6, muestran un modo de acomodo vertical conformado por 6 módulos; las Figuras 7 y 8, muestran un acomodo horizontal conformado por 35 módulos. En este ejemplo, dado que el objeto se proyectó con materiales cerámicos para producir una escultura modular, es importante evaluar el estrés y el desplazamiento, el primero que pueda inferir la posible fractura de los módulos escultóricos y el segundo una pérdida de equilibrio. Finalmente, en la Figura 9, se muestran algunos de los resultados obtenidos después de dicho análisis.

En este caso, el diseño está evaluado por medio de simulación con Inventor profesional de AUTODESK®, para ser funcional como módulo de una escultura cerámica, sin embargo, los valores de la Tabla 2, fueron desarrollados con ajuste

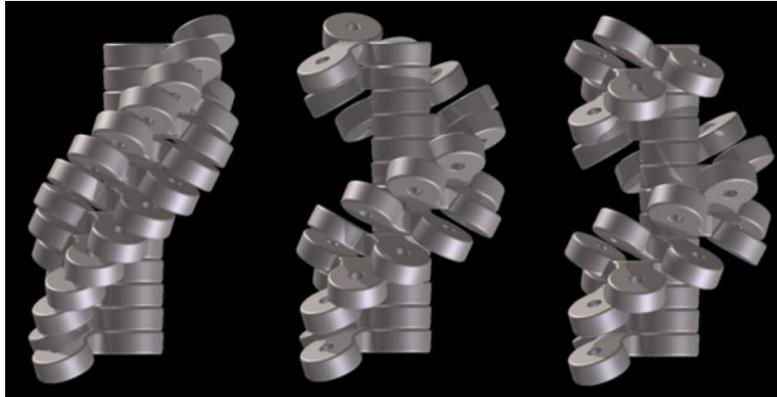


Fig. 9. Ensamble con acomodo radial [4].

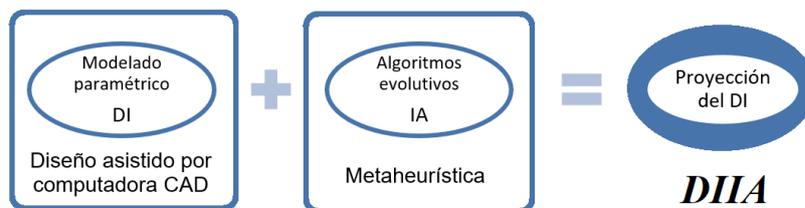


Fig. 10. Proyección del Diseño Industrial.

manual e incremento de módulos siempre que se mantenga la estabilidad en el proceso de simulación. Consideramos que estas restricciones pueden expresarse en forma de reglas. Para realizar el planteamiento del problema de diseño por medio de IA, es necesario definir con claridad, para este caso, el número de módulos, peso, estabilidad, superficie de contacto o exposición, etc., y la propuesta de mejora es por medio de alguna técnica de optimización.

2.3. Diseño industrial y algoritmos evolutivos

Ahora bien, como una propuesta de proyección del Diseño Industrial aplicando técnicas de IA, se sugiere trabajar el desarrollo de productos por medio del uso de algoritmos evolutivos [20] para la optimización de simulaciones. Este método busca perfeccionar sistemas que ya cuentan con cierta utilidad para llegar a un desarrollo máximo de utilidad por medio de IA.

Es importante trabajar estos métodos en combinación con el modelado paramétrico, así el manejo de variables matemáticas nos lleva a trabajar con métodos metaheurísticos [21], dado que los algoritmos evolutivos suelen ubicarse en este grupo de algoritmos (ver Figura 10).

Dado que los algoritmos evolutivos están basados en una población de datos, en el caso del modelado paramétrico, la matriz de variables dependientes e independientes pueden ser sometidas a estos algoritmos para llegar a la optimización del diseño. De acuerdo con lo anterior, el DI evoluciona al implementar IA, después del proceso de diseño. Esto permite no sólo realizar simulación para prever problemas de diseño, sino que, al llegar a la solución del problema de diseño, delegar a IA la optimización del diseño final del producto de DI.

Si bien este trabajo no presenta una solución a un caso particular del diseño paramétrico del caso de estudio en la Tabla 2, ya se tiene identificado el enfoque para que con apoyo de la IA se puede resolver y, más aún, deja patente la idea general de cómo el DI puede adoptar técnicas de IA que con métodos tradicionales o manuales serían muy difícil de abordar.

3. Trabajo futuro

Se espera realizar este tipo de ejecuciones con técnicas de optimización e ilustrar los resultados en contraste con los diseños actuales. Parte de la metodología que pueden adoptar los diseñadores industriales sugiere incluir todos o algunos de los siguientes aspectos:

1. Requerimientos de diseño cuantificables
2. Diseño paramétrico
3. Restricciones formales y funcionales
4. Identificación de funciones para optimización
5. Aplicar técnicas de optimización con posible apoyo de simuladores
6. Validación e interpretación de resultados

Se sugiere que las variables para trabajar con las funciones de optimización sean las secundarias que produce el simulador, en este caso de AUTODESK®⁴, como son: densidad, masa, área, volumen, centro de gravedad, etc.

Esta metodología aplica a un diseño paramétrico bajo un enfoque de optimización, sin embargo, es muy importante mencionar que no es el único enfoque, porque la IA tiene muchas otras vertientes, por ejemplo, también se puede abordar el diseño basado en opiniones de los usuarios aplicando técnicas de procesamiento de lenguaje natural [22], por medio de encuestas de usabilidad [23], entre otras técnicas. También se pueden aplicar enfoques con cálculo simbólico [24] y manejo de reglas a través de ontologías [25], técnicas de visión por computadora [26], etc.

4. Conclusiones

Después de revisar estas definiciones y ejemplos, podemos decir que:

⁴ Autodesk, Inc., es una compañía dedicada al software de diseño en 2D y 3D para las industrias de manufacturas, infraestructuras, construcción, medios y entretenimiento y datos transmitidos vía inalámbrica.

- El diseño industrial es la disciplina orientada a la creación y al desarrollo de los productos industriales. En esta actividad se aplica como aporte principal la creatividad y la innovación. Para esto, es necesario tener conocimiento de las tecnologías (actuales y anteriores), y aplicarlas en la resolución de problemas de diseño.
- Debido a que los productos industriales, tienen un alcance masivo, idealmente deben resolver necesidades sociales y ser ecológicamente responsables. Así, los aspectos relevantes a nuestro tiempo son de carácter tecnológico y medioambiental.
- La definición de la *Bauhause* es vigente, ya que el objetivo de llevar lo artesanal y lo artístico a los productos industriales es una de las metas del diseño industrial actualmente.
- Para implementar IA en objetos de diseño industrial, idealmente se debe trabajar diseño paramétrico que facilite el análisis del objeto por medio de valores numéricos que pueden ser sometidos a evaluación por medios de IA y que aporten soluciones de forma eficiente.
- La IA en el diseño industrial reduce tiempo en la toma de decisiones para el desarrollo de productos, dado que permite identificar problemas formales rápidamente desde la etapa de simulación y facilita la implementación de variables críticas en dicho proceso.
- Los algoritmos evolutivos, permiten la optimización de objetos de diseño cuando se trabaja simulación en el prototipado 3D, de esta forma no sólo se reducen o eliminan problemas de diseño estructural, dimensional, etc., sino que se puede llegar al mejor diseño posible con los parámetros determinados por el diseñador.

Referencias

1. La Bauhaus: Historia del arte. <https://historia-arte.com/articulos/la-bauhaus> (2020)
2. Gropius, W.: *The New Architecture and the Bauhaus*. Faber & Faber (1935)
3. WDO: The world design organization was formerly known as international council of societies of industrial design WDO. South Korea. <http://wdo.org/about/definition/industrial-design-definition-history/> (2015)
4. Moreno, M.: Factores que permiten impulsar la participación en los mercados internacionales los productos desarrollados por el diseño industrial mexicano. Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Nuevo León (2019)
5. COMAPROD: <https://www.comaprod.com/> (2020)
6. UAM: Resultados de la encuesta aplicada a egresados de la Licenciatura en Diseño Industrial, Unidad Azcapotzalco. <http://www.uam.mx/egresados/Informes/P19LDI.pdf>, (2013)
7. UAM: Resultados de la encuesta aplicada a egresados de la Licenciatura en Diseño Industrial, Unidad Xochimilco http://www.uam.mx/egresados/estudios/acreditacionlic/Unidad_Xochimilco/5_2011/Plan_87_Licenciatura_en_Disenio_Industrial_XOC_CAD_2011.pdf (2011)
8. UAM: 3er. Informe de actividades Facultad de arquitectura <https://drive.google.com/file/d/1bT71ewTjxcx0E997ygkfUEIhWtTXinXE/view> (2019)

9. UAEM: Estadística universitaria. <http://web.uaemex.mx/universidadatos/5121/5121/5121/DOP19/EBUAEM19.pdf> (2020)
10. UAM: Plan de estudios de la carrera de diseño industrial de la UAM-Azcapotzalco. https://www.azc.uam.mx/docs/site/licenciaturas/19_3Industrial.pdf (2019)
11. UAM: Plan de estudios de la carrera de diseño industrial de la UAM-Xochimilco, <http://www2.xoc.uam.mx/oferta-educativa/divisiones/cyad/licenciaturas/dindustrial/presentacion/> (2019)
12. UNAM: Plan de Estudios 2004 de la Licenciatura en Diseño Industrial. Recuperado de: <https://arquitectura.unam.mx/uploads/8/1/1/0/8110907/parte1.pdf> (2020)
13. UAEM: Descripción del profesional de Diseño industrial. Recuperado de: http://denms.uaemex.mx/exporientavirtual/wp-content/uploads/2014/12/Licenciatura_Disenio_Industrial.pdf (2020)
14. Domínguez, M.A.: Inteligencia Artificial y diseño: un mix cada vez más habitual. <https://grafica.info/inteligencia-artificial-y-diseno-un-mix-habitual/> (2019)
15. Berzal, F.: Inteligencia Artificial. <https://elvex.ugr.es/decsai/computational-intelligence/slides/AI%20AI.pdf> (2016)
16. IBM: Lengua electrónica. https://www.agenciasinc.es/var/ezwebin_site/storage/images/noticias/una-lengua-electronica-identifica-tipos-de-liquido-con-inteligencia-artificial/6542265-1-esl-MX/Una-lengua-electronica-identifica-tipos-de-liquido-con-inteligencia-artificial.jpg (2019)
17. Roomba: Robots aspiradores. <https://www.irobot.mx/roomba> (2019)
18. Marrero, S., Martínez, J.: Estrategia para el diseño paramétrico basado en modelos. *Ingeniería Mecánica*, 11(3), pp. 39–46 (2011)
19. Rodríguez, S.: Sistema Modular para la conformación de escultura cerámica monumental. Tesis de maestría, UAM Azcapotzalco (2014)
20. Holland, J.H.: *Adaptation in natural and artificial systems*. Ann Harbor: University of Michigan Press (1975)
21. Blum, C., Roli, A.: Metaheuristics in combinatorial optimization: Overview and conceptual comparison. *ACM Computing Surveys*, 35(3), pp. 268–308 (2003)
22. Goldberg, D.E.: *Genetic algorithms in search optimization and machine learning*. Addison-Wesley (1989)
23. Mitchell, M.: *An Introduction to Genetic Algorithms*. MIT Press (1996)
24. Fogel, D.B.: *Evolutionary Computation. The Fossil Record. Selected Readings on the History of Evolutionary Algorithms* (1998)
25. Sánchez, J.: Investigación y análisis de ontologías para el manejo de información en el World Wide Web. <https://deim.urv.cat/~itaka/PFCs/JSanchez.pdf> (2002)
26. Alegre, E., Pajares, G., Escalera, A.: Conceptos y métodos en visión por computador. Grupo de visión del CEA. <https://intranet.ceautomatica.es/sites/default/files/upload/8/files/ConceptosyMetodosenVxC.pdf> (2016)