

Número 17 · diciembre 2024

# DAYA

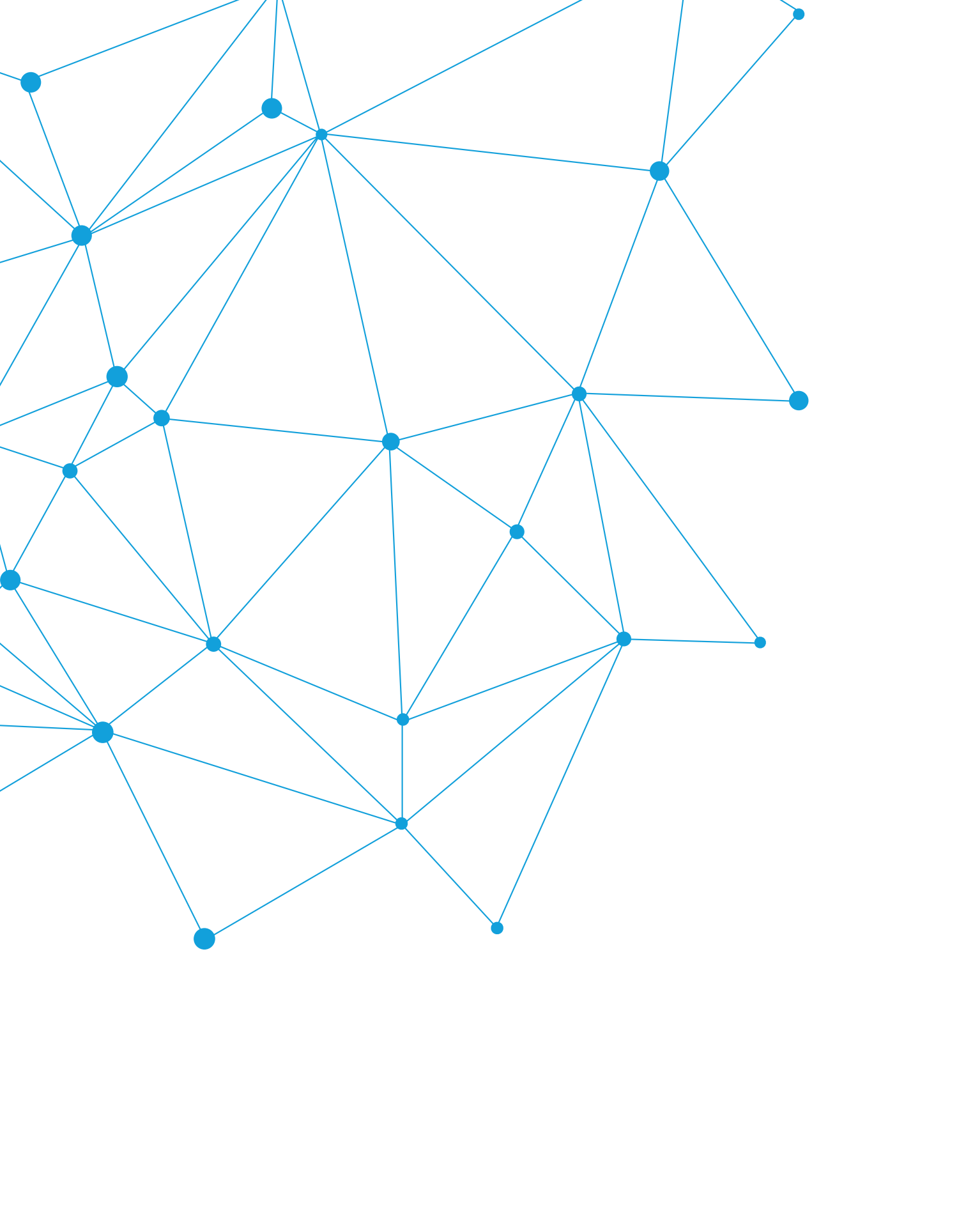
diseño, arte y arquitectura



DAYA

diseño, arte y arquitectura





Número 17 / Diciembre 2024 / Cuenca  
DAYA. Edición impresa y digital  
ISSN 2550-6609 (impresa) - E-ISSN 2588-0667 (digital)

La Revista DAYA, Diseño, Arte y Arquitectura es una publicación de la Universidad del Azuay. Se edita semestralmente en español en los meses de diciembre y junio, en formato impreso y digital. Su objetivo es la difusión de investigaciones en las áreas de diseño, arte y arquitectura. Ponemos especial énfasis en aquellas que permiten una reflexión en torno al contexto latinoamericano, sin dejar de lado los aportes de carácter universal que posean una visión transdisciplinaria.

DAYA considera las contribuciones teóricas o técnicas de contenido científico académico en torno a diversas disciplinas como el diseño gráfico, diseño industrial, diseño multimedia, diseño textil, diseño de indumentaria, diseño de espacios interiores, restauración, urbanismo, construcciones, proyectos arquitectónicos, paisajismo, artes escénicas, entre otros. En este sentido, se reúnen aquí textos originales, artículos de investigación, artículos de revisión, comunicaciones en congresos, estados de arte, análisis de obras, informes técnicos, entre otros.

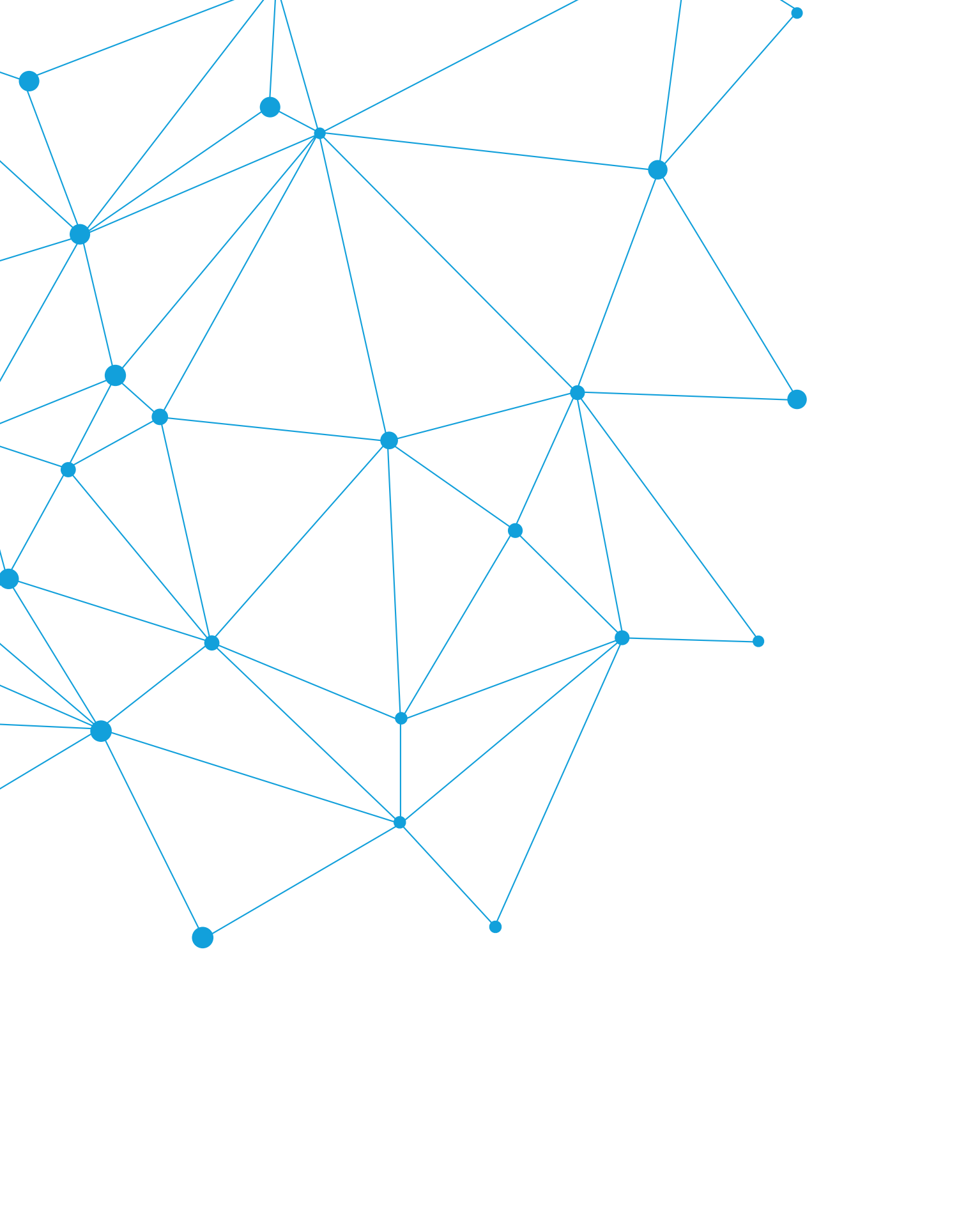
En este marco, DAYA mantiene una invitación constante a través de convocatorias abiertas a colaboradores de la Universidad del Azuay y externos que quieran publicar textos originales e inéditos, exclusivos para esta revista. Se espera ser privilegiados por autores del ámbito nacional e internacional hispanoamericano. Los artículos presentados para publicación son sometidos a una evaluación editorial, lo que implica que, en el momento de ser aprobados, se le otorga a la entidad editora una licencia para la reproducción impresa de las contribuciones, así como para versiones digitales.

Los autores de los artículos deberán enviar los originales con sus respectivos resúmenes, carta de autoría e imágenes en buena resolución a [revistadaya@uazuay.edu.ec](mailto:revistadaya@uazuay.edu.ec) hasta la fecha indicada en cada convocatoria abierta. Las normas de elaboración de las referencias bibliográficas de los artículos enviados deberán estar de acuerdo con el estilo APA (American Psychological Association) en su versión más actualizada en la fecha de cada invitación para publicación.

Los artículos que cumplan con las normas y criterios editoriales pasan a un proceso de arbitraje, el cual recurre a evaluadores externos a la Universidad del Azuay, con el fin de avalar las contribuciones garantizando así la calidad de las mismas.

Los textos publicados pueden ser reproducidos en parte o en su totalidad, siempre sujetos a la condición de cita del autor o autores y de la Revista DAYA.

Editor responsable: Universidad del Azuay.  
Av. 24 de Mayo 7-77 y Hernán Malo, Cuenca – Ecuador.  
Correo electrónico: [revistadaya@uazuay.edu.ec](mailto:revistadaya@uazuay.edu.ec)



El mes de octubre pasado celebramos 40 años de vida de la primera Facultad de Diseño en Ecuador. En la presente edición de la revista indexada DAYA celebramos este evento con el diseño de una portada especial, seleccionada de un concurso de diseño que llevamos adelante con estudiantes de la Carrera de Diseño Gráfico y con la guía de sus profesores, dentro de la cátedra Taller de Proyectos 4 del año 2024 y que fue escogida por el voto del público.

Queremos nuevamente resaltar el talento y la creatividad de nuestros estudiantes y el compromiso de los profesores que realizaron el acompañamiento, buscando siempre la excelencia y la innovación en el campo del diseño, la arquitectura y el arte.

Agradecemos a todos quienes participaron de los eventos conmemorativos de la Facultad y a cada uno de nuestros profesores, personal administrativo y estudiantes que han hecho y hacen parte de la misma, de manera especial a todos quienes colaboran en la edición, revisión y producción de nuestra prestigiosa revista DAYA. Reiteramos con alegría nuestro compromiso de apoyo.

**Prof. Rafael Estrella Toral, Mgt.**

DECANO DE LA FACULTAD DE DISEÑO, ARQUITECTURA Y ARTE DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY



FACULTAD DE  
**DISEÑO  
ARQUITECTURA  
Y ARTE**





Autoridades  
Universidad del Azuay  
Authorities

**Francisco Salgado Arteaga**

Rector / Rector

**Genoveva Malo Toral**

Vicerrectora Académica / Academic Vice Provost

**Raffaella Ansaloni**

Vicerrectora de Investigaciones / Investigation Vice Provost

**Rafael Estrella Toral**

Decano / Dean Facultad de Diseño, Arquitectura y Arte

**Verónica Heras Barros**

Subdecana / Vice Dean Facultad de Diseño, Arquitectura y Arte

**Toa Tripaldi**

Directora de la Casa Editora / Director of the Publishing Department

**Juan Lazo Galán**

Universidad Abierta / Open University

---

Gestión Editorial  
Editorial Team

Editor en jefe

**Mgtr. María del Carmen Trelles**

Directora editorial / Editorial Director  
Universidad del Azuay

**PhD. Giovanni Delgado Banegas**

Director académico / Academic Director  
Universidad del Azuay

**Mgtr. Ana Llerena Encalada**

Asistente editorial / Editorial Assistant  
Universidad del Azuay



Comité Científico  
Scientific Committee

**Mgtr. Ana Margarita Ávila**

UASLP. Universidad Autónoma de San Luis de Potosí, México.

**Mgtr. Guillermo Bengoa**

UNMdP. Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.

**PhD. Víctor Manuel González y González**

ITAM. Instituto Tecnológico Autónomo de México, México.

**PhD. Alfredo Gutiérrez Borrero**

UTADEO. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Colombia.

**PhD. Rosita de Lisi**

UdelaR. Universidad de la República. Escuela Universitaria Centro de Diseño, Uruguay.

**Mgtr. Beatriz Sonia Martínez**

UNMdP. Universidad Nacional del Mar del Plata, Argentina.

**Mgtr. Estela Lucía Narvárez**

UNSJ. Universidad Nacional de San Juan, Argentina.

**Mgtr. Silvia Patricia Oliva**

UNC. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

**PhD. Carmen Rodríguez Pedret**

UPC. Universidad Politécnica de Cataluña, España.

**Mgtr. María Sánchez**

UNM. Universidad Nacional de Misiones, Argentina.

**PhD. Francisco Sotelo Leyva**

UAGro. Universidad Autónoma de Guerrero, México.

**Mgtr. Silvia Stivale**

UNMdP. Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.

Comité Editorial  
Editorial Committee

**PhD. Martín Ávila**

Konstfack. Universidad de Artes, Artesanías y Diseño. Suecia.

**PhD. Flavio Bevilacqua**

UNRN. Universidad Nacional de Río Negro. Argentina.

**PhD. Roberto Céspedes**

UP. Universidad de Palermo. Argentina.

**PhD. David Cobeña**

USGP. Universidad San Gregorio de Portoviejo. Ecuador.

**PhD. Ana Cravino**

UBA. Universidad de Buenos Aires. Argentina.

**PhD. Santiago Forero Lloreda**

UTADEO. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Colombia.

**Mgtr. José Luis González Cabrero**

UASLP. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. México.

**PhD. Daniela Larrea**

UTA. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.

**Mgtr. María José Machado**

UCUENCA. Universidad de Cuenca. Ecuador.

**PhD. José Mantilla**

USFQ. Universidad San Francisco de Quito. Ecuador.

**PhD. Mercedes Martínez**

UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

**Mgtr. Carolina Muñoz Reyes Benítez**

UCB. Universidad Católica Boliviana. Bolivia.

**PhD. César Pérez**

PUCE. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Ecuador.

**PhD. Jorge Pokropek**

UBA. Universidad de Buenos Aires. Argentina.

**Mgtr. Andrés Zhindón**

UCUENCA. Universidad de Cuenca. Ecuador.



Equipo Técnico  
Assistance

**Sebastián Carrasco**

Corrector de estilo / Proofreader  
Departamento de Publicaciones

**Priscila Delgado Benavides**

Diseñadora gráfica / Graphic Designer  
Departamento de Publicaciones

**Ana Paula Saldaña**

Diseño de Portada / Cover Design  
Edición especial: Conmemoración de los 40 años de la Facultad de  
Diseño Arquitectura y Arte. DAYA N.17

**Fabián Ávila Lazo**

Técnico Open Journal System / Technician OJS.  
Universidad Abierta / Open University

**Diana Lee Rodas**

Traductor / Translator  
Unidad de Idiomas / Language Department

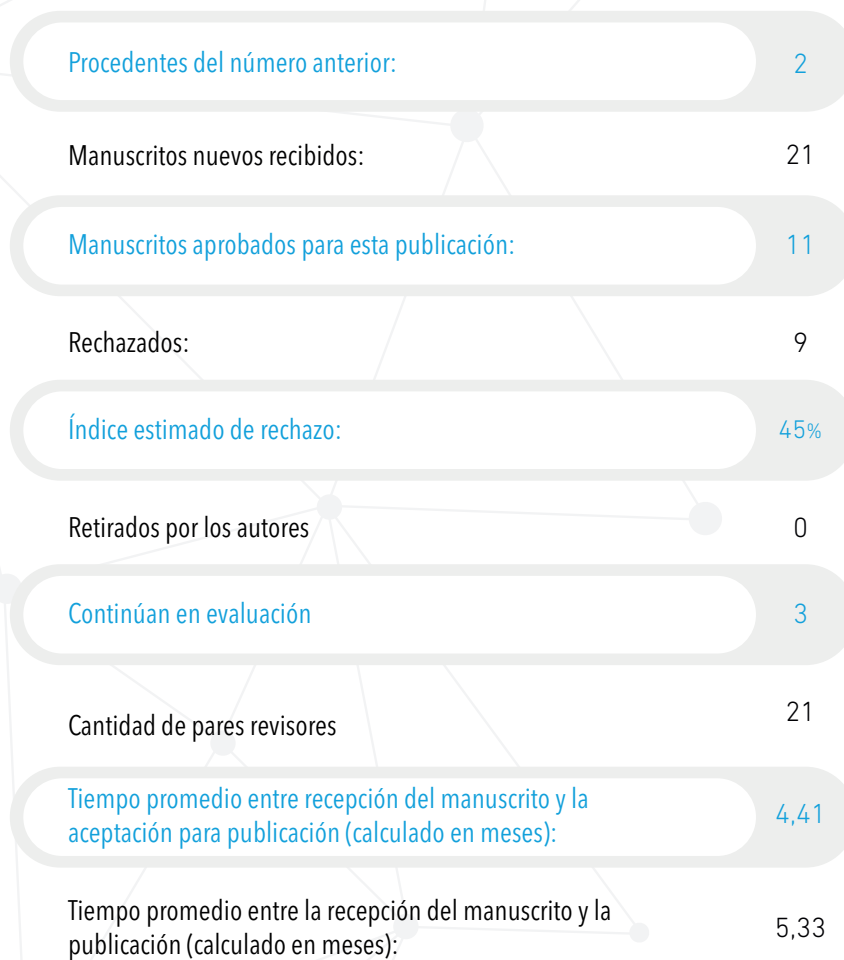
Impreso en: Print Lab, Universidad del Azuay.



## REVISORES MIEMBROS DEL COMITÉ ACADÉMICO EVALUADOR DE LA REVISTA QUE ACTUARON EN ESTE NÚMERO

PhD. Martha Molina - Universidad Autónoma de Nuevo León - México  
PhD. Silvia Verónica Ariza Ampudia - Universidad Autónoma de Ciudad de Juárez - México  
MSc. Roberto Landivar - Universidad del Azuay - Ecuador  
PhD. Carlos Torres de la Torre - Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Ecuador  
PhD. Sofía Alejandra Luna Rodríguez - Universidad Autónoma de Nuevo León - México  
MSc. María Betti - Universidad de Belgrano - Argentina  
PhD. Eska Elena Solano Meneses - Universidad Autónoma del Estado de México - México  
PhD. Enrique Reyes Chávez - Universidad Autónoma de Coahuila - México  
MSc. Fabián Cordero Salazar - Universidad del Azuay - Ecuador  
PhD. Liliana Beatriz Sosa Compeán - Universidad Autónoma de Nuevo León - México  
PhD. William Morales Cely - Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - Colombia  
PhD. Gerardo Guadalupe Sánchez Ruiz - Universidad Autónoma Metropolitana-unidad Azcapotzalco. México  
MSc. Paúl Carrión Martínez - Universidad del Azuay - Ecuador  
MSc. Rafael Angel Bravo - Universidad Autónoma de Nariño AUNAR - Colombia  
PhD. Sandra Alicia Utrilla Cobos - Universidad Autónoma del Estado de México - México  
MSc. Lorena Alejandra Guerrero Morán - Universidad Autónoma Metropolitana  
Unidad Cuajimalpa - México  
PhD. Carolina Vivar Cordero - Universidad del Azuay - Ecuador  
PhD. Juan Andrés Sánchez García - Universidad Veracruzana - México  
MSc. Manuela Cordero Salcedo - Universidad del Azuay - Ecuador  
PhD. Marcos Dopico Castro - Universidad de Vigo - España  
PhD. Carla Hermida - Universidad del Azuay - Ecuador

## DATOS ESTADÍSTICOS DE LA GESTIÓN EDITORIAL



Las opiniones expresadas en los artículos son responsabilidad exclusiva de sus autores y no reflejan necesariamente el punto de vista de la Revista DAYA

**ESTÁ PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTA REVISTA SIN LA AUTORIZACIÓN PREVIA Y EXPRESA.**

# DAYA

diseño, arte y arquitectura

Número 17 / Diciembre 2024 / Cuenca

## ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

pp.  
19 - 37

### **ENSEÑANZA-APRENDIZAJE EN EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO: EXPLORANDO LA FORMA CON ALGORITMOS DE BÚSQUEDA**

**TEACHING AND LEARNING IN ARCHITECTURAL  
DESIGN: EXPLORING FORM WITH SEARCH ALGORITHMS**

Guadalupe Salazar González - Universidad Autónoma de San Luis Potosí - México

Ricardo Alonso Rivera - Universidad Autónoma de San Luis Potosí - México

David Campos Delgado - Universidad Autónoma de San Luis Potosí - México

pp.  
39 - 58

### **DISEÑO EN LOS ARTEFACTOS DE UTILERÍA PARA RECREACIÓN HISTÓRICA Y SU ROL COMO POTENCIADORES DE LA COMPLEJIDAD EN GRUPOS LÚDICOS CULTURALES**

**DESIGN IN HISTORICAL REENACTMENT PROPS AND THEIR  
ROLE AS COMPLEXITY ENHANCERS IN CULTURAL PLAYGROUPS**

María Martha Margarita Silva González - Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y  
Tecnología - CONAHCYT - México

Liliana Beatriz Sosa Compeán - Universidad Autónoma de Nuevo León - México

- pp.  
59 - 85
- EL PLANTEAMIENTO ESTRUCTURAL COMO DETERMINANTE ARQUITECTÓNICO: LA NUEVA GALERÍA NACIONAL DE BERLÍN DE LUDWIG MIES VAN DER ROHE**  
**THE STRUCTURAL APPROACH AS AN ARCHITECTURAL DETERMINANT: THE NEW NATIONAL GALLERY OF BERLIN BY LUDWIG MIES VAN DER ROHE**
- Luis Enrique Barrera Peñafiel - Universidad del Azuay - Ecuador  
 Jaime Augusto Guerra Galán - Universidad de Cuenca - Ecuador
- pp.  
87 - 115
- EXPLORACIÓN DEL DISEÑO PARAMÉTRICO CON MATERIALES TERROSOS PARA PANELERÍA INTERIOR**  
**EXPLORATION OF PARAMETRIC DESIGN WITH EARTHY MATERIALS FOR INTERIOR PANELING**
- Segundo Freddy Naula Aucapiña - Investigador independiente - Ecuador  
 Christian Geovanny Sigcha Cedillo - Universidad del Azuay - Ecuador
- pp.  
117 - 135
- LINA BO BARDI: SESC POMPEIA (1976-1983), PROCESO DE CONCEPCIÓN Y PALIMPSESTO**  
**LINA BO BARDI: SESC POMPEIA (1976-1983), DESIGN PROCESS AND PALIMPSEST**
- Iván Sinchi Toral - Universidad del Azuay - Ecuador



pp.  
137 - 162

**DISEÑO INDUSTRIAL Y SEGURIDAD EN EL TRANSPORTE PÚBLICO**  
**PROYECTOS INNOVADORES EN TIEMPOS DE CRISIS SANITARIA**  
**INDUSTRIAL DESIGN AND SAFETY IN PUBLIC TRANSPORTATION**  
**INNOVATIVE PROJECTS IN TIMES OF HEALTH CRISIS**

Mercedes J. Hernández Padilla - Universidad de Guadalajara - México  
Roberto Cerpa Águila - Universidad de Guadalajara - México  
Juan Enrique Mendoza Medina - Universidad de Guadalajara - México

pp.  
163 - 180

**DESAFÍO DE DISEÑO BASADO EN HERRAMIENTAS DIGITALES**  
**PARA EL APRENDIZAJE EN ARQUITECTURA; PROYECTO “NUEVA**  
**EXHIBICIÓN DE LOBOS MARINOS” VERACRUZ**  
**DESIGN CHALLENGE BASED ON DIGITAL TOOLS FOR LEARNING IN**  
**ARCHITECTURE; PROJECT “NEW SEA LION EXHIBITION” VERACRUZ**

Juan Andrés Sánchez García - Universidad Veracruzana - México  
Ma. Guadalupe Noemi Uehara Guerrero - Universidad Veracruzana - México  
Regina Herrera Libreros - Investigadora Independiente - México  
Hannah Arantza Gómez Graillet - Investigadora Independiente - México

pp.  
181 - 203

**APLICACIÓN DE LA SEMILLA DE AGUACATE EN EL  
DESARROLLO DE CUBERTERÍA BIODEGRADABLE Y  
DESCARTABLE**

**AVOCADO SEED APPLICATION IN THE DEVELOPMENT OF  
BIODEGRADABLE AND DISPOSABLE CUTLERY**

Marcos Javier Proaño Maigualca - Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Ecuador  
Yesenia Yomara Jiménez Sánchez - Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Ecuador  
Dolores Augusta Jiménez Sánchez - Universidad de Guayaquil - Ecuador

pp.  
205 - 229

**DIAGNÓSTICO DE LA ACEPTACIÓN DE LA VIVIENDA  
VERTICAL EN LA ZONA CONURBADA COLIMA-VILLA DE  
ÁLVAREZ**

**DIAGNOSIS OF THE ACCEPTANCE OF VERTICAL HOUSING  
IN THE COLIMA-VILLA DE ÁLVAREZ METROPOLITAN AREA**

María Silvia del Rocío Covarrubias Ruesga - Tecnológico Nacional de México - México  
Ignacio Barajas Ávalos - Tecnológico Nacional de México - México  
Peter Chung Alonso - Tecnológico Nacional de México - México

## ARTÍCULOS DE REVISIÓN

pp.  
233 - 254**EL IMPACTO DE LAS TECNOLOGÍAS AVANZADAS EN EL DISEÑO GRÁFICO, DESDE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL HASTA LA REALIDAD AUMENTADA: REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LITERATURA****THE IMPACT OF ADVANCED TECHNOLOGIES ON GRAPHIC DESIGN, FROM ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO AUGMENTED REALITY: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW**

Nicolás Antonio Cevallos Córdova - Universidad de Artes y Ciencias de América Latina (UCAL) - Perú

Izamar Susan Luna Aro - Universidad de Artes y Ciencias de América Latina (UCAL) - Perú

## ARTÍCULOS DE REFLEXIÓN

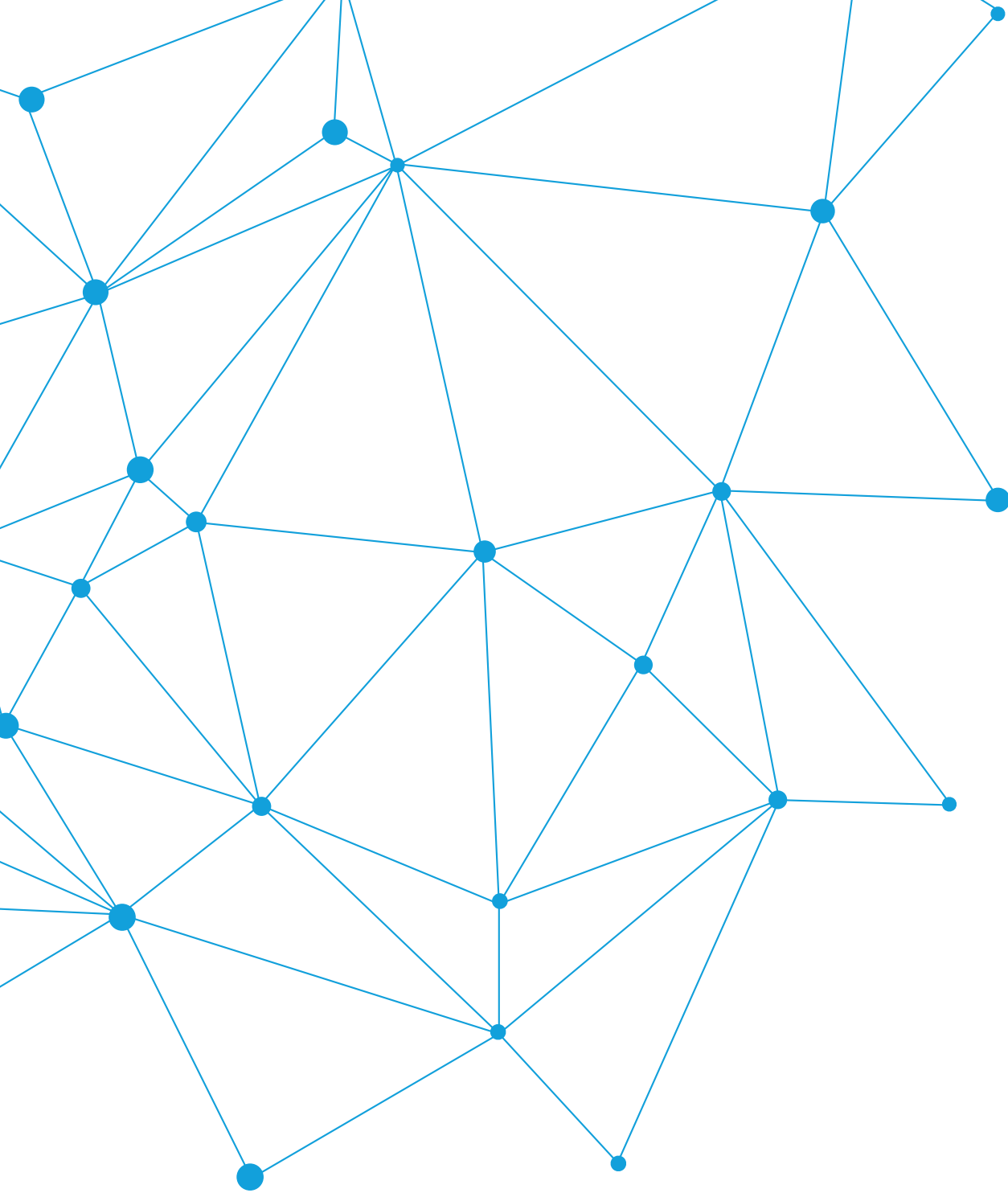
pp.  
257 - 274**REVISIÓN TIPOLOGICA Y ESTILÍSTICA DE LOS SIGNOS IDENTIFICADORES GRÁFICOS DE ENTIDADES PÚBLICAS DEL ECUADOR DENTRO DE SU CONTEXTO HISTÓRICO COMO REFERENCIAS DE CALIDAD****TYPOLOGICAL AND STYLISTIC REVIEW OF GRAPHIC IDENTIFIER SIGNS OF PUBLIC ENTITIES IN ECUADOR WITHIN THEIR HISTORICAL CONTEXT AS QUALITY REFERENCES**

Xavier Fernando Jiménez Álvaro - Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Ecuador



# ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN





## Enseñanza-Aprendizaje En El Diseño Arquitectónico: Explorando La Forma Con Algoritmos De Búsqueda

### *Teaching And Learning In Architectural Design: Exploring Form With Search Algorithms*



**Guadalupe Salazar González**  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México

salazarg@fh.uaslp.mx  
ORCID: 0000-0003-3285-4978

**Ricardo Alonso Rivera**  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México

alonsor@fh.uaslp.mx  
ORCID: 0009-0003-2424-1159

**David Campos Delgado**  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México

david.campos@uaslp.mx  
ORCID: 0000-0002-6958-0088

Recibido: 11/09/2024  
Aceptado: 11/11/2024

## Resumen

Dado el impacto de las tecnologías de Inteligencia Artificial (IA) y su protagonismo como valiosas herramientas de diseño, este estudio parte de la inminente necesidad de integrar la IA con la pedagogía y las metodologías que conforman el campo de enseñanza de la arquitectura. Este artículo de investigación describe la incorporación de algoritmos de búsqueda visoespacial en el contexto pedagógico de estudiantes de primer año en un programa de Arquitectura. El propósito de esta investigación es presentar los resultados obtenidos al exponer a estudiantes a la experiencia de integrar herramientas algorítmicas de búsqueda con metodologías de aprendizaje de diseño del siglo XX basadas en el modelo Bauhaus. La exploración de la forma arquitectónica se presenta como una herramienta útil para aprovechar la gran cantidad de información visual proporcionada por los motores de búsqueda y el enfoque manual e intuitivo del aprendizaje del diseño. Los hallazgos muestran que los estudiantes obtienen ventajas pedagógicas al estar expuestos a una gran cantidad de información visoespacial, ya que los estudiantes que fueron capaces de analizar una gran cantidad de referencias visuales producen mayor riqueza formal-espacial en sus propuestas de diseño y pueden iniciar muy rápidamente resultados creativos de manera autónoma, a comparación de aquellos que no fueron expuestos al acervo visoespacial que enriquece la experiencia de conocimiento. Esto les permite realizar interpretaciones o diseño inverso propios.

**Palabras clave:** algoritmos de búsqueda, forma arquitectónica, pedagogía del diseño, inteligencia artificial.

---

## Abstract

*Given the existing impact of Artificial Intelligence (AI) technologies and their protagonist role as a powerful design tool, this study departs from the imperative need to integrate AI with existing architecture pedagogy and teaching methodologies. This research article describes the incorporation of a visuospatial search algorithm in the pedagogical context of first-year students in the Architecture program. This research aims to present the results obtained by exposing students to the experience of integrating algorithm search tools and twentieth-century design learning methodologies based on the Bauhaus model. Architectural form exploration is presented as a useful tool to take advantage of the wealth of visuospatial information provided by search engines and the manual and intuitive approach to design learning. The findings show that students gain pedagogical advantages when exposed to significant visuospatial information. Students who were able to analyze many visual references produce greater formal-spatial richness in their design proposals and can independently achieve creative outcomes much more quickly than those not exposed to the visuospatial repository that enriches the learning experience. This exposure enables them to carry out their interpretations or reverse design processes.*

**Keywords:** search algorithms, architectural form, design pedagogy, artificial intelligence.

## Introducción

La arquitectura está ligada y regida por la forma tridimensional de un edificio. Sin embargo, los profesionales de la disciplina tienden a proyectar y manipular el espacio arquitectónico al utilizar planos bidimensionales en lugar de volúmenes o formas tridimensionales. Asimismo, muchas de las estrategias académicas existentes, incluso durante la etapa de conceptualización de un proyecto, colocan los planos arquitectónicos en el centro de sus estrategias pedagógicas, a pesar de la naturaleza tridimensional del diseño arquitectónico.

Por tanto, es necesaria una educación espacial correcta y sin fragmentaciones (que significa descomponer la representación del espacio en plantas, cortes y alzados), con una pedagogía que enseñe a los estudiantes a generar diseño a través de la manipulación de formas arquitectónicas tridimensionales. Bajo esta lógica, los planos bidimensionales deben entenderse como la representación de algo que puede materializarse a través del diseño o que ha sido construido y existe en el mundo físico, pero parcialmente útil para la enseñanza inicial de un estudiante.

La mayoría de los estudiantes comienzan sus estudios de arquitectura sin conocimientos previos y con poca conciencia de experiencias espaciales o arquitectónicas. Por tanto, la primera dificultad en el proceso de diseño es establecer ideas de diseño o conceptos de diseño; es decir, dar forma a la solución que responda a un problema de diseño arquitectónico.

La etapa conceptual en la formación de un arquitecto es crucial. Apoyar la creación y control de la forma y el volumen representa un desafío pedagógico para los docentes, ya que desarrollar esta habilidad implica, a su vez, habilitar a un alumno para dar forma a los espacios y sus límites tridimensionales. Se propone como referencia teórica para el acto creativo la dialéctica entre el conocimiento convergente y divergente; es decir, entre el abstraer (conocer) y el interpretar conceptos (crear). Esto implica que nada es nuevo, todo tiene un antecedente como referencia.

El conocimiento divergente es una herramienta esencial en el proceso creativo. En esta etapa, eso supone contar con un gran acervo de ejemplos de arquitectura y experiencias espaciales. Este acervo es una herramienta para comprender la geometría que genera la forma, para después, como extensión, interpretar-la y aplicar sus principios a un proyecto propio.

Con la idea de potenciar la abundancia de referencias visoespaciales del estudiante, en esta etapa se propone el uso supervisado de Pinterest. En un primer paso, la plataforma Pinterest permite almacenar y organizar imágenes que el estudiante selecciona en su interfaz. En un segundo paso, la aplicación ofrece ampliar o extender la búsqueda con ejemplos similares o con variaciones sutiles. Mediante un nivel básico de Inteligencia Artificial (IA), el algoritmo de búsqueda de Pinterest reconoce la calidad gráfica (visual) y la relevancia de las imágenes ya fijadas (seleccionadas) para ofrecer nuevas sugerencias, lo que aumenta la cantidad de material visoespacial a la que está expuesto el estudiante.

Actualmente, la pedagogía arquitectónica se enfrenta al desafío de cómo gestionar y emplear de forma inteligente los recursos de IA generativa y guiar las exploraciones que llevan a cabo los estudiantes. El desafío es particularmente relevante de cara a los inadecuados mecanismos de cómo los procesos pedagógicos de enseñanza arquitectónica introdujeron el dibujo digital asistido por computadora (CAD) al diseño y la conceptualización.

En este texto, se formulan preguntas acerca de la morfología de los espacios-forma y la necesidad de utilizar geometría para concebirlos durante el diseño de un proyecto arquitectónico. Así, se busca responder: ¿a qué responde la forma en arquitectura? ¿qué la genera? ¿cómo definirla (crearla) a partir de sistemas digitales?

Estos son cuestionamientos que se desarrollan teóricamente para encontrar respuestas. Estas respuestas, a su vez, permiten formular la hipótesis siguiente:

H1: Los estudiantes, al tener mayor bagaje formal-espacial como referencias, podrán diseñar diversidad de propuestas originales, creativas, plásticas y funcionales.

El sustento de esto está en que aprender de lo conocido (conocimiento convergente del "estado del arte") es la base para, a partir de eso conocido, interpretar con pensamiento divergente en nuevas soluciones y diseños.<sup>1</sup>

Para ello, se propuso un modo de utilizar la IA Generativa como auxiliar para proporcionar ese bagaje de generación de espacios-forma y como mecanismo de experimentación formal que apoye el pensamiento convergente y divergente.

Con el objetivo de proporcionar bases teóricas para la comprensión de la plataforma Pinterest y su utilidad en la creación de la forma arquitectónica, se exploraron elementos teóricos sobre la geometría como herramienta generadora de forma-espacio y la inteligencia artificial como recurso digital. Para aproximarse a la teoría sobre la concepción de la forma, se utilizan diversos autores y escuelas: Bauhaus, Alexander, Adorno y Luhmann, así como la teoría de la Gestalt. Mientras tanto, la geometría se abordará desde el punto de vista de la geometría euclidiana y no euclidiana.

### ***Antecedentes Históricos y Contexto Actual***

La representación gráfica bidimensional de un edificio mediante dibujos lógicos (plantas, cortes, fachadas y perspectivas) ha prevalecido, a pesar de la implementación y popularización del dibujo asistido por computadora (CAD). Es común ver a los estudiantes intentar conceptualizar y diseñar directamente en software CAD, lo que les hace perder la habilidad de la conceptualización tridimensional. En estos casos, los poliedros rectangulares son subproductos de la extrusión vertical de las plantas que crea geometrías planas y paralelas, la más simple de las configuraciones geométricas.

Es decir, las herramientas digitales no se utilizan para explotar su potencial de generar geometrías complejas ni espacios arquitectónicos versátiles y plásticamente interesantes en tres

dimensiones. Esto no significa que los dibujos lógicos sean innecesarios; sin duda tienen sentido para comunicar un proyecto y para los constructores a la hora de materializar y gestionar la fase de su construcción.

La creación de la forma tridimensional en la arquitectura ha girado en torno a principios estructurales, su geometría y los materiales que lo permiten.

Viollet-le-Duc (1863) insistía en que una edificación sólo es verdadera por la congruencia entre el programa arquitectónico y la lógica de los sistemas constructivos. Distintos momentos a lo largo de la historia han creado ejemplos significativos de arquitectura alimentados por el conocimiento de la estática, las cargas y los nuevos materiales que permitieron experimentar con construcciones innovadoras y manipulación formal.

<sup>1</sup> Cabe precisar que otros mecanismos que apoyan el pensamiento convergente, que se basa en tener referencias, en este caso de diseño arquitectónico, también lo son: las experiencias espaciales, las discusiones con diseñadores, dibujar los espacios que se observan o se han recorrido, comparar edificaciones, lecturas de otras disciplinas que caracterizan y dan elementos que expliquen los espacios y edificaciones. Por ejemplo: Ver a G. Salazar.

La geometría sigue reglas independientes de su entorno cultural. La elección de la geometría y la disposición volumétrica responde a su funcionalidad compositiva, no a una cualidad ornamental; da soporte y define la forma. Elegir una geometría es una elección técnica y cultural que establece una especie de *fórmula espacial* que da origen al objeto arquitectónico. Esta fórmula organiza las relaciones espaciales o genera conflictos entre los elementos que la componen.

Las primeras reglas geométricas aparecen con Euclides en su texto *Elementos*, donde el punto, la recta y la superficie son sus componentes básicos y definen los límites. Su regla más conocida es que dos rectas paralelas nunca se cortan; esto, de hecho, dejó de ser cierto gracias a la teoría de la relatividad y a la concepción del espacio curvo, que, a su vez, dio origen a las geometrías no euclidianas.

En la Antigua Grecia, prevaleció la geometría óptica y en el Renacimiento apareció la *perspectiva artificialis*, que ofrecía un sistema de reglas como proceso generativo para producir un objeto genérico. Este sistema se basa en una pirámide de visión constituida por líneas que atraviesan la retina del observador desde cada vértice del objeto. Este artificio permite ver ilusoriamente tres dimensiones a través de la representación bidimensional. La ilusión y la intuición espacial se desarrollaron aún más con la incorporación de herramientas geométricas extendidas: ópticas, proyectivas y paralelas.

Durante la Ilustración, la geometría proyectiva fue la base de un lenguaje matemático; sin embargo, en mayor medida, la geometría descriptiva se basó en un lenguaje gráfico en sus variantes de perspectiva gráfica (proyección ortográfica; axonometría isométrica, dimétrica y trimétrica; perspectiva caballeresca, militar, de gabinete, con dos o tres puntos de fuga). Históricamente, la perspectiva apoyó la evolución metodológica de la etapa constructiva del proyecto, es decir, la fase ejecutiva y operativa; mientras que las representaciones gráficas permitieron separar y avanzar metodológicamente la fase de proyección y conceptualización del

diseño. Actualmente, el diseño paramétrico pretende fusionar ambas bajo un sistema que reúne todas las etapas del proceso en una metodología integral de conceptualización, diseño, ejecución y operación.

El alarde de geometría compleja producido desde los años 1990 frente a formas regulares ortogonales y con ángulos rectos obedece a deseos caprichosos o a manierismos geométricos. También, responde adecuadamente a la lógica funcional y contextual del problema arquitectónico. En cualquiera de los dos casos, esto sólo se pudo conseguir con el apoyo de los primeros programas informáticos de geometría estructural, como el utilizado para el Museo Guggenheim de Bilbao.

La aparición de software que originalmente obligaba a conceptualizar en tres dimensiones, como *FormZ* o *SketchUp*, ha permitido apoyar una agenda estética o funcional y resolver las dificultades mencionadas anteriormente. Ejemplos de programación geométrica que definen procedimientos declarativos para manipular la forma son, por ejemplo: *Digital Project* en CATIA, *Grasshopper* en *Rhino-ceros*, *Generative Components* en *Microstation*. *Revit* e *Inventor* de *Autodesk* y *Dynamo Studio*. Estas se basan en una interfaz de programación gráfica.

Un ejemplo de interfaz de código abierto con algoritmos gráficos es VPL (lenguaje de programación visual) de *Revit*. *Blender* también es de código abierto. *SketchUp* ofrece una versión descargable gratuita de software de modelado de superficies, mientras que *VizPro* mejora los límites de su programación básica mediante un complemento de modelado paramétrico. *Fusion*, de *Autodesk*, ofrece una transición fluida entre el diseño CAD y la fabricación.

Las transformaciones topológicas, dimensionales y geométricas se suman como variaciones en el diseño de geometrías complejas. Estas herramientas permiten tomar decisiones precisas y efectivas que responden a requerimientos funcionales, lo que, a su vez, enriquece la manipulación de la forma y la composición.

Algunas opciones de transformación son: plegado orgánico y de origami, fragmentación o perforación de volúmenes, superposición o inserciones, torsión (helicoides, deformaciones, inclinaciones anti gravitacionales); cuadrículas o mallas versus jerarquías organizadoras; maclado de cristales<sup>2</sup> y las operaciones que generan deconstrucción.<sup>3</sup> Todas ellas conducen a la desaparición de elementos portantes y soportados y obvian lo cartesiano, lo racional y lo ortogonal; en cambio, lo ambiguo y lo contradictorio son protagonistas, como decía Venturi.

Con la intención de encontrar alternativas a la geometría cartesiana y euclidiana, un nuevo abanico de vocabularios formales cobra protagonismo: lo agudo y anguloso, sin ángulos útiles y con simetría expulsada, que expresa a veces caos en lugar de orden, lo indeterminado, impredecible y aleatorio o lo fragmentado y no jerárquico; geometrías que promueven la pérdida del centro o eje; o lo rizomático, fragmentos autónomos que, según Tschumi (1988): "pueden ser recombinados a través de una serie de permutaciones cuyas reglas no tienen que ver con las del clasicismo o las del movimiento moderno" (p. 51).

De esta manera, las geometrías no euclidianas y fractales adquieren mayor protagonismo en las sensibilidades contemporáneas. En parte, estas sensibilidades, su intersección con la tecnología del diseño y la Inteligencia Artificial y la forma en que estas impactan en la práctica arquitectónica y la pedagogía arquitectónica ya están siendo investigadas por académicos como Carpo (2023) y Leach (2021).

### Teorías en Relación a la Forma

"Diseñar es el método de poner la forma y el contenido juntos"

(Traducción de los autores- Rand, como se citó en Chimero, 2012, p. 47)

La palabra "forma" proviene del latín forma, en el sentido de figura o imagen; quizá también de firmus, que es firme, fuerte; o de fere, como en orden, enteramente. También podría provenir de ferme, que es el superlativo de fere. Estas raíces latinas, juntas, hacen referencia a una figura fuerte y altamente ordenada.

El arquitecto estadounidense Sullivan (1896) creó una de las reglas de la modernidad en el siglo XX al acuñar la frase "la forma sigue la función" (p. 408); al mismo tiempo, jerarquizó la función por encima de la forma. Ese principio ha sido cuestionado desde los años 1960 por nuevos movimientos de vanguardia (metabolistas, brutalistas y neo futuristas como Archigram y Archizoom) y en los años 1980, por el posmodernismo y el deconstructivismo. Esto se hizo con giros irónicos al dictado original, como en: "la forma sigue al fiasco" de Peter Blake, "la forma sigue a la ficción" de Bernard Tschumi o "la forma sigue a la deformación" de Mark Wigley.

<sup>2</sup> Una macla es un aglomerado de cristales simétricos. Si la simetría respecto del plano del aglomerado es a 60°, 90°, 120° o 180°, se llama especular; o son de *contacto*, cuando las partes se unen en un plano; o se llama de *compenetración*, si se cruzan entre sí.

<sup>3</sup> Hay que recordar la relación de la arquitectura deconstructivista con la filosofía en palabras de Lyotard, Derrida, Guattari, Deleuze y sus conceptos de pliegue y rizoma; incluso Foucault está presente y el Aleph de Borges, un cuento de fisuras en la lógica de la realidad y expone la irrealidad oculta y la totalidad diversa; además de la geometría de Mandelbrot; o al lingüista Chomsky; relaciones que aquí no se abordarán. Aunque se puede mencionar algunos arquitectos representantes de esas ideas y que entienden la deconstrucción en el sentido de des-estructuración, según Derrida, con el fin de deshacer etapas estructurales y rígidas de un sistema, como: Zaha Hadid, Daniel Libeskind, Bernard Tschumi, Frank Gehry, Peter Eisenman, Rem Koolhaas y OMA, Coop Himmelblau con Wolf D. Prix y Helmut Swiczinsky, entre otros.

Otros autores hacen referencia a la función a través de aforismos, pero van un paso más allá. Moneo (como se citó en Martin, 1997, p. 187) dijo que “la forma implica función”; así también, Eisenman (1997, p. 25) señaló que “si la forma sigue a la función, entonces la forma ya tiene un significado [...] y la forma arquitectónica se convierte en posibilidades a través de la ocupación de la forma por el hombre”:

La arquitectura, si es algo, siempre ha estado subordinada y legitimada por leyes de semejanza y utilidad, como en sentencias de tipo la forma sigue a la función. Si la forma sigue a la función, entonces la forma tiene ya un significado, pero también y de manera extraña, tiene una prioridad sobre el espacio, y cuando la forma sigue a la función, la forma está ya subordinada a las leyes de la semejanza y la utilidad. (Eisenman, como se citó en Maderuelo, 1990, p. 36)

Por su parte, la Bauhaus, con el precedente del *Deutscher Werkbund*, se basó en un modelo educativo dual. En referencia a este, Gropius (como se citó en Droste, 1991) afirmó

Era necesario trabajar bajo dos profesores distintos [formal y artesanal], pues no había técnicos con suficiente imaginación para dominar los problemas artísticos, ni artistas con suficientes conocimientos técnicos para dirigir un taller, primero había que educar a una generación que fuera capaz de unir ambas características. (p. 34)

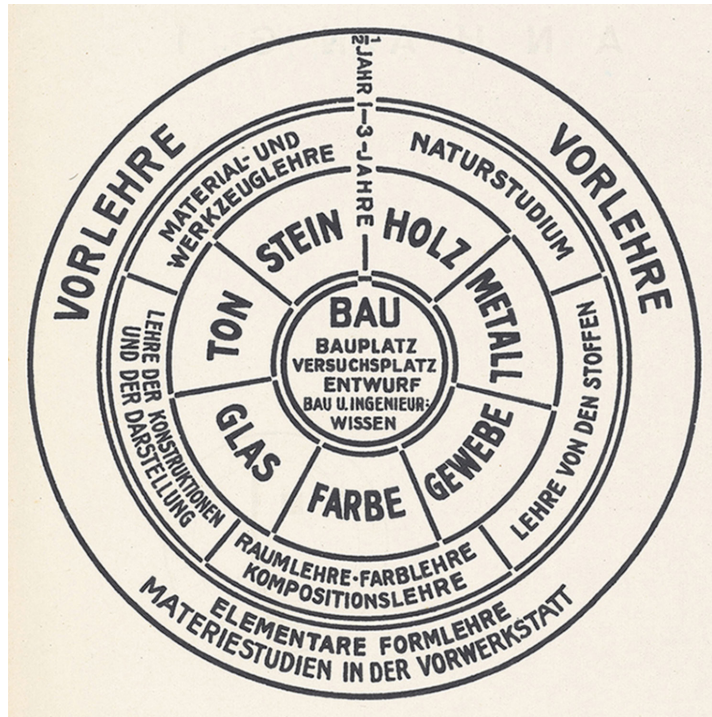
Por Gropius, la Bauhaus, en 1922, en sus estatutos formuló la estructura de la enseñanza y se propuso crear nuevas formas que respondieran a los materiales y procesos de producción demandados por las necesidades de su época. Su curso preliminar de medio año, el *vorlehre* (pre-aprendizaje), incluyó temas centrados en la exploración de la forma, el espacio y su geometría: *elementare formlehre* (teoría de la forma elemental) y *materiestudien in der vorwerkstatt* (estudios de la materia previos al taller de diseño) (ver Figura 1). En el *vorlehre*, la forma era abstracta, desvinculada del contenido y centrada en un enfoque plástico experimental. Los siguientes ejercicios de composición incorporaban consideraciones como el color, la fabricación, la representación, la teoría del espacio y los estudios de la naturaleza con la intención de vincular la forma con la materialidad y el uso. Esa primera etapa formalista con énfasis en la modelación geométrica se basa en lineamientos curriculares claros: Esta primera etapa formalista, con énfasis en el modelado geométrico, se basa en lineamientos curriculares claros; en específico, consiste en:

Los estudios prácticos y teóricos se llevan a cabo simultáneamente para liberar los poderes creativos del estudiante, ayudarlo a comprender la naturaleza física de los materiales y las leyes básicas del diseño. Obviamente, se evita concentrarse en cualquier movimiento estilístico particular. La observación y la representación -con la intención de mostrar la deseada identidad de Forma y Contenido- definen los límites del curso preliminar. (Bayer, 1938, p. 26)



**Figura 1**

Diagrama del plan de estudios de la Bauhaus. Walter Gropius



Nota. Modelo de la escuela Bauhaus, tomado de Bauhaus. 1919-1933 (35) por M. Droste, 1991, Taschen.

Christopher Alexander, en su libro *Ensayo sobre la síntesis de la forma*, enfatiza que el objetivo final del diseño es la forma. Se centra en el problema de la concepción arquitectónica al señalar que:

Todo problema de diseño inicia con el esfuerzo para lograr la adecuación de dos entidades: la forma en cuestión y su contexto. La forma es la solución al problema; el contexto define el problema. En otras palabras, cuando se habla de diseño, el verdadero objetivo de la discusión no es la forma sola, sino el conjunto que comprende la forma y su contexto. (Alexander, 1973, p. 15)

En cualquier caso, la arquitectura del siglo XX osciló entre el formalismo y el funcionalismo; uno y otro hacían énfasis en un aspecto aislado y, por consecuencia, descuidaban el otro aspecto. Sin embargo, es evidente la necesidad de tener en

cuenta que tanto la función como la forma implican espacio y que no existe jerarquía entre ellas. Existe una relación dialógica de dependencia mutua entre las tres: forma, espacio y función.

La expresión plástica de la forma y la proliferación de la geometría curvilínea en el siglo XXI se han visto exacerbadas por las posibilidades que ofrecen la tecnología, los nuevos materiales y aplicaciones CAD. La forma arquitectónica ha generado una nueva estética que enfatiza su poder de comunicación como ícono cultural en el paisaje urbano y como elemento provocador de atracción perceptiva.

Al respecto Frank Gehry dice: "como arquitecto puedes hacer formas maravillosas, pero luego tienes que perforarlas en función de su uso interior. Hay algo muy determinante en la cualidad de los edificios como recintos, como contenedores de un

programa" (Zaera-Polo, 1995, p. 11). Abordar esta noción es lo que diferencia a la arquitectura de la escultura. La arquitectura crea espacios habitables, donde tiene lugar lo cotidiano, lo casual en la vida de las personas y las comunidades.

Dentro de lo que podría llamarse la Teoría de la Forma, la teoría de la Gestalt indicó que una *buena forma* tiende a ser regular, simple, simétrica, ordenada, fácilmente reconocida y recordada visualmente por su pregnancia y por transmitir un mensaje casi instantáneamente. Esto es contrario a cuando la forma es compleja por diversas transformaciones (inclinada, torcida, abigarrada, entre otros). Los principios que permiten la percepción Gestalt son cuatro: proximidad, similitud, cierre y continuidad. Estos han permitido mantener una conexión con el enfoque clásico de la arquitectura, asociado a la economía en la construcción. En los últimos tiempos, en el apogeo de la arquitectura deconstructiva y la arquitectura icónica, estos principios han sido minimizados por las fuerzas de la mercadotecnia cultural.

Adorno (2004) define la forma como un conjunto de momentos de logicidad y afirma que la dificultad de captarla es el entrelazamiento de la forma estética con el contenido, lo que evitaría la abstracción. Observa también que las obras modernas tienden a disociar su unidad, a través de la búsqueda de expresión o, como crítica de afirmación, en claro contraste con las expresiones clásicas. Es así que la forma es esencial pero mediada por el contenido; el formalismo *per se* elimina la posibilidad de la forma poética. La forma no se puede reducir a relaciones matemáticas, aunque funciona en los procedimientos operativos de objetivar lo estético o por ideas místicas como las proporciones clásicas. Además, la forma siempre limita lo que se forma; la propia forma que se opone al contenido es contenido sedimentado (Adorno, 2004).

Luhmann argumentó que la forma arquitectónica puede entenderse como una forma que surge y es procesada por el entorno de un sistema social para proyectar un tipo de comunicación. La forma logra esto al aprovechar su capacidad de

generar percepción e imaginación, que a su vez se basa en su capacidad de proporcionar tipos específicos de cualidades propias. Estas cualidades pueden ser, entre otras, de índole estético, plástico o espacial. Esta comunicación apela a lo ya comunicado, en el sentido de algo repetible, recursividad a través de la autorreferencia o autopoiesis que se construye a partir de un mismo tipo, lo que genera variaciones de una misma tipología o forma como posible canal de comunicación.

Según Luhmann, la forma se define al distinguir entre lo finito-infinito; ya no sigue los principios de la Gestalt que permiten percibir instantáneamente la forma como una unidad, sin análisis (Luhmann, 2005). En cambio, la diferencia es su principal fuente de percepción. Este concepto se alinea con el enfoque de Kandinsky (como se citó en Luhmann, 2005): "La forma, en sentido estrecho, no es otra cosa que delimitación frente a lo otro: denominación hacia afuera. Pero dado que lo externo oculta necesariamente lo interno (fuerte o débilmente conforme a su apariencia), así toda forma tiene contenido interno" (p. 54). Bajo esta lógica, la forma es una externalización del contenido interno. La forma es diferencia compuesta de dos lados: el interno y el externo. Por lo tanto, la forma es límite, que a su vez tiene forma; la forma se sustenta en su geometría estructural.

En resumen, la forma como manifestación significativa identifica algo. Como figura, fuerte y muy ordenada, define límites entre el exterior y el interior, entre su contenido (espacio-tiempo, función y programa) y el entorno o contexto, ya que la forma externaliza el contenido interno. Expresa la coherencia y el sentido que procesa la sociedad y a partir de los cuales puede producirse recursión, al permitir la replicación o variaciones de forma.

Puede ser discernible o no, perceptible o no, simétrica o no, compleja o simple; todo ello dependerá de la intención compositiva y de la estructuración de la forma.

## Geometría y Forma

La estructura de la forma, en particular de la forma arquitectónica, se apoya en la geometría, una disciplina enmarcada en las matemáticas que estudia la forma en el espacio y las superficies. Históricamente, la arquitectura pasó de las formas euclidianas armónicas a interpretar la irregularidad de la naturaleza y la complejidad mediante la aplicación de teorías matemáticas no euclidianas.

Euclides de Alejandría (siglo III a.C.) sistematizó las bases de la geometría mediante un método axiomático con cinco principios: 1) Una y sólo una recta pasa por dos puntos diferentes; 2) Una recta puede extenderse indefinidamente por ambos lados; 3) Se puede trazar un círculo con cualquier centro o punto y de cualquier radio. 4) Todos los ángulos rectos son iguales. 5) Si una recta es interseca y las otras dos rectas se posicionan de modo que los ángulos internos del mismo lado sumen menos que dos ángulos rectos, entonces las dos rectas se intersectan en ese lado. Es decir, nunca dos rectas paralelas se intersectan en el infinito.

A lo largo de la historia del diseño, se han utilizado formas euclidianas para crear armonía y sentido estético clásico; esta concepción se relaciona con un sistema estructural y material específico que incluye el uso de materiales pétreos, madera y metal sometidos a compresión como resultado de la gravedad. Esto rompe la inercia de esta fuerza y tiende a retener los elementos estructurales dentro de la colocación proyectada. Sin embargo, alrededor de la segunda mitad del siglo XIX, matemáticos como Riemann, Bochyai y Lobachevsky realizaron estudios hacia otro tipo de geometrías, hoy conocidas como no euclidianas, que se basan principalmente en la no aceptación del quinto postulado de Euclides. Algunas de estas geometrías son: proyectiva, afín, topológica, hiperbólica y elíptica.

Para diferenciarlas de la euclidiana, que tiene curvatura cero, a continuación, se describirán brevemente las características de cada una: la *geometría hiperbólica* sólo cumple con los primeros cuatro principios y tiene curvatura negativa, donde

las dos curvas se alejan una de la otra; la *geometría elíptica* también cumple con los primeros cuatro principios, pero con curvatura positiva, de modo que las dos curvas tienden a encontrarse e intersecarse; la *geometría proyectiva* no considera la dimensión y se basa en la teoría proyectiva que matematiza la geometría descriptiva para la perspectiva; la *geometría afín* estudia las propiedades geométricas inmutables sujetas a transformaciones afines, lo cual no tiene en cuenta ni el tercer ni el cuarto principio de Euclides, con lo que el ángulo es indiferente y las distancias no se pueden comparar; la *geometría topológica* es abstracta, no considera ni distancias, ni ángulos ni elementos, sólo la posición y la relación entre ellos, por lo que las transformaciones topológicas, cuando se aplican, no modifican las posiciones, aunque su interpretación pueda tomar otra forma.

A principios del siglo XX, se empezaron a estudiar ciertos objetos geométricos que fueron denominados, hasta 1975 por el matemático Benoît Mandelbrot, como *geometrías fractales*. Estas han permitido realizar analogías descriptivas de fenómenos naturales complejos y simular estos procesos en medios digitales. Fractal, del latín *fractus*, significa irregular o interrumpido y está relacionado con la Teoría del Caos. Esta geometría emplea formas angulares o irregulares, construidas mediante procedimientos simples y repetitivos, como giros y cambios de tamaño que alteran la forma en cada acción de este proceso, hasta producir nuevamente la misma forma. Las herramientas digitales han facilitado la creación de geometrías fractales, las cuales son ampliamente utilizadas en los procesos de diseño actuales.

## Metodología

El procedimiento seguido para posteriormente realizar este texto fue pedir anuencia a los dos grupos de estudiantes (experimental y de control) de su participación y empleo de los datos, resultados y su publicación, sin indicarles a qué grupo pertenecen. Los grupos de Taller de diseño

tienen, anticipadamente por la Institución, una composición de quince estudiantes, por lo que se trabajó con esa cantidad por grupo, para no alterar su composición ni dinámica de trabajo. Los datos fueron recolectados con fotografías del procedimiento y los resultados, así como el llenado de los tableros en la plataforma Pinterest.

La estrategia de apoyarse en la plataforma Pinterest como recurso para obtener referencias visoespaciales detonadoras para el inicio de aprendizaje de proceso de diseño arquitectónico se aplicó a grupos del taller de proyectos de los primeros semestres de su carrera, a quienes se les formuló un problema de diseño y se les pidió realizar un concepto arquitectónico de solución de modo individual, a realizarse en un mes. Como paso previo, se explicó el objetivo del semestre y del ejercicio, así como la estrategia didáctica.

Se estableció un programa básico arquitectónico, para posteriormente exponer a los miembros a una plataforma de búsqueda: Pinterest, con el fin de que adquiriera y crearan un acervo (tablero) de ideas visoespaciales (pins) que les permitiera experimentación formal-espacial y la interpretación en un proyecto propio. El grupo pudo compartir lo que cada estudiante consiguió crear, así como los profesores enriquecieron los tableros con pins de arquitectos.

Con su tablero, cada estudiante analizó la geometría de la forma, su estructura, las características espaciales y la pertinencia con el programa arquitectónico de los pins; lo mismo se pudo hacer con los tableros compartidos. En términos didácticos, es importante mencionar que, en este primer nivel de modelado geométrico de la forma, el objetivo es que el estudiante comprenda los elementos y las relaciones espaciales de una composición, lo que incluye proporción y escala. A partir de esta etapa, los estudiantes propusieron opciones de solución al problema de diseño y, en este segundo nivel de especificación, se introdujo una representación cualitativa del espacio y sus significados. Después, en grupo, se hizo la evaluación de las propuestas y se indicaron los beneficios del ejercicio propuesto.

Se seleccionó un grupo diferente, a modo de grupo de control, para comparar el desempeño de los estudiantes que no fueron expuestos a esta experiencia didáctica.

Todo esto pasó por el análisis formas-espacial-funcional de las propuestas y su comparación con el grupo de control en cuanto a las propuestas expresadas en maquetas como en su resolución espacial-funcional en los planos esquemáticos que representan la tridimensionalidad de las propuestas. Este aspecto se considera clave en la formación del arquitecto.

### ***Pinterest, Inteligencia Artificial y CAD***

Antes de presentar el funcionamiento de la plataforma y el ejercicio, conviene esbozar una condición sustantiva del proceso de diseño, cuyo fin último es la forma. Esta, implícitamente, incluye el espacio y su materialidad. Para diseñar, es necesario contar con un amplio bagaje de ejemplos de diseños anteriores, tanto históricos como contemporáneos; también es necesario contar con referentes literarios y, en el caso del diseñador arquitectónico, tener diversas experiencias espaciales (Salazar, 2006).

Esto se menciona en el entendido de que no hay nada nuevo, siempre hay un referente en el mundo, ya sea natural o de producción humana, y es obligación conocerlo para conceptualizarlo (conocimiento convergente) e interpretarlo (conocimiento divergente). Al inicio del proceso de diseño, es importante recopilar y almacenar información sobre proyectos y propuestas existentes para analizarlos y abstraer su concepto. Tradicionalmente, esta información se obtiene de libros y revistas o, desafortunadamente con menor frecuencia, de visitas de sitio. El material se fotocopia, escanea, fotografía o dibuja y se adjunta a un archivo físico o digital de ejemplos similares al problema de diseño en cuestión.

El *moodboard*, o tablero de inspiración, es una estrategia útil para presentar varias posibilidades de una idea, tema o pensamiento a través de

imágenes o ilustraciones (dibujos, maquetas, fotos, con o sin texto) colocadas en un collage o insertadas en una retícula ordenada. Estos tableros pueden ser análogos o digitales. Los *moodboards* sirven como inspiración y pueden compartirse con miembros de un equipo o profesores para discutir opciones de diseño. Es una herramienta práctica de comunicación gráfica y puede complementarse con paletas de colores, texturas y tipografías. Además, es posible modificarla y enriquecerla continuamente con más material gráfico. Hoy en día, es posible recurrir a la web, donde, a lo largo de las décadas, se ha acumulado una enorme cantidad de información gráfica y escrita. También se cuenta con buscadores que sirven como una gran herramienta auxiliar para ampliar los resultados de búsqueda y obtener más referencias. Es el caso de la plataforma Pinterest, que ofrece la posibilidad sistematizada de disponer de un catálogo visual de ejemplos, a través de una IA de reconocimiento de imágenes u objetos visuales (como la base de datos *ImageNet*, que cuenta con 14.197.122 imágenes con 20.000 categorías), que se suman a los de creación propia que se incorporan a Pinterest como medio de difusión.

Pinterest es una red social que funciona como un buscador de elementos visuales o imágenes. Su algoritmo de búsqueda ordena, clasifica y etiqueta las imágenes en categorías específicas; localiza imágenes que comparten las propiedades solicitadas e incluso interpreta y registra los gustos del usuario, lo que ofrece resultados personalizados en función de sus intereses o temas preferidos. En el caso de verse como apoyo para el diseño, es para obtener opciones y variaciones formales-espaciales con base en una idea inicial. Cada archivo digital se llama tablero y contiene imágenes guardadas llamadas *pins*; cada *pin* mantiene la referencia de su origen; es decir, si fue creado por el usuario o sugerido por la plataforma según intereses personales. Además, al ser una red social, ofrece la posibilidad de que otros usuarios puedan realizar opiniones o sugerencias, así como conocer estadísticas de las visitas obtenidas en los foros que contienen tus *pins* guardados.

Es decir, Pinterest hace lo que comúnmente realiza un diseñador. Como toda Inteligencia Artificial Generativa, emula los procedimientos cognitivos humanos; en este caso, forma un bagaje de ejemplos y sus variaciones. La diferencia entre Pinterest y el humano es que es más veloz y recupera exhaustivamente las imágenes existentes en la web, lo que puede permitir mayor riqueza de ideas y opciones. Aunque hay que poner atención, pues el riesgo es que también arroje "basura", pues en la web hay de todo. Es ahí donde debe prevalecer el criterio del diseñador y el tomar decisiones correctas.

Los algoritmos de IA funcionan tanto con texto como con imágenes. Están diseñados para encontrar patrones en la web y proponer soluciones basadas en las indicaciones solicitadas o *prompts*; por eso, es clave formularlos con fundamentos, creatividad y hacerlos interesantes. Al fin y al cabo, si basura entra al sistema, basura saldrá.

Las propuestas pueden ser imágenes preexistentes o estandarizadas o variaciones de las existentes, ya que trabajan con el acervo con el que se ha alimentado previamente la IA. Sus algoritmos de búsqueda reconocen imágenes similares en términos de la geometría deseada, ya sea euclidiana o no. Pinterest, aunque no genera nuevas imágenes por sí mismo, como las nuevas IA Generativas, utiliza un algoritmo similar a estas. La ventaja es que, en el caso de Pinterest, la plataforma es abastecida por los propios usuarios, muchos de ellos dedicados al diseño, por lo que la mayoría de los ejemplos ofrecidos están enfocados específicamente a este ámbito.

Además, la posibilidad de que los tableros de Pinterest sean compartidos en un proceso de trabajo colaborativo por personas con los mismos objetivos e intereses aumenta el acervo de imágenes, en este caso centrado en la forma-espacio. Es por esto que los estudiantes multiplican los resultados de su exploración y reducen el tiempo generalmente dedicado a ella. Además, es una herramienta conveniente para los docentes, para que puedan construir tableros orientados a la exploración y experimentación formal como recurso didáctico.



La propuesta es que el uso de Pinterest se aplique durante la etapa de formación en la exploración formal sin contenidos arquitectónicos ni especificaciones. La herramienta es útil para guiar a los estudiantes de arquitectura en las primeras etapas de su formación en diseño, donde el objetivo es únicamente explorar la geometría volumétrica de la forma-espacio. Esto implica acompañar a los estudiantes en el entendimiento y diferenciación entre formas ortogonales contra orgánicas, elementos curvos contra rectos, espacio centripeto o centrífugo, abierto-cerrado, cubierto-descubierto; alturas dobles o triples, superficies, proporción, color. Asimismo, permite explorar con otras geometrías no euclidianas, al aplicar transformaciones topológicas, politopos, entre otras posibilidades.

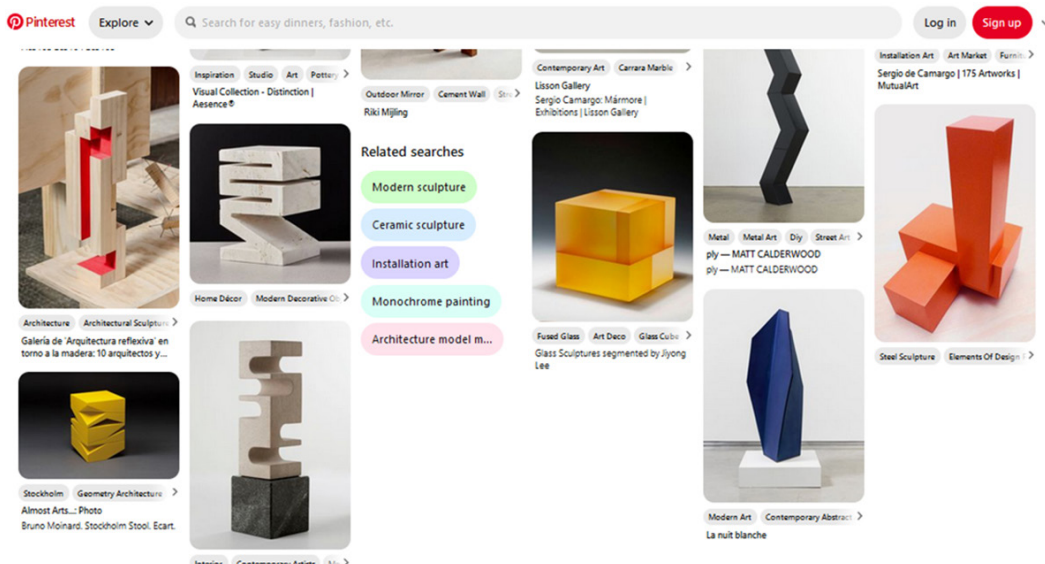
Incluso es útil en el desarrollo de la intuición sobre cómo constituir la estructura física de los volúmenes. Esto hace que la propuesta pedagógica

sea similar a la propuesta de la Bauhaus para la etapa *vorlehre*. Se le pide al estudiante que explore y estudie varias opciones formales y luego, en una fase posterior, diseñar ejercicios que consideren el contenido (función espacial) y el contexto.

Para este segundo nivel, se ha considerado conveniente promover el uso de la plataforma después de que los estudiantes desarrollen una idea básica del programa arquitectónico. La intención es hacerles explorar las posibilidades de la forma en relación a las actividades programáticas para que tengan una primera noción geométrica, sin aludir a una referencia estética o estilo. Cabe señalar que para esta segunda etapa es posible, e incluso promovido, el uso de aplicaciones digitales como las mencionadas anteriormente (*FormZ*, *Sketchup* y similares u otras aplicaciones de diseño paramétrico).

**Figura 2**

Tablero de Pinterest. Ejemplos de imágenes escogidas por los instructores como guía inicial



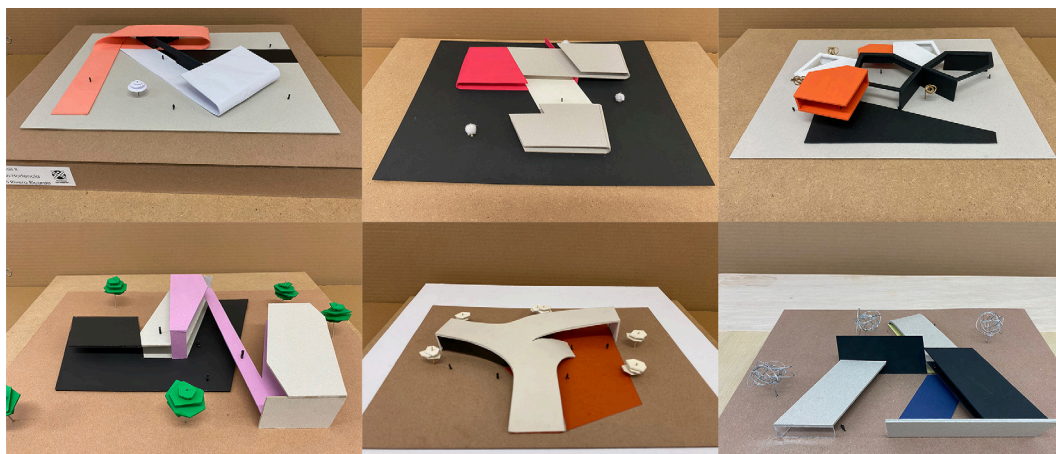
*Nota.* Ejemplos de formas que se puso a disposición de los alumnos por los profesores para tener referencia para su análisis e interpretación para sus proyectos. Tomado de la plataforma Pinterest por R. Alonso, 2024a, Pinterest en <https://pin.it/6ZWnidqAv>.

A continuación, se describe un ejercicio donde se aplicó la estrategia a un grupo de estudiantes de la carrera de Licenciatura en Arquitectura de la UASLP, en el contexto de los Talleres de Diseño. El ejercicio comenzó al mostrar un tablero de Pinterest (ver Figura 2) a un grupo de 15 estudiantes de primer año. Este tablero contenía imágenes seleccionadas de diferentes formas abstractas pertenecientes a una tipología específica, para que pudieran analizar sus atributos formales-espaciales y su geometría. Posteriormente, se les pidió que generaran al menos dos propuestas, donde interpretaran lo que veían en el tablero, para que pudieran utilizar esa información abstracta para ofrecer una solución a un problema de diseño sencillo: una casa de campo. Estas primeras propuestas de

geometría conceptual fueron luego analizadas en consideración de la función de los espacios en relación a las características de su forma, y finalmente modificadas o manipuladas, si es que era necesario corregirlas o si era posible mejorar la relación función-forma. De esta manera, se evitó promover un enfoque exclusivamente formalista. Posteriormente, se creó otro tablero que recogió las propuestas de todos los estudiantes (ver Figura 3), para que pudieran volver a analizarlas en su conjunto. Además de esto, se constituyó un grupo de control con estudiantes pertenecientes a la misma generación de primer año, quienes resolvieron el mismo problema de diseño, pero sin utilizar ninguno de los dos tableros.

### Figura 3

*Ejemplos de creaciones de los estudiantes después de los ejercicios*



*Nota.* Se muestran varios ejemplos de las interpretaciones que hicieron los estudiantes a partir de los ejemplos ofrecidos por los profesores (Figura 2), los cuales son evaluados por instructores antes de ser subidos al Tablero Pinterest con resultados ejemplares.

## Resultados y Discusión

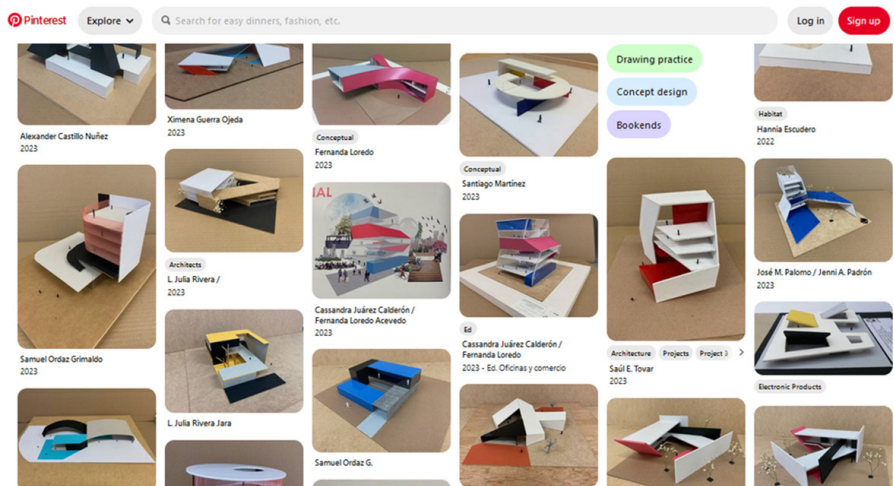
Los quince estudiantes pertenecientes al grupo donde se aplicó este ejercicio (100% de la población) (ver Figura 4) demostraron un aumento sustancial en su respuesta creativa en comparación con el grupo de control, que no estuvo expuesto al mismo (ver Figura 5). Esto resulta evidente al comparar los resultados de la Figura 4 y la Figura 5. Las propuestas desarrolladas por todos los estudiantes del grupo experimental tienen mayor diversidad y complejidad espacio-formal en comparación con las del grupo de control, lo que demuestra la importancia y necesidad de contar con un bagaje de referencias arquitectónicas históricas y contemporáneas (que es lo que todo arquitecto va desarrollando a lo largo de su formación académica y vida profesional). Asimismo, se ven ejemplos abstractos de composiciones formal-plásticas para poder conceptualizarlas e interpretarlas en propuestas arquitectónicas y espaciales. Esto, a su vez, implica conocimiento geométrico de la forma-espacio y la aplicación de transformaciones geométricas que exploran otras geometrías no euclidianas, lo que

más tarde permitirá la conceptualización material de la estructura física de las propuestas. En las figuras 3 y 4, a pesar del límite del empleo solamente de cartón, se observa la diversidad formal-espacial: menos ortogonalidad; "juego" de volumetría con intersecciones, extrusiones, horadación y cortes de volúmenes; despliegue de superficies en diversos niveles con continuidad espacial; diversidad entre el espacio interior y exterior y lo abierto y lo cerrado de los recintos; además, mayor dominio de la escala y la proporción y del empleo del color; así como de su composición en el campo visual o terreno.

En suma, se observa una mayor capacidad en el manejo de la forma y del espacio tridimensional, un dominio más amplio de las tipologías formales posibles y sus combinaciones para generar composiciones de mucho mayor calidad de diseño y de mucha mayor diversidad e innovación formal-espacial en las propuestas. Esto, a su vez, amplía las posibilidades (además de estéticas y compositivas) de las cualidades espaciales de su forma en relación a las condiciones requeridas por las funciones principales del sistema arquitectónico de que se trate.

**Figura 4**

Resultados del Grupo Experimental del 1er Semestre de 2024 en los que se aplicó la estrategia didáctica



Nota. Ejemplos de diseño de los estudiantes después de los ejercicios realizados. Tomado de R. Alonso, 2024b. Pinterest en <https://www.pinterest.com.mx/alonso0920/forma-arq-a-nivel-conceptual-fac-del-habitat>.



No contar con referentes visoespaciales dificulta que los estudiantes obtengan resultados geométricos interesantes y favorables, ya que no cuentan con modelos o puntos de partida para interpretar, aunque sean variaciones del original. Lo que hay que cuidar es el riesgo del formalismo, lo cual se evita con el análisis formal-espacial que involucra y su congruencia con lo que sucede al interior y exterior. En este contexto pedagógico, la plataforma Pinterest ha sido un recurso que facilita la creación de catálogos visuales ordenados por tipología arquitectónica, géneros edilicios, tipo geométrico. Además, podría ya construirse con relación a la formulación teórica y por arquitectos; su proceso de sistematización agiliza la recolección de

referencias al alimentarlas con más datos, cada vez que se agrega un *pin*. Además, el número de pines en cada tablero puede aumentar a través de las selecciones hechas por el mismo usuario o a través de las sugerencias hechas por Pinterest.

En contraste, los ejemplos de la Figura 5 del grupo de control muestran formas convencionales, desarrolladas en un solo nivel y monocromáticas, donde prevalecen los espacios interiores y recintos cerrados, menor exploración y atrevimiento innovador en la forma-espacio. Aunque hay formas con curvas, estas no tienen estructura orgánica y su tratamiento es euclidiano.

### Figura 5

Ejemplos de resultados del Grupo de Control del Primer Semestre 2024



Nota. Ejemplos realizados por los alumnos del grupo de control que no fueron sometidos a los ejercicios empleando los tableros de Pinterest.

Se considera que este tipo de soporte digital es apropiado en este nivel básico de diseño, debido a que permite a los estudiantes continuar desarrollando herramientas cognitivas útiles en el proceso creativo de conceptualizar, analizar, identificar similitudes e interpretar. Esto está en comparación con otras aplicaciones que usan Inteligencia Artificial Generativa, como Chat GPT, que inhibe

los procesos que se quiere desarrollar, como se ha expuesto, y provoca una gran falta de control sobre la actividad de diseño. En esa IA, los *prompts*, como instrucción o pregunta o palabra clave, tienen que ser creativos, precisos y claros, con fundamentos y contextualizados (hasta incluir ejemplo), para evitar que el sistema arroje errores, horrores o combinaciones absurdas.

## Conclusión

La forma es la base de cualquier proyecto arquitectónico. Aprender a desarrollarla es fundamental en el proceso de formación de los arquitectos. Las herramientas digitales ofrecen una gran ayuda, especialmente para realizar algunos procesos de forma más ágil y exhaustiva.

La Inteligencia Artificial Generativa, como Chat GPT (que produce textos e imágenes a partir de texto), DALL-E, *Midjourney* (que produce imágenes a partir de texto), *Stable Diffusion* y Sora (que produce vídeo a partir de indicaciones textuales o lenguaje coloquial), en este momento ofrecen resultados que sugieren, de cierta manera, que los diseñadores pueden ser reemplazados. Sin embargo, lo que se ha propuesto aquí es que los diseñadores, al usar sus procesos cognitivos, como la conceptualización y la interpretación, usan habilidades que no pueden eliminarse o reemplazarse del acto creativo, pero pueden mejorarse mediante un uso analítico, reflexivo y crítico de las herramientas digitales.

Se ha comprobado la eficacia y rapidez del uso de recursos digitales, al facilitar la capacidad de los estudiantes para concentrar un amplio acervo de imágenes visoespaciales, que además implícitamente muestran la geometría y estructura espacial. Esto es importante dado el papel esencial que desempeñan las referencias visoespaciales en el proceso de conceptualización y desarrollo de soluciones formales.

El algoritmo de búsqueda de Pinterest funciona con un principio básico de IA. En este caso, la interacción entre el usuario y la IA es la que consigue un alto grado de eficiencia y resultados destacables en el reconocimiento de imágenes similares. La integración de este nivel básico de IA en el proceso creativo del estudiante desencadena una mayor habilidad para interpretar y procesar referencias visuales y, a su vez, iterarlas y crear nuevas variantes a partir de estas. En un futuro previsible, con base en esas primeras ideas de diseño, el estudiante podrá confiar en el apoyo del diseño paramétrico para pasar al segundo (especificación arquitectónica) y al tercer nivel de diseño (material y especificación estructural). Futuras investigaciones podrían enfocarse en complementar las primeras etapas de conceptualización con etapas posteriores de especificación arquitectónica, material y estructural.

Ciertamente, la plataforma Pinterest no se propuso como herramienta de diseño sino para compartir imágenes, sistematizarlas por semejanzas y eso es lo que se ha propuesto al aprovechar el medio. Tampoco posee herramientas que ayuden al estudiante en la transición al segundo nivel de diseño. En ese nivel, ya sea planos arquitectónicos o modelos digitales, permitiría tener control sobre el conjunto de elementos que definen la arquitectura: espacio, funcionamiento, dimensionamiento, estructura topológica y física, características espacio-formales y materiales, entre otros. Pinterest también tiene un alcance limitado, pues no es su fin, para impulsar puntos de vista teóricos o críticos. Estas son cualidades necesarias para formar arquitectos capaces de desarrollar propuestas disruptivas y significativas, por lo que eso se ha complementado en las sesiones del taller de proyectos.

Sin embargo, la plataforma Pinterest ofrece la ventaja de llevar al usuario a la fuente original donde está publicada la imagen, que suele provenir de artículos de revistas o sitios web especializados donde se muestra una descripción y análisis más amplio del proyecto correspondiente. Estas fuentes suelen mostrar más imágenes, los correspondientes planos arquitectónicos y textos descriptivos o críticos. Los pins seleccionados podrían potencialmente abrir una puerta que lleve al usuario a descubrir un proyecto preferido con mayor profundidad.

Pinterest ha sido útil para aquellas etapas exploratorias preliminares que apoyan el acercamiento de los estudiantes a la forma arquitectónica. Ha mejorado sustancialmente las respuestas de los estudiantes en comparación con aquellos que no tenían este tipo de ejercicios.

También son destacables las contribuciones que ofrece a los docentes, al nutrir su propio bagaje de posibilidades pedagógicas. Como docentes, este proceso también desarrolla capacidades más amplias que favorecen sus procesos de enseñanza. Sin lugar a duda, la mejoría en los procesos pedagógicos de los docentes tiene un impacto directo en los resultados de aprendizaje mostrados por sus estudiantes.

**Declaración de conflicto de intereses:** Los autores declaran no tener conflictos de interés.

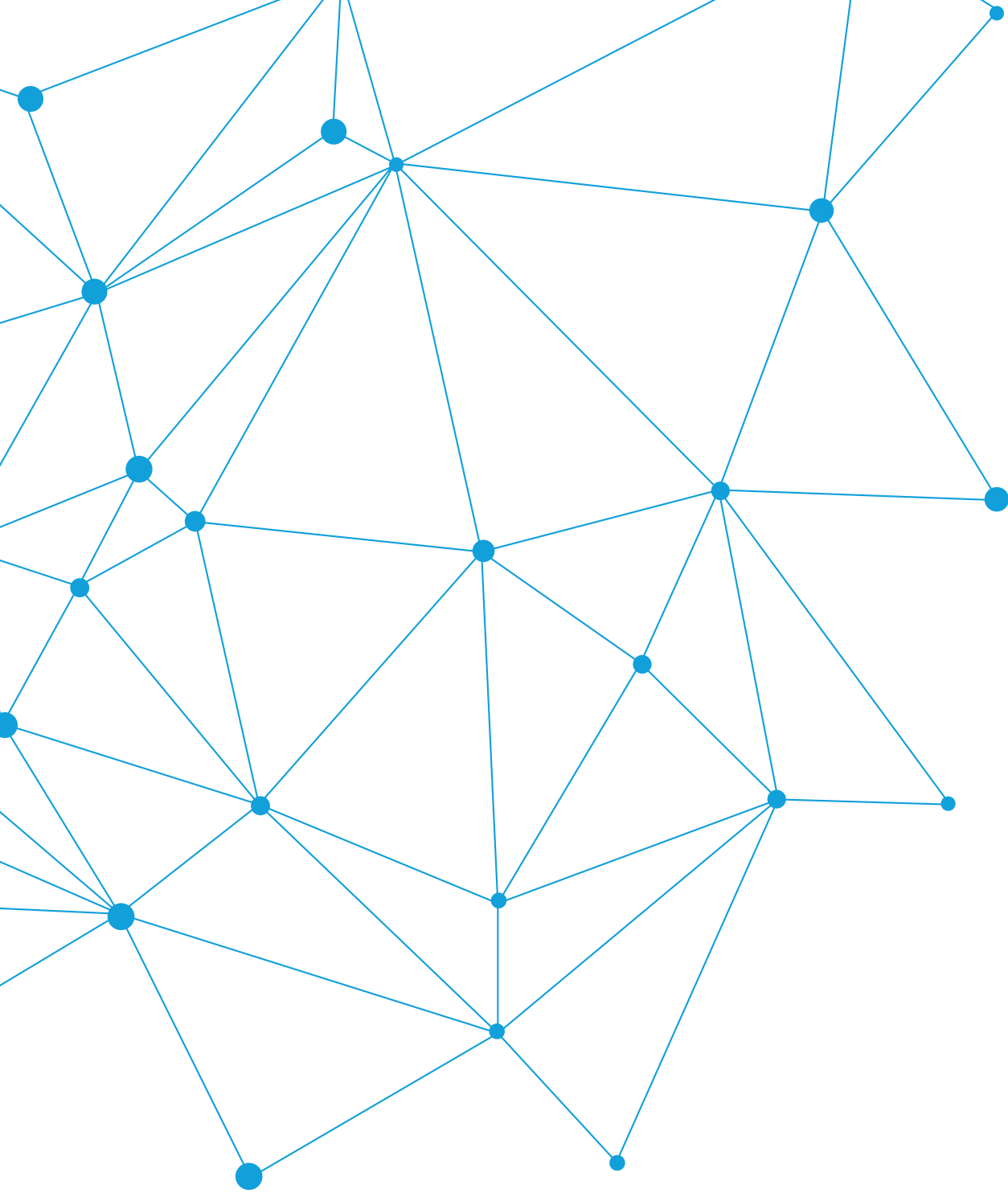
**Declaración de contribución de los autores:** A continuación, se menciona la contribución de cada autor, en correspondencia con su participación, utilizando la Taxonomía Crédit:

- Guadalupe Salazar González: Administración del proyecto, Conceptualización, Curaduría de datos, Investigación, Metodología, Redacción-borrador original, Validación.
- Ricardo Alonso Rivera: Análisis formal, Investigación, Metodología, Recursos, Redacción-borrador original, Validación.
- David Leonardo Campos Delgado: Investigación, Redacción-revisión y edición, Software, Supervisión, Validación, Visualización.

## Referencias

- Adorno, Th. (2004 [1970]). *Teoría estética*. Akal.
- Alexander, Ch. (1973 [1964]). *Notes on the Synthesis of Form*. Harvard University Press.
- Alonso, R. (2024a) en <https://pin.it/6ZWnidqAv>
- Alonso, R. (2024b) en <https://www.pinterest.com.mx/alonso0920/forma-arq-a-nivel-conceptual-fac-del-habitat>
- Bayer, H. (1938). *Bauhaus, 1919-1928*. The Museum of Modern Art.
- Carpo, M. (2023). *Beyond Digital: Design and Automation at the End of Modernity*. The MIT Press.
- Chimero, F. (2012). *The shape in design*. Creative Common.
- Droste, M. (1991). *Bauhaus. 1919-1933*. Taschen.
- Eisenman, P. (1997). Procesos de lo intersticial. Notas sobre lo maquínico de Zaera-Polo. *El Croquis*, 83, 21-35.
- Leach, N. (2021). *Architecture in the Age of Artificial Intelligence*. Bloomsbury Publishing.
- Luhmann, N. (2005). *El arte de la Sociedad*. Herder/Universidad Iberoamericana.
- Maderuelo, J. (1990). *El espacio raptado*. Interferencias entre arquitectura y escultura. Mondadori.
- Martin, M. J. (1997). *La invención de la arquitectura*. Celeste.

- Salazar, G. (2006). Barragán y Le Corbusier, dos caminos y lugares de encuentro. En A. Dallal (Ed.), *El proceso creativo* (47-89). UNAM-IIE.
- Sullivan, L. (1896). The Tall Office Building Artistically Considered. *The April Number of Lippincott's Magazine*. Philadelphia, s. e., 403-409.
- Tschumi, B. (1988). Locura y combinatoria. *Arquitectura*, 270, 24-51.
- Viollet-le-Duc, E. (1863). *Entretiens sur l'architecture*. A. Morel et Cie Editeurs.
- Zaera-Polo, A. (1995). Conversaciones con Frank Gehry. *El Croquis*. 74-75, 6-36.



## Diseño En Los Artefactos De Utilería Para Recreación Histórica Y Su Rol Como Potenciadores De La Complejidad En Grupos Lúdicos Culturales

*Design In Historical Reenactment Props And Their Role As Complexity Enhancers In Cultural Playgroups*



María Martha Margarita Silva González  
Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología - CONAHCYT, México

maryadrake\_peugeot@hotmail.com

ORCID: 0000-0001-6670-8640

Liliana Beatriz Sosa Compeán  
Universidad Autónoma de Nuevo León, México

liliana.sosacm@uanl.edu.mx

ORCID: 0000-0001-8811-3218

Recibido: 12/08/2024  
Aceptado: 14/11/2024

## Resumen

En este artículo de investigación, se realiza la exploración del potencial del diseño de los artefactos para generar complejidad en grupos sociales. El estudio se hizo por medio de revisión teórica y su reinterpretación al campo del estudio; el objetivo es evidenciar cómo ciertos objetos de diseño tienen capacidad de detonar cohesión y consolidar grupos o comunidades. Los objetos aquí estudiados son los llamados simuladores para combate y recreación histórica, que se usan en las actividades de reconstrucción histórica de los llamados Grupos de Recreación Histórica Experimental Lúdicos (GRHEL), tales como softcombat, juego de rol en vivo (LARP) y arqueología experimental. Para abordar este tema, primeramente se caracterizan a los GRHEL como Sistemas complejos adaptativos (SCA), ya que este marco teórico referencial resulta útil para entender cómo las interacciones simples entre los agentes que los integran (en este caso, personas y artefactos), se traducen en la creación de una red de complejidad adaptativa. Esta red permite a estos grupos consolidarse y evolucionar para realizar actividades cada vez más especializadas. Se concluye que el diseño y características de los artefactos simuladores para el combate y recreación histórica sí potencializan la complejidad de los grupos porque permiten el desarrollo de actividades que intensifican las interacciones y su uso aporta significados y comunicación entre los agentes miembros de los grupos.

**Palabras clave:** diseño, interacciones, artefactos de utilería, complejidad.

---

## Abstract

*This research article explores the potential of artifact design to generate complexity in social groups. The study was carried out through a theoretical review and its reinterpretation in the field of study; the aim is to demonstrate how certain design objects can detonate cohesion and consolidate groups or communities. The objects studied here are called simulators for combat and historical recreation, which are used in historical reenactment activities of the so-called Experimental Historical Recreation Groups (GRHEL), including soft combat, live-action role-playing (LARP), and experimental archaeology. To address this topic, GRHELs are first characterized as Complex Adaptive Systems (CAS), as this theoretical framework is useful in understanding how simple interactions among agents (in this case, people and artifacts) result in the creation of a network of adaptive complexity. This network allows these groups to consolidate and evolve to carry out increasingly specialized activities. It is concluded that the design and characteristics of combat and historical recreation simulators enhance the complexity of these groups by enabling the development of activities that intensify interactions, and their use contributes to meaning and communication between the agents who are members of the groups.*

**Keywords:** design, interactions, prop artifacts, complexity.

## Introducción

El objetivo de este artículo es analizar cómo el diseño y las características de los artefactos de utilidad empleados en los Grupos de Recreación Histórica Experimental Lúdica (GRHEL) pueden actuar como catalizadores de dinámicas emergentes de complejidad social. A través de una revisión teórica y su aplicación al contexto de la recreación histórica, se pretende evidenciar cómo dichos objetos contribuyen a la cohesión y consolidación de estos grupos. Asimismo, se busca clasificar los artefactos de acuerdo con su nivel de fidelidad y compromiso en la representación histórica, con el fin de comprender su rol en la creación de redes adaptativas que fortalecen el tejido social y potencian las interacciones entre los miembros de los GRHEL.

Los GRHEL, definidos como sistemas complejos adaptativos (SCA), involucran la interacción de personas y objetos (Díaz, 1997), lo que da lugar a redes de relaciones adaptativas que evolucionan hacia actividades especializadas.

A continuación, se conceptualizan y describen características de los GRHEL:

- Son asociaciones o conjuntos de personas, e inclusive iniciativas individuales, que se reúnen para realizar una actividad propia de arqueología experimental<sup>1</sup>. Implica el uso de objetos propios de las épocas y, en algunos casos, se sustituyen materiales o procesos de fabricación por otros con tecnología moderna. Sin embargo, se reconstruye el mismo objeto, para emplearse en los fines históricos que se requieren.
- Realizan recreación histórica como parte de sus actividades principales. De acuerdo a Cózar (2013), es literalmente “volver a representar la historia” (p. 20). Es una actividad en la que un grupo de personas documentan e investigan sobre una realidad histórica determinada, reconstruyen o fabrican con un cierto grado de fidelidad la realidad que han documentado y, posteriormente, difunden o divulgan esa realidad mediante diversas actividades relativas a explicaciones, charlas, demostraciones o talleres.
- Sus actividades implican dinámicas lúdicas donde involucran al gran público para que puedan experimentar y vivenciar esa reconstrucción histórica, al construir objetos y usarlos. Conviven y adoptan un rol, activo o pasivo, al mismo tiempo que obtienen entretenimiento, esparcimiento y diversión.

Los GRHEL pueden enfocarse en diversas actividades y dinámicas. Pueden combinar, interpretar y difundir, como se ajuste mejor a sus necesidades e intereses particulares:

- La recreación de artes marciales tradicionales o históricas, también llamadas artes militares o artes castrenses, son prácticas y tradiciones cuyo objetivo es someter o defenderse mediante una técnica concreta (Poliakoff, 1987).
- La recreación de objetos y utensilios históricos, como armas, artesanías, vestimenta, mobiliario, arquitectura, etc.
- La recreación de situaciones y vivencias como tradiciones, estilo de vida, alimentación, sucesos históricos.
- La recreación de personajes históricos e inclusive fantásticos para representar un rol en una puesta en escena para disfrute público o privado.

<sup>1</sup> Es decir, como expone Mathieu (2002), “comprender las fases que emplearon los grupos humanos para realizar sus actividades; la recreación del uso y el modo de obtención de todo tipo de artefactos fabricados por el humano” (p. 40).



## Metodología

Para hacer este estudio, primeramente, se estableció una clasificación y análisis sobre los GRHEL. Para ello, se hizo una investigación documental y un análisis observacional que permitió realizar una comparativa sobre las características de los grupos, sus actividades y los artefactos que utilizan. Así, se pudo clasificarlos y establecer el rol de los artefactos.

Posteriormente, se estableció un marco hermenéutico para interpretar la información obtenida del punto anterior, para indagar a profundidad sobre la incidencia del diseño de los artefactos que utilizan en la construcción de la cohesión e identidad de la organización de los grupos. Esto se hizo mediante instrumentos que recaban, de los integrantes del grupo, los significados y percepción que tienen de los artefactos, así como lo que los motiva a interactuar con ellos y construirlos. Finalmente, se discuten los resultados y se establecen conclusiones.

## *Tipos de GRHEL y su Relación con los Artefactos:*

¿En qué dinámicas participan los objetos y artefactos de utilería en estos grupos y cuál es su rol? Para poder responder a esta pregunta, debemos considerar que existen diferentes niveles de compromiso en la recreación histórica en cuanto a la fidelidad o apego a la realidad; es decir, con qué exactitud se desea representar un hecho histórico. De esto dependerá el diseño, características y rol de los artefactos de utilería.

Se propone la siguiente clasificación, según el nivel de compromiso mencionado en la recreación histórica, con base en sus características específicas detectadas por el método de observación participativa. Así, se presentan ordenados de menor a mayor nivel de compromiso en la recreación histórica. Se examina cómo los artefactos de utilería, en función de su fidelidad al hecho histórico, pueden clasificarse según el nivel de compromiso en la recreación. Este nivel determina el diseño, uso y papel de los objetos en la recreación, lo que permitiría potenciar la complejidad de los GRHEL y fortalecer su tejido social. Esto puede observarse en las tablas 1, 2 y 3:

**Tabla 1**

*Clasificación de GRHEL, de acuerdo con su nivel de compromiso en la recreación histórica P.1.*

Tipo de GRHEL	Artefactos de utilería que se usa	Dinámicas que permiten y detonan estos artefactos	Características de los artefactos que permiten cumplir su rol
<p><i>Softcombat</i> (Ver ilustración 1) Larrea y Anàrion (2018).</p>	<p>Emplean simuladores para combate y recreación histórica que consisten de simples armas de utilería hechas de goma, con sus debidas medidas de seguridad. El equipo de protección puede ser un casco o careta de artes marciales estándar.</p>	<p>Simulación de combate en situaciones seguras y aptas para todo público. La consideran disciplina deportiva donde dos o más combatientes utilizan armas acolchadas (lo que simula armas blancas de distintas épocas) para enfrentarse entre sí, con mucha participación de público no especializado.</p>	<p>Se puede apreciar un nivel de detalle básico en los artefactos de utilería. El practicante no requiere vestimenta específica ni caracterización temática; los objetos solo cumplen con su función utilitaria.</p>
<p><i>Live Action Role-Playing</i> (LARP) (Ver ilustración 2) Waade y Kjetil (2007).</p>	<p>Usan armas de utilería que simulan ser de un material real y protección mínima en situaciones de bajo riesgo. Tienen vestimenta específica con caracterización temática, ya que representa un personaje inventado por sí mismo.</p>	<p>Representación de roles con personajes definidos, que parten de las dinámicas propias del softcombat, con énfasis en simular la realidad de los combates históricos como peso de armas, heridas, técnicas, lenguaje, armamento, personalidad y un toque de fantasía. Los participantes requieren cierta formación.</p>	<p>Más énfasis en la estética y rescate de rasgos culturales de la época o fantasía representada. Nivel de detalle intermedio en los artefactos de utilería. El equipo de protección, los simuladores para combate y recreación histórica siguen siendo armas de goma con sus debidas medidas de seguridad, pero fabricadas con materiales especializados, inclusive adquiridas en tiendas dedicadas a ello.</p>

**Tabla 2**

*Clasificación de GRHEL, de acuerdo con su nivel de compromiso en la recreación histórica P.2.*

Tipo de GRHEL	Artefactos de utilería que se usa	Dinámicas que permiten y detonan estos artefactos	Características de los artefactos que permiten cumplir su rol
<p>Recreación escénica en teatro, cinematografía, eventos temáticos y ferias (Ver ilustración 3) Wolf (2014).</p>	<p>Emplean equipamiento fiel a la época recreada (metal, vidrio, madera, etc.). Requiere vestimenta y protección específica y maneja caracterización temática.</p>	<p>Danza, combates, historias dramáticas, de comedia, misterio, y muchos géneros más, con representación de situaciones y pasajes históricos y fantásticos. En el caso del combate escénico, requiere de profesionales capacitados, altamente entrenados. Hay una limitada participación del público no entrenado.</p>	<p>Nivel de detalle avanzado en los artefactos de utilería. El equipo de protección consiste en cascos y armaduras que emplean materiales históricamente fieles como acero, hierro, y otros metales, polipropileno, madera, etc. Requieren mayor protección para el practicante, pues los objetos cumplen con su función utilitaria, estética, simbólica y se emplean para recrear con más fidelidad la cultura de una civilización. No siempre poseen fidelidad y rigor histórico.</p>
<p>Artes marciales tradicionales (Ver ilustración 4) Bowman et al. (2020).</p>	<p>El equipo de protección que emplean es estándar para las artes marciales, con variaciones específicas a la cultura y periodo histórico en que surgió el arte marcial. Los simuladores para combate y recreación histórica son armas de un material similar al histórico.</p>	<p>Estudio, entrenamiento, competencia y desarrollo de las escuelas y estilos de artes marciales que excluyen el empleo de armamento moderno (armas de fuego y otro tipo).</p>	<p>Un nivel de detalle avanzado en los artefactos de utilería. Los simuladores para combate y recreación histórica son adaptados al uso no letal, deportivo. Tiene un enfoque moderno del arte marcial (la competencia) con sus debidas medidas de seguridad. Se requiere vestimenta específica sin caracterización temática rigurosa. Los objetos cumplen con su función utilitaria, tienen cierta estética de época. El simbolismo tiene origen histórico, rediseñado para adaptarse a las necesidades modernas del arte marcial.</p>

**Tabla 3**

*Clasificación de GRHEL, de acuerdo con su nivel de compromiso en la recreación histórica P.3.*

Tipo de GRHEL	Artefactos de utilería que se usa	Dinámicas que permiten y detonan estos artefactos	Características de los artefactos que permiten cumplir su rol
Arqueología experimental (Ver ilustración 5) Mathieu (2002); Archer (1961).	Se maneja un equipo de protección fiel al de la época histórica y el contexto cultural que se reconstruye y experimenta. Se puede reconstruir cualquier actividad vital (no necesariamente relacionada al combate). Se requiere vestimenta específica.	Estudio, métodos de fabricación de herramientas y utensilios de determinada época. Procedencia y manejo de materiales para conseguirlo. Usos y costumbres en torno a esos objetos. Tradiciones y modos de vida de los grupos humanos que le dieron nacimiento.	Nivel de detalle fidedigno y realista en los artefactos de utilería. Caracterización con los materiales y estilos típicos de la época representada. Los objetos cumplen con su función utilitaria, estética, simbólica, histórica y cultural.

**Figura 1**

*GRHEL modalidad softcombat, club Oblivion Knights*



*Nota. Oblivion Knights Softcombat Monterrey, 2023.*



**Figura 2***GRHEL modalidad LARP, club Aries Ferrus**Nota. Aries Ferrus Combat Medieval, 2022.***Figura 3***GRHEL modalidad recreación escénica, club Aries Ferrus**Nota. Aries Ferrus Combat Medieval, 2023.*

**Figura 4**

GRHEL modalidad artes marciales tradicionales. Academia Kalla Esgrima antigua



LA ESGRIMA ANTIGUA ES EL ARTE DE LA ESPADA, EL CAMINO QUE TODO CABALLERO SIGUE PARA DOMINAR LA MENTE Y EL ACERO, ACTUALMENTE ESTE DEPORTE SE CONOCE COMO HEMA Y EN TLAXCALA LO PRACTICAMOS.

MUSEO REGIONAL - EX CONVENTO  
SÁBADOS 9:30 AM

PARQUE DE LA JUVENTUD  
DOMINGOS 11:00 AM

CONTACTO: 2225 -30 00 00



Nota. Kalla, 2023.

**Figura 5**

GRHEL modalidad arqueología experimental. Ceramic experiments in the summer of 2006 at Tall Zira'a - Excavation of the BAI Wuppertal and DEI Jerusalem+Amman



Nota. De Vieweger, 2010.

Como se puede apreciar en las tablas 1, 2 y 3, y sus correspondientes ilustraciones 1, 2, 3, 4 y 5, se destaca cómo el tipo de artefactos de utilería utilizado y las dinámicas que estos propician determinan su rol y el grado de fidelidad histórica alcanzado. Los niveles de compromiso varían desde simulaciones de combate accesibles al público en general, como en el *softcombat*, hasta la recreación meticulosa en la arqueología experimental, donde se procura la máxima fidelidad histórica y cultural. En el *softcombat*, se emplean armas acolchadas de baja fidelidad estética y funcionalidad limitada, destinadas a un entorno de entretenimiento seguro, sin necesidad de una caracterización histórica detallada. En contraste, en la arqueología experimental, los artefactos se elaboran con materiales y técnicas fieles a la época, lo que permite la reconstrucción de actividades vitales y culturales para estudiar y comprender modos de vida antiguos.

A continuación, se caracterizan a los grupos como sistemas complejos, donde se considera a los integrantes y sus artefactos como los agentes interactuantes que los conforman. Esto se hace con el fin de explicar, bajo este marco, el potencial y la incidencia de los artefactos en las dinámicas de los grupos.

### ***Los GRHEL Caracterizados como Sistemas Complejos Adaptativos***

Este trabajo contempla, como marco hermenéutico, los conceptos de los sistemas complejos adaptativos (SCA), pues sus cualidades y características pueden ofrecer estrategias útiles para fomentar que los grupos de recreación histórica experimental lúdicos (GRHEL) realicen dinámicas necesarias para que prosperen y se consoliden con el tiempo de manera exitosa, desde la perspectiva sistémica.

La complejidad en un sistema alude a la interconexión y relación entre los agentes que lo componen. Gracias a estas relaciones y redes de interacción, los sistemas pueden producir procesos que les permiten autorregularse, evolucionar, adaptarse, ser resilientes y robustos. Una colonia

de insectos, un organismo vivo o un sistema social pueden considerarse un sistema complejo adaptativo; una ciudad es un ejemplo de SCA, ya que se distingue como una gran entidad, hecha de muchos agentes que la hacen un sistema dinámico y vivo. En este mismo sentido, en escalas menos extensas, se explora a continuación cómo un GREHL podría poseer características similares. Cabe destacar que un GRHEL puede homologarse a un sistema adaptativo complejo, debido a sus propiedades emergentes. Consisten en una multiplicidad de agentes que interactúan y conforman una entidad mayor, como cualquier sociosistema o comunidad, independientemente de su tipo de actividad. Por ejemplo, es indistinto si la actividad por la que se organizan como sistema es jugar baloncesto, educar, producir o, como en este caso, hacer recreaciones históricas mediante objetos de utilería.

Con respecto a las sociedades, Sosa (2022) expone que funcionan como sistemas, denominados sociosistemas, y “exhiben las propiedades de los sistemas complejos adaptativos (SCA)” (p. 54), en los cuales existen dispositivos y artefactos, agentes producidos por los humanos; en este caso, se hace referencia a la utilería que manejan los GRHEL. Estos se consideran parte del sociosistema, junto con las personas y el hábitat o medio donde interactúan.

Como explica Sosa (2022, p. 1): “Las sociedades, en conjunto con su ambiente natural y construido, pueden entenderse como una gran entidad en la cual sus elementos (sujetos, elementos naturales, objetos, edificios, artefactos, símbolos) interactúan y producen procesos que hacen que dicha entidad permanezca y evolucione”. Sin estos elementos, no sería posible que lleven a cabo sus actividades; además, mientras más desarrollados y especializados sean esos los elementos, más fácilmente podrán intensificar sus interacciones y generar mejores procesos para crecer y consolidarse.

En los sistemas complejos, como expone Castro (2014), los procesos de intercambio de información son sumamente importantes, ya que dan pauta a la actividad del sistema. Esta información



debe ser inteligible y útil para los agentes. Los componentes de los sistemas complejos a nivel local intercambian información con los componentes vecinos (interacciones); cada decisión va configurando la dinámica del sistema y van emergiendo modos de organización bien estructurados y organizados. Asimismo pasa en cualquier tipo de sistema complejo que crece orgánicamente, los elementos o agentes van facilitando o guiando cómo se desarrollan los sistemas. Para hacer una analogía de cómo los artefactos pueden potencializar interacciones, es necesario distinguir qué o quiénes serían los agentes de un GRHEL.

En esta investigación, se considerará como agentes del sistema (GRHEL) a cuatro elementos básicos. Con ellos, se pueden desarrollar sus funciones de interacción y producción de procesos en relación con la recreación y reconstrucción histórica. Estos elementos son:

1. Integrantes humanos: Las personas con capacidad de raciocinio y decisión propia, que se agrupan en torno a un objetivo común, que es representar un concepto por medio de dinámicas lúdicas recreativas y reconstructivas de situaciones históricas o fantásticas de común acuerdo.
2. Artefactos simuladores para combate y recreación histórica: Los objetos sencillos o detallados, que representan las herramientas utilitarias de una época o concepto fantástico específico, para realizar sus actividades lúdicas recreativas y reconstructivas de situaciones históricas o fantásticas, de común acuerdo.
3. Entorno de acción: El espacio físico o inclusive virtual (si es LARP, por medio de medios digitales como video llamadas, chats grupales, foros en la web, etc.), donde los integrantes humanos se reúnen en torno a una actividad lúdica recreativa y reconstructiva de situaciones históricas o fantásticas de común acuerdo. Esa reconstrucción la llevarán a cabo por medio del artefacto utilería. El entorno puede variar, ser fijo o efímero,

estructurado o improvisado, de propiedad del GRHEL o prestado por un externo, etc.

4. Prácticas de recreación y reconstrucción histórica o fantástica. Al tener congregados a los integrantes humanos, que poseen sus artefactos de utilería especializados y se encuentran en el entorno de acción definido, se requieren dinámicas lúdicas en torno a narrativas definidas donde los integrantes humanos participen de manera activa. Ellos desempeñan sus roles, al ejecutar las actividades de recreación y reconstrucción de situaciones históricas o fantásticas.

En conjunto, estos componentes básicos son los que brindan caracterización y definición a un GRHEL como un Sistema complejo. Si falta alguno de ellos, el grupo estaría incapacitado para realizar sus actividades de recreación y reconstrucción de situaciones históricas o fantásticas.

La manera en que los GRHEL, entendidos como sistema complejo, exhiben los mecanismos de interacción, retroalimentación, autorregulación, auto-organización y memoria depende, en gran medida, de los artefactos simuladores para recreación histórica y de combate, modo de vida, vestimenta, estética de época, etc. Como se observó en los puntos anteriores, la falta de artefactos con ciertas características impedirían las interacciones efectivas que deben darse para llevar a cabo las dinámicas de los GRHEL.

A continuación, se describirán los mecanismos antes mencionados en los GRHEL con mayor profundidad. Se hará énfasis en los procesos en donde se involucran artefactos de utilería para explicar por qué éstos potencian la complejidad de los grupos. Las descripciones se basan en autores que explican procesos y mecanismos de los sistemas complejos: Melanie (2009), Bar-Yam (1997), Strogatz (1994), Camazine (2003), Holland (1992), Thurner *et al.* (2018):

**Interacciones (Melanie, 2009).** En los GRHEL, las interacciones que se dan entre sus componentes o agentes (mediante los combates, actividades de recreación histórica) pueden ser muy



detalladas, al reconstruir aspectos tradicionales y culturales de la época y civilización que se está recreando; o muy sencillas, simplemente al simular dinámicas generales sin mucho rigor y fidelidad histórica o fantástica. De ello dependerá si solo poseen un nivel de compromiso tipo *softcombat* o LARP, o llegan a una recreación escénica, arqueología experimental e inclusive artes marciales tradicionales. Puede ser que un GRHEL nazca desde el nivel de compromiso más bajo (*softcombat*) pero, poco a poco, a medida que los utensilios se van afinando, detallando y especializando, se van modificando las interacciones entre sus integrantes humanos y artefactos simuladores para combate y recreación histórica. Esto da pie, inclusive, a intervenciones en el entorno de acción que involucran escenografías y utilería que remiten a mayor robustez y crecimiento del grupo.

Una de las cualidades que deberían tener los GRHEL para generar interacciones que potencialicen complejidad es contar con redes de comunicación abiertas y libres entre los integrantes humanos. Sin embargo, los artefactos simuladores adecuados para el combate y recreación histórica también permiten interacciones exitosas durante las prácticas de recreación y reconstrucción histórica o fantástica, ya que proporcionan una experiencia agradable, en un entorno de acción cómodo y apto para las necesidades del GRHEL. Todo ello debe redundar en una experiencia de usuario satisfactoria que anime a los integrantes humanos a permanecer en el GRHEL. Inclusive, debe invitar a nuevos integrantes a unirse. Esto, desde el punto de vista de los sistemas, alude a la cooperación entre agentes para aumentar la complejidad. También hace referencia al concepto de confianza para que se pueda dar la interacción.

**Emergencia (Bar-Yam, 1997).** Los sistemas complejos, en su conjunto, poseen muy diferentes e inesperadas propiedades, en comparación a sus componentes individuales. En sistemas simples, las propiedades del conjunto pueden entenderse o predecirse a partir de la suma o agregación de sus componentes. Aún a pesar del conocimiento

de sus componentes, las propiedades del conjunto de los sistemas complejos no pueden entenderse ni predecirse, debido al fenómeno de "emergencia". La interacción entre los componentes de un sistema involucra diversos mecanismos, pues generan información nueva y exhiben tanto comportamientos colectivos no triviales como estructuras a escalas más grandes. El todo es más que la suma de sus partes.

En el caso de los GRHEL, la emergencia se va suscitando conforme los integrantes humanos interactúan entre sí, por medio de los artefactos. Ellos crean nuevas dinámicas para las prácticas de recreación y reconstrucción histórica o fantástica, al colaborar y aportar, con su creatividad e iniciativa, nuevas formas de interacción. Inclusive modifican e integran nuevos artefactos simuladores para combate y recreación histórica. Se organizan de una manera específica, o adaptan y cambian el entorno de acción, para realizar más y mejores prácticas.

Esta emergencia se da debido a los intereses propios de los integrantes humanos, ya sea por su especialización técnica (conocimientos específicos sobre un tema, arte o disciplina), o sus ánimos de aprender algo nuevo o desarrollar habilidades poco exploradas. En este caso, que la emergencia prospere a una macro de conducta que permee el GRHEL en general y cambie su caracterización y enfoque, dependerá de la libertad que tengan los integrantes humanos y los canales y redes de distribución y comunicación que se les proporcione dentro del grupo, para que puedan llevarlo a cabo. En el caso de los artefactos de utilería, esto tiene relación con sus posibilidades de acción; así como lo que éstos objetos permitan hacer, además de sus cualidades de evolución o adaptabilidad. En otras palabras, toda iniciativa de cambio dentro del GRHEL surtirá efecto si los demás integrantes humanos adoptan dicha conducta o innovación y la replican en su propio comportamiento. En un GRHEL con individuos motivados a aprender y colaborar de manera positiva, con fuertes redes de interacción entre sus integrantes humanos, es más probable que surjan situaciones de emergencia que fortalezcan al sistema y lo hagan más complejo y robusto.

El diseño de mejores y más aptos artefactos simuladores para combate y recreación histórica y los entornos de acción para el disfrute y aprovechamiento de los integrantes humanos en el GRHEL puede redundar en facilitar la emergencia de interacciones significativas que generen micro conductas positivas para el sociosistema.

**Dinámicas (Strogatz, 1994).** A menudo exhiben algún tipo de comportamiento impredecible a largo plazo. Los SCA tienden a cambiar dinámicamente sus estados. Se puede describir un estado en términos de conjuntos de variables que caracterizan dicho SCA de la mejor manera. Sus variables van cambiando habitualmente según su entorno, a medida que el SCA también cambia. Los SCA suelen ser no lineales porque cambian a diferentes velocidades según sus estados y su entorno. Además, sus cambios no son directamente proporcionales al tiempo, al estado actual del sistema o a cambios en el entorno.

En los GRHEL, debido a sus interacciones fuertes entre sus integrantes humanos, emergen micro conductas, que, si se les permite permear el resto de la red de interacciones de integrantes humanos, puede evolucionar en nuevas dinámicas que cambian sus estados de manera impredecible, pero igualmente, conducida. Esto se debe a que, aunque sucedan en apariencia caóticamente, conforme se suscitan, se puede predecir el efecto que tendrá y así, se puede decidir si fomentarlo para que evolucione a macro conductas o reencaminarlo para que afecte de una manera diferente al sistema.

Por ejemplo, si un conjunto de integrantes del grupo tiene la iniciativa de crear un código de conducta reflejada en los artefactos y utilería que se usa para fomentar una convivencia más sana, ellos comienzan a replicar el código y el cambio se ve reflejado en un ambiente social más agradable y confortable para todos. La adaptación será consecuencia natural de permitir que el resto de los elementos en la cadena de complejidad fluyan con naturalidad e influencien de manera positiva al sistema del GRHEL.

De acuerdo a las definiciones anteriores, es posible afirmar que la creación de comunidad, identidad y sentido de pertenencia es una dinámica que debe estar presente para dar cohesión a estos grupos. Además, los objetos, artefactos, vestimenta y utilería que se utilizan deben permitir, delimitar, detonar y ayudar a dichas dinámicas. Por ello, pueden potenciar la complejidad de los grupos y, por ende, su capacidad de consolidarse y crecer.

En el contexto de un GRHEL, los artefactos de utilería –como simuladores de combate, armaduras, vestimenta y otros accesorios– cumplen un papel fundamental en la creación de interacciones. Al actuar como nodos de comunicación simbólica y puntos de convergencia para la identidad y el propósito grupal, estos artefactos permiten que los miembros del grupo se identifiquen y adapten a una *realidad compartida*. Las características de los artefactos (realismo, ergonomía, durabilidad, estética, etc.) fomentan que cada individuo desarrolle habilidades específicas, contribuya con conocimiento y se alinee con el objetivo común de recrear de manera fidedigna o lúdica una época o cultura.

Estas interacciones fomentadas por los artefactos de utilería generan propiedades emergentes, tales como el fortalecimiento de la cohesión social, la transmisión de conocimientos, y la adaptación del grupo a nuevas dinámicas. Por ejemplo, el interés colectivo en aprender técnicas de forja para fabricar sus propios simuladores no solo es evidencia del deseo de autogestión y personalización, sino que representa un proceso de adaptación y evolución en el que el grupo integra conocimientos técnicos, fortalece su identidad cultural y, al mismo tiempo, se diversifica al incluir habilidades que aumentan su autodependencia. A medida que el grupo enfrenta nuevas necesidades o retos, los miembros modifican sus prácticas y crean nuevos significados, lo cual es una muestra de adaptación a condiciones internas y externas. Esta es una característica esencial de un sistema adaptativo.

### *Interacciones a partir del Diseño de Utilería*

En los GRHEL, la creación y uso de artefactos especializados no sólo facilitan las actividades de difusión y entrenamiento, sino que también detonan comportamientos emergentes y consolidan la cohesión del grupo. Los artefactos no son elementos accesorios, sino que definen la naturaleza y profundidad de actividades y el grado de compromiso que los participantes pueden alcanzar. En los sistemas complejos, como lo son los GRHEL, el flujo de información es esencial, y cada artefacto actúa como un canal o modulador de estas interacciones. La configuración de estos objetos –en términos de simbología, materiales, usabilidad, peso, detalle, protección, e identidad– impacta directamente en la interpretación y respuesta de los participantes, lo que genera un contexto de significados compartidos y decisiones colectivas que potencia la cohesión y el desarrollo de comportamientos grupales.

La presencia de un artefacto bien diseñado permite la inmersión en roles e incide en la experiencia grupal, lo que desencadena interacciones que no surgirían de otra manera y estimula la formación de una red adaptativa de relaciones. En cambio, la ausencia o deficiencia de estos objetos imposibilita la manifestación de ciertas dinámicas, lo que limita la capacidad de los GRHEL para recrear experiencias significativas y para fomentar un aprendizaje colectivo auténtico. Así, los artefactos en los GRHEL no solo cumplen con funciones prácticas o estéticas, sino que son catalizadores para la emergencia de comportamientos grupales, al actuar como agentes vitales en la consolidación de la identidad y cultura de estos grupos.

Esos elementos, que llamamos artefactos desde la perspectiva de un GRHEL, pueden consistir de:

- Armas de utilería, como espadas, escudos, lanzas, hachas, mazos, cuchillos, arcos, ballestas, catapultas, armas de fuego, y toda clase de armas exóticas atípicas. Su cualidad es que no son letales, no tienen filo, no emplean pólvora ni tienen la capacidad de lesionar o causar daño contundente, cortante,

pirotécnico o similar a otros seres o propiedad material. Se usan para simular situaciones de combate que recrean y reconstruyen hechos históricos o fantásticos deportiva y/o lúdicamente. Los distinguen de otros GRHEL si son fabricados por los mismos integrantes. Cada uno sigue técnicas similares pero con determinadas variaciones, de acuerdo a su contexto e idiosincrasia de fabricación. Se realizan con materiales de reciclaje si son caseros, o industriales especializados, si son adquiridos por fabricantes certificados.

- Armaduras y vestimenta variada, cascos, guanteletes, protecciones para piernas y brazos, petos, hombreras, etc. Estos siguen una temática y estética de época, cultura, deportiva o fantasía definida por el GRHEL. Los distinguen de otros grupos por sus colores, logotipos, estilos únicos que portan de manera uniforme o no. Se realizan con materiales de reciclaje si son caseros, o industriales especializados, si son adquiridos por fabricantes certificados.

- Accesorios y complementos de utilería. Pueden ser mobiliario, utensilios tradicionales, peluches, botargas, titeres, instalaciones, escenografía, etc., que puedan ser empleados por los GRHEL para ambientar sus representaciones, facilitar sus actividades, crear dinámicas, narrar historias, caracterizar sus personajes, etc. Tienen una temática y estética de época, cultura, deportiva o fantasía definida por el grupo. Se realizan con materiales de reciclaje si son caseros, o industriales especializados, si son adquiridos por fabricantes certificados.

Los artefactos simuladores para combate y recreación histórica tienen gran relevancia como agentes de los sistemas, al ser considerados parte de la red de interacciones humanas. Como expone Latour (2008), además de ser transmisores de mensajes, también autorizan, permiten, brindan los recursos, alientan, sugieren, influyen, bloquean o permiten estas interacciones distintas; en este caso, todo ocurre dentro del sociosistema GRHEL.

Las interacciones se dan entre los integrantes que participan de sus actividades de recreación y reconstrucción histórica lúdica, y con los artefactos simuladores para combate y recreación histórica que facilitan la realización de dichas actividades. Asimismo, los artefactos interactúan con otros, en el sentido de que son compatibles, entran en contacto o tienen congruencia de estilos y formas. Además, un conjunto de ellos puede dar otro sentido a la representación o escenificación.

**Significados y Rol de los Artefactos Simuladores para las Personas Integrantes de los GRHEL**

Para profundizar en el tipo de significados y el rol de los artefactos simuladores en los GRHEL,

y su capacidad de detonar dinámicas, en febrero de 2024 se realizó una recolección de comentarios y puntos de vista mediante una encuesta y preguntas abiertas a algunos practicantes de GRHEL modalidad *softcombat* que participaron de un curso de creación de artefactos simuladores para combate y recreación histórica. Esto, en la terminología de los GRHEL, se denomina forja de *simuladores*. Este curso se llevó a cabo en la Ciudad de Monterrey, Nuevo León, México.

A continuación, se presentan las tablas 4, 5 y 6, con la operacionalización de ítems para el cuestionario aplicado:

**Tabla 4**

*Operacionalización de ítems para cuestionario sobre intenciones/motivaciones de practicantes al aprender sobre forja de utilería P. 1.*

Preguntas sobre datos sociodemográficos: Nombre o apodo del practicante, edad, pertenece a un GRHEL (Si/ No), nombre del GRHEL si pertenece, rol dentro del GRHEL si pertenece (líder, peleador, competidor, forjador, diseñador, <i>community manager</i> , otro).		
Crterios	Ítems	Escala Likert/ opciones respuesta
Intereses personales	Al tomar este curso, ¿tienes curiosidad por?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iniciar tu propio grupo de <i>softcombat</i>.</li> <li>• Saber sobre liderazgo para colaborar en el crecimiento del grupo al que perteneces actualmente</li> <li>• Conocer cómo forjar armas</li> <li>• Saber cómo fomentar un entorno sano de convivencia en tu grupo</li> <li>• Aprender cómo mejorar la integración social de tu grupo</li> <li>• Otro (especificar)</li> </ul>
	Si escogiste otro en la pregunta anterior, ¿cuál es?	
	Con respecto al curso de forja ¿Te gustaría?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iniciar tu propio negocio de forja de armas</li> </ul>
	Si escogiste otro en la pregunta anterior, ¿cuál es?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apoyar en la reparación de armas dañadas</li> <li>• Hacer armas para tu uso personal</li> <li>• Aprender técnicas para crear utilería de diferentes usos</li> <li>• Otro (especificar)</li> </ul>

**Tabla 5**

*Operacionalización de ítems para cuestionario sobre cómo el practicante percibe el efecto que tienen los artefactos de utilería en el crecimiento y perpetuación en el tiempo de su GRHEL (específicamente enfocado a los de softcombat y LARP, en este caso) P.2.*

Criterios	Ítems	Escala Likert/ opciones respuesta
Percepción del efecto del artefacto de utilería sobre el éxito de un GRHEL	<p>¿Cómo consideras que los siguientes factores afectan el éxito de un grupo de softcombat/ LARP?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contar con simuladores para combate y recreación histórica adecuados</li> <li>• Contar con una convivencia social saludable</li> <li>• Aprender técnicas efectivas de combate</li> <li>• Contar con objetivos competitivos motivantes</li> <li>• Participar en eventos y convenciones</li> <li>• Realizar viajes para competir en torneos y eventos</li> <li>• Participar en reuniones y fiestas sociales</li> <li>• Conocer y formar nuevos amigos en el combate</li> <li>• Tener combates emocionantes y ser cada vez mejor</li> <li>• Un líder fuerte y capaz que escucha a los demás</li> <li>• Poder crecer como persona en valores, habilidades físicas y capacidades creativas</li> <li>• Una comunicación efectiva y constante entre los integrantes del grupo</li> </ul> <p>Según tu percepción, ¿cómo consideras que se forma un grupo de softcombat/ LARP exitoso? (popular, con muchos miembros, que perdure muchos años, que crezca constantemente, etc.). Descríbelo</p>	mucho suficiente neutral poco nada

**Tabla 6**

Operacionalización de ítems para cuestionar cómo el practicante percibe la importancia de las características de los artefactos de utilería sobre su utilidad para desempeñar sus funciones P.3.

Componentes	Ítems	Escala Likert/ opciones respuesta
Percepción de las características del artefacto de utilería sobre su utilidad	<p>¿Cómo consideras que las siguientes características afectan la utilidad de un simulador para combate (arma, armadura, accesorio de softcombat)?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensiones (realistas)</li> <li>• Colores y formas (realistas)</li> <li>• Que sea manejable (adecuado para mis manos)</li> <li>• Que se perciba como imponente (amenazador)</li> <li>• Que combine con mi estilo (vestuario y personalidad)</li> <li>• Colores y formas (fantasiosos)</li> <li>• Que sea resistente</li> <li>• Que funcione bien</li> <li>• Que sea segura</li> <li>• Que sea ligera</li> <li>• Dimensiones (fantasiosas)</li> <li>• Que esté hecho con materiales ecológicos (reciclaje)</li> <li>• Que esté hecho de manera industrial (comprado en tienda)</li> </ul> <p>Según tu percepción, ¿cómo consideras que debe ser un simulador para combate de <i>softcombat</i>/ LARP útil y que cumpla tus expectativas? (forma, función, materiales, estética, etc.). Descríbelo</p> <p>¿De qué manera consideras que los simuladores para el combate y recreación histórica (armas, armaduras, accesorios, etc.) ayudan a que el <i>softcombat</i>/ LARP sea posible? (explica)</p>	mucho suficiente neutral poco nada

## Resultados

De este cuestionario, se toman solamente los ítems directamente relacionados con la temática de esta investigación. Los resultados son parcialmente aplicables a los GRHEL, pues la muestra solo se tomó de los GRHEL tipo *softcombat*.

Se logró la participación de 80 combatientes, de los cuales se obtuvieron sus narrativas y se reveló que un 100% está interesado en forjar simuladores para su uso personal, un 62.5% quiere ser

capaz de colaborar con la reparación de simuladores para combate dañados, y un 25% tiene interés en iniciar su propio negocio de forja de simuladores para combate y recreación histórica.

Se puede apreciar que el interés por aprender sobre forja de simuladores es diverso y consistente entre los integrantes de GRHEL. Este interés y participación en el curso de forja es, en sí mismo, una evidencia del poder de los objetos en estos grupos. El simple deseo de creación reúne y organiza a los miembros; queda de manifiesto que la cultura *maker* potencia estas comunidades.

Por otro lado, en la opinión de los encuestados, se encontró que las características que deben poseer estos simuladores son que imiten dimensiones realistas (75%), y formas y colores realistas también (50%); que sean ergonómicos y adecuados para su usuario (75%); y a la vez, que se perciban como imponentes por los demás (50%). Un 37% considera suficientemente importante que combinen con su estilo personal, lo que da relevancia a que sean capaces de crear sus propios simuladores para combate y recreación histórica.

Un absoluto 100% defiende que deben ser resistentes, aptos para un maltrato constante y no solamente decorativos. En esa misma proporción, deben ser seguros de usarse, sin que ocasione alguna lesión al usuario o al rival. Además, deben funcionar bien para lo que fueron diseñados (87%).

Con todas estas características, debe seguir siendo ligera (50%), utilizar materiales reciclables o de fácil obtención (37%), en comparación a un 25% que le gustaría que fueran comprados de tiendas especializadas. Estéticos, personalizables, aptos para su labor y seguros de utilizar son parte del consenso de cómo debería ser un simulador para combate adecuado.

Las respuestas sobre las características reflejan la concepción de los artefactos como identificadores y transmisores de mensajes, significados e información para el sistema del grupo. Las características sobre seguridad que se consideran importantes van encaminadas al fomento de cooperación y confianza entre los integrantes. Asimismo, las características de usabilidad permitirían el performance que se requiere para consolidar la esencia de los grupos, lo cual potencializa la complejidad de estos, al permitir condiciones de permanencia y adhesión de miembros para poder hacer sus actividades de manera efectiva y eficiente.

Ahora bien, ya que observamos el rol de los artefactos simuladores para combate, surge la pregunta: ¿Cómo se debe diseñar a los artefactos simuladores para combate y recreación histórica para que cumplan con su rol de detonadores de dinámicas para incrementar la complejidad de un grupo de forma satisfactoria?

Según lo observado con las personas en las comunidades de GRHEL, principalmente las que poseen un menor compromiso con la reconstrucción histórica como el *softcombat* y el LARP, es común que los practicantes aprendan diferentes técnicas de creación de simuladores para combate y recreación histórica con materiales caseros y asequibles, que no requieran herramientas especializadas ni procesos industriales para su producción.

Existen diversos tutoriales en línea, con diversos enfoques, realizados en múltiples países, donde estas prácticas se llevan a cabo. Cada una de ellas tiene ventajas y desventajas, de acuerdo a su contexto específico. Sin embargo, se ha observado que no basta considerar sólo ergonomía o costo, sino también características de performance que ayuden a las interacciones, auto-organización, adaptación y dinámicas que consoliden a los grupos. Se debe denotar confianza para la interacción, poseer características identitarias, que ofrezcan experiencia de usuario satisfactorias que posibiliten detonar mayor participación, intercambiar información y cooperar.

Sin embargo, la definición de estas características y la construcción de una propuesta de rediseño de los artefactos de utilería para que cumplan con ellas, se puede abordar más a detalle en futuras investigaciones.



## Discusión

Con base en la revisión y observaciones realizadas en este estudio, se puede sostener que los artefactos de utilería en los grupos lúdicos culturales, en particular los grupos de recreación histórica experimental lúdica (GRHEL), juegan un rol de potenciadores de interacción. Esto permite cohesión y desarrollo de dichos grupos. Las características de diseño de estos artefactos determinan, en una medida relevante, las dinámicas dentro de los grupos, por lo que es indispensable considerar no sólo las funciones prácticas, sino las funciones sistémicas. Ahí, deben contemplarse cuestiones de compatibilidad entre artefactos, características para que el performance de los artefactos fomente la confianza, el intercambio, la cooperación y las interacciones. Por ejemplo, podría hablarse de rasgos de identidad con otros miembros del grupo y permitir combates fluidos y seguros.

Se buscan características que permitan versatilidad para realizar distintas actividades, que permitan la expresión de quienes las forjan, en balance con la representación histórica. En un momento dado, incluso deben permitir el intercambio de artefactos de manera segura; también debe haber posibilidades de una producción o forja que facilite la interacción entre miembros de la comunidad.

Un aspecto importante que se evidencia con esto es que los artefactos y simuladores para el combate y recreación histórica deben diseñarse más allá de la finalidad de producir al objeto. Se necesita una serie de estrategias que los involucren, para que potencialicen la complejidad necesaria para que los grupos crezcan y evolucionen. Es decir, hay que construir una plataforma diseñada para que se pueda, por ejemplo, exhibirlos, compararlos, hablar de ellos, intercambiarlos, probarlos, diseñarlos etc. Esto se hace con el fin de que funjan como atractores de diversas actividades que intensifiquen las interacciones entre los participantes y den cohesión a la comunidad de los GRHEL. Así, a partir de esta identidad y sentido de pertenencia, se generan prácticas que los consoliden y hagan crecer.

En conclusión, los artefactos de utilería en los Grupos de Recreación Histórica Experimental Lúdica (GRHEL) actúan como verdaderos potenciadores de la complejidad, lo que promueve no solo la cohesión y el sentido de pertenencia entre los miembros, sino también la autoexpresión y el desarrollo de habilidades prácticas como la forja y el diseño. La diversidad de expectativas y preferencias expresadas por los participantes en relación con los simuladores –desde la ergonomía y seguridad hasta el realismo estético y la durabilidad– revela cómo estos objetos, más allá de su funcionalidad, se convierten en ejes de interacción social, de aprendizaje y de construcción de identidad grupal.

El fuerte interés en participar en el diseño y producción de estos simuladores confirma la capacidad de los artefactos para reunir y organizar a los integrantes en torno a un objetivo común. Así, la cultura maker, dentro de los GRHEL, no solo fortalece a la comunidad, sino que permite que estos grupos evolucionen como sistemas complejos adaptativos, en los que los objetos no son solo herramientas de recreación, sino agentes activos que catalizan dinámicas emergentes y consolidan la identidad cultural del grupo.

Se recomienda que este estudio se amplíe con recomendaciones e instructivos detallados de cómo diseñar y crear artefactos de utilería para los grupos lúdicos culturales que les ayuden a desarrollar sus actividades de manera óptima, segura y eficiente.

**Declaración de conflicto de intereses:** Los autores declaran no tener conflictos de interés.

**Declaración de contribución de los autores y agradecimientos:** A continuación, se menciona la contribución de cada autor, en correspondencia con su participación, utilizando la Taxonomía Crédit:

- María Martha Margarita Silva González: Administración del proyecto, Curaduría de datos, Investigación, Recursos, Redacción-borrador original, Software, Visualización.

- Liliana Beatriz Sosa Compeán: Adquisición de fondos, Análisis formal, Conceptualización, Metodología, Redacción-revisión y edición, Supervisión, Validación.

Los autores agradecen este producto de investigación al CONAHCYT, al formar parte de un proyecto de posdoctorado aprobado por esta Institución. Reconocen el apoyo brindado en los aspectos relativos al softcombat, al grupo Oblivion Knights, por su participación en la recabación y recolección de información relativa a los simuladores para combate y recreación histórica. Así mismo, expresan su agradecimiento a los grupos que proporcionaron las imágenes ilustrativas, Aries Ferrus Combat Medieval y Kalla MX Esgrima Antigua.

**Declaración de aprobación del Comité de Ética:** Los autores declaran que la investigación fue aprobada por el Comité de Ética de la institución responsable.

## Referencias

- Bar-Yam, Y. (1997). *Dynamics of Complex Systems*. Addison-Wesley.
- Bowman, P., Friday, K., Gatling, L., Henning, S. y Kennedy, B. (2020). *Martial Arts of the World*. Bloomsbury Publishing.
- Camazine, S. (2003). *Self-Organization in Biological Systems*. Princeton University Press.
- Castro, H. U. (2014). De ecosistema a socioecosistema diseñado como territorio del capital agroindustrial y del Estado-nación moderno en el valle geográfico del río Cauca, Colombia. *Revista colombiana de sociología*, 37(2), 121-157.
- Cózar, G. (2013). La recreación histórica en España. Definición, caracterización y perspectivas de aplicación. *Glyphos: revista de arqueología*, (2), 6-28.
- Díaz, C. (1997). *Recuperando la Historia e Identidad Local. Criterios conceptuales y metodológicos*. Centro de estudios y publicaciones Alforja.
- Holland, J. (1992). *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. MIT press.
- Latour, B. (2008). *Reensamblar lo social: una introducción a la teoría del actor red*. Ediciones Manantial.
- Mathieu, J. (2002). *Experimental archaeology, replicating past objects, behaviors and processes*. BAR International Series.
- Melanie, M. (2009). *Complexity: A Guided Tour*. Oxford University Press.
- Poliakoff (1987). *Combat Sports in the Ancient World*. Yale University Press.
- Sosa, L. (2022). *Los artefactos como estrategia para catalizar y potencializar la complejidad en sociosistemas. Tejiendo diálogos. Reflexiones contemporáneas sobre la expresión y el sentido*. Casa Editorial Analéctica.
- Strogatz, S. (1994). *Nonlinear Dynamics and Chaos*. CRC Press.
- Thurner, S., Hanel, R. y Klimek, P. (2018). *Introduction to the Theory of Complex Systems*. Oxford University Press.
- Torres, A. (2016). La recuperación colectiva de la historia y memoria como práctica educativa popular. *Decisio*, 43, 16-22.
- Waade, A. M., y Sandvik, K. (2007). "I play roles, therefore I am": Placing LARP in a broader cultural perspective. En M. Gade (Ed.), *Knudepunkt 2007* (pp. 250-256). L.udgave.
- Wolf, C. (2014). *The Stage Combat Handbook*. Lulu.

## El Planteamiento Estructural Como Determinante Arquitectónico: La Nueva Galería Nacional De Berlín De Ludwig Mies Van Der Rohe

*The Structural Approach As An Architectural Determinant: The New National Gallery Of Berlin By Ludwig Mies Van Der Rohe*



Luis Enrique Barrera Peñafiel  
Universidad del Azuay, Ecuador

barrerap@uazuay.edu.ec  
ORCID: 0000-0001-9217-8479

Jaime Augusto Guerra Galán  
Universidad de Cuenca, Ecuador

jaime.guerra@ucuenca.edu.ec  
ORCID: 0000-0001-9035-8249

Recibido: 09/09/2024  
Aceptado: 14/11/2024

### Resumen

Este artículo de investigación, a través del análisis de planos, imágenes y bibliografía, pretende determinar la influencia que el planteamiento y solución estructural ha tenido dentro del resultado arquitectónico de la nueva Galería Nacional de Berlín (diseño: 1962-1965, construcción: 1965-1968) diseñada por el arquitecto alemán Ludwig Mies van der Rohe (1886-1969), al definir las estrategias fundamentadas en la teoría estructural que determinan el resultado morfológico del proyecto. Por lo tanto, el análisis expondrá, de manera descriptiva, los conceptos estructurales evidentes en la obra, y que determinan el resultado formal y la organización funcional del edificio. Esto muestra la interacción que estos conceptos tienen en la manera de obtener soluciones proyectuales del arquitecto Mies van der Rohe.

**Palabras clave:** arquitectura, diseño, estructura, planteamiento estructural, proyecto arquitectónico, Nueva Galería Nacional de Berlín, Ludwig Mies van der Rohe.

---

### Abstract

*This research article, through the analysis of plans, images, and bibliography, aims to determine the influence that the structural approach and solution have had on the architectural result of the new National Gallery of Berlin (design: 1962-1965, construction: 1965-1968) designed by the German architect Ludwig Mies van der Rohe (1886-1969), defining the strategies based on the structural theory that determine the morphological result of the project. Therefore, the analysis will present in a descriptive manner the structural concepts evident in the work and that determine the formal result and the functional organization of the building, showing the interaction that these concepts have in the way of obtaining project solutions by the architect Mies van der Rohe.*

**Keywords:** architecture, design, structure, structural approach, architectural project, New National Gallery of Berlin, Ludwig Mies van der Rohe.

## Introducción

*Arquitectura... es la cristalización de su estructura interior, el lento desplegar de la forma. Esta es la razón por la cual tecnología y arquitectura están tan estrechamente relacionadas.*

*-Ludwig Mies Van Der Rohe-*

La arquitectura tiene su génesis y su principal propósito en la satisfacción de la necesidad de refugio, que es fundamental para el ser humano, pero, además, busca satisfacer un conjunto de necesidades accesorias a esta condición imperativa. Estas necesidades responden a la seguridad, el confort y la eficiencia. Así, la necesidad básica es la motivación primordial, y la dimensión humana constituye la esencia proporcional y geométrica de la arquitectura, lo que define las oportunidades que el cuerpo humano tiene para llevar a cabo sus distintas actividades.

El objetivo generador del proyecto no sólo define su propósito funcional, sino que también determina su tipología arquitectónica. El servicio ofrecido por la edificación debe garantizar seguridad, comodidad y eficacia dentro del espacio donde se desarrollarán las actividades, lo que asegura protección, estabilidad y firmeza.

La forma de un objeto arquitectónico no es solo un atributo estético, sino que también es un medio de comunicación que transmite significados, sensaciones y emociones a quienes lo experimentan. La percepción de la forma es altamente subjetiva y está influenciada por la historia personal, las preferencias individuales y las expectativas culturales de cada individuo.

En la función radica la esencia misma del objeto arquitectónico: el propósito, que es la razón de ser de la arquitectura, no solo se configura como la semilla germinadora del proyecto, sino que es necesaria para justificar su presencia. Es evidente que puede existir funcionalidad sin arquitectura, pero no existirá arquitectura sin funcionalidad, porque se incurriría en los dominios de lo especulativo y lo escultórico.

Torroja (2011) señala que: "Las obras no se construyen para que resistan. Se construyen para alguna otra finalidad o función que lleva, como consecuencia esencial, el que la construcción mantenga su forma y condiciones a lo largo del tiempo" (p.14).

La coherencia entre el propósito funcional, la morfología, la solución constructiva, el sistema estructural resistente, la iluminación, la calidad ambiental, la dotación de servicios y el presupuesto económico son esenciales para la configuración del objeto arquitectónico.

El aspecto estructural ejerce una influencia significativa en las decisiones formales, funcionales y económicas de un proyecto arquitectónico. Esto se debe a varios factores clave:

- Desde una perspectiva formal, la estructura comprende el conjunto de elementos que definen y conservan la morfología del edificio, ya sea que estos elementos sean visibles y contribuyan a la estética del diseño o no.
- Desde un punto de vista funcional, la estructura determina el espacio útil del edificio y garantiza que las actividades planificadas se puedan llevar a cabo de manera segura y eficiente.
- En cuanto a la perspectiva económica, la estructura representa una parte significativa del presupuesto del proyecto y asegura la inversión realizada, al proporcionar resistencia y rigidez al edificio. La elección del material y del sistema constructivo influye directamente en el diseño y tamaño de los elementos estructurales. Así, se vuelve esencial garantizar que la inversión económica cometida tenga una vida útil mínima rentable.

## Metodología

El análisis se basará en el estudio e interpretación de las soluciones constructivas y arquitectónicas del proyecto, al considerar la implicación estructural que está manifiesta en el proyecto. Esta misma pudo haberse contemplado el momento de la planificación o en la construcción; además, los testimonios y proposiciones estudiados dentro de la bibliografía considerada servirán de fuente.

El enfoque investigativo será abordado a través del pensamiento complejo, tal como lo propone Morin (2004). Se trata de un vasto horizonte de investigación que busca ordenar el conocimiento sobre el proceso creativo y transformador de la arquitectura, y la forma en que esta es percibida, interpretada y dotada de significado profundo "En él se sitúa el proyecto arquitectónico, en el encuentro entre teoría y praxis, entre el pensar y el hacer la arquitectura. Un proyecto, anticipo de situaciones futuras y paradigma de la complejidad" (Azulay, 2012, p. 1).

Se emplearán modelos matemáticos en elementos finitos, para llevar a cabo un análisis comparativo entre diversas soluciones propuestas, y evaluar su impacto en la distribución de esfuerzos, así como en su comportamiento estructural en general. Este análisis, más que aportar datos matemáticos, pretende mostrar gráficamente cómo una solución estructural y constructiva, debidamente planificada, tiene implicaciones directas en las distribuciones de esfuerzos, y, por consiguiente, en el comportamiento estructural del edificio.

Dentro de la revisión de literatura, se encontró que habitualmente se aborda la obra mencionada desde perspectivas espaciales, formales y constructivas. Sin embargo, se pudo determinar que existe escasa información en relación con las consideraciones estructurales que rodean la solución final del proyecto.

Es interesante también revisar lo que muchos autores discuten sobre la relación colaborativa entre los profesionales de la arquitectura y la ingeniería.

## Resultados

### *Importancia de las Estructuras en la Arquitectura*

La función, la forma y la estructura no deberían considerarse como entidades independientes. Lo esencial es establecer una relación armoniosa entre estas dimensiones, al abordarlas simultáneamente. Identificar lo primordial, lo beneficioso y lo complementario evita considerar el sistema estructural como circunstancial.

En realidad, la estructura es un componente inmanente de la arquitectura; garantiza su configuración morfológica y su permanencia en el tiempo. La integración coherente entre función, forma y estructura permite crear espacios significativos, funcionales y seguros, donde la belleza, la utilidad y la estabilidad se complementan para enriquecer la experiencia del entorno construido.

Mientras el trabajo del ingeniero se centra en el dimensionamiento de los elementos estructurales mediante el análisis y el cálculo, el trabajo del arquitecto se encarga de la disposición, orden y las relaciones entre estos elementos. Esto sucede al configurar el objeto arquitectónico, circunstancia que evidencia la trascendencia de una comprensión profunda y holística de los principios mecánicos que gobiernan la física de los materiales. Este tipo de comprensión se logra a través de la conciliación del conocimiento de los principios básicos estructurales, el razonamiento lógico y la experiencia.

Esta reflexión es un recordatorio de que el proceso de diseño arquitectónico no solo relaciona a la estética, la funcionalidad y la forma, sino también a esta comprensión integradora de la teoría física y la intuición lógica que interpreta el comportamiento de los materiales y sus configuraciones frente a la acción de cargas.

Salvadori y Heller (1992), señalan:

La estructura es, y ha sido siempre, un componente esencial de la arquitectura... el hombre ha tenido que dar forma a ciertos materiales y usarlos en determinadas cantidades a fin de que su arquitectura se mantuviera en pie resistiendo la atracción de la tierra y otras cargas peligrosas. (p. 13)

No debemos subestimar la importancia de basarnos en el conocimiento y la comprensión detallada de los principios fundamentales que rigen la estabilidad estructural. Es imperativo reconocer la relevancia de comprender la configuración resistente, independientemente de los análisis y cálculos, ya que configura el pilar sobre el cual se sustentan las estructuras. "Es absurdo descender en la concreción cuantitativa sin la seguridad de tener encajado el conjunto en sus acertados dominios" (Torroja, 2011, p. 13).

Como señala acertadamente este autor, más allá de la resolución matemática yace la intención proyectual. Bajo esta perspectiva, el cálculo debería ser simplemente una herramienta de verificación, donde se asegura que la geometría y las dimensiones poseen la capacidad adecuada para resistir las cargas a las que la edificación estará expuesta. La teoría matemática se constituye como un instrumento valioso que, enriquecido por la experiencia y la intuición, potencia nuestra comprensión de las estructuras; al combinar la lógica abstracta con la práctica concreta, se nos abre una puerta a la comprensión integral de los secretos de la naturaleza y del mundo construido. Así, la teoría y los fundamentos teóricos nos permiten refinar y complementar nuestro entendimiento intuitivo y experimental, tal como afirman Endres y Wetzel (2013): "los cálculos deben confirmar en lugar de predecir el comportamiento estructural" (p. 1876).

La concepción de una estructura debería ser una manifestación guiada principalmente por la experiencia interna y la intuición. Tiene que ser un proceso creativo que va más allá de la rigidez de la inferencia lógica; es una conjugación armónica entre la sensibilidad artística y la destreza técnica. La capacidad de concebir una estructura implica sumergirse en un mundo donde las líneas y formas son trazadas por el sentido común, antes que por la razón absoluta.

### *Interacción entre Ingeniería y Arquitectura*

La creación arquitectónica se convierte en un diálogo entre el conocimiento técnico y la chispa creativa que surge del interior, lo que demuestra que la verdadera belleza estructural emerge cuando el arte y la ciencia convergen en un equilibrio único y eficaz. "El proceso de visualizar o concebir una estructura es un arte. Básicamente es motivado por una experiencia interna, por una intuición. Nunca es sólo resultado del razonamiento deductivo" (Torroja, [1957] en Moore, 2000, p. xii).

Como manifiestan Mannum y Nilsen (2013), el rol de las estructuras en la arquitectura es diverso; ahí se incluyen roles protagónicos inseparables de la expresión formal, hasta otros cuya relevancia arquitectónica es austera. Este amplio espectro revela la complejidad implícita en la relación entre forma y estructura dentro del diseño arquitectónico, así como la versatilidad y adaptabilidad que tienen las estructuras dentro de la configuración arquitectónica.

Los ingenieros estructurales atraídos al ámbito de la arquitectura demuestran una sensibilidad técnica que se exterioriza en las estructuras visibles de un edificio. Su meticuloso cuidado en resolver y diseñar estas estructuras no solo refleja su pericia técnica, sino también un profundo compromiso con la calidad morfológica del proyecto. Esta convergencia de ingeniería y estética revela una colaboración simbiótica donde la técnica y la estética se entrelazan coherentemente (Manum & Nilsen, 2013).

El debate sobre el equilibrio entre los campos de acción de la ingeniería y la arquitectura es una cuestión central en la industria de la construcción contemporánea. Históricamente, los arquitectos han enfocado su atención en la estética, la funcionalidad y la forma, mientras que los ingenieros han priorizado la estabilidad, la seguridad y la eficiencia. Sin embargo, en la práctica, estas disciplinas están profundamente relacionadas, por lo que la ponderación equilibrada entre ambas es fundamental para crear edificaciones funcionales, seguras y estéticamente atractivas.



Tal como expresan Salvadori y Heller (1992), la influencia de la estética arquitectónica sobre la estructura es innegable. Esta transmite, directamente, sus principios morfológicos al proyecto estructural; de esta manera, el arquitecto impone lineamientos y restricciones cruciales al sistema estructural. El arquitecto no propone únicamente la solución formal del edificio, sino también el sistema estructural que considera más idóneo para plasmar su concepto. En la práctica, el ingeniero tiene escasa oportunidad de realizar modificaciones sustanciales a la propuesta arquitectónica.

Aunque la responsabilidad de la solución íntegra de un edificio recae en el arquitecto, debido a la complejidad manifiesta en los diferentes componentes técnicos de un proyecto, obliga a que muchas de ellas sean delegadas a especialistas en cada rama. Ese es el caso del diseño estructural, que generalmente es resuelto por un ingeniero.

Este vínculo interprofesional es estrecho y acentúa cómo la visión arquitectónica, predominantemente impregnada con una carga estética inicial, influye significativamente en las decisiones estructurales. Así, se destaca la colaboración compleja entre ambos roles dentro de la creación arquitectónica. "Aun cuando puedan confiar el cálculo de una estructura a un especialista, primero deben ser capaces de inventarla y de darle proporciones correctas. Sólo entonces, habrá nacido una estructura sana, vital y, en lo posible, hermosa" (Nervi, [1975], en Salvadori & Heller, 1992, p. 10).

La participación colaborativa entre ingenieros y arquitectos es trascendental para satisfacer las necesidades tanto estéticas como técnicas de un proyecto. Se trata de un enfoque alternativo para fomentar nuevas ideas de diseño integrado, lo que implica un marco de optimización de tipologías estructurales (Beghini et al., 2014).

Lyon y García (2013) apuntan que: "La integración estructural en etapas tempranas del diseño arquitectónico permite asegurar una mayor eficacia resistente, pero también ampliar el campo de soluciones y posibilidades formales adecuadas, más allá de las tipologías estructurales convencionales" (p. 27).

Sobre ese proceso, Salvadori y Heller (1992) señalan:

En algunos casos, el arquitecto consulta al ingeniero desde el comienzo mismo de su proyecto y éste participa en la concepción de la obra, haciendo de la estructura una parte integral de la expresión arquitectónica. El equilibrio de objetivos y medios así alcanzado ha de producir, sin duda, una mejor estructura y una arquitectura más satisfactoria. (p. 55)

Optar por una relación colaborativa temprana entre ambas disciplinas beneficia tanto el proceso como el producto. Sin embargo, es poco común, debido a que los arquitectos y los ingenieros no necesariamente manejan un vocabulario común (Salvadori & Heller, 1992); además, sus enfoques y valores muchas veces son divergentes (Hürol, 2014).

Según lo expresado por Endres y Wetzel (2013), en la práctica, es sustancial contar con un enfoque integral en el entendimiento de las estructuras arquitectónicas. Se debe combinar el conocimiento teórico, la lógica y la experiencia, lo que facilita el desarrollo de una comprensión instintiva que permite tanto la aplicación de métodos numéricos como la integración del pensamiento estructural en el proceso de diseño. Esta sinergia enriquece la habilidad del diseñador para abordar los desafíos técnicos y estéticos de manera efectiva; además, nos recuerda que la arquitectura es una disciplina donde el rigor técnico y la creatividad son aspectos esenciales para alcanzar resultados de buena calidad.

En la etapa de formación de los futuros arquitectos, es fundamental incluir el estudio de las estructuras. Se debe reconocerlas como un elemento esencial en la planificación, lo que promueve una comprensión más profunda de su influencia en los aspectos morfológicos y espaciales de la arquitectura. Esto implica comprender que las estructuras no solo cumplen una función de soporte, sino que también contribuyen activamente a la creación de la forma arquitectónica en conjunto con otros aspectos como el contexto, el programa y la disposición espacial.

Obras paradigmáticas de arquitectos-ingenieros como Antoni Gaudí, Eduardo Torroja, Heinz Isler, Félix Candela, Pier Luigi Nervi, Eladio Dieste y Frey Otto se concretan como ilustraciones precisas de una integración sistémica entre forma, función y comportamiento estructural. Ahí, se fusionan armónicamente la creatividad, la imaginación, el ingenio, la razón, la innovación y la percepción artística, para sintetizar la morfología, la estética, el orden funcional y el comportamiento estructural. El balance armónico entre forma, función y estructura es innegable en obras como las cubiertas funiculares de Gaudí, los cascarones y losas plegadas en hormigón armado de Eduardo Torroja y Heinz Isler, el paraboloide hiperbólico de Félix Candela, las bóvedas nervadas de Pier Luigi Nervi, las bóvedas y cúpulas cerámicas de Eladio Dieste o las superficies mínimas de Frey Otto (Lyon & García, 2013).

***La Nueva Galería Nacional de Berlín (1962 - 1968), Ludwig Mies Van der Rohe, Berlín, Alemania***

La búsqueda de un equilibrio armónico entre forma, función y estructura destaca como uno de los pilares fundamentales en la obra de Ludwig Mies Van der Rohe. Por ese motivo, goza de reconocimiento y admiración a nivel internacional.

Mies otorgó a la estructura y la construcción un papel central, evidente en diversas creaciones como la Nueva Galería Nacional de Berlín. Ahí, el arquitecto alemán exhibe su profundo conocimiento en los campos estructural y constructivo, al desplegar una diversidad de estrategias que se integran de manera sobria, limpia y elegante con los requerimientos funcionales y estéticos. Mies logra establecer un orden formal guiado por las proporciones estructurales y constructivas, donde la maestría reside en la armoniosa convergencia de estos elementos. Así, crea obras que trascienden su significado arquitectónico.

Mies van der Rohe no solo desarrolló un amplio conocimiento en el campo estructural y constructivo, sino que también supo sostener una

fructífera relación colaborativa con ingenieros estructurales. "El cálculo de la estructura se lo encargó Mies a la oficina dirigida por Prof. H. Dienst y G. Richter con base en Berlín" (Llombart, 2018, p. 227).

Endres y Wetzel (2013) afirman que, en una arquitectura estructuralmente determinada, los elementos que conforman el esqueleto resistente de un edificio se convierten en un ingrediente sustancial de diseño, en lugar de una necesidad complementaria para la solución del edificio. Tal como exhibió Mies van der Rohe en su obra, los principios estructurales son parte integral de la concepción del proyecto.

La Nueva Galería Nacional de Berlín fue construida entre 1965 y 1968. En ella, intentaremos analizar la interacción entre estética, función, y estabilidad.

Curiosamente, *la Neue Nationalgalerie* de Berlín es la primera y la única obra que el arquitecto alemán proyectó en su ciudad natal. Además, fue el último proyecto en el que trabajó. Las conversaciones para el encargo iniciaron en 1961 y se formalizaron en 1962 (Llombart, 2018).

En 1961, Mies tenía 75 años y su despacho se encontraba en la ciudad de Chicago, Estados Unidos. Este trabajo justificó el regreso de Mies a Berlín, luego de 23 años de exilio. En la primavera de 1961, se encontró con una Berlín transformada desde su partida en 1938, donde los estragos de la guerra habían dejado cicatrices y borrado la identidad de Berlín. Se había convertido en un tejido urbano incierto, donde, a pesar de las intenciones de lograr una reconstrucción unificada, las diferencias entre los bloques Este y Oeste condujeron a la construcción del Muro de Berlín, en agosto de 1961.

En 1961, la decisión crucial para el proyecto fue la elección del emplazamiento y, posiblemente, la menos conocida en el proyecto de Mies. Optar por el entorno universitario y la relación con el Palacio de Charlottenburg aportó referencias arquitectónicas, culturales e históricas. Estos lugares, emblemáticos y prestigiosos, prometían aceptación social y afluencia masiva para un museo. Este lugar, un espejo del conflicto y recuerdo de la Guerra,

simbolizó la audacia de Mies al crear un ícono cultural en un espacio cargado de historia y tensiones ideológicas.

Tal como explica Llobart (2018), la ciudad de Berlín debía resurgir entre los escombros, los lotes vacíos y los 200 Km de un muro divisorio. Por ello, el reencuentro de Mies con Berlín en 1961 marcó el resurgir de emociones latentes tras más de dos décadas de separación. Las heridas latentes de la vieja ciudad se reflejaban en un Mies de 75 años, también transformado, desde el joven aspirante a líder de la vanguardia berlinesa hasta el arquitecto forjador de la segunda Escuela de Chicago. Su evolución arquitectónica incluyó el refinamiento del orden tecnológico y la conquista de alturas con rascacielos icónicos.

Llobart (2018), señala que: "A pesar de la severa artritis que le obligaba a pasar largos períodos ingresado en el hospital, el trabajo progresó con gran determinación y control por parte de Mies" (p. 59). Aunque, por motivos de salud, Mies debió designar a su nieto Dirk Lohan como responsable del proyecto, bajo la supervisión de Gene Summers, Mies nunca renunció a la supervisión absoluta de todas las decisiones proyectuales, al punto que muchas de las reuniones en las que se tomaban decisiones sobre el proyecto, se debieron realizar en la habitación del hospital. En agosto de 1965, a sus 79 años, Mies regresó a Berlín para presidir la ceremonia inaugural de las obras, el 22 de septiembre de 1965, a pesar de depender de una silla de ruedas y muletas. El último viaje de Mies a Berlín fue en abril de 1967, para presenciar la elevación de la cubierta del edificio.

La Galería Nacional de Berlín, inaugurada el 15 de septiembre de 1968, simbolizó una "poética alianza entre ciudad, técnica y arte" (Llobart, 2018, p. 49). Esto consolidó el éxito de Mies en reconciliar pasado y modernidad en una Europa dividida. Su regreso resonó como la convergencia de dos mundos en conflicto, al destacar la habilidad de Mies para fusionar el idealismo social del pasado con la gramática formal aprendida en el sistema capitalista estadounidense.

Para septiembre de 1968, Mies tenía 82 años y su salud había empeorado, por lo que no pudo estar presente en la ceremonia inaugural. Nunca llegó a ver su obra terminada.

La exposición inaugural fue una muestra retrospectiva del holandés Piet Mondrian. "La vinculación del movimiento De Stijl con Mies van der Rohe transformó el acto en un acontecimiento sutilmente reivindicativo del espíritu moderno de las vanguardias de comienzo del siglo XX" (Llobart, 2018, p. 45). El avance del cáncer de esófago llevó finalmente a su deceso el 19 de agosto de 1969.

### *El Proyecto de la Nueva Galería Nacional de Berlín (1962 - 1968)*

La *Neue Nationalgalerie* de Berlín representó un cambio paradigmático en la concepción de un museo, al abandonar la estructura cerrada con múltiples salas temáticas. En su lugar, se optó por la generación de un vasto espacio abierto, transparente, permeable y adaptable, lo que marcó una nueva era en la arquitectura museística. Este enfoque innovador de Mies prioriza la versatilidad y la conexión con el entorno, al desafiar las convenciones establecidas y proporcionar una experiencia única para los visitantes. Al romper con la tradición de la disposición cerrada, se fomenta una interacción dinámica entre arte, arquitectura y contexto, lo que redefine los límites del espacio expositivo.

A este respecto, Mertins ([2014] en Llobart, 2018), puntualizaría que, para Mies "la misión en Berlín no fue sólo alojar el arte del pasado, sino más bien apoyar, incluso provocar nuevas formas de exponer y experimentar el arte, quizás hasta de crearlo" (p. 45).

El proyecto comprende una cubierta de 4200 m<sup>2</sup> que alberga una caja de vidrio con una planta cuadrada destinada a exposiciones itinerantes que abarca 2540 m<sup>2</sup>. El interior de esta estructura prescinde por completo de elementos estructurales verticales. Esta caja se sitúa sobre una extensa terraza. Directamente debajo de esta, se encuentra una galería destinada a la colección permanente,

la administración y la bodega. Esta planta, ubicada de forma subterránea, se resuelve mediante una estructura de hormigón armado que se abre hacia un patio jardín.

Llombart (2018), señala que “el edificio responde al argumento de un pabellón estructural

sobre una base monolítica. Su solemne neutralidad transluce el pensamiento de Mies en la búsqueda por la esencia de la forma y el espíritu del espacio” (p. 7).

### Figura 1

*Nueva Galería Nacional de Berlín, 1962 - 1965, Ludwig Mies Van der Rohe, Berlín, Alemania*



*Nota.* Adaptado del Centro Vasco de Arquitectura [Fotografía], por el autor, 2017, en <https://intranet.pogmacva.com/es/obras/79744>.

El bloque construido sobre la terraza se lee como una caja de cristal, en la que el sistema estructural de columnas metálicas y la cubierta de vigas bidireccionales reticulares tienen el protagonismo formal y expresivo. Interiormente, el techo del pabellón está a 8.40 metros de altura y permite ver el entramado metálico de 1.80 metros de peralte. La cubierta se conforma con un entramado bidireccional de vigas de acero dispuestas cada 3.60 m. Llombart (2018) dice que “la construcción del edificio contiene el binomio de lo ligero y lo

pesado, en un constante juego de oposiciones que intensifica las emociones” (p. 7).

La estructura de cubierta se conforma por vigas de sección en “I” dispuestas de manera longitudinal y transversal, lo que conforma la retícula bidireccional de la cubierta. El alma de estas vigas en “I” está reforzada con pletinas, a manera de costillas, para disminuir el efecto de flexión lateral en los elementos muy esbeltos. Se evita, de esta manera, el alabeo.

**Figura 2**

*Nueva Galería Nacional de Berlín, 1962 - 1965, Ludwig Mies Van der Rohe, Berlín, Alemania*



*Nota.* Adaptado del Centro Vasco de Arquitectura [Fotografía], por el autor, 2017, en <https://intranet.pogmacva.com/es/obras/79744>.

Las superficies acristaladas del pabellón despliegan un retranqueo de 7.20 m en todo su contorno, lo que posibilita la creación de un anillo perimetral de circulación cubierto. Además, deja exteriormente las ocho columnas que sustentan el entramado reticular de la cubierta.

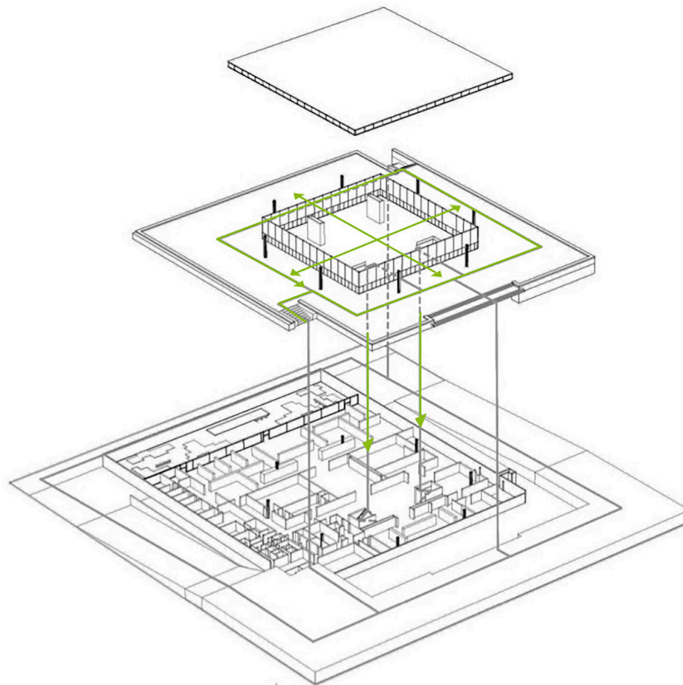
En el nivel inferior, la estructura es de hormigón armado. Sus columnas salvan luces de 7,20 m y "la plataforma se introduce en el terreno creando un bosque de pilares de hormigón que dan forma a una estructura hiperestática revestida de granito" (Llombart, 2018, p. 7).

Indudablemente, este proyecto destaca por su mérito estructural, al conseguir una planta completamente libre de elementos estructurales verticales de 2540 m<sup>2</sup> que está contenida dentro del volumen acristalado. Esta, con su anillo perimetral de circulación, configuran un espacio cubierto de 4200 m<sup>2</sup>. Esta configuración posibilita el desarrollo funcional de un pabellón museístico flexible. Así, "el pabellón se levanta a través de ocho columnas cruciformes de acero sobre las que descansa un entramado metálico bidireccional, ... que parece levitar sobre la membrana de vidrio de sus lienzos" (Llombart, 2018, p. 7).



**Figura 3**

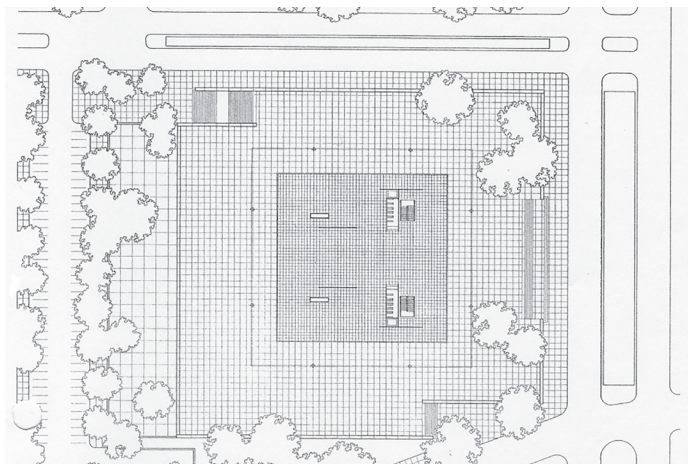
*Esquema de circulación y ejes de desarrollo funcional en la Nueva Galería Nacional de Berlín, 1962 - 1968, Ludwig Mies Van der Rohe, Berlín, Alemania*



*Nota. Adaptado de Drawing showing circulation and structure of the New National Gallery, por el autor, 2017, en [http://www.pathofkahn.com/?page\\_id=469](http://www.pathofkahn.com/?page_id=469).*

**Figura 4**

*Planta de la Nueva Galería Nacional de Berlín, 1962 - 1965, Ludwig Mies Van der Rohe, Berlín, Alemania*



*Nota. Adaptado de Werner Blaser (1993). Mies van der Rohe - The Art of Structure, pág. 205, New York, USA, Whitney Library of Design.*

La importancia de integrar el planteamiento estructural como un intensificador tanto de la forma como de la función en la arquitectura se ve reflejada en las estrategias de diseño tomadas para el proyecto. Por ejemplo, al reflejar las circunstancias funcionales a través del programa, se estimula la generación morfológica que se integra relacionadamente con los elementos resistentes y el propósito utilitario del proyecto.

Esta perspectiva va más allá de la mera disposición del espacio, al abogar por una planificación integral que garantice tanto la comodidad, la eficiencia y la organización de las actividades y usos arquitectónicos, así como la estabilidad, y la seguridad estructural. Además, articula, de manera eficiente, las conexiones y relaciones entre espacios para lograr un diseño armonioso y efectivo.

Para la arquitectura, la condición estética es la primera en ser percibida por el usuario; para los ojos del observador poco cultivado al respecto, su solución parecería tener una imposición netamente subjetiva. Sin embargo, su cometido esencial va más allá de la mera apariencia; influye directamente en la funcionalidad y, sobre todo, en la experiencia que percibe el usuario. Si bien este aspecto es el que parece tener menor impuesto técnico, su solución comprende diversos parámetros que van desde la relación proporcional de sus volúmenes, pasa por la cromática y llega a la textura de sus materiales. Además, su calidad de percepción no es cuantificable, pero por sus características sí es cualificable.

La compleja relación entre la estética y la funcionalidad en la arquitectura debe destacar la importancia del papel que la estética representa en la concepción y ejecución de un proyecto. Desde la definición de las exigencias estéticas hasta su integración con otras condiciones de diseño, estamos llamados a reflexionar sobre la especial interacción entre la sensibilidad artística y la rigurosidad técnica en la disciplina arquitectónica.

La estética, lejos de establecerse como una prestación complementaria, o un aspecto frívolo en la arquitectura, es un componente funda-

mental del diseño arquitectónico, cuya influencia determina las reglas bajo las cuales se enmarcan las correspondencias con los demás aspectos proyectuales. Esta manifestación afecta en nuestra manera de percibir el espacio, y en cómo nos relacionamos con el entorno edificado.

Al respecto, Mies, quien es considerado como uno de los mayores exponentes de la arquitectura moderna y quien en toda su carrera se definió como un funcionalista, diría: "Es muy difícil realizar una exposición aquí. Sin lugar a duda. Pero ofrece una gran posibilidad para nuevas formas de exponer. Y creo que no quiero renunciar a ello" (Mies van der Rohe [1967] en Llobart, 2018, p. 277).

### ***La Estructura de la Nueva Galería Nacional de Berlín (1962 - 1968)***

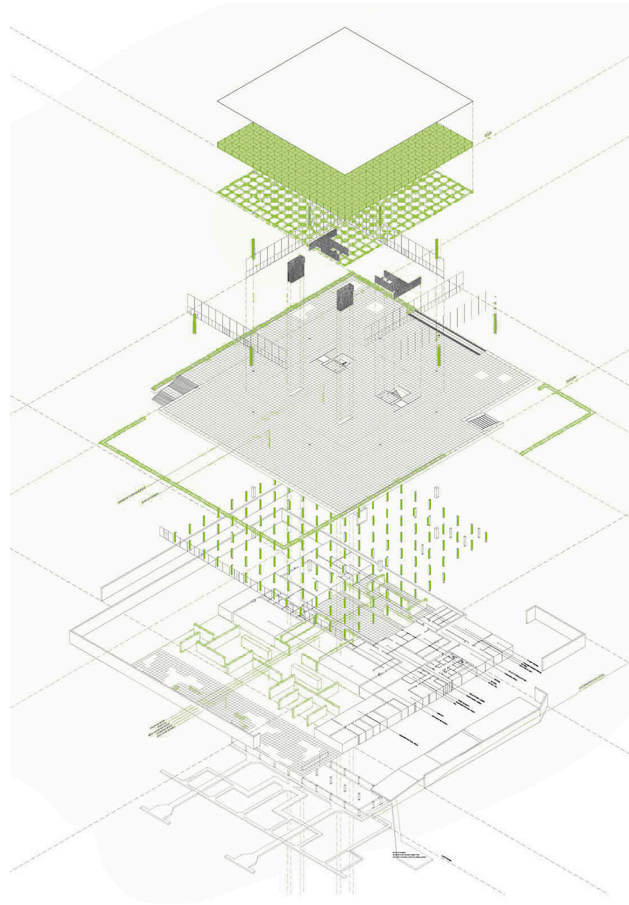
Finalmente, se hablará del aspecto tecnológico, que abarca las soluciones: de selección de materiales, sistemas estructurales, infraestructura técnica tanto de servicios como de abastecimiento, eficiencia energética, así como la solución constructiva y sus determinaciones. Dentro de este análisis, los investigadores se centrarán en el aspecto del sistema estructural, que será el encargado de garantizar la estabilidad de la edificación.

La interacción entre la estabilidad, la resistencia y otros aspectos cruciales en la planificación arquitectónica es compleja pero indispensable. La estabilidad, como requisito técnico, garantiza la integridad de la construcción y su durabilidad a lo largo del tiempo; sin embargo, va más allá de la resistencia de sus elementos constituyentes, pues también implica aspectos normativos, económicos, tipológicos y constructivos. Esto subraya la multifacética naturaleza del diseño arquitectónico, donde la estructura es una pieza fundamental, pero no la única. Es imperioso gestionar un balance armónico entre las diversas necesidades y recursos con los que cuenta un proyecto. Tal como lo señala Barrera (2017): "La resistencia no es el objetivo único de un proyecto, ni siquiera el principal, pero tampoco es un requisito prescindible en el proceso de conformación y planteamiento de la solución" (p. 137).



**Figura 5**

*La disposición estructural en la Nueva Galería Nacional de Berlín, 1962 - 1965, Ludwig Mies Van der Rohe, Berlín, Alemania*



*Nota.* Adaptado de Mies Inmersion, por el autor, 2017, en [http://www.presidentsmedals.com/showcase/2007/1/2112\\_2.jpg](http://www.presidentsmedals.com/showcase/2007/1/2112_2.jpg).

### ***Estrategias Estructurales que Configuran La Morfología***

#### **1. Ubicación de los Apoyos.**

La condición de crear una planta completamente libre lleva al proyectista a considerar la primera posibilidad lógica de diseñar una estructura apoyada en sus cuatro esquinas, similar al esquema de una mesa rectangular apoyada por cuatro patas, ubicadas en sus cuatro esquinas. Esta configuración conlleva tres consecuencias directas: en primer lugar, las luces se definen por las aristas del parale-

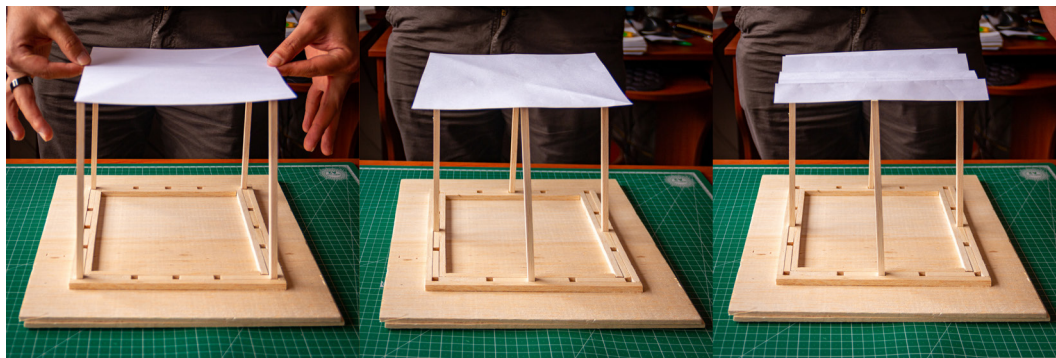
logramo que conforma la planta, lo que implica una mayor sollicitación de momentos flectores en las vigas principales que conectan los pilares, momento que se transmite directamente a los pilares de apoyo y los obliga a trabajar a «flexo-compresión»; en segundo lugar, se produce una concentración del esfuerzo cortante en las zonas de las esquinas, es decir en los apoyos de las vigas; y en tercer lugar, se produce flexión bidireccional en la estructura de la cubierta.

La distribución de las cargas, los valores máximos de esfuerzos y el comportamiento estructural se modifican totalmente si los apoyos, en lugar de ubicarse en las esquinas, como se expuso previamente, se posicionan en los puntos medios de las aristas, ya que la luz entre apoyos se reduce en un 30% si consideramos la planta cuadrada. Además, los volados que se generan al dejar las esquinas libres permiten compensar los momentos en los extremos; por lo tanto, sin incrementar el número de apoyos, se puede resolver la misma cubierta y aprovecha una estrategia estructural.

Consideremos el siguiente ejercicio. Si nosotros deseamos apoyar en cuatro esquinas a una hoja cuadrada de papel, este no podrá permanecer estable sobre los apoyos si no se utiliza un mecanismo de fijación de las esquinas a los apoyos (imagen izquierda); pero, si reubicamos los apoyos a los puntos medios de las aristas del papel, este puede mantenerse, sin modificar el número de apoyos y sin variar la rigidez del papel (imagen central). Así, debido a la compensación de momentos flectores, se logra disminuir aproximadamente en un 80% su deflexión. Finalmente, si al papel se le pliega, además de mantenerse estable, tiene la posibilidad de resistir una carga (imagen derecha).

### Figura 6

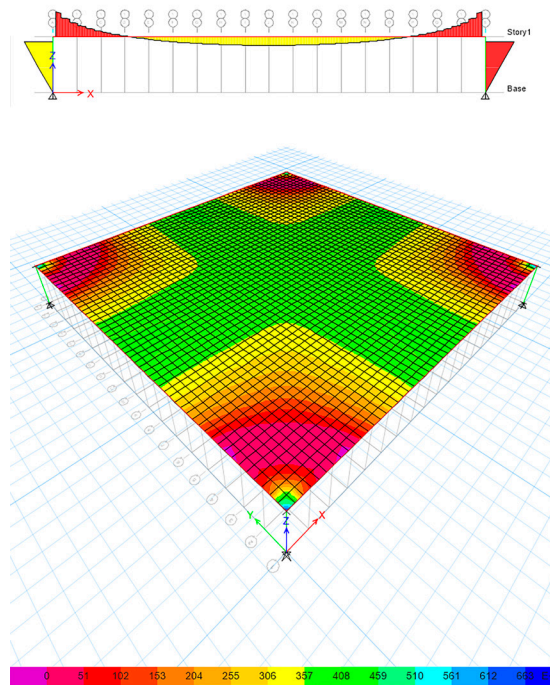
*Ejemplo práctico de apoyo en las cuatro esquinas – Apoyo en los centros de las aristas – Apoyo en los centros de las aristas con rigidización de la cubierta*



Nota. Fotografía de Autor.

**Figura 7**

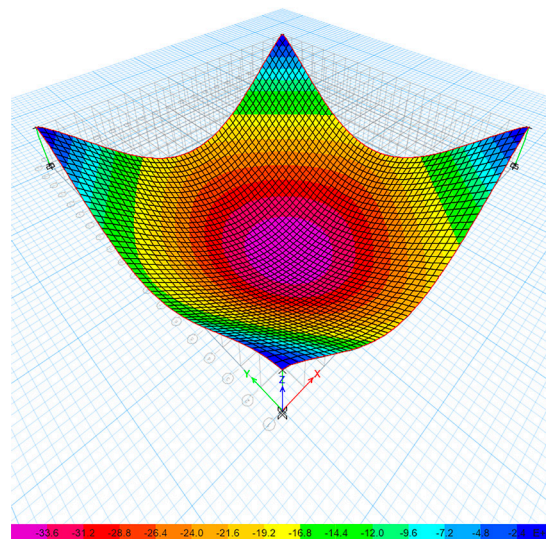
Diagrama de momentos con cuatro apoyos en las esquinas -Imagen generada en el análisis de un modelo de elementos finitos



Nota. Imagen generada por el autor.

**Figura 8**

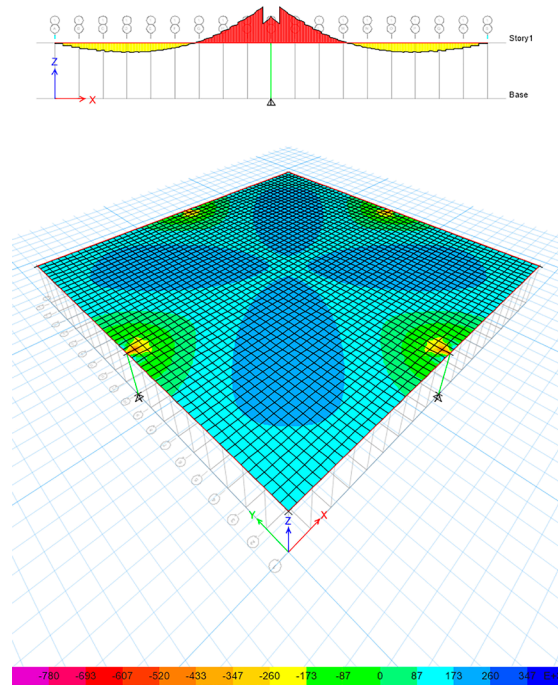
Diagrama de deformación con cuatro apoyos en las esquinas -Imagen generada en el análisis de un modelo de elementos finitos



Nota. Imagen generada por el autor.

**Figura 9**

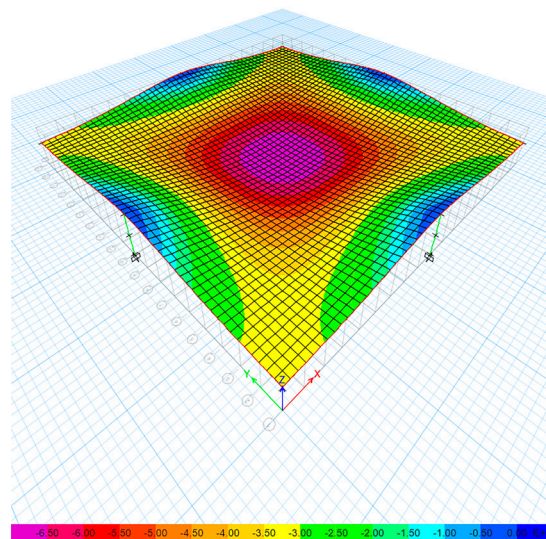
Diagrama de momentos con cuatro apoyos en los puntos medios de las aristas. -Imagen generada en el análisis de un modelo de elementos finitos



Nota. Imagen generada por el autor.

**Figura 10**

Diagrama de deformación con cuatro apoyos en los puntos medios de las aristas. -Imagen generada en el análisis de un modelo de elementos finitos



Nota. Imagen generada por el autor.

De manera anecdótica, Frei Otto, el afamado arquitecto alemán reconocido por sus innovadoras estructuras tensadas, eficientes y ligeras, relata en una conversación con Juan María Songel, cómo contribuyó en la disposición de los apoyos dentro de la configuración estructural de la Nueva Galería Nacional de Berlín:

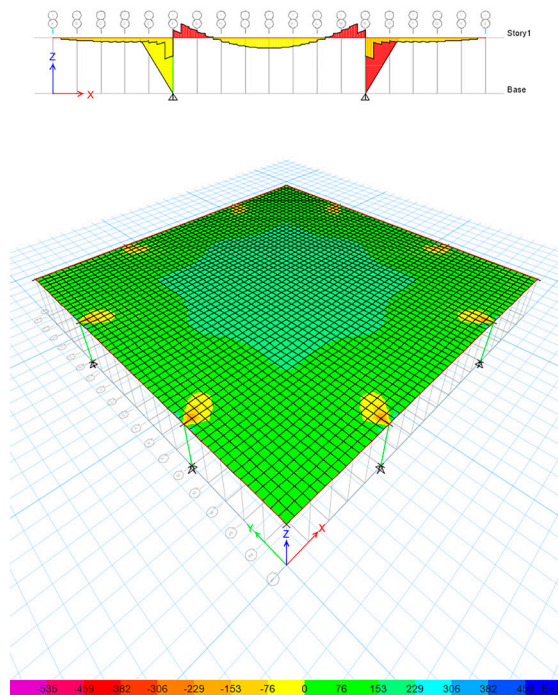
Fui al estudio de Mies van der Rohe en Chicago cuando estaban trabajando en la Neue Nationalgalerie de Berlín. Por entonces él ya estaba muy enfermo y sus colaboradores me pidieron que les diera mi opinión, porque parece ser que así se lo había pedido Mies. Entonces hice unas observaciones sobre el proyecto del museo, pues pensaba que había que hacer algunos cambios. Para soportar aquella gran losa se habían colocado tan sólo cuatro pilares en el punto medio de los lados de la cubierta, de modo que sufría grandes deformaciones en las esquinas en voladizo. Yo les propuse colocar al menos dos pilares por cada lado, es decir, apoyar la cubierta sobre un total de ocho pilares, y así es como se hizo. Me encontré con Mies van der Rohe por última vez en Berlín unas semanas antes de su muerte, cuando se estaba montando la cubierta, y él estaba muy contento con la decisión de los pilares. (Songel, 2008, p. 28)

Así fue que finalmente, la estrategia estructural utilizada recurre a dos apoyos en cada arista de la planta, lo que reduce la distancia de los voladizos y motiva la compensación de momentos. Con esta configuración estructural, se logra tener momentos flectores de signo contrario en cada arista. De este modo, por un lado, se duplica el número de apoyos, pero esta estrategia los ubica en la posición de mayor estabilidad para la cubierta. Además, como se puede apreciar en el diagrama, a pesar de que no se han modificado las dimensiones y la carga, esta configuración estructural logra minimizar el esfuerzo de flexión en las vigas.



**Figura 11**

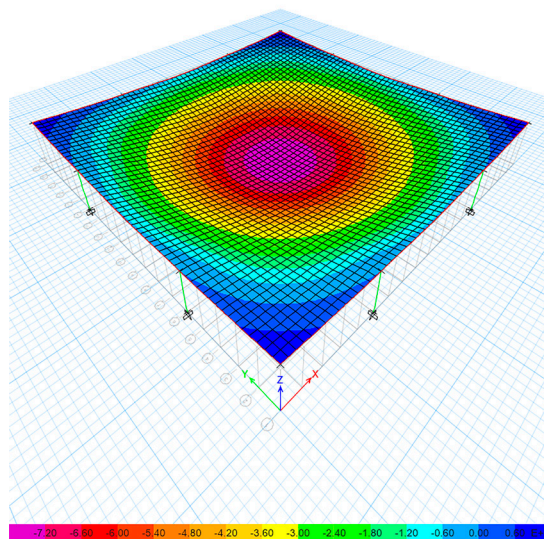
Diagrama de momentos con ocho apoyos, dos en cada arista sin apoyar las esquinas. -Imagen generada en el análisis de un modelo de elementos finitos



Nota. Imagen generada por el autor.

**Figura 12**

Diagrama de deformación con ocho apoyos, dos en cada arista sin apoyar las esquinas. -Imagen generada en el análisis de un modelo de elementos finitos



Nota. Imagen generada por el autor.

## 2. Compensación de Momentos.

La estrategia de compensación de momentos consiste en utilizar contrapesos en lados opuestos de un apoyo; dicha estrategia se explica a continuación.

Se disponen los voladizos a lados opuestos de un apoyo o núcleo central. Cada voladizo generará un momento flector que, con respecto al apoyo central, tiene signos de giro contrarios. Al actuar simultáneamente, cada uno contrarresta el efecto negativo del otro, lo que disminuye los efectos de flexión.

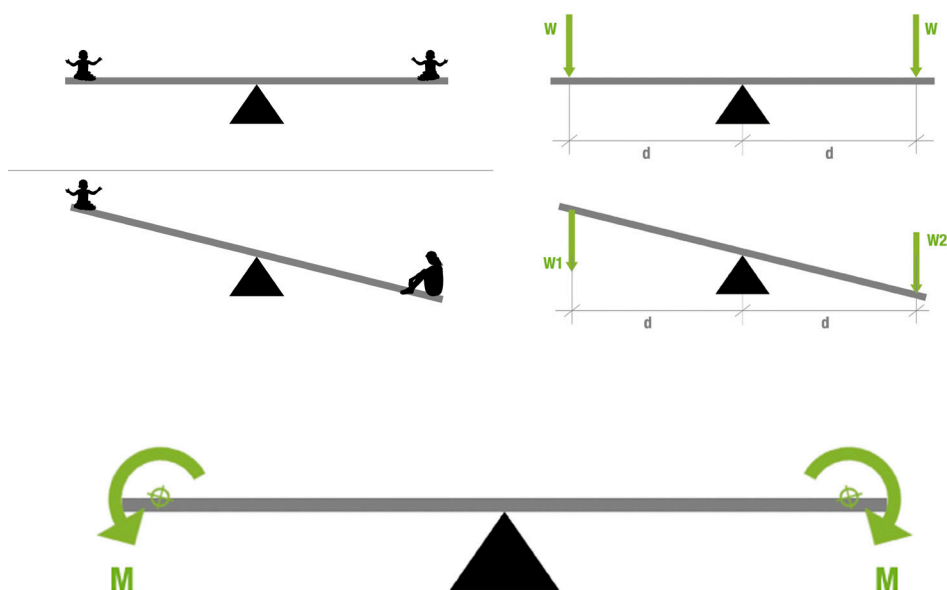
Para comprender este principio, consideremos un juego de sube y baja en un parque infantil. Si dos niños de igual peso se colocan en extremos opuestos, basta con un pequeño impulso para iniciar el juego. Si están a igual distancia del centro, su peso provoca un efecto de giro que les permite levantar al otro. Esto ilustra cómo la distribución equitativa del peso y la distancia al centro facilitan el movimiento sin esfuerzo adicional.

Si uno de los participantes es más pesado que el otro, el juego se dificultará, ya que el más liviano no podrá levantar al más pesado. No obstante, es posible continuar jugando; el participante más pesado debe ubicarse a una menor distancia del centro. Esto se debe a que el momento generado por el giro es proporcional al peso y a la distancia que lo provocan. Así, al ajustar la distancia, se equilibra la capacidad de levantar al compañero más pesado y se mantiene la dinámica del juego.

Un niño no puede jugar solo en un sube y baja, ya que no hay otro niño en el extremo opuesto para equilibrar el peso y levantarlo. De manera similar, en una estructura, resolver un voladizo sin compensación de momentos resulta más costoso.

**Figura 13**

*Principio de compensación de momentos explicado a través del juego del "sube y baja"*



*Nota.* Imagen generada por el autor.

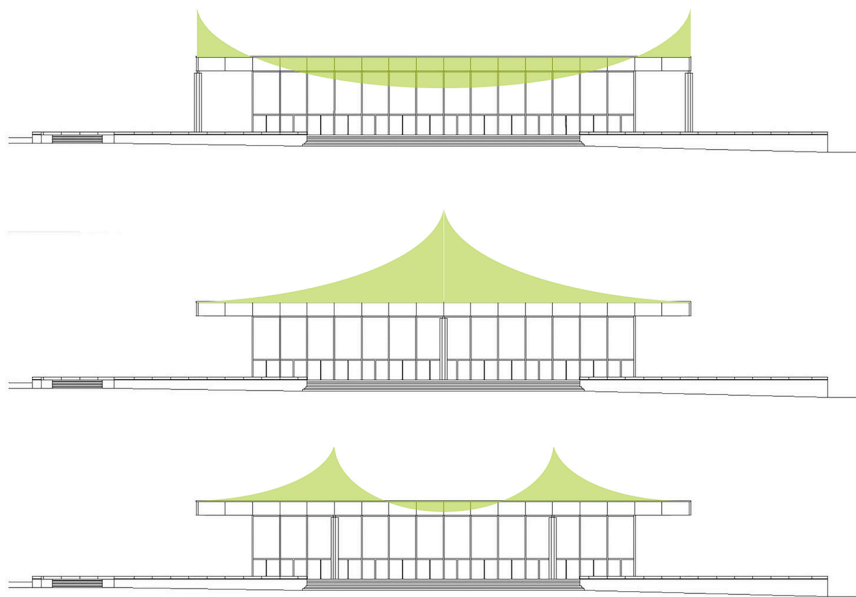


La estrategia de compensación de momentos sitúa dos voladizos opuestos. Esta no solo genera ventajas significativas sobre los momentos flectores de las vigas, sino que también plantea desafíos referentes al incremento de la carga axial sobre los apoyos. De esta manera, esta estrategia permite reducir las secciones de las vigas, pero al mismo tiempo precisa de secciones más robustas para los apoyos. El incremento de carga en los apoyos también actúa como agente estabilizador, lo que reduce los riesgos de deslizamiento y vuelco debido a posibles desbalances en los voladizos.

Este análisis permite ilustrar cómo una solución de diseño participa directamente en el comportamiento estructural del proyecto, lo que acentúa la importancia que tiene el buen criterio del proyectista, quien es el encargado de evaluar las consecuencias que una decisión de diseño tiene sobre las diferentes variables que se deben considerar en una estructura.

#### Figura 14

*Diagrama de compensación de momentos: 1.- Apoyos en los extremos sin compensación de momentos; 2.- Apoyo central, momentos compensados; y 3.- Dos apoyos por arista, compensación de momentos e incremento de carga axial en los pilares*



*Nota.* Imagen generada por el autor.

### 3. Rótulas en las Coronas de los Pilares.

La solución de los pilares debía absorber unas cargas axiales considerables y resolver un problema que la estrategia de compensación de momentos hereda a los elementos de apoyo: la transmisión de momentos flectores desde las vigas a los pilares.

Mies opta por una sección cruciforme de sección variable cuyo uso no se había visto en sus obras realizadas en América.

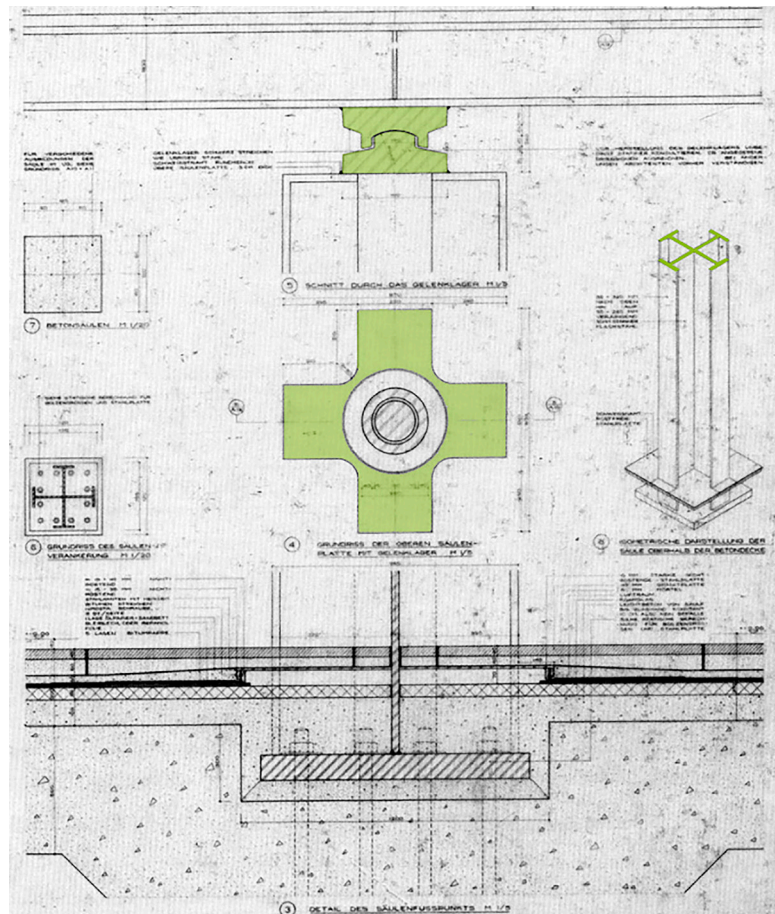
Entonces, el esquema estructural de compensación de momentos flectores, por un lado, reduce el efecto de deflexión en las vigas, pero, por otro lado, transmite un momento notable a las

columnas, lo que provoca que estas trabajen a flexo-compresión. Para esto, Mies se decanta por una estrategia estructural que desconecta la transmisión de momentos flectores hacia los pilares, lo que emula constructivamente lo que, en estructuras, se conoce como apoyo articulado. Así, Mies revela una profunda comprensión de la transmisión de esfuerzos y del comportamiento estructural al emplear un sistema de rótula en las coronas de los pilares, lo que logra desvincular la transmisión de momentos flectores desde las vigas a los pilares.

Este detalle estructural simultáneamente tiene una implicación morfológica, ya que separa visualmente los elementos constructivos horizontales de los verticales, lo que brinda un detalle de transición formal y constituye a esta estrategia como una de las soluciones que mejor coordina la eficiencia estructural con la estética del proyecto. Mies demuestra un interés constante en la pureza formal y la simplicidad estructural. En este análisis, podemos valorar cómo un recurso de diseño no solo resuelve desafíos técnicos, estructurales y constructivos, sino que también añade una capa adicional de expresión visual al proyecto.

### Figura 15

*Detalle constructivo de rótula en corona de pilares en la Nueva Galería Nacional de Berlín, 1962 - 1968, Ludwig Mies Van der Rohe, Berlín, Alemania*



Nota. Adaptado de *20th Century Architecture* [Fotografía], por el autor, 2017, en <http://architecture-history.org/architects/architects/MIES%20VAN%20DER%20ROHE/objects/1968,%20Neue%20Nationalgalerie,%20Berlin,%20Germany.html>.

**Figura 16**

*Detalle constructivo de rótula en corona de pilares en la Nueva Galería Nacional de Berlín, 1962 - 1968, Ludwig Mies Van der Rohe, Berlín, Alemania*



*Nota.* Adaptado de *20th Century Architecture* [Fotografía], por el autor, 2017, en <http://architecture-history.org/architects/architects/MIES%20VAN%20DER%20ROHE/objects/1968,%20Neue%20Nationalgalerie,%20Berlin,%20Germany.html>.

#### **4. Sistema de Entramado Bidireccional de Vigas en Cubierta.**

La estructura no deja de plantear volados de 18 m y una luz entre pilares de 28.8 m, a pesar de resolver óptimamente el planteamiento de los apoyos en correspondencia con la compensación de momentos y la transmisión de esfuerzos entre elementos horizontales y verticales, además de la sintonía con la intención arquitectónica de lograr una planta libre. Por ello, la estructura de cubierta debe ser lo suficientemente rígida para controlar

las deflexiones esperadas con este tipo de características. Esta rigidez se logra gracias a un sistema de vigas reticulares en dos direcciones, lo que conforma una estructura reticular que distribuye internamente los esfuerzos y limita notablemente las deformaciones. Esta estrategia permite reducir hasta la doceava parte de la deformación que se tendría en una estructura con cuatro apoyos en las esquinas y, aproximadamente, a la tercera parte de la misma estructura sin el sistema reticular bidireccional

**Figura 17**

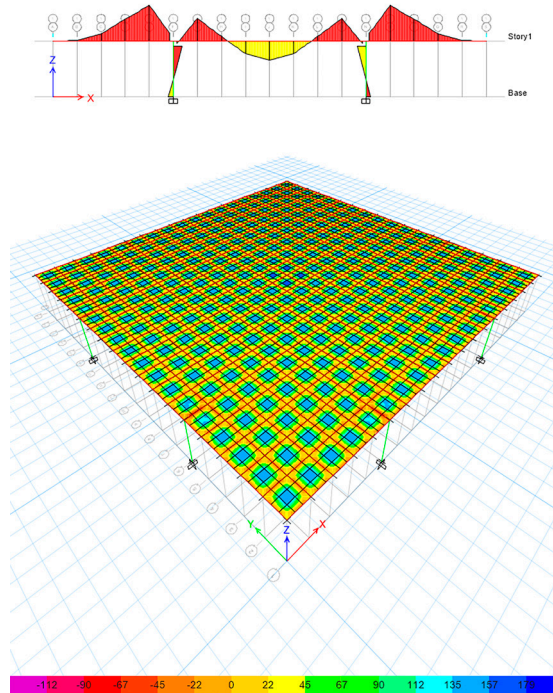
*Relación y proporción del sistema reticular bidireccional de vigas en la Nueva Galería Nacional de Berlín, 1962 - 1965, Ludwig Mies Van der Rohe, Berlín, Alemania*



*Nota.* Adaptado de *20th Century Architecture* [Fotografía], por el autor, 2017, en <http://architecture-history.org/architects/architects/MIES%20VAN%20DER%20ROHE/objects/1968,%20Neue%20Nationalgalerie,%20Berlin,%20Germany.html>.

**Figura 18**

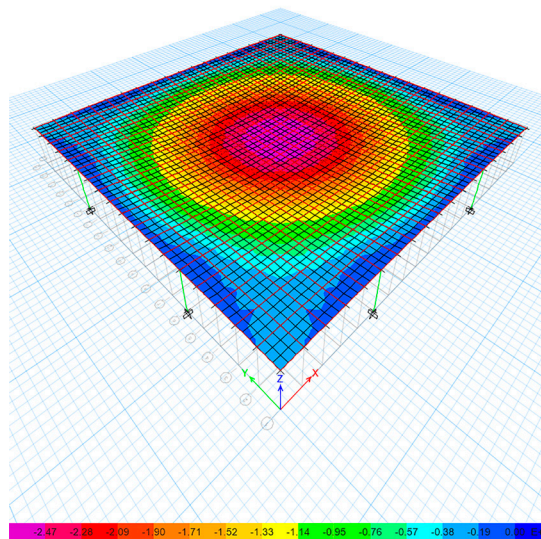
Diagrama de momentos de un sistema reticular bidireccional con ocho apoyos, dos en cada arista sin apoyar las esquinas.- Imagen generada en el análisis de un modelo de elementos finitos



Nota. Imagen generada por el autor.

**Figura 19**

Diagrama de deformación de un sistema reticular bidireccional con ocho apoyos, dos en cada arista sin apoyar las esquinas.- Imagen generada en el análisis de un modelo de elementos finitos



Nota. Imagen generada por el autor.



## Discusión

Para Mies, su retorno a Europa, y específicamente a Alemania, representó una resurrección de los ideales arquitectónicos cultivados previos a su exilio, y la independencia de un enclaustramiento dentro de su propia morfosintaxis madurada en su ejercicio profesional en América.

La estructura transmite la sublime tranquilidad del monumento y sus elementos transluce los valores de la técnica que Alemania ponía a su servicio. La Neue Nationalgalerie consigue alcanzar la integración de dos aspectos fundamentales en la tradición edificatoria occidental: el racionalismo estructural, por un lado, y el clasicismo romántico por otro (Llombart, 2018).

La obra de Mies pone en manifiesto que la forma, la función y la estructura no son los únicos aspectos que intervienen en la planificación de un proyecto. La diversidad es compleja y su análisis abarca múltiples factores como:

- Entorno urbano y contexto.
- Clima y condiciones atmosféricas.
- Topografía.
- Mecánica de suelos y geología.
- Economía.
- Sustentabilidad.
- Gestión energética.
- Sistemas de automatización.
- Confort.
- Seguridad.
- Instalaciones de abastecimiento y evacuación.
- Comunicaciones.
- Factores sociales y culturales.

Se deben señalar algunos factores que forman parte de la compleja empresa que representa la planificación arquitectónica, donde la gestión de estos componentes, sus relaciones e interacciones debe manejarse de manera integral, equilibrada y armónica.

Cuando se alcance un justo equilibrio entre lo estructural o necesario y lo decorativo o superficial y cuando la misión de esto último sea subrayar o contrapuntar el tema fundamental que es la estructura, se habrá logrado una verdadera arquitectura que valdrá la pena de consolidar en estilo (Candela, 1995).

Desde la perspectiva proyectual, se revela la incuestionable correspondencia entre la concepción del espacio y su forma, con el aprovechamiento de los principios estructurales como una herramienta más de diseño, el conocimiento de las capacidades y limitaciones que brindan los materiales, así como el profundo entendimiento de las técnicas constructivas y, sobre todo, de los principios fundamentales de las estructuras. Todas estas son magistralmente integradas por el pragmatismo funcionalista y la experiencia técnica desarrollada por Mies Van Der Rohe en sus 23 años de exilio en América.

## Conclusiones

Mediante este análisis, se pretende facilitar la reflexión de la influencia y la marcada implicación entre la configuración formal y el planteamiento estructural de un proyecto. Esto se hace factible por medio de un entendimiento profundo de los fenómenos físicos y mecánicos que envuelven a la solución constructiva y estructural de un proyecto.

La arquitectura contiene, en su resultado, una asociación de dependencias y conexiones que se conceptualizan a través del planteamiento estructural y se exteriorizan a través del lenguaje formal, así como la técnica y el detalle constructivo. Estas, de manera global, solucionan un propósito funcional; de esta manera, la solución arquitectónica debe considerar, para su desarrollo, el cúmulo de variables que encierran la complejidad racional, sensorial y pragmática de manera simultánea, sistémica y armónica.

En esto reside la importancia de que la ejecución de la obra y la disposición de los elementos estructurales estén en armonía con la función que el edificio pretende cumplir. La estructura confiere a la arquitectura una geometría y una modulación que se ajustan a las capacidades mecánicas de los materiales y a sus proporciones, lo que asegura la integridad y funcionalidad del diseño arquitectónico.

La configuración, la geometría, las proporciones y las dimensiones de los elementos estructurales moldean la forma y la espacialidad del proyecto arquitectónico. Esta estrecha relación entre el espacio y los materiales subyace en toda obra arquitectónica, lo que fundamenta la esencia de la arquitectura en la integración indispensable entre forma, función y estructura.

Estructura y forma son producto de fases importantes del comportamiento humano: análisis, conocimiento, comprensión, invención y producción. El arquitecto, muchas veces, se dirige hacia la estructura a través de la forma; pero el arquitecto creativo se dirige hacia la forma a través de la estructura, no con carácter exclusivo, sino como un alternar de estados de relación (Díaz, 2010).

En la actualidad, la especialización, de alguna manera, ha forzado a separar el valor racional, la creatividad y el pragmatismo. Sin embargo, es crucial integrarlos en la arquitectura y en la vida cotidiana. El afán de alcanzar una constitución equilibrada entre la racionalidad del científico, la expresividad del creador y la utilidad del pragmático beneficia tanto a la arquitectura como a los diferentes aspectos que atañen la existencia humana.

A través del análisis de esta obra icónica de la arquitectura moderna, se comprende que, más allá de su presencia arquitectónica, debía constituirse en una declaración de los principios fundamentados en el funcionalismo, la técnica y la libertad promulgados por el movimiento moderno. Además, esto ocurría en una Alemania sumida en graves problemas políticos y económicos que eran consecuencia de la postguerra. Esta formalización sobria de un edificio "proclama al unísono la abstracción, la razón y la técnica como fundamentos de una forma de pensamiento que aspiraba poner orden en el caos de un tiempo conflictivo." (Llombart, 2018, p. 293)

La intención de este artículo, además de exponer el extraordinario manejo técnico de Mies Van der Rohe, pretende valorar la significación que tiene la formación politécnica dentro de la arquitectura. Un claro entendimiento de los principios estructurales, así como la destreza racional con el que se resuelven los detalles constructivos deben entenderse como fundamentos primordiales en la arquitectura. El adecuado manejo de los recursos técnicos permite al arquitecto optimizar no solamente las demandas materiales de un proyecto, sino, sobre todo, los procesos de diseño.

**Declaración de conflicto de intereses:** Los autores declaran no tener conflictos de interés.

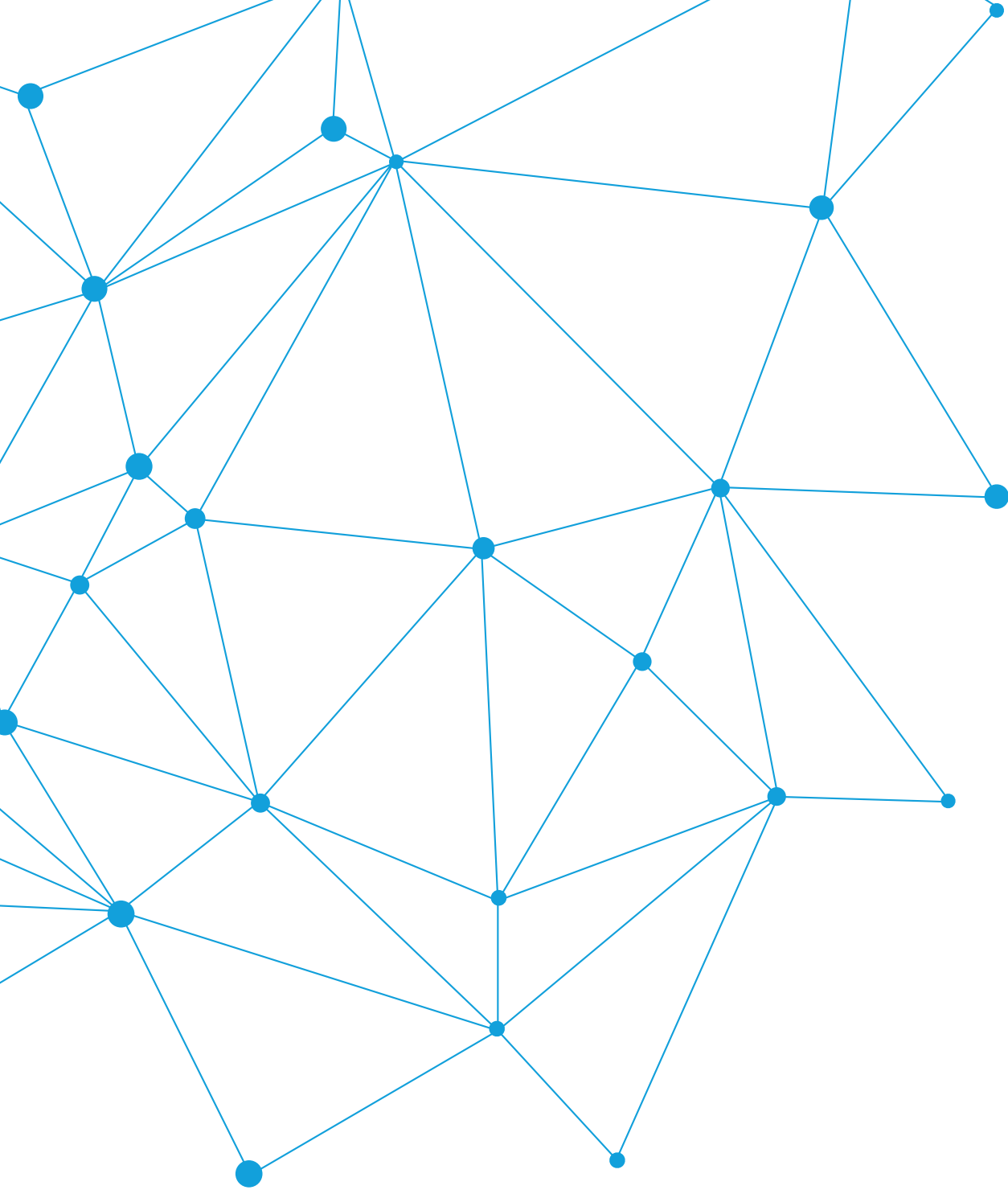
**Declaración de contribución de los autores:** A continuación, se menciona la contribución de cada autor, en correspondencia con su participación, utilizando la Taxonomía Crédit:

- Luis Enrique Barrera Peñafiel: Administración del proyecto, Análisis formal, Conceptualización, Investigación, Metodología, Recursos, Redacción-borrador original, Redacción-revisión y edición, Software, Visualización.
- Jaime Augusto Guerra Galán: Curaduría de datos, Supervisión, Validación.



## Referencias

- Azulay, M. (2012). *El proyecto arquitectónico: Paradigma de la complejidad*. 4 IAU 4ª Jornadas Internacionales sobre Investigación en Arquitectura y Urbanismo. Valencia, España.
- Barrera, L. (2017). *La incidencia de la estructura en el proceso proyectual arquitectónico: una aproximación a través de la obra de Javier García-Solera y David Gallardo Llopis* [Universidad de Cuenca]. <http://dspace.uclm.es/handle/123456789/28123>
- Beghini, L. L., Beghini, A., Katz, N., Baker, W. F., y Paulino, G. H. (2014). Connecting architecture and engineering through structural topology optimization. *Engineering Structures*, 59, 716–726. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2013.10.032>
- Candela, F. (1995). Un Justo equilibrio. *Tectónica 3 - Hormigón (I) "In Situ,"* 2–3.
- Díaz, S. (2010). *Diseño de Estructuras Para Arquitectura*. Independiente.
- Endres, P. D., y Wetzel, C. (2013). Structure and architecture in the design studio. En P. Cruz (Ed.), *Structures and Architecture: Concepts, Applications and Challenges*. (pp. 1875-1882).
- Hürol, Y. (2014). Ethical considerations for a better collaboration between architects and structural engineers: design of buildings with reinforced concrete frame systems in earthquake zones. *Science and Engineering Ethics*, 20(2), 597–612. <https://doi.org/10.1007/s11948-013-9453-4>
- Llombart, J. (2018). *Neue National Galerie y la construcción del lugar*. Universidad de Zaragoza.
- Lyon, A., y García, R. (2013). Forma Arquitectónica y Estructura a Través de la Optimización Topológica: Nuevos Métodos Para Antiguos Problemas. *Revista Aus*, (14), 27–30. <https://doi.org/10.4206/aus.2013.n14-07>
- Manum, B., y Nilsen, D. (2013). Engineers and the role of structures in architecture. En P. Cruz (Ed.). *Structures and Architecture: Concepts, Applications and Challenges*. (pp. 1727-1734).
- Moore, F. (2000). *Comprensión de las estructuras en arquitectura*. McGraw-Hill Companies.
- Morín, E. (2004). *Introducción al pensamiento complejo*. Gedisa.
- Salvadori, M. G., y Heller, R. (1992). *Estructuras para arquitectos*. Nobuko.
- Songel, J. M. (2008). *Frei Otto - Conversación con Juan María Songel*. Editorial Gustavo Gili, S.A.
- Torroja, E. (2011). *Razón y ser de los tipos estructurales*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.



## Exploración Del Diseño Paramétrico Con Materiales Terrosos Para Panelería Interior

### *Exploration Of Parametric Design With Earthy Materials For Interior Paneling*



Segundo Freddy Naula Aucapiña  
Investigador independiente, Ecuador

freddyn924@gmail.com  
ORCID: 0009-0008-7063-9842

Christian Geovanny Sigcha Cedillo  
Universidad del Azuay, Ecuador

csigcha@uazuay.edu.ec  
ORCID: 0009-0003-2480-8151

Recibido: 02/09/2024  
Aceptado: 11/11/2024

## Resumen

El objetivo principal de la investigación experimental es analizar las cualidades de los materiales terrosos, como la arcilla y el barro, que tienen un gran valor cultural y una amplia aplicación en espacios interiores. Además, se exploran métodos de diseño que están en auge en la actualidad, al centrarse en la aplicación del diseño paramétrico. Se plantea el diseño de paneles a partir de estos materiales terrosos, a los cuales se les añaden otros tipos de materiales, para analizar sus reacciones en cuanto a su composición física. Con el método de experimentación aplicado, se logra determinar las aplicaciones más viables de estos materiales, tanto en sus formas como en su composición, y así poder ensamblar paneles que pueden generar flexibilidad en cuanto a su composición dentro del espacio. El uso de software especializado permite crear patrones paramétricos con las piezas de materiales terrosos, los cuales pueden ser reconfigurados de manera sencilla por los usuarios gracias a los sistemas de anclaje, sujeción y unión diseñados para lograr esta flexibilidad de configuración de los paneles. La investigación proporciona una perspectiva innovadora sobre el uso de materiales tradicionales, en combinación con métodos de diseño contemporáneos, lo que puede influir en la evolución de prácticas arquitectónicas y de diseño de interiores.

**Palabras clave:** arcilla, materiales tradicionales, diseño paramétrico, diseño interior, panelería, configuración espacial.

---

## Abstract

*The main objective of the experimental research is to analyze the qualities of earthy materials, such as clay and mud, which hold significant cultural value and wide application in interior spaces. In addition, it explores design methods that are currently on the rise, focusing on the application of parametric design. The design of panels using these earthy materials is proposed, to which other types of materials are added in order to analyze their reactions in terms of their physical composition. With the method of experimentation applied, it is possible to determine the most viable applications of these materials, both in their shapes and composition, and thus assemble panels that can generate flexibility in their composition within the space. The use of specialized software allows the creation of parametric patterns with the pieces of earthy materials, which can be easily reconfigured by users thanks to the anchoring, fastening, and joining systems designed to achieve this flexibility in the configuration of the panels. The research provides an innovative perspective on the use of traditional materials in combination with contemporary design methods, potentially influencing the evolution of architectural and interior design practices.*

**Keywords:** clay, traditional materials, parametric design, interior design, paneling, spatial configuration.

## Introducción

El diseño interior ejemplifica un equilibrio meticuloso entre estética, funcionalidad y confort, al constituirse como un campo que engloba la planificación, el diseño y la concepción de espacios interiores. La elección de materiales es un componente vital en la consecución de este equilibrio, ya que incide directamente en la percepción visual, la textura y la durabilidad de los espacios. En este sentido, y en el contexto local de la ciudad de Cuenca, los materiales terrosos tienen un gran valor cultural; tanto así que las viviendas que cuentan con estos materiales son consideradas patrimonio cultural.

Por lo tanto, el uso de estos materiales se erige como una manifestación palpable de dicho equilibrio, al conjugar estética, funcionalidad y sostenibilidad, lo que infunde en los espacios una textura perceptible, una calidez visual y una conexión tangible con la naturaleza. La integración del diseño interior con los materiales terrosos también ilustra una simbiosis innovadora entre tradición y modernidad. Esta relación se concreta mediante la combinación de materiales terrosos y el diseño paramétrico, lo que da lugar a elementos personalizados que responden a las necesidades específicas de cada proyecto. A lo largo de distintas investigaciones, se han estudiado las propiedades y aplicaciones de los materiales terrosos en el espacio, pero no se ha indagado lo suficiente en su aplicación en paneles que utilizan el diseño paramétrico como herramienta.

Por ello, la finalidad de esta investigación es explorar cómo la integración de materiales terrosos en el diseño de paneles puede potenciar sus cualidades estéticas, funcionales y sostenibles en espacios interiores residenciales. Además, se quiere examinar el potencial del diseño paramétrico en la creación de paneles flexibles y personalizados, que pueden deslizarse, rotar o plegarse según el diseño del panel y las necesidades del espacio.

De esta manera, se realiza una revisión bibliográfica de teorías de diseño y conceptos, además de la revisión de casos similares que se hayan aplicado. Las herramientas de investigación serán la investigación bibliográfica, la investigación de campo con entrevistas y encuestas y la recopilación de datos en tablas. Con la información recabada, se llevan a cabo experimentaciones con arcilla y barro para observar su comportamiento con diferentes formas, su combinación con otros materiales y acabados aplicados. Finalmente, se realizan propuestas de diseño de paneles aplicados en el espacio que analizan diversos parámetros aplicados en los paneles y cómo se comportan en diferentes espacios residenciales.

### ***Geometría y Naturaleza en el Diseño Interior para Generar Espacios Innovadores***

Los conceptos del diseño paramétrico se basan en la utilización de algoritmos y parámetros para generar formas y estructuras complejas que se pueden adaptar a diferentes necesidades. Por otro lado, y en el contexto del diseño de interiores, el uso de materiales terrosos cobra una gran importancia debido a su conexión con la naturaleza y su

capacidad para crear ambientes cálidos y acogedores. La aplicación de estos materiales en paneles interiores, en combinación con el enfoque del diseño paramétrico, ofrece la oportunidad de crear espacios innovadores y sostenibles, donde la geometría y la textura se fusionan de manera armoniosa. Este enfoque permite explorar nuevas posibilidades estéticas y funcionales, lo que redefine la relación entre el entorno construido y la naturaleza.

### ***Influencia de la Tecnología en la Creación de Espacios Interiores***

La tecnología ha revolucionado el campo del diseño de interiores, al permitir el desarrollo de software especializado que facilita la creación de representaciones digitales en 2D y 3D de los espacios. Estos programas ofrecen herramientas avanzadas para la visualización y planificación de diseños, lo que ayuda a los diseñadores a comunicar sus ideas de manera más efectiva.

Es relevante destacar las posibles relaciones entre el BIM y las herramientas como la integración de aplicaciones de diseño paramétrico. Estas herramientas no solo facilitan la creación de geometrías complejas, sino que también pueden automatizar tareas y optimizar los flujos de trabajo interdisciplinarios (Arteta, 2022).

Gracias a estas nuevas herramientas tecnológicas de diseño, se ha podido llegar a diseños más complejos y especializados. Como lo mencionan Rodas y Benavides (2017): "La tecnología informática ha dado a los diseñadores y arquitectos las herramientas para analizar y simular la complejidad observada en la naturaleza y aplicarla a formas estructurales de construcción y los mecanismos de organización urbana" (p. 42).

### ***¿Qué es el Diseño Paramétrico?***

Un parámetro en ingeniería y arquitectura se basa en el uso de valores o variables para definir y controlar las características de un modelo o diseño. Estos parámetros pueden ajustarse y modificarse para generar diferentes variaciones del diseño, sin necesidad de reconstruirlo desde cero. Esto incluye medidas, proporciones, ángulos, materiales, texturas y más. Se definen en software especializado que utiliza ecuaciones y algoritmos para generar el diseño con base en los valores ingresados.

El diseño paramétrico, según la visión de Alexander et al. (1977), busca establecer una relación estrecha entre los parámetros de diseño y las características del entorno, de manera que el

diseño se ajuste de manera óptima a su contexto. De esta manera, la arquitectura paramétrica es una forma de concebir el diseño y proyecto arquitectónico que aprovecha las tecnologías informáticas de diseño automático. Programas como Rhinoceros y Grasshopper son ejemplos de software específicos utilizados en este enfoque.

### ***Aplicaciones del Diseño Paramétrico***

El diseño paramétrico tiene una amplia gama de aplicaciones prácticas en diversos campos estéticos, en el área de la arquitectura y la ingeniería, para crear viviendas, oficinas, puentes y edificios comerciales. Además, también se puede aplicar en el diseño de interiores, al crear muebles, techos, paredes, sillones y objetos decorativos únicos (Vázquez, 2020).

En algunos casos, se aplican como diseños arquitectónicos de cubiertas y cerramientos de edificios, donde se consideran los efectos climáticos específicos del lugar, como las condiciones de iluminación solar. Esto implica disponer de aberturas que se orienten estratégicamente para aprovechar al máximo la luz solar, lo que a su vez puede influir en la estética general del diseño. De esta manera, se logra una integración armónica entre la funcionalidad y la estética, lo que crea edificaciones que responden de manera inteligente a su entorno climático (Navarrete, 2014).

### ***El Diseño Paramétrico en el Diseño Interior***

El diseño paramétrico desempeña un papel esencial en el diseño interior, al ofrecer una amplia variedad de aplicaciones prácticas y estéticas que lo hacen único en su enfoque. Su capacidad para considerar los efectos climáticos y las condiciones de iluminación solar es crucial para crear espacios que se adapten de manera inteligente a su entorno. Por ejemplo, al diseñar aberturas estratégicas que aprovechen al máximo la luz natural, se logra una iluminación adecuada y se reduce la dependencia de la iluminación artificial. Esto no solo contribuye a la eficiencia energética, sino que también crea ambientes acogedores y saludables.

Además, el diseño paramétrico ofrece una flexibilidad excepcional a la hora de crear formas, particiones y patrones personalizados. Esta flexibilidad permite adaptar cada elemento del diseño a las necesidades y preferencias individuales de los habitantes.

### ***Los Materiales en el Espacio***

Los materiales tienen un impacto significativo en la estética y el estilo de un espacio. Cada material aporta características visuales únicas que contribuyen a la apariencia general del ambiente. Rodríguez (2016) define a los materiales como un recurso para conseguir lo expresivo y puede variar según se maneje el material y lo que se necesite conseguir en el espacio.

Además, los materiales también influyen en la percepción del tamaño y la forma de un espacio. El uso de materiales claros y reflectantes puede hacer que un espacio parezca más grande y más luminoso, mientras que los materiales oscuros pueden crear una sensación de intimidad y calidez en espacios más pequeños. La utilización de los materiales influye directamente en un criterio tecnológico; es decir, influye la forma de colocación, construcción o constitución en el espacio, hasta la forma de producción de cada uno de ellos.

### ***Materiales Terrosos***

Los materiales terrosos son aquellos compuestos por partículas finas de origen mineral y orgánico que conforman la capa superficial de la corteza terrestre. Estos materiales desempeñan un papel crucial en diversas aplicaciones industriales, ambientales y geotécnicas, lo que motiva un estudio detallado de sus propiedades y comportamiento.

El término *material de tierra* se utiliza para referirse a los suelos, sedimentos, arcillas, limos y cualquier otro material natural compuesto por partículas finas provenientes de la descomposición de rocas, minerales y materia orgánica. Como mencionan Guzmán e Iñiguez (2015), los sistemas

constructivos en tierra han sido empleados considerablemente desde épocas inmemoriales alrededor del planeta. Desempeñan un papel fundamental en la construcción de viviendas, ya que se utilizan en diversas etapas del proceso constructivo, desde la construcción de cimientos, muros y acabados que proporcionan estabilidad, resistencia y aislamiento. Esto contribuye a la calidad y eficiencia de las edificaciones.

### ***Materiales Terrosos como parte de la Identidad Cultural***

La comprensión de los materiales abarca mucho más que la simple aplicación individual de lo artístico. Implica considerar aspectos como la integridad de la estructura, la disponibilidad en el entorno, los métodos de producción, el impacto ambiental a largo y corto plazo, la viabilidad económica e incluso los vínculos emocionales que la comunidad experimenta desde su identidad cultural, cuando se trata del patrimonio material.

En este contexto, y para Aguirre (2021), cualquier material que sea adecuadamente interpretado tiene la capacidad de desentrañar el significado de la arquitectura y unir aspectos de historia, economía, sociedad y geografía, siempre y cuando mantenga su relevancia a lo largo del tiempo.

De esta manera, se ejemplifica el concepto de Ancient Materials, en donde los materiales antiguos, al ser examinados y analizados mediante técnicas científicas especializadas para obtener información histórica, constituyen una parte integral de un conjunto más amplio que se investiga desde una perspectiva histórica para identificar su origen, utilización, alteraciones y otros aspectos relevantes. Desde esta vertiente, los materiales son principalmente objetos de interés de las ciencias humanas y sociales relacionadas con campos como la arqueología, la historia del arte, la historia de las ciencias y las técnicas (Bertrand *et al.*, 2013).



### ***Materiales Terrosos en el Diseño Interior***

Los materiales terrosos en el diseño interior ofrecen una serie de beneficios. En primer lugar, crean un ambiente cálido y acogedor, al transmitir una sensación de conexión con la naturaleza. Estos materiales, cuando se elaboran adecuadamente, pueden ser duraderos y resistentes, además de que son versátiles y se adaptan a diferentes estilos de diseño, ya sea un enfoque rústico y natural o una estética moderna y minimalista.

En el contexto local, la implementación de materiales terrosos en el diseño interior no va más allá de su uso tradicional. Por ejemplo, las tejas de arcilla se siguen utilizando para el recubrimiento de tejados, mientras que el adobe tiene un uso muy escaso y no ha habido mayores innovaciones en su aplicación. Sin embargo, el ladrillo es un material que ha tenido más aplicaciones y, gracias a sus características físicas y formales, ha generado diseños más llamativos. Por ello, cada vez es más utilizado con propósitos expresivos. Como mencionan Aguirre y Sanz (2017): "El uso de la tierra y la arcilla es histórico. El conocimiento de sus derivados, como el ladrillo y la teja, y sus múltiples tipos, demanda la aproximación científica como instrumento certero para su conservación curativa" (p. 12).

### ***La Panelería como Elemento Constitutivo Flexible en el Diseño Interior***

En el diseño interior, se pueden encontrar elementos divisores de espacios como paneles, tabiques y mamparas. Cada uno de estos componentes tiene un rol específico en la configuración y división de espacios, además de sumar a la estética y funcionalidad del diseño.

Se destaca que las paredes, paneles, tabiques y mamparas son elementos que se encuentran en constante exposición visual para el usuario, siempre a la altura de la vista. Por lo tanto, y a través de la aplicación de criterios antropométricos, es posible realizar modificaciones de todo tipo, ya sea al agregar o eliminar elementos que pueden

adoptar diversas formas y estilos. Esto se adapta al concepto de diseño particular de cada espacio (Peñafiel, 2017).

En lugar de compartir demasiado las habitaciones de una misma casa para quienes lo cohabitan, se puede, por ejemplo, mantener la privacidad con cuidado por medio de muebles o dispositivos móviles. Como resultado, los espacios no compartimentados permiten la flexibilidad y adaptación espacial de los usuarios (Florio & Tagliari, 2021).

Los paneles son elementos arquitectónicos que no solo permiten organizar y delimitar áreas, sino que también añaden estilo y flexibilidad a un espacio. Su capacidad de movimiento, reconfiguración, e incluso plegado, los convierte en una opción versátil para adaptar el espacio a diferentes usos o cambiar la distribución, según sea necesario.

La elaboración y ensamblaje de los paneles son aspectos clave que los definen como elementos flexibles. Por ejemplo, los paneles pueden ser prefabricados y luego ensamblados en el lugar, lo que permite una construcción más rápida y eficiente. Además, pueden ser modulares, lo que significa que se pueden desmontar y reutilizar en diferentes configuraciones.

### **Metodología**

#### ***Aplicación de Metodologías de Investigación***

Para alcanzar el objetivo del análisis y evaluación de las características físicas y estructurales de los materiales terrosos, así como las herramientas y tecnologías disponibles para su implementación en diseños paramétricos complejos en la construcción, se ha llevado a cabo un exhaustivo análisis bibliográfico que sienta las bases teóricas de la investigación. Además, el trabajo de campo ha sido crucial, ya que se hizo una observación directa de los espacios y la región, así como de la comunidad vinculada a la producción y distribución de estos materiales.

Esta aproximación ha proporcionado una comprensión profunda de las características de los materiales terrosos, así como de las necesidades

y expectativas de la comunidad involucrada en su uso. La información recopilada durante este proceso ayuda a la creación de criterios de diseño relevantes. Estos criterios buscan garantizar que los materiales terrosos sean implementados de manera efectiva en la panelería, lo que permite una interacción armoniosa y flexible con los usuarios y un impacto positivo en los espacios interiores residenciales.

### ***Revisión sobre las Propiedades Térmicas Referidas al Material***

La revisión sobre las propiedades térmicas de los materiales se justifica por su relevancia en el ámbito del diseño de interiores y la arquitectura. Esta revisión ayuda a una comprensión detallada de cómo los materiales reaccionan ante las variaciones de temperatura y su capacidad para influir en el confort térmico y la eficiencia energética de los espacios construidos.

Al profundizar en las propiedades térmicas de los materiales, se obtiene una visión integral de aspectos como la conductividad térmica, la capacidad de almacenamiento de calor, la resistencia al flujo de calor y otros atributos que impactan directamente en el rendimiento térmico de los materiales. Esta comprensión detallada permite tomar decisiones informadas en cuanto a la selección de materiales para aplicaciones específicas, al considerar su idoneidad para regular la temperatura interior, minimizar la pérdida de calor o frío y contribuir a la sostenibilidad ambiental.

### **Contextualización de la Arcilla en el Medio Local**

Con el acercamiento a fábricas, artesanos y diseñadores especializados en la producción de materiales de arcilla, se obtiene una comprensión detallada y multidimensional de los procesos, consideraciones y criterios que influyen en la selección y utilización de la arcilla en la fabricación de elementos fundamentales para la construcción y el diseño de interiores. Este acercamiento se centra en explorar no solo la composición química y física de

la arcilla, sino también en comprender los criterios técnicos, estéticos, culturales y prácticos que orientan las decisiones relacionadas con su uso.

Al profundizar en el cómo se maneja la arcilla, se busca obtener información específica sobre la composición mineralógica de la arcilla, sus propiedades físicas y químicas relevantes para su procesamiento y aplicación en la producción de elementos constructivos. Además, se pretende comprender, en detalle, los factores que influyen en la selección de arcillas específicas, lo que incluye las consideraciones de disponibilidad de recursos, sostenibilidad, resistencia, plasticidad, color, textura y otros atributos que impactan en la calidad y el rendimiento de los productos finales.

El objetivo final del acercamiento a la arcilla en el medio local es abordar la optimización de la calidad del producto final, al explorar procesos de producción, técnicas de manipulación de la arcilla, métodos de cocción, acabados superficiales y otros aspectos relevantes que influyen en la manufactura de elementos de arcilla, para su aplicación en paneles interiores y otros componentes arquitectónicos. Al obtener perspectivas directas de expertos en el campo, enriquece significativamente el conocimiento sobre la elección y uso de la arcilla en el contexto de la construcción sostenible y el diseño de interiores innovador.

### ***Consideraciones de Profesionales en el Área del Diseño y la Construcción en Relación a los Materiales y el Espacio***

Los profesionales dentro del área del diseño y la construcción ofrecen una comprensión detallada de cómo conceptualizan el espacio, los materiales y las emociones evocadas por estos elementos en proyectos arquitectónicos y de diseño interior. A través de estas consideraciones profesionales, se busca no solo identificar las percepciones y enfoques actuales en relación con la intersección entre diseño, materiales y emociones, sino también comprender, en profundidad, la toma de decisiones en la configuración de espacios habitables.

### *Análisis de los Resultados Obtenidos Previo a la Experimentación*

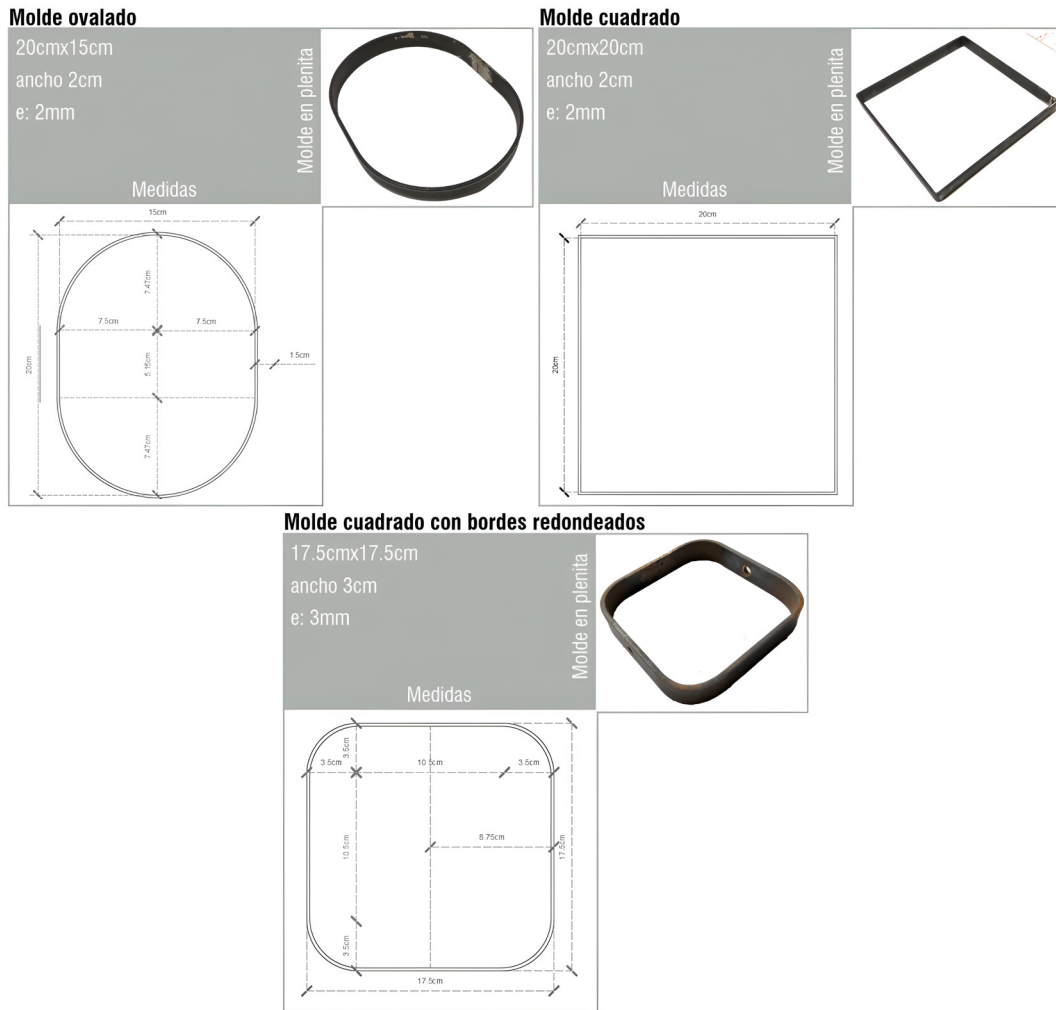
**Factores que Influyen en la Resistencia de la Arcilla en el Medio Local.** Se determina que la forma de los materiales influencia, en gran medida, en su resistencia; sin embargo, es importante destacar que hay otros factores que entran en juego y que pueden tener un impacto aún mayor en la resistencia final del producto. Uno de estos factores es la correcta dosificación de las arcillas. Otro factor esencial para garantizar la resistencia de los materiales es la adecuada quema de las arcillas. El proceso de quema, cuando se realiza correctamente y a la temperatura adecuada, contribuye a fortalecer la resistencia de la arcilla. Tanto en la producción artesanal como en la industrializada, se pueden lograr diversas formas de producto, lo que incluye orgánicas, cilíndricas u onduladas. La resistencia de estas formas depende, en gran medida, de la correcta quema a la temperatura adecuada.

En lo que respecta a los moldes utilizados para dar forma a la arcilla, en la producción industrializada, la forma del producto final depende de la boquilla a través de la cual se extruye la arcilla. Este sistema de prensado involucra la colocación de la arcilla dosificada y húmeda en una prensa, que luego se presiona hasta que la arcilla salga por la boquilla, donde toma la forma deseada. En contraste, en la producción artesanal, se utilizan moldes individuales principalmente de madera. La arcilla se coloca en estos moldes y se deja reposar hasta que alcanza una cierta resistencia, antes de ser sometida al proceso de cocción. Esta técnica permite una mayor flexibilidad en cuanto a las formas que se pueden lograr, pero también requiere una mayor atención al detalle y una mayor inversión de tiempo.

### *Fabricación de Moldes*

El análisis realizado anteriormente se ha usado para la elaboración experimental de moldes. Por tanto, se elaboran tres tipos de molduras: ovalado de 20cm x 15cm, cuadrado de 20cm x 20cm y cuadrado con los bordes redondeados de 17.5cm x 17.5cm. Estos moldes se realizaron en pletinas metálicas con un ancho de 3cm (en el caso de los moldes cuadrados con los bordes redondeados) y 2cm de ancho (en los moldes ovalados y cuadrados). Se elige este material para los moldes debido a su resistencia y a su fácil y rápida fabricación. Las formas que se usan, tanto en los moldes como en las piezas terrosas ya elaboradas, se debe a las posibles conformaciones que se les pueden aplicar dentro del diseño paramétrico. Al ser formas geométricas, facilitan su manipulación, tanto en su fabricación como en su ensamblaje en paneles.

**Figura 1**  
*Moldes experimentales*



Nota. Moldes elaborados en pletinas metálicas.

**Experimentación como Metodología de Investigación**

Esta experimentación se perfila como una metodología de investigación importante en el estudio de los materiales terrosos. Esta técnica se centra en la indagación meticulosa de estos materiales, al procurar un entendimiento profundo de las propiedades y comportamientos inherentes

a los mismos en una variedad de condiciones. El enfoque se ancla en la exploración de su composición física, las formas potenciales que pueden adquirir y los acabados que son susceptibles de ser aplicados. El propósito de tales experimentaciones trasciende la mera observación superficial para adentrarse en un análisis riguroso de cómo estos materiales reaccionan a diversas circunstancias. Se investiga su respuesta a tensiones, a variaciones

ambientales y distintos procesos de fabricación; por ejemplo, podría analizarse ser su comportamiento al combinarse con otros materiales con el fin de potenciar sus condiciones físicas, como el peso, la resistencia, la conductividad térmica y acústica, y su pigmentación.

Con esto, se busca identificar y analizar los resultados que sean aplicables para la creación de paneles interiores, los cuales se desarrollan bajo la exploración del diseño paramétrico. Se adapta a patrones que sean idóneos para su elaboración y que satisfagan criterios de funcionalidad, expresividad y sensibilidad propuestos.

A través de este análisis, se pretende obtener un conocimiento detallado de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales terrosos. Se indaga, igualmente, en su comportamiento frente a factores externos como la humedad, la temperatura y el desgaste. Finalmente, se evalúa la viabilidad de diferentes formas y acabados que consideran no sólo su funcionalidad, sino también su estética y durabilidad. De este modo, la experimentación se convierte en un instrumento esencial que guía la innovación y el diseño en la utilización.

### ***Exploración y Experimentación con Software de Diseño Paramétrico***




La experimentación con el diseño paramétrico mediante *Rhinoceros* y *Grasshopper* se lleva a cabo con el objetivo de explorar las formas propuestas. La elección de estos programas se justifica por su capacidad para manejar geometrías complejas y su enfoque basado en algoritmos, lo que permite a los diseñadores manipular parámetros de manera intuitiva y dinámica.

El primer paso en la experimentación es la definición de un conjunto de parámetros que influyen en la geometría del modelo. Estos parámetros pueden incluir dimensiones, ángulos y la cantidad de repeticiones de ciertos elementos. A través de *Grasshopper*, se creó un modelo generativo donde la modificación de un solo parámetro resultaba en cambios automáticos en toda la estructura. Posteriormente, se llevaron a cabo varias iteraciones del diseño. Cada vez que se ajustan los parámetros, se analiza el resultado en términos de estética, funcionalidad y temas sensitivos. Esto permite una evaluación continua del diseño, lo que proporciona una retroalimentación instantánea sobre cómo los cambios afectan la forma final. Finalmente, la experimentación culmina en la creación de un modelo 3D que no solo es visualmente impactante, sino que también responde a criterios específicos propuestos.

### ***Experimentación con Distintos Materiales***

El desarrollo de una tabla de experimentación tiene el fin de detallar las características de las piezas terrosas, lo que incluye su forma, medidas y espesores. Además, se considera la interacción de estos elementos con otros materiales como el aserrín, cemento, plástico, guaie y paja, lo cual es crucial para determinar las propiedades finales del producto. Asimismo, se incluyen sistemas de anclaje, unión y acabados; estos son aspectos esenciales para asegurar la funcionalidad y durabilidad del material en su aplicación final. La importancia de esta tabla reside en su capacidad para facilitar el análisis comparativo y la toma de decisiones, lo que permite optimizar el diseño y la composición de las piezas para alcanzar los resultados deseados.

**Tabla 1***Tabla de experimentación*

Tabla de experimentación		Pieza OV	Pieza C	Pieza R
				
Medidas		17cmx13cm e: 1.5cm	20cmx20cm e: 1.5cm	17.5cmx17.5cm e: 3cm
Materiales con los que los combinará, tomando al barro y a la arcilla como materiales principales		barro + guaipe	barro + guaipe	barro + guaipe
		barro + paja	barro + paja	barro + paja
		arcilla	arcilla	arcilla
		arcilla + aserrín	arcilla + aserrín	arcilla + aserrín
		arcilla + metal	arcilla + cemento	arcilla + cemento
		arcilla + plástico		
Elementos de anclaje o unión		anillo de anclaje	anillo de anclaje	unión con tornillos hexagonales
		anclaje tipo araña	anclaje tipo araña	unión con mortero
		arcilla	anclaje rectangular con tuerca hexagonal	
Terminados		tinturado	tinturado	tinturado
		barnizado	barnizado	barnizado
		esmaltado	esmaltado	esmaltado
		pintado	pintado	pintado

## Resultados

### *Resultados Obtenidos de la Experimentación*

El estudio se enfocó en la experimentación con barro para adobes y arcilla para ladrillos; además, se centró en evaluar las propiedades y características intrínsecas de estos materiales terrosos, así como su interacción con otros materiales como aserrín, plástico, metal, cemento y otros tipos de arcillas. Esto ha revelado resultados satisfactorios en cuanto a cómo mejorar y aprovechar sus características físicas y aumentar la funcionalidad de estos materiales, lo que optimiza su resistencia en estructuras y su capacidad expresiva.

Se ha encontrado, mediante una serie de pruebas, que el espesor óptimo para las piezas de construcción se sitúa entre dos y cinco centímetros. Este rango permite obtener una resistencia adecuada sin comprometer la facilidad de manipulación de las piezas. Las piezas más gruesas, asimismo, han demostrado tener una resistencia superior, lo que sugiere su uso en estructuras que deben soportar cargas más pesadas.

En cuanto al tiempo de secado, el cual es esencial para garantizar la consistencia y durabilidad de los materiales, se ha determinado que un período de hasta 25 días es el adecuado antes de proceder con el proceso de quema. Este tiempo permite que las piezas adquieran la consistencia necesaria para su uso posterior.

Una de las revelaciones más notables de estas pruebas ha sido la ligereza de las piezas de arcilla combinadas con aserrín. La incorporación de aserrín reduce significativamente el peso de las piezas, sin comprometer su resistencia, lo que facilita su transporte y manipulación en el sitio de construcción. El peso que llegan a tener las piezas ovaladas de arcilla con aserrín tras su quema es de 356g, mientras que las piezas ovaladas solo contienen arcilla y, tras su quema, tienen un peso de 572g. En cuanto a las piezas cuadradas, las que poseen aserrín llegan a un peso de 629g, mientras que las que no poseen aserrín llegan a pesar 782g.

En relación con el proceso de quema, se identificó que la combinación de materiales como el aserrín o el plástico con la arcilla requiere una reducción en la temperatura de quema. Esta necesidad surge debido a la rápida combustión de estos componentes, los cuales pueden descomponerse o quemarse de manera acelerada si la temperatura de quema no se ajusta con precisión. Un incremento excesivo de la temperatura podría comprometer la integridad de las piezas, lo que ocasiona fallas estructurales que disminuyen su resistencia y du-

rabilidad. Por ello, se estableció un control térmico riguroso que permitió preservar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales. Las piezas que contenían materiales como el aserrín, plástico y hasta el cemento se quemaron a una temperatura de 600°C, mientras que las piezas que solo contenían arcilla necesitaron una temperatura que alcanzó los 900°C.

Además, el análisis concluye que el barnizado puede presentar mejores acabados para estas piezas. El barniz protege las piezas de la humedad, un factor crucial para la durabilidad de cualquier estructura. Además, el barniz resalta las texturas visuales y táctiles de los materiales, lo que proporciona un acabado estéticamente atractivo y duradero. Estos resultados son una puerta abierta a nuevas posibilidades de construcción, en particular para paneles flexibles. Promueven el uso de materiales naturales y la optimización de los recursos, lo que favorece la construcción de estructuras sólidas y estéticamente atractivas, al mismo tiempo que se respeta el medio ambiente.

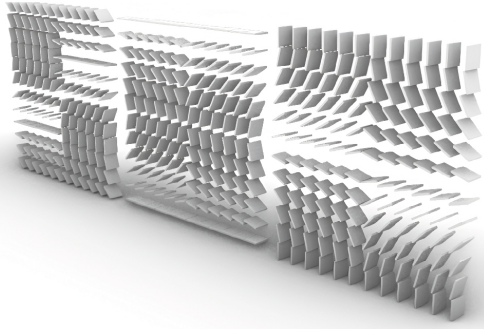
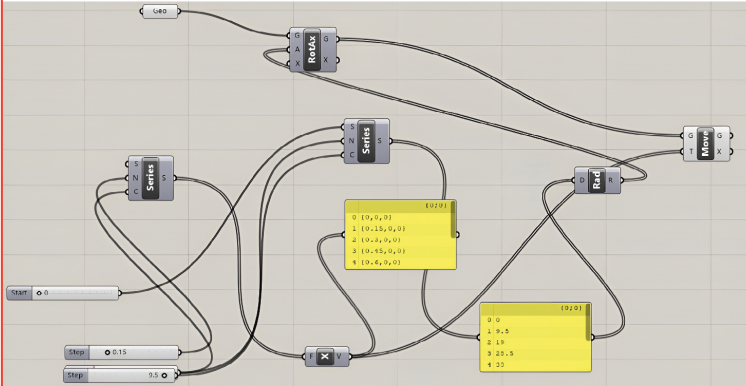





**Tabla 2**  
Composición paramétrica placa ovalada

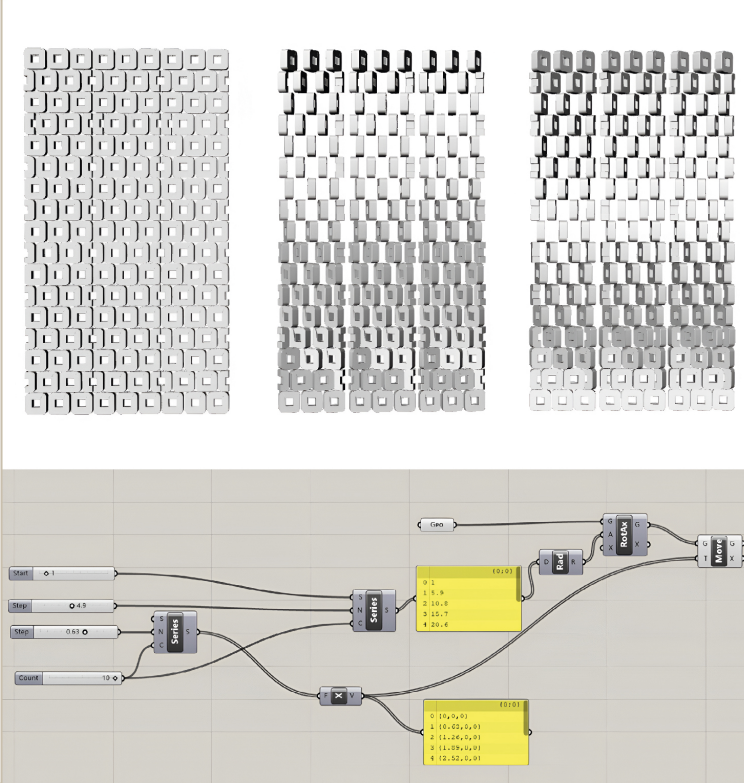



<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">COMPOSICIÓN PARAMÉTRICA</p>			
<p>PIEZA</p> <p>Pieza ovalada de barro + guaípe, con terminado barnizado y con anillo de anclaje</p>			
<p>CRITERIOS</p>			
<p>Funcional</p>	<p>La pieza no presenta grietas en su proceso de secado</p>		<p>Fácil ensamblaje</p>
<p>Expresivo</p>	<p>Con su quema obtiene tonos anaranjados</p>	<p>Su textura y color naranja se satura y su textura se vuelve mas lisa</p>	<p>Se genera un contraste llamativo con el metal</p>
<p>Tecnológico</p>	<p>Soportan una quema a mayor temperatura, lo que hace que sean más resistentes</p>	<p>Posee una textura lisa lo que facilita la aplicación del barniz</p>	<p>Los anillos de anclaje soportan el peso de la pieza</p>
<p>Sensitivo</p>	<p>Posee tonalidades anaranjadas uniformes</p>	<p>Con el barniz se genera una textura brillante y reflectiva</p>	<p>Se puede generar movimiento al colocar la pieza en diferentes posiciones</p>

Tabla 3

Composición paramétrica placa cuadrada

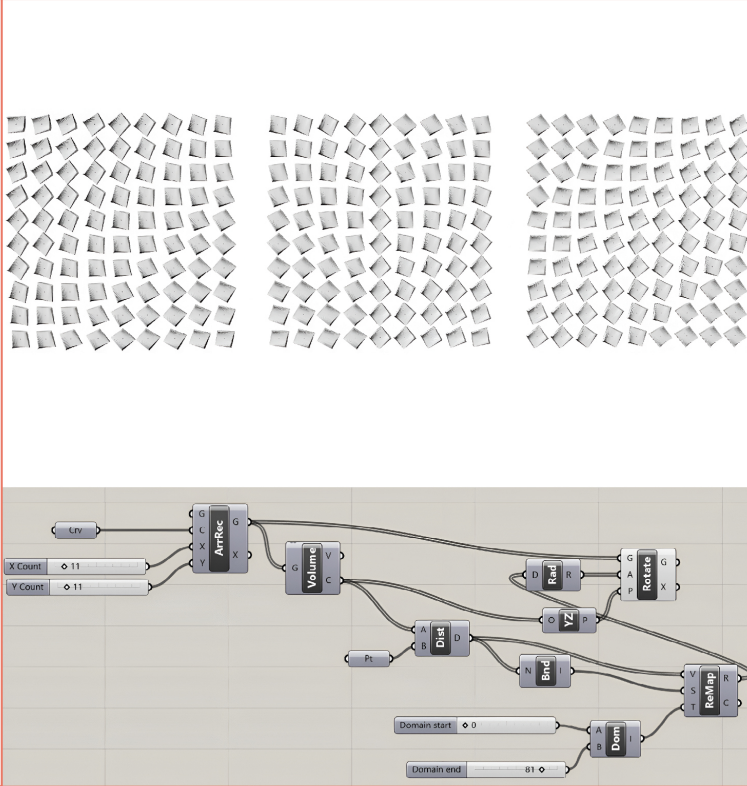



COMPOSICIÓN PARAMÉTRICA			
			
<b>PIEZA</b>  Pieza cuadrada de arcilla + aserrín con terminado barnizado y pieza de anclaje rectangular			
<b>CRITERIOS</b>			
Funcional	La pieza no presenta grietas en su proceso de secado		Fácil ensamblaje
Expresivo	Con su quema obtiene tonos anaranjados	Mantiene su textura rugosa	Se genera un contraste llamativo con el metal
Tecnológico	Su tiempo de secado y quemado es más corto	Su porosidad ayuda a la absorción del barniz	Son mas ligeras
Sensitivo	Posee tonalidades anaranjadas uniformes y son más ligeras a la manipulación	Con el barniz se genera una textura brillante y reflectiva	Se puede generar movimiento al colocar la pieza en diferentes posiciones

**Tabla 4**  
Composición paramétrica placa perforada

<p>COMPOSICIÓN PARAMÉTRICA</p>			
<p>PIEZA</p> <p>Pieza cuadrada con bordes redondeados de arcilla + cemento con terminado barnizado</p>			
<p>CRITERIOS</p>			
<p>Funcional</p>	<p>La pieza no presenta grietas en su proceso de secado</p>		<p>Fácil ensamblaje</p>
<p>Expresivo</p>	<p>Con su quema obtiene tonos beige claros</p>	<p>Su textura y tono beige se satura y su textura se vuelve más lisa</p>	
<p>Tecnológico</p>	<p>Su tiempo de secado y quemado es más corto</p>	<p>Posee una textura lisa lo que facilita la aplicación del barniz</p>	<p>Se puede realizar perforaciones de manera sencilla</p>
<p>Sensitivo</p>	<p>Posee tonalidades uniformes</p>	<p>Con el barniz se genera una textura brillante y reflectiva</p>	<p>Se puede generar movimiento al rotar la pieza</p>



**Tabla 5**  
Composición paramétrica placa ondulada

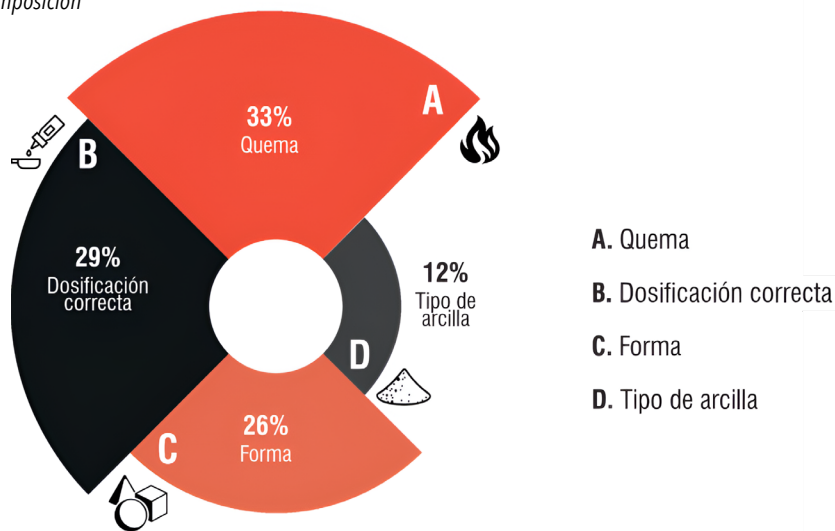
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">COMPOSICIÓN PARAMÉTRICA</p>			
<p>PIEZA</p> <p>Pieza ondulada de arcilla con terminado barnizado con tuerca hexagonal</p>			
<p>CRITERIOS</p>			
<p>Funcional</p>	<p>La pieza no presenta grietas en su proceso de secado</p>		<p>Fácil ensamblaje</p>
<p>Expresivo</p>	<p>Con su quema obtiene tonos anaranjados</p>	<p>Su textura y color naranja se satura y su textura se vuelve mas lisa</p>	<p>Presenta ondulaciones en sus esquinas las cuales genera movimiento en la pieza</p>
<p>Tecnológico</p>	<p>Soportan una quema a mayor temperatura, lo que hace que sean más resistentes</p>	<p>Posee una textura lisa lo que facilita la aplicación del barniz</p>	<p>Los pernos se ajustan de manera eficiente a la pieza.</p>
<p>Sensitivo</p>	<p>Posee tonalidades anaranjadas uniformes</p>	<p>Con el barniz se genera una textura brillante y reflectiva</p>	<p>Se puede generar movimiento al colocar la pieza en diferentes posiciones</p>

### ***Influencia de la Forma en la Resistencia y Producción de Materiales***

Se destaca que la forma de los materiales influye significativamente en su resistencia. Sin embargo, otros factores como la correcta dosificación de las arcillas y el proceso de quema también tienen un impacto crucial en la resistencia final del producto.

En cuanto a la producción artesanal e industrializada, se observa que la forma del producto final depende del método de producción. En la producción industrializada, la forma del producto final depende de la boquilla a través de la cual se extruye la arcilla, mientras que en la producción artesanal se utilizan moldes individuales, principalmente de madera, lo que permite una mayor flexibilidad en las formas que se pueden lograr. Esta técnica requiere más atención al detalle y tiempo.

**Figura 2**  
*Proceso de composición*



### ***Optimización de Recursos y Estética en Piezas de Arcilla Cocida***

Un punto relevante que se descubrió durante la experimentación fue la notable ligereza de las piezas de arcilla con aserrín. Esta combinación de materiales permite reducir significativamente el peso de las piezas, sin comprometer en gran medida su resistencia. Esta característica resulta especialmente beneficiosa en construcciones donde el peso es un factor crítico, aparte de que la ligereza de estas piezas facilita su transporte y manipulación. Esto puede contribuir a la eficiencia y economía de la construcción.

Además de los aspectos técnicos, también se exploraron aspectos estéticos y de acabado de las piezas de materiales terrosos. Se concluyó que el mejor terminado para estas piezas es el barnizado. El barniz no solo protege las piezas de la humedad y los agentes externos, sino que también resalta las texturas visuales y táctiles de los materiales terrosos, lo que potencia su belleza natural. El barnizado proporciona un acabado estético, atractivo y duradero, que puede aumentar el valor de las construcciones realizadas con estos materiales.

Estos hallazgos abren nuevas posibilidades de construcción para panelería flexible en su composición, además de que se promueve el uso de materiales naturales y la optimización de recursos en la construcción de estructuras sólidas y estéticamente atractivas.

**Figura 3***Placas obtenidas de la experimentación***Pieza OV.**

- Arcilla cocida de 13cmx17cm
- Espesor de 1.5cm
- Terminado barnizado

**Pieza C.**

- Arcilla cocida con aserrín de 20cmx20cm
- Espesor de 1.5cm
- Terminado barnizado

**Pieza ON.**

- Arcilla cocida de 20cmx20cm
- Espesor de 1.5cm
- Terminado barnizado

**Pieza R.**

- Arcilla cocida con cemento de 13cmx17cm
- Espesor de 1.5cm
- Terminado barnizado

### Propuestas de Diseño

#### Propuesta Panel OV.

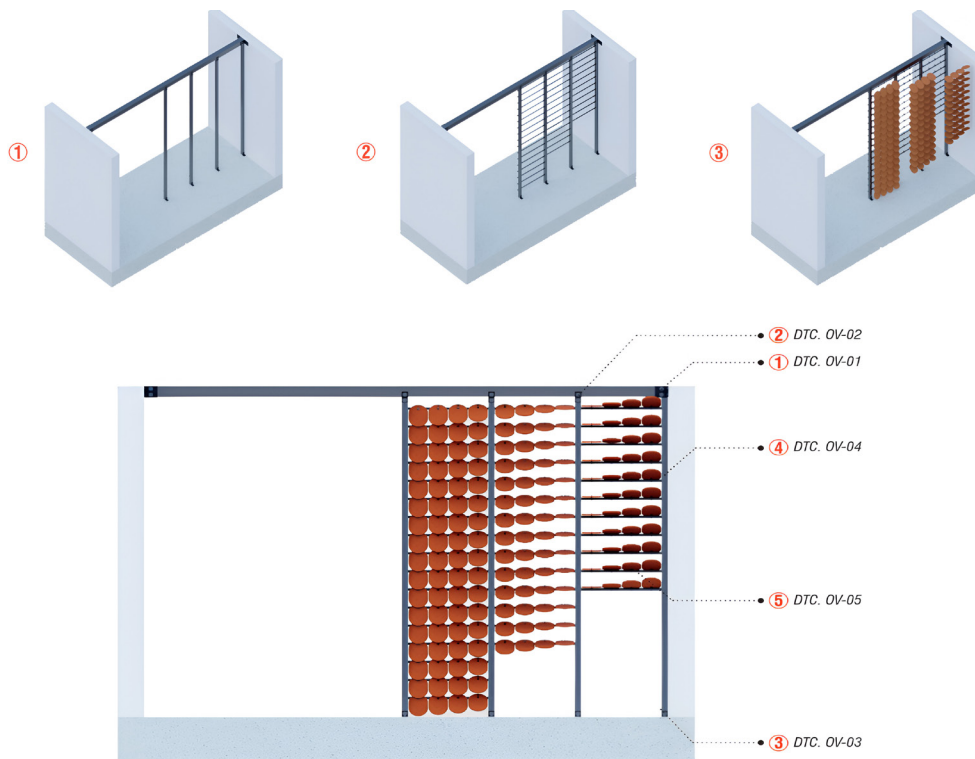
**Figura 4***Panejería OV*

En el caso de esta propuesta, se han diseñado paneles de 120 cm de ancho por 240 cm de alto, al considerar el sistema modular aplicado en el medio constructivo. Estos paneles se trabajan en módulos de 60cm de ancho, pero también se pueden configurar para formar disposiciones dobles o triples, según las necesidades constructivas espaciales.

Las piezas de arcilla, denominadas como "OV", se sujetan mediante anillos de anclaje a un tubo redondo de 1" de diámetro. A su vez, este tubo se encuentra anclado a tuberías cuadradas de 4cmx4cm, a una distancia de 12 cm de altura. Por último, los tubos cuadrados se anclan a los marcos estructurales.

### Sistema de Ensamblaje en Panel OV.

**Figura 5**  
Sistema de ensamblaje Panel OV





## Propuesta Panel C

**Figura 6**  
Panelería C

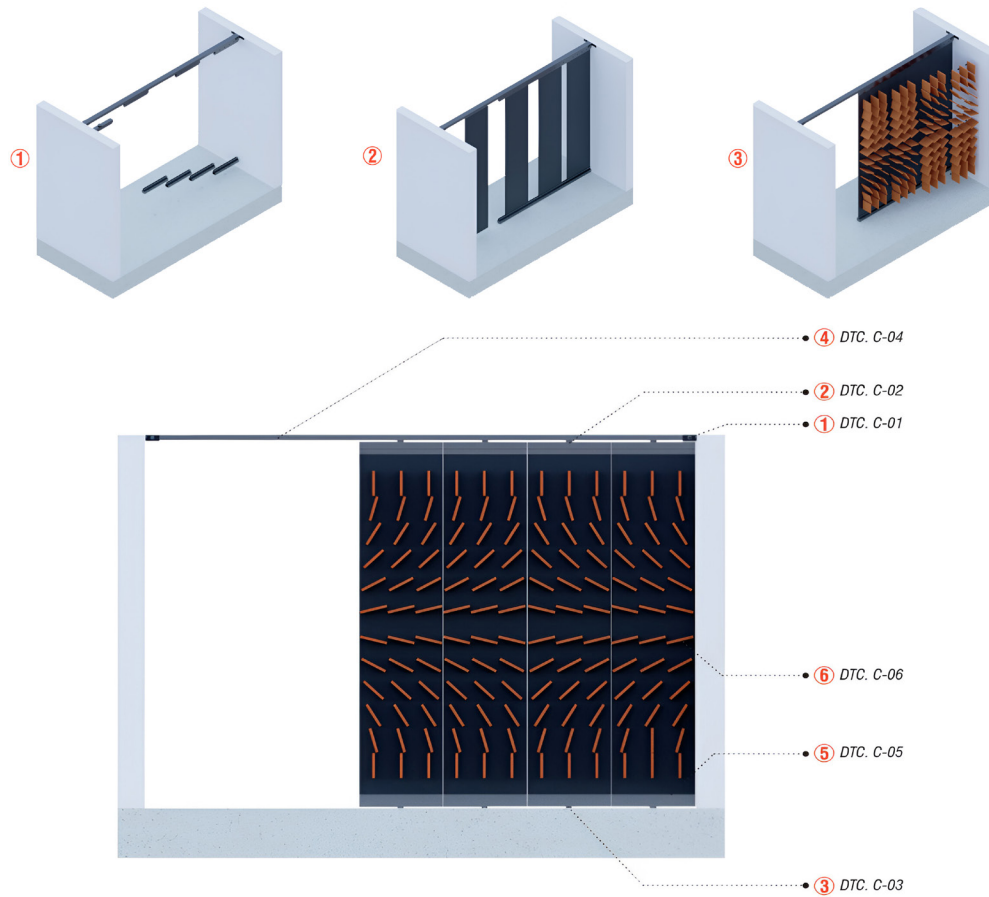


Los paneles C están diseñados en módulos de 60cm de ancho. Cuentan con estructuras, las cuales permiten rotar al panel 360°. Este sistema de rotación ofrece una libertad de diseño para adaptarse fácilmente a un sinnúmero de espacios y preferencias estéticas.

Las piezas de arcilla, denominadas como "C", se anclan de manera segura mediante tuercas de rosca de 1" de diámetro. Estas tuercas robustas y confiables se insertan a través de un tablero de MDF de 1,5cm de espesor, lo que proporciona una base sólida eficiente para las piezas. Las mismas están ancladas a una pieza metálica que se aferra firmemente a la tuerca. Este mecanismo permite que las piezas roten libremente a lo largo de la escala completa de graduación.

### Sistema de Ensamblaje en Panel C

**Figura 7**  
Sistema de ensamblaje Panel C



## Propuesta Paneles C-T

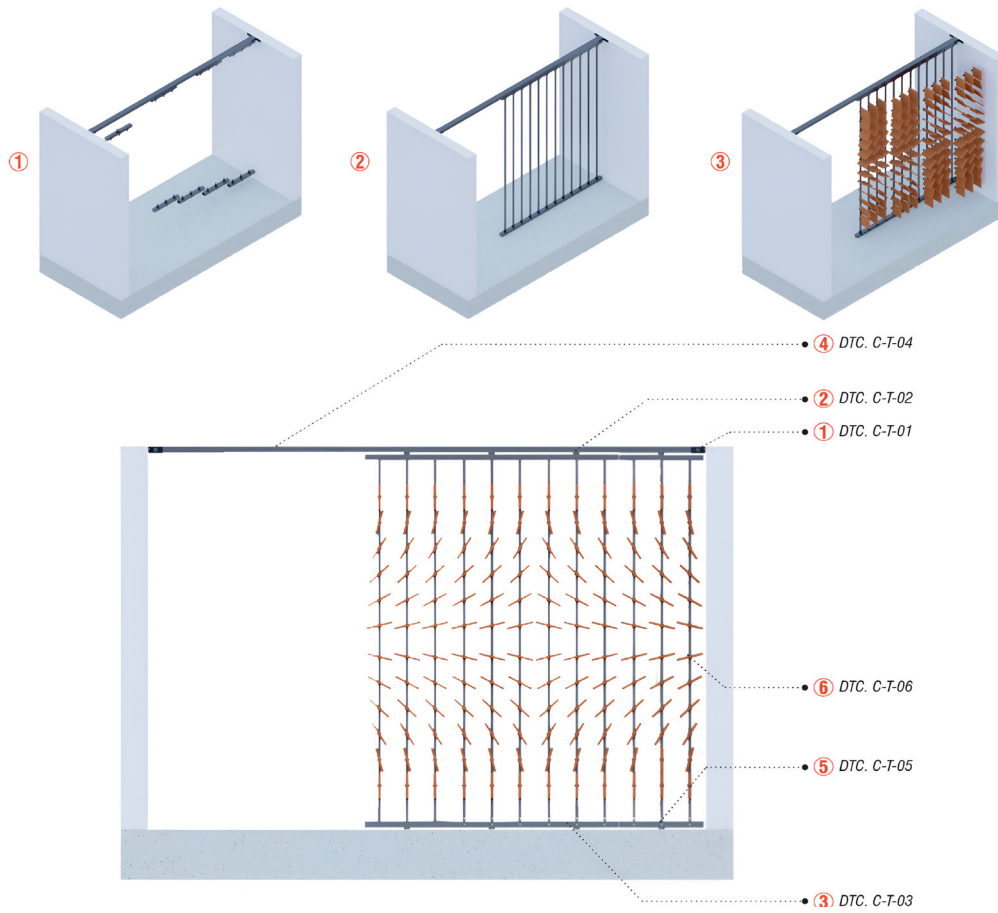
**Figura 8**  
*Panejería C-T*



Los paneles C-T están diseñados en módulos de 60 cm de ancho; cuentan con estructuras, las cuales permiten rotar al panel a 360°. Este grado de rotación ofrece una libertad de diseño para adaptarse fácilmente a varios espacios y preferencias estéticas.

### Sistema de Ensamblaje en Panel C-T

**Figura 9**  
*Sistema de ensamblaje Panel C-T*



## Propuesta Panel ON

**Figura 10**  
*Panelería ON*



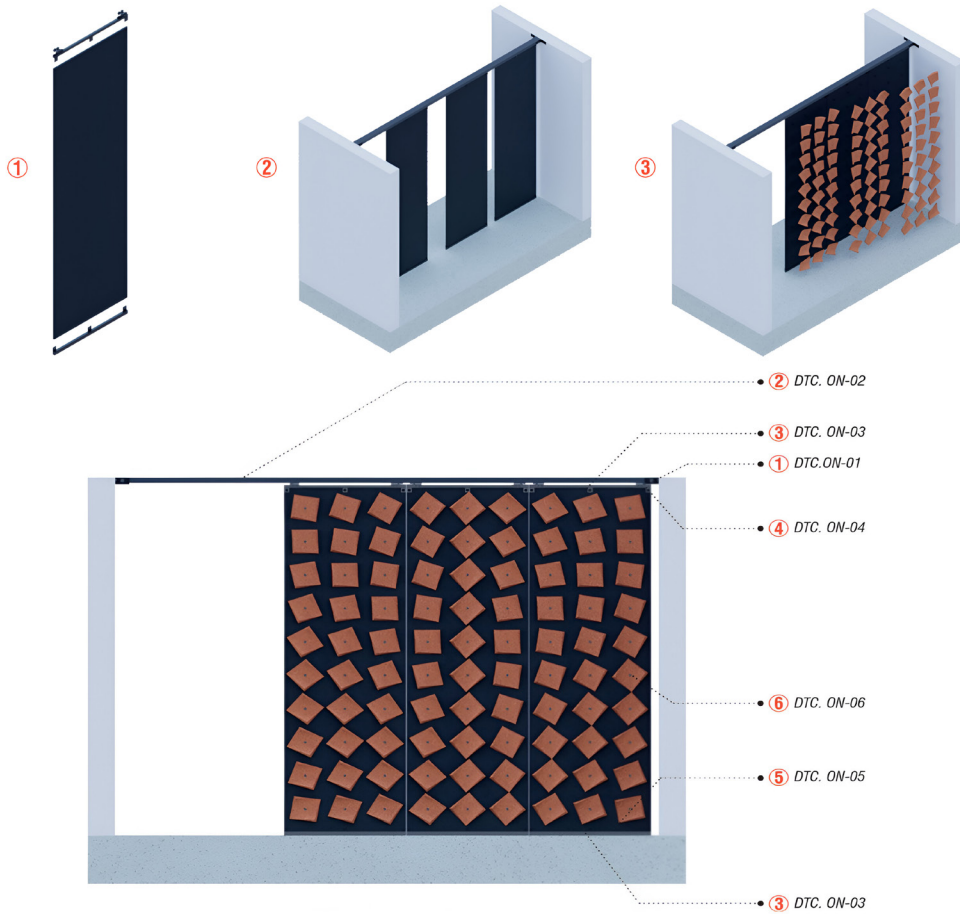
Los paneles ON, diseñados en módulos de 60cm de ancho, cuentan con estructuras que permiten un deslizamiento suave y sin esfuerzo. Esta capacidad de deslizamiento brinda una libertad en el diseño, ya que se adapta fácilmente a una amplia variedad de espacios y preferencias estéticas.

Las piezas de arcilla, denominadas "ON", se anclan de manera segura mediante tuercas de rosca de 1" de diámetro. Estas tuercas, que son robustas y confiables, se insertan a través de un tablero de MDF de 1,5cm de espesor, lo que proporciona una base sólida para las piezas ON. Además, las tuercas permiten que las piezas giren de forma segura y sin complicaciones, lo que brinda una experiencia de diseño versátil y dinámica.



### Sistema de Ensamblaje en Panel ON

**Figura 11**  
*Sistema de ensamblaje Panel ON*





## Propuesta Panel R

**Figura 12**  
*Panejería R*

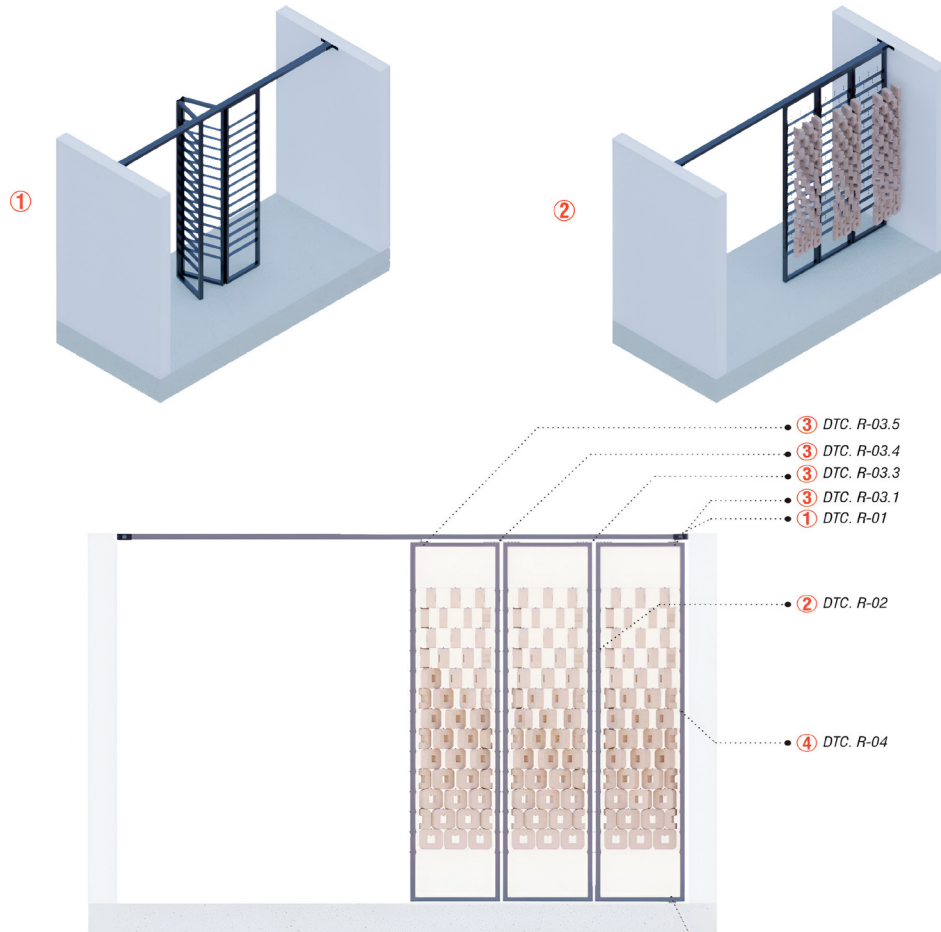


Los paneles R, diseñados en módulos de 60 cm de ancho, cuentan con estructuras que permiten su plegado de manera suave y sin esfuerzo. Esta capacidad de plegado brinda una libertad de diseño, ya que se adaptan fácilmente a una amplia variedad de espacios y preferencias estéticas.

Las piezas de arcilla, denominadas "R", se sujetan de manera segura mediante tuercas de rosca de 2". Estas tuercas, que son robustas y confiables, se insertan a través de pletinas de 6 cm con un espesor de 5 mm, que sirven como soporte para las piezas de arcilla. Esto proporciona una base sólida para las piezas R, lo que hace que las tuercas permitan que las piezas giren de forma segura y sin complicaciones. Esto brinda una experiencia de diseño versátil y dinámica.

### Sistema de Ensamblaje en Panel R

**Figura 13**  
Sistema de ensamblaje Panel R



### Discusión y Conclusiones

La exploración del diseño paramétrico aplicado a la creación de paneles con materiales terrosos para espacios interiores residenciales ha evidenciado un vasto potencial, a la vez que ha revelado ciertos desafíos técnicos que deben ser gestionados con precisión. Los resultados de las experimentaciones realizadas proporcionan un panorama claro sobre las posibilidades y limitaciones técnicas de la combinación de estos materiales y tecnologías.

Uno de los hallazgos más importantes es la identificación del espesor óptimo de las piezas de material terroso, que se sitúan en torno a los dos centímetros. Este espesor no solo asegura una resistencia adecuada para el uso en paneles de interior, sino que también mantiene una manejabilidad eficiente durante el proceso de fabricación. Además, los ensayos confirmaron que un período de secado de hasta 25 días resulta esencial para alcanzar la consistencia adecuada antes de la cocción, lo que minimiza el riesgo de fisuras o deformaciones en las piezas. Este dato numérico, asociado con el comportamiento de los materiales, refleja una relación directa entre el tiempo de secado, la calidad y la resistencia final, tanto de las piezas individuales como estructurales, una vez implementadas en los paneles.

Otro aspecto relevante es el amasado de la arcilla. Los datos experimentales subrayan la importancia de un amasado uniforme, ya que un proceso deficiente puede resultar en la formación de burbujas de aire dentro de las piezas, lo cual, durante el proceso de quema, puede llevar a una rotura o explosión debido a la presión interna. Este hallazgo técnico resalta la necesidad de controlar con precisión las condiciones del proceso de fabricación, lo que garantiza que las piezas sean estables y seguras para su uso en estructuras. En cuanto a la combinación de materiales, se observa que el uso de aserrín en la mezcla de arcilla contribuye a la reducción del peso de los paneles, lo que ofrece una ventaja significativa en aplicaciones donde la carga estructural es un factor crítico.

Por último, se comprobó que la quema de las piezas con materiales mixtos requiere de menor temperatura, a comparación de una pieza que solo contenga arcilla. En sí, las piezas con materiales mixtos necesitan, en promedio, 300°C menos que las piezas de arcilla pura. Esto se debe a que, en el caso del aserrín, su combustión rápida puede crear cavidades o debilidades internas de la pieza, mientras que el plástico puede liberar gases o deformarse de manera incontrolada, lo que genera porosidades indeseadas o afecta a la cohesión del material.

A pesar de estos avances, se han identificado algunas limitaciones en la implementación práctica de estos paneles. Las limitaciones, sobre todo, están relacionadas con la morfología de las piezas de materiales terrosos y su interacción con los sistemas constructivos existentes. Las dificultades para conseguir piezas de sujeción y anclaje estándar en el mercado, sumadas a las posibles variaciones dimensionales en los componentes fabricados de forma artesanal, pueden representar un obstáculo en la fase de montaje y ensamblaje de los paneles. Sin embargo, el diseño paramétrico aporta una capacidad de adaptación y personalización en términos de geometría y ensamblaje, lo que representa un potencial para superar estas barreras, lo que permite varias configuraciones flexibles que se ajusten a los requisitos del proyecto.

En términos más generales, este estudio establece las bases para un enfoque innovador en la creación de ambientes residenciales que no solo buscan la funcionalidad, sino también la armonía estética y táctil. La combinación de diseño paramétrico y materiales terrosos ofrece la posibilidad de crear espacios únicos, que no solo responden a las necesidades prácticas de los usuarios, sino que también promueven un entorno más sostenible y visualmente atractivo. El potencial de estos materiales para transformar la percepción y la experiencia de los espacios interiores es significativo, y abre un campo importante para su utilización, experimentación y valoración.

En conclusión, la integración de materiales terrosos con el diseño paramétrico aplicado en paneles para espacios interiores residenciales ha demostrado ser una alternativa viable y prometedora, aunque requiere una atención cuidadosa a los detalles técnicos y materiales. Los datos experimentales obtenidos, como los valores óptimos de espesor, secado y temperaturas de quema, junto con la observación de las propiedades de los materiales, proporcionan las directrices necesarias para avanzar en la fabricación de estos paneles. Para que este enfoque sea más ampliamente adoptado en la industria del diseño de interiores, se recomienda realizar más pruebas a gran escala; estas pruebas deben obtener datos adicionales y, especial-

mente, una estandarización de los procesos de fabricación y ensamblaje. De este modo, la combinación de estos métodos podría evolucionar hacia una tendencia significativa, que ofrece soluciones tanto funcionales como innovadoras para el diseño de espacios.

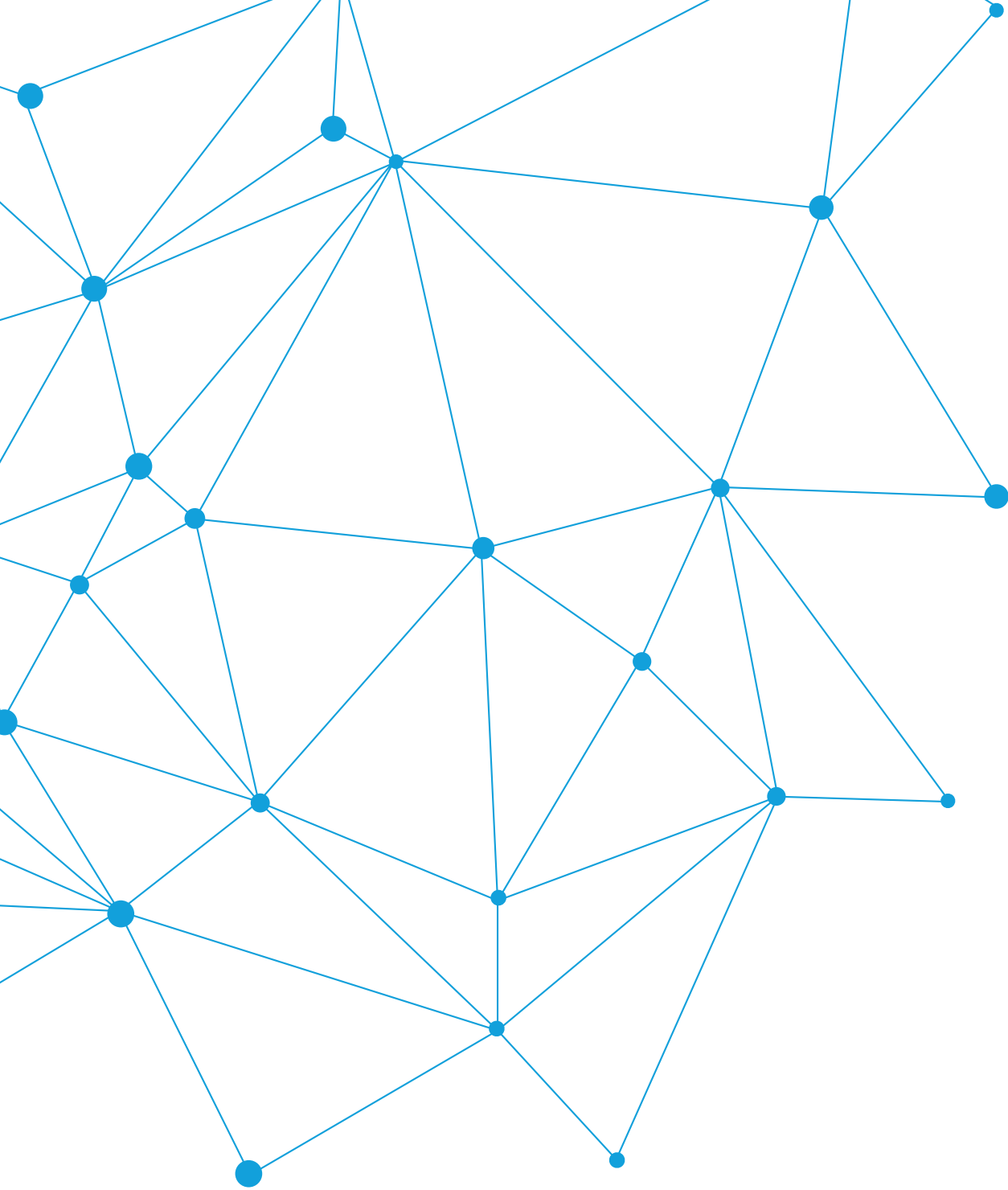
**Declaración de conflicto de intereses:** Los autores declaran no tener conflictos de interés.

**Declaración de contribución de los autores:** A continuación, se menciona la contribución de cada autor, en correspondencia con su participación, utilizando la Taxonomía Crédit:

- Segundo Freddy Naula Aucapiña: Adquisición de fondos, Análisis formal, Conceptualización, Curaduría de datos, Investigación, Metodología, Recursos, Redacción-borrador original, Software.
- Christian Geovanny Sigcha Cedillo: Administración del proyecto, Análisis formal, Redacción-revisión y edición, Supervisión, Validación, Visualización.

## Referencias

- Aguirre, M. D. C., y Sanz Arauz, D. (2017). Caracterización de materiales históricos para el conocimiento y la conservación del Patrimonio Arquitectónico: revisión y proyección en el caso de Cuenca (Ecuador). *Jornada de Técnicas de Reparación y Conservación del Patrimonio*.
- Aguirre, M. D. C. (2021). *Materiales históricos, lectura histórico constructiva y caracterización. El caso de Cuenca (Ecuador)* (Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid).
- Alexander, C., Ishikawa, S., y Silverstein, M. (1977). *A Pattern Language*. Oxford University Press.
- Arteta, J. (2022). Breve historia de la arquitectura digital. *Rev. Occident*, (349-350), 163-188.
- Bertrand, L., Thoury, M., y Anheim, E. (2013). Ancient materials specificities for their synchrotron examination and insights into their epistemological implications. *Journal of Cultural Heritage*, 14(4), 277-289. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2012.09.003>
- Florio, W., y Tagliari, A. (2021). Parametric Modeling in the Design Process: Strategies to Create Flexibility and Spatial Adaptation for Social Housing. *Dearq*, 2021(31), 46-59. <https://doi.org/10.18389/dearq31.2021.05>
- Guzmán, D., y Iñiguez, J. (2015). Estudio de una propuesta de mejoramiento del sistema constructivo adobe. *CEDIA*. [https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UCUENCA\\_e0863e4f5d3e55bbc86eef4037c0281f](https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UCUENCA_e0863e4f5d3e55bbc86eef4037c0281f)
- Navarrete, S. (2014). Diseño paramétrico: El gran desafío del siglo XXI. *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos*, (49), 63-72.
- Peñañiel, M. (2017). *Diseño interior en el marco del espacio existencial*. (Tesis de Grado, Universidad del Azuay).
- Rodas, S., y Benavides, C. (2017). *Introducción al diseño paramétrico. Utilización de herramientas digitales para la resolución de superficies complejas mediante la aplicación de algoritmos*. (Tesis de Grado, Universidad de Cuenca).
- Rodríguez, N. (2016). *Utilización de materiales propios de la construcción para el diseño interior de la vivienda social, con fines expresivos*. (Tesis de Grado, Universidad del Azuay)
- Vázquez, M. del P. (2020). *Más allá de los límites de la forma: Interiorismo a través del diseño de formas continuas. El usuario y el espacio; generando experiencias de interiorismo*. (Tesis de Maestría, Universidad del Azuay).



## Lina Bo Bardi: SESC Pompeia (1976-1983), Proceso De Concepción Y Palimpsesto

### *Lina Bo Bardi: SESC Pompeia (1976-1983), Design Process And Palimpsest*



Iván Sinchi Toral  
Universidad del Azuay, Ecuador

ipsinchi@uazuay.edu.ec  
ORCID: 0000-0002-9420-3508

Recibido: 27/08/2024  
Aceptado: 18/11/2024



## Resumen

El presente artículo de investigación se plantea desde la hipótesis de que el acercamiento al SESC Pompeia de Lina Bo Bardi, a través de su proceso de concepción, revela el criterio de palimpsesto como una serie de reescrituras que superponen dimensiones y visiones diversas sobre cómo abordar un edificio desde las sugerencias que da la forma y a qué objetivos esta debe apuntar en el ámbito del proyecto de arquitectura. El trabajo, entonces, se centra en tres momentos: el proyecto construido, los proyectos previos y el proceso de concepción del SESC Pompeia en sí. Para esto, se examinan sus planos y bocetos previos, y se contrasta la imagen del edificio construido con las decisiones de diseño en él descartadas; así, se comprende mejor aquello que en él prevalecen. Las reflexiones, en efecto, giran en torno a las nociones de forma como estructura, forma como figura y al acto de posicionarse en el lugar del autor. Estos son útiles para interpretar el pensamiento de Lina Bo Bardi al momento de proyectar su arquitectura.

**Palabras clave:** Lina Bo Bardi, SESC Pompeia, proceso de concepción, palimpsesto.

---

## Abstract

*The present research article proposes the hypothesis that approaching to Lina Bo Bardi's SESC Pompeia building through its design process reveals the palimpsest criterion as a series of re-writings overlapping diverse dimensions and visions. This has implications on how to approach a building based on the suggestions that form provides, and what goals it should aim for in terms of an architectural project. This work thus focuses on three phases: the built SESC Pompeia, earlier Lina Bo Bardi's projects, and the design process of SESC Pompeia itself. For this purpose, the building plans and previous sketches are examined, contrasting the built image with the discarded design decisions to better understand the ones that prevail in it. Indeed, the reflections revolve around the notions of form as structure, form as a figure, and the act of positioning oneself in the author's place. All of them are useful for interpreting Lina Bo Bardi's thoughts at the time she designed her architecture.*

**Keywords:** Lina Bo Bardi, SESC Pompeia, design process, palimpsest.

## Introducción

Entre 1977 y 1986, Lina Bo Bardi trabajó en el proyecto y construcción de una sede para el *Serviço Social do Comercio* (SESC), una organización privada que requería de un centro cultural y deportivo en Pompeia, un barrio obrero situado al centro-norte de São Paulo. Previo al inicio del proyecto, Lina Bo Bardi se encontró con un sitio en el que ya existía una fábrica, que la organización del SESC planeaba derrocar. La arquitecta, no obstante, tomó la decisión de conservar los edificios históricos existentes, así como todos los elementos que ayuden a preservar el sitio.

La decisión de mantener los galpones se alejó de la perspectiva de preservarlos como piezas de museo: su recuperación no conllevó al rescate de la función original, sino la recuperación del tipo estructural de nave industrial: al eliminar las paredes intermedias existentes, se rescatan amplios volúmenes de doble altura cerrados con muros de ladrillo, cubiertas a dos aguas, cerchas de acero y redes de columnas de hormigón. Los pocos elementos arquitectónicos de la intervención deambulan libremente en la nave industrial: se incluyen estanques, chimeneas y, en torno a ellas, muebles fijos y móviles que derivan de la dinámica del programa y sortean la rigidez de la estructura.

Además de las naves industriales en la parte posterior del sitio, Lina Bo Bardi incluye dos volúmenes de hormigón de varios pisos de altura. Su presencia monumental contrasta con la escala horizontal de los galpones históricos y plantea una serie de preguntas. Lina Bo Bardi, cuando se refiere a estos volúmenes, recurre a frases como la "complicación" o "dificultad" que su implantación conllevó y a su apariencia, que se justifica desde el recuerdo a los "fuertes militares brasileños" (*Serviço Social do Comercio* [SESC], 2013, p. 25). Esto causó conmoción sobre ella, al momento de proyectarlos.

De las frases de Lina Bo Bardi sobre el SESC Pompeia, destaca además el enfoque ético y moral con el que presenta su arquitectura. Una breve mirada al folleto que se distribuye públicamente, hoy por hoy, cuando se visita este sitio en São Paulo, pone en evidencia una serie de frases de la autora que ilustran su interés colectivo en el funcionamiento del edificio:

La arquitectura para mi es ver a un anciano, o a un niño con un plato lleno de comida, atravesando elegantemente el espacio de nuestro restaurante, en busca de un lugar para sentarse en una mesa colectiva... En una ciudad llena de escombros y ofendida, puede, de repente, surgir una lasca de luz, un soplando de viento. Y ahí está hoy la Fábrica de Pompeia con sus miles de frequentadores (...) pequeña alegría en una triste ciudad... La arquitectura no es sólo una utopía (...) es un medio para lograr ciertos resultados colectivos. La cultura como convivencia, el libre albedrío o elección como la libertad de encuentros y reuniones. (SESC, 2013, p. 13, p. 3 & p. 14)

Luego de presentar estas múltiples vertientes contextuales, el objeto del trabajo será investigar sobre las consideraciones proyectuales que Lina Bo Bardi tomó para diseñar el SESC Pompeia, no sólo en el proyecto construido, sino desde las fases de su concepción. Se parte también de la convicción de que el marcado enfoque moral con el que Lina Bo Bardi argumenta la arquitectura del SESC ha dejado en segundo plano a otros problemas que también son esenciales y se encuentran ensombrecidos por las reflexiones sociales que se buscan otorgar a la obra.

El SESC, desde un punto de vista del proyecto, es marcadamente disruptivo. Ya desde los inicios se revela como una constante superposición de escrituras desde el ámbito del diseño y en las cuales la noción de palimpsesto se vuelve insistente. La inclusión del proceso de concepción como medio de investigación sobre la obra de Lina Bo Bardi pondrá en relevancia superposiciones en el orden del tiempo, el espacio, la experiencia de la arquitecta y el proceso del proyecto en sí. Estas condicionantes despliegan en el tablero de juego la siguiente pregunta: ¿Qué importancia tiene el SESC Pompeia para relacionar las nociones de proceso de concepción y palimpsesto en la obra de Lina Bo Bardi?

## Metodología

El procedimiento aplicado surge desde dos premisas: la definición de palimpsesto, que se indica en la Real Academia Española RAE (marzo, 2024) como un “manuscrito que conserva las huellas de una escritura anterior borrada artificialmente”. La segunda premisa es la noción de proceso de concepción, entendida como el “proceso de evolución [o diseño] de una obra” que se muestra en la introducción al libro “Mies: el proyecto como revelación del lugar” de Gastón (2005, p. 20). Al parafrasear ambos enunciados, y combinarlos, surge la hipótesis de que el acercamiento al SESC Pompeia de Lina Bo Bardi, desde su proceso de concepción, desprende el criterio de palimpsesto a manera de constante y en la forma de reescrituras con diversas características y objetivos. A estos objetivos puede dirigirse el acto de proyectar arquitectura que es, en esencia, de naturaleza artificial.

De esta manera, la observación de la edificación no sólo apunta al proyecto construido sino a los “momentos en que éste se está gestando” (Gastón, 2005, p. 20). Un vistazo del proceso del SESC implica, además, desentrañar sus huellas en proyectos anteriores de Lina Bo Bardi, al entender su obra como un proyecto de mayor alcance que supera el edificio individual y se erige a lo largo de los años como un sistema de decisiones que se condensan poco a poco. En esta búsqueda, adquieren relevancia los planos y bocetos previos del edificio. A diferencia de la imagen definitiva que actualmente se conoce del SESC, los bocetos muestran las decisiones que se omiten para fortalecer la comprensión de las que se mantienen.

El ámbito en el que se desarrollan todas las reflexiones girará en torno a dos perspectivas inherentes al concepto de forma, según Martí (2005): la griega *-eidos-* que alude a lo organizativo/abstracto, y la alemana *-Gestalt-* que determina lo figurativo/sensitivo. Esta visión de la forma se nutrirá, además, de la recomendación que Valery (1987) hace de “ponerse en el lugar del autor” (p.15), para rehacer el pensamiento del artista –en este caso, arquitecta- a imagen del de uno.

Por último, será fundamental el material disponible en el Instituto Bo Bardi, con aproximadamente 900 dibujos del SESC Pompeia que aportan con una visión exhaustiva de su obra. El trabajo se resolverá en tres momentos que reconstruyen su proceso de proyecto, lo que permite una visión global de la arquitectura del edificio y determina cuál es su posición dentro del contexto de la obra de Lina Bo Bardi. De esta manera, en el apartado 1, se tratará sobre el proyecto construido del SESC Pompeia. En el 2, se referirá a los proyectos previos al SESC Pompeia. Finalmente, en el 3, se acercará al proceso de concepción del SESC Pompeia en sí.

### 1. SESC Pompeia: Proyecto Construido

En 1976, Lina Bo Bardi recibió el encargo de proyectar el edificio del Servicio Social de Comercio (SESC), un centro comunitario brasileño de uso cultural, deportivo y de ocio, en el terreno de una antigua zona industrial de São Paulo, el conocido barrio de Pompeia (Figura 1). En la parcela original, existía una serie de galpones del siglo XIX, pertenecientes a una antigua fábrica de barriles y tambores metálicos. Estos galpones iban a ser derribados, según la tendencia edificatoria de derrocar la mayoría de naves industriales que abundaban en el sector, en pro de nuevos usos. El sistema constructivo en columnas de hormigón, cerchas de acero, paredes de ladrillo y recubrimientos de arcilla cocida de las preexistencias llamó la atención de Lina Bo Bardi, por lo que tomó la decisión de conservarlas por dos razones. Primero, lo hizo por su elegancia, que era una opinión personal derivada de la similitud que mantenían estos galpones con los sistemas constructivos planteados por François Hennebique (1842-1921), ingeniero y arquitecto francés. En segunda instancia, lo hizo por las capacidades que poseían las naves para generar espacios de interacción social pues, para ese momento, los galpones ya tenían una interesante ocupación informal de los pobladores del barrio:

La segunda vez que estuve allí, un sábado, el ambiente era diferente: no más la elegante y solitaria estructura hennebiqueana, sino un público alegre de niños, madres, padres y ancianos que paseaban de un pabellón a otro. Pensé que todo debería ir bien con toda esta alegría. (SESC, 2013, p. 10)

Esta decisión de mantener la fábrica acarreó ciertas dificultades al momento de encajar la complejidad del programa que implicaba la construcción del SESC. La imposibilidad de crecer en altura dentro de los galpones obligó a ubicar las funciones con una mayor especialización de la construcción fuera del área protegida de obras históricas. Esto redujo el área del terreno disponible para nuevas edificaciones, lo que la limitó a una pequeña franja al fondo de él; esta franja, por estar atravesada por un viaducto de aguas pluviales, resultó ser, en su mayoría, no edificable.

El SESC, finalmente, se resuelve así: administración, restaurantes, cafeterías, espacios de conversación, biblioteca, salas de exposiciones, talleres de arte, música, artesanía y un teatro se ubicaron dentro de los galpones existentes. Piscinas, gimnasios, y canchas de uso múltiple –de mayor especialización en la construcción– se situaron en dos torres nuevas de hormigón ubicadas en una porción muy pequeña de terreno, en la esquina este de la zona posterior.

El tratamiento de los galpones y la manera cómo se organizan sus espacios dentro del SESC tiende a ser similar. Quizá, el galpón de la zona de convivencia y biblioteca es el que mejor ilustra las reglas de juego que gobiernan sobre las preexistencias: eliminar las paredes internas originales, reducir el espacio únicamente a la conservación de su estructura y cierres, y redistribuir los nuevos usos en espacios de índole continua. La observación de las plantas de los galpones del SESC, posiblemente, se asemeje a la Composición en color B de Mondrian (1917); asimismo, su visión en perspectiva quizá recuerde el montaje de la casa *Resor* de Mies van der Rohe (1939) (Figura 2). Estos ejemplos dispares poseen, sin embargo, espacios continuos que giran

y se proyectan lateralmente más allá del lienzo, en el caso de Mondrian, o más allá de la cubierta, para el trabajo de Mies.

El espacio del SESC, al igual que en el montaje de la casa *Resor*, se extiende, gira en torno a la red de columnas de la estructura, al mobiliario y rodea los cubículos de la biblioteca. Después, continúa ya no hacia la observación de un paisaje natural intacto, sino hasta verse contenido dentro del propio límite que establece el patrimonio intacto de los muros de ladrillo del galpón. La zona de convivencia se trata, espacialmente, como una terraza o gran sala continua con vista a un nuevo hito, la propia nave industrial, cuya estructura se conserva íntegra; y para tal efecto, envuelve el espacio (Wisnik, 2008).

La condición visual que propone Lina Bo Bardi sobre los galpones del SESC, se aproxima también al montaje que Mies realiza para el proyecto de una sala de conciertos (1942) que se posiciona dentro de una nave industrial de ensamblaje de aviones, obra de Albert Kahn (1938) (Figura 2). A opinión de Mertins (2014), este proyecto es el origen de las experimentaciones de Mies sobre sus futuros pabellones de grandes luces estructurales como el Teatro de Mannheim (1952) o el Toronto Dominion Centre (1963), por citar dos ejemplos posteriores a este montaje.

Tanto los galpones de Lina Bo Bardi como la sala de conciertos de Mies también coinciden en ser estructuras “heredadas” (Mertins, 2014), sobre las que se evalúan las posibilidades de un espacio en proyección al infinito. El objetivo de Lina Bo Bardi en el SESC, sin embargo, no es el de integrar la cubierta de grandes luces estructurales a proyectos que luego serán íntegramente nuevos, como la Neue National Gallery de Berlín de Mies (1962), o su propio Museo de Arte de São Paulo (MASP) (1957-1968). Por el contrario, lo que ella procura en los galpones es una mirada, desde el punto de vista del patrimonio, que permita evaluar las posibilidades de transformación de una estructura de espacialidad contenida del siglo XIX, en un sistema espacial infinito propio del siglo XX. De hecho, los galpones del SESC, no son de grandes luces, como

la nave industrial de Albert Kahn; en realidad, se sostienen gracias a una cuadrícula estructural menor de columnas de hormigón de 5x15m.

Así, podría decirse que la arquitectura de los galpones maneja la paradoja de ser contenida e infinita a la vez: al estar enmarcada dentro de los muros y redes de columnas de los antiguos galpones del SESC, conserva las huellas de una espacialidad anterior del siglo XIX, que ha sido poco a poco borrada artificialmente, por una espacialidad nueva propia del siglo XX. Esta impresión visual se logra gracias a la posición modesta pero precisa del mobiliario en el espacio. Los galpones adquieren, de este modo, las connotaciones de un palimpsesto, que se manifiesta gracias a un espacio infinito reescrito sobre las huellas de un espacio contenido anterior, aún reconocible e identificable visualmente. El cierre de los muros de los galpones, sin embargo, no es absoluto, ya que los giros del espacio se proyectan lateralmente más allá de los accesos y cubiertas gracias a aperturas superiores, cuya altura aproximada a cuatro metros sobre el suelo, sigue todo el perímetro de las muros que rodean las naves industriales.

Una vez Lina Bo Bardi resolvió los pabellones históricos, quedaba aún por completar el reto que planteaban las edificaciones de la zona posterior del sitio:

Una de las galerías subterráneas de aguas pluviales (arroyo de Aguas Negras) que ocupa la parte más al fondo de la Fábrica de Pompeia ha transformado la casi totalidad de la zona deportiva en terreno *non-aedificandi*. Quedaron dos pedazos de tierra libre, uno a la izquierda, otro a la derecha, lo que ha ocasionado una complicación. Pero como dijo el gran arquitecto Frank Lloyd Wright, 'dificultades son nuestras mejores amigas'. Reducido a dos trozos de terreno, me acordé de la maravillosa arquitectura de los fuertes militares brasileños, perdidos cerca del mar o escondidos en todo el país. Surgieron entonces dos bloques, el bloque de las canchas y aquel de las piscinas y vestuarios. Y... ¿cómo hacerlos unidos? La única solución era por el

aire, a través de pasarelas de hormigón pretensado. Para ir a los vestuarios, las personas deben cruzar la pasarela. Si está lloviendo, se lo hace más deprisa. Después de todo, al hacer deporte al aire libre, ¿no se está sujeto a las variaciones del tiempo? (SESC, 2013, p. 25)

Por tanto, en el único espacio sobrante del lote se implantaron las dos torres de hormigón, una de doce pisos que alberga los vestidores y circulaciones verticales, y otra de cinco pisos, de doble altura, que alberga las piscinas, canchas, y salas de baile. La comunicación entre ellas se da por un grupo de pasarelas de doce metros de luz que, a manera de puentes, se suspenden varios metros sobre el suelo y evitan la alteración del arroyo de Aguas Pretas. A este conjunto, se une una torre más, que actúa como depósito de agua y que, figurativamente, recuerda a una torre o una chimenea, "reafirmando la idea de fábrica, con una referencia directa a los edificios industriales" (De Oliveira, 2010, p. 112) o los galpones preexistentes.

Si se continúa con las figuraciones, las torres de hormigón, al recordar a los fuertes militares brasileños, son cercanas, desde su apariencia, a la definición de ciudad análoga de Aldo Rossi. A este concepto, lo cita Martí (2005) como un:

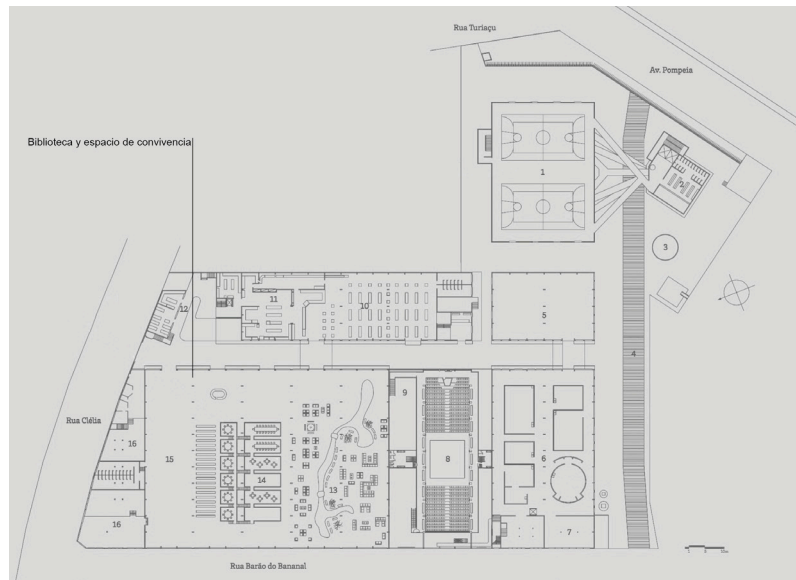
Procedimiento compositivo que permite reunir en un plano sincrónico, objetos y figuras de condición y orígenes diversos, carentes de un nexo lógico aparente que los vincule, pero que se reclaman unos a otros a través de la imaginación y la experiencia autobiográfica de quien los convoca. (p. 129)

Esta operación, al descontextualizar objetos de la realidad -los fuertes brasileños- sin otra mediación más que el instinto de apropiación, se encuentra ya en el ámbito -según Martí- del dadaísmo y el surrealismo. Los fuertes brasileños se desprenden de su contexto original y, a manera de collage, se sitúan en el SESC. Así, conservan algunos de sus atributos originales con un cierto grado de transformación: se tiene una estructura perimetral de muros portantes y entresijos con vigas estructurales, probablemente de piedra y madera en sus orí-

genes y traducidos, en el SESC, como muros portantes de hormigón y entresijos de vigas pretensadas. La operación del collage, al permitir variaciones en el material y la escala, sin alterar los atributos organizativos de la estructura portante original, podría

asimilarse a un palimpsesto, donde una nueva capa de significado, desde un punto de vista material, se superpone a una anterior condición material, sin borrarla por completo.

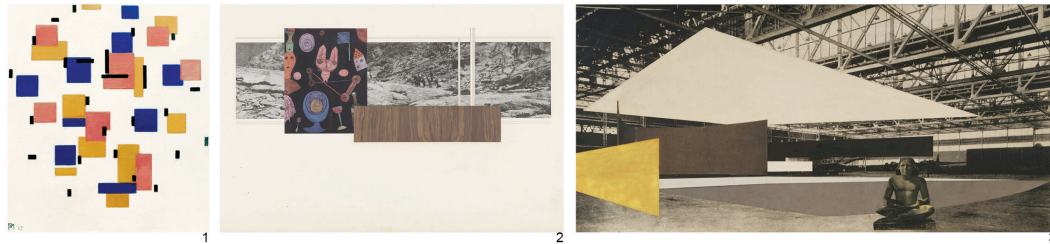
**Figura 1**  
*SESC Pompeia: proyecto contruido*



*Nota.* Imagen 1: Adaptada de SESC Pompeia por Serviço Social do Comércio [SESC], 2013, São Paulo: Sesc Pompeia Rua Clélia, 93. Imágenes 2, 3, 4: Adaptadas de Lina Bo Bardi, 1914-1992 por L. Fernandez-Galiano, 2015, Barcelona: AV Monografías, No. 180.



**Figura 2**  
*Mondrian y Mies*



*Nota.* Imagen 1: Piet Mondrian (1917), *Composición en color B*. Tomado de Piet Mondrian, 1872-1944 (p.175), por Y-A. Bois, J. Joosten, A. Zander & H. Jansen, 1994, Milán: Leonardo Arte. Imagen 2: Mies van der Rohe (1939), *Casa Resor*. Tomado de Mies van der Rohe, *Casas* (p. 256), por B. Colomina, M. Puente, H-C. Schink. Barcelona: Gustavo Gili. Imagen 3. Mies van der Rohe (1942), *Sala de conciertos*. Tomado de Mies (p.287), por M. Detlef, 2014, Londres: Phaidon.

## 2. SESC Pompeia: Proyectos Previos

Las decisiones que se toman, tanto en la espacialidad de los galpones como en la iconografía de las torres de hormigón del SESC, hace posible la reconstrucción de raigambres en los proyectos de Lina Bo Bardi entre los años 50 y 80. La *Casa de Vidrio* (1950-1951) (Figura 3. 1, 2, 3) es la primera obra construida por la arquitecta y se muestra como una mezcla entre dos tipos: mirador y patio. El mirador que contiene la sala de estar, al buscar organizativamente la expansión al paisaje, es cercano al *collage* de la sala de la casa *Resor* de Mies, o a la espacialidad, que por aquellas épocas se atribuía como una clara conciencia de modernidad.

El patio posterior, si bien está incompleto en uno de sus lados, alberga los espacios de servicio y dormitorios, cuya noción de arraigo es cercana a muchos ejemplos de arquitectura vernácula que abundan, tanto en el Mediterráneo como en los países sudamericanos. Esta dualidad se ve reflejada en el sistema de representación de la construcción que se elige en los cierres, donde hay planos transparentes de piso a techo en la sala de estar y nichos aplicados en las paredes de la cocina y dormitorios. La sala de estar de la *Casa de Vidrio* guarda cierta similitud con la solución, en planta, de los galpones del SESC. En ella, llama la atención la posición de la escalera, el patio frontal y la chimenea; todos ellos

están en relación de giros con proyecciones laterales hacia el exterior. Su comparación, al menos desde un sentido visual y organizativo del espacio, hace que sean análogos a la acción del mobiliario del SESC, sobre todo al momento de dar continuidad espacial al interior de las naves industriales.

Las Casas Económicas (1951) (Figura 3. 4, 5, 6) son herederas de la espacialidad de la *Casa de Vidrio*. Este proyecto no construido posee una planta única, donde la acción del elemento que permite el giro “en caracol” (Piñón, 2023) del espacio se traslada hacia el núcleo de servicios. Su presencia, centralizada por contener la cocina y un baño, es similar al núcleo de servicios de la *Casa Farnsworth* de Mies; además, produce, al igual que este, una espacialidad que no se agota en el espacio cubierto. El sistema de representación de la fachada se resuelve de manera dual: es sólida, con mamposterías de ladrillo en los testeros laterales; y vítrea, con una modulación que da unidad a ventanales de piso techo en la sala de estar y a antepechos/dinteles en los dormitorios.

Para alcanzar una conectividad con la ciudad, el Museo de Arte de São Paulo (MASP) (1957-1968) (Figura 3. 7, 8, 9) libera el espacio en planta baja, lo que permite una plaza con vista continua entre la avenida principal y la zona norte de la ciudad. Para este cometido, el proyecto se soluciona con un volumen suspendido a ocho metros del

suelo y una base subterránea, cuyas terrazas ocupan el desnivel del terreno. La estructura se conforma de vigas de hormigón de setenta metros de luz con cables tensados que, al seguir el eje longitudinal del edificio, producen una solución anti-natura, desde un punto de vista ingenieril. No obstante, esta acción es necesaria para la integración urbana.

Además, dicha estructura permite que la espacialidad de las galerías del volumen elevado (tercera planta alta) sea completamente continua. El trabajo sobre la espacialidad de esta sala de exposiciones resulta ser de características similares a los interiores de Franco Albini, arquitecto muy cercano a Lina, cuyas reflexiones pueden extrapolarse con facilidad al MASP:

Las pinturas se liberan de las paredes y flotan en el espacio al ubicarse en caballetes autoportantes. La sensación de espacio es radicalmente diferente a la que se experimenta en una secuencia de pinturas sobre una pared. El (MASP) por su parte permite ver cientos de pinturas simultáneamente y al mismo tiempo. (Jones, 2015)

La continuidad espacial lograda por los caballetes se asemeja a los muebles de los galpones del SESC y, al igual que ellos, permite vistas laterales y en giros. La conexión con las naves del SESC se refuerza en el proyecto original de la sala de exhibiciones del MASP que, al optar por cerramientos opacos libres de cuadros, logra unificar, por primera vez y dentro de un mismo espacio, la sensación de extensión de un espacio continuo moderno, con la sensación de contención de un patio vernáculo. Ambas están presentes, pero aún separadas, en la Casa de Vidrio.

En torno a la espacialidad continua, merece una descripción la escalera del MASP, que actúa como un hito visual, al indicar el ingreso desde la plaza a las distintas estancias del proyecto. Su forma ortogonal se da al conformar una viga que estructuralmente depende y se sostiene gracias a las losas de entrespiso. Es importante señalar que, inicialmente, esta escalera se planteó con proporción circular, rodeada de una viga helicoidal que se unía a los entrespisos, sin requerir de apoyos adicionales.

La casa de Valeria Cirell (1957-1958) (Figura 3. 8, 9, 10, 11) consiste en dos volúmenes, uno social y otro de descanso. Ambos, al sostenerse con muros portantes, se conforman según el criterio de estancia (muros perimetrales que delimitan un espacio libre) que ya se desarrollará en el MASP. Sin embargo, esta vez, se rodean de galerías exteriores que siguen su perímetro. El volumen social confluye hacia la organización en diagonal de la Casas en Serie para Artesanos (1924) de Le Corbusier; pero, a diferencia de ésta, emplea la chimenea como una columna central que sostiene la cubierta.

Este volumen se equipa con una escalera que adquiere la noción de hito visual, cuya forma circular deriva de su ubicación en una de las esquinas cerca de un ángulo a cuarenta y cinco grados y facilita el acto de sostenerse de manera independiente de la estructura de los entrespisos de la casa. Al igual que en el MASP, los espacios de la estancia giran y se extienden lateralmente hacia las galerías, sin perder la sensación de contención. Para este cometido, la escalera y la chimenea adquieren una condición análoga a la del mobiliario del SESC. La presencia del muro perimetral en los proyectos hasta el momento analizados no implica una merma en la calidad del espacio continuo, sino un modo de resaltar y facilitar su identificación. Al establecer un límite preciso, los muros ayudan a intensificar las relaciones entre los diversos elementos arquitectónicos, de tal forma que la continuidad adquiere una materialidad definida, medible y concreta (Gastón, 2005).

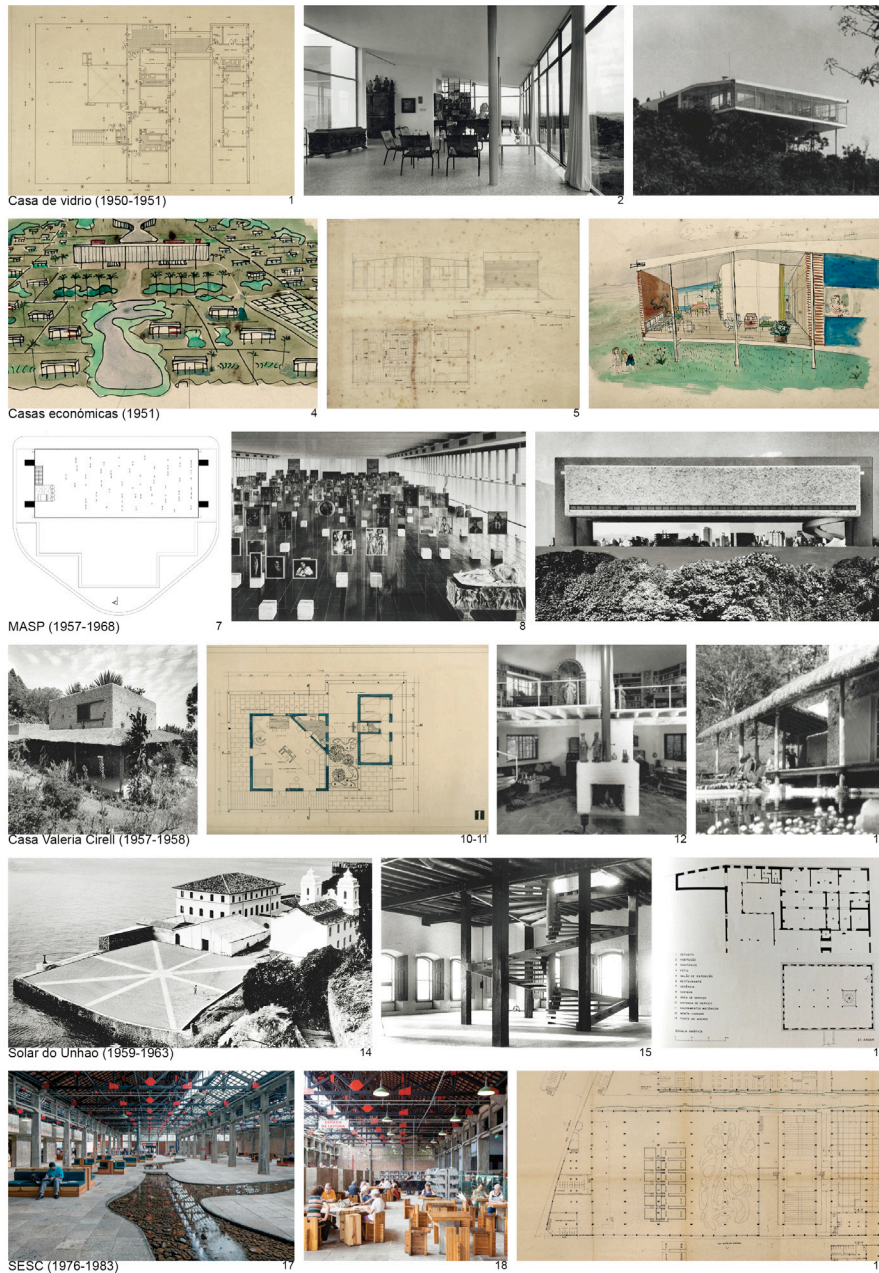
El *Solar do Unhão* (1959-1963) (Figura 3. 14, 15, 16) se trata de una serie de construcciones del siglo XVI que Lina Bo Bardi propone conservar para instalar el Museo de Arte Moderno de Bahía. Aquí, se evita devolver al conjunto a su estado original y se elimina selectivamente un grupo de construcciones, con el objeto de ubicar una plaza con vista al mar.

El elemento que más destaca de la intervención es una casona de tres pisos con muros portantes perimetrales de ladrillo, cubierta de teja y estructura interior de vigas y columnas de madera. Aunque no se disponen de imágenes del estado inicial, la planta del nivel inferior de la casona, que alberga espacios aislados a manera de celdas, sugiere, quizá, una aproximación a cómo pudo ser la distribución original de la edificación en el resto de plantas. El cambio a la función de museo se da con dos movimientos: la reducción del espacio únicamente a su estructura (una sala hipóstila de columnas de madera dentro de un muro portante perimetral) y la inserción de una escalera, en posición asimétrica respecto de la crujía central de columnas.

La escalera, como si de una aguja de acupuntura se tratase, es capaz, por sí sola y desde su posición, de transformar un espacio vernáculo de habitaciones independientes en un espacio continuo moderno unitario de connotación similar al neoplasticismo. La escalera, al igual que en el MASP, se resuelve como un hito visual, cuya planta cuadrada deriva de la configuración ortogonal de una de las crujías de columnas en la que se sostiene. Además, se apoya en una columna central que deriva de la solución de la casa de Valeria Cirell.

La cadena Casa de Vidrio / Casas Económicas / MASP / Casa Valeria Cirell / *Solar do Unhão* se trata del proceso de construcción de un palimpsesto. Este, más allá de un proyecto en particular, procura espacios continuos infinitos sobre espacialidades históricas, cuyo deseo de contención es aún reconocible. Ya en este punto, la relación entre el espacio del *Solar de Unhão* y los galpones del SESC es inmediata y puede alinearse con la frase: "La forma no es un problema de escala sino de relaciones" (Piñón, 2006, p. 146).

**Figura 3**  
*SESC Pompeia: proyectos previos*



*Nota.* Imágenes 1-6, 8-15, 19: Tomado de Lina Bo Bardi, 1914-1992 (p.341), por L. Fernandez-Galiano, 2015, Barcelona: AV Monografías, No. 180. Imagen 7: Tomado de Lina Bo Bardi's Museu de Arte de São Paulo, por S. M. Caffey & G. Campagnol, 2015, *Dis/Solution: Journal of Conservation and Museum Studies*, 13(1): 5, pp. 1-13. Imagen 16: Tomado de Quinta e solar de Unhao, por Patrimônio Arquitetônico Industrial, 2024 en <https://patrimonioidustrial.ufba.br/quinta-e-solar-do-unhao>. Imágenes 17-18: Tomado de SESC Pompeia, por Serviço Social do Comercio [SESC], 2013, São Paulo, Brasil.



### 3. Sesc Pompeia: Proceso de Concepción

Como los orígenes del SESC Pompeia se centraron en la "restauración" de la preexistencia, queda claro que el proyecto de los edificios de hormigón fue una consecuencia posterior. Con seguridad para Bo Bardi, si el programa hubiese permitido, simplemente se hubiera encajado la totalidad del proyecto en las fábricas. La función de los bloques de la parte posterior, al estar dividida por unos espacios servidos (canchas de uso múltiple y piscinas) y unos espacios servidores (vestidores, gimnasio y administración), no es una solución lograda de primera mano. Los planos previos a la construcción de los bloques nuevos son un testimonio de las dudas que se tenían y contrastan con la distribución ya inamovible del espacio de la fábrica. Aunque no se disponen de fechas que organicen a los dibujos, la secuencia propuesta no es más que una hipótesis acerca del posible orden de disposición de los elementos arquitectónicos respecto del sitio.

En un principio, el diseño se origina desde la solución de un volumen único. Las piscinas se ubican separadas a él y se resuelven con configuraciones orgánicas a manera de estanques (Figura 4. 1). Luego, se plantea resolver este proyecto como una torre plataforma que está ligada a la condición mixta del programa (Figura 4. 2). A continuación, se deciden dos edificios de hormigón, uno servidor y otro servido, sin saber qué configuración tendrá el primero ni de qué manera se vincularán ambos (Figura 4. 3, 4).

Se cotejan comparaciones entre las circulaciones del MASP con el SESC Pompeia (Figura 4. 6) para concluir que las relaciones de ambos son las mismas, a pesar de sus diferencias en el desarrollo espacial. En el MASP, las circulaciones verticales vinculan el volumen elevado con los niveles subterráneos; mientras que, en el SESC, las rampas entrelazan los dos edificios. Adicionalmente, surgen rampas con pendiente ajustadas a la diversidad de alturas entre los entresijos de los dos bloques (Figura 4. 7), luego se eliminan sus pendientes y se opta por formas angulares de una iconografía más orgánica (Figura 4. 8).

De ahí surge la relación de las rampas con la flor de Mandacaru, flor nacional brasileña que se muestra en analogía a un boceto con mobiliario urbano (Figura 4. 5), tal como ya se viera en el tratamiento de mueble que se da a las escaleras y la chimenea de la casas de Vidrio y Cirell. Por último, se decide la solución que finalmente se construye (Figura 4. 9). Después, se elaboran bocetos para el proyecto del canal de aguas que circula al fondo del terreno (Figura 4. 11). Surgen dudas sobre si se concibe este como un arroyo a manera de parque lineal (Figura 4. 12, 13), o si es mejor construirlo como una plataforma de madera para tomar el sol, o la playa, tal como lo nombran hoy los usuarios del SESC (Figura 4. 14, 15).

En definitiva, luego de esta sucesión de planos, los dos bloques de hormigón y la playa pueden entenderse como decisiones arquitectónicas que se logran paso a paso y durante un largo proceso de diseño:

Las dos torres, se unen con ocho pasarelas de hormigón pretensado que cubren vanos de hasta veinticinco metros... sin olvidar que bajo esas pasarelas pasa el arroyo canalizado –el *Córrego das Águas Pretas*– que crea un área non *aedificandi*. Las pasarelas, por lo tanto, no surgen de una decisión arbitraria del proyecto. Responden con inteligencia a la realidad del lugar. (SESC, 2013, p. 12)

Es en referencia al entorno que se puede justificar la elección del hormigón en los bloques del SESC, cuya neutralidad procura no competir frente a los cambios del medio ambiente, la naturaleza y el espacio urbano ¿De qué manera se puede justificar la monumentalidad de los bloques de hormigón del proyecto? Al inicio, se comentaba sobre un vínculo de Lina Bo Bardi con Aldo Rossi, justificada desde un punto de vista del surrealismo, al rastrear, en su memoria, la analogía figurativa de los bloques de hormigón del SESC con los fuertes brasileños. Ahora, las referencias a Rossi se dirigen al tratamiento del contexto, por lo que se vuelve a citar la frase de Martí (2005). Esta vez, se lo hace desde otra perspectiva, en tanto que:

Permita reunir en un plano sincrónico, objetos y figuras de condición y orígenes diversos, carentes de un nexo lógico aparente que los vincule, pero que se reclaman unos a otros a través de la imaginación y la experiencia autobiográfica de quien los convoca. (p.129)

Es decir, el procedimiento de Rossi busca descontextualizar los objetos de sus entornos y programas iniciales, para así posicionarlos dentro de bocetos similares a un collage. Extender esta reflexión a Lina Bo Bardi ya no implica ver a las torres como un collage, sino como un proceso contrario, aunque tiene el mismo espíritu. La inserción de los bloques de hormigón del SESC en el terreno junto a las naves industriales se da desde la hipótesis de que su condición visual neutra busque descontextualizarlos; así, se puede desvanecer su presencia en la apariencia volumétrica de los futuros rascacielos de la ciudad de São Paulo.

De ahí surge la importancia de uno de los bocetos en axonometría que data de 1983 (Figura 5. 2), que minimiza la monumentalidad de la intervención, notoria en el São Paulo de 1990 (Figura 5. 3), aunque ya disuelta en una vista actual de 2018 (Figura 5. 4). La decisión de neutralizar los edificios obliga a abandonar la propuesta de pintar las pasarelas con colores fuertes; por lo que se considera mejor conservarlas en bruto, o en hormigón (Figura 4. 10). Esta nueva decisión no deja de lado la referencia a los fuertes brasileños, ni la relación figurativa de las ventanas con las cavernas, cuyas carpinterías de madera se pintan de rojo. El orden de estas imágenes también es una muestra franca de que la propia solución del SESC tenía una presencia que quizá incomodaba a Lina Bo Bardi y que probablemente también incentivó a que, en el barrio de Pompeia, se construyan, indefectiblemente, más rascacielos.



**Figura 4**  
 SESC Pompeia: proceso de concepción



Nota. Imágenes 1-16: Tomado de SESC – Fábrica Da Pompéia por Instituto Bo Bardi, 15 de marzo de 2024. <https://institutobardi.org.br>

**Figura 5**  
SESC Pompeia en el futuro



Nota. Imagen 1: Aldo Rossi (1977) *La Arquitectura Asesinada*, para Umberto Barbieri. Tomado de 2024, Pinterest en <https://kr.pinterest.com/pin/464504149068798800/>). Imagen 2: Lina Bo Bardi (1983) *El futuro del SESC Pompeia*. Tomado de SESC - Fábrica Da Pompeia por Instituto Bo Bardi, 15 de marzo de 2024 en <https://institutobardi.org.br>. Imagen 3: SESC Pompeia (1990). Tomado de 2024, Pinterest en <https://www.pinterest.com/pin/433753007833450386/>. Imagen 4: SESC Pompeia (2018). Tomado de 2018, Google Earth en <https://earth.google.com>.

## Resultados

El recorrido a través del SESC Pompeia puede ilustrarse con una frase de Cox (citado en Frampton, 2016) y que se modificará a propósito para nuestros objetivos:

Lina Bo Bardi probablemente será la primera en admitir que el efecto de ocultar los edificios de hormigón del SESC es deliberado; la sensación es que se ha impuesto una forma a los espacios internos –gimnasios, canchas, piscinas, baños, vestidores, puentes–; lo que es algo completamente distinto de dar a los espacios internos una forma –tal como lo que sucede en los galpones del SESC–... La solución de los bloques de hormigón del SESC de Lina Bo Bardi es algo más que un cambio de apariencia, implica –en realidad– un cambio de objetivo. Es algo más que poner ciertos valores formales por encima de los valores de uso y señala la reaparición de la idea como fuerza motriz. (p. 257)

La manera de proyectar el espacio contenido-continuo que se concreta en la cadena de proyectos Casa de Vidrio / Casas Económicas / MASP / Casa Valeria Cirell / *Solar do Unhão* / Naves industriales del SESC es más cercana al acto de dar forma al proyecto a través de las relaciones del programa y la construcción en el entorno. Por el contrario, si se

impone una forma de “fuerte defensivo” a los bloques de hormigón del SESC, para que las relaciones del programa y la construcción procuren desaparecer al edificio del entorno, estos acentúan su condición de palimpsesto y también una inversión en el proceso de diseño en general de Lina Bo Bardi. Por un lado, se inserta al contenedor-continuo en el entorno, se hace presencia con él; y por otro, el contenedor-continuo, al disolverse en el entorno, se impone por sobre el proceso de proyecto, lo que implica su reescritura (Figura 5. 2).

## Discusión

La sucesión de apartados 1. SESC Pompeia: proyecto construido; 2. SESC Pompeia: proyectos previos; y 3. SESC Pompeia: proceso de concepción, no es más que un intento por reconstruir la evolución de los criterios arquitectónicos del SESC de Lina Bo Bardi. Este ejercicio se hace no tanto desde lo sincrónico, que implica una visión de los eventos reales según un orden cronológico del tiempo, sino más bien desde lo diacrónico, que implica saltarse pasos para construir un hilo conductor que, centrado en el lugar de la arquitecta, revele las decisiones que pudo haber tomado en el transcurso del proyecto.

En 1. SESC Pompeia: proyecto construido, se pudo revelar que el proyecto del SESC se divide en dos facetas. La primera se centra en los galpones históricos que se conciben como contenedores-continuos. En ellos, la noción de espacio proyectado "hasta donde se alcance con la mirada" (Gastón, 2005, p.13) surge gracias al neoplasticismo contenido, sobre todo, en el mobiliario. Paradójicamente la espacialidad implícita en el patrimonio de los muros, las cerchas y la cubierta a dos aguas de los galpones se encarga de subrayar el neoplasticismo del proyecto. Así, se logra un Palimpsesto 1A, en donde una espacialidad infinita del siglo XX replantea una espacialidad cerrada del siglo XIX, que aún es reconocible y diferenciable a través de la experiencia de los sentidos.

La segunda faceta se centra en los edificios de hormigón, que se conciben como figuraciones a los fuertes brasileños y que, con la sucesión de varios pisos de galpones con grandes luces, aprovechan las pocas imposiciones –más allá de las técnicas– que los programas como piscinas, canchas de uso múltiple y gimnasios exigen. Surge, así, un Palimpsesto 1B, a manera de collage material, que descontextualiza y, a la vez, conserva una estructura portante de muros y losas. Esta, que es originalmente de muros perimetrales de piedra y entrepisos de madera, se ve sobrepuesta –pero no del todo– por unos muros portantes de concreto y entrepisos con losas pretensadas de hormigón.

En 2. SESC Pompeia: proyectos previos, se pudo abordar la experiencia de Lina Bo Bardi anterior al SESC. Ahí, la cadena de proyectos Casa de Vidrio / Casas Económicas / MASP / Casa Valeria Cirell / *Solar do Unhão* puede formar una unidad con el sentido del proceso de proyecto en los galpones o naves industriales del SESC. Esta cadena no es más que una muestra del criterio de "una forma de habitar el mundo, sin otras barreras que las que determinan la protección y el control climático" (Piñón, 2006, p. 146). Es una noción que por primera vez se observa en la concepción de mirador de la sala de estar de la Casa de Vidrio y va hasta la construcción, poco a poco, de un hito visual que, aunque

es inicialmente un paisaje natural, se reescribe luego como un paisaje patrimonial que resulta en un Palimpsesto 2.

Adicionalmente, la cadena de proyectos representa el origen del proceso de concepción de los galpones históricos del SESC. Por tanto, se trata de una muestra de que el proyecto de un edificio supera su propia temporalidad, al iniciar muchos años atrás. Así, cada obra previa puede entenderse como un boceto en la concepción más depurada del espacio que se da en las naves industriales. Esta serie procura finalmente un Palimpsesto 3, que pone a prueba el criterio de espacios continuos sobre espacialidades históricas del Palimpsesto 1A, de manera insistente y con una reescritura en cada proyecto individual. No obstante, las estructuras espaciales de la Casa de Vidrio o de la Sala de exposiciones del MASP aún son reconocibles en el SESC.

En 3. SESC Pompeia: proceso de concepción, la redacción se centró en reconstruir el proceso de proyecto de los edificios de hormigón del SESC. La gran cantidad de planos que se conservan en el Instituto Bo Bardi permitió demostrar que las frases "complicación" o "dificultad" (SESC, p. 14) que la arquitecta citaba cuando se tenía que describir este ámbito del proyecto se hacen manifiestas en sus dibujos. El edificio inicia siendo una torre plataforma y el proceso para alcanzar la apariencia final de dos bloques independientes y una torre de agua en forma de cilindro tuvo un viaje por proyectos como el MASP, analogías con algunas especies vegetales de Brasil y con el mobiliario de las casas de Vidrio y Cirell.

Los edificios de hormigón deberían entenderse como una inversión del criterio de espacio contenido-continuo ya desarrollado en las naves industriales del SESC. Los cerramientos del galpón patrimonial se convierten en los edificios de hormigón de SESC, en una tabula rasa sobre el que graficar una memoria figurativa que no es esencial, desde un punto de vista de abstracción, ni al barrio de Pompeia, ni a las construcciones históricas de "los fuertes brasileños" a los que busca parecerse. El sentido de hito visual se convierte, aquí, en una

pantalla que narra la historia sobre cómo disminuir la monumental presencia de los edificios de hormigón en el Pompeia de 1986. Esto se corrobora en el boceto en axonometría que predice el posible futuro del SESC, donde la escala de las torres ve reducida considerablemente su magnitud, gracias a los rascacielos que se predicen en el São Paulo del futuro (Figura 5. 2).

Aquí, surge un Palimpsesto 4 que, según Lina Bo Bardi, se enfoca en los objetivos que se deben tener durante el proceso de concepción en un proyecto de arquitectura: sobre si éste tiene que dar con una forma vista no como objetivo sino como resultado, o sobre si éste tiene que imponerse una forma o concepto que encause el resto de decisiones arquitectónicas. En efecto, la noción de palimpsesto como "manuscrito que conserva las huellas de una escritura anterior borrada artificialmente" de la RAE, se revela poco a poco en el SESC. Sus objetivos varían cinco veces, según las fases del proceso de concepción al que correspondan.

## Conclusiones

Se puede concluir que el proceso de concepción como procedimiento de investigación revela la importancia determinante del SESC Pompeia en el ámbito general de la obra de Lina Bo Bardi que precede a este edificio. El SESC Pompeia, al invertir los objetivos del proceso de proyecto, revela un punto de inflexión entre una concepción moderna de una obra –(a)conceptual por excelencia– basada en la consistencia y una disrupción posmoderna fundamentada en el cuestionamiento de dicha consistencia; es decir, desde las preguntas de cuándo es posible emplearse y cuándo es sujeto de ponerse en duda.

En el primer caso, la forma no es un objetivo sino un resultado del proceso ordenador del proyecto. Se fundamenta en la definición griega de estructura o *eidōs*, su base es la abstracción y su paradigma es el galpón de la sala de convivencia y biblioteca del SESC. Para lograr este paradigma, se requieren tres reescrituras: contenido/continuo (Palimpsesto 1A), naturaleza/patrimonio (Palimpsesto 2); y, gracias a un riguroso proceso de concepción, la cadena Casa de Vidrio / Casas Económicas / MASP / Casa Valeria Cirell / *Solar do Unhão*, no es más que una serie de reescrituras que insisten y afirman la definición de forma como estructura (Palimpsesto 3).

En el segundo caso, la forma se eleva a objetivo. Su idea o concepto dicta el orden y el cómo deben tomarse las decisiones en el proceso de proyecto. Se fundamenta en la definición alemana de forma como figura, o Gestalt. Su base es la percepción y su paradigma son las torres de hormigón de las piscinas, canchas y gimnasios, así como el depósito de agua del SESC. Para lograr este paradigma, se requieren dos reescrituras: fuerte brasileño/torre de hormigón (Palimpsesto 1B), visto como concepto o base que reescribe la noción de forma como figura, sobre la de forma como estructura (Palimpsesto 4). Esto logra un abandono de la noción de proceso de concepción como depuración de propuestas de forma y la reescribe por un proceso de deconstrucción de propuestas de conceptos (Palimpsesto 5). El paradigma de este sexto y último palimpsesto sería el acto de insertar las torres de hormigón en el entorno, para borrar su presencia con el desarrollo del tiempo (Figura 5. 2).

Esta serie de palimpsestos es reveladora en la obra de Lina de Bo Bardi y deja patente que la importancia de los valores morales y sociales con los que se ilustra la arquitectura del SESC vienen de la mano de la necesidad de crear obras, sobre todo, accesibles al público. Esta retórica es evidente en los eslóganes

con los que se hace didáctica la presencia en el entorno de las torres de hormigón. Conviene, en este punto, citar una vez más a Martí (1999):

En este caso se impone una estrategia que podríamos denominar el eclipse del lenguaje, consistente en interponer un filtro o veladura que evite que el lenguaje nos deslumbre impidiéndonos ver otras luces, en producir un enfriamiento de la forma (*eidos*) que amortigüe la tendencia del lenguaje a extralimitarse o a excederse. Pero al quedar sometido a este riguroso autocontrol, el lenguaje no se anula ni se diluye. Está eclipsado, no está apagado; y su luz nos llega, entonces de un modo indirecto, reflejado. De este modo las cosas se perfilan, adquieren relieve, aparecen matices imprevistos y se acentúa la profundidad de la visión. Entonces, el lenguaje no nos atrapa como una tela de araña, dejándonos cautivos, sino que se hace terso y transparente, se convierte en algo transitivo que nos franquea el paso hacia lo que está más allá del lenguaje. (p. 26)

Se propone comprender al término lenguaje como concepto o eslogan, y se invita a proyectarlo hacia las explicaciones de valor social y moral que Lina Bo Bardi emplea cuando se refiere al SESC Pompeia. El interés de esta investigación ha sido reconocer las decisiones de proyecto a pesar del lenguaje, y cómo estas vienen condensadas dentro del propio proyecto de arquitectura. La cadena Casa de Vidrio / Casas Económicas / MASP / Casa Valeria Cirell / Solar do Unhão, desde su posición (a)conceptual, es una muestra rigurosa de ello. Las torres de hormigón, al invertir las condiciones y objetivos del proyecto hacia lo conceptual, dejan abierta la posibilidad de generar nuevas investigaciones basadas en la noción de palimpsesto.

De esta forma, se podrá determinar si la presencia de las torres de hormigón dentro de la obra de Lina Bo Bardi es transitiva hacia una posición figurativa en los proyectos futuros al SESC, o si representa un paréntesis en un proceso de proyecto que insistirá aún en lo organizativo. Se vuelve esencial investigar cómo se proyecta la huella del SESC hacia obras posteriores de Lina Bo Bardi, como el Teatro Gregorio de Mattos (1986), la Casa de Benin (1987), la Casa del Olodum (1988), el Estudio de Arquitectura de Lina Bo Bardi (1986), el Centro Cívico LBA (1988), el Teatro Oficina (1980-1991) y el Nuevo Ayuntamiento (1990-1992). Las tres primeras se construyeron en Salvador de Bahía y las restantes fueron en São Paulo. Sea cual fuere la posición del SESC en el futuro, lo que se demuestra en esta investigación es su naturaleza sobre todo variopinta, lo que se suma a su capacidad de sintetizar y cuestionar la obra anterior de Lina Bo Bardi.

En definitiva, una visita al SESC Pompeia revela un lugar heterónimo: la mirada de espacios que componen el complejo desencadena experiencias que pueden traducirse en términos dispares como antiguo, moderno, histórico, posmoderno, abstracto, figurativo, artesanal, realista, pesado, cerrado, abierto, amplio, estrecho, claridad, penumbra, sombra, lluvia, agua, calor, sol, etc. Son, acaso, similares a las narraciones que, en tiempo presente, extraen recuerdos reales pero de muy disímiles ámbitos que Proust (1920) convoca:

No es sólo en Venecia, sino también en París, donde encuentra uno esos puntos de vista que dan a varias casas a la vez y que han tentado a los pintores. No digo Venecia a humo de pajas. En sus barrios pobres es en lo que hacen pensar ciertos barrios pobres de París, a la mañana, con sus altas chimeneas anchas de boca, a las que da el sol los rosas más vivos, los rojos más claros; es todo un jardín que florece por encima de las cosas, y que florece con matices tan varios que se diría, plantado sobre la ciudad, el jardín de un aficionado a tulipanes, de Delft o de Haarlem. (p. 337)

**Declaración de conflicto de intereses:** El autor declara no tener conflictos de interés.

**Declaración de contribución del autor:** A continuación, se menciona la contribución del autor, en correspondencia con su participación, utilizando la Taxonomía Crédit:

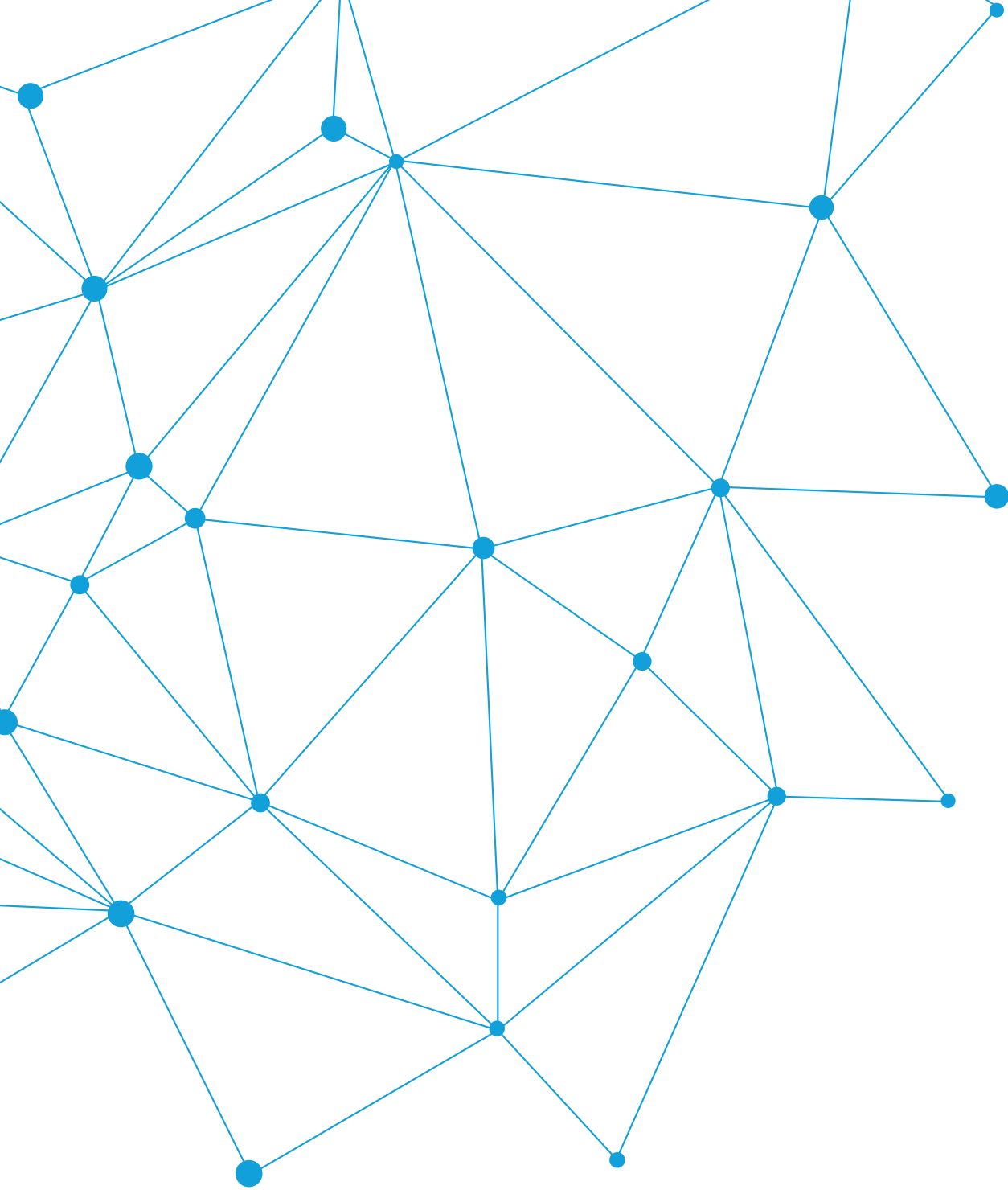
- Ivan Sinchi Toral: Análisis formal, Conceptualización, Curaduría de datos, Investigación, Metodología, Recursos, Redacción-borrador original, Redacción-revisión y edición, Visualización.



## Referencias

- Bardi, L. B., y de Oliveira, O. (2010). *Lina Bo Bardi: Obra Construida*. Gustavo Gili.
- Frampton, K. (2016). *Historia crítica de la arquitectura moderna*. Gustavo Gili.
- Gastón, C. (2005). *Mies el proyecto como revelación del lugar*. Fundación Caja de Arquitectos.
- Jones, K. (17 de julio de 2015). *Suspending Modernity: The Architecture of Franco Albini* [Archivo de Vídeo]. New Haven: Yale University. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=lr9L1hqFwdM>
- Martí, C. (2005). *La cimbra y el arco*. Fundación Caja de Arquitectos.
- Martí, C. (1999). *Silencios elocuentes*. Edicions UPC.
- Mertins, D. (2014). *Mies*. Phaidon.
- Piñón, H. (2023). *Encuentros con Helio* [Encuentros en línea]. La Capell.
- Piñón, H. (2006). *Teoría del Proyecto*. Edicions UPC.
- Proust, M. (1920). *El mundo de Guermantes*. Biblioteca Virtual Universal. <https://biblioteca.org.ar/libros/133601.pdf>
- Real Academia Española [RAE]. (15 de marzo de 2024). *Diccionario de la lengua española, 23.ª ed.* <https://dle.rae.es>
- Serviço Social do Comercio [SESC] (2013). *SESC Pompeia, São Paulo, Brasil*.
- Valery, P. (1987). *Introducción al método de Leonardo da Vinci*. Visor.
- Wisnik, G. (2008). *Paulo Mendes da Rocha: obra reciente*. Revista 2G, (45).





## Diseño Industrial Y Seguridad En El Transporte Público Proyectos Innovadores En Tiempos De Crisis Sanitaria

### *Industrial Design And Safety In Public Transportation Innovative Projects In Times Of Health Crisis*



**Mercedes J. Hernández Padilla**  
Universidad de Guadalajara, México

mercedes.hernandez@academicos.udg.mx  
ORCID: 0009-0009-3218-3116

**Roberto Cerpa Águila**  
Universidad de Guadalajara, México

roberto.cerpa@academicos.udg.mx  
ORCID: 0009-0003-1105-9462

**Juan Enrique Mendoza Medina**  
Universidad de Guadalajara, México

enrique.mendozam@academicos.udg.mx  
ORCID: 0009-0003-9419-6015

Recibido: 08/03/2024  
Aceptado: 14/11/2024

## Resumen

Este artículo de investigación presenta una experiencia de investigación aplicada desarrollada en respuesta a la pandemia de COVID-19, en colaboración entre una empresa y una universidad, con el fin de solucionar problemas económicos surgidos por la reducción en la demanda de unidades de transporte público de pasajeros debido a la contingencia sanitaria. La investigación se enfoca en disminuir los riesgos de contagio de COVID-19 mediante adecuaciones que puedan implementarse en el transporte público urbano, sin alterar su estructura u operatividad. Se exponen los resultados desde una perspectiva de diseño sostenible, al considerar las restricciones de actividades presenciales, acceso a materiales y equipos experimentales. El estudio se limitó a la realización de pruebas y simulaciones en modelos digitales. A partir del análisis de la información disponible sobre el COVID-19 en ese momento, se establecieron conclusiones desde el ámbito del Diseño Industrial, al desarrollar propuestas conceptuales basadas en medios naturales. La investigación concluye que la efectividad de estas soluciones depende en gran medida del comportamiento social y de las prácticas de higiene responsables de los usuarios. No obstante, desde el Diseño Industrial, se identificaron mejoras potenciales que podrían contribuir a minimizar los riesgos de contagio en el transporte público.

**Palabras clave:** diseño industrial aplicado, transporte público, diseño sostenible, modelos de la naturaleza, industria-universidad.

---

## Abstract

*This research article presents an applied research experience developed in response to the COVID-19 pandemic, in collaboration between a company and a university, in order to solve economic problems arising from the reduction in demand for public passenger transport units due to the health contingency. The research focuses on reducing the risks of COVID-19 contagion through adaptations that can be implemented in urban public transport without altering its structure or operation. The results are presented from a sustainable design perspective, considering the restrictions on face-to-face activities, access to materials, and experimental equipment. The study was limited to carrying out tests and simulations in digital models to contribute to reduce the risks of contagion in transport units during journeys and to enable their permanent implementation for the benefit of users and operators. Based on the analysis of the information available on COVID-19 at that time, conclusions were established from the field of Industrial Design, developing conceptual proposals based on natural means. The research concludes these solutions' effectiveness depends mainly on social behavior and responsible hygiene practices. However, from Industrial Design, potential improvements were identified that could minimize the risks of contagion in public transport.*

**Keywords:** industrial design, public transport, sustainable design, models of nature, industry-university.

## Introducción

Las epidemias históricas han impulsado cambios en los hábitos humanos. La peste negra en el siglo XIV provocó millones de muertes; asimismo, la viruela en el siglo XVI afectó significativamente a Europa y América (Crespo, 2020). La gripe española de 1918 afectó a un tercio de la población mundial, con alrededor de 50 millones de muertes (Fujimora, 2003).

De la misma manera, el brote de COVID-19 en Wuhan fue declarado pandemia en marzo de 2020, tras la propagación a 114 países (OPS, 2020). Esta pandemia impuso restricciones globales, lo que redujo actividades económicas y sociales. Durante el confinamiento, el transporte público sufrió una notable disminución en su demanda, debido a su alto riesgo de contagio, lo que afectó la rentabilidad del sector y de la cadena de suministro de vehículos.

En abril de 2020, las ventas de autobuses cayeron drásticamente, lo cual llevó a despidos y reducción de jornadas en la industria (Cantera, 2020). En respuesta, diversas empresas adoptaron estrategias para reducir el riesgo de contagio y restaurar la confianza en sus servicios y operaciones. Las condiciones se presentaron para el acercamiento entre la iniciativa privada y las universidades, con el propósito de trabajar de manera conjunta en encontrar respuestas y opciones orientadas hacia la generación de soluciones viables, que estuvieran de acuerdo con la situación que imperaba en ese momento. Las propuestas resultantes debían posibilitar la implementación en las unidades de transporte que ya estaban circulando, por lo que el requisito más relevante fue que no requirieran una intervención profunda en la estructura de las mismas. Así, se evitaba el consiguiente costo excesivo.

Así, se inició el proyecto de colaboración denominado *Implementación y adecuación de nuevos sistemas y componentes al interior de las unidades de transporte público*, de acuerdo a las condiciones pos-contingencia sanitaria 2020. Su objetivo general fue el de coadyuvar a la reducción de riesgo de contagio por Covid-19 dentro de las unidades de transporte público. Se estructuró en cuatro ejes de problemáticas a abordar, y cada eje contó con sus objetivos específicos. Debido a la extensión de esta parte del trabajo, por ahora se hace referencia únicamente a los dos primeros:

- A. Aislar aeróbicamente al operador respecto a los usuarios de las unidades de transporte público.
- B. Propiciar la circulación de aire natural en el interior de las unidades de transporte público.
- C. Facilitar a los usuarios del transporte público asirse de manera sana y segura.
- D. Replantear elementos y/o la distribución de ellos en el espacio interior de las unidades de transporte público, sin perder su base funcional y uso eficiente.

El desarrollo de estos proyectos en instituciones de educación superior fortalece la formación de futuros diseñadores industriales, al tiempo que cumple con las funciones sustantivas de investigación y vinculación con el sector productivo. En este contexto, la Licenciatura en Diseño Industrial del CUAAD de la Universidad de Guadalajara, a través del cuerpo académico *Diseño y Desarrollo de Producto Sostenible*, colabora con una empresa fabricante de carrocerías para transporte público en el desarrollo de cuatro proyectos. Esta empresa, fundada a finales del siglo XX, se consolidó en México como una de las principales en su rubro, al producir carrocerías para proveedores como Mercedes Benz, Man y Volkswagen. Actualmente, se expande hacia el mercado global y la movilidad eléctrica urbana.

El trabajo que aquí se presenta corresponde a una primera etapa para que la empresa carrocería analizara la viabilidad de llevar el proyecto al siguiente nivel. Esta etapa consiste en solucionar los detalles técnicos, la materialización funcional de la propuesta, su puesta a prueba y su potencial implementación en las nuevas unidades que fabrica, así como en aquellas que ya se encontraban circulando. Bajo este esquema, se presentaron propuestas conceptuales con las que se buscaba coadyuvar a reducir contagios de Covid-19 a usuarios y operarios del transporte público del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) durante sus traslados en el interior de las unidades de transporte urbano de pasajeros.

## Metodología

Una vez que se establecieron los proyectos, sus objetivos específicos y los lineamientos solicitados por la empresa, se estructuró el proyecto general y los objetivos particulares que derivaron en cuatro proyectos. Cada uno de ellos tenía sus objetivos específicos. Estos seguían las etapas fundamentales del proceso de diseño: análisis, síntesis y ejecución.

Se utilizó una tabla de Gantt para planear las actividades a realizar, responsables y resultados esperados de cada una de ellas. Asimismo, se establecieron fechas de revisión de avances, a través de reuniones virtuales periódicas de todos los participantes.

En la fase inicial de análisis, se recopiló y examinó la información disponible en línea sobre el Covid-19 (SARS-CoV-2). Se priorizaron fuentes científicas y acreditadas como la Organización Mundial de la Salud, la Organización Panamericana de la Salud, la Universidad Johns Hopkins y la Universidad de Hong Kong. El objetivo principal fue definir las características de la enfermedad, sus síntomas y mecanismos de transmisión. Adicionalmente, se consultaron fuentes sobre las medidas recomendadas para prevenir el contagio en espacios concurridos, con especial atención al transporte público en otros países. También, se investigaron tecnologías de desinfección eficaces para neutralizar el virus y la viabilidad de integrarlas en las propuestas de solución.

La etapa de síntesis (creativa) consistió en el desarrollo de propuestas de solución bajo los principios del diseño sostenible. Se priorizó la creación de alternativas con un bajo impacto ambiental y que garantizaran efectividad a largo plazo. Estas soluciones fueron evaluadas por la empresa, que seleccionó aquellas consideradas viables para su implementación en las unidades de transporte. Se realizaron simulaciones en modelos digitales para evaluar la efectividad de las propuestas, que posteriormente se presentaron a los directivos de la empresa como soluciones conceptuales. Quedó a su discreción su incorporación en el diseño final de las carrocerías.

Como se mencionó en párrafos anteriores, la primera etapa consistió en recabar y analizar la información disponible, entonces, sobre el virus SARS-Cov-2, que era el causante original del problema a resolver.

### ¿Qué es el COVID-19?

Para abordar el problema planteado por la empresa, primeramente, fue necesario conocer qué es el COVID-19 (SARS-CoV-2), sus principales síntomas, forma de transmisión y las medidas preventivas, conocidas hasta ese momento, para evitar contagios.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), desde el 2019, se enfocó en monitorear de manera permanente este brote. Publicaba en su sitio web información de utilidad para la población mundial, por lo que fue una de las más importantes fuentes consultadas.

En ella, explica que el COVID-19 es una variación de virus, la cual pertenece a la vasta familia de coronavirus. Este tipo de virus provoca infecciones respiratorias tanto a humanos como a diversos animales; estas afecciones van desde resfriados comunes hasta casos graves como el síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS) o el síndrome respiratorio agudo severo (SRAS) (OMS, 2019).

Los síntomas presentados por esta variación de coronavirus pueden ser desde ligeros a fuertes. Entre los principales están el dolor de cabeza, dolor de garganta, conjuntivitis, congestión nasal, pérdida del gusto, pérdida del olfato, diarrea, cambios de color en manos y pies.

Estadísticamente, la mayor parte de personas que adquieren el COVID-19 se recuperan sin requerir atención hospitalaria; un 80% de ellas lo hacen. Las personas que presentan un cuadro más severo suelen deber esta realidad a factores de morbilidad como diabetes, cáncer, afecciones pulmonares o cardíacas, hipertensión arterial y, en general, enfermedades crónico-degenerativas, muchas de ellas propias del paso del tiempo. Por ello, la edad avanzada, de manera natural, representa un factor de riesgo.

La principal vía de propagación es de persona a persona, cuando el portador del COVID-19, al toser, estornudar o simplemente hablar, despiden gotículas por la boca o nariz. Estas se mantienen suspendidas en el aire y son inhaladas por personas sanas por vía nasal, oral o a través de los ojos. Diversos estudios han demostrado que las gotículas despedidas al toser, estornudar o hablar permanecen suspendidas en el aire con el virus activo hasta por tres horas.

Las gotículas, por la atracción gravitatoria, caen a diversas superficies y objetos como mesas, mostradores, pasamanos, tubos de sujeción en el transporte público, manijas, pomos de puertas, asas de carros de supermercado y similares, tanto en ambientes públicos como en espacios privados. Estas superficies y objetos se contaminan por el virus; al ser tocados o manipulados por personas sanas, estas corren el riesgo de contagiarse del virus, sobre todo al llevar sus manos a su boca. Por otra parte, el tiempo en que el virus se mantiene activo varía según la superficie o temperatura en que está alojado. Vive 72 horas en plásticos y acero inoxidable, menos de 24 horas en cartón y menos de 4 horas en cobre (OMS, 2019).

### ***El Transporte Público y el COVID-19***

Si bien se debatió durante los primeros meses del brote sobre lo que es recomendable y su efectividad para evitar los contagios de COVID-19, sí se consensó sobre una serie de recomendaciones generales a seguir. Sin embargo, para efecto del trabajo encomendado, la investigación se concentró en aquellas relacionadas directamente con el transporte público.

La Universidad de Guadalajara, a través de la Sala de Situación en Salud por COVID-19 del Centro Universitario de Ciencias de la Salud (CUCS), trabajó de manera permanente en el seguimiento regional de la pandemia en cuestión. Esto se hizo con el fin de evaluar, prevenir y asumir anticipadamente posibles riesgos, para tomar decisiones y diseñar estrategias en beneficio de la comunidad.

Sobre el transporte público, que es un tema de particular interés en este proyecto, en el comunicado de prensa emitido el 21 de junio de 2020 (Ríos, 2020) se señaló que estos medios de transportes son considerados como de alto riesgo para el contagio de COVID-19. Esto es derivado del gran número de personas en tránsito que ocupa espacios confinados con ventilación limitada, además de estar en contacto físico con diversas superficies y objetos de uso común, como medios de pago, asideras, pasamanos y asientos. A esto, hay que sumar la dificultad para identificar a usuarios potencialmente portadores del COVID-19, independientemente de su derecho a hacer uso del servicio de transporte.

Durante 2020 y 2021, diversas organizaciones sanitarias realizaron estudios sobre la transmisión del COVID-19 en el transporte público. Uno de estos estudios, liderado por Zheng et al. (2020), examinó la transmisión espacial del virus a través del transporte público y privado en China. Encontró una correlación significativa entre el aumento de contagios y el uso de transporte terrestre y aéreo desde Wuhan, especialmente en trenes y autobuses, debido a la ventilación limitada en espacios cerrados.

En otro estudio, Shen et al. (2020) analizaron dos autobuses en China. En el autobús 1, sin pasajeros infectados, no hubo contagios; sin embargo, en el autobús 2, donde un pasajero estaba infectado, se reportaron contagios en 24 de los 67 pasajeros (35.3%). La proximidad a ventanas o puertas abiertas pareció reducir la transmisión del virus, salvo en un caso aislado. Investigaciones posteriores, como la de Cuiyun et al. (2021), señalaron que la ventilación insuficiente contribuye a la transmisión viral en el transporte urbano. Yang et al. (2020) coincidieron, al afirmar que los virus respiratorios, donde se incluye el SARS-CoV-2, se transmiten mediante gotículas y aerosoles generados al hablar, toser o cantar en espacios cerrados.

Durante la pandemia, la OMS, así como muchas otras instituciones, organizaciones y empresas del área médica, realizaron una gran cantidad



de estudios, tanto para conocer su estructura como sus mecanismos de propagación. Esto se hizo con la finalidad de contener y contrarrestar sus efectos.

El gobierno de los Estados Unidos de América, a través del Centro de Control y Prevención de Enfermedades (CDC), con base en los reportes científicos publicados por la OMS (2020) y los resultados publicados por distintas instituciones, elaboró una serie de recomendaciones para prevenir los contagios de COVID-19 en el interior de las unidades de transporte público.

Al momento en que es escrito este artículo, las fuentes de información con las cuales se elaboran tales recomendaciones ya no están disponibles. Sin embargo, el CDC (2020), al ser una agencia del gobierno federal de los Estados Unidos de América, goza de seriedad y reconocimiento sobre sus publicaciones. Las recomendaciones mencionadas incluyen una serie de acciones combinadas. Se destacan las siguientes:

En cuanto a las intervenciones de ingeniería en el propio vehículo de transporte:

- Modificar, en la medida de lo posible, la disposición de los elementos en el habitáculo del conductor.
- Alejar las terminales de pago, como lectores de tarjeta prepago o tragamonedas, del operador de transporte, para distanciar físicamente a los pasajeros del conductor.
- Colocar barreras físicas entre los operadores y los pasajeros, como cortinas, mamparas o barreras plásticas impermeables.
- Implementar un sentido de circulación único en el interior de las unidades de transporte.
- Fomentar que los usuarios mantengan una distancia de 1.5 metros entre ellos.
- Utilizar guías visuales y señalización en pisos, puertas de entrada y paneles laterales para recordar a los usuarios la distancia recomendada.
- Colocar dispensadores de desinfectante de manos en ubicaciones estratégicas para usuarios y operarios.

- Asegurar una buena circulación de aire natural y constante renovación en el interior de la unidad de transporte.
- Realizar una limpieza y desinfección constante de superficies y objetos de uso común.
- Limitar la cantidad de usuarios en el interior de las unidades de transporte.
- Considerar el uso de puertas distintas para entrada y salida en los autobuses.
- Respecto a las intervenciones en los espacios comunes para operarios o usuarios del transporte público:
  - Restringir o limitar la afluencia a áreas de descanso de uso común, como salas de descanso, estacionamientos y áreas de entrada/salida.
  - Utilizar guías visuales y señalización en pisos, muros y accesos en las paradas de autobús. Recordar a los usuarios la importancia de mantener una distancia de 1.5 metros.

Con base en la información sobre el diseño y la ingeniería de las unidades de transporte público, proporcionada por la empresa carrocería, así como la disponible en línea sobre los riesgos de contagio y recomendaciones para evitarlo, fue que el grupo de investigadores, con el apoyo de estudiantes de la licenciatura en Diseño Industrial de nivel avanzado, y bajo el esquema de voluntariado y prestación de servicio social, trabajó en el desarrollo de posibles soluciones. Se lo hizo a través de la disciplina de diseño industrial y en congruencia con los requerimientos de la empresa. Entre los requerimientos de la empresa, se necesitaba que fuera mínima la intervención física en la estructura general de las unidades y que, a su vez, se posibilitara su implementación en aquellas unidades de transporte público activas.

Al cabo de algunos meses, se obtuvieron las siguientes propuestas. Ambas tienen un objetivo general, que es el de disminuir el riesgo de contagio en el interior de las unidades de transporte público. Cabe mencionar que cada propuesta se enfoca en un tipo de beneficiario; la primera se centra en el operador y la segunda en el usuario.

Por ello, cada proyecto presenta particularidades en la solución al problema específico.

## Resultados y Discusión

**Proyecto A.** Aislar aeróbicamente al operador, respecto a los usuarios de las unidades de transporte público

Los operadores de las unidades de transporte urbano representan uno de los sectores laborales más expuestos a este foco de contagio por los usuarios. Esto se debe a que no se media, en el servicio, algún filtro sanitario. Es necesario el replanteamiento del equipamiento, aditamentos, objetos, sistemas y espacio interior en su conjunto. Este debe poder ser implementado en las unidades de transporte público, con el fin de coadyuvar a evitar contagios por agentes patógenos entre usuarios u operador.

Dicho replanteamiento puede partir desde la manera de uso, la función que cumple, la lectura que se le da por parte del usuario, la dinámica que provoca, la naturaleza de sus componentes, entre otros. Ante esta problemática, se busca identificar oportunidades para realizar adaptaciones en las unidades de transporte, con el fin de reducir el riesgo de contagios para el operador de la unidad de transporte público.

### Objetivo General

Aislar aeróbicamente al operador respecto a los usuarios de las unidades de transporte público, ante la llamada 'nueva normalidad' presentada por la contingencia sanitaria que inicia su escala global en el año 2020.

### Objetivos Particulares

- Evitar que el operador de la unidad de transporte público comparta el mismo aire inhalado y exhalado por los usuarios.
- Coadyuvar a salvaguardar la salud de operadores de unidades de transporte en

cuanto a contagios por agentes patógenos durante su jornada laboral.

- Disminuir estrés extra a operarios del transporte público, derivado del potencial riesgo de contagio por agentes patógenos durante su jornada laboral.

En el momento en que se lleva a cabo este proyecto, se considera la realización diaria de evaluaciones de sintomatología Covid-19 a cada operador antes de iniciar su jornada laboral. De esta manera, no representan un vector de contagio hacia usuarios de los servicios de transporte público.

### Luz UVC como Desinfectante

La IUVA (Asociación Internacional Ultra-violeta, por sus siglas en inglés: *International Ultraviolet Association*), de manera genérica, adopta la postura de que la luz tiene el comportamiento dual de onda-partícula (Sholtes *et al.*, 2020). En ese comportamiento, como onda, la luz se irradia por medio de oscilaciones; además, como partícula, es llamada fotón y es entendida como una masa que transporta energía lumínica. La luz, en el espectro electromagnético de radiación UV, se encuentra en el rango de entre 100 y 400 nm; está subdividida en rangos dentro de este espectro: de 100 a 200 nm, de 200 a 280 nm, de 280 a 315 nm y 315 a 400 nm.

El espectro entre 200 a 225 nm se utiliza para la desinfección en superficies y aire. Sin embargo, debido al temor de que la exposición a este espectro cause daño en la piel o córnea del ser humano, su uso y empleo se ha dado en ausencia del ser humano y otras especies.

La IUVA menciona que la luz UV-C, de manera natural, es irradiada por el sol y varía en diferentes puntos de la superficie terrestre (Sholtes *et al.*, 2020). De manera artificial, se genera por medio de lámparas de descarga y LEDs (diodos emisores de luz). Estos últimos son los de mayor uso, por su alta eficiencia en potencia lumínica y bajo consumo de energía eléctrica.

El UV-C y el UV-B tienen un efecto directo de desinfección, cuando la luz es absorbida por el material genético (lo que limita su replicación) o por otros componentes celulares o virales como proteínas. Así, se limita su transmisión.

Cuando el DNA y/o el RNA de los microorganismos absorbe fotones de UV-B y UV-C, se inhibe la capacidad de replicación de los microorganismos. Esto hace que estos microorganismos ya no sean infecciosos (Harm, 1980)

La luz UV-C lejana es la que se encuentra en el rango de 200 a 225 nanómetros (nm). Este rango ha mostrado un gran potencial para aplicaciones de desinfección, al poder inactivar bacterias, virus (incluido el SARS-CoV-2, responsable de Covid-19) y otros patógenos, sin dañar el tejido humano. Esto se debe a que no penetra en las capas superficiales de la piel ni en la capa externa del ojo. A diferencia de la luz UV-C Convencional, que se encuentra en el rango de 254 nm, también es efectiva para aplicaciones de desinfección, pero esta última es, potencialmente, perjudicial para la piel y los ojos (Simons *et al.*, 2020).

La luz ultravioleta UV-C lejana puede ser utilizada para desinfectar superficies y aire en lugares con presencia de personas, como lo son hospitales, transporte público, oficinas, entre otros. La efectividad germicida de la luz UV-C depende de dos factores. Uno de ellos es la longitud de onda; en el caso de la UV-C lejana, esta está en el rango de 222 nm. El otro factor es el tiempo de exposición.

Las Academias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y Medicina (*The National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine*), en el año 2020 señala que la luz UV-C destruye los virus más rápidamente que la luz UV-A y UV-B. Estas últimas son las que llegan a la superficie terrestre en un día soleado. Señalan que, en estudios realizados con luz UV-B, esta destruyó el SARS-CoV-2 en menos de 20 minutos. (*National Academies of Sciences, Engineering and Medicine*, 2020)

La empresa Signify, líder en innovación en iluminación, anunció en junio de 2020 la eficacia de la luz UV-C para inactivar el SARS-CoV-2, en

colaboración con el Laboratorio Nacional de Enfermedades Infecciosas Emergentes (NEIDL), de la Universidad de Boston. En pruebas de laboratorio, el equipo liderado por el Dr. Anthony Griffiths, de la Facultad de Medicina de dicha universidad, aplicó distintas dosis de radiación UV-C sobre material inoculado con el virus. Con una dosis de 5 mJ/cm<sup>2</sup>, lograron reducir el virus en un 99% en seis segundos; con una dosis de 22 mJ/cm<sup>2</sup>, alcanzaron una inactivación del 99.9999% en 25 segundos (Signify, 2020). Eric Rondolat, director ejecutivo de Signify, expresó el compromiso de la empresa para incrementar la producción de esta tecnología, para buscar satisfacer la creciente demanda de desinfección en distintos entornos.

A raíz de estos hallazgos, otros estudios evaluaron la luz UV-C lejana para inactivar el SARS-CoV-2. El Centro de Investigación Radiológica del Centro Médico de la Universidad de Columbia, en Nueva York, demostró que una dosis de 2 mJ/cm<sup>2</sup> de luz UV-C de 222 nm inactiva eficazmente los virus en el aire, lo que logra una reducción del 90% en ocho minutos, 95% en 11 minutos, 99% en 16 minutos y 99.9% en 25 minutos. Por ende, es segura para su uso en interiores (Buonanno *et al.*, 2020).

De forma similar, el Departamento de Enfermedades Infecciosas de la Universidad de Hiroshima obtuvo una reducción del virus de entre 88.5% y 99.7% al irradiar luz UV-C a 222 nm, con dosis de 1 y 3 mJ/cm<sup>2</sup> durante 10 y 30 segundos. Esto confirma la eficacia de esta tecnología en experimentos *in vitro* (Kitagawa *et al.*, 2021).

Aún cuando se afirma que la luz ultravioleta lejana no es dañina para el tejido humano, persiste cierta desconfianza para utilizarla en entornos habitados. Sin embargo, su efectividad para desactivar los virus y bacterias en el aire y superficies en poco tiempo de exposición representa un gran avance en el campo, no solo para combatir el SARS-CoV-2, sino también el virus de la influenza y hasta la gripe común.

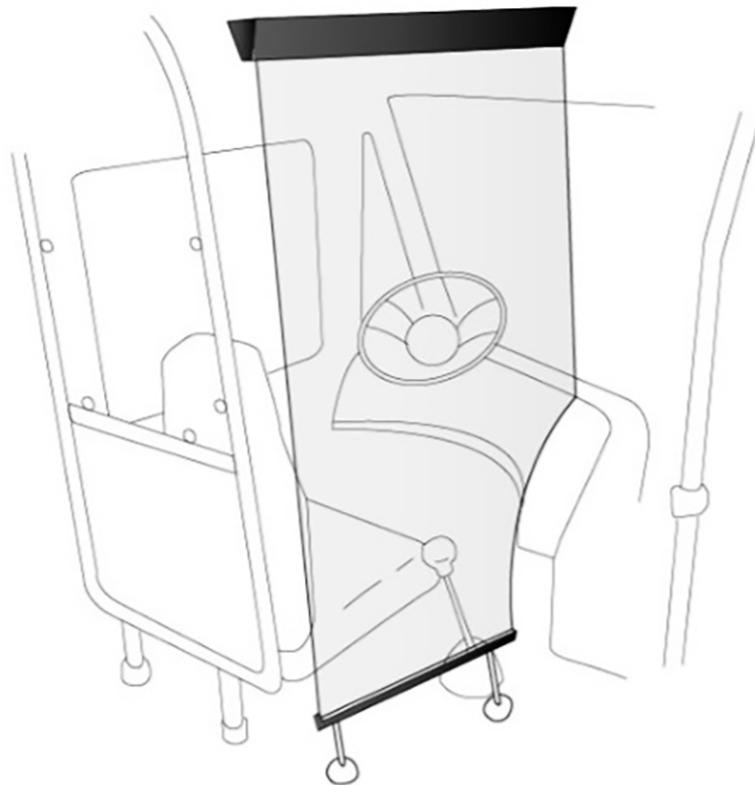
### **Propuesta**

Armar una persiana de PVC semirrígido de 2mm de espesor, enrollable dentro de una carcasa de polietileno, en la que se encuentran dos lámparas de luz UV-C y un pequeño motor a pasos. Este es accionado por el operador.

Las lámparas están colocadas de tal forma que la persiana se desinfeste en ambos lados al enrollarse o desplegarse, sin tener contacto directo con la luz UV-C o con persona alguna. Esta carcasa es de fácil instalación en el techo del autobús, permite aislar al conductor de los usuarios, sin afectar actividades o visibilidad. La persiana tiene un corte semi curvo en la parte inferior, para ajustarse con la forma del tablero; además, al ser transparente, el conductor no pierde visibilidad.

### **Figura 1**

*Separador físico semirrígido en operación*



*Nota.* Modelo creado por el equipo de trabajo de esta investigación, 2021.

**Figura 2**

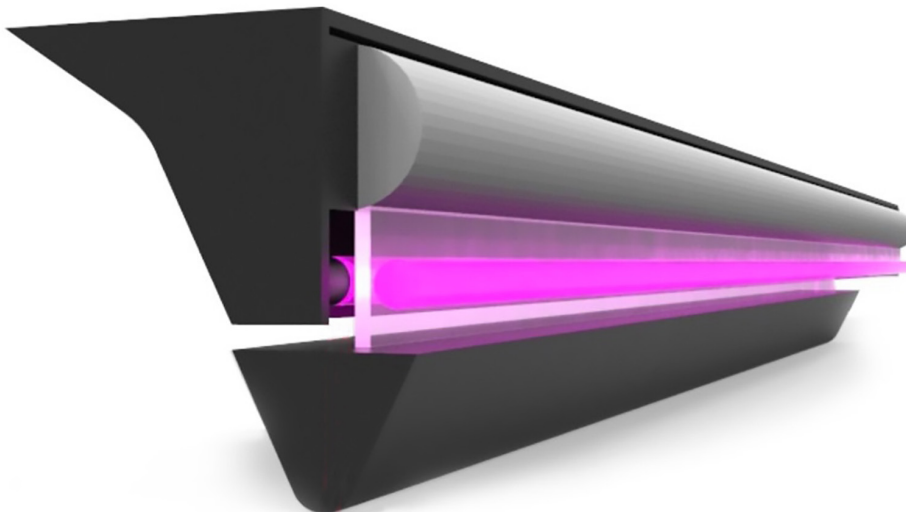
*Persiana desplegada (izquierda) y plegada (derecha) del separador físico semirrígido*



*Nota. Modelo creado por el equipo de trabajo de esta investigación, 2021.*

**Figura 3**

*Carcasa del separador físico semirrígido accionada mediante un motor eléctrico a pasos.*



*Nota. Modelo creado por el equipo de trabajo de esta investigación, 2021.*

### Componentes y Materiales

Se propone, para la persiana, una lámina flexible de PVC, de 2 mm de espesor, ya que es un material ligero; además, por su bajo costo, es de fácil reemplazo. Para la carcasa, se sugiere el polietileno de alta densidad, debido a su resistencia a la luz UV y facilidad de transformación por moldeo por inyección. El motor a pasos, modelo *Nema 23*, con un par de 1.2 Nm, controlado por un circuito integrado o, en su defecto, por un controlador tipo Arduino.

### Consideraciones Adicionales

En esta fase conceptual, sujeta a revisión y factibilidad técnica, se considera que:

- Es viable instalar barreras físicas entre el operador y los usuarios, sin comprometer la estructura de la unidad.
- La barrera debe ser flexible, para evitar lesiones en caso de contacto brusco.
- La barrera física ayuda a reducir el estrés del operario ante el riesgo de contagio.
- Una o más barreras pueden formar un sistema para disminuir los riesgos de contagio de Covid-19.
- El uso adecuado del cubrebocas debe ser obligatorio en el transporte público.
- Se puede automatizar la desinfección constante de superficies.
- La propuesta debe aplicarse tanto en unidades nuevas como en las que ya están en circulación.
- Es posible reubicar la entrada de usuarios y los dispositivos de pago o lectores de tarjetas.
- Se sugiere usar dispositivos de pago sin contacto para evitar el uso de efectivo.
- La luz UVC elimina virus, incluido el Covid-19, pero debe usarse con seguridad, por lo que se debe evitar la exposición directa por sus efectos nocivos en la piel.

Estas recomendaciones ofrecen una base inicial para soluciones prácticas y seguras en el transporte público frente a los desafíos de la pandemia.

Si bien en el planteamiento utilizado como punto de partida para el proyecto se utilizó el término aislar para buscar una solución viable, la cual pudiera ser implementada en las unidades de transporte en circulación, también estuvo presente el requisito relevante de no requerir una intervención profunda a la estructura de las unidades de transporte. Ante esto, después de analizar diversas opciones, se opta por situar barreras físicas entre operarios y pasajeros, para contener las microgotas que puedan ser expulsadas por la boca o la nariz al hablar, toser, estornudar o exhalar. De manera adicional, se plantea la destrucción de virus y la eliminación de agentes patógenos en la barrera física mediante el uso de luz UV-C.

**Proyecto B.** Propiciar la circulación de aire natural en el interior de las unidades de transporte público, ante la llamada 'nueva normalidad' presentada por la contingencia sanitaria 2020.

La emergencia sanitaria global por Covid-19 en 2020 provocó, en México, una disminución del 80% en las ventas de autobuses para transporte público y foráneo, debido al impacto social y económico a nivel mundial. Los gobiernos y autoridades sanitarias establecieron nuevas normas de convivencia en espacios públicos, lo que incluye el transporte, con factores de control complejos. La respuesta de la población ante estas medidas fue diversa: hubo quienes seguían estrictamente las recomendaciones, hasta quienes las ignoraban o rechazaban abiertamente.

La respiración es un proceso fisiológico esencial que permite al cuerpo obtener oxígeno ( $O_2$ ) y expulsar dióxido de carbono ( $CO_2$ ), resultado de la combustión celular. En condiciones normales, los adultos e infantes respiran entre doce y veinte veces por minuto; varía también según la profundidad de la respiración. Al inhalar, se toma oxígeno; al exhalar, se libera dióxido de carbono. En un vehí-



culo, este proceso genera emisiones que afectan la calidad del aire, en función de la cantidad de personas, el espacio disponible, la duración del viaje, la temperatura, la humedad y otros factores.

El consumo de aire de un ser humano es aproximadamente de cinco a seis litros por minuto. En proporción al consumo mínimo –cinco litros–, es de 300 a 360 litros en una hora, por persona. La cantidad de viajeros sentados, o la cantidad de butacas, en las unidades de transporte público que circulan en el AMG varía de 29 a 53 personas. De esa manera, el consumo de aire en una hora es de 8,700 a 19,080 litros; este número solo hace referencia a los viajeros sentados. Es decir, no hace cuenta de los hasta ocho viajeros de pie que existen por metro cuadrado.

La necesidad de renovación de aire en el interior de las unidades de transporte público se intensifica con la presencia de la contingencia sanitaria del Covid-19. Es entonces que mejorar la calidad del aire en el interior de la unidad de transporte público se traduce en un ambiente de viaje más saludable.

### **Objetivo General**

Propiciar la circulación de aire natural en el interior de las unidades de transporte público, ante la llamada ‘nueva normalidad’ presentada por la contingencia sanitaria que inicia su escala global en el año 2020.

### **Objetivos Específicos**

- Agilizar la circulación de aire natural en el interior de las unidades de transporte público.
- Reducir la concentración de agentes patógenos suspendidos en el aire en el interior de las unidades de transporte público.
- Coadyuvar a salvaguardar la salud de operadores y usuarios en el interior de las unidades de transporte público.
- Reducir el estrés a usuarios del transporte público derivado del potencial riesgo de contagio por agentes patógenos en el interior de las unidades de transporte.

### **Ventilación Natural Inducida en la Arquitectura**

El enfriamiento de aire por sistemas de inducción térmica se basa en la diferencia de densidad entre el aire caliente y el aire frío. El aire caliente, al ser más ligero, asciende, mientras que el aire frío desciende. Este principio se aplica en espacios habitables, mediante la colocación de entradas de aire en la parte inferior y salidas en la parte superior. Esto genera un efecto chimenea (Pereira, 2019). Para lograr este efecto, es necesaria una diferencia de temperatura mínima de 1.7 °C. Además, cuanto mayor sea la distancia entre las aberturas, mayor será la circulación de aire (2030 Palette, 2020).

El efecto Venturi se refiere a la aspiración generada por el movimiento de un fluido en un conducto cerrado. Cuando el fluido pasa de un conducto de mayor sección a uno de menor sección, su velocidad aumenta y la presión disminuye, lo que crea una succión que permite mezclar el fluido del segundo conducto, cuando se intersectan de manera perpendicular. La disminución de presión en la sección más estrecha puede generar presión negativa suficiente para producir un efecto de aspiración (2030 Palette, 2020).

El sombrero de Venturi aprovecha el principio del efecto Venturi: el aire caliente que sale por el conducto principal es succionado por el aire frío que ingresa por la parte inferior del sombrero. Este efecto es especialmente eficiente en zonas ventosas, ya que su efectividad es proporcional a la velocidad del viento.

### **Renovaciones de Aire por Hora. Concepto y Explicación de la Fórmula**

Cambios de Aire por Hora (CAH) es la medida del volumen de aire que entra a un espacio, dividido entre el volumen de dicho espacio. Expresa cuántas veces en una hora, el aire en un espacio determinado es reemplazado por el aire entrante (Stamper & Koral, 1979).

Los CAH se obtienen de la siguiente manera: Calcular la tasa de renovación de aire a partir de las medidas del balómetro dividiendo el flujo de aire exterior que entra a la habitación (medido fuera) por el volumen de la habitación (largo x ancho x alto).

CAH = [Flujo de aire Exterior que entra (m<sup>3</sup> / minuto) x 60 (minutos / hora)] / Volumen del aula (m<sup>3</sup>). (Allen, Spengler & Jones, 2020, p. 12).

Para aplicarlo al estudio de este caso, al obtener los datos en segundos, se multiplica por 3,600, que son los segundos por hora. Esto da como resultado la siguiente fórmula:

$$[(\text{volumen de aire entrante en m}^3/\text{s}) \times (3600 \text{ s/h})] / [\text{Volumen total del Unidad en m}^3]$$

La tasa de renovación de aire por hora es un término de ingeniería mecánica y no es un método exclusivo para los sistemas de aire acondicionado. Sin embargo, es muy utilizada en el campo, ya que los sistemas de calefacción y ventilación de aire acondicionado (HVAC, por sus siglas en inglés: *Heating, Ventilating and Air Conditioning*) pueden controlar y, por lo tanto, medir el volumen de flujo de aire entrante. Para obtener estos datos, se realizaron simulaciones que utilizaron la aplicación de mecánica de fluidos computacional *Solidworks CFD*. Se calculó el promedio de volumen de cada entrada y salida de aire en la unidad, a una velocidad de 5 km/h.

### **Flujo de Aire Necesario para Disminuir las Probabilidades de Contagio**

Por la naturaleza relativamente desconocida del virus SARS CoV-2, al ser recientemente descubierto y todavía investigado, al momento de este trabajo, existen diferentes opiniones respecto al volumen de aire específico para obtener un espacio seguro. Sin embargo, todos concuerdan en que es necesario un flujo mayor a 3 lt/seg por persona (Lee & Tsang, 2020).

La norma ABNT 15570 de Brasil (ABNT, 2009) especifica que, para el transporte de pasajeros, se precisa una tasa de renovación de al menos 20 veces el volumen de aire interno útil en la unidad de transporte. Salvo esta normativa, no se

localizó alguna otra recomendación explícita sobre el flujo de circulación de aire requerido en el transporte público.

Investigaciones sobre un contexto responsable de uso de cubrebocas sugieren que en las unidades de transporte público no existe un riesgo tan alto de contagio, debido a una baja o nula interacción social. Esto es cierto, sobre todo, en unidades no saturadas de usuarios o sin aglomeraciones y una ventilación adecuada. (Fiter, 2020)

**Tabla 1**

Tabla SEQ Tabla \ \*ARABIC 1. Tasa de renovación de aire por hora

Tipo de espacio	Tasa de renovación de aire por hora	
	Baja	Alta
Cocina industrial	30	40
Panadería	20	30
Sala de calderas	15	30
Sala de máquinas	15	30
Fundición	15	30
Quirófano	15	25
Cine	10	15
Clínica dental	12	15
Gimnasio	6	15
Peluquería	10	15
Laboratorio	6	15
Bar	10	12
Cantina	8	12
Sala de conferencias	8	12
Restaurante	8	12
Taller	6	10
Oficina	6	10
Aula de clase	5	7
Área común de vivienda	3	6
Dormitorio	2	4

Nota. Tabla creada por el equipo de trabajo de esta investigación (2021), con datos de (Arnabat, 2020)

Por lo anterior, obtener los cambios necesarios de renovación de aire por hora es importante para lograr una depuración total del aire en el interior de la unidad de transporte, independientemente de la finalidad del espacio, como lo es un gimnasio u oficina (Arnabat, 2020).

La OMS (2019), explica que un flujo de 10 lt/seg por persona es lo ideal para evitar el esparcimiento de aerosoles contaminantes en un contexto de oficina. Muchas guías coinciden con los datos de la OMS, al recomendar 10 lt/seg por persona, para evitar los contagios en referencia al Covid-19 en específico (ASHRE, 2022).

### *Recopilación de los Datos e Interpretación*

La forma en que se obtuvieron los datos de flujo de aire hacia el interior de la unidad de transporte fue midiendo cada una de las entradas y salidas en las ventanas. Para ello, se realizó una sumatoria de las entradas para calcular los CAH. El resultado en la unidad sin modificaciones fue de aproximadamente 24 cambios de aire por hora.

Otro artículo que cita la investigación antes mencionada, indica que abrir las ventanas tan solo seis pulgadas más contribuye a un aumento significativo en la calidad del aire (Allen, 2020).

Para saber cuánto flujo de aire es necesario, primero se calculan los cambios de aire por hora. Esto es el número de veces que el volumen total de un espacio es completamente reemplazado en una hora.

**Paso 1. Calcular el Volumen de la Habitación.** Aquí se consideran las dimensiones tomadas de unidades de transporte público en circulación durante la contingencia sanitaria, con dimensiones de 9.67m x 2.43m x 2.08m. Esto arroja un volumen total de 48.87 m<sup>3</sup>.

**Paso 2. Multiplicar el Volumen Total del Espacio por la Cantidad de Veces que se quiere Renovar.** Así, se obtiene la cantidad de volumen total de aire que se requiere hacer circular.

Se han encontrado diferentes recomendaciones, por lo que se decide considerar una tasa de 50 ciclos de aire por hora.

$$(48.87\text{m}^3) \times (50 \text{ CAH}) = 2,443.5 \text{ m}^3/\text{h}.$$

**Paso 3. Convertir Flujo de Metros Cúbicos/hora a metros cúbicos/segundo.** Se divide el flujo total/hora entre 3,600, que es la cantidad de segundos en una hora, para obtener el flujo mínimo necesario de metros/segundo.

$$(2,443.5 \text{ m}^3/\text{h}) / (3,600 \text{ s}) = 0.67875 \text{ m}^3/\text{s} \text{ para obtener } 50 \text{ CAH}$$

Una vez que se ha despejado la fórmula anterior, se obtiene la cantidad de renovaciones de aire.

### *Resultados de las Simulaciones*

#### **1. Unidad sin Modificar.**

Con el dato del flujo total de aire hacia el interior, en este caso se hizo una prueba en un modelo esquemático del volumen, con las dimensiones reales de la unidad. Se indicó la ubicación de entradas y salidas de aire; la primera prueba se realizó con la unidad sin modificar; es decir, se midió el caudal volumétrico de aire que ingresa solo por las ventilas ya existentes. Las entradas laterales, superior, la salida posterior y los extractores aparecen como inválidos, porque las modificaciones propuestas se encuentran cerradas -sin salidas y entradas, además de las ventanas-. Así, se precisa saber en la siguiente simulación cómo reacciona el aire con las propuestas. Una vez terminada la medición, el programa arrojó los siguientes datos.

Tabla 2

Tabla SEQ Tabla 1 \*ARABIC 2. Flujo de aire en UTP sin modificar

Nombre	Valor Actual	Progreso	Criterio	Valor Promedio
Entrada derecha	0 m <sup>3</sup> /s	Invalido	8.30768e-05 m <sup>3</sup> /s	0 m <sup>3</sup> /s
Entrada izquierda	0 m <sup>3</sup> /s	invalido	8.30768e-05 m <sup>3</sup> /s	0 m <sup>3</sup> /s
GG Presión Total Media 1	101326 Pa	Logrado (IT = 85)	0.01557 Pa	101326 Pa
promedio de flujo	- 0.0181738 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 124)	0.00227192 m <sup>3</sup> /s	- 0.0177147 m <sup>3</sup> /s
Salida trasera	0 m <sup>3</sup> /s	Invalido	8.30768e-05 m <sup>3</sup> /s	0 m <sup>3</sup> /s
Salida trasera techo	0 m <sup>3</sup> /s	Invalido	8.30768e-05 m <sup>3</sup> /s	0 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 10	0.0409085 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 131)	0.00122684 m <sup>3</sup> /s	0.0410549 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 11	0.0148238 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 108)	0.00367834 m <sup>3</sup> /s	0.014788 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 12	0.00478755 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 101)	0.0079268 m <sup>3</sup> /s	0.0056335 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 13	- 0.00151671 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 80)	0.0151951 m <sup>3</sup> /s	- 8.80459e-05 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 14	- 0.0162144 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 76)	0.0308904 m <sup>3</sup> /s	- 0.0163539 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 15	- 0.155941 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 76)	0.0289723 m <sup>3</sup> /s	- 0.155106 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 16	0.00738118 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 102)	0.0156439 m <sup>3</sup> /s	0.00740551 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 17	0.0610826 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 95)	0.00855366 m <sup>3</sup> /s	0.0613952 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 18	0.0414732 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 108)	0.00405018 m <sup>3</sup> /s	0.0405777 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 19	0.0388971 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 138)	0.00132554 m <sup>3</sup> /s	0.0380346 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 20	0.0107046 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 113)	0.00353586 m <sup>3</sup> /s	0.0117119 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 21	0.00386721 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 100)	0.00772835 m <sup>3</sup> /s	0.00466452 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 22	9.09672e-05 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 79)	0.0149892 m <sup>3</sup> /s	- 0.00134887 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 23	- 0.0149432 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 76)	0.0304221 m <sup>3</sup> /s	- 0.0160664 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 6	- 0.160014 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 76)	0.029408 m <sup>3</sup> /s	- 0.156778 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 7	0.000750395 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 107)	0.0160849 m <sup>3</sup> /s	- 0.0018608 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 8	0.0606502 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 102)	0.00885211 m <sup>3</sup> /s	0.0596532 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 9	0.0450388 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 110)	0.00407344 m <sup>3</sup> /s	0.0449679 m <sup>3</sup> /s
Vol entrada	0.328189 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 108)	0.0158301 m <sup>3</sup> /s	0.32845 m <sup>3</sup> /s
Vol total	0.0181738 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 124)	0.00227192 m <sup>3</sup> /s	- 0.0177147 m <sup>3</sup> /s
Volumen entrada arriba	0 m <sup>3</sup> /s	Invalido	8.30768e-05 m <sup>3</sup> /s	0 m <sup>3</sup> /s

Nota. Parámetros cuantitativos en simulación digital de flujo de aire en unidad de transporte público sin modificar. Equipo de investigación, 2021.

La tabla de simulación de flujo de aire muestra columnas con diferentes mediciones y datos:

**Nombre.** refiere el punto o sección de la simulación donde se toman los datos. Ej. "Entrada derecha", "Salida trasera", entre otros.

**Valor Actual.** muestra el resultado de la medición en ese punto o sección, expresado en unidades como metros cúbicos por segundo (m<sup>3</sup>/s), para caudales volumétricos, y pascales (Pa), para la presión.

**Progreso.** indica si el criterio de simulación se logró y el número de iteraciones realizadas para ello. En esta columna, "Logrado" indica que los resultados en la simulación se consiguieron. Por su parte, el Número de Iteraciones (IT) se refiere a la cantidad de ciclos de cálculo en la simulación para llegar al resultado. Por ejemplo "IT = 81" significa que se realizaron 81 ciclos de cálculo.

**Criterio.** muestra la referencia para validar los resultados.

**Valor Promedio.** refiere el valor promedio calculado en ese punto o sección (columna "Nombre") durante la simulación.

Las unidades de medida utilizadas son: m<sup>3</sup>/s (metros cúbicos por segundo), que refiere el caudal volumétrico del aire o la cantidad de volumen de aire que pasa por una sección en un segundo. Pa (pascales), refiere la presión total media en un punto. Mide la fuerza ejercida por el aire por unidad de área.

Los puntos de medición o sección de la simulación se enlistan en la columna Nombre. En el modelo de autobús que se analizó, cuenta con 18 ventillas, donde se incluye la del habitáculo del conductor. Estas son numeradas del 6 al 23 y son

los puntos de medición, cuya función es tanto de entrada como de salida de aire. La entrada derecha y entrada izquierda corresponden a las aperturas propuestas en los laterales de la carrocería; asimismo, la salida trasera inferior, con los extractores de aire y su correspondiente efecto venturi, está en la parte posterior superior.

El cálculo se obtiene al dividir el flujo de aire por segundo entre el volumen total del espacio, de la siguiente manera:

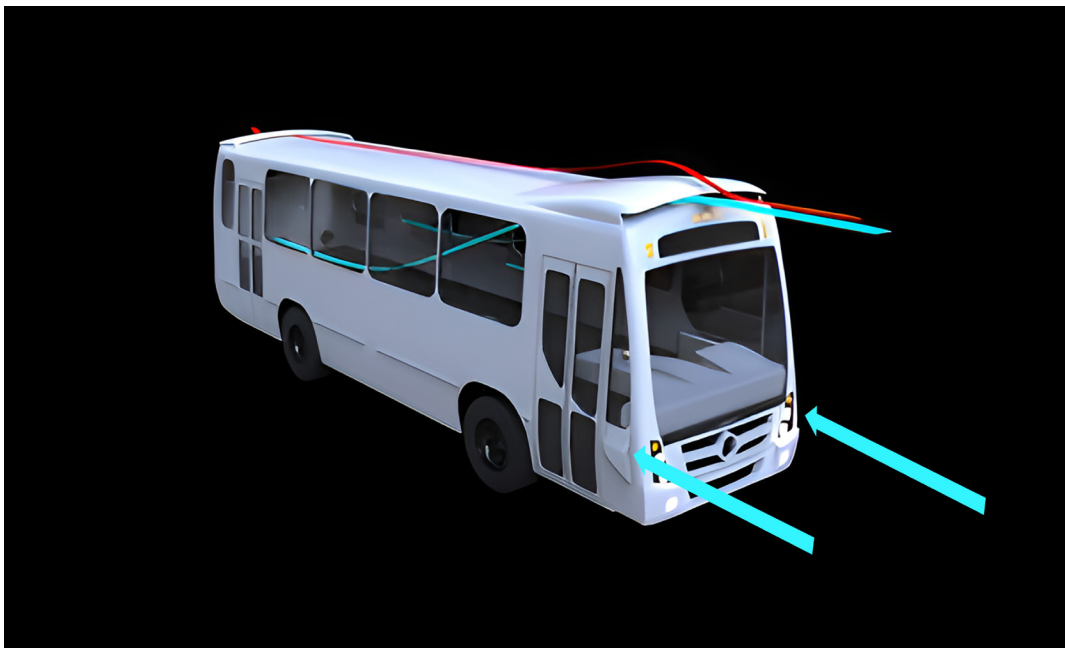
$$[(0.3281 \text{ m}^3/\text{s}) * (3600 \text{ s/h})] / [48.87 \text{ m}^3] = 24.16 \text{ Cambios de aire / hora (sin modificaciones).}$$

## 2. Simulación con Modificaciones, Sin Extractores

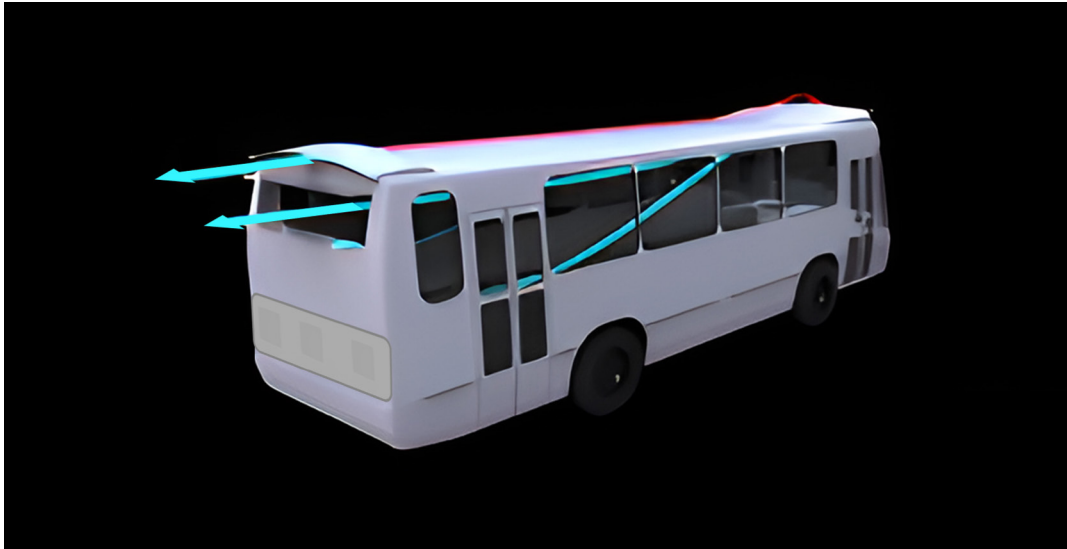
En los resultados de las modificaciones que se proponen para la unidad de transporte, hay una entrada de aire en la parte frontal superior y dos a los costados, en la parte inferior (Figura 4). Tiene salidas de aire en la parte posterior: una en la parte central superior y tres en la parte baja (Figura 5). Estos últimos se mantuvieron cerrados para efecto de esta prueba, donde se analizó el comportamiento del caudal de aire en estas condiciones. Los resultados de esta prueba se muestran en la tabla 3.

**Figura 4**

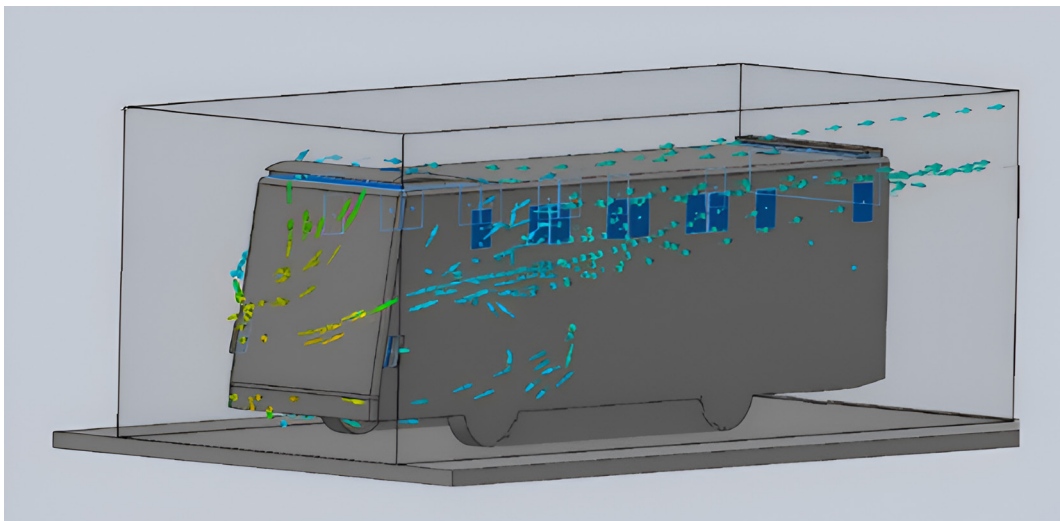
*Modificaciones propuestas a la unidad de transporte público*



*Nota.* Las entradas de aire en la parte frontal superior y costados de la unidad de transporte público, se muestran en color azul. La línea roja indica la dirección del aire al estar en circulación la unidad de transporte. Equipo de investigación, 2021.

**Figura 5***Modificaciones propuestas a la unidad de transporte público*

*Nota.* Las salidas de aire en la parte posterior superior de la unidad de transporte público, se muestran en color azul. La línea roja indica la dirección del aire al estar en circulación la unidad de transporte. Los extractores de la parte posterior baja se sellaron para la prueba. Equipo de investigación, 2021.

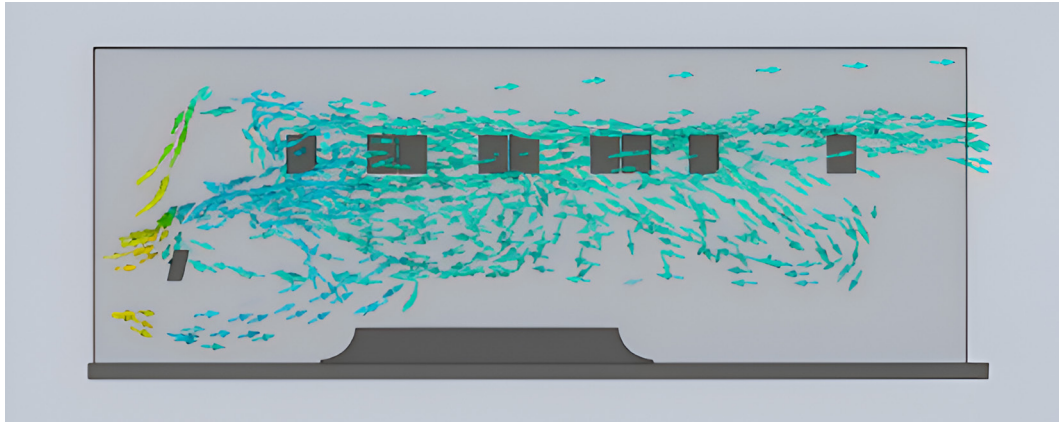
**Figura 6***Simulación digital de flujo de aire en unidad de transporte público con modificaciones*

*Nota.* Las salidas de aire en la parte posterior superior, sin extractores en la parte baja posterior. Las marcas en colores cálidos muestran zonas de mayor densidad de aire. Las marcas en colores fríos muestran zonas de menor densidad de aire. En su conjunto muestran la dirección del aire al estar la unidad de transporte público en movimiento. Vista en isométrico. Equipo de investigación, 2021.



**Figura 7**

Simulación digital de flujo de aire en unidad de transporte público con modificaciones



Nota. Las salidas de aire en la parte posterior superior, sin extractores en la parte baja posterior. Vista lateral. Las marcas en colores cálidos muestran zonas de mayor densidad de aire. Las marcas en colores fríos muestran zonas de menor densidad de aire. En su conjunto muestran la dirección del aire al estar en movimiento la unidad de transporte; es de notar el retorno de aire en la parte posterior de la unidad. Equipo de investigación, 2021.

**Tabla 3**

Tabla SEQ Tabla 1 \*ARABIC 3. Flujo de aire en UTP con modificaciones sin extractores

Nombre	Valor Actual	Progreso	Criterio	Valor Promedio
Entrada derecha	0.0199176 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 81)	0.00400704 m <sup>3</sup> /s	0.0201271 m <sup>3</sup> /s
Entrada izquierda	0.0198526 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 76)	0.00454253 m <sup>3</sup> /s	0.0200791 m <sup>3</sup> /s
GG Presión Total Media 1	101326 Pa	Logrado (IT = 86)	0.0356453 Pa	101326 Pa
Salida trasera	- 0.478715 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 88)	0.0855471 m <sup>3</sup> /s	-0.476784 m <sup>3</sup> /s
Salida trasera techo	0.00830766 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 84)	0.00654212 m <sup>3</sup> /s	0.00815106 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 10	0.0556889 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 109)	0.0045629 m <sup>3</sup> /s	0.0567482 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 11	0.0261654 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 166)	0.00134738 m <sup>3</sup> /s	0.0268042 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 12	0.023027 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 130)	0.00308735 m <sup>3</sup> /s	0.0231052 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 13	0.0117571 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 113)	0.00676831 m <sup>3</sup> /s	0.0120247 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 14	- 0.00896761 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 76)	0.0133246 m <sup>3</sup> /s	- 0.00937126 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 15	- 0.132098 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 76)	0.0270587 m <sup>3</sup> /s	- 0.135544 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 16	0.0040087 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 112)	0.0163 m <sup>3</sup> /s	0.0023319 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 17	0.0543844 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 108)	0.0100306 m <sup>3</sup> /s	0.0542097 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 18	0.0596884 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 108)	0.00596195 m <sup>3</sup> /s	0.0593255 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 19	0.0550885 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 107)	0.0044566 m <sup>3</sup> /s	0.0554205 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 20	0.0234149 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 248)	0.00136769 m <sup>3</sup> /s	0.0237388 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 21	0.0203328 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 118)	0.00301318 m <sup>3</sup> /s	0.0205798 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 22	0.00772804 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 138)	0.00671347 m <sup>3</sup> /s	0.00794864 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 23	- 0.0106559 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 76)	0.0132399 m <sup>3</sup> /s	- 0.0099973 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 6	- 0.140382 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT_ 76)	0.0274254 m <sup>3</sup> /s	- 0.140844 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 7	- 0.00367384 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 112)	0.0165739 m <sup>3</sup> /s	- 0.00471365 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 8	0.0460692 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 109)	0.0105591 m <sup>3</sup> /s	0.0477931 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 9	0.0606676 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 106)	0.00596616 m <sup>3</sup> /s	0.0610585 m <sup>3</sup> /s
Vol entrada	0.720225 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 122)	0.0486131 m <sup>3</sup> /s	0.722821 m <sup>3</sup> /s
Vol total	-0.0459604 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 226)	0.00168726 m <sup>3</sup> /s	- 0.0462815 m <sup>3</sup> /s
Volumen entrada arriba	0.232433 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 102)	0.00433812 m <sup>3</sup> /s	0.231526 m <sup>3</sup> /s

Nota. Parámetros cuantitativos en simulación digital de flujo de aire en unidad de transporte público con modificaciones: salidas de aire en parte posterior superior, sin extractores en la parte baja posterior. Los indicadores en positivo son caudales de entrada y los negativos indican que el volumen medio fue de salida. Equipo de investigación, 2021.

Los resultados obtenidos con las modificaciones fueron los siguientes:  $[(0.72022 \text{ m}^3/\text{seg.}) * (3,600 \text{ seg. /h})] / [48.87 \text{ m}^3] = 53.05 \text{ CAH}$  Cambios de aire por hora. Considerado solo el dato de flujo de aire de entrada (0.72022 m<sup>3</sup>/seg, equivalente a 720.22 lt/seg), resulta en un flujo total de 12.0 lt/seg por persona, en una unidad con 60 personas (720.22 lt/seg / 60 personas), lo que supera la meta de 10 lt/seg por persona que recomienda la OMS (2019)

Estos resultados fueron positivos, ya que superan la tasa de renovación de aire requerida indicada en la investigación. Sin embargo, después de realizar un análisis de la circulación de aire en el interior, se notó una cantidad considerable de aire que retorna desde la parte de atrás de la unidad y lo recircula hacia el frente. Esto no es lo ideal, por tratarse de un aire no renovado y potencialmente contaminado, lo que podría causar contagios (ver Figura 7). Por lo tanto, se propone una alternativa que utiliza extractores de aire en las zonas donde se presenta este fenómeno. Los resultados en la simulación indicaron que esto, además de mejorar el problema de la recirculación, presenta un aumento del flujo total de aire de entrada.

### 3. Simulación con Modificaciones y Extractores

Para esta simulación (ver Figuras 8, 9 y 10), se liberaron, además, los extractores propuestos de la parte posterior baja de la unidad de transporte. De esta propuesta, se obtuvieron los siguientes resultados:

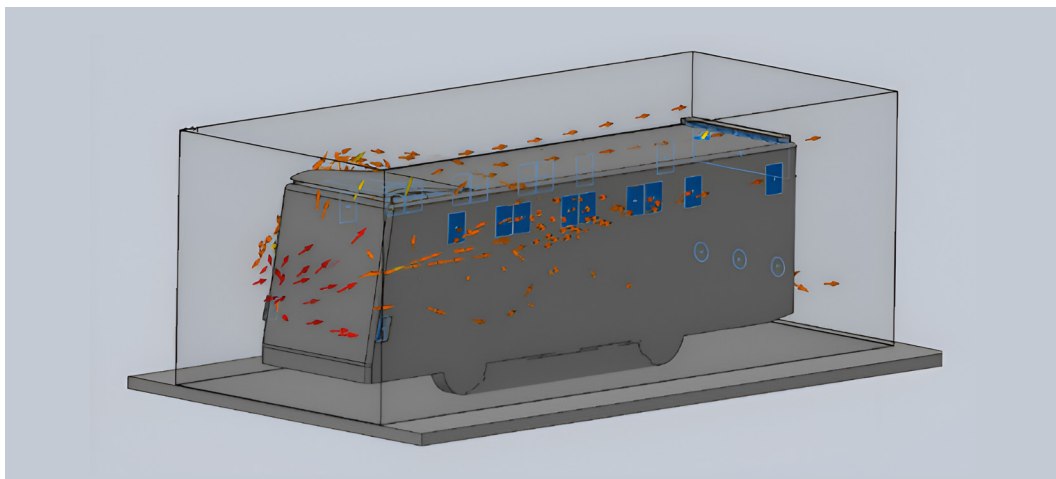
$[(1.31614 \text{ m}^3/\text{seg.}) * (3,600 \text{ seg/h})] / [48.87 \text{ m}^3] = 96 \text{ Cambios de aire por hora (con modificaciones)}$ .

Los resultados obtenidos con las modificaciones fueron los siguientes:  $[(1.31614 \text{ m}^3/\text{seg.}) * (3,600 \text{ seg. /h})] / [48.87 \text{ m}^3] = 96 \text{ CAH}$  Cambios de aire por hora. Si se considera solo el dato de flujo de aire de entrada (1.31614 m<sup>3</sup>/seg, equivalente a 1,316.14 lt/seg), resulta en un flujo total de 21.93 lt/seg por persona, en una unidad con 60 personas (720.22 lt/seg / 60 personas). Esto supera la meta de 10 lt/seg por persona que recomienda la OMS (2019).

Se debe señalar que, con la activación de los extractores posteriores, si bien aumenta el caudal de aire de salida, también aumenta considerablemente el de entrada de aire nuevo (Figuras 9 y 10).

**Figura 8**

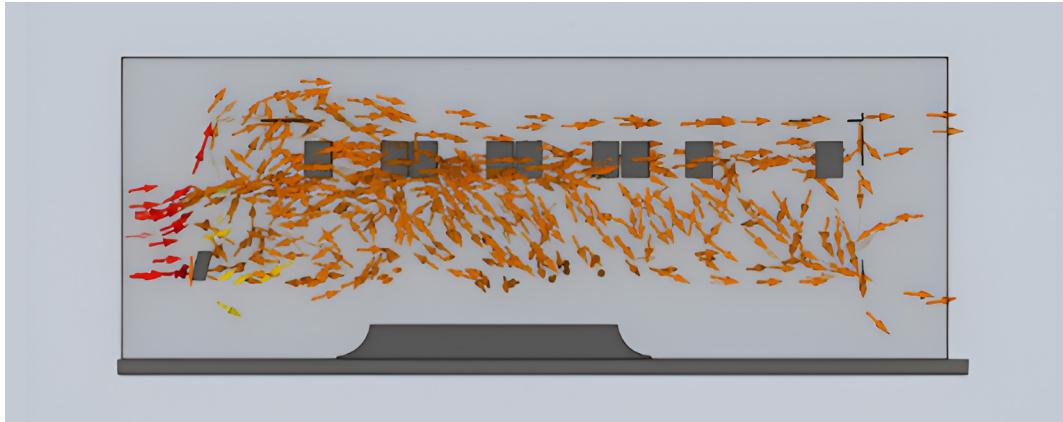
*Simulación digital de flujo de aire en unidad de transporte público con modificaciones*



*Nota.* Las salidas de aire en parte posterior superior y extractores en la parte baja posterior. Las marcas en colores cálidos muestran zonas de mayor velocidad y flujo de aire. En su conjunto muestran la dirección del aire, al estar la unidad de transporte público, en movimiento. Vista en isométrico. Equipo de investigación, 2021.

**Figura 9**

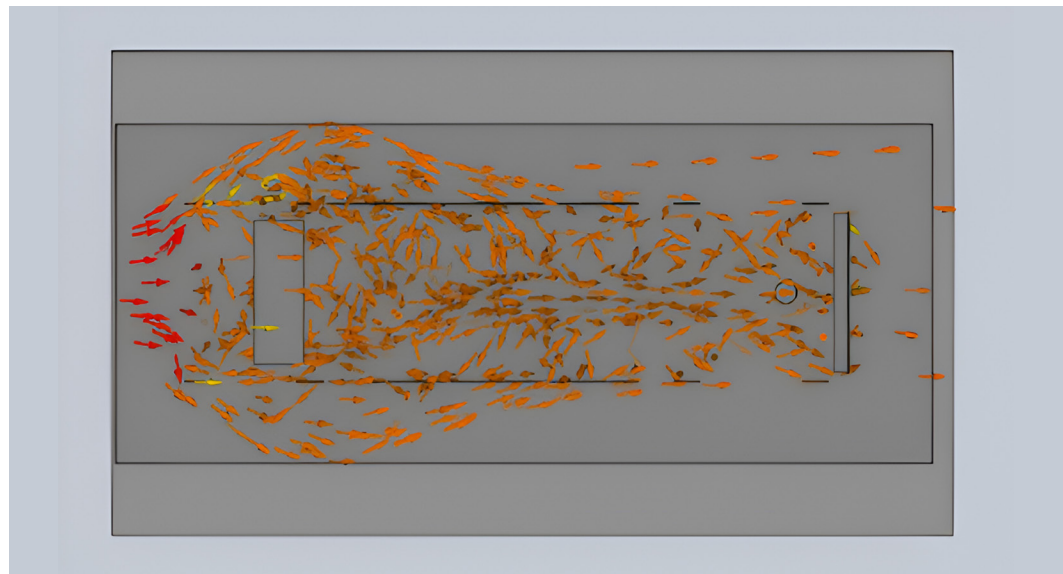
*Simulación digital de flujo de aire en unidad de transporte público con modificaciones*



*Nota.* Las salidas de aire en la parte posterior superior y extractores en la parte baja posterior. Las marcas en colores cálidos muestran zonas de mayor velocidad y flujo de aire. En su conjunto muestran la dirección del aire al estar la unidad de transporte público, en movimiento. Vista lateral. Equipo de investigación, 2021.

**Figura 10**

*Simulación digital de flujo de aire en unidad de transporte público con modificaciones*



*Nota.* Las salidas de aire en la parte posterior superior y extractores en la parte baja posterior. Las marcas en colores cálidos muestran las zonas de mayor velocidad y flujo de aire. En su conjunto muestran la dirección del aire, al estar la unidad de transporte público, en movimiento. Vista superior. Equipo de investigación, 2021.

Tabla 4

Tabla SEQ Tabla 1 \*ARABIC 3. Flujo de aire en la UTP con modificaciones y extractores

Nombre	Valor Actual	Progreso	Criterio	Valor Promedio
Entrada derecha	0.0310248 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 96)	0.0054458 m <sup>3</sup> /s	0.0306042 m <sup>3</sup> /s
Entrada izquierda	0.0221403 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 96)	0.00538875 m <sup>3</sup> /s	0.022167 m <sup>3</sup> /s
GG Presión Total Media P 1	101326 Pa	Logrado (IT = 96)	0.0496252 Pa	101326 Pa
Salida Trasera	- 0.0141787 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 140)	0.0792058 m <sup>3</sup> /s	- 0.326325 m <sup>3</sup> /s
Salida Trasera Techo	0.0501571 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 112)	0.00726487 m <sup>3</sup> /s	0.0502152 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumetrico 10	0.094737 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 141)	0.00453671 m <sup>3</sup> /s	0.0958396 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 11	0.0441426 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 172)	0.00167371 m <sup>3</sup> /s	0.0446899 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 12	0.0604599 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 170)	0.00263534 m <sup>3</sup> /s	0.0612264 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 13	0.0372684 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 139)	0.00359234 m <sup>3</sup> /s	0.037845 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 14	0.0198301 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 121)	0.00730229 m <sup>3</sup> /s	0.0194564 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 15	- 0.0602173 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 96)	0.0202106 m <sup>3</sup> /s	- 0.0607023 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 16	0.0388264 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 141)	0.0112197 m <sup>3</sup> /s	0.040754 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 17	0.0770114 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 144)	0.00786795 m <sup>3</sup> /s	0.0787199 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 18	0.0746448 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 134)	0.00487065 m <sup>3</sup> /s	0.0756405 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 19	0.0857529 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 139)	0.00443113 m <sup>3</sup> /s	0.0868912 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 20	0.0449432 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 169)	0.0017451 m <sup>3</sup> /s	0.0453925 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 21	0.0605017 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 171)	0.00266083 m <sup>3</sup> /s	0.0613637 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 22	0.0395139 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 161)	0.0035766 m <sup>3</sup> /s	0.0401036 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 23	0.0222758 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 100)	0.00740801 m <sup>3</sup> /s	0.0230146 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 6	- 0.069637 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 96)	0.0204043 m <sup>3</sup> /s	- 0.0693666 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 7	0.0316405 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 139)	0.0113115 m <sup>3</sup> /s	0.0342362 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 8	0.0775729 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 140)	0.00862117 m <sup>3</sup> /s	0.0794095 m <sup>3</sup> /s
SG Caudal Volumétrico 9	0.0769677 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 131)	0.00496311 m <sup>3</sup> /s	0.0776591 m <sup>3</sup> /s
Volumen entrada	1.31614 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 143)	0.0521076 m <sup>3</sup> /s	1.33241 m <sup>3</sup> /s
Volumen entrada arriba	0.37689 m <sup>3</sup> /s	Logrado (IT = 96)	0.0040787 m <sup>3</sup> /s	0.377396 m <sup>3</sup> /s

Nota. Parámetros cuantitativos en simulación digital de flujo de aire en unidad de transporte público con modificaciones: salidas de aire en la parte posterior superior y extractores en la parte baja posterior. Equipo de investigación, 2021.

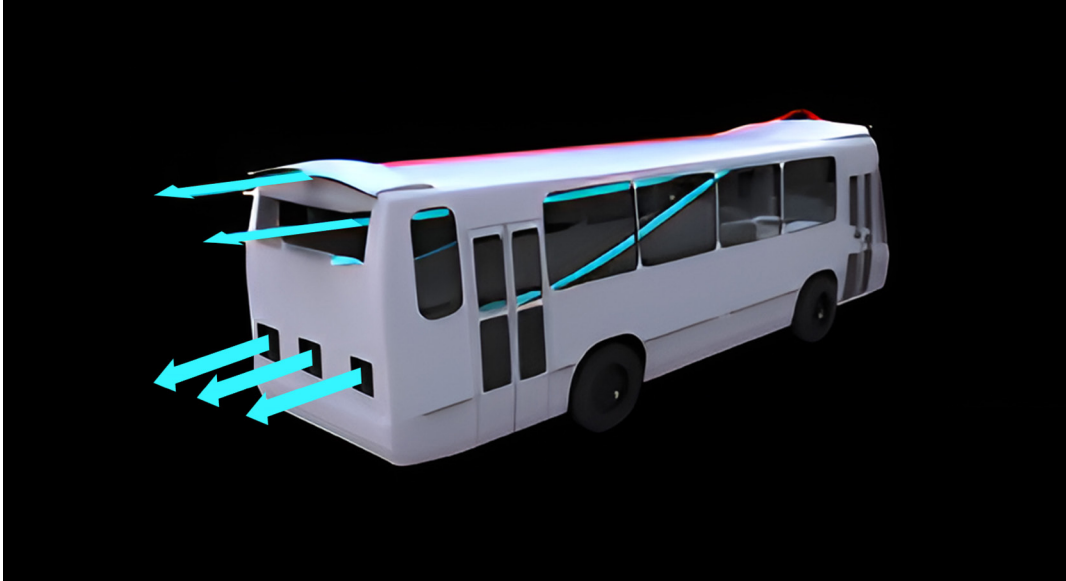
### Propuesta

Los resultados obtenidos en este análisis coinciden con lo afirmado en investigaciones realizadas por la universidad de Hong Kong, a través del departamento de Ingeniería Mecánica, que señala un flujo mayor de 3 lt/seg/persona (*Department of Mechanical Engineering of the University of Hong Kong et al., 2020*). Por la naturaleza del contexto en que se está trabajando, debe tomarse en cuenta que la exactitud de los resultados arrojados por las simulaciones podría variar, al compararse en situación real, donde no existe una velocidad constante. Es por ello que se toma la decisión de considerar una velocidad más baja que el promedio en una

ruta normal, que es 5 km/h. Así, con las modificaciones, se logra un incremento de flujo de aire de entrada de casi el doble. Cabe mencionar que, si una unidad promedia una velocidad más alta en su ruta, lo cual es muy probable, se tendría un resultado aún mayor de CAH.

**Figura 11**

Salidas de aire en la parte posterior superior y extractores



*Nota.* Las salidas de aire se muestran en color azul. La línea roja indica la dirección del aire al estar en circulación la unidad de transporte.

Es importante recalcar que estas simulaciones se realizaron en un modelo volumétrico esquematizado con las dimensiones reales de la unidad de transporte analizada. Así, los datos arrojados son aproximaciones que fueron de utilidad para observar el comportamiento del caudal de aire de entrada y salida; asimismo, representan una aproximación a los valores y cambios en el caudal por las modificaciones propuestas. Para obtener datos reales, se debe trabajar con base en un modelo tridimensional, que contenga todos los elementos estructurales. Es decir, debe analizarse una unidad con escalones, asientos, salpicaderas, y demás elementos interiores que puedan modificar el comportamiento del flujo de aire. Esta tarea corresponde al departamento de ingeniería de la empresa, ya que el alcance del proyecto consistió en las propuestas conceptuales.

#### **Recomendaciones Complementarias:**

- Exigir el uso de cubrebocas y su correcto empleo. Paradójicamente, los usuarios a proteger, de igual manera, son la fuente de infección.
- Las renovaciones de aire en el interior de la unidad de transporte deben ser de, al menos, 25 cada hora.
- No debe recircular el mismo aire en el interior de la unidad.
- Para coadyuvar a un ambiente sano, limitar el número de usuarios en el interior de las unidades de transporte.
- La intervención física a la unidad de transporte público no debe interferir con la disposición de los elementos que componen el habitáculo del conductor.



## Conclusiones

El año 2020 representó el punto álgido de la contingencia sanitaria por la Covid-19, en el que las medidas de contención y confinamiento alcanzaron su nivel máximo. Esto incluyó el cierre de fronteras, la cancelación de vuelos internacionales y la interrupción de actividades presenciales no esenciales. La recomendación general fue permanecer en casa en la medida de lo posible, para evitar la propagación del virus, especialmente para aquellos perfiles de riesgo, menos resilientes, ante la entonces nueva cepa del coronavirus. Durante este periodo de confinamiento, los trabajos se realizaron exclusivamente con información proveniente de fuentes oficiales en cuanto a Covid-19; asimismo, se recurrió a fuentes oficiales o de reconocido prestigio en temas normativos. La información sobre las características de los autobuses de autotransporte urbano de pasajeros fue proporcionada por la empresa carrocera, y los datos sobre materiales y equipos se basaron en consultas a proveedores, fabricantes y fuentes especializadas.

Han transcurrido casi cuatro años desde que la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró la pandemia global. La humanidad, gracias a la experiencia acumulada, ha aprendido a enfrentar eventos de esta naturaleza y escala; se han generado registros y protocolos definidos, con alcances claros en cuanto a su efectividad dentro de parámetros conocidos. Esto constituye un precedente para plantear con mayor precisión aspectos puntuales en el desarrollo de proyectos similares. No obstante, toda decisión se basa en hechos y en una realidad percibida que depende del lugar, tiempo, contexto particular e información disponible. Esta, a su vez, contribuye a la creación de nueva información.

Es probable que, para quien lee estas líneas, la percepción sobre la problemática sea considerablemente distinta a la que se tuvo en 2020. Sin embargo, para una comprensión adecuada de lo aquí expuesto, es importante considerar el contexto de aquel año y las circunstancias que motivaron a la empresa carrocera a buscar el apoyo de la Universidad. Se aprovechó su estructura metodológica para abordar la investigación de la problemática, administrar datos y organizar ideas en un periodo en el que circulaba información errónea entre gran cantidad de datos fidedignos. Las universidades, por su parte, cuentan con el capital humano—profesores y estudiantes—para realizar investigaciones y desarrollos en diversas áreas. Esto genera beneficios mutuos, a través del trabajo conjunto.

El proyecto tuvo un beneficio social en dos aspectos directos. En primer lugar, su objetivo fundamental fue reducir los riesgos de contagio durante el periodo de pandemia. En segundo lugar, generó un impacto anímico positivo en el grupo de estudiantes que participó en los proyectos colaborativos entre la Universidad y el sector privado. Se percibió un ánimo positivo entre los estudiantes, quienes experimentaron la satisfacción de trabajar en proyectos que les permitieron contribuir activamente en la solución de un problema que los mantuvo en un estado de estrés, confinamiento indefinido y exposición a mensajes poco favorables en los medios de comunicación. Muchos de los participantes solicitaron expresamente ser parte del proyecto, pues lo consideraron un aliciente psicológico positivo ante la situación; esta percepción fue evidente en las sesiones de trabajo.

Aunque, con el paso del tiempo, las propuestas de solución puedan parecer básicas, es fundamental enfatizar el contexto y los desafíos que implicó su realización. En primer lugar, todo el trabajo se llevó a cabo en modalidad “a distancia” durante el confinamiento obligatorio. Esto implicó no sólo el aprendizaje de las posibles intervenciones disciplinarias para resolver el problema, sino también el desarrollo de habilidades en el uso de tecnologías de la información y el trabajo colaborativo en equipos. Estos equipos, progresivamente, se adaptaron a las limitaciones de la modalidad, al aprovechar los recursos informáticos disponibles en cada momento. El aprendizaje resultante fue multidireccional, ya que benefició a todos los implicados en el proceso.



Desde la distancia, las soluciones propuestas pueden parecer básicas; sin embargo, es crucial subrayar los factores contextuales y los desafíos que implican su implementación. En primer lugar, todo el trabajo se llevó a cabo de forma remota, durante el período obligatorio de confinamiento. Esto implicó no solo explorar las posibles contribuciones de la disciplina para abordar el problema en cuestión, sino también aprovechar las tecnologías de la información y fomentar los esfuerzos de colaboración entre los equipos que se fueron adaptando gradualmente a las limitaciones de este enfoque. De este modo, hicieron un uso eficaz de los recursos informáticos disponibles en todo momento.

**Declaración de conflicto de intereses:** Los autores declaran no tener conflictos de interés.

**Declaración de contribución de los autores:** A continuación, se menciona la contribución de cada autor, en correspondencia con su participación, utilizando la Taxonomía Crédit:

- Mercedes J. Hernández Padilla: Análisis formal, Curaduría de datos, Investigación, Redacción-borrador original, Supervisión, Visualización.
- Roberto Cerpa Águila: Administración del proyecto, Adquisición de fondos, Conceptualización, Investigación, Metodología, Redacción-revisión y edición.
- Juan Enrique Mendoza Medina: Recursos, Software, Validación.

## Referencias

- 2030 Palette. (Octubre de 2020). Ventilación Inducida. *2030 Palette*. <http://2030palette.org/stack-ventilation/?lang=es>
- ABNT. (20 de febrer de 2009). *NBR 15570-2009: Transporte colectivo urbano*. Conselho Nacional do Ministério Público. [https://www.cnpm.br/portal/images/Comissoes/DireitosFundamentais/Acessibilidade/NBR\\_15570-2009\\_Transp\\_Coletivo\\_Urbano.pdf](https://www.cnpm.br/portal/images/Comissoes/DireitosFundamentais/Acessibilidade/NBR_15570-2009_Transp_Coletivo_Urbano.pdf)
- Allen, J. G., Spengler, Jack; Jones, Emily. (2020). *How School Buildings Influence Student Health, Thinking and Performance*. Harvard T.H. Chan, School of Public Health. [https://andefil.com/wp-content/uploads/2020/09/guia\\_ventilacion.pdf](https://andefil.com/wp-content/uploads/2020/09/guia_ventilacion.pdf); [https://schools.forhealth.org/wp-content/uploads/sites/19/2021/01/Harvard-Healthy-Buildings-program-How-to-assess-classroom-ventilation-10-30-2020-EN\\_R1.8.pdf](https://schools.forhealth.org/wp-content/uploads/sites/19/2021/01/Harvard-Healthy-Buildings-program-How-to-assess-classroom-ventilation-10-30-2020-EN_R1.8.pdf)
- Arnabat, I. (2 de noviembre de 2020). Medición y cálculo de la tasa de renovación de aire interior. *Caloryfrio.com*. <https://www.caloryfrio.com/construccion-sostenible/medicion-y-calculo/tasa-renovacion-aire-interior-saueremann-una-medicion-critica-contra-covid.html>
- ASHRAE. (2022). *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*. <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standards-62-1-62-2>
- Buonanno, M., Welch, D., Shuryak, I., y Brenner, D. J. (2020). Far-UVC light (222 nm) efficiently and safely inactivates airborne human coronaviruses. *Scientific reports*, 10(1), 1-8. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67211-2>
- Cantera, S. (25 de mayo de 2020). Venta de autobuses cae 96% en abril. *El Universal*. <https://www.eluniversal.com.mx/cartera/venta-de-autobuses-cae-96-en-abril/>
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (8 de octubre de 2020). Información sobre el COVID-19 para los empleadores de autobuses. *CDC*. <https://espanol.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/organizatio>

- Crespo, C. (26 de noviembre de 2020). Cinco pandemias más letales en la historia de la humanidad. *National Geographic*. <https://www.nationalgeographic.es/historia/2020/11/cinco-pandemias-mas-letales-de-historia-de-humanidad>
- Fiter, M. (7 de septiembre de 2020). ¿Cual es el riesgo de contagio por coronavirus en el transporte público? El Independiente. <https://www.elindependiente.com/vida-sana/salud/2020/09/07/cual-es-el-riesgo-de-contagio-por-coronavirus-en-el-transporte-publico/>
- Fujimora, S. F. (2003). *La muerte púrpura: La gran gripe de 1918*. Organización Panamericana de la Salud. <https://www.paho.org/es/quienes-somos/historia-ops/muerte-purpura-gran-gripe-1918>
- Kitagawa, H., Nomura, T., Nazmul, T., Omori, K., Shigemoto, N., Sakaguchi, T., y Ohge, H. (2021). Effectiveness of 222-nm ultraviolet light on disinfecting SARS-CoV-2 surface contamination. *American journal of infection control*, 49(3), 299-301. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2020.08.022>
- Lee, C., y Tsang, B. (15 de julio de 2020). COVID-19 and the role of ventilation in reducing transmission. *University of Hong Kong*. <https://www.hku.hk/press/press-releases/detail/21290.html>
- National Academies of Sciences, Engineering and Medicine. (22 de abril de 2020). ¿La luz solar mata el coronavirus? *National Academies of Sciences, Engineering and Medicine*. <https://www.nationalacademies.org/espanol/based-on-science/basado-en-la-ciencia/la-luz-solar-mata-el-coronavirus>
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (20 de junio de 2020). ¿La luz ultravioleta (UV) mata el coronavirus? *National Academies of Sciences, Engineering and Medicine*. <https://www.nationalacademies.org/espanol/based-on-science/basado-en-la-ciencia/la-luz-ultravioleta-mata-el-coronavirus>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (diciembre de 2019). Preguntas y respuestas sobre el COVID 19. OMS. <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/q-a-coronaviruses>
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (julio de 2019.) Transmission of SARS-CoV-2: Implications for infection prevention precautions. OMS. [https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/333114/WHO-2019-nCoV-Sci\\_Brief-Transmission\\_modes-2020.3-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/333114/WHO-2019-nCoV-Sci_Brief-Transmission_modes-2020.3-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Organización Panamericana de la Salud. (OPS). (11 de noviembre de 2020). OMS caracteriza el COVID-19 como pandemia global. *Organización Panamericana de la Salud*. <https://www.paho.org/es/noticias/11-3-2020-oms-caracteriza-covid-19-como-pandemia>
- Ou, C., Hu, S., Luo, K., Yang, H., Hang, J., Cheng, P., ... y Li, Y. (2022). Insufficient ventilation led to a probable long-range airborne transmission of SARS-CoV-2 on two buses. *Building and environment*, 207. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108414>
- Pereira, M. (31 de octubre, 2019). Ventilación cruzada y efecto chimenea. *Archdaily*. <https://www.archdaily.mx/mx/889075/ventilacion-cruzada-efecto-chimenea-y-otros-conceptos-de-ventilacion-naturalMS>
- Ríos, J. (2020, 21 de junio). El transporte público implica riesgo de contagio de COVID-19. *Universidad de Guadalajara*. <https://udgtv.com/noticias/transporte-publico-implica-alto-riesgo-contagio-covid-19/>
- Signify (16 de junio de 2020). Signify and Boston University validate effectiveness of Signify's UV-C light sources on inactivating the virus that causes COVID-19. *Signify*. <https://www.signify.com/global/our-company/news/press-releases/2020/20200616-signify-boston-university-validate-effectiveness-signify-uv-c-light-sources-on-inactivating-virus-that-causes-covid19>
- Shen, Y., Li, C., Dong, H., Wang, Z., Martinez, L., Sun, Z., ... y Xu, G. (2020). Community outbreak investigation of SARS-CoV-2 transmission among bus riders in Eastern China. *JAMA internal medicine*, 180(12), 1665-1671. doi:10.1001/jamainternmed.2020.5225

- Sholtes, K., Simons, R., Beck, S. E., Adeli, B., y Sun, Z. (10 de octubre de 2020). Desinfección ultravioleta: una perspectiva general. *International Ultraviolet Association (IUVA)*. <https://iuva.org/resources/covid-19/UV-101-Desinfección-Ultravioleta-una-perspectiva-general.pdf>
- Simons, M., Blatchey, E. R. y Linden, K. G. (julio de 2020). Far UV-C in the 200-225 nm range, and its potential for disinfection applications. *International Ultraviolet Association (IUVA)*. <https://www.iuva.org/iuva-covid-19-faq>
- Stamper, E., y Koral, R. (1979). *Handbook of air conditioning, heating and ventilating*. Industrial Press.
- Transporte.MX. (17 de junio de 2020). Caen hasta 80% las ventas en terminales de autobuses durante la pandemia. *Transporte.MX*. <https://transporte.mx/caen-hasta-80-las-ventas-en-terminales-de-autobuses/#:~:text=La%20pandemia%20por%20el%20Covid,terminales%20de%20autobuses%20para%20pasajeros.>
- Yang, X., Ou, C., Yang, H., Liu, L., Song, T., Kang, M., ... y Hang, J. (2020). Transmission of pathogen-laden expiratory droplets in a coach bus. *Journal of hazardous materials*, 397. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122609>
- Zheng, R., Xu, Y., Wang, W., Ning, G., y Bi, Y. (2020). Spatial transmission of COVID-19 via public and private transportation in China. *Travel medicine and infectious disease*, 34. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2020.101626>

## Desafío De Diseño Basado En Herramientas Digitales Para El Aprendizaje En Arquitectura; Proyecto “Nueva Exhibición De Lobos Marinos” Veracruz

*Design Challenge Based On Digital Tools For Learning In  
Architecture; Project “New Sea Lion Exhibition” Veracruz*



Juan Andrés Sánchez García  
Universidad Veracruzana, México

juansanchez@uv.mx  
ORCID: 0000-0003-2217-2711

Ma. Guadalupe Noemi Uehara Guerrero  
Universidad Veracruzana, México

guehara@uv.mx  
ORCID: 0000-0003-3968-7797

Regina Herrera Liberos  
Investigadora independiente, México

reginah1@outlook.com  
ORCID: 0009-0003-2894-4425

Hannah Arantza Gómez Graillet  
Investigadora independiente, México

hannah\_arantza@outlook.com  
ORCID: 0009-0003-6108-3022

Recibido: 25/02/2024  
Aceptado: 01/04/2024

## Resumen

La era post disciplinar, articulada en la era digital, es una muestra de la evolución del contexto social, cultural, económico y, sobre todo, arquitectónico. Esto ha llevado a redirigir la enseñanza de la formación disciplinar y su vínculo con la realidad actual, al desprender el aula taller como una forma repetitiva en el proceso formativo del estudiante y trasladarla a iniciativas gubernamentales reales con necesidades específicas que atender en el contexto local. Ante ello, se cuestiona cuáles son las estrategias pedagógicas para construir aprendizajes en el futuro. ¿Cómo se aprovechan las herramientas digitales en la formación disciplinar y resolución de problemas reales? O, ¿cómo se construye la problemática como un espacio de aprendizaje con demandas reales?. Por ello, ante una oportunidad de trabajar metodologías vivas y proyectos interdisciplinarios, se pone de manifiesto el apoyo de herramientas digitales para la solución de proyectos arquitectónicos. El objetivo de esta investigación cualitativa es presentar la experiencia pedagógica que va más allá de los espacios físicos del aula o del taller y así, reconocer la incidencia de metodologías activas, cuyos aprendizajes están basados en proyectos y problemas reales para obtener resultados de impacto social en los procesos formativos, que son apoyados por herramientas digitales que efficientan, agilizan y simplifican los procesos de trabajo, sin sustituir la complejidad conceptual en la generación de soluciones por parte del estudiante en el marco de una pedagogía fuera del aula, que responde a la vida marina y que está en apego con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030.

**Palabras clave:** diseño, herramientas digitales, aprendizaje en arquitectura.

---

## Abstract

*The post-disciplinary era, articulated in the digital age, is a sample of the evolution of the social, cultural, economic, and above all, architectural context, which has redirected the teaching of disciplinary training and its link with current reality, by detaching the classroom workshop as a repetitive form in the student's training process and transferring it to real government initiatives with specific needs to be addressed in the local context. Given this, the question arises regarding the pedagogical strategies for constructing learning in the future: How can digital tools be used in disciplinary training and resolution of real problems? Or, how is the problem constructed as a learning space with real demand? Therefore, given an opportunity to work on living methodologies and interdisciplinary projects, the support of digital tools for the solution of architectural projects is evident. This qualitative research aims to present the pedagogical experience that goes beyond the physical spaces of the classroom or workshop and thereby recognize the incidence of active methodologies, whose learning is based on real projects and problems to obtain results of social impact in the training processes, which are supported by digital tools that make more efficient, agile and simplify work processes without replacing the conceptual complexity in the generation of solutions by the student within the framework of a pedagogy outside the classroom, which responds to marine life and is in line with the Sustainable Development Goals 2030.*

**Keywords:** design, digital tools, learning in architecture.

## Introducción

Actualmente, hay incertidumbre sobre el uso de la inteligencia artificial en el aprendizaje de arquitectura. Este fenómeno se acrecentará con el transcurso de los años, dado el avance en la era digital que hoy se encuentra en la academia. Esta temática continúa siendo un debate en la constitución de una virtualidad real, como lo ha llamado Castells (1997).

Ante el escenario de la era digital, se genera la duda e inquietud del punto en que las nuevas tecnologías forman una respuesta a través de la inteligencia artificial que puede, o no, sustituir la labor del estudiante de arquitectura. Además, cabe preguntarse sobre la magnitud del impacto en que esta transformación va evolucionando conforme pasa el tiempo e incide en las habilidades y destrezas de jóvenes arquitectos.

En China, en 2023, se realizó una entrevista a los estudiantes de arquitectura para saber su opinión sobre estas tecnologías. Los resultados fueron que los estudiantes tenían poca conciencia sobre las IA y mostraron preocupación en que estas afectaran a su campo laboral. Sin embargo, los estudiantes demostraron disposición para incorporar la inteligencia artificial, con el objetivo de potenciar tanto la productividad como la creatividad (Cao et al., 2023).

Con ello, se abre el panorama para visualizar hacia dónde va la Inteligencia Artificial en el aprendizaje de arquitectura y, posterior, a su ámbito laboral. Esto lleva a tener cuidado ante ella, respetar las bondades que aporta al aprendizaje; sin embargo, no se puede dejar que ella sustituya las habilidades de los estudiantes ante la resolución de problemas en entornos reales. Hay que cuestionar esta dualidad entre lo virtual y lo real y su manera de amalgamar un diálogo que permita colocar cada pieza en su lugar.

Lo que sí es necesario asentar en este preámbulo es que el uso de Inteligencia Artificial no siempre es erróneo, porque se puede partir de oportunidades como mejorar la eficiencia energética, al analizar una cantidad grande de datos para proporcionar soluciones arquitectónicas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, entre otras.

Con ello, se evidencia que la academia de arquitectura empieza a indagar en el uso de tecnologías y procesadores que ayudan a la presentación de resultados y mejoran algunas habilidades en la creatividad del estudiante. La cuestión a analizar es la manera en la que la academia se introduce en la solución de problemas reales, que pueden ser ayudados con el uso ético de las IA.

Asimismo, la ética en la implementación de la inteligencia artificial es un factor fundamental en este debate. Por ello, la academia de arquitectura debe garantizar mecanismos para evitar copiar, plagiar o limitar las habilidades del estudiante. Debe hacerlo mediante desafíos de solución de problemas reales en contextos formativos y cuyo ejercicio de una demanda real es un taller de aplicación que coloca a la IA como una herramienta digital para construir el aprendizaje.

### *El Aprendizaje de Arquitectura en la Era Digital*

En el proceso de aprendizaje de arquitectura, es necesario hoy reconocer que los estudiantes que nacen en la era de la tecnología digital hacen un buen manejo de las tecnologías, mientras que algunos docentes procesan la información distintamente a sus estudiantes. Esta diferencia en

habilidades se acrecienta, de modo que el uso de tecnología de los estudiantes es superior a la de sus profesores (Velázquez, 2019). Esta discrepancia sugiere una disrupción en el aprendizaje; sin embargo, al centrar el contenido digital en el estudiante, esta puede ser un área de oportunidad para mostrar el contenido de proyectos arquitectónicos.



Ante esta disparidad de momentos digitales, se asume que “las tecnologías digitales permitirían (...) acercar al estudiante a una realidad susceptible de incorporarse como aprendizaje. Con el propósito de desarrollar el pensamiento espacial, los estudiantes podrían emplear aplicaciones, para proyectar modelos tridimensionales” (Martin & Vestfrid, 2016, p. 303). Esto lleva a asumir que la digitalidad apoya al conocimiento y entendimiento del espacio para la creación de proyectos.

Es importante destacar que “la pandemia del COVID-19 aceleró la incorporación de nuevas tecnologías en muchas escuelas de arquitectura, las cuales se vieron en la necesidad de continuar de forma remota, incluyendo talleres dedicados al diseño de proyectos” (Wagemann & Martínez, 2022, p. 111). Esto ha llevado a implementar la realidad virtual como un elemento importante en la práctica de aprendizaje. Además:

En este contexto, la utilización de la Realidad Virtual aparece como una oportunidad para el aprendizaje desde varios puntos de vista: su capacidad para apoyar el trabajo colaborativo y con el equipo docente a distancia, facilitar un mayor entendimiento espacial al visualizar lo que se está diseñando mediante recorridos virtuales, y entregar nuevas herramientas a los/las estudiantes para enfrentar el mundo laboral. (Wagemann & Martínez, 2022, p. 111)

Ante esta era digital que ha tocado vivir, es indiscutible presentar que el uso de TICS en las universidades ya es una necesidad prioritaria. Con ello, se asienta que los estudiantes pasan a ser protagonistas activos en el proceso de aprender en arquitectura y se asume que una de las ventajas de los entornos virtuales es la posibilidad de “acercar al alumnado a nuevos medios tecnológicos, metodologías docentes, y modelos de enseñanza aprendizaje que pueden ser complementarios a la modalidad presencial y que pueden responder a necesidades futuras” (Díaz et al., 2014, p. 212).

En este sentido, los procesos de aprendizaje en la era post COVID manifiestan un cambio de paradigma donde lo digital se vuelve un continuo

universo en la arquitectura. Por ello, “el uso de nuevas tecnologías y herramientas digitales para la enseñanza de la arquitectura ha permitido mejorar la calidad del aprendizaje al proporcionar experiencias más precisas, eficientes, inmersivas, colaborativas, participativas, accesibles y flexibles para los estudiantes” (Barroso, 2023, párr. 1). Esto lleva a plantear y reflexionar sobre la cantidad de uso de estas herramientas en los proyectos de arquitectura para manifestar un aprendizaje significativo.

No obstante, hay que establecer el parámetro de trabajo en el que se reconoce que el futuro de la educación en arquitectura va en crecimiento, de acuerdo con el paradigma tecnológico. Esto también lleva a cuestionar paralelamente que:

Se han creado riesgos o sesgos propios de la novedad tecnológica, como es el abandono de la enseñanza del dibujo artístico en las escuelas de arquitectura, temática vital para la formación o construcción del pensamiento espacial propio del profesional de la arquitectura. (Paredes, 2012, p. 68)

Esta divergencia en la aportación de lo digital abre una brecha interesante y opuesta entre beneficios y déficit en la educación y aprendizaje del estudiante de arquitectura.

Por otra parte, hay que reconocer el sentido positivo de esto, ya que evita el egoísmo en la adaptación digital:

La inteligencia artificial puede marcar un punto de quiebre en la relación entre las máquinas y los arquitectos. Al brindarle a las máquinas una mayor capacidad de inteligencia, razonamiento y sensibilidad, los arquitectos podrán analizar con mayor profundidad un programa arquitectónico, pudiendo producir una gran cantidad de ideas y variables en las propuestas, tomando incluso distintos lenguajes arquitectónicos previamente aprendidos y modificando su propia labor en el proceso de diseño. (Chumpitaz, 2020, p. 129)

Esto se traduce en que el aprendizaje, basado en un proyecto de diseño, puede ser intervenido por una Inteligencia Artificial que aporte y abone a la creatividad, pero que no sustituya las

destrezas del estudiante. Por ello, se plantea la ética en el uso de la Inteligencia Artificial en los productos de talleres de arquitectura.

En aras de plantear esta aportación, se reconoce que “la inteligencia artificial no necesariamente debe encargarse de todas las labores, pero podría ocuparse de ciertas tareas que no consideremos significativas. Existe la posibilidad de colaborar con las inteligencias artificiales, como decidir no delegar trabajos creativos en ellas” (Coeckelbergh, 2021, pp. 132-133). Por ello, la decisión radica en el grado de intervención que desea el estudiante de arquitectura para resolver un problema real, al aceptar que, en este contexto, son parte del mundo actual y contemporáneo.

### ***Desafío de la Inteligencia Artificial***

Si se parte de lo establecido por Rouhiainen (2018), se podría decir que la Inteligencia Artificial es:

La habilidad de las máquinas de emplear los algoritmos, aprender de los datos y aplicar ese aprendizaje en la toma de decisiones, de manera similar a un ser humano pero que a diferencia de las personas estas tecnologías no necesitan descansar y pueden analizar una cantidad extensa de información y la tasa de errores es considerablemente menor que a la de los humanos. (p. 7)

Esta definición deja entrever que la IA presenta potencialidades únicas y eficiencias que pueden tener un gran y significativo impacto en diversas áreas, desde la toma de decisiones hasta la gestión de información a gran escala. Con ello, se plantea que algunas cualidades pueden ser destacables: el procesamiento de datos en poco tiempo, el reconocimiento de patrones, la visión por computadora y la automatización de tareas. Esto puede llevar a cuestionamientos como: Si la eficiencia es tan grande, ¿dónde queda el papel del estudiante de arquitectura cuando debe resolver un problema?. Esta pregunta es válida, sobre todo, cuando se reconoce que “el incremento de las capacidades de

la IA, especialmente cuando sustituyen a las humanas, también suscita otro problema ético incluso más urgente: la responsabilidad” (Coeckelbergh, 2021, p. 104).

El uso responsable, en esencia, muestra la necesidad de presentar beneficios sociales y una minimización de riesgos. Asimismo, se debe normalizar su uso, en miras de abrir camino hacia una ética y colaboración interdisciplinaria de las herramientas que aportan a la materialización de proyectos en arquitectura.

Una utilización ética de la inteligencia artificial implica que la recopilación, el procesamiento y el intercambio de datos se realicen de una manera en donde se salvaguarden la privacidad de las personas y su derecho a estar informados sobre la utilización, acceso, objeción y exposición de sus datos ante las decisiones tomadas por sistemas de inteligencia artificial (Coeckelbergh, 2021). Esto lleva a la toma de resolución del estudiante de arquitectura, al que se le presenta la IA como una herramienta que abona a las destrezas de la solución del proyecto, mas no una herramienta que resuelva, por sí sola, el problema.

El desafío, entonces, se muestra en la utilización de la IA como apoyo ante situaciones de aprendizajes en las facultades de arquitectura. No se la debe excluir definitivamente, pero sí hacer el mejor uso de ella; es un complemento para evitar una sustitución de conocimiento.

Bajo este contexto, se reconoce que la IA brinda una serie de ventajas que pueden ayudar a mejorar el aprendizaje de los estudiantes y que se adapta a los estilos de aprendizaje individuales y niveles de habilidad de los estudiantes, lo que facilita un aprendizaje más efectivo y significativo. Además, al proporcionar retroalimentación instantánea sobre el progreso del estudiante, la IA identifica áreas de fortaleza y debilidad y ofrece sugerencias concretas para optimizar los procesos. Esto acelera el aprendizaje, lo que permite a los docentes centrarse en actividades más interactivas y creativas que promueven el desarrollo de habilidades cognitivas superiores en los estudiantes.

Por otro lado, el uso excesivo de la IA en el aula también genera preocupaciones sobre la pérdida de habilidades importantes en los estudiantes. Si ellos dependen en exceso de estas tecnologías para el aprendizaje, pueden perder su capacidad de pensar críticamente y resolver problemas de manera independiente. Esto podría disminuir el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas reales.

### ***La Era Digital como Apoyo Soluciones a Problemas Reales en Arquitectura***

Los estudiantes de arquitectura residen en una sociedad modernizada y digital, inmersos en un entorno tecnológico en constante cambio y desarrollo. Estas tecnologías tienen la capacidad de abordar una amplia gama de problemas reales en diversos campos, donde se incluyen la salud, seguridad, educación, medio ambiente, movilidad, comercio, e industria.

Por tal motivo, se motiva al estudiante para que implemente y amalgame las herramientas digitales como “una metodología activa que busca provocar cambios en el aula, que permitan pasar de un aprendizaje memorístico a uno interactivo, de comunicación permanente, de profesor a estudiante y estudiante a estudiante, entre otros actores” (Vilugrón, 2021, párr. 3). Esta búsqueda se acrecienta cuando el impacto de la inteligencia artificial es una herramienta para trascender el aula y presentarse ante soluciones reales que contribuyan a un aprendizaje significativo.

El mundo digital también abre panorama para un desarrollo, cuyo impacto radique en el contexto mundial y que aporte a la sociedad. Por ello, “la inteligencia artificial, tiene un gran potencial para acelerar el progreso de los Objetivos de Desarrollo Sostenible” (Unric, 2023, párr. 1). Esto ocurre, sobre todo, en el contexto internacional y la búsqueda de soluciones de problemas actuales y reales.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible son un conjunto de 17 objetivos establecidos por las Naciones Unidas en 2015, como parte de la

Agenda 2030, que abordan una extensa gama de desafíos mundiales. Entre ellos, están incluidos la erradicación de la pobreza, el hambre, la mejora de la salud y la educación, la igualdad de género, la acción climática y la protección del medio ambiente, entre otros. Los estudiantes de arquitectura han recibido estos objetivos como encomiendas para trabajar en estos propósitos; se quiere generar impacto a nivel mundial, apoyados de las herramientas digitales.

### **Metodologías Activas Fuera del Aula, en Problemas Reales**

Para que el estudiante tenga un aprendizaje significativo se recurre a las “metodologías activas como el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), Aula Invertida (Flipped Classroom), Gamificación, Aprendizaje Cooperativo y Aprendizaje Basado en Problemas, entre otros” (Vilugrón, 2021, párr. 4). Estas metodologías, en este trabajo, se recargan en el aprendizaje basado en problemas y proyectos para generar una solución en un proyecto. Su evaluación no está integrada por el profesor, sino por actores propios en la solicitud del proyecto.

Aunado a esto, se presenta la oportunidad de desarrollar metodologías activas acompañadas siempre de una interdisciplinariedad que integre las diferentes perspectivas. En palabras de Zichermann y Linder (2013):

En los cursos de arquitectura y urbanismo, y especialmente a la luz de las nuevas discusiones de enseñanza, problematizadas sobre la base de la práctica. Las metodologías activas traen a las clases indicaciones de mayor participación y entramado académico, reforzando el papel fundamental de la interdisciplinariedad. (párr. 10)

Para ello, hay que reconocer que “la superación de desafíos, resolución de problemas y construcción de conocimiento es lo que impulsa las metodologías activas, considerando siempre las experiencias previas de los individuos. De esa manera, el propio alumno crea oportunidades para la construcción del conocimiento” (Batistello & Cybis,

2019, p. 32). Por ello, se apuesta por introducir las herramientas digitales a la solución y presentación de proyectos de arquitectura.

El aprendizaje basado en problemas también se articula con la propuesta de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), que tiene como objetivo principal conseguir que los estudiantes desarrollen sus capacidades cognitivas, organizativas y competenciales en un entorno de certidumbre profesional (Batistello & Cybis, 2019). Esto lleva a estratificar su propuesta final real ante la sociedad que lo demande.

Hoy en día, incluso, el aprendizaje se basa en retos y requiere nuevos formatos de prácticas (concursos, *training session*, talleres cruzados) que desestabilicen al estudiante, al sacarlo de su ambiente habitual de producción (el aula o habitación), lo que permite competir, contender y rivalizar para mantener los desafíos en la propuesta del ejercicio de arquitectura. Esto puede traducirse en que el estudiante debe cuestionar que, en ocasiones, el aula-taller para el aprendizaje de arquitectura queda, hasta cierto punto, obsoleto por el contexto en el que se desarrolla el diseño colaborativo de aprendizaje entre estudiantes.

Ante esta obsolescencia, es importante destacar que existen metodologías como el *Design Thinking*, que se centra en encontrar ideas innovadoras y soluciones creativas que satisfagan las necesidades humanas para generar y "promover el pensamiento creativo (...) y ejecutar mediante prototipado y testeo previo (...), bien sea con renders o maquetas" (Burbano, 2023, párr. 10-12), las propuestas de estudiantes de arquitectura. En ellas, hoy se reconoce que "la era digital, aunada al impacto de las nuevas tecnologías constructivas han modificado no solo la forma de idear el proyecto arquitectónico, también las formas de aprender y de generar nuevo conocimiento" (Zacarías & Martínez, 2023, p. 16).

Con ello, se presenta el reto de mostrar la manera en que "la enseñanza de estas tecnologías puede apoyar al estudiante en el desarrollo del pensamiento espacial, la representación, la vivencia

a través de la simulación y sus transformaciones funcionales, espaciales, formales y estructurales" (Zacarías & Martínez, 2023, p. 17). Por ello, la aplicación de las técnicas digitales se ha implementado de forma adecuada en la Universidad Veracruzana México.

## Metodología

El desarrollo de esta investigación, aplicada en un proyecto, se centra en una metodología activa que conlleva un conjunto de estrategias y técnicas que busca que los estudiantes aprendan de manera efectiva. Por ello, los datos para evaluar el desempeño se traducen en un proceso de resolución de un problema real mediante un proyecto de arquitectura para un concurso desde la perspectiva del trabajo académico de estudiantes y cuya valoración final es el producto de dicha entrega ante un jurado.

En arquitectura, las investigaciones de corte cualitativo tienen relevancia en la disciplina, ya que no se evalúa el diseño con un índice, sino que se evalúan las competencias alcanzadas por los estudiantes, al ser valoradas tanto en el proceso como en el producto, bajo las metodologías activas. La muestra para este concurso fue aplicada a 40 estudiantes de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Veracruzana, como parte de las actividades del Taller Vertical en la institución. Esto se debe a que su propósito es integrar a los alumnos de diferentes niveles para generar debate, perspectivas, enfoques y estrategias cooperativas para solventar problemas sociales, reales y con impacto en los objetivos internacionales basados en la convocatoria vigente, a través del diálogo con herramientas digitales.

En el taller vertical, se colocó como condicionante mantener un equilibrio en la resolución del problema mediante la integración y articulación del proceso creativo conceptual, manual y digital, que fue desarrollado con el trabajo cooperativo, un enfoque de competencias, el acompañamiento del docente y la experiencia ante una situación

real. Esta situación real toma como sustento al Aprendizaje basado en problemas, que partió de una pregunta detonadora. En este caso, la pregunta fue: ¿Cómo se diseña el hábitat de un ecosistema marino?

Esta duda lleva a la recolección de datos, fuentes e investigación para llegar a una propuesta. Como siguiente etapa, se llega al *Aprendizaje basado en Proyectos*, que sirve para desafiar a los equipos de cuatro personas. Ellos deben desarrollar un diseño que contenga las competencias requeridas en la generación de un proyecto de situación real.

### ***Desarrollo del Proyecto que Vincula la Herramienta Digital con el Proceso Conceptual y Manual***

Se presentaron, como problemática, las bases del proyecto que se debían considerar. Estas mostraron los lineamientos específicos del concurso, sustentados en la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030. En ella, se encuentra el objetivo 9, dedicado a la industria, innovación e infraestructura sostenible; el objetivo 13, que consiste en la acción por el clima; y el 14, que está destinado a la conservación y utilización de forma sustentable de los océanos, mares y recursos marinos para el desarrollo sostenible (ONU, 2023). Estos objetivos son parte del contexto actual y deben permear en el diseño del proyecto de estudiantes. Además, forman parte de la perspectiva de aprendizaje que se busca actualmente.

Para este trabajo, se invitó a los estudiantes a participar en el concurso denominado *1er concurso de anteproyectos para la nueva exhibición de lobos marinos*. Este concurso tenía el objetivo de promover la innovación en el diseño de proyectos arquitectónicos para el Gobierno del Estado de Veracruz. Con los concursos, se busca motivar a los futuros arquitectos a pensar y diseñar propuestas desafiantes, innovadoras y reflexivas, que aporten elementos y referencias tanto en el ámbito arquitectónico sostenible y en el manejo de la especie

marina. Para ello, debían contar con el apoyo de herramientas digitales que plasmen la contemporaneidad del diseño.

Como contexto, el proyecto se basa en la realidad de una Veracruz contemporánea, cuya exigencia permite a los estudiantes plantear el desafío de proyectar con herramientas digitales. La primera apuesta versaba en la generación de un vínculo entre el bienestar animal, la arquitectura y ciudadanía. Esto se debe a que, en el ámbito académico, es poca la enseñanza de temas relacionados a los proyectos marinos; además, es un caso distinto a lo que comúnmente se diseña en función de una casa, una habitación, departamentos, mercados, escuelas, hospitales, hoteles, etc.

El desconocimiento de la especie de lobos marinos y de los usuarios, que son distintos a los que comúnmente se presentan, implican el primer reto del estudiante. El aula, como taller, se traslada al ambiente marino.

Los estudiantes deben realizar entrevistas con el Gobernador del Estado y especialistas en zoología marina. Además, deben convivir con una realidad con condicionantes físicas, psicológicas y formales que son distintas a las usuales. Es, por estas razones, un reto diferente al cual los estudiantes están acostumbrados.

El segundo reto es la discusión y diálogo con la normatividad y condicionantes del contexto y sitio, para presentar una ideación gráfica que no parte de herramientas digitales o de una IA, sino que respeta la labor de comprensión, análisis e interpretación del estudiante de arquitectura. Además, como modelo basado en resolución de proyectos, respeta que hay diferentes variables y formas de trabajo que se articulan con las revisiones del asesor. Esto permite establecer parámetros de diseño ante una propuesta de concurso real.

Este proyecto enmarcó objetivos específicos; estos objetivos consistían en contar con áreas óptimas para el buen manejo y bienestar de la especie marina. Para ello, se basaron en tres áreas importantes: área pública, área de exhibición (estanque) y área técnica (servicios operativos y manejo). Los

alumnos debían considerar que el estanque principal necesitaba incluir una vista subacuática.

Además, se explora la necesidad de que la exhibición de lobos marinos debía dar continuidad a la exhibición del Pingüinario (actualmente, es la última exhibición del recorrido). Además, debía reconectarse con Plaza Acuario. El área destinada puede adoptar una forma y recorrido libre; debía contar con áreas cubiertas, para brindar un mejor confort para el visitante. Así, se buscaba que el diseño vincule los aspectos físicos y naturales del entorno.

La primera etapa del proyecto fue la investigación de las normativas aplicables en el proyecto, tanto en los espacios públicos de exhibición, de resguardo y áreas técnicas. Entre ellas, se encuentra el Reglamento de construcción de Veracruz, la NOM\_135\_SEMARNAT\_2004, de donde se tomaron normas sobre el diseño de los estanques, áreas secas, cuarentenas y asoleaduras, de acuerdo a las medidas de los lobos marinos y su longitud. De igual manera, se revisó la NOM-059-SEMARNAT-2010; con base en ella, se pudo conocer las necesidades de la especie, así como la importancia del cuidado de las especies marinas específicas para este trabajo.

Este reto fuera del aula construyó un entorno en donde se buscó que los estudiantes fueran creativos y originales con la propuesta. Esta estaba ligada a un proyecto funcional y práctico, cuyo desafío aborda el proyecto arquitectónico desde su condición atractiva y única.

Asimismo, se debió concebir el proyecto desde su condición material, como una instalación que pueda apegarse a métodos de construcción acordes a la zona. Esto se debe a que, durante la etapa ejecutiva del proyecto, el espacio no debía sufrir cambios significativos. Sobre todo, fue primordial que cada decisión de diseño sea analizada no solamente por su valor de ejecución, sino también por la vida útil de sus componentes, las características del mantenimiento y la operación del edificio.

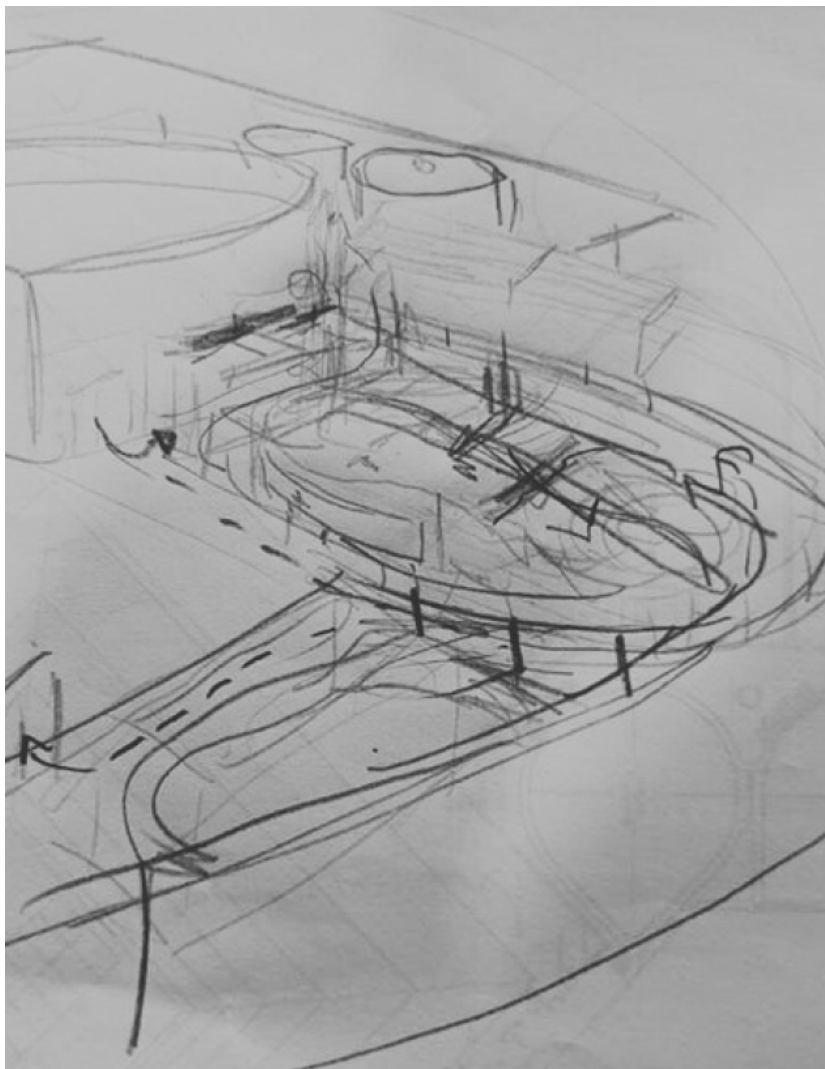
Se destaca que una de las principales herramientas con que cuenta el alumno es la conceptualización gráfica, en donde aterriza sus primeras ideas, mediante bocetos que muestran una grafía en un diálogo entre la mente y el dibujo. En este punto, se desestima la aplicación de herramientas digitales, porque estas no sustituyen la creatividad del estudiante. En esta etapa, el trabajo del alumno se vuelve una tarea artística en la búsqueda de una propuesta. La IA, en este punto del aprendizaje, funciona como herramienta de creación y se adecuará solo a la representación o transmisión espacial del concepto base.

Campo (2011) afirmó que el dibujar no solo es el papel. Dibujar es una habilidad de pensamiento, es una reflexión sobre el papel y transformación; el dibujo es el primer acercamiento visual. Con la aparición de las TIC, el dibujo trajo consigo un dilema. ¿Se puede enseñar o aprender arquitectura sin el uso del dibujo? La respuesta es que no se debe limitar el proceso creativo, sino que lo digital debe ayudar a evidenciar la espacialidad concebida en la mente del estudiante de arquitectura.



**Figura 1**

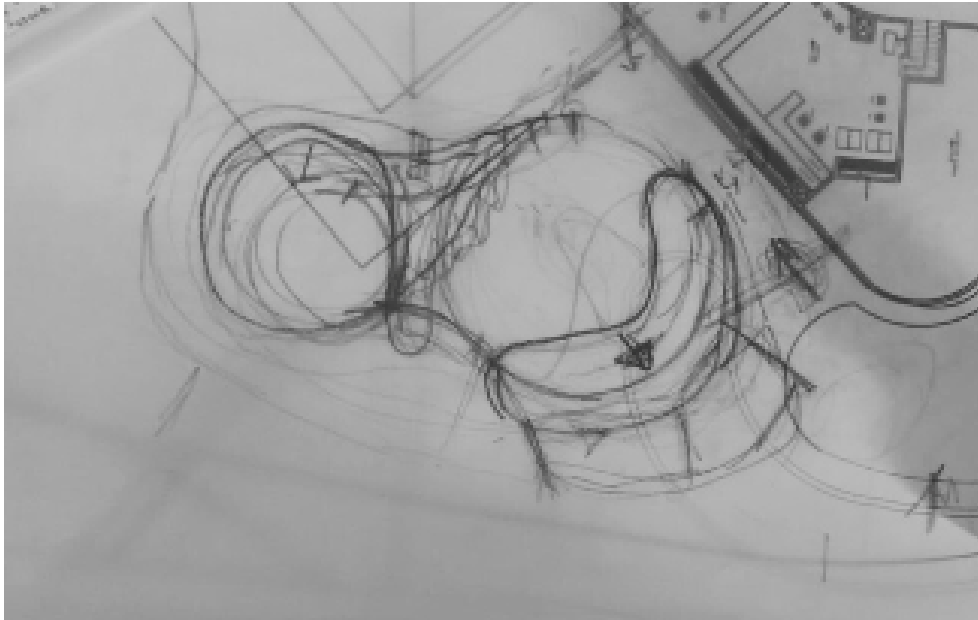
*Conceptualizando tridimensionalmente la “Nueva exhibición de lobos marinos”*



*Nota.* Emmanuel López Serrano, Nadia Ortega Saldaña, Regina Herrera Libreros, 2023.

## Figura 2

Proceso Creativo para el Concurso "Nueva exhibición de lobos marinos"



Nota. Emmanuel López Serrano, Nadia Ortega Saldaña, Regina Herrera Libreros, 2023.

En el proceso de diseño de la ampliación del acuario del puerto de Veracruz, la implementación de las herramientas digitales significó un apoyo en la representación del proyecto. Dio una solución, pero no fue una generatriz, ya que solo realizó la función de visualizar los productos del modelo 3D desde diferentes perspectivas. Además, iba modificando el modelo, a través del ensayo y error, hasta llegar a un proyecto arquitectónico final.

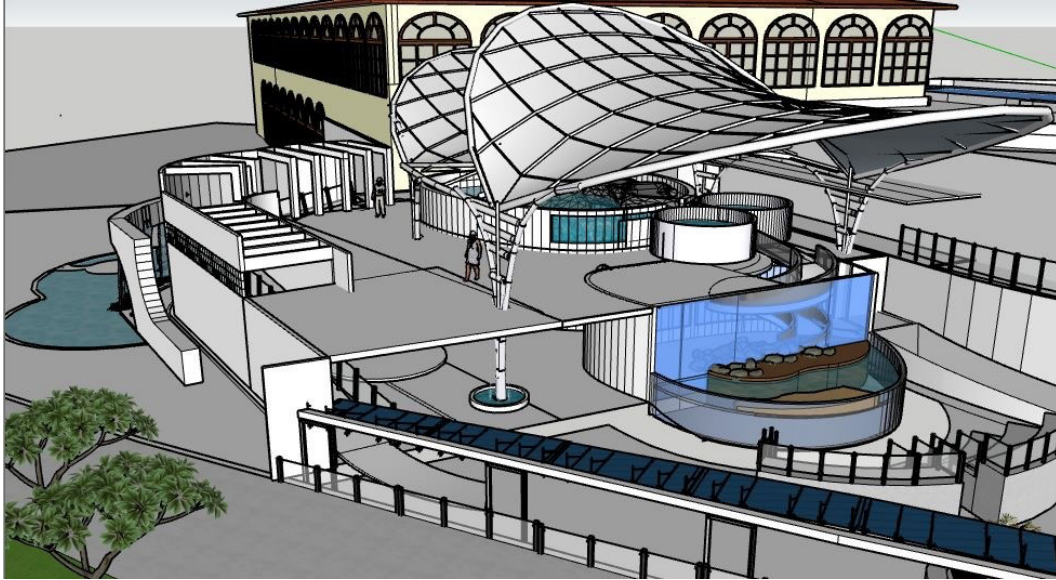
El proyecto representado en digital fue resultado de diferentes experiencias educativas en el plan de estudios de la Universidad Veracruzana. Entre estas experiencias estaban el taller de proyectos, construcción, instalaciones y cursos externos tomados por alumnos de la Universidad. Estos sintetizan la complejidad de un discurso arquitectónico que se materializa y se traduce en una maqueta virtual. Estas se transforman en una representación y el detonante de nuevas ideas que surgen según la estética y estructura del edificio.

Estas herramientas digitales dan solución espacial para visualizar la composición, pero no sustituyen a las propuestas del estudiante de arquitectura. En otro sentido, apoyan a la realización del producto y a la materialización del concepto base sobre el cual se procesan los conocimientos de diseño. En ese sentido, Martín y Vestfrid (2016) refieren que:

Las tecnologías digitales permiten, con un costo relativamente bajo respecto a lo que supone operar en la construcción de prototipos materiales, acercar al estudiante a una realidad susceptible de incorporarse como aprendizaje, con el propósito de desarrollar el pensamiento espacial, los estudiantes podrían emplear aplicaciones para proyectar modelos tridimensionales, con la alternativa de interactuar e incluso modificar en tiempo real los objetos de esas construcciones. (p. 14)

**Figura 3**

*Materialización y modelo en 3D del concepto base propuesto basado en la creatividad de estudiantes de arquitectura*

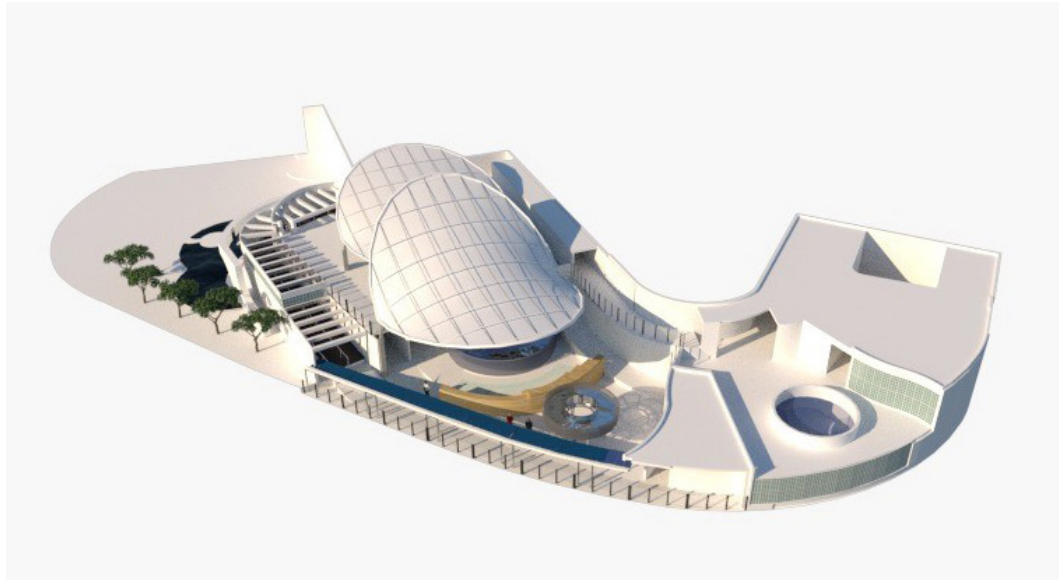


*Nota.* Emmanuel López Serrano, Nadia Ortega Saldaña, Regina Herrera Libreros, 2023.

Por otro lado, el uso de las tecnologías de la información y comunicación (TICS) y las herramientas digitales en las universidades ha respondido a las capacidades y demandas en la academia. Esto ha resultado en recursos de gran valor, donde los estudiantes pasan a ser protagonistas activos del proceso de aprendizaje. Una de las ventajas de los entornos virtuales es la posibilidad de acercar al alumnado a nuevos medios tecnológicos, metodologías docentes y modelos de aprendizaje que pueden ser complementarios a la modalidad presencial y que pueden responder a necesidades futuras (Díaz et al., 2014). En este proyecto, esto llevó a materializar tridimensionalmente la simulación o escenario posible del proyecto solicitado, con la finalidad de entender la distribución espacial y traducir la conceptualización en tiempo real.

#### Figura 4

Conceptualización de la "nueva Exhibición de lobos marinos"



Nota. Emmanuel López Serrano, Nadia Ortega Saldaña, Regina Herrera Libreros, 2023.

El uso de herramientas digitales, para esta parte del diseño, permite dialogar con diferentes composiciones, desarrollos pragmáticos, y generar la prueba de ensayo y error. Con esto, no se desestima el valor del estudiante, ya que este sigue dominando el proceso creativo. Genera un proceso de toma de decisiones y manifiesta la elección que el criterio de diseño exige para resolver la problemática planteada.

#### Resultados

El resultado final, como respuesta a la problemática planteada por el Gobierno del Estado de Veracruz, fue el proyecto ganador. Este proyecto fue dominado Oasis Marino, y fue realizado por Emmanuel López Serrano, Nadia Ortega Saldaña y Regina Herrera Libreros, estudiantes de arquitectura de la Universidad Veracruzana, región Xalapa. El proyecto fue un modelo abstracto, ya que no llegó a la etapa de la construcción; sin embargo, resolvió una problemática real que tomó, como herramienta de presentación y parte del proceso creativo, a los entornos digitales.

Figura 5

Presentación de Oasis Marino a través de herramientas digitales



Nota. Emmanuel López Serrano, Nadia Ortega Saldaña, Regina Herrera Libreros, 2023.

En la presentación del proyecto, basado en herramientas digitales, se buscó un espacio de aprendizaje, convivencia y cuidado del lobo marino. En el proyecto se implementaron los objetivos del desarrollo sostenible, al plantear cubiertas aligeradas que se adaptaban a la climatología de la zona, en compañía de un diseño sostenible para un aumento de la eficiencia de los recursos naturales. Esto disminuye el consumo industrial y artificial, como respuesta al objetivo 9. Para el objetivo 13 (acción por el clima), se planteó que el diseño se sustente en un área abierta, donde el usuario tenga la libertad de interactuar libremente en los diferentes espacios. Finalmente, en el objetivo 14, se dio prioridad a la vida marina en el proyecto, al respetar su ecosistema como una realidad mundial para la arquitectura contemporánea.



**Figura 6**

*Presentación del impacto del proyecto hacia las ODS*



*Nota. Emmanuel López Serrano, Nadia Ortega Saldaña, Regina Herrera Libreros, 2023.*

**Figura 7**

*Presentación final del proyecto Oasis Marino basado en herramientas digitales*



*Nota. Emmanuel López Serrano, Nadia Ortega Saldaña, Regina Herrera Libreros, 2023.*



El diseño del proyecto busca el confort del usuario, de los visitantes y de la especie marina a la cual se quiere preservar. Con base en esto, se proponen rampas para que la especie pueda ser transportada con mayor comodidad en las diferentes áreas. El diseño se plantea, como ya se mencionaba, en áreas abiertas, lo que reduce el consumo energético. Asimismo, se incluyeron elementos como aerogeneradores, paneles solares y la recolección pluvial para el abastecimiento de diferentes tomas.

Estos resultados muestran la intervención que las herramientas digitales tienen en la concepción arquitectónica de estudiantes. Ellos son presentados con un problema real que entrelaza distintos ámbitos como la normatividad, la especie marina y un jurado que evalúa las intervenciones, lo que lleva a cambiar el aula taller en un entorno con desafíos de un usuario diferente al cotidiano. Es ahí donde la IA trabaja, para ayudar a los estudiantes en situaciones anómalas a lo que han visto en el aula.

El resultado mayor, entonces, deriva de la integración de herramientas digitales como parte de la valoración de un proceso de diseño que representa una idea tecnológicamente construible con herramientas digitales. La metodología activa, basada en el proyecto, recae en la etapa final que concluye el proceso creativo del estudiante en un lenguaje gráfico que permitió al jurado evaluador otorgar el primer lugar en el concurso. Para ello, tuvieron que concebir la propuesta arquitectónica sustentada en un contenido legible, claro, comprensible y descifrable, para comprender la propuesta del equipo. El principal acierto de dicho equipo fue descifrar la solución del problema y presentar el proyecto digitalmente en un canal gráfico que entrelaza las competencias de investigación, conceptualización, desarrollo y generación de propuesta de forma demostrativa, con ayuda de las herramientas digitales.

## Discusión

Las conclusiones de esta investigación versan en torno a la intervención de estudiantes de arquitectura en problemáticas reales y hasta qué punto son un espacio de aprendizaje, con ejercicios de una demanda real que mantiene cursos vivos y metodologías activas. Aquí, el propio taller de diseño fue parte de una experiencia en la formación del alumnado.

Este taller articula la transdisciplinariedad y las herramientas digitales en la época que hoy les toca experimentar. Las prácticas docentes inciden en los resultados de los procesos formativos en la academia de arquitectura. Ellos buscan que las problemáticas, el proyecto y el entorno sean los que construyan el aprendizaje significativo.

La construcción de la realidad, digital y real, representa un espacio de aprendizaje basado en problemáticas reales. Se construye una propuesta que responda a grupos organizados y al gobierno. Estos actores requieren de la experticia del estudiante y, paralelamente, ayudan a pulir las destrezas de los estudiantes.

Ante estos retos, no se puede negar que el uso de la realidad virtual y la inteligencia artificial, en una era digital, es inminente. No se busca sustituir la forma de aprender del estudiante de arquitectura, sino que, al dosificar la incidencia de lo digital y mantener la ética en los procesos de diseño, se puede contribuir paulatinamente a encajar en la sociedad digital y desarrollar nuevas destrezas y habilidades en la formación de aprendizaje.

Para esta investigación basada en proyectos, las herramientas digitales no fueron las generatrices del proyecto, sino que solo se centraron en la representación del discurso de los estudiantes, al traducir el lenguaje visual y compositivo para la presentación del proyecto en una primera instancia. Además, fueron

un aporte a la metodología, ya que permitieron el diálogo de ensayo y error de las composiciones. Esto optimizó el tiempo y dinero de la elaboración de prototipos de maquetas. Por ende, se entiende que las herramientas digitales no sustituyen el proceso creativo, sino que organizan los conceptos presentados por las habilidades creativas de los estudiantes y permiten concretar la idea de manera más eficiente.

La metodología activa soporta un aprendizaje basado en problemas y proyectos. En esta metodología, hay un entorno real, un usuario poco común y una normatividad establecida; estos son los parámetros de diseño que no son cambiables y abren la puerta al desarrollo creativo, en función de las habilidades que el estudiante ya posee.

Solo se permite utilizar herramientas digitales para perfeccionar en tres dimensiones lo que el entorno real exige, por lo que se recomienda a futuros lectores hacer un uso adecuado y ético de herramientas digitales en secciones del proceso creativo. Esta recomendación se hace para evitar inhibir las habilidades que ya poseen los estudiantes y mantener el dominio en el proceso creativo, en la toma de decisiones y en la originalidad del proyecto.

No es una postura en contra del uso de la Inteligencia Artificial, pero sí se reflexiona sobre su uso adecuado, para ayudar a los arquitectos en búsqueda de soluciones ante desafíos de diseño como resultado de la complejidad de problemáticas reales. Hay que recordar que la IA no sustituye el proceso intangible, metafísico y conceptual del estudiante, por lo que se busca, en investigaciones consecuentes, implementar el desarrollo de estas metodologías para valorar las competencias en los estudiantes de arquitectura, quienes interactúan en proyectos fuera del aula y con la incorporación de herramientas digitales en entornos reales.

**Declaración de conflicto de intereses:** Los autores declaran no tener conflictos de interés.

**Declaración de contribución de los autores:** A continuación, se menciona la contribución de cada autor, en correspondencia con su participación, utilizando la Taxonomía Crédit:

- Juan Andrés Sánchez García: Administración del proyecto, Curaduría de datos, Metodología, Redacción-borrador original, Supervisión, Validación, Visualización.
- Ma. Guadalupe Noemi Uehara Guerrero: Análisis formal, Recursos, Redacción-revisión y edición.
- Regina Herrera Libreros: Conceptualización, Investigación, Software.
- Hannah Arantza Gómez Graillet: Conceptualización, Investigación.

## Referencias

- Barroso, C. D. (23 de Mayo de 2023). El papel de la tecnología en el futuro de la enseñanza y aprendizaje de la arquitectura en un entorno digital. *Jornada de Educación Digital*. <https://blogs.ugto.mx/jornada/2023/05/23/el-papel-de-la-tecnologia-en-el-futuro-de-la-ensenanza-y-aprendizaje-de-la-arquitectura-en-un-entorno-digital/#:~:text=El%20uso%20de%20nuevas%20tecnolog%C3%ADas,y%20flexibles%20para%20los%20estudiantes.>
- Batistello, P., y Cybis, A. T. (2019). El aprendizaje basado en competencias y metodologías activas: aplicando la gamificación. *Revista científica de Arquitectura y Urbanismo*, 40(2), 31-42.
- Burbano, L. (10 de Julio de 2023). Design Thinking y Arquitectos. Una Metodología Orgánica para la Profesión. *ESCOLAR-SERT*. <https://www.escolasert.com/es/blog/design-thinking-arquitectura>

- Campo, B. A. (2011). *Pensar con las manos*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Cao, Y., Aziz, A. A., y Arshard, W. N. R. M. (2023). University students' perspectives on Artificial Intelligence: A survey of attitudes and awareness among Interior Architecture students. *IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation*, (20), 1-21.
- Castells, M. (1997). *La Sociedad Red (La era de la información – Economía, sociedad y cultura)*. Alianza Editorial.
- Chumpitaz, F. R. (2020). Inteligencia Artificial y/o el Arquitecto. *Limaq*, 6(006), 129-140.
- Coeckelbergh, M. (2021). *Ética de la inteligencia artificial*. Cátedra.
- Díaz, L. A., Gutiérrez, P., y Arias, J. (2014). Usos de Aulas Virtuales Síncronas en Educación Superior. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, (45), 203-215.
- Martin, M. V., y Vestfrid, P. (2016). *Tensiones en torno al concepto de “nativos digitales” en el caso de estudiantes universitarios*. I Jornadas sobre las Prácticas Docentes en la Universidad Pública. Transformaciones actuales y desafíos para los procesos de formación. La Plata, Argentina.
- Organización de las Naciones Unidas. (08 de noviembre de 2023). El poder de la Inteligencia Artificial y sus desafíos en el marco de las Naciones Unidas. *Centro Regional de Información de las Naciones Unidas*. <https://unric.org/es/el-debate-de-la-inteligencia-artificial-en-la-onu/>
- Organización de las Naciones Unidas. (2023). Los ODS en Acción. *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*. <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>
- Paredes, I. (2012). Tecnologías y enseñanza de la Arquitectura. *Revista Universitaria de Guayaquil*, 114(3), 61-70.
- Rouhiainen, L. (2018). *Inteligencia Artificial*. Alienta.
- Velazquez, F. (Diciembre de 2019). Una propuesta TIC para el ingreso a Arquitectura. *Reflexión académica en Diseño y Comunicación*, 20, 143-146.
- Vilgrón, D. (22 de junio de 2021). Metodologías activas de aprendizaje: desarrollo constructivo de la educación centrada en el estudiante. *UCSC*. <https://ucsc.cl/medios-ucsc/noticias/metodologias-activas-de-aprendizaje-desarrollo-constructivo-de-la-educacion-centrada-en-el-estudiante/>
- Wagemann, E., y Martínez, J. (2022). Realidad Virtual (RV) inmersiva para el aprendizaje en arquitectura. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, 27(44), 110-123.
- Zacarías, P., y Martínez, G. (2023). Procesos de enseñanza, aprendizaje de tecnologías emergentes en la materialización del espacio habitable. *Revista e-RUA*, 15(4), 15-20.
- Zichermann, G., y Linder, J. (2013). The gamification revolution: how leaders leverage game mechanics to crush the competition. *Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría*. <https://www.redalyc.org/journal/3768/376862224003/html/>

## Aplicación De La Semilla De Aguacate En El Desarrollo De Cubertería Biodegradable Y Descartable

### *Avocado Seed Application In The Development Of Biodegradable And Disposable Cutlery*



Marcos Javier Proaño Maigualca  
Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador

mproano@pucesa.edu.ec  
ORCID: 0009-0009-5104-5982

Yesenia Yomara Jiménez Sánchez  
Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador

yjimenez@pucesa.edu.ec  
ORCID: 0000-0003-0542-768X

Dolores Augusta Jiménez Sánchez  
Universidad de Guayaquil, Ecuador

dolores.jimenezs@ug.edu.ec  
ORCID: 0000-0003-2143-7263

Recibido: 12/08/2024  
Aceptado: 18/11/2024

## Resumen

Los residuos plásticos de un solo uso y parte de los residuos agrícolas aportan a la contaminación ecológica global que hoy se vive en el planeta. El objetivo de este trabajo es aplicar la semilla de aguacate en el desarrollo de cubertería biodegradable y descartable. La ruta metodológica inicia con un muestreo no probabilístico intencional de las semillas de aguacate, seguida por la preparación y molienda, y la inclusión del almidón de maíz termoplástico y bentonita en diferentes proporciones. Se plantea un diseño de mezclas con vértices extremos y punto central, para un total de cinco formulaciones con tres repeticiones. El material obtenido fue caracterizado en sus propiedades físicas, químicas y mecánicas. En la parte proyectual, se aplica la metodología denominada Proyecto de Promoción y Estudio para un Diseño Industrial Competitivo; esta será de utilidad desde el boceto hasta el desarrollo final. La muestra con más tracción corresponde a la formulación 5% con bentonita de 2,05 Mpa, además con un módulo de Young de 52,07 Mpa, lo que significa que es un material con mayor rigidez. Finalmente, se indica que el tipo de artículo presentado a continuación es de investigación.

**Palabras clave:** biodegradable, biomateriales, diseño sustentable, diseño de productos, cubertería descartable.

---

## Abstract

*Single-use plastic waste and a portion of agricultural waste contribute to the global ecological contamination the planet is experiencing today. This work aims to apply avocado seeds in the development of biodegradable and disposable cutlery. The methodological route begins with an intentional non-probabilistic sampling of avocado seeds, followed by preparation and grinding, and including thermoplastic corn starch and bentonite in different proportions. A mixture design with extreme vertices and a central point is proposed for a total of 5 formulations with 3 repetitions. The obtained material was characterized by its physical, chemical, and mechanical properties. The methodology called Project for the Promotion and Study for a Competitive Industrial Design is applied in the project part, which will be useful from the sketch to the final development. The sample with the highest traction corresponds to the formulation 5% with bentonite of 2.05 MPa, in addition to Young's modulus of 52.07 MPa, which means that it is a material with greater rigidity. Finally, it is indicated that the type of article presented below is research.*

**Keywords:** biodegradable, biomaterials, sustainable design, product design, disposable cutlery.

## Introducción

El plástico es, actualmente, el material que más contamina los océanos. Inició su producción en 1950, con dos millones de toneladas; para el 2019, su producción alcanzaba los 381 millones de toneladas. De acuerdo con Greenpeace (2018), una botella plástica de polietileno se degrada aproximadamente en 400 años. La formación de micro plásticos contribuye a la contaminación y daño de generaciones de especies marinas y a la presencia de trastornos del desarrollo, cambios hormonales, anomalías a nivel reproductivo y cáncer (Organización de las Naciones Unidas, 2021).

La gran cantidad de residuos plásticos provocó una emisión de 1,7 gigatoneladas de CO<sub>2</sub> para el 2015; además, se prevé que, para el 2050, exista una alarmante cifra de 6,5 giga toneladas, lo cual contribuirá al calentamiento global. En Ecuador, se generan anualmente alrededor de 260.000 toneladas de residuos plásticos de un solo uso (INEC, 2018).

La cantidad de residuos podría considerarse como una materia prima de segundo uso y se pudiese reciclar; sin embargo, de acuerdo con Greenpeace (2018) solamente se recicla el 9% del total, lo cual significa que una alternativa para la disminución del plástico es sustituirlos por otras materias primas que sean amigables al medio ambiente o fomentar el uso de materiales biodegradables.

Otros residuos para gestionar son los residuos agroindustriales. Gran porcentaje de estos desechos son de origen orgánico, como: cáscaras, semillas, pulpa y todo derivado de frutas y verduras. Estos son desechados sin considerar el valor intrínseco de los mismos, por lo que podrían ser materia prima para nuevos materiales. En la investigación presentada por Lema et al. (2020) se muestra que es posible utilizar los residuos del cacao para poder desarrollar envases de bioplástico. Otras opciones son los platos orgánicos hechos de hoja de banano (Ramírez, 2019) y el uso de residuos de café para la producción de celulosa bacteriana aplicada al diseño de productos de calzado y bisutería (Jiménez-Sánchez, 2021). Estos trabajos dan una guía detallada de lo que se podría lograr si se considera a los biomateriales.

Ecuador es un país agrícola; esta actividad aporta al desarrollo del país. Uno de los cultivos importantes es el aguacate, con alrededor de 11 mil personas involucradas en su producción (MAG, 2023). Su consumo local, aproximadamente, corresponde a 1 kg/año (Flores et al., 2021). En 2021, se exportaron alrededor de 100 toneladas de aguacate tipo Hass, hacia Estados Unidos, Europa, Asia y Colombia (Yara, 2022). Por lo tanto, es una materia prima que merece atención para su producción y la utilización de sus residuos.

Del consumo del aguacate queda como subproducto la semilla y la cáscara, que actualmente se eliminan como desechos. La importancia de la semilla está relacionado con el contenido de almidón, que está alrededor del 60 al 70% (Teshfaye et al., 2018). De acuerdo con Maryam et al. (2016): "El almidón es un biopolímero que se compone de glucosa y se utiliza en una amplia gama de industrias como la de alimentos, papel, textil, plástico, farmacéutica, cosmética, pintura, bebidas, construcción e industrias cerámicas" (p.10). Teshfaye et al. (2018) complementan lo anterior al decir que: "Debido a la demanda, las industrias utilizan materias primas como maíz, papa, yuca, arroz y trigo entre otros, para la extracción de almidón, dichas materias primas al mismo tiempo son fuentes de alimento" (p.1).

Como consecuencia, se deben tener en cuenta los desafíos de la seguridad alimentaria. Este tema lleva a investigar nuevas fuentes naturales de almidón para la industria, como los subproductos agroindustriales. Entre estos productos, se puede mencionar a la semilla del aguacate, por su alto contenido de almidón. Además, como residuo, según afirman Correa et al. (2019), "representa aproximadamente el 40% del total de masa del fruto".



La creación de nuevos materiales de bajo costo, con buenas propiedades mecánicas y sostenibles en el medio ambiente, es el reto permanente para el diseño ecológico (Nava, 2016). En esta realidad, el diseñador usa materiales ecológicos y la aceptación del consumidor para la obtención de un impacto económico, industrial, social, entre otros (Ortíz, 2007).

Cientos de semillas de aguacate son desechadas diariamente en mercados y comedores de grandes centros comerciales. Parte de estas semillas han sido recolectadas y utilizadas para el proceso investigativo de este trabajo. En un solo día, en uno de los mercados centrales de la ciudad de Ambato, se han recolectado 104 semillas. Esta cifra se obtuvo tan solo de dos puestos de comida.

En promedio, se necesitan de 12 a 15 semillas para obtener 100g de almidón. Esto demuestra que la principal fuente de obtención de nuestra materia prima se encuentra siendo desechada por los mismos agentes de contaminación por plástico, en su mayoría.

El proceso de obtención del almidón de la semilla de aguacate se puede realizar de forma casera. El almidón y el bagazo de la propia semilla se utilizan para la creación del nuevo material, lo cual indica un aprovechamiento total en el proceso. Dicho proceso es escalable a nivel industrial.

## Metodología

La investigación ha sido desarrollada con carácter experimental, puesto que se trabaja en el desarrollo de un nuevo material. Esto implica generar varias pruebas hasta llegar al material deseado. En cuanto a lo proyectual, se trabaja con la metodología del Proyecto de Promoción y Estudio para un Diseño Industrial Competitivo (PREDICA), de la Fundación PRODINTEC. Esta es la más adecuada para poder explicar de forma simple y práctica todas las fases a seguir. Desde el porqué del producto hasta la producción de este, la metodología se conduce por un ciclo estratégico, el cual permite el total entendimiento de sus dimensiones y brinda la posibilidad de ser replicado de forma integral. Para la presente investigación, se plantea hasta la fase cuatro de la metodología proyectual.

**Figura 1**  
Metodología PREDICA (Ruta)



Nota. Tomado de PRODINTEC (2019).

**Fase 1-Definición Estratégica.** Desarrollo del nuevo material a través del uso de la semilla de aguacate como recurso principal, y la combinación de almidón termoplástico y bentonita.

La fórmula se planteó con la aplicación del almidón de maíz termoplástico (TPA), debido a la plasticidad que requiere el desarrollo del nuevo material, y de bentonita, debido a que se logra la dureza y mejora las propiedades mecánicas necesarias, así como la estabilidad requerida.

La elaboración del almidón termoplástico (TPA) fue realizada de acuerdo con la metodología expuesta por Luna et al. (2009) y Hernández-Gil et al. (2022). Para esto, el almidón nativo de maíz (El Sabor, Alimensabor, Cía.Ltda) se mezcló con glicerina (USP, Casa del Esparadrappo, Guayaquil, Ecuador) (30% m/m) durante diez minutos. Esta mezcla se guardó en una funda sellada y se colocó en un desecador durante 24 h. Después de eso, fue expuesta en un horno a  $155 \text{ oC} \pm 2 \text{ oC}$  durante quince minutos. La mezcla se enfrió y almacenó en un desecador a  $25 \text{ oC}$  y 50 % RH, hasta su caracterización y uso.

El material en desarrollo contó con almidón termoplástico (TPA), semillas de aguacate molidas (SMA) y bentonita como carga. Cada formulación se realizó por triplicado. Se usó el programa estadístico Minitab (v18), con el diseño de mezclas con vértices extremos y punto central (Tabla 1).

**Tabla 1**  
Formulaciones planteadas

TPA (%)	SMA (%)	Bentonita (%)
40	50	10
60	30	10
52,5	42,5	5
40	50	10
70	30	0

TPA = Almidón termoplástico. SMA Semilla de aguacate molidas

**Fase 2-Diseño de Concepto.** Corresponde al desarrollo del producto en sus diferentes etapas, desde la funcionalidad y la relación con el usuario. Va desde la forma que debería tomar, con el uso de técnicas de representación como bocetos, pre maquetas, entre otros, hasta el diseño en 3D y el análisis del producto aplicado a su entorno. En este caso, se debe considerar que son utensilios de un solo uso.

**Fase 3-Detalle del Producto.** Se describen las características esenciales del producto que ha sido propuesto, desde sus especificaciones técnicas, medidas y el proceso constructivo para la fabricación del producto. En este caso, el desarrollo de cubtería desechable consistió en la elaboración de una lámina maleable para, seguidamente, termoformar a gusto. La lámina fue realizada de acuerdo con la metodología de Espina et al. (2016) y de Hernández-Gil et al (2022), con modificaciones. El TPA y SMA fueron mezclados con agua potable en relación de 1:2 y sometidas a calor a 80 oC durante seis minutos en constante agitación. La masa obtenida fue colocada en una prensa y en termo prensa a 40 oC durante treinta minutos. Se enfrió a temperatura ambiente y se guardó en el desecador, para proceder al termoformado. La lámina formada fue sometida a una prensa y luego fue secada en un horno a 50 oC por dos horas, para dar su forma final. Estas fueron guardadas en desecador, en condiciones controladas hasta su caracterización.

**Fase 4-Ingeniería de Producto.** Se prueban diferentes herramientas técnicas y de laboratorio que permiten verificar el cumplimiento de resultados y restricciones de su desarrollo. En esta fase, se propone el desarrollo de prototipos ágiles, virtuales y que permiten la visualización primaria de los productos, a través de la realización de pruebas. Estas entran a pruebas de resistencia del material; entre las pruebas, están la tracción, tensión y flexión. Esto se debe a que estas pruebas logran un perfil completo de las propiedades del material y su posible aplicación.

**Fase 5-Producción.** Si bien esta fase es importante, debido a que permite ya la aplicación de las fases anteriores, implicaría mayor tiempo, inversión económica y humana para una correcta aplicación. Por ello, se dejará para una segunda parte.

**Fase 6-Mercado Reciclaje.** Esta fase permite la evaluación del impacto medioambiental. Asimismo, se resalta la importancia de lograr materiales que disminuyan las afectaciones hacia el planeta, contrarias a lo que realiza el plástico. Esta fase se prueba a través de la demostración de los materiales que serán usados.

### *Caracterización de Materias Primas*

Se realiza la caracterización, con el objetivo de garantizar la calidad y seguridad del producto final, de forma que se puedan optimizar procesos de producción y asegurar la toma de decisiones en el uso y aplicación del nuevo material.

Determinación de Humedad de Almidón de Maíz Nativo. La determinación de la humedad se realizó de acuerdo con la metodología de INEN 1666 (2014) en estufa Biobase (Modelo BOV-V230F). Esta se realizó por triplicado. Se usó la Ecuación 1:

$$\text{Ec. 1} \quad \text{Humedad (\%)} = \frac{M1-M2}{M1-M0} * 100$$

En dónde M1 es la masa de la cápsula con muestra húmeda; M2 es la masa de la cápsula con muestra seca; y M0 es la masa de la cápsula vacía.

**Rendimiento de la Semilla de Aguacate.** Se seleccionaron semillas de aguacate de la variedad Hass. Se separó el almidón según la metodología de Chel-Guerrero et al. (2016) y Wang et al. (2022), con ligeras modificaciones. Para esto, se rallaron las semillas, se separaron el almidón y los residuos. Se almacenó el almidón y los residuos de las semillas. El rendimiento del almidón y del residuo se obtuvo al aplicar la Ecuación 2:

Ec. 2 
$$Yield (\%) = \frac{Mr_a}{Ms} * 100$$

**Humedad.** La humedad se determinó con la metodología de la NT INEN 518 (1980-12), que consistió en secar en estufa Biobase (Modelo BOV-V230F) dos gramos de muestra a 130 oC durante dos horas.

**Cenizas.** Las cenizas, o residuos minerales de SMA, se determinaron según la metodología de la NT. INEN 520 (2012), que consistió en la calcinación en mufla Termolyne (USA) de un gramo de muestra, a 450 oC durante cuatro horas o hasta obtener cenizas grisáceas. Se empleó la Ecuación 3. Se realizó este ejercicio por triplicado.

Ec. 3 
$$Cenizas (\%) = \frac{Mr - Mc}{Mm} * 100$$

**Celulosa.** La determinación de la cantidad de celulosa se llevó a cabo mediante el método de Kurschner y Hoffer (1929) usado por Belezaca et al. (2016). Para ello, se pesó un gramo de muestra, se añadió ácido nítrico 68% y etanol 96% (Laboratorio Cevallos) y se calentó a reflujo hasta ebullición durante treinta minutos. Se repitió dos veces la digestión. Se lavó y filtró para eliminar los residuos ácidos y, luego, la masa resultante se secó y pesó. El porcentaje de celulosa se calculó según la Ec. (4), terminación de celulosa.

Ec.4 
$$Celulosa (\%) = \frac{Mf}{Mi} x 100$$

En donde Mf es masa final seca y Mi es la masa inicial de la muestra.

**Fibra Cruda.** El contenido de fibra cruda se elaboró de acuerdo con la normativa AOAC 978.10. Se usaron dos gramos de muestra y se hidrolizó, primero con ácido sulfúrico, y luego con hidróxido de sodio al 1,25% en peso. Se secó el remante en estufa Biobase (Modelo BOV-V230F). Se realizó esta prueba por triplicado y se usó Ecuación 5.

Ec. 5 
$$Fibra\ cruda (\%) = \frac{(W1 - W2)}{Ws} * 100$$

Donde W1 es el peso del crisol más la muestra seca; W2 es el peso del crisol + ceniza; y Ws es el peso de la muestra inicial.

### Elaboración de Formulaciones

Las diversas formulaciones elaboradas, según lo explicado en la Fase 1, fueron analizadas en diversas propiedades físicas, químicas y mecánicas.

### Caracterización de las Formulaciones.

#### Caracterización de Cucharas Biodegradables (probetas).

**Tabla 2**

*Propiedades físicas y mecánicas*

Determinación de humedad	Espesor	Dureza
Se determinó de acuerdo con la metodología de INEN 1666 (2014). Para esto, se trituró una muestra en molino eléctrico Nima (Japón) y se siguió la metodología expuesta.	El espesor de las probetas para las cucharas fue medido con un micrómetro digital genérico (0-12.7 mm con una sensibilidad de 0,001 mm). Se tomaron diez mediciones al azar (Hernandez-Gil et al., 2022)	La dureza fue determinada de acuerdo con la norma ASTM D2240.15 (2017) con el equipo durómetro Shore D (0-100HD, 0,5HD). Se tomaron diez mediciones a lo largo y ancho de la probeta.

**Fuerza Tensil.** La resistencia a la tracción se realizó con un medidor manual Mxmoonfree. Su funcionamiento fue validado con la medición de muestras patrones secundarias. Se siguió la metodología de la normativa ASTM D 3039M.14 (2014). Se realizó la medición por triplicado.

## Resultados

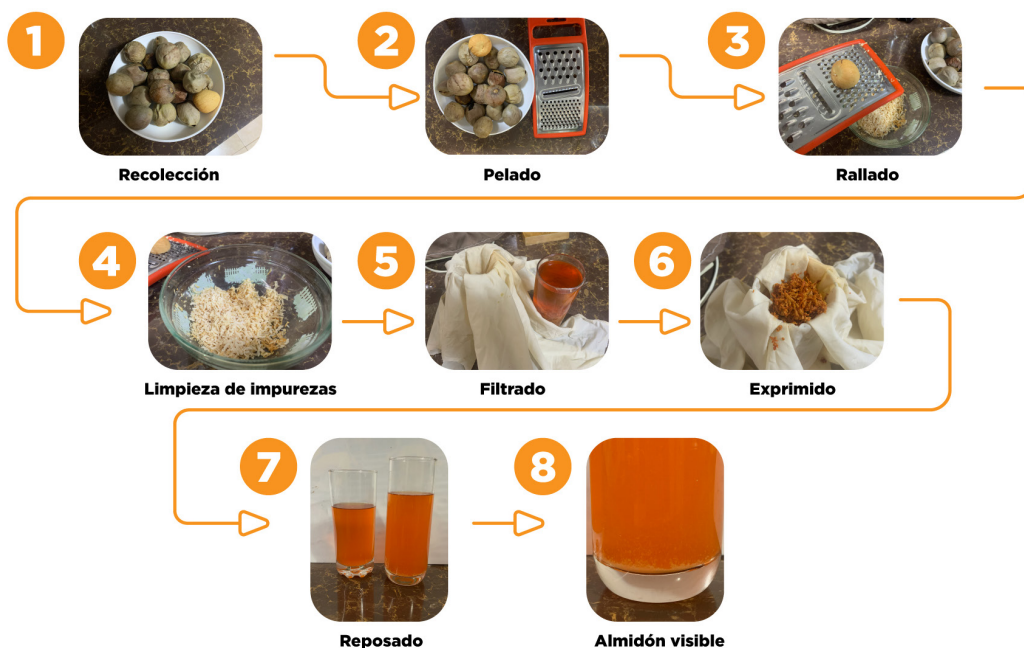
### *Fase 1-Definición Estratégica-Obtención de Materia Prima*

La muestra de las semillas de aguacate provino de un muestreo no probabilístico intencional. Las semillas fueron recogidas del patio de comidas del Mall de los Andes. Cada semilla de aguacate, variedad Hass, pesó aproximadamente 2,22 g. Se obtuvo aproximadamente el 7 % de almidón puro y el 67,5 % de fibras o residuos.

La figura 2 describe el proceso de la separación del almidón de la fibra en detalle.

**Figura 2**

*Proceso de obtención del almidón de la semilla del aguacate*



**Figura 3***Semilla de aguacate rallada***Figura 4***Semillas molidas*

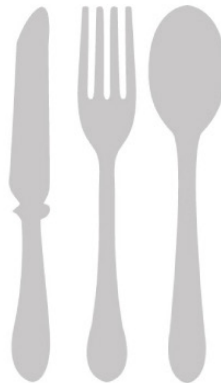
Las figuras 3 y 4 muestran la semilla molida, la cual presentó una coloración rojo amarillenta que corresponde a la denominación de color xyz : 25.7 ; 21.2 ; 3.4

### *Fase 2-Diseño de Concepto*

Se realizan las propuestas de diseño de cubertería, en función a la relación de la ingesta de alimentos líquidos y sólidos. Para ello, lo característico es el diseño de un cuchillo, tenedor y cuchara. Los mangos de los cubiertos deben responder, de forma ergonómica, al agarre de la mano y la cazoleta, en relación a lo estandarizado, tanto en la forma y profundidad.

**Figura 5***Desarrollo de concepto*

**Propuesta 1**  
Conjunto de  
3 elementos  
150 mm largo  
24 mm ancho (promedio)



**Propuesta 2**  
Conjunto de  
2 elementos  
150 mm largo  
40 mm ancho (cuchara/tenedor)  
18 mm ancho (cuchillo)





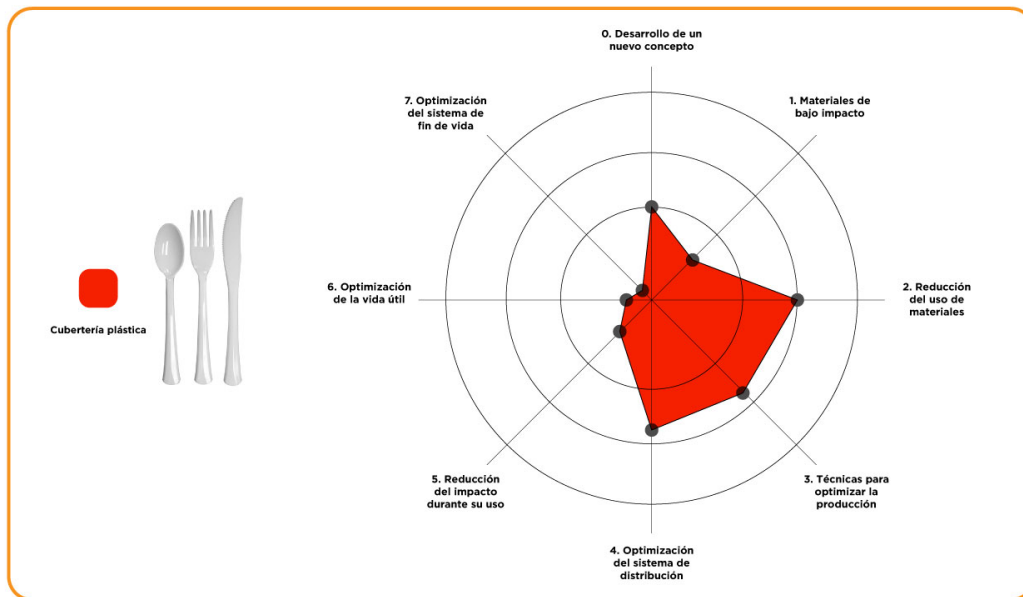
De acuerdo con las necesidades y el direccionamiento general del concepto, se han creado dos propuestas para el diseño del conjunto de cubertería. Esto se hizo de acuerdo a criterios de funcionalidad, optimización de material y practicidad; por esa razón, se ha elegido la segunda propuesta, ya que une, de forma estratégica, la función de la cuchara y el tenedor.

Se considera el cuello de los cubiertos como punto de mayor delicadeza. Esto se debe a que, al ejercer presión en diferentes alimentos por corte, es el lugar de mayor riesgo en la resistencia a la fuerza que se ejerce.

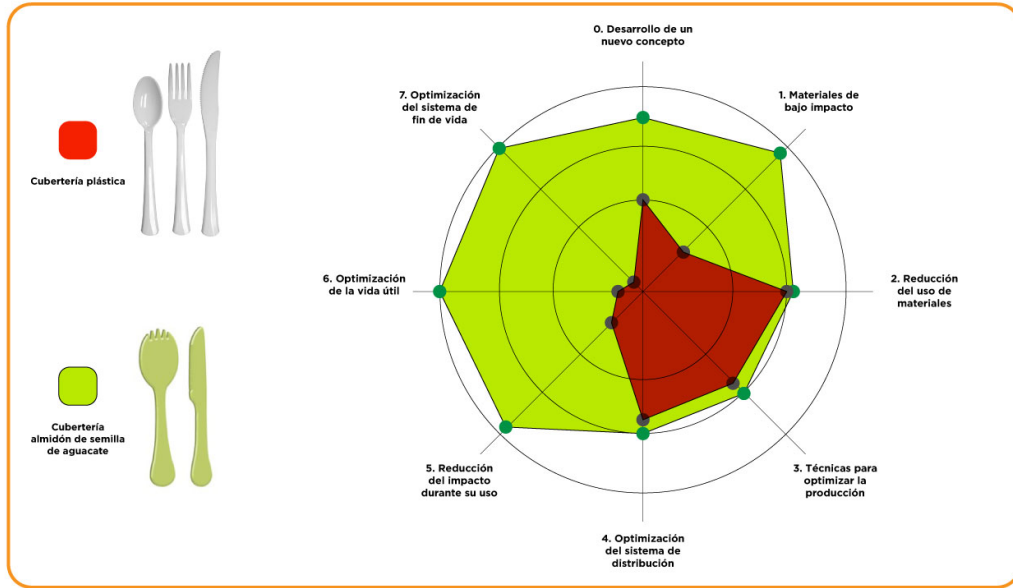
Una vez realizado el proceso de diseño, se establece la selección de material como parte de la consideración conceptual del producto a desarrollar. Para ello, se toma la guía de la rueda de valoración de ecodiseño.

**Figura 6**

*Rueda de valoración de ecodiseño para cubertería plástica*



**Figura 7**  
Rueda de valoración de ecodiseño para cubertería biodegradable



En la Figura 6 se observa que la cubertería plástica convencional (representada en color rojo) abarca una porción pequeña de la rueda ecológica, lo cual dice que está lejos de ser un producto ecológicamente responsable. En cambio, la propuesta (representada en color verde) se expande significativamente más por el área de la rueda. Esto es indicativo de que el producto se acerca a las expectativas ecológicas deseadas.

### Fase 3-Diseño de Detalle

Elegida la propuesta, se realiza el prototipado en medidas reales del producto. Se consideran las propiedades mecánicas del nuevo material, que se presenta moldeable, flexible y con cierto nivel de dureza. Esto ocurre en función de la formulación planteada, puesto que la combinación del TPA y el SMA contribuye a la dureza del material. Así, se puede realizar las propuestas de cubertería desechable.

**Figura 8**

*Desarrollo de concepto*

**Propuesta**

Conjunto de  
2 elementos

150 mm largo  
40 mm ancho (cuchara/tenedor)  
18 mm ancho (cuchillo)



**Figura 9**

*Prototipo 3D del producto*

Diseño 3D Tenedor

Diseño 3D Cuchillo



Detalle

Detalle



#### **Fase 4-Ingeniería de Producto**

##### **Caracterización de Cubertería de Un**

**Solo Uso.** El diseño estadístico mostró que, con un 95 % de confianza, existe significancia en la inclusión de TPA y SMA. La inclusión de la arcilla o bentonita influye en las características; sin embargo, se debería realizar un ensayo de optimización para definir una fórmula óptima.

#### **Figura 10**

*Elaboración de cubertería -probetas*



Las muestras de los ensayos planteados, previamente acondicionadas, fueron caracterizadas en humedad, tensión, fuerza tensil, elongación, módulo de Young y dureza. Esos resultados se exponen en la Tabla 3.

**Tabla 3***Caracterización de cubertería biodegradable*

TPA (%)	SMA (%)	Bentonita (%)	Humedad	Tr (MPa)	Espesor	Fuerza tensil (MPa)	E (%)	MY (MPa)	Dureza (HD)
40	50	10	12,56 (0,40)	1,58 (0,03)	1,83 (0,05)	80,9 (1,82)	3,14 (0,67)	44,45 (10,03)	55,1 (5,6)
60	30	10	11,98 (0,11)	0,97 (0,095)	2,13 (0,08)	44,2 (3,03)	4,82 (0,91)	17,52 (2,4)	52,3 (3,5)
52,5	42,5	5	11,20 (0,18)	2,05 (0,04)	2,13 (0,34)	89,0 (1,41)	3,35 (0,21)	52,07 (4,33)	62,5 (4,9)
40	60	0	14,66 (0,06)	1,99 (0,05)	1,86 (0,075)	102,13 (3,45)	4,70 (0,68)	34,89 (1,096)	48,4 (6,90)
70	30	0	13,27 (0,66)	1,521 (0,17)	2,21 (0,08)	72,83 (4,31)	12,16 (0,68)	10,68 (1,75)	42,13 (6,7)

()= desviación estándar

**Resistencia y Elongación (Tr y E):** A medida que aumenta el porcentaje de TPA (de 40% a 70%), se observan variaciones en la resistencia a la tracción y en la elongación. Por ejemplo, con un 40% de TPA y un 50% de SMA, la elongación es relativamente alta (80,9%), pero disminuye a 44,2%, cuando el TPA sube a 60% y el SMA baja a 30%. Sin embargo, con TPA al 70% y SMA al 30%, la resistencia es alta (Tr 1,521 MPa) aunque la elongación sigue siendo moderada (72,83%).

**Influencia de la Bentonita:** La bentonita parece reducirse en algunas combinaciones, lo que puede afectar la humedad y la fuerza tensil. Por ejemplo, en las filas donde la bentonita es 0%, la humedad es generalmente más alta (por ejemplo, 14,66% y 13,27%).

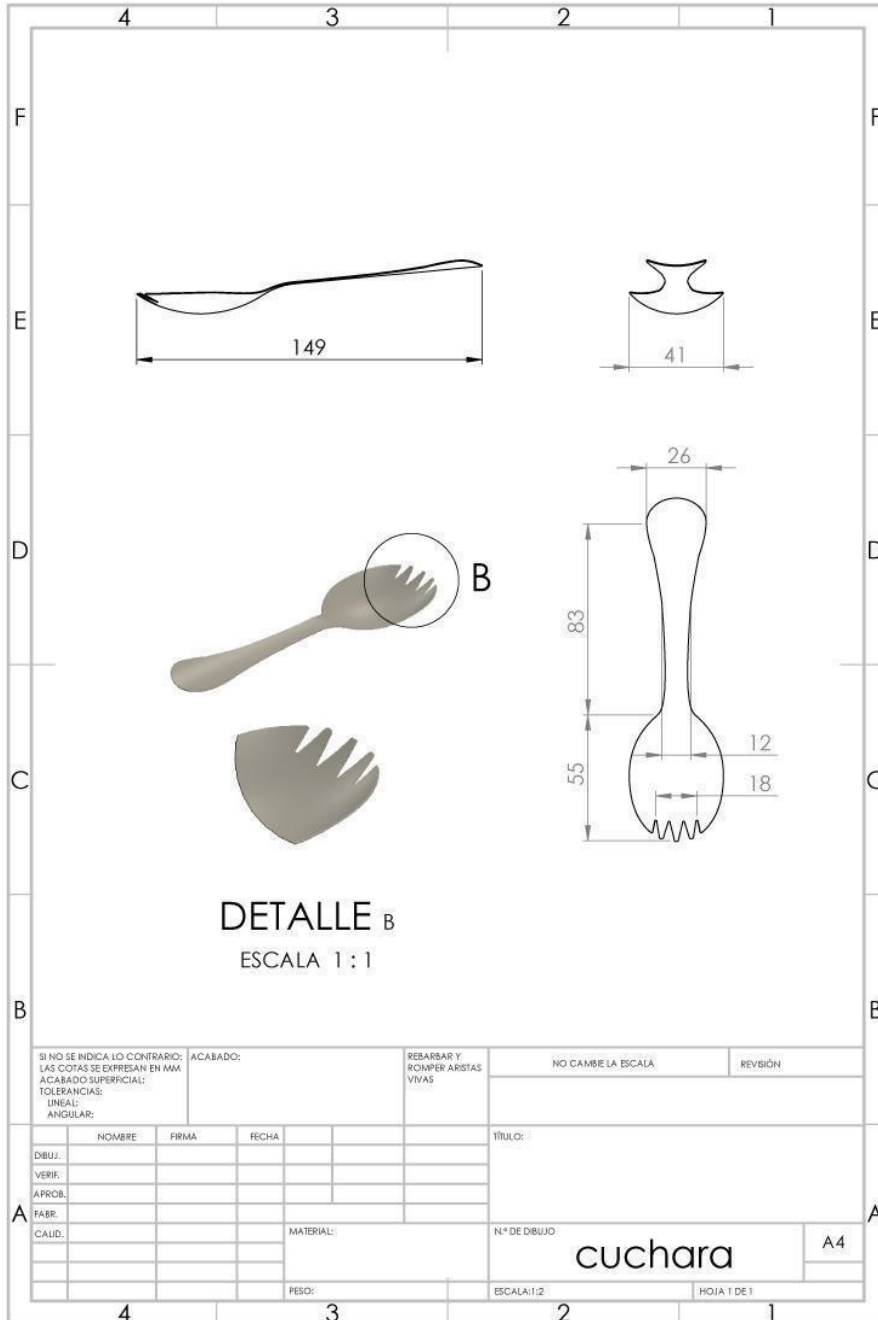
**Módulo de Young (MY):** Valores más altos de MY indican mayor rigidez. Además, esto parece estar relacionado con el aumento de TPA. En la última combinación (TPA 70%), el MY es más alto (12,16 MPa), lo que sugiere que el aumento de TPA aumenta la rigidez.

**Dureza (HD):** Los valores de dureza no muestran un patrón claro, pero tienden a disminuir a medida que aumenta el TPA y disminuye el SMA. Esto podría indicar que el SMA contribuye a la dureza de la muestra.

Estos datos sugieren que los cambios en la composición de TPA, SMA y bentonita, así como en la humedad, afectan las propiedades mecánicas (resistencia, rigidez, elongación) de la mezcla.

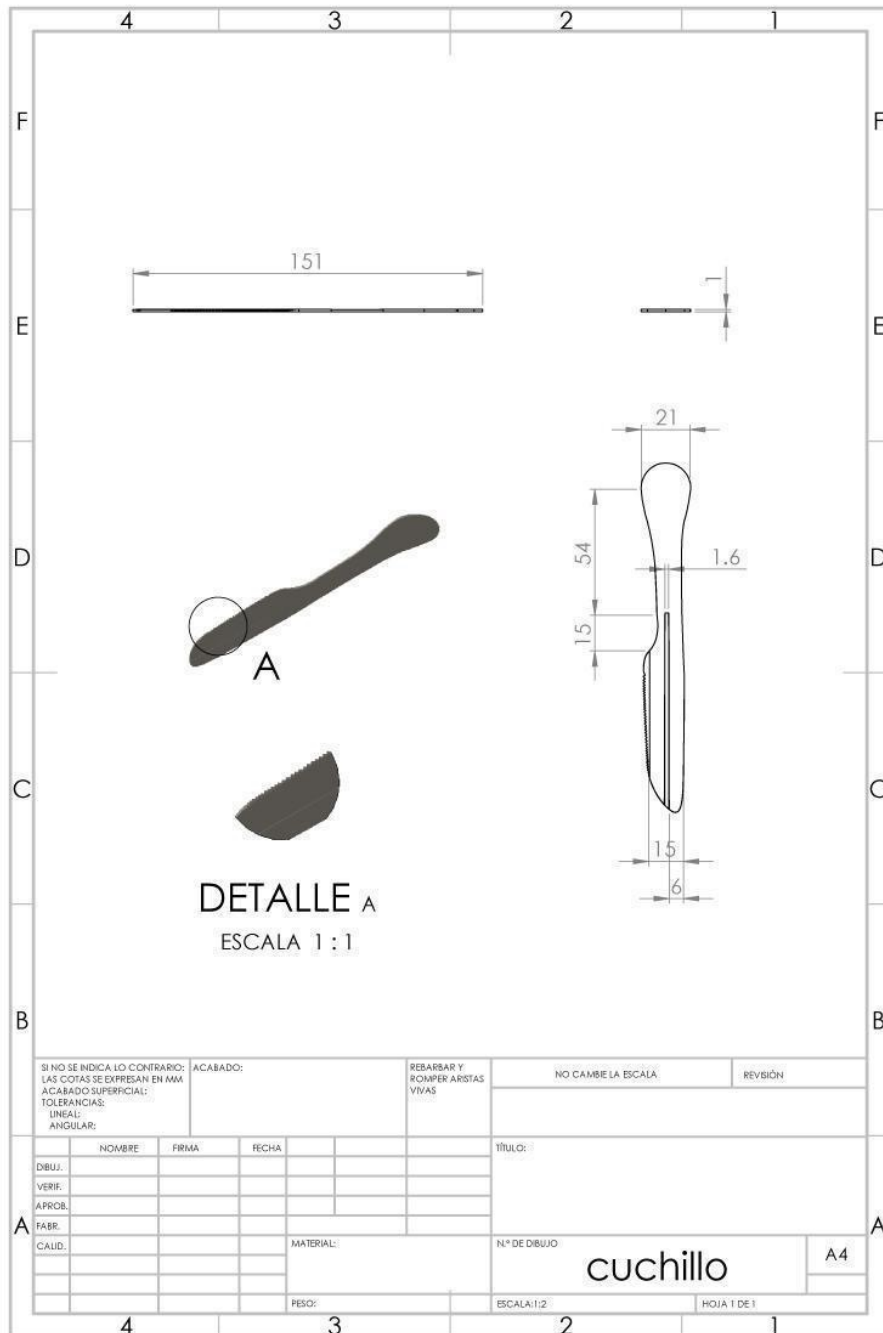
**Planos de Fabricación**

**Figura 11**  
Plano de cuchara-tenedor



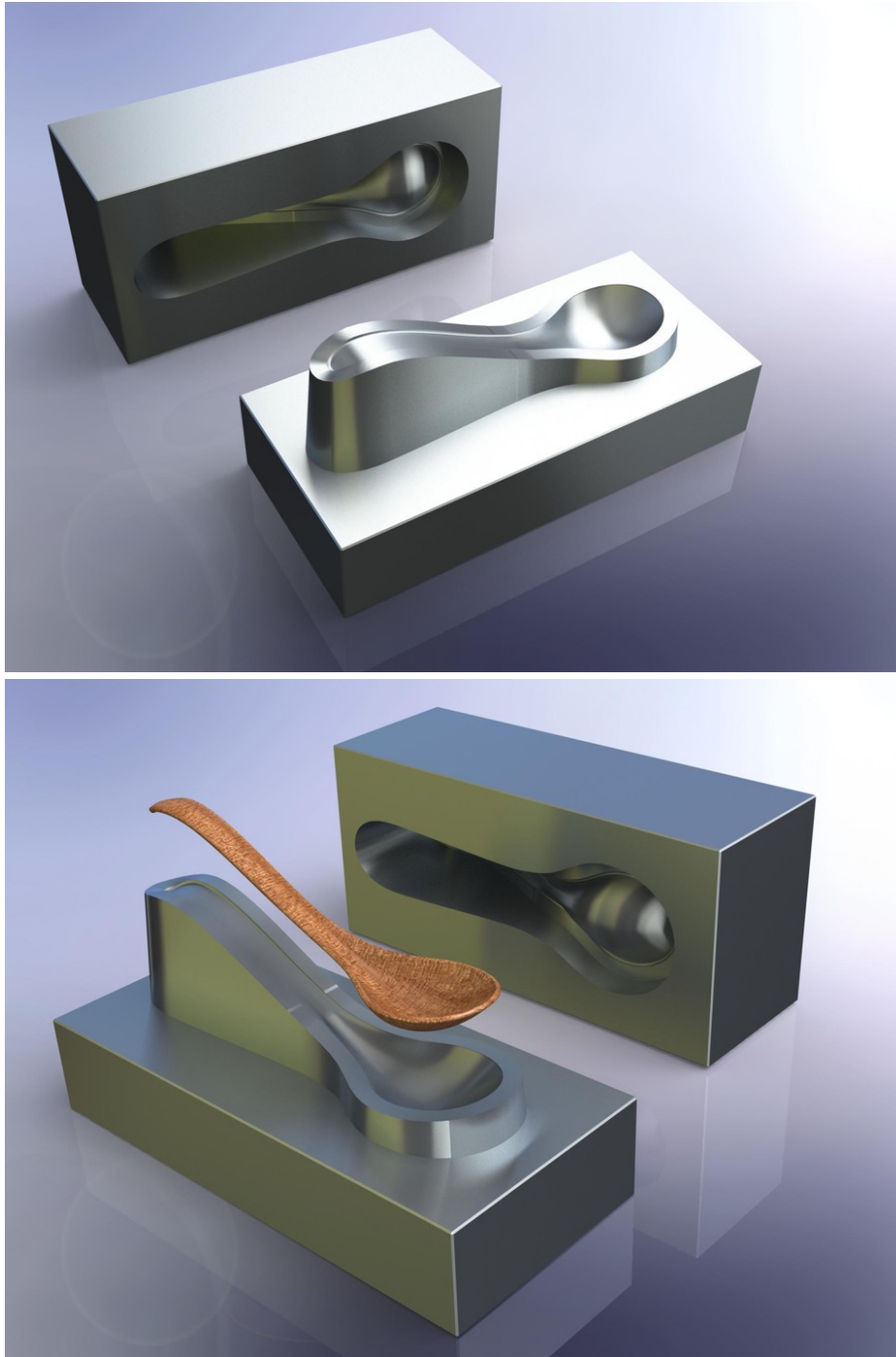


**Figura 12**  
*Plano de cuchillo*



**Figura 13**

*Molde de aluminio vaciado*



Este modelo de molde en aluminio vaciado sirve para someter a las muestras previamente acondicionadas a una compresión prolongada con calor controlado.

### *Prototipado funcional*

#### **Figura 14**

*Prototipo del producto final cuchara-tenedor*



**Figura 15**

*Prototipo del producto final cuchillo*



### *Propuesta de Proceso de Fabricación*

**Moldeo por Compresión.** Alternativamente, se puede utilizar una máquina de moldeo por compresión que aplique calor y presión. Este proceso permite dar forma precisa a los utensilios y garantiza una distribución uniforme de la mezcla.

**Ajuste de Temperatura y Tiempo.** Mantener la temperatura y presión adecuadas según las propiedades del material, lo que asegura una adecuada fusión entre los componentes. Esto evita fragilidad y mejora la resistencia.

**Secado Controlado.** Colocar la cubertería en una cámara de secado a baja temperatura para eliminar la humedad residual sin alterar la estructura. Este proceso contribuye a mejorar la resistencia y la rigidez del producto final.

**Curado Final.** Dejar la cubertería en reposo en un ambiente controlado para que los materiales se estabilicen y se fortalezcan. Este proceso asegura que las propiedades mecánicas alcanzadas durante el moldeo se mantengan.

**Lijado y Pulido.** Realizar un lijado y pulido superficial para eliminar bordes afilados o imperfecciones y asegurar una textura suave.

**Ensayos de Resistencia y Durabilidad.** Verificar que el producto cumpla con las especificaciones de resistencia, rigidez y dureza requeridas. Los ensayos incluyen pruebas de resistencia a la tracción, flexibilidad y dureza.

**Pruebas de Seguridad Alimentaria.** Realizar ensayos para garantizar que el material sea seguro para el contacto con alimentos y que no libere sustancias nocivas.

**Empaque Biodegradable.** Colocar la cubertería en empaques biodegradables para mantener la coherencia con el propósito ecológico del producto.

**Almacenamiento en Ambientes Controlados.** Mantener la cubertería en lugares secos y frescos hasta su distribución, para evitar que absorba humedad o pierda propiedades mecánicas.

### *Fase 6-Mercado Reciclaje*

Una vez que el producto ha cumplido su función, puede regresar a la tierra como abono. Bajo condiciones ambientales adecuadas, como la humedad y la presencia de microorganismos, se facilita la descomposición de las sustancias naturales. Las enzimas convierten almidones, carbohidratos y proteínas en moléculas más pequeñas, como dióxido de carbono y agua, que se integran al suelo y son aprovechadas por nuevas formas de vida, como las plantas.

### **Discusión de Resultados**

La cantidad de almidón extraído del 6 % estuvo muy por debajo del 40 % expuesto por Correa et al. (2019), lo cual pudo deberse a la variedad y forma de extracción. El conocimiento de las características del material sirve para definir su adecuado uso, forma de elaboración y disposición final.

Propiedades como resistencia tensil, resistencia a la humedad, elasticidad, comportamiento térmico, entre otros, permitirán definir la aplicación del material en un producto final adecuado. En este caso, el material es fuerte (fuerza de tensión de 44 a 102 MPa), por lo que resistirá y no se romperá fácilmente, pero no es resistente al agua. Por lo tanto, su uso estaría definido para productos secos. Este material tiene plastificante; por ello, durante su proceso es fácilmente moldeable y podría tomar diferentes formas.

Cada uno de los materiales usados proviene de la naturaleza. Por tanto, una vez que se cumpla el uso, este podría ser parte de la naturaleza nuevamente; esto afecta positivamente al ambiente.

Sus cualidades de resistencia y moldeabilidad lo hacen un material adecuado para poder desempeñar funciones de agarre y contención en alimentos secos. Al ser un producto de rápido uso, es decir desechable, y al ser su constitución cien por ciento natural, su impacto al ambiente es neutro, sobre todo si se lo compara con la cubertería plástica.

De acuerdo con Avellán *et al.* (2020), si bien los biopolímeros tienen propiedades mecánicas menores a los plásticos derivados del petróleo, estos poseen cualidades químicas que no afectan al medio ambiente. Por ejemplo, son de carbono neutro, lo cual los hace sostenibles y biodegradables. Estas ventajas son claramente determinantes frente a los plásticos de un solo uso.

Si bien las cualidades físicas del material obtenido no igualan a las mostradas por los polímeros derivados del petróleo, sus cualidades químicas y afectación al medio ambiente reducen drásticamente la polución por desechos de un solo uso. Por ende, se cumple el principal objetivo de este trabajo. Mientras una cuchara plástica tardará un poco más de 500 años en degradarse, una a base de almidón de aguacate lo hará en un par de semanas, sin afectación alguna al medio.

## Conclusiones

La investigación realizada demuestra que la semilla de aguacate tiene un gran potencial como materia prima para desarrollar un biomaterial aplicable en la fabricación de productos, particularmente en el diseño de cubertería descartable. Su capacidad de biodegradación contribuye a la reducción de la contaminación ambiental, lo que la convierte en una alternativa sostenible frente a los plásticos convencionales. Este enfoque no solo promueve un uso integral de los residuos orgánicos, sino que también fomenta prácticas más responsables con el medio ambiente.

La materia prima derivada del almidón de semillas de aguacate muestra propiedades adecuadas para su funcionalidad en la fabricación de productos desechables. Sin embargo, se recomienda incorporar almidón de maíz para mejorar sus propiedades mecánicas, lo que facilitaría los procesos de mecanizado y moldeado en el producto final. Además, sería beneficioso aplicar un recubrimiento natural que optimice sus características mecánicas y aumente su hidrofobicidad, lo que lo hace más adecuado para su uso en contacto con alimentos o líquidos.

Dadas las características del material en desarrollo, se debe considerar el uso en productos sólidos o secos y fríos, puesto que la temperatura afecta a una pérdida de masa. El uso en productos calientes o líquidos requiere continuar con procesos de ensayo y experimentación con materiales o recubrimientos que permitan la hidrofobicidad del producto desarrollado.

**Declaración de conflicto de intereses:** Los autores declaran no tener conflictos de interés.

**Declaración de contribución de los autores:** A continuación, se menciona la contribución de cada autor, en correspondencia con su participación, utilizando la Taxonomía Crédit:

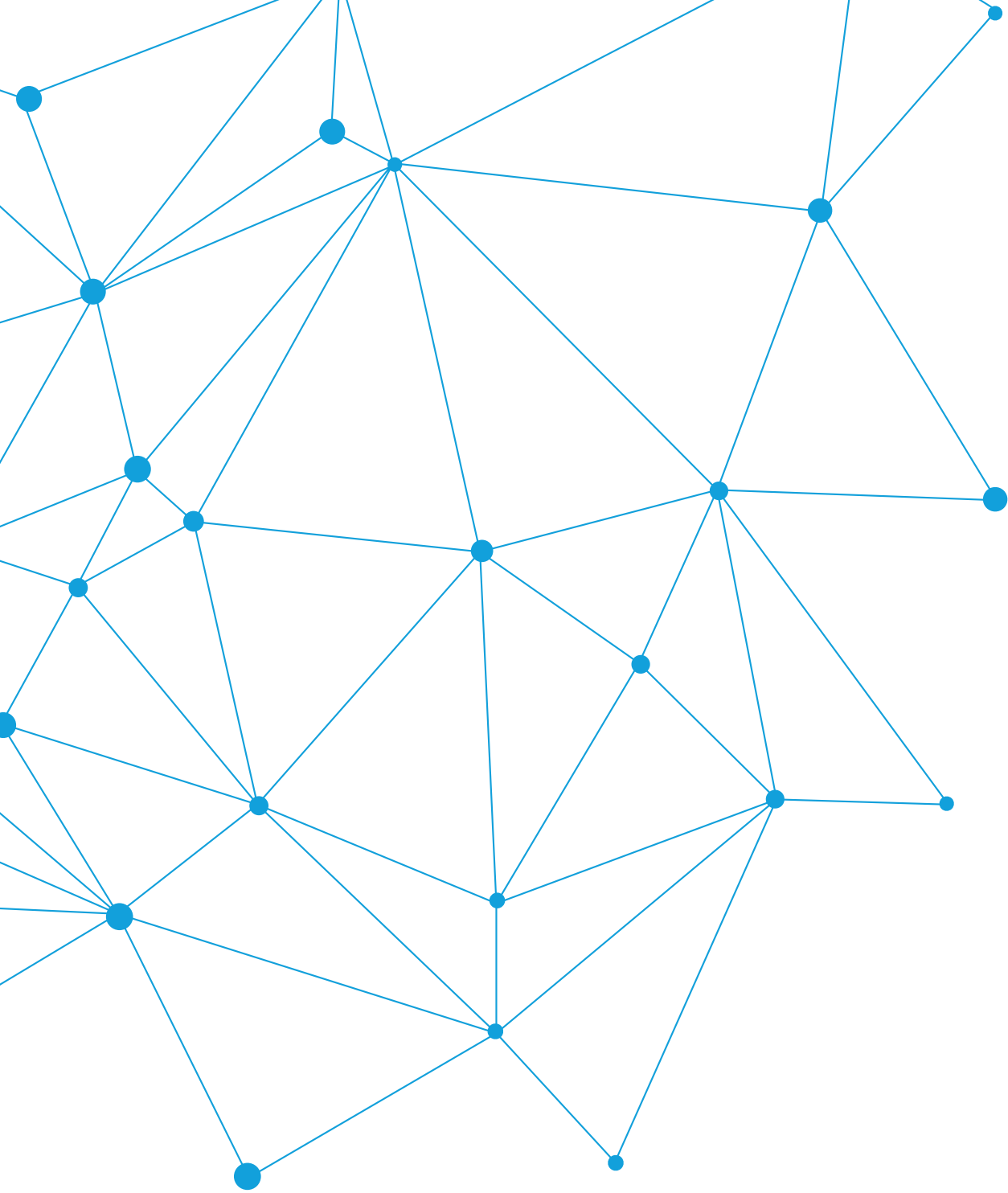
- Marcos Javier Proaño Maigualca: Administración del proyecto, Adquisición de fondos, Análisis formal, Conceptualización, Investigación, Metodología, Recursos, Redacción-borrador original, Visualización.
- Yesenia Yomara Jiménez Sánchez: Análisis formal, Conceptualización, Investigación, Metodología, Redacción-revisión y edición, Supervisión, Validación.
- Dolores Augusta Jiménez Sánchez: Curaduría de datos, Investigación, Supervisión, Validación.



## Referencias

- Flores, J. J., Cevallos, H. V., Montealegre, V. J. y Romero, H. C. (2021). Análisis de la producción de aguacate en el Ecuador y su exportación a mercados internacionales en el periodo 2008 al 2018. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4(S1), 164-172.
- Avellán, A., Díaz, D., Mendoza, A., Zambrano, M., Zamora, Y. y Riera, M. A. (2020). Obtención de bioplástico a partir de almidón de maíz (*Zea mays* L.). *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, 7(1), 1-11.
- Belezaca, C., Godoy, R., Salvatierra, D., Cadme, M., Valenzuela, E., López, R., Delgado, D., Baque, R., Herrera, R., Vásconez, C. y Bohórquez, T. (2016). Contenidos de Celulosa y Lignina en Restos Lignino-Celulósicos de Gran Tamaño (Necromasa) en un Bosque Templado de Antiguo Crecimiento del Centro-Sur de Chile. *European Scientific Journal*, 12(24), 403-414. 10.19044/esj.2016.v12n24p403
- Chel-Guerrero, L., Barbosa-Martín, E., Martínez-Antonio, A., González-Mondragón, E., y Betancur-Ancona, D. (2016). Some physicochemical and rheological properties of starch isolated from avocado seeds. *International journal of biological macromolecules*, 86, 302-308. <https://doi.org/10.1016/j.ijbio-mac.2016.01.052>
- Correa, V., Valencilla, L. E., Cárdenas, K. y Guaricha, M. (23 de Diciembre de 2019). *Aprovechamiento de la semilla de aguacate (Persea americana Mill.) tipo Hass para la extracción de almidón*. V Simposio de Materiales Poliméricos, Cali-Colombia.
- Espina, M., Cruz-Tirado, J. P. y Siche, R. (2016). Propiedades mecánicas de bandejas elaboradas con almidón de especies vegetales nativas y fibras de residuos agroindustriales. *Scientia Agropecuaria*, 7(2), 133-143.
- Greenpeace. (2018). Maldito Plástico: Reciclar No Es Suficiente. *Greenpeace España*. <https://es.greenpeace.org/es/sala-de-prensa/informes/maldito-plastico/>
- Hernandez-Gil, L., Caldas-Cortez, L., Contreras-López, D., y Jiménez-Sánchez, A. (2022). Evaluation of the use of banana pseudostem with thermoplastic corn starch for the elaboration of biodegradable dishes. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 21(3). <https://doi.org/10.24275/rmiq/mat2893>
- INEC. (2018). Gestión de desechos a nivel nacional. *INEC*.
- INEN 1666. (2014). Almidones y féculas. determinación del contenido en humedad. Ecuador.
- Jiménez-Sánchez, Y. (2021). Aplicación de la celulosa bacteriana en el diseño de productos: un camino a la sustentabilidad. *Revista DAYA. Diseño arte y arquitectura*, (11), 41-57. <https://doi.org/10.33324/daya.vi11.458>.
- INEN 520. (2012). Harinas de origen vegetal. Determinación de la ceniza. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Kurschner y Hoffer. (1929). Ein neues verfahren zur bestimmung der cellulose in hölzern und zellstoffen. *Tech. Chem. Pap. Zellst. Fabr*, 26, 125-129.
- Lema, E., Manzo, N., Baque, L., y Moreira, M. (2020). Bioplásticos a partir de residuos del cacao, una alternativa para mitigar la contaminación por plástico. *Ingeniería e Innovación*, 9(1), 6-14.
- Luna, H., Villada, H. y Velasco, R. (2009). Almidón termoplástico de yuca reforzado con fibra de fique: Preliminares. *Dyna*, 76(159), 145-151.
- Maryam, M., Kasim, A., y Santosa, I. (2016). Utilization Starch of Avocado Seed (*Persea Americana* Mill.) as a Raw Material for Dextrin. *Journal of Food and Science and Engineering*, 6, 32-37. 10.17265/2159-5828/2016.01.005.
- Nava, M. (2016). *Diseño de planta piloto para producción de Celulosa Bacteriana* (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).

- Ortíz, J. C. (2007). El rol de los consumidores y diseñadores en el diseño ecológico. *Investigación y desarrollo, Mool Design*.
- PRODINTEC. (2019). Guía Metodológica PREDICA. *PRODINTEC*. <http://www.prodintec.es/es/capacidades-y-experiencia/publicaciones/293-guia-metodologica-predica>.
- Ramírez, J. (2019). *Plan de Negocio Internacional para la elaboración y exportación de platos orgánicos a Países Bajos* (Master 's thesis, Universidad Casa Grande. Departamento de Posgrado).
- Tesfaye, T., Gibril, M., Sithole, B., Ramjugernath, D., Chavan, R., Chunilall, V. y Gounden, N. (2018). Valorisation of avocado seeds: extraction and characterisation of starch for textile applications. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 20, 2135-2154. <https://doi.org/10.1007/s10098-018-1597-0>.
- Wang, J., Li, Y., Jin, Z., y Cheng, Y. (2022). Physicochemical, morphological, and functional properties of starches isolated from avocado seeds, a potential source for resistant starch. *Biomolecules*, 12(8), <https://doi.org/10.3390/biom12081121>.
- Yara. (1 de julio de 2022). El aguacate ecuatoriano es un boom en el mercado extranjero. *Yara*. <https://www.yara.com.ec/noticias-y-eventos/noticias-ecuador/el-aguacate-ecuadoriano-es-un-boom-en-el-mercado-extranjero/>.



## Diagnóstico De La Aceptación De La Vivienda Vertical En La Zona Conurbada Colima-Villa De Álvarez

### *Diagnosis Of The Acceptance Of Vertical Housing In The Colima-Villa De Álvarez Metropolitan Area*



María Silvia del Rocío Covarrubias Ruesga

Tecnológico Nacional de México - México

maría.covarrubias@colima.tecnm.mx

ORCID: 0000-0001-9120-7098

Ignacio Barajas Ávalos

Tecnológico Nacional de México, México

ignacio.barajas@colima.tecnm.mx

ORCID: 0000-0003-4834-370X

Peter Chung Alonso

Tecnológico Nacional de México, México

peter.chung@colima.tecnm.mx

ORCID: 0000-0002-3724-1938

Recibido: 13/06/2024

Aceptado: 18/11/2024

### Resumen

Este es un artículo de investigación acerca de la problemática presente en la zona conurbada de Colima-Villa de Álvarez hasta la fecha. Esta es una ciudad horizontal, lo que provoca que la mancha urbana se esté extendiendo de forma acelerada y consuma áreas agrícolas y boscosas. Este hecho resulta preocupante, ya que las repercusiones en el medio ambiente natural y socioeconómico son muy negativas. Actualmente, se ha presentado un boom en la producción habitacional vertical; por ello, queda como pregunta si esa vivienda está acorde con las necesidades actuales y preferencias de la población de la ciudad. Se realizó una investigación para indagar en las características de la vivienda y su congruencia con las necesidades de los ocupantes actuales de estas, con la intención de generar parámetros que inciden en su producción acorde a preferencias y necesidades. Se busca poder participar en la búsqueda de compactidad y sostenibilidad de la ciudad, así como en la calidad de vida de los usuarios.

**Palabras clave:** vivienda vertical, compactidad, sostenibilidad, preferencias de la población.

---

### Abstract

*This research article addresses the current issues in the Colima-Villa de Álvarez metropolitan area. It is a predominantly horizontal city, leading to the rapid expansion of the urban footprint and the consumption of agricultural and forested areas. This fact is concerning due to the highly negative repercussions on the natural environment and socioeconomic conditions. Currently, there has been a boom in vertical housing production, raising the question of whether this type of housing aligns with the current needs and preferences of the city's population. The research was conducted to explore the characteristics of vertical housing and its alignment with the needs of its current occupants, aiming to establish parameters for its production that consider these preferences and requirements. The goal is to contribute to the pursuit of urban compactness and sustainability, as well as to improve the quality of life for residents.*

**Keywords:** vertical housing, compactness, sustainability, population preferences.

## Introducción

De acuerdo con el INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), hasta el 2020, el Estado de Colima contaba con 731,391 habitantes y 226,853 viviendas habitadas, en una superficie de 5,627 km<sup>2</sup>. Esto da como resultado una densidad poblacional de 130 habitantes/Km<sup>2</sup>; así, Colima ocupa el décimo lugar de densidad poblacional a nivel de todo México.

A su vez, la población de la zona conurbada Colima-Villa de Álvarez era de 306,810 personas. Así, se registra un parque habitacional de 99,432 viviendas, de las cuales sólo el 3.69% se componía por vivienda plurifamiliar, tanto horizontal como vertical. A la fecha actual, la población de la ciudad conurbada asciende a aproximadamente a 380,575 habitantes, en una superficie de alrededor de 842 km<sup>2</sup>. Por ello, la densidad en la zona conurbada era de aproximadamente 452 hab/km<sup>2</sup>. Si solo se habla de la ciudad de Colima como tal, esta cuenta con 167,453 habitantes y posee el 44% de la población de la zona metropolitana.

La importancia del concepto de densidad poblacional es tal, que forma parte de la agenda de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos). Como se mencionó, de acuerdo con el INEGI, la densidad del estado de Colima es de 130 habitantes por hectárea. Es importante señalar que una densidad baja es aquella que oscila entre 50 y 150 hab/ha (INEGI, 2020).

Las ciudades compactas tienen una mejor accesibilidad, un mayor aprovechamiento de la infraestructura y servicios urbanos, se disminuye el uso de los recursos naturales y se fomenta la igualdad social y la eficiencia del transporte público. De acuerdo a Vaggione (2014), la densificación tiene un impacto en la sostenibilidad del entorno, tanto urbano como rural.

En Colima y Villa de Álvarez, la construcción de vivienda vertical no tiene un crecimiento equilibrado con la extensión de la mancha urbana y la producción de vivienda horizontal. Estas se incrementan de forma exponencial. Se extiende y crece más la mancha urbana que la población. Sin embargo, en esta investigación, se encontró una ocupación de más del 75% en los edificios de vivienda vertical, en un universo de 89 casos.

Por eso, es necesario realizar un estudio que clarifique la situación de la vivienda vertical dentro de la zona conurbada Colima-Villa de Álvarez, para conocer las condiciones y calidad en que se está produciendo la vivienda vertical y la percepción de su confortabilidad, asequibilidad y preferencias por su ubicación, costo y la cobertura de los requerimientos. Se toman en cuenta las características arquitectónicas, urbanas, socioculturales y económicas de la población usuaria, con el fin de lograr una vivienda de calidad que aporte a la sostenibilidad del planeta y mejore la vida de los habitantes. Esto se debe a que es imposible diseñar soluciones sin tener como núcleo del proyecto a los usuarios. En este estudio, se aborda la zona conurbada Colima-Villa de Álvarez; para ello, se identifican las diferencias y homogeneidades que existen entre estas.

El INEGI, en la Encuesta Nacional de Vivienda (2020, p. 8), define la vivienda como un "espacio delimitado normalmente por paredes y techos de cualquier material, con entrada independiente, que se utiliza para vivir, esto es, dormir preparar alimentos, comer y protegerse del ambiente". Sin embargo, se debe tener la consciencia de que no sólo es un espacio de cobijo, sino que debe cumplir con unos requisitos mínimos para poder considerarse una vivienda digna. Una vivienda digna, según la declaración de los derechos humanos, debe ubicarse en espacios plenamente equipados, en barrios dotados de servicios urbanos, accesibles, con comunicación vecinal y donde es posible el desarrollo familiar y personal. Esto debe aplicarse tanto a la vivienda horizontal como vertical y, además, debe ser asequible, económicamente hablando, ya que es un derecho.

El programa sectorial de vivienda establece el límite inferior al que se pueden reducir las características de la vivienda, sin sacrificar su eficacia como satisfactor de las necesidades básicas, no suntuarias



y habitacionales de sus ocupantes. Se señalan, en el Programa Nacional de Vivienda 2021-2024 y en congruencia con ONU-HABITAT, siete requisitos que debe cubrir la vivienda adecuada: Seguridad de la tenencia; Disponibilidad de servicios, materiales, instalaciones e infraestructura; Asequibilidad; Habitabilidad; Accesibilidad; Ubicación y Adecuación cultural.

Además, la Organización de Naciones Unidas establece, como parámetro para evitar el hacinamiento, dos personas máximo por dormitorio. Empero, los indicadores de hacinamiento llegan a revelar un gran desatino en la vivienda digna cuando se establece 2.5 habitantes por cuarto, en habitaciones donde las medidas llegan a ser de 2.7 metros. Por esta razón, la vivienda digna deberá cumplir simultáneamente con los siguientes requisitos:

- a. Estar ocupada por una familia.
- b. No tener más de 2.5 habitantes por cuarto habitable.
- c. No estar deteriorada.
- d. Contar con agua entubada en el interior
- e. Contar con drenaje.
- f. Contar con energía eléctrica.

Por lo tanto, nos preguntamos si se pueden considerar las viviendas levantadas en esta investigación como adecuadas y aceptadas por la población. Se tratará de aportar elementos para realizar un panorama de las preferencias para una producción exitosa de este tipo de vivienda.

Según el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT, 2019) y la Confederación Patronal de la República Mexicana (COPARMEX, 2019), la vivienda vertical es aquel grupo de viviendas cuya composición de espacios se integra en sobre posiciones, para formar edificaciones de más de un nivel. Cuando esta representa dos viviendas, se denomina dúplex; cuando el edificio aloja tres viviendas, es tríplex; para cuatro viviendas, se trata de un cuádruplex; y, para más de cuatro viviendas, se conoce al edificio como multifamiliar. Estas últimas son las que se tomaron en cuenta para realizar este trabajo.

Por otro lado, también hay que saber que se sigue diseñando con base en el modelo tradicional de familia, lo que deja a un lado las variaciones de comportamiento de la población actual, en lo social y en el núcleo primario. Sarquis (2011) y Montaner (2011) han realizado estudios para entender la pérdida del modelo tradicional y la implicación en el diseño de la vivienda, al analizar las nuevas dinámicas familiares y relaciones menos permanentes (Gómez, 2014).

Según Gómez-Torres (2014), la vivienda vertical constituye proyectos alternativos e inclusivos que deben promover la calidad de vida. Para ello, es importante considerar los siguientes puntos:

1. El diseño que garantice diferentes usos de suelo.
2. Que promuevan la diversidad social.
3. Que la vivienda tenga que ser definida a partir de nuevas necesidades familiares.
4. Que permitan la flexibilidad de usos.

En México, existen apoyos en la adquisición de la vivienda a proyectos que fomenten el crecimiento urbano ordenado, y la reducción del rezago de esta. Con ello, se busca:

- Fomentar ciudades más compactas.
- Inhibir el crecimiento de las manchas urbanas hacia zonas inadecuadas.
- Mejorar las condiciones habitacionales y su entorno, en coordinación con los gobiernos locales.
- Impulsar acciones de ampliación y mejoramiento de la vivienda del parque habitacional existente.
- Desarrollar y promover vivienda digna que favorezca el bienestar de las familias
- Fomentar la nueva vivienda sustentable y procurar, en particular, la adecuada ubicación de los desarrollos habitacionales.

El planteamiento de la Política de Vivienda del actual gobierno está enfocado en contribuir en el control de la expansión urbana, la consolidación de las ciudades y la renovación del parque habitacional existente. Para ello, proporciona subsidios.

El monto del apoyo se clasifica en cuatro niveles. El mayor monto es para el nivel 1. Se clasifican en I, II, III y IV; esta clasificación se realiza mediante la evaluación de criterios de ubicación, equipamiento y servicios, densificación y competitividad. Para acceder al apoyo, se debe obtener, al menos, 400 puntos (de 600 posibles) en la Ficha de Puntaje de Ubicación y Sustentabilidad.

## Metodología

### Tipo de Investigación

La investigación se considera mixta. Es cuantitativa, ya que está basada en datos estadísticos; además, es cualitativa, ya que se aplicaron encuestas para identificar a la población usuaria. En su mayoría, se trata de una investigación de campo, donde el área de estudio es la zona conurbada de Colima-Villa de Álvarez. Además, se enfoca en las necesidades y preferencias de los ocupantes de los edificios de vivienda vertical. Se consultaron fuentes estadísticas y se acudió a las dependencias de los municipios de Colima y Villa de Álvarez. El primer paso fue la identificación de los edificios de vivienda vertical.

### Universo y Muestra

Hay 24 edificios de departamentos en Colima y 26 en Villa de Álvarez. De ellos, están habitados 21 y 16 edificios, respectivamente. La disparidad entre las cifras se debe a que, en la actualidad, hay varios en construcción y dos están deshabitados por daños estructurales. Cabe destacar que, del total de edificios, la mayoría son de tres niveles y sólo tres edificios tienen cuatro niveles.

En Villa de Álvarez, se encuestaron físicamente a un total de 16 conjuntos habitacionales, que tienen aproximadamente 388 viviendas y donde residen alrededor de 1050 habitantes. Mientras que, en Colima, son 21 complejos habitacionales que tienen 409 viviendas; en ellas, residen aproxi-

madamente 950 habitantes. Así, en la zona conurbada, hay un total de 2000 habitantes que habitan en edificios de vivienda vertical.

Para seleccionar la muestra, se utilizó la siguiente fórmula. En total, se obtuvo una muestra de 323 personas encuestadas. Se aplicaron 150 en Colima y 173 en Villa de Álvarez.

$$\text{Tamaño de Muestra} = Z^2 * (p) * (1-p) / c^2$$

Donde:

\*Z = Nivel de confianza (95% a 99%)

\*p = 0.5

\*c = Margen de error (.04 = + 4)

### Herramientas de Recolección de Datos

El instrumento para la recolección de datos consiste en tablas en Excel que capturan pregunta por pregunta de cada encuesta. Estas se grafican de acuerdo con el universo requerido. Para el desarrollo de la investigación, existen tres bases de datos: una para el Municipio de Colima, otra para Villa de Álvarez y otra que es general. Conforme se va llenando la información, la base va generando, automáticamente, los gráficos. Las encuestas aplicadas contienen las preguntas y respuestas que se exponen en las gráficas presentadas.

### Resultados

Con base en el número de familias (118 y 191, respectivamente), y la cantidad de población de Colima-Villa de Álvarez (380,575 habitantes), se tiene que, en promedio, hay 3.22 integrantes por familia.

**Figura 1**  
Viviendas habitadas en el Estado de Colima

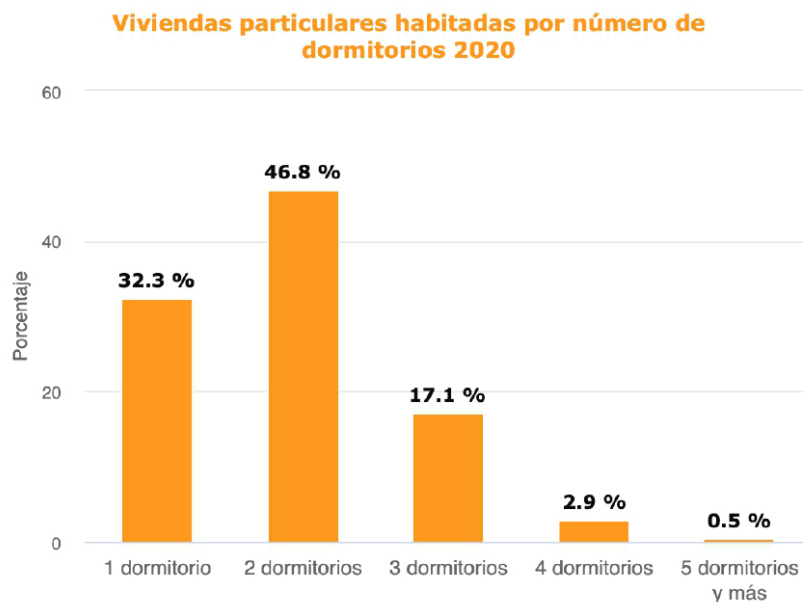


Gráfico 01. Viviendas habitadas en el Estado de Colima. Fuente INEGI

Nota. Elaborada con datos de INEGI (2020).

Se debe tomar en cuenta que casi la tercera parte de las viviendas tiene una sola recámara y, para evitar el hacinamiento, es recomendable no tener más de 2.5 ocupantes por cuarto habitable. Si se considera que el promedio de miembros por familia es de 3.22, y que esta cifra aumenta precisamente en estratos con menor poder adquisitivo, se puede hablar ya de una problemática en la habitabilidad.

Debemos tomar en cuenta que, al generarse alternativas verticales, su concepción arquitectónica rompe con la tradicional manera de convivir entre vecinos. En esta modalidad, los valores y las costumbres se transforman, desaparecen antiguas normas y surgen nuevos modelos para habitar. Esto se refleja en la implantación de los inmuebles y la disposición de estos (Pérez-Duarte, 2003).

**Tabla 1**  
Evolución del parque de vivienda en el estado de Colima

Entidad federativa	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Colima	90 057	110 481	132 201	149 189	180 378	205 243	226 853

Nota. Elaborada con datos de INEGI (2020).

En el municipio de Colima, la evolución de la vivienda ha sido paulatina en los últimos años. En el periodo de 1995 a 2020, se duplicó el parque de vivienda, que pasó de 28,262 a 50,352. Sin embargo, en el municipio de Villa de Álvarez, el crecimiento se ha triplicado, ya que pasó de un parque de vivienda de 15,427 a 49,080, en un periodo de 25 años. Además, la extensión del área de la zona urbana no se incrementó en proporción a la población, sino que fue mayor que esta última. Este modelo de ciudad expansiva es insostenible; por eso, es indispensable considerar la redensificación.

La Constitución Política Mexicana, dentro del artículo 4º, establece el derecho de toda familia a disfrutar de una vivienda digna y decorosa. Sin embargo, las leyes y reglamentos deben ser congruentes para facilitar el alcance de tal objetivo. Se debe establecer un coeficiente de utilización del suelo (CUS) que permita el crecimiento vertical y unas dimensiones mínimas de los espacios en donde pueda haber un desarrollo humano. El Reglamento de construcción considera este tipo de vivienda; sin embargo, el coeficiente de utilización del suelo (CUS) no permite considerar alturas en el edificio para más de cuatro niveles (ver Figura 2). Esto debería ponerse en la mesa de discusión, para su posible modificación a un coeficiente mayor a 2.0.

**Figura 2**  
*Tipología de género habitacional*

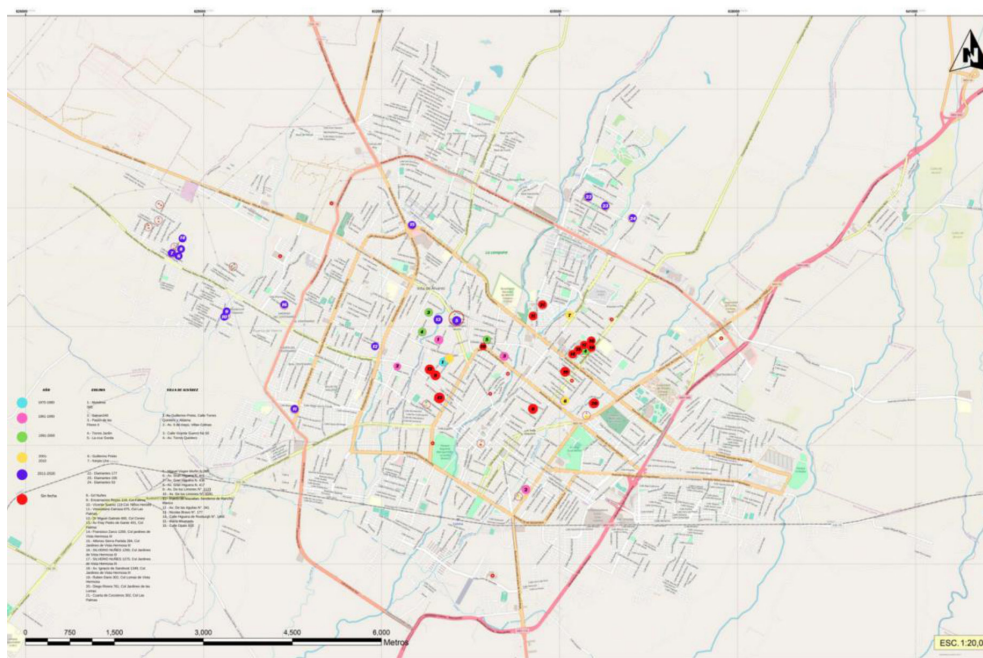
GENEROS	TIPOS	C.O.S.	C.U.S.
I) Habitación	a) Unifamiliar	.7	1.4
	b) Bifamiliar o dúplex	.7	1.4
	c) Multifamiliar	.5	2.0

*Nota.* Reglamento de construcción del municipio de Colima.

En la Figura 3, se muestra la localización de cada uno de los conjuntos de vivienda vertical antes mencionados en la zona conurbada. Se ha codificado de diferentes colores, según la década de construcción.

**Figura 3**

Localización de los edificios de departamentos en la zona conurbada Colima-Villa de Álvarez



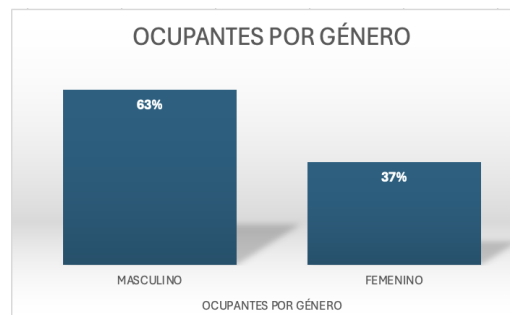
Plano 01. Localización de los edificios de departamentos, elaboración propia.

En la Figura 3, se puede identificar una tendencia de localización de los edificios de departamentos hacia el norte y el poniente, en donde existen preferencias de ubicación por parte de la mayoría de la población de la Zona Conurbada. Las zonas de menores ingresos económicos son las que no están consideradas para este tipo de vivienda. Esto se puede traducir en las características de la población a la que está destinada esta vivienda vertical. Esto se manifiesta en los resultados de las encuestas.

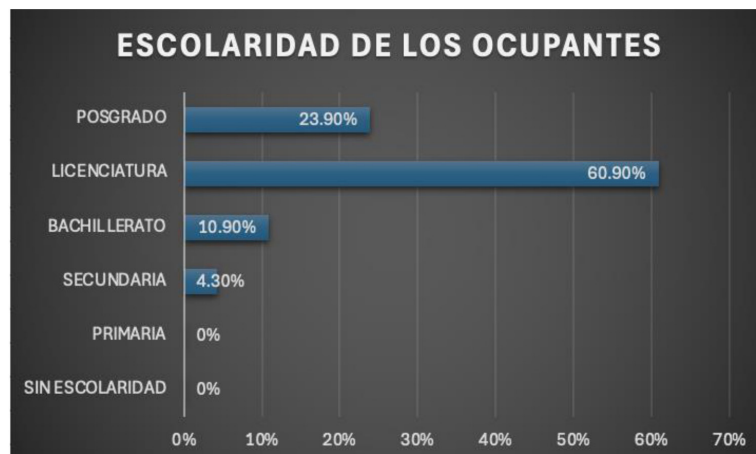
### a. Variables Demográficas.

En la Figura 4, se manifiesta una predominancia de ocupación por parte del género masculino; mientras que, en la Figura 5, se identifica que los ocupantes en su mayoría cuentan con un buen nivel educativo de licenciatura y posgrado.

**Figura 4**  
*Ocupantes por género*



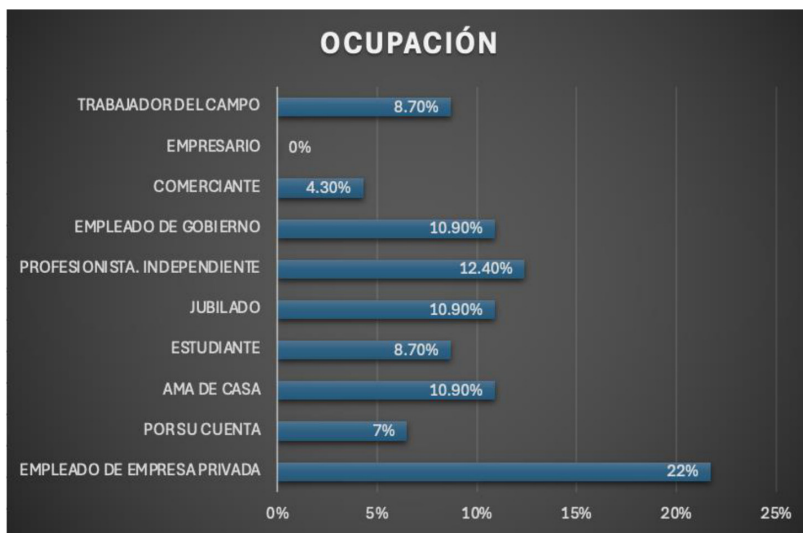
**Figura 5**  
*Escolaridad de los ocupantes*



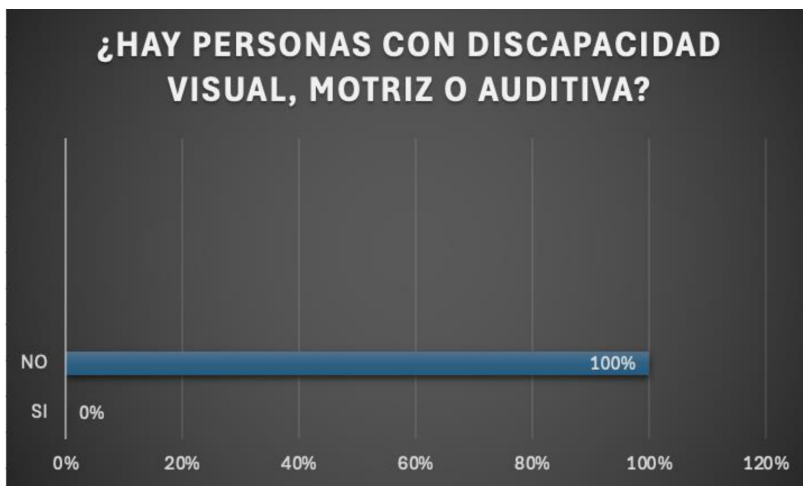
Como se puede ver en la Figura 6, la mayoría de los ocupantes son empleados de empresas privadas y profesionistas independientes. Por otro lado, se identificó que los edificios de departamentos no cuentan con accesibilidad; por ende, para las personas con alguna discapacidad, esta vivienda no es una opción (ver Figura 7).



**Figura 6**  
*Ocupación de las personas que habitan los edificios de departamentos*



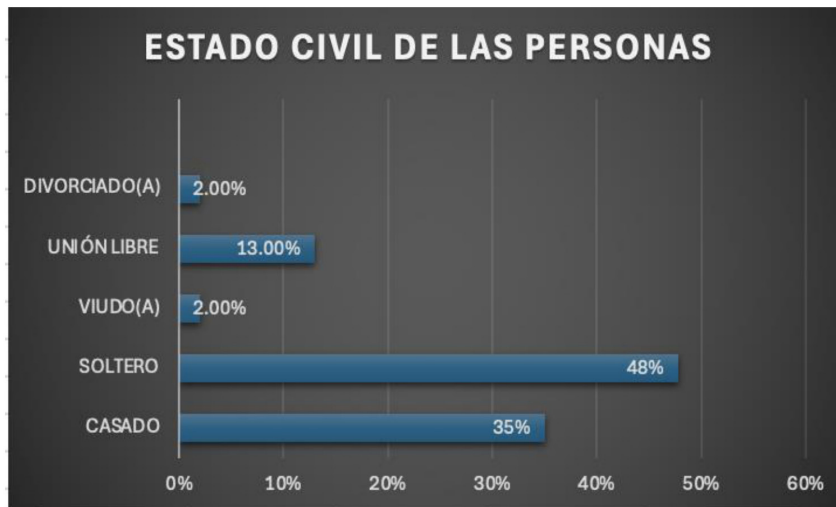
**Figura 7**  
*Discapacidad de las personas que habitan los departamentos*



Se encontró que el 47% de las personas que habitan los departamentos son personas solteras, mientras que el 34% son casadas. El 43% de los departamentos los habitan dos personas solamente (ver Figuras 8 y 9).

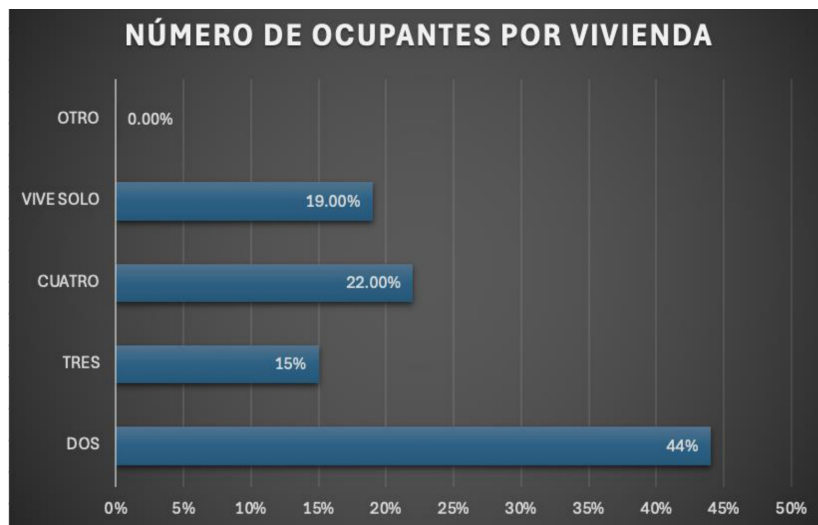
**Figura 8**

*Estado civil de las personas que habitan los departamentos*



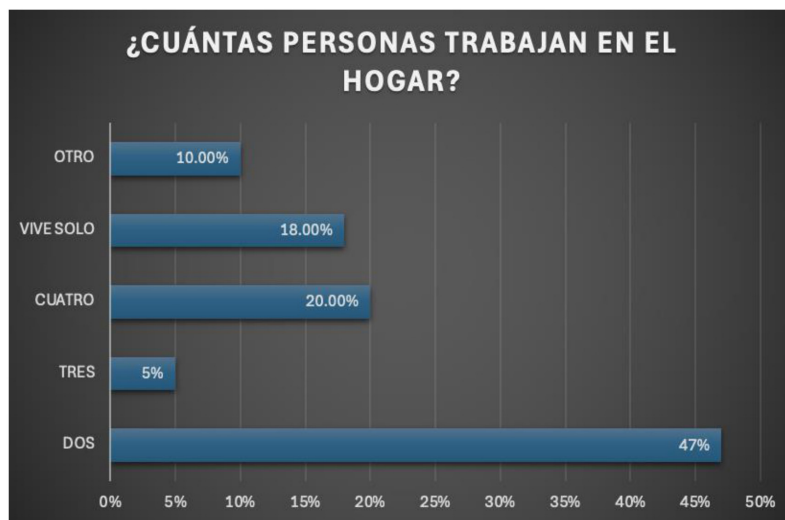
**Figura 9**

*Número de ocupantes por vivienda*

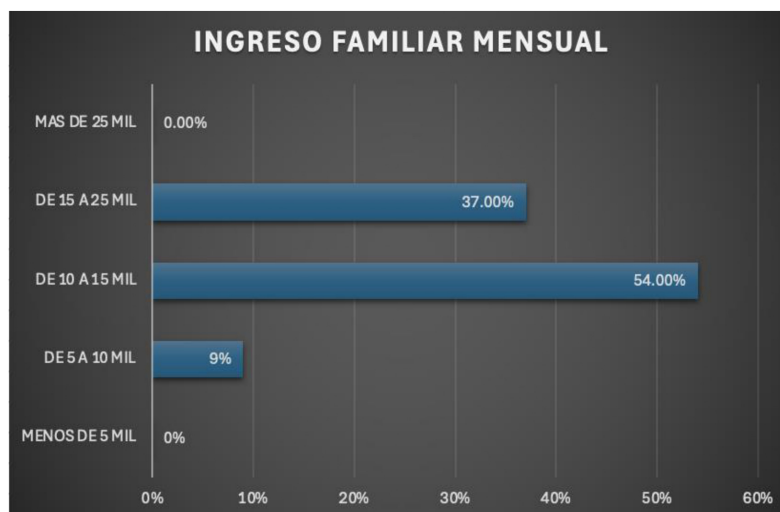


Se destaca que la mayoría de los ocupantes tiene un ingreso medio, que está de acuerdo a las características de los departamentos que se producen (ver Figuras 10 y 11).

**Figura 10**  
*Número de ocupantes que trabajan por vivienda*



**Figura 11**  
*Ingresos familiares mensuales*



*Nota.* La cantidad se expresa en pesos mexicanos.

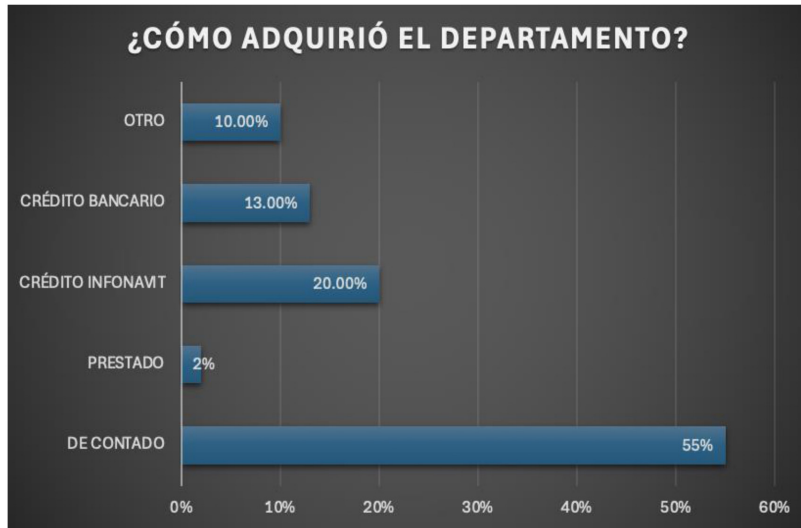
### Variables Intrínsecas

En la Figura 12, se observa que más de la mitad de los adquirentes pagaron la vivienda de contado y de acuerdo a las posibilidades de compra

(Figura 13). Es una característica importante la ubicación del departamento, ya que debe tener buena conectividad y estar cercano a servicios básicos.

**Figura 12**

*Modo de adquisición del departamento*

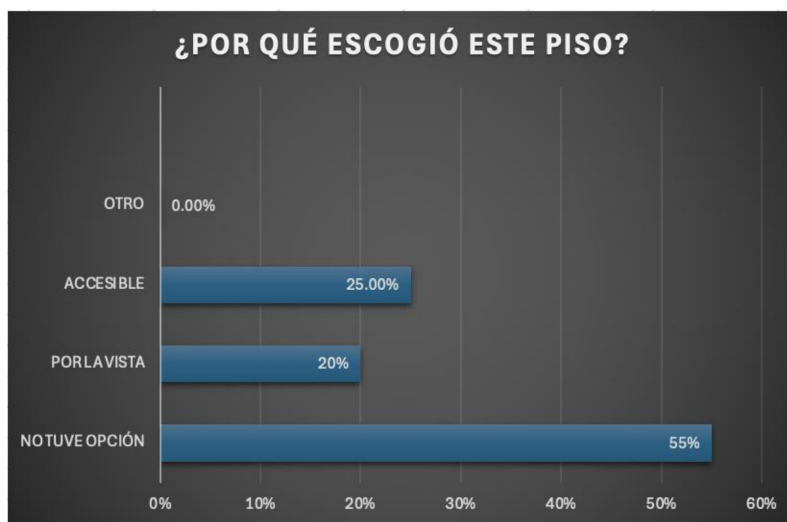


**Figura 13**

*Preferencia de adquisición del departamento*



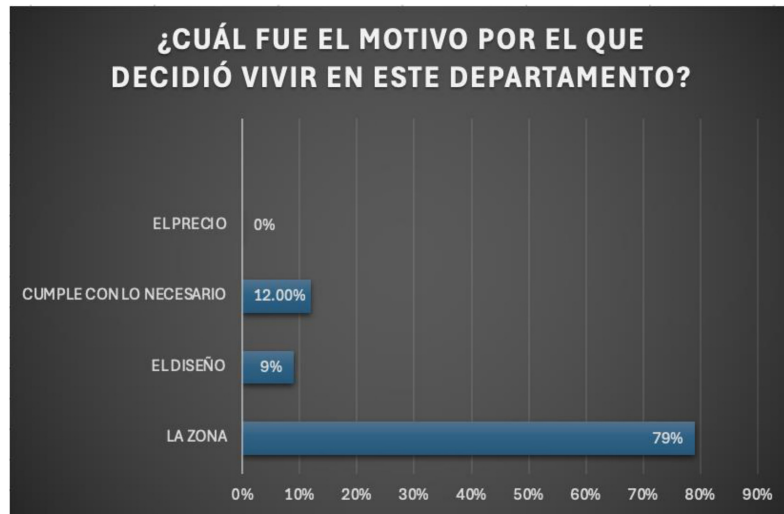
Se encontró que se adquirió el departamento porque era la única opción de nivel disponible. Algunos, preferentemente, habrían elegido la planta baja por motivos de accesibilidad (Figuras 14 y 15).

**Figura 14***Elección de nivel del departamento***Figura 15***Preferencia de nivel del departamento*

Para la mayoría de los adquirentes, es muy importante el entorno y la accesibilidad a los servicios o cercanía a los centros de trabajo. Resalta que más de la mitad de los usuarios son dueños del departamento (Figura 17).

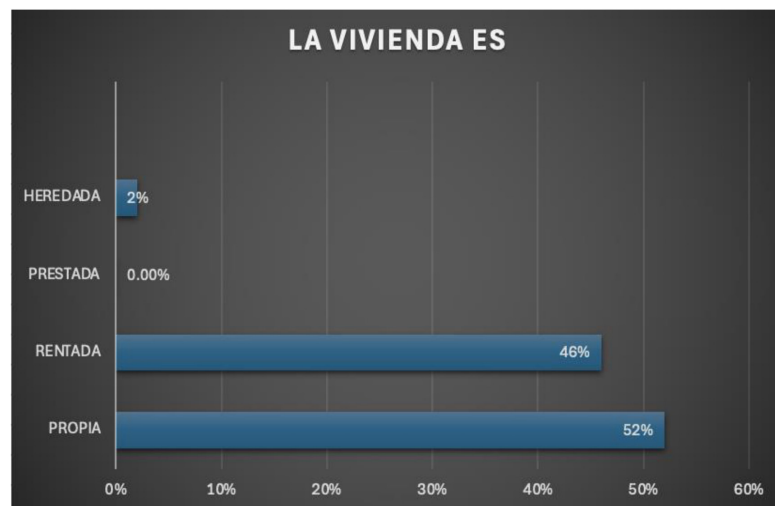
**Figura 16**

*Preferencia de elección del departamento*



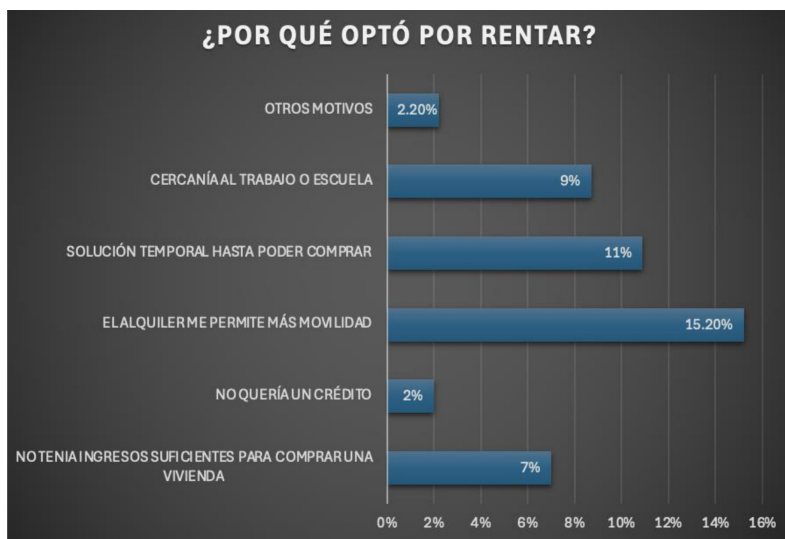
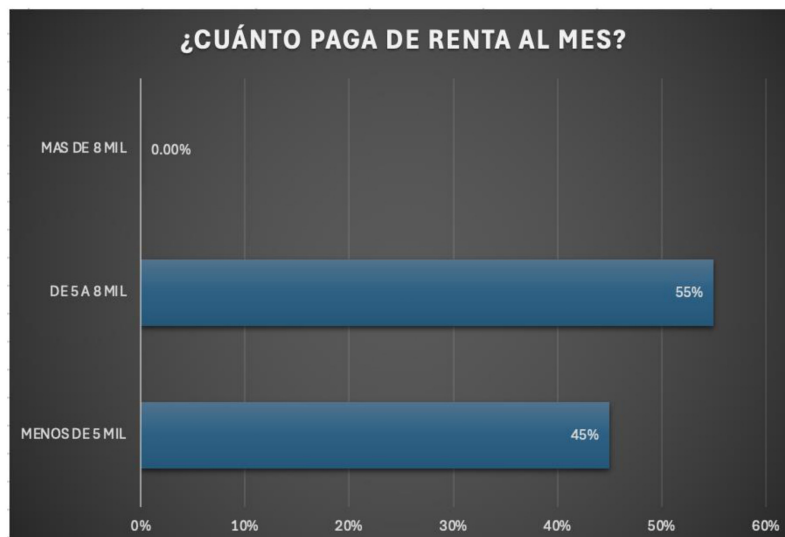
**Figura 17**

*Propiedad del departamento*



La razón expresada para la elección de rentar el departamento se debe a la necesidad de cambiar de domicilio constantemente por motivos laborales, seguido por la imposibilidad inmediata de comprarlo (Figura 18). El costo de la renta más

referida fue entre los cinco mil y ocho mil pesos mexicanos mensuales (Figura 19). Esto corresponde al poder adquisitivo de un ingreso medio. Como se comentó, el mercado en la conurbación Colima-Villa de Álvarez está orientado a este sector.

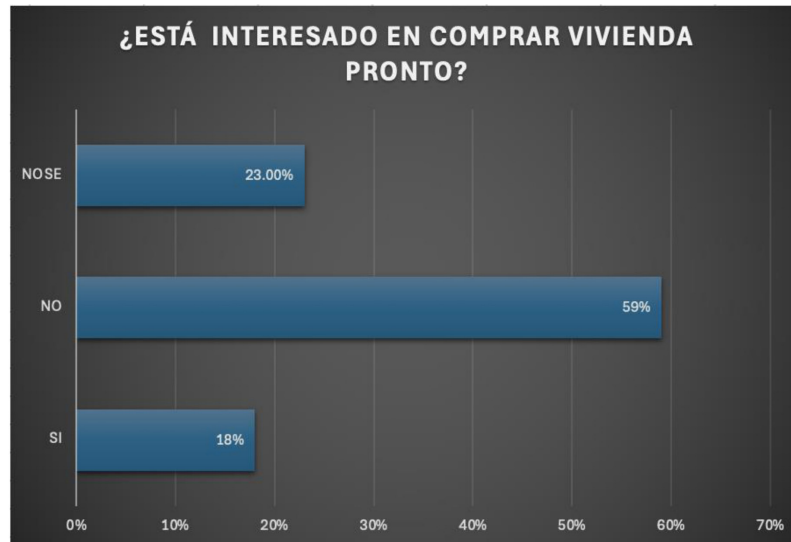
**Figura 18***Razón de rentar el departamento***Figura 19***Costo de renta del departamento*

En la Figura 20, se observa que más de la mitad de los usuarios que no son propietarios no piensan en comprar una vivienda en el corto plazo. Esto está de acuerdo con el hecho de que prefieren tener la opción de estar moviendo conforme cambien las necesidades.



**Figura 20**

*Interés de comprar un departamento*



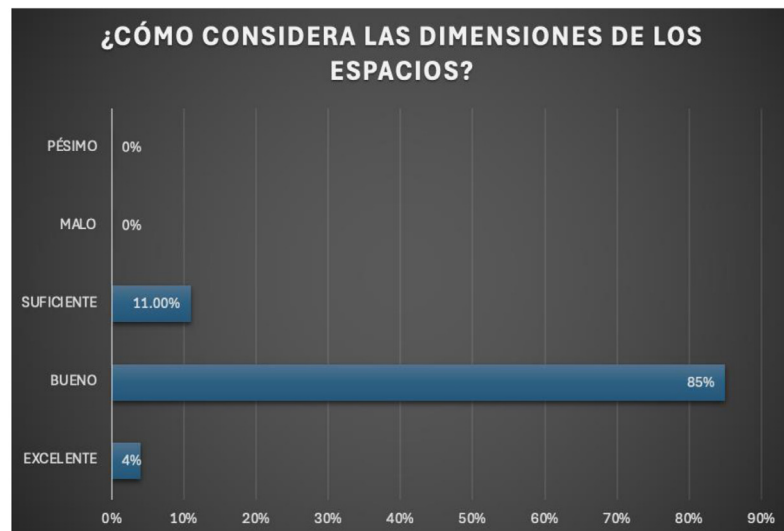
**b. Variables de Confort**

El 89.1% de los usuarios considera entre excelente y buenas las dimensiones de los espacios con que cuenta el departamento. Además, la

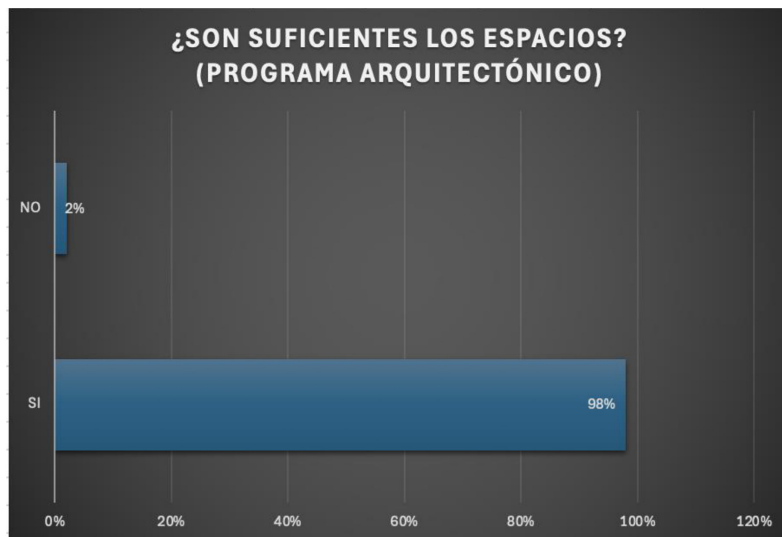
mayoría también considera que los espacios del programa arquitectónico son suficientes para cubrir sus necesidades (ver Figuras 21 y 22).

**Figura 21**

*Percepción de dimensiones del departamento*



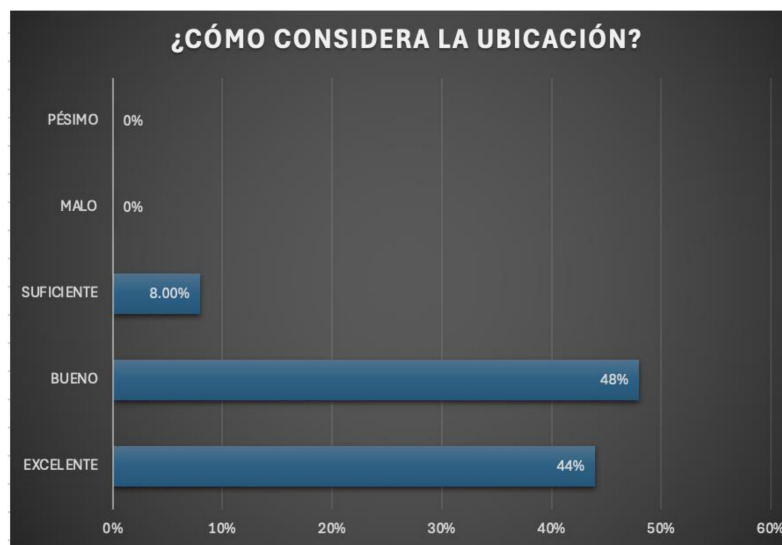
**Figura 22**  
*Percepción de espacios del departamento*



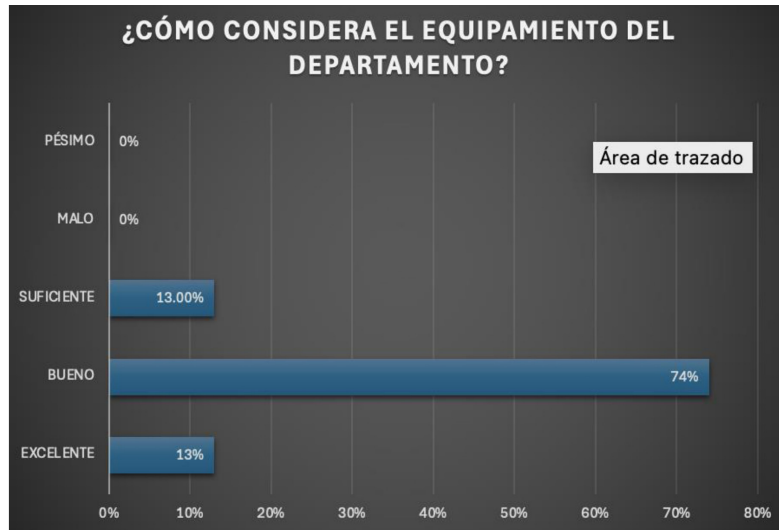
En las figuras 23 y 24, se observa que el 91.3% de los usuarios considera entre excelente y buena la ubicación. De hecho, la mayoría elige el departamento por esta condición. Además, el 14%

de los usuarios considera que el departamento está bien equipado, principalmente en lo que se refiere a cocina, baños y patio de servicio. Asimismo, ningún encuestado lo considera malo o pésimo.

**Figura 23**  
*Ubicación del departamento*



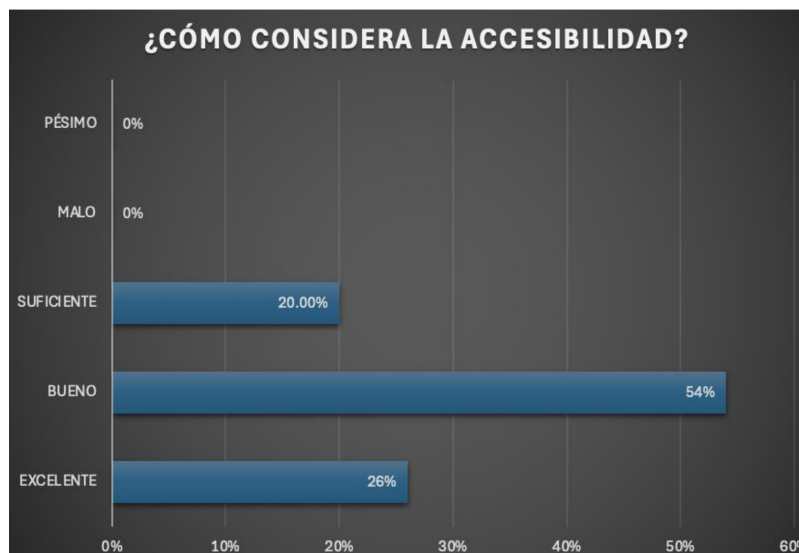
**Figura 24**  
*Equipamiento del departamento*

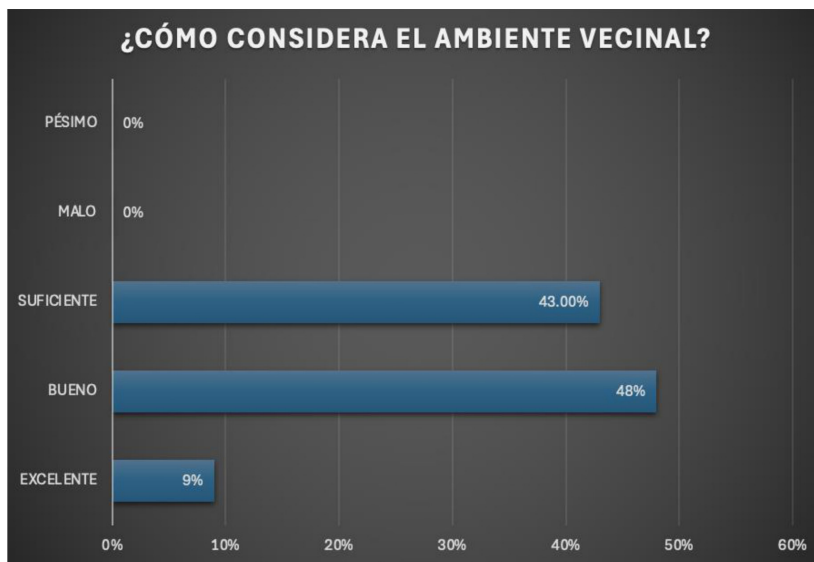


La mayoría de los usuarios considera entre excelente y buena la accesibilidad de los departamentos, aunque no están adaptados para personas con discapacidad. Se interpreta, entonces,

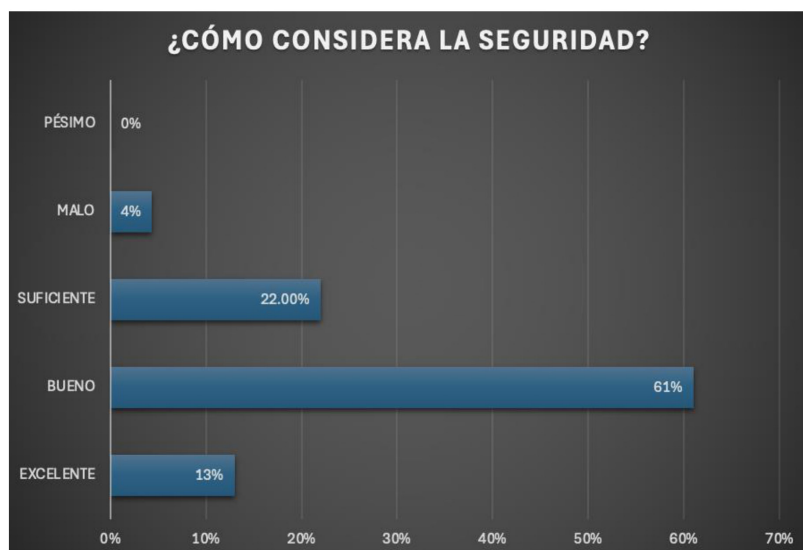
que en este estudio no se identificaron personas con dicha condición (Figura 25). Ningún encuestado considera malo su ambiente vecinal (Figura 26).

**Figura 25**  
*Accesibilidad al departamento y dentro de este*



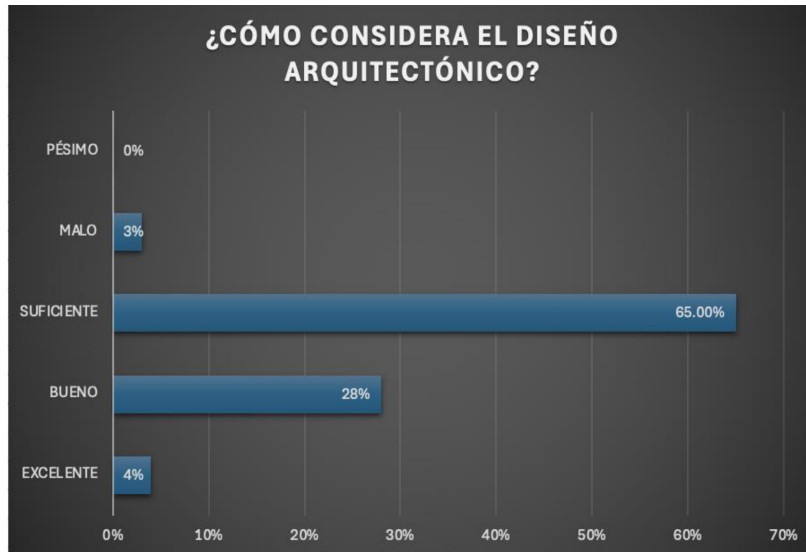
**Figura 26***Percepción del ambiente vecinal*

Una de las ventajas de vivir en un departamento es que generalmente existe una vigilancia más cercana entre los vecinos. El 65% de los habitantes considera que el diseño arquitectónico del departamento es suficiente (ver Figuras 27 y 28).

**Figura 27***Percepción de la seguridad vecinal*

**Figura 28**

*Percepción del diseño del departamento*

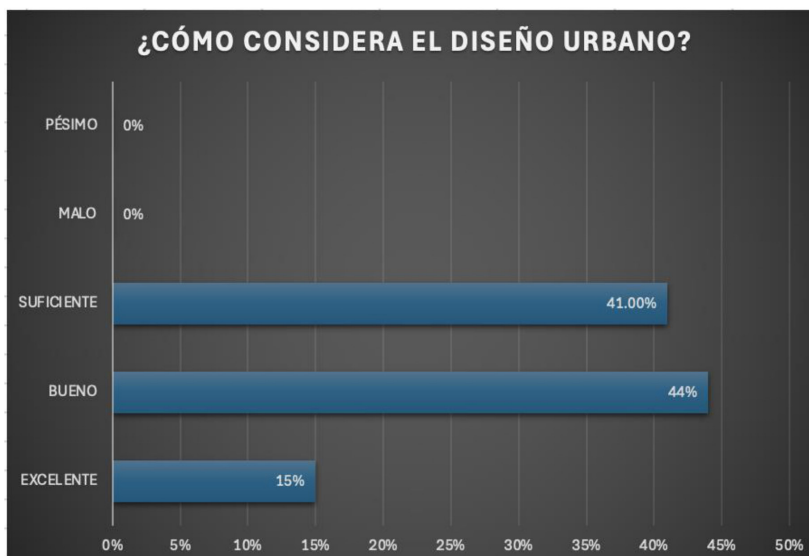


Con respecto al diseño urbano, las respuestas más referidas fueron "bueno" y "suficiente". Mientras que la elección del departamento por

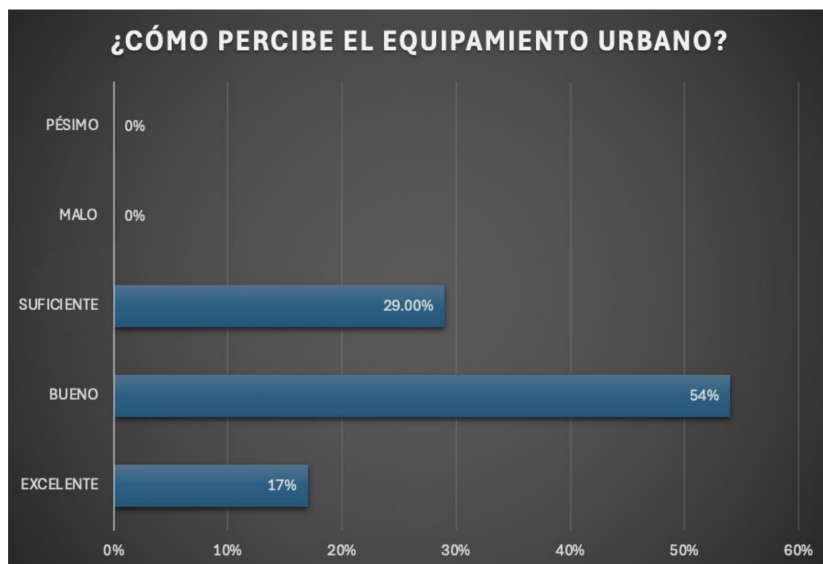
la zona en que se encuentra corresponde al equipamiento urbano. Este es uno de los elementos primordiales (ver figuras 29 y 30).

**Figura 29**

*Percepción del diseño urbano*

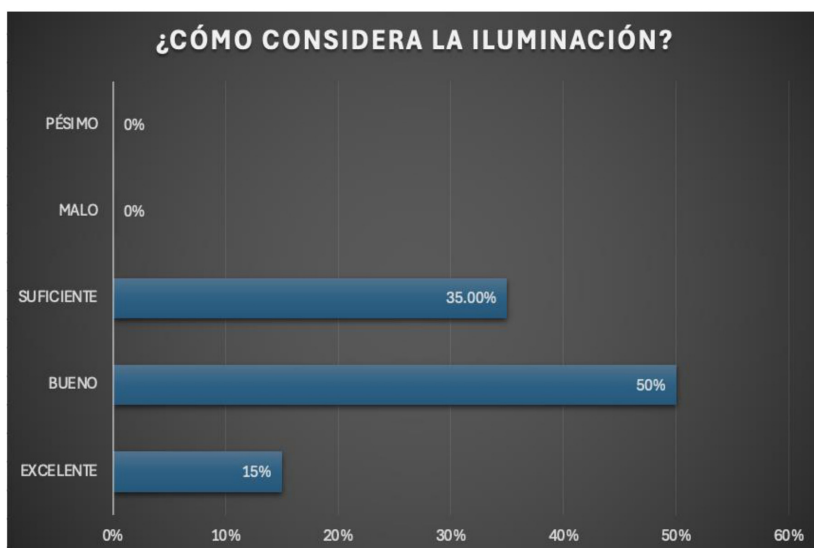


**Figura 30**  
*Percepción del equipamiento urbano*



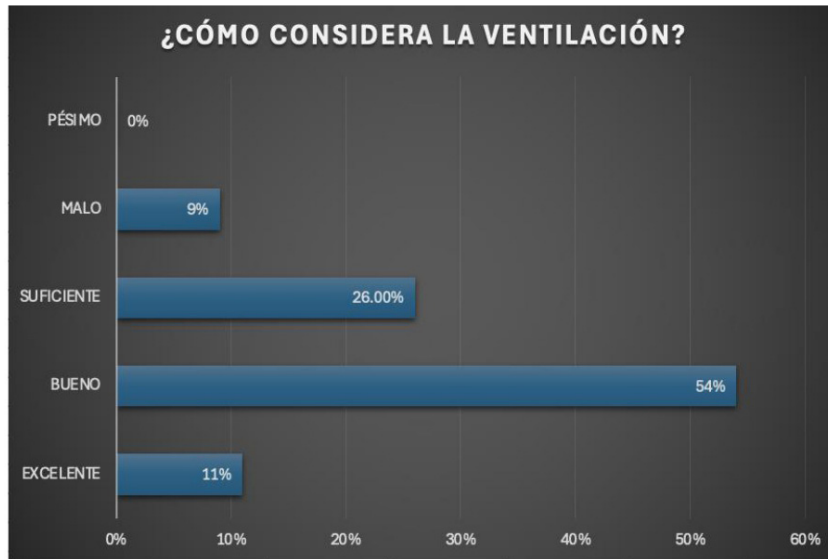
La iluminación y ventilación se consideran, en su mayoría, en una condición de buena. Sin embargo, se debe considerar una serie de mejoras para que estén en la categoría de excelente (Figuras 31 y 32).

**Figura 31**  
*Percepción de la iluminación del departamento*



**Figura 32**

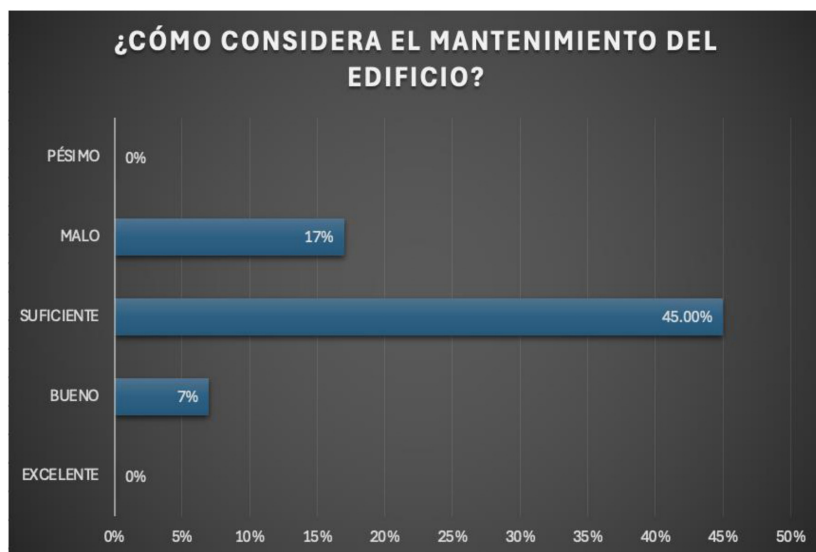
*Percepción de la ventilación del departamento*



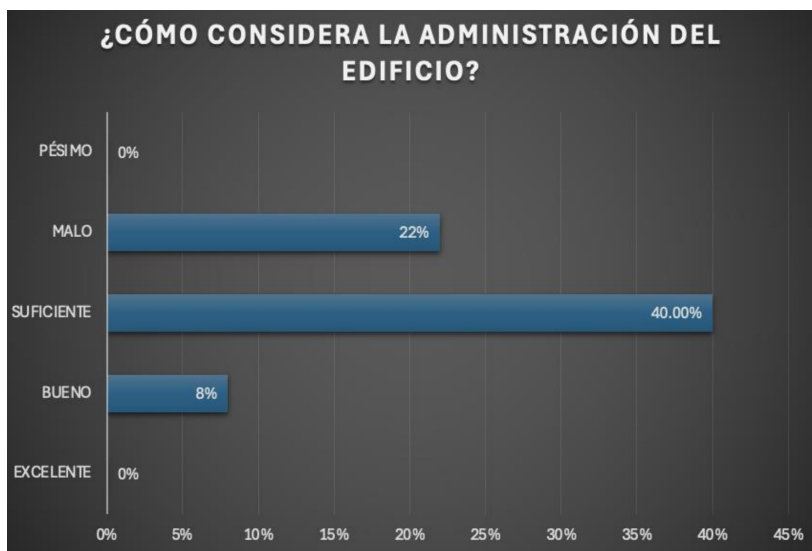
Se identificó que, en los edificios, existe la problemática de un deficiente mantenimiento. Esto está estrechamente relacionado con la administración de los mismos (Figuras 33 y 34).

**Figura 33**

*Percepción del mantenimiento del departamento*





**Figura 34***Percepción de la administración del condominio*

## Discusión y Conclusión

Se identificó que la mayoría de los usuarios prefieren planta baja. Esto se debe a elementos culturales, ya que el Estado de Colima se encuentra en una zona altamente sísmica. Además de eso, las personas buscan su departamento por la ubicación; esto significa que lo buscan por los servicios que están disponibles. Poco más del 45% de los usuarios está pagando una renta, ya que no tienen la capacidad de compra de una vivienda propia; de este porcentaje, el 59% no tiene planeado comprar una vivienda en un corto plazo.

En las siguientes preguntas, se pedía a los encuestados que calificaran diferentes aspectos de la vivienda de acuerdo a cinco niveles: excelente, bueno, suficiente, malo y pésimo. El 84% considera como buenas las dimensiones que tienen los espacios, y el 97.8% señala que contiene los espacios necesarios. El 91.3% identifica que su vivienda está en una excelente o buena ubicación. El 73.9% considera bueno el equipamiento dentro del departamento. El 54.3% de los usuarios ve como buena la accesibilidad; sin embargo, hay que considerar que los usuarios encuestados no tienen alguna discapacidad, pero se observó que los edificios no están adecuados para este tipo de casos.

El 100% considera entre excelente y suficiente el ambiente vecinal. Solo el 4.3% percibe como mala la seguridad del entorno. Esto quiere decir que la mayoría de los usuarios de la vivienda vertical la eligió porque satisface sus necesidades del momento y se adapta a su presupuesto. Sin embargo, existe un segmento de la población en un rango de menores y mayores ingresos que no está cubierto bajo el esquema de vivienda vertical que se maneja en la zona conurbada Colima-Villa de Álvarez. Según la Figura 3, donde se ve la distribución de los departamentos en la conurbación, en la parte oriente y sur no se ven desarrollos de vivienda vertical, lo que coincide con el hecho de que son las áreas de mayores carencias económicas. Además, como se dijo, no se atiende el problema de la accesibilidad, por lo que tampoco es una alternativa para el grupo poblacional que presenta alguna discapacidad.

Se recomienda tener en cuenta que la vivienda vertical es una opción para la población de Colima, ya que esta ciudad presenta una tendencia horizontal. Se extiende y convierte a las zonas de cultivo en áreas urbanas. Esta misma horizontalidad hace que se tenga la capacidad para albergar este tipo de edificios, lo que tiende a densificar la ciudad. Sin embargo, en su planeación y construcción, se deben tener algunas consideraciones; se incrementará la población, por lo que deben planearse espacios abiertos que compensen la densidad, tanto de población como de construcción que se provoca por los edificios. Asimismo, debe garantizarse la cercanía a equipamientos. La nueva vivienda que se plantee debe adoptar principios de sostenibilidad en sus dimensiones y materiales; esto, en vías de lograr el confort en un clima cálido-húmedo como el de la zona. Deben utilizarse energías renovables. También, deben adecuarse los espacios a las necesidades de uso de la población con discapacidad.

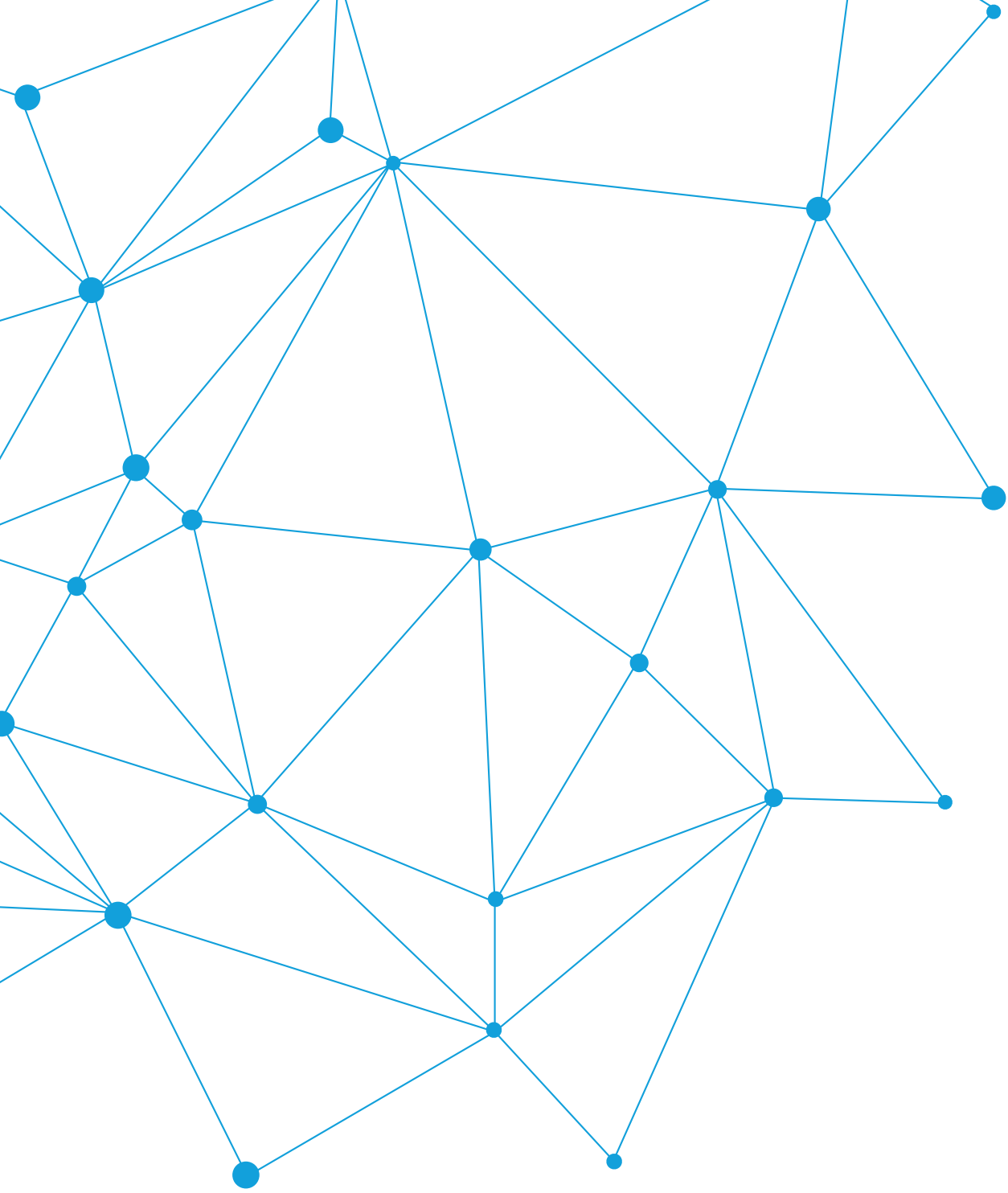
**Declaración de conflicto de intereses:** Los autores declaran no tener conflictos de interés.

**Declaración de contribución de los autores:** A continuación, se menciona la contribución de cada autor, en correspondencia con su participación, utilizando la Taxonomía Crédit:

- María Silvia del Rocío Covarrubias Ruesga: Administración del proyecto, Conceptualización, Investigación, Redacción-borrador original, Software, Validación,
- Ignacio Barajas Ávalos: Análisis formal, Metodología, Supervisión, Visualización.
- Peter Chung Alonso: Adquisición de fondos, Curaduría de datos, Recursos, Redacción-revisión y edición.

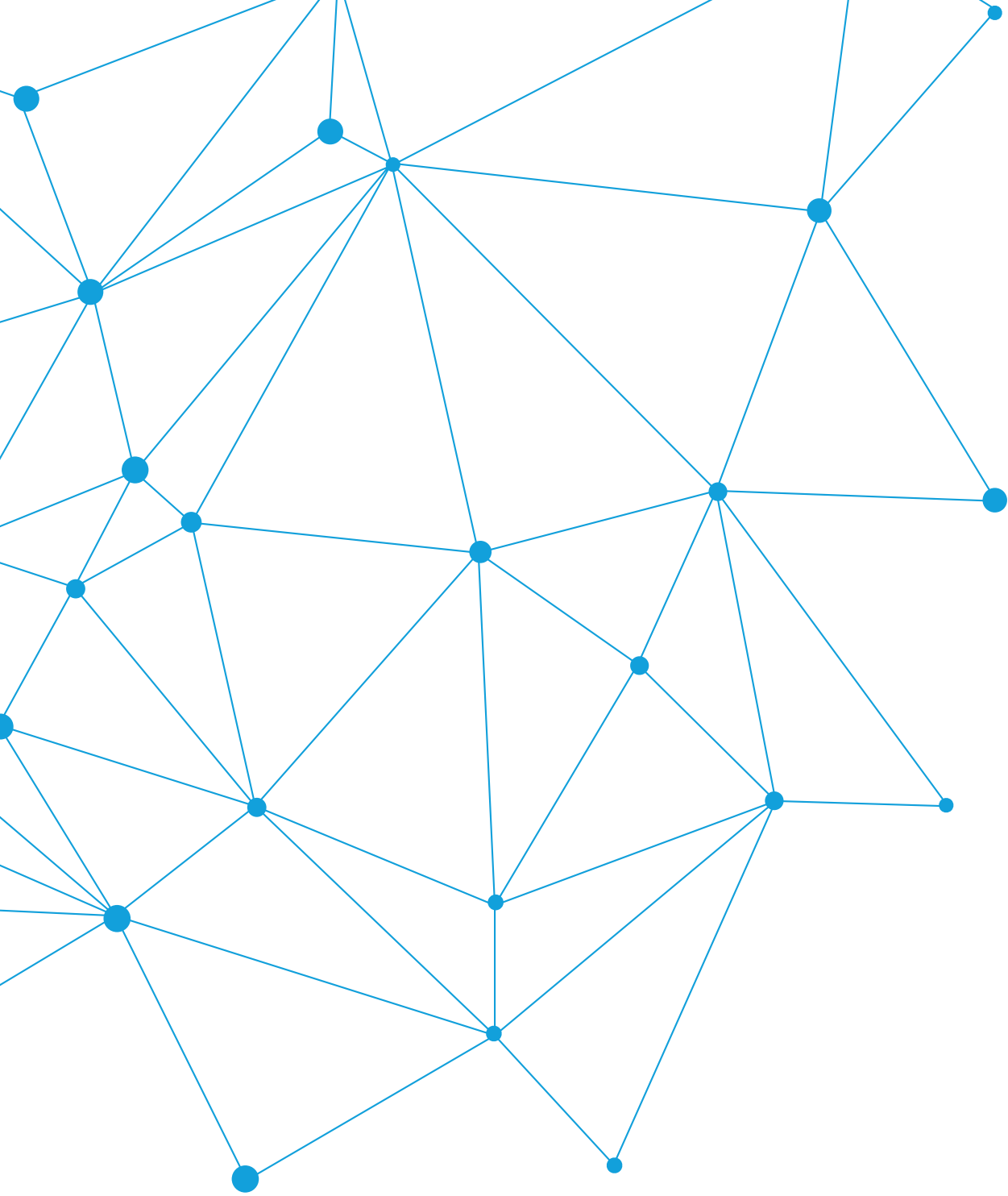
## Referencias

- Confederación Patronal de la República Mexicana COPARMEX. acceso a vivienda digna y decorosa para los trabajadores formales señal coparmex (2019). Consultado en <https://www.coparmex.org.mx/> en septiembre 2024.
- Gómez-Torres, K. (2014). Re-densificación con base a la vivienda vertical: una apuesta por la calidad de vida. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, (16), 81-93.
- Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores INFONAVIT (2019). Consultado en <https://www.infonavit.org.mx> en septiembre de 2024.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Encuesta Nacional de Vivienda 2020. <https://www.inegi.org.mx>
- Montaner, J. (2011). *La Modernidad Superada*. Editorial Gustavo Gili.
- Programa Nacional de Vivienda 2021-2024. No. Expediente: 102/0009/050321. Título del anteproyecto: Programa Nacional de Vivienda 2021-2024. Dependencia: SEDATU - Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. Fecha de apertura: 05/03/2021. Fecha de publicación en el portal: 05/03/2021. Fecha de publicación en el D.O.F.: 04/06/2021.
- Pérez-Duarte, A. (2003). Nacimiento del modelo de apartamento en la Ciudad de México 1925-1954: Lectura del archivo de un arquitecto. *Scripta Nova*, Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, 7(146), s.p.
- Sarquis, J. (2011). *Arquitectura y modos de Habitar*. Nobuko.
- Vaggione, P. (2014). Planeamiento Urbano para Autoridades Locales. *Programa de Las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Hábitat)*. <https://www.local2030.org/library/67/3/Planeamiento-Urbano-para-Autoridades-Locales.pdf>





# ARTÍCULOS DE REVISIÓN



## El Impacto De Las Tecnologías Avanzadas En El Diseño Gráfico, Desde La Inteligencia Artificial Hasta La Realidad Aumentada: Revisión Sistemática De Literatura

*The Impact Of Advanced Technologies On Graphic Design, From  
Artificial Intelligence To Augmented Reality: A Systematic Literature  
Review*



Nicolás Antonio Cevallos Córdova  
Universidad de Artes y Ciencias de América Latina (UCAL) - Perú

u2024224838@crear.ucal.edu.pe  
ORCID: 0000-0003-2205-5769

Izamar Susan Luna Aro  
Universidad de Artes y Ciencias de América Latina (UCAL) - Perú

u2014100028@crear.ucal.edu.pe  
ORCID: 0009-0007-2258-267X

Recibido: 16/05/2024  
Aceptado: 20/11/2024

### Resumen

Este estudio examina cómo la inteligencia artificial (IA), la realidad aumentada (RA) y otras herramientas han reconfigurado el campo del diseño gráfico en casos específicos medidos en términos de creatividad y eficiencia. Mediante una revisión de literatura, se sintetizan hallazgos sobre el impacto de estas tecnologías en la práctica profesional y académica de los últimos cinco años. Los resultados destacan el uso de estas herramientas para mejorar la creatividad y eficiencia en los procesos de diseño, así como la necesidad de adaptar la educación en diseño gráfico para integrarlas y así redefinir la práctica profesional. Se destaca la importancia de actualizar continuamente habilidades y métodos para enfrentar los retos de un mercado laboral tecnológicamente avanzado y en constante cambio.

**Palabras clave:** automatización, IA generativa, innovación digital, algoritmos, diseño gráfico.

---

### Abstract

*This study examines how artificial intelligence (AI), augmented reality (AR), and other tools have reconfigured the field of graphic design in specific cases measured in terms of creativity and efficiency. Through a literature review, findings are synthesized regarding the impact of these technologies on professional and academic practice over the past five years. The results highlight the use of these tools to enhance creativity and efficiency in design processes, as well as the need to adapt graphic design education to integrate them and thereby redefine professional practice. The importance of continuously updating skills and methods to meet the challenges of a technologically advanced and constantly changing job market is emphasized.*

**Keywords:** automation, generative AI, digital innovation, algorithms, graphic design.



## Introducción

Las tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial (IA) y la realidad aumentada (RA), han transformado radicalmente el panorama del diseño gráfico en los últimos años (Xu, 2024). Estas herramientas emergentes ofrecen nuevas posibilidades y desafíos para los diseñadores, lo que abre un espectro de innovación en términos de creatividad, eficiencia y aplicabilidad. En este contexto, las variables clave de estudio incluyen la capacidad creativa de los diseñadores, la optimización de los procesos de diseño y la adaptabilidad de las soluciones gráficas a diversas plataformas y contextos (Chen & Zang, 2024).

La relevancia de este tema reside en su impacto en la práctica del diseño gráfico y su influencia en la sociedad contemporánea; se trata de un entorno donde el diseñador convive de manera cada vez más recurrente con productos digitales y físicos que utilizan modelos extensos de lenguaje (LLMs) (Yuwono, 2023). Tanto la integración de la IA como de la RA en el diseño gráfico han redefinido cómo los profesionales abordan los desafíos creativos y técnicos y cómo el público interactúa con los mensajes visuales. La investigación en diseño no se limita al medio comercial, puesto que las disciplinas relacionadas están girando en torno a una creciente demanda académica y de niveles universitarios. De tal modo, se expondrán estudios recientes que han explorado cómo estas tecnologías están remodelando la publicidad a través de nuevos formatos (Li & Feng, 2024); asimismo, se optimiza la enseñanza del diseño gráfico en instituciones educativas y se mejora la comprensión de los conceptos visuales a través del design thinking (Fang & Fang, 2024).

En la literatura actual, se destaca la importancia de comprender la dinámica entre las tecnologías avanzadas y el diseño gráfico en términos de su evolución y aplicación práctica. Investigaciones previas han puesto de relieve el potencial de la IA generativa y la Realidad Aumentada como herramientas tridimensionales en la comunicación visual multiplataforma (Gu et al., 2023). Esta intersección entre la tecnología y el diseño ofrece nuevas perspectivas para potenciar mensajes visuales en el campo gráfico a nivel estético y semiótico, lo que suscita un interés creciente tanto en la comunidad científica como en la industria del diseño (Rose, 2022).

En resumen, esta revisión sistemática se propone analizar y sintetizar la investigación reciente sobre el impacto de las tecnologías avanzadas en el diseño gráfico como profesión y en el mundo académico. Al examinar su influencia, se busca comprender su papel en la evolución de esta disciplina y su relevancia para el profesional creativo.

A pesar del creciente interés por adoptar rápidamente estas tecnologías, la literatura actual presenta lagunas significativas en la comprensión de cómo estas influyen específicamente en las variables de la creatividad, la eficiencia y la adaptabilidad en el campo del diseño. Por ejemplo, si bien existen investigaciones sobre nuevas herramientas tecnológicas en el diseño gráfico, la mayoría de estos estudios se centran en aspectos técnicos desde la ingeniería, o en aplicaciones generales, sin abordar a profundidad sus efectos en la práctica creativa y la productividad del diseñador. Esto incluso supone una limitación de accesibilidad a la información más reciente, dado que es necesario comprender conceptos complejos ajenos a la formación del diseñador (Vartiainen et al., 2023).

Además, se revela una escasez de síntesis sistemáticas recientes que aborden, de manera integral, el tema desde una perspectiva actualizada y con aplicaciones reales. Si bien existen revisiones anteriores, como la de Matthews *et al.* (2023), que tratan la desmaterialización del diseñador en la era de la automatización, estas no cubren el espectro completo de las tecnologías avanzadas ni su impacto en términos aplicables a la experiencia del diseñador. Estas lagunas en la literatura limitan la comprensión actual del tema, al no proporcionar una visión holística. Asimismo, dificultan la identificación de tendencias, mejores prácticas y áreas de investigación prioritarias en esta industria en evolución (Macdonald, 2023). Por tanto, este estudio

se justifica como un esfuerzo para abordar estas carencias y contribuir al cuerpo de conocimiento existente. Al integrar y analizar críticamente los hallazgos de investigaciones recientes sobre el impacto de estas herramientas en el diseño gráfico, este artículo pretende ofrecer una visión actualizada y comprensiva que informe sobre las tendencias y desafíos en este campo.

El objetivo principal de esta investigación es analizar y sintetizar la literatura científica reciente para comprender cómo las tecnologías avanzadas, particularmente la inteligencia artificial (IA) y la realidad aumentada (RA), están transformando los métodos y resultados en el diseño gráfico. Se buscará proporcionar una visión integral y actualizada del impacto, lo que incluye su influencia en la práctica profesional y en el desarrollo de habilidades de diseño en entornos académicos. Para ello, se seleccionarán investigaciones publicadas en revistas indexadas en inglés y de acceso abierto en la base de datos Scopus.

Para cumplir dicho objetivo, se abordarán las siguientes preguntas de investigación, centradas en el impacto de las tecnologías avanzadas en el diseño gráfico: ¿Cómo están influyendo las tecnologías avanzadas en las estrategias visuales y creativas dentro del diseño gráfico? ¿De qué manera la integración de la IA y la RA ha transformado los procesos de diseño gráfico en términos de eficiencia y creatividad? ¿Cómo se están adaptando los programas educativos en diseño gráfico para integrar el uso de tecnologías avanzadas y preparar a los estudiantes para un mercado laboral en evolución? ¿Qué desafíos y oportunidades presentan la IA y la RA para los diseñadores en la creación de piezas visuales adaptadas a diferentes plataformas digitales? Estas preguntas orientarán la revisión sistemática, lo que permite una evaluación profunda de la literatura existente sobre el impacto de las tecnologías avanzadas en el diseño gráfico contemporáneo.

## Metodología

Para la presente revisión, se han establecido criterios de inclusión y exclusión para seleccionar los estudios adecuados. Se incluirán artículos científicos en inglés publicados en los últimos cinco años, que aborden específicamente el impacto de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial y la realidad aumentada en el diseño gráfico; además, deben evaluar aspectos relacionados con creatividad, eficiencia y adaptabilidad, y deben contar con metodologías claras y reproducibles. Además, se consideran artículos de acceso abierto disponibles en la base de datos de Scopus para asegurar la transparencia y accesibilidad de la información. Estos estudios deben presentar metodologías claras y detalladas, que permitan la tabulación de los resultados y garanticen un análisis basado en evidencias sólidas. Se excluirán los artículos que no cumplan

con la temporalidad y acceso, así como aquellos que no incluyan tecnologías avanzadas, aunque pertenezcan al ámbito del diseño gráfico. Los criterios de exclusión permitieron limitar la revisión de estudios que no proporcionen insights claros que puedan desviar el enfoque de la investigación.

Estos criterios se justifican en función de los objetivos de la revisión, que se centran en comprender cómo las tecnologías avanzadas han influido en la evolución del diseño gráfico en términos de creatividad, eficiencia y adaptabilidad en los últimos cuatro años. De esta manera, la revisión de artículos recientes garantiza la relevancia para abordar las tendencias más actuales en la intersección entre tecnología y diseño. Asimismo, al enfocarse en estudios que proporcionen evidencia suficiente sobre el impacto de la inteligencia artificial y la realidad aumentada en el diseño gráfico, se asegura un análisis fundamentado en datos sólidos.

**Tabla 1**  
*Elegibilidad*

Criterios de inclusión	Criterios de inclusión
1. Artículos científicos en inglés publicados en los últimos cinco años (desde 2019 hasta la fecha actual).	1. Artículos no relacionados directamente con el tema del impacto de tecnologías avanzadas en el diseño gráfico.
2. Artículos que aborden específicamente el impacto de tecnologías avanzadas como inteligencia artificial y realidad aumentada en el diseño gráfico.	2. Estudios que no proporcionen datos o evidencia suficiente sobre el impacto de la inteligencia artificial y la realidad aumentada en el diseño gráfico.
3. Estudios que evalúen la influencia de estas tecnologías en términos de creatividad, eficiencia y aplicabilidad en el diseño gráfico.	3. Publicaciones que no estén en inglés.
4. Artículos que presenten metodologías claras y reproducibles para la evaluación del impacto de las tecnologías avanzadas en el diseño gráfico.	4. Artículos publicados hace más de cinco años.
5. Artículos de acceso abierto disponibles en la base de datos de Scopus.	5. Artículos que no sean de acceso abierto o que no estén disponibles en la base de datos de Scopus.

*Nota.* Esta tabla muestra los criterios utilizados para filtrar los artículos incluidos en la presente revisión bibliográfica.

La principal fuente de información utilizada ha sido la base de datos Scopus. Esta es una plataforma bibliográfica ampliamente reconocida y empleada en el ámbito científico, que abarca una amplia gama de disciplinas, lo que incluye el diseño gráfico, ciencias de la computación y las comunicaciones. Esta base de datos proporciona acceso a una gran cantidad de artículos científicos en inglés de revistas indexadas, lo que permite una búsqueda completa y sistemática de estudios que respondan a la pregunta de investigación planteada. Además, Scopus garantiza la calidad y fiabilidad de los artículos indexados, lo que contribuye a la robustez y validez de la revisión.

La selección de esta base de datos se justifica por su cobertura y reputación en el área temática específica de este estudio. Al utilizarla, se asegura la inclusión de artículos fidedignos con muestras representativas, bajo los filtros de temática y años de acción. Esto es fundamental para abordar la evolución del diseño gráfico bajo la influencia de tecnologías avanzadas en el período de tiempo establecido (Xie, 2023). Asimismo, Scopus ofrece herramientas de búsqueda avanzadas y la posibilidad de acceder a artículos de acceso abierto, lo cual es coherente con los criterios de inclusión previamente establecidos. La utilización exclusiva de este repositorio garantiza un enfoque temático acorde con la recopilación de evidencia científica para abordar los objetivos de la investigación.

Para obtener artículos pertinentes de la base de datos Scopus, se incluyeron términos clave en inglés como *artificial intelligence (AI)*, *augmented reality (AR)*, *graphic design*, *creativity*, *efficiency*, *applicability*, *adaptability* y otros relacionados con el desarrollo y la influencia de tecnologías emergentes en el campo del diseño gráfico. Además, se utilizaron combinaciones de términos específicos para abordar diferentes aspectos, como el uso de inteligencia artificial en la iteración creativa y los procesos de producción de diseño gráfico (Xie *et al.*, 2022).

Las estrategias de búsqueda se adaptaron para abarcar enfoques multidisciplinarios, al considerar también términos relacionados con la evolución del diseño gráfico y la evaluación de tecnologías avanzadas en términos de resultados creativos y de eficiencia (Kim & Suk, 2020). Asimismo, se incorporaron términos adicionales como *virtual reality (VR)*, *3D*, *machine learning (ML)* y *automation*. Esto se hizo para explorar la automatización dentro de estas tecnologías emergentes en el diseño gráfico contemporáneo (Zhang *et al.*, 2022). Estas estrategias combinadas aseguraron la inclusión de estudios que trataran las tecnologías específicas antes mencionadas.

**Tabla 2**

*Estrategias de búsqueda en las bases de Scopus*

Estrategias	Términos de Búsqueda	Scopus
I	("technologies" OR "emerging technologies")AND ("graphic design" OR "design field")	12
II	("artificial intelligence" OR "AI")AND ("graphic design" OR "design field")	33
III	("augmented reality" OR "AR")AND ("graphic design" OR "design field")	9
IV	("impact" OR "influence")AND ("creative process" OR "creativity")AND ("graphic design" OR "design field")	7
V	("efficiency" OR "productivity")AND ("graphic design" OR "design field")	56
VI	("applicability" OR "application")AND ("graphic design" OR "design field")	43
VII	("evolution" OR "development")AND ("graphic design" OR "design field")	37
VIII	("creative outcomes" OR "creative output")AND ("AI" OR "AR")	24
IX	("efficiency improvements" OR "productivity enhancements")AND ("AI" OR "AR")	27

X	("advanced technologies" OR "artificial intelligence" OR "augmented reality" OR "technologies" OR "emerging technologies") AND ("graphic design") AND ("creativity" OR "efficiency" OR "applicability")	17
XI	("technologies" OR "emerging technologies" OR "virtual reality" OR "augmented reality" OR "artificial intelligence" OR "AI" OR "VR" OR "AR" OR "3D" OR "Generative" OR "automation" OR "machine learning" OR "MLL") AND ("graphic design" OR "design field")	16
<b>Total</b>		<b>281</b>

*Nota.* Esta tabla muestra la combinación de palabras clave utilizadas para encontrar artículos pertinentes para la revisión bibliográfica.

Para asegurar un enfoque riguroso y transparente en la selección de estudios en esta revisión, se empleó la metodología PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). Esta es una herramienta utilizada para estructurar revisiones sistemáticas y optimizar el rigor en el proceso de cribado de artículos científicos, lo que garantiza una recolección de datos clara y confiable (Page *et al.*, 2021). Su implementación en este estudio facilitó un proceso detallado y ordenado de selección; en él, al aplicarse los criterios específicos de inclusión y exclusión, se podía filtrar la pertinencia de los estudios analizados en esta revisión sobre tecnologías avanzadas en el diseño gráfico.

Al evaluar el riesgo de sesgo en los estudios designados, se implementaron criterios adicionales sobre la calidad metodológica de los artículos, la representatividad de las muestras y la transparencia en la presentación de resultados, al analizar el contexto en el que se desarrollaron dichas publicaciones. Se evaluaron aspectos como el diseño del estudio, la selección de la muestra, la asignación de grupos de intervención, la ocultación de la asignación, el cegamiento de los participantes y evaluadores, la completitud de los datos, el informe selectivo de resultados y el riesgo de otros sesgos potenciales. Estos criterios permitieron

una evaluación fidedigna de los estudios, lo que garantiza la fiabilidad y relevancia de los resultados planteados en los artículos en cuestión.

Para los métodos de síntesis, se incluyó la tabulación de las características clave de los estudios de intervención, como el año de publicación, los autores, la metodología utilizada y los resultados obtenidos. Estos datos se compararon con los grupos previstos para cada síntesis, al considerar los factores de impacto de la tecnología en el diseño gráfico como la creatividad, la eficiencia y la adaptabilidad. Además, se evaluó la relevancia de cada estudio en función de su contribución al objetivo de la investigación y su capacidad para motivar nuevos usos de la tecnología en el rubro del diseño. A continuación, se detallan las distintas etapas realizadas bajo la guía PRISMA, tras la etapa inicial de búsqueda con palabras clave.

En la fase de cribado inicial, se evaluaron los títulos y resúmenes de los 281 estudios identificados. Se excluyeron aquellos artículos que no abordaban de manera directa el impacto de las tecnologías avanzadas en el diseño gráfico. Esta revisión inicial fue fundamental para eliminar estudios cuya relevancia con el objetivo de la revisión era limitada, como aquellos que exploraban IA o RA desde perspectivas puramente técnicas o teóricas, sin aplicaciones prácticas en diseño (Cui *et al.*, 2022).

Tras esta primera etapa de cribado, el conjunto de estudios se redujo a 201, que pasaron a la siguiente fase de evaluación de elegibilidad. En esta fase, se revisaron los textos de los 201 estudios restantes, al aplicar criterios de inclusión y exclusión definidos para asegurar la calidad y relevancia de los artículos seleccionados. Este proceso culminó en la selección de 16 estudios que cumplieron con todos los requisitos establecidos en la Tabla 1, y que además contribuyeron al objetivo de este artículo.

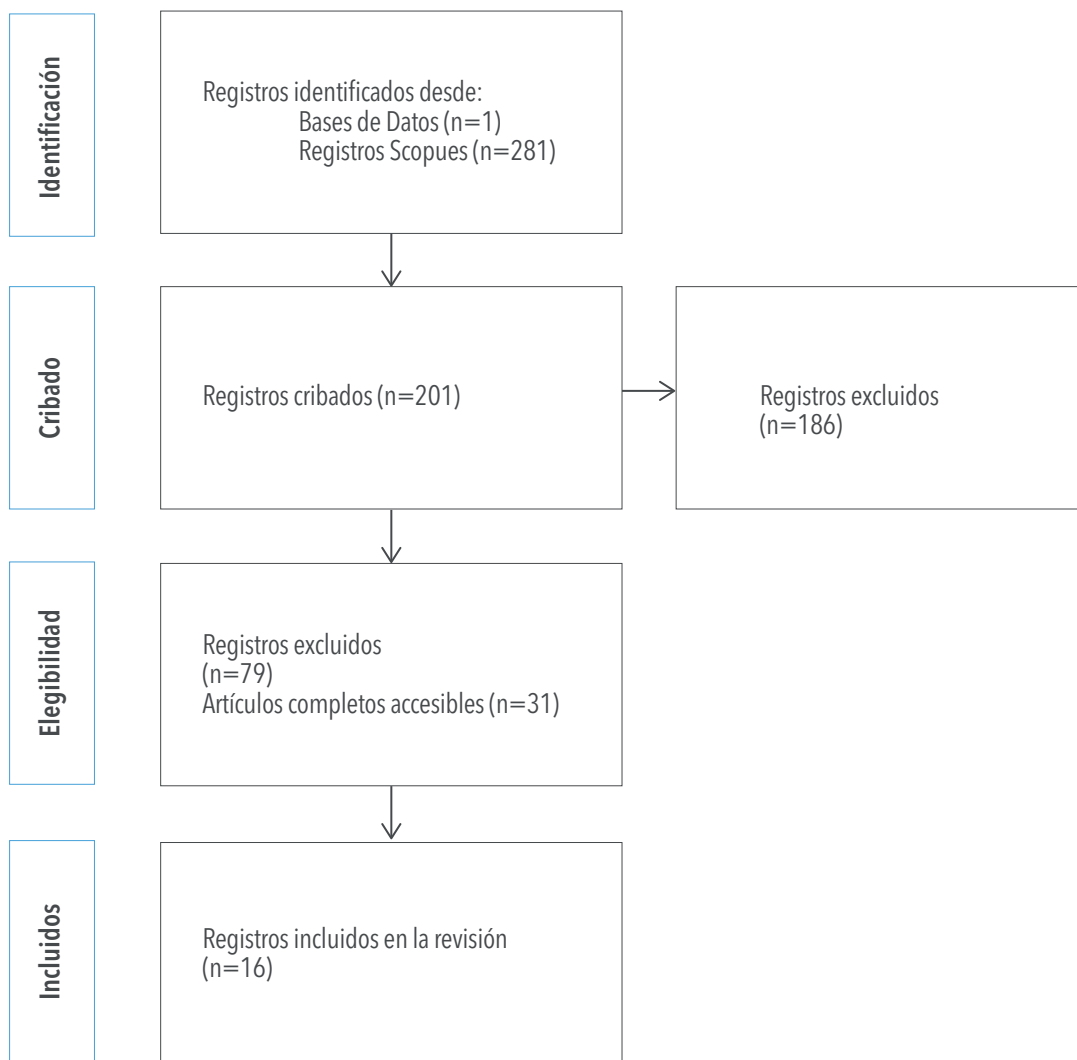
La aplicación de la guía PRISMA no solo optimizó el cribado, sino que también mejoró la coherencia metodológica en la selección de evidencia (Page *et al.*, 2021). Esto aseguró un análisis exhaustivo y actualizado sobre el impacto de diversas tecnologías en la comunicación gráfica.

Para la extracción de datos, se utilizó el gestor de referencias Mendeley, con el cual se filtraron múltiples datos clave de cada estudio seleccionado. Estos datos incluyeron el año de publicación, autores, título del artículo, nombre de la revista de publicación, base de datos a la que pertenece la revista, cuartil (si aplica), objetivos del artículo, problema de investigación abordado, metodología utilizada, resultados obtenidos, discusión planteada y recomendaciones para futuras investigaciones.

Estos filtros profundizaron la selección para hallar información que compare la situación actual con otros hitos temporales. Por ejemplo, la investigación de Liu (2023) abordó la posible desaparición del diseñador gráfico tradicional, dado por la creación de nuevas necesidades del mercado y la automatización de procesos repetitivos; este se complementa con aplicaciones emergentes que investigan la aplicación de la tecnología de realidad virtual/aumentada como una forma de inmersión del diseñador, al interactuar directamente con las herramientas digitales. Así, se crea un amalgama entre lo análogo y virtual que borra los límites antepasados (Zhou & Bai, 2024).

La certidumbre de la evidencia se examinó a través del método de Evaluación Crítica de Herramientas del JBI (Joanna Briggs Institute). Esta metodología ofrece un marco sólido para evaluar diferentes tipos de evidencia, incluidos estudios cualitativos, cuantitativos, revisiones sistemáticas y más. Durante la evaluación, se identificaron algunas limitaciones en la calidad de la evidencia, como la falta de estudios longitudinales de largo plazo que permitieran evaluar la evolución de las tecnologías avanzadas en el diseño gráfico en un período más extenso. Finalmente, la presencia de estudios de cuartil inferior sugiere una variabilidad en la robustez metodológica de los estudios evaluados, lo cual generó cierta heterogeneidad en los resultados y conclusiones. Estas limitaciones se consideraron cuidadosamente al interpretar y analizar la evidencia para que la información sea representada coherentemente.

**Figura 1**  
Diagrama Prisma



*Nota.* Esta figura muestra cómo se filtraron los artículos mostrados al utilizar las palabras clave en la base de datos de Scopus. Esta dio como resultado de búsqueda 281 artículos, de los cuales fueron seleccionados 16 para el corpus del presente artículo.



**Tabla 3***Características de los Estudios*

Código	Año	Autor	Título	Revista de Publicación	Cuart
A1	2024	Suárez, F., Galindo, F., Martín, J.	Visual strategies of film posters on Spanish main Video On Demand (VOD) platforms   Estrategias visuales de los carteles cinematográficos en las principales plataformas de Video On Demand (VOD) en España	REVISTA MEDITERRÁNEA DE COMUNICACIÓN	Q2
A2	2023	Matthews, B., Shannon, B., Roxburgh, M.	Destroy All Humans: The Dematerialization of the Designer in an Age of Automation and its Impact on Graphic Design—A Literature Review	INTERNATIONAL JOURNAL OF ART AND DESIGN EDUCATION	Q1
A3	2020	Sheng, T.	Real-Time AR Technology Assisted High-Resolution Image Processing and its Graphic Design Application	IEEE ACCESS	Q1
A4	2023	Macdonald, I.	Window on the weather: a case study in multi-platform visual communication design, with a relationship to Design Thinking	VISUAL COMMUNICATION	Q2
A5	2023	Hwang, Y.	The Usage of Generative AI in Poster Design	ARCHIVES OF DESIGN RESEARCH	Q4
A6	2023	Gula, I., Maznichenko, O., Kutsenko, A., Osadcha, A., Kravchenko, N.	Methods of Teaching Graphic Design in HEIs for Art	JOURNAL OF CURRICULUM AND TEACHING	Q4
A7	2022	Mohamed, T., Sicklinger, A.	An integrated curriculum of virtual/augmented reality for multiple design students	EDUCATION AND INFORMATION TECHNOLOGIES	Q1
A8	2022	Adzmi, M., Ishak, Z., Ladin, C.	A Phenomenological Analysis of The Experience of Analogical Thinking in Graphic Design Elaborations	ASIAN JOURNAL OF UNIVERSITY EDUCATION	Q2
A9	2022	Oliinyk, V., Chuieva, O., Arefiev, V., Knyzhnykova, S., Lytvynenko, N.	Multimedia Technologies in Modern Visual Communications and Design Education	JOURNAL OF CURRICULUM AND TEACHING	Q4
A10	2022	Cui, M., Kim, M., Choi, S., Lee, S.	The Usage and Impact of GAN in Graphic Design	ARCHIVES OF DESIGN RESEARCH	Q4
A11	2022	Zhang X., Li, A., Shen Y.	Optimization of Teachers' Teaching Behaviors in the Virtual Digital Graphic Design Teaching Environment	INTERNATIONAL JOURNAL OF EMERGING TECHNOLOGIES IN LEARNING	Q2
A12	2020	Kim, J., Suk, H.	Prediction of the emotion responses to poster designs based on graphical features: A machine learning-driven approach	ARCHIVES OF DESIGN RESEARCH	Q3
A13	2020	Shamsutdinov, R., Kadyirov, T., Akhmetshina, E.	Project thinking as the basis of design creativity: Content and features of its development among bachelor-designers	INTERNATIONAL JOURNAL OF HIGHER EDUCATION	Q4

A14	2020	Moreno, O., Ramírez, M.	University Support, Teaching Competencies And Entrepreneurial Competencies In Software Engineering And Graphic Design Students	INTERNATIONAL JOURNAL OF EMERGING TECHNOLOGIES IN LEARNING	Q2
A15	2020	Nurannisaa, S., Bachtiar, M., Florens, P.	Exploring Digital Native Characteristic to Create Learning Instruction for Learning Computer Graphic Design	INTERNATIONAL JOURNAL OF EMERGING TECHNOLOGIES IN LEARNING	Q2
A16	2019	Mardones, S.	Design in spanish higher education: Competences and new technologies	UNIVERSAL JOURNAL OF EDUCATIONAL RESEARCH	Q4

Nota. Esta tabla muestra los 16 artículos seleccionados en el diagrama de prisma.

## Resultados

Los hallazgos indican que estas tecnologías están redefiniendo prácticas esenciales en el diseño, desde la eficiencia en la producción hasta el proceso creativo, además de influir en la adaptación de metodologías educativas en el área. Entre los resultados más relevantes, se destaca que la IA generativa permite a los diseñadores explorar soluciones visuales de manera rápida y personalizada, lo que impulsa la adaptabilidad en la creación de contenidos (Hwang, 2023). Asimismo, la incorporación de RA en proyectos de diseño ha transformado la interacción con elementos tridimensionales, lo que aporta nuevos enfoques tanto en el ámbito profesional como en la enseñanza del diseño gráfico (Zhou & Bai, 2024). Estos estudios también subrayan la creciente necesidad de formar a los futuros diseñadores en el uso de estas herramientas tecnológicas avanzadas, como parte de un currículum actualizado que responde a las demandas de un mercado laboral en evolución.

Para ejemplificar la implementación de estas tecnologías en el rubro comercial y académico, se mencionan los logros más relevantes de cada artículo. En primer lugar, se destaca la creación de carteles digitales en plataformas de *Video On Demand* (VOD), donde se exploran estrategias visuales para captar la atención del público en entornos digitales. Estos incluso se traducen a los reconocidos *thumbnails* que, a través de algoritmos personalizados, promueven distintas composiciones gráficas

de acuerdo a los gustos del usuario en servicios de *streaming*. (Suárez, *et al.*, 2024). El individualismo se potencia a través de la recopilación de datos de cada usuario, el cual lleva de soporte tecnologías de Inteligencia Artificial (IA) y el Aprendizaje Automático (ML) aplicado en el diseño gráfico. Este último es un fenómeno que será más estudiado en los próximos años, especialmente en la educación de profesionales, lo que evidencia preocupaciones sobre la automatización y la adecuación de enfoques educativos actuales (Matthews *et al.*, 2023).

En otro ámbito, se observa un avance significativo en la integración de tecnologías como la Realidad Aumentada (RA) en el procesamiento de imágenes de alta resolución para aplicaciones de diseño gráfico (Kim & Suk, 2020). Una de las grandes limitaciones para la creación de composiciones gráficas que dependen de elementos como la imagen y el texto ha sido la calidad de la primera, lo cual se ha traducido en la creación de nuevos formatos para la web, que responden a nuevos dispositivos, tanto en la virtualidad como en la integración de esta con el mundo tangible. Esto sugiere una mejora en la eficiencia en la manipulación de gráficos de alta definición.

Aunque se esperaba una preferencia clara por el formato horizontal, este estudio muestra que la realidad es más matizada, con diferencias significativas en la adopción de formatos según los dispositivos y las plataformas. Si bien estas tecnologías ya han sido implementadas en el proceso de diseño en la última década, la influencia de la IA

todavía está en sus inicios. A través de las *Generative Adversarial Networks* (GAN), se podría anticipar un cambio significativo en los procesos creativos y la eficiencia en soluciones de diseño (Oliinyk *et al.*, 2022). La revisión de estos artículos revela la complejidad y la variabilidad en el tratamiento de composiciones gráficas, tanto con fines publicitarios y branding, como en la comunicación visual (Siti *et al.*, 2020).

Por otro lado, los estudios analizados, como el de Gula *et al.* (2023), señalan una falta de preparación en la industria y la educación del diseño gráfico frente a la automatización y la Inteligencia Artificial (IA). La escasez de literatura sobre este tema sugiere una necesidad urgente de investigaciones futuras para comprender mejor cómo estas tecnologías avanzadas están impactando el diseño gráfico y cómo se deben adaptar los enfoques educativos y profesionales. Asimismo, se identifican desafíos tecnológicos en la implementación efectiva de la Realidad Aumentada (RA) en el diseño gráfico, como lo muestra el estudio de Mardones (2019), que destaca limitaciones en la precisión y flexibilidad en el procesamiento de imágenes de alta resolución. Estos resultados reflejan la complejidad del panorama actual del diseño gráfico, que requiere un enfoque multidisciplinario en la investigación para abordar los desafíos y aprovechar al máximo las oportunidades que ofrecen las tecnologías avanzadas.

La investigación de Kadyjrova *et al.* (2020) se enfocó en realizar una revisión de literatura exhaustiva sobre la automatización y la IA en diseño gráfico. Se resalta la necesidad en la colaboración entre la academia y la industria del diseño. Con tal motivo, Gula *et al.* (2023) exploran métodos innovadores de enseñanza en diseño gráfico en instituciones de educación superior, al promover una adaptación curricular para potenciar habilidades tecnológicas específicas. En contraste, Ruiz-Arellano *et al.*, (2022) desarrollan un estudio de casos para explorar la aplicación de herramientas con IA en diseño de discursos visuales persuasivos implementados en el rubro comercial durante cada etapa de la comunicación efectiva en nichos de públicos variables. Esto proporciona una visión más profunda de la colaboración entre diseñadores y tecnologías emergentes para la selección precisa de mensajes creativos.

Al hacer énfasis en estudios que reflejan diversidad metodológica, se encuentra el de Moreno y Ramírez (2020), quienes se centraron en un análisis cuantitativo; Matthews *et al.* (2023), que optaron por una revisión de literatura amplia; y Hwang (2023), quien empleó métodos experimentales. Esta variedad metodológica resalta la complejidad del tema y la necesidad de enfoques diversos para comprender completamente las implicaciones de las tecnologías avanzadas en la práctica del diseño gráfico.

**Tabla 4**  
*Enfoques metodológicos*

Enfoque Cuantitativo	Enfoque Cualitativo	Otros Enfoques
Suárez <i>et al.</i> (2024) - Enfoque Cuantitativo: Realizaron un análisis cuantitativo de las estrategias visuales en carteles cinematográficos en plataformas de Video On Demand en España.	Matthews <i>et al.</i> (2023) - Enfoque Cualitativo: Realizaron una revisión de literatura cualitativa sobre el impacto de la automatización y la inteligencia artificial en el diseño gráfico.	Hwang (2023) - Otros Enfoques: Combinaron revisión de literatura y estudio de casos para analizar el uso de la inteligencia artificial generativa en el diseño de carteles.
Sheng (2020) - Enfoque Cuantitativo: Utilizaron un método cuantitativo para el procesamiento de imágenes de alta resolución en aplicaciones de diseño gráfico.	Mardones (2019) - Análisis cualitativo	Zhang <i>et al.</i> (2022) - Otros Enfoques: Utilizaron datos individuales para predicciones emocionales con respecto a imágenes gráficas.
Macdonald (2023) - Enfoque Cuantitativo: Realizaron un estudio etnográfico cuantitativo sobre el proceso creativo en diseño visual y su relación con el pensamiento de diseño.		Siti <i>et al.</i> (2020) - Otros Enfoques: Utilizaron algoritmos mejorados y tecnología AR en tiempo real para estudiar el diseño gráfico y la calidad de imagen.
Gula <i>et al.</i> (2023) - Enfoque Cuantitativo: Utilizaron encuestas cuantitativas a estudiantes para evaluar la efectividad de métodos de enseñanza en diseño gráfico.		
Sarkar <i>et al.</i> (2023) - encuestas estructuradas con SEM.		
Mohamed y Sicklinger (2022) - Enfoque Cuantitativo: Recopilaron datos cuantitativos mediante sondeos para analizar la analogía creativa en el diseño gráfico.		
Adzmi <i>et al.</i> (2022) - Enfoque Cuantitativo: Realizaron un análisis cuantitativo fenomenológico de la experiencia de pensamiento analógico en elaboraciones de diseño.		
Oliinyk <i>et al.</i> (2022) - Enfoque Cuantitativo: Estudiaron el impacto cuantitativo de las tecnologías multimedia en la educación en diseño visual.		
Cui <i>et al.</i> (2022) - Enfoque Cuantitativo: Investigaron la optimización cuantitativa de las conductas docentes en entornos virtuales de diseño gráfico.		
Kim y Suk (2020) - Enfoque Cuantitativo: Realizaron un estudio experimental cuantitativo sobre el desarrollo del pensamiento de proyectos en estudiantes de diseño.		
Kadyrova <i>et al.</i> (2020) - Enfoque Cuantitativo: Validaron instrumentos de medición cuantitativa y realizaron análisis de componentes principales para evaluar competencias emprendedoras en diseño gráfico.		
Moreno y Ramírez (2020) - Enfoque Cuantitativo: Realizaron una prueba empírica cuantitativa con estudiantes para corroborar hipótesis en ingeniería de software y diseño gráfico.		

*Nota.* Esta tabla muestra cada uno de los enfoques metodológicos empleados por los autores de cada artículo revisado.

### ***El Impacto de la Automatización en el Diseño Gráfico***

En relación con la automatización y las tecnologías avanzadas, Suárez, *et al.* (2024) destacan la creación de múltiples miniaturas digitales que usan algoritmos que recopilan información de los usuarios para mostrar distintos carteles, de acuerdo a las preferencias visuales del usuario entre diferentes plataformas audiovisuales. Esto señala la necesidad de adaptación gráfica a diversos dispositivos digitales; además, varía entre formatos horizontales, verticales y mixtos.

Este tipo de automatización impulsada por los algoritmos de IA está transformando el campo del diseño gráfico, al enfocarse en la adaptación de habilidades y la preparación para un mercado cada vez más competitivo. Este estudio subraya la importancia de considerar la evolución del diseño gráfico en respuesta a las tecnologías avanzadas y automatizadas, ya que destaca la necesidad de habilidades empresariales, colaborativas y de reflexión crítica en este contexto. Otro aspecto clave de la influencia de la automatización en el diseño gráfico se centra en el uso de tecnologías específicas como la realidad aumentada (RA) y la inteligencia artificial (IA). Kim y Suk (2020) demostraron cómo los algoritmos de máxima entropía y el procesamiento de imágenes en tiempo real están mejorando las capacidades de diseño gráfico, especialmente en términos de detalle y efectos visuales. Además, Hwang (2023) destacó el potencial de la IA generativa en el diseño de carteles, al resaltar la importancia de la cooperación entre diseñadores humanos y algoritmos, para lograr resultados efectivos y únicos. Estos resultados sugieren que la automatización en el diseño gráfico no solo está cambiando la forma en que se realizan las tareas, sino que también está mejorando la calidad y la creatividad de los productos finales.

### ***Aplicación Práctica de la Realidad Aumentada***

Se destaca cómo la tecnología de AR está siendo utilizada en el procesamiento de imágenes de alta resolución, lo que tiene un impacto directo en la calidad y detalle de las composiciones gráficas. Estudios como el de Mohamed y Sicklinger (2022) exploran la aplicación de un currículo integrado de realidad virtual (VR) y AR para estudiantes de diseño, lo que resalta la importancia de integrar estas tecnologías en la educación y la práctica del diseño gráfico. Esto se debe a que son estos los que luego las implementarán en la industria (Sheng, 2020).

La influencia de la realidad virtual (VR) y la realidad aumentada (AR) se refleja en la evolución de las metodologías y herramientas utilizadas en este campo. Por ejemplo, Huda *et al.* (2021) destacan cómo las tecnologías multimedia, incluida la AR, están transformando la educación en diseño gráfico, al ofrecer flexibilidad, interactividad y adaptación a las necesidades individuales de los estudiantes. Asimismo, estos estudios resaltan el impacto positivo de las redes generativas adversarias (GAN) en el diseño gráfico para sistemas tridimensionales, lo que permite una mayor expansión de fuentes y promueve la inspiración y la conveniencia para los diseñadores. Estos hallazgos subrayan la importancia de incorporar de manera efectiva la VR y AR en la práctica del diseño gráfico para generar una red de estudiantes que puedan interactuar directamente con sus creaciones.

### ***Desafíos y Oportunidades de la IA Generativa***

Según Lu y Huang (2022), la complejidad de desarrollar un concepto de diseño refleja un desafío fundamental para la IA generativa en el diseño gráfico. Además, Cui *et al.* (2022) subrayan la importancia de la participación humana en el proceso de diseño que utiliza IA generativa. Esto sugiere una oportunidad para la colaboración entre diseñadores y algoritmos inteligentes para lograr resultados más refinados y efectivos en la comuni-

cación visual. El humano toma un rol de curaduría para seleccionar y guiar a la IA a través de las decisiones de diseño.

La síntesis de los estudios también enfatiza la evolución de las habilidades y enfoques en el diseño gráfico influenciada por la IA generativa. Existen oportunidades desaprovechadas de la IA generativa para expandir fuentes, inspirar la creatividad y aumentar la conveniencia en el proceso de diseño gráfico. Sin embargo, se reconoce la necesidad de superar las limitaciones actuales de los algoritmos generativos, como la falta de control detallado y la generación de ideas completamente nuevas (Siti *et al.*, 2020). Estos resultados sugieren un panorama mixto de desafíos y oportunidades en la integración de la tecnología generativa, donde la colaboración entre humanos y algoritmos se perfila como un enfoque prometedor para la innovación en la práctica del diseño visual.

### **Enseñanza Innovadora de Diseño Gráfico Universitario**

El uso innovador de herramientas tecnológicas en la enseñanza del diseño gráfico en entornos universitarios sugiere la necesidad de enseñar a los estudiantes a diseñar con la consideración de la experiencia del usuario en múltiples plataformas. Este sistema multi-plataforma, con seguridad, irá variando a medida que se introducen nuevos dispositivos al mercado (Zhang *et al.*, 2022). Además, Adzmi *et al.* (2022) destacan la importancia de la adaptación empresarial y la preparación para un mercado laboral automatizado, al señalar la integración de herramientas de inteligencia artificial y aprendizaje automático en la educación vocacional en diseño gráfico. Estos hallazgos resaltan la necesidad de incluir herramientas innovadoras en el plan de estudios de diseño gráfico universitario para estar por encima de un sistema pedagógico tradicional.

La incorporación estratégica de la inteligencia artificial, la realidad aumentada y la enseñanza virtual en el currículo de diseño gráfico se torna esencial para equipar a los estudiantes con

las competencias que demanda la industria actual; esto se hace no para suplir el trabajo del diseñador, sino para complementarlo y sostenerlo en los procesos con mayores puntos de dolor dentro de este público. Estudios como el de Ayu *et al.* (2023), que examinan el uso de realidad aumentada en el procesamiento de imágenes de alta resolución, resaltan la importancia de familiarizar a los estudiantes con herramientas emergentes de acuerdo al proceso de diseño estándar. Esta integración permite a los estudiantes centrarse en las tareas más relevantes en cuanto a la estrategia de comunicación y composición. Estos hallazgos aseguran que los estudiantes estén preparados para enfrentar los retos demandantes y aprovechar las oportunidades de una industria cada vez más digital y tecnológicamente sofisticada.

### **Habilidades Digitales y Creatividad en Diseñadores**

Las habilidades técnicas y la creatividad de los diseñadores van de la mano para la producción de piezas con contenido enfocado en un nicho específico. Por ejemplo, el estudio de Hwang (2023) resalta cómo la tecnología generativa ha introducido nuevas posibilidades para la colaboración entre diseñadores y algoritmos para generar propuestas visuales. Se concluye que la intervención humana es esencial para refinar y mejorar los resultados en función al público más coherente con la propuesta, lo que refleja una sinergia emergente entre la tecnología y la creatividad humana en el diseño gráfico. Por otro lado, desde lo tangible, Adzmi *et al.* (2022) exploran cómo el pensamiento analógico, a través de herramientas tradicionales, puede potenciar la experiencia creativa en el diseño gráfico, lo que enfatiza la importancia de combinar el conocimiento conceptual con la ideación y la materialización de ideas. Esto sugiere un enfoque holístico para fomentar la creatividad en este campo.

En paralelo, el estudio de Martins *et al.* (2020) sobre estrategias visuales en plataformas digitales resalta cómo el *Responsive Design* ha desafiado a los diseñadores a desarrollar nuevas

habilidades para la optimización de la interfaz de usuario (UI). Esta necesidad de adaptación ha estimulado la creatividad en términos de diseño visual y narrativo, ya que los diseñadores deben encontrar soluciones efectivas dentro de restricciones específicas de pantalla. Por otro lado, el análisis de Macdonald (2023) sobre el diseño de comunicación visual en plataformas digitales destaca la colaboración entre diferentes culturas de práctica, lo que ha llevado a un intercambio de habilidades y conocimientos entre diseñadores de broadcast y digital. Esta interacción ha fomentado la creatividad, al combinar enfoques diversos y desarrollar un lenguaje de práctica común.

### Discusión

La influencia de la automatización en el diseño gráfico ha demostrado ser significativa desde distintas aplicaciones prácticas. Particularmente, la adaptabilidad es uno de los conceptos más relevantes en este cruce de información. Suárez, *et al.* (2024) resaltan cómo la necesidad de adaptar gráficamente los contenidos para diferentes dispositivos está reformulando el enfoque tradicional del diseño en plataformas de vídeo bajo demanda (VOD) en España.

La adaptación de las interfaces de usuario a diversas plataformas tecnológicas es un trabajo que los diseñadores ya no tienen que resolver manualmente, puesto que se han evidenciado nuevas herramientas para simplificar este proceso. Asimismo, la introducción de algoritmos de IA en el diseño gráfico no solo cambia las herramientas y técnicas utilizadas, sino que también redefine las habilidades necesarias para los diseñadores. El entorno profesional podría estar migrando hacia un enfoque más de dirección creativa, ya que las tecnologías están mejorando la accesibilidad a los trabajos más técnicos, o *entry level*, en el diseño gráfico. Esta transición no solo afecta la ejecución técnica del diseño, sino también la preparación profesional y la educación en diseño gráfico, lo que sugiere un replanteamiento de los currículos y estrategias de enseñanza en esta área del conocimiento (Arias-Rosales, 2022).

Las técnicas avanzadas de procesamiento de imágenes en tiempo real están elevando los estándares de calidad y detalle en el diseño gráfico, mientras que se destaca el uso innovador de la inteligencia artificial generativa en la creación de múltiples formatos gráficos. Se pone en evidencia que la automatización no solo facilita los procesos de diseño digital, sino que también amplifica la creatividad y la singularidad de los trabajos tradicionales (Kim & Suk, 2020). La velocidad con la que estos nuevos sistemas permiten analizar contenido gráfico podría sugerir un aumento en la productividad, aunque el trabajo del diseñador se ve englobado, cada vez más, en una dependencia tecnológica casi monopolizada por los estándares de la industria. La integración de estas tecnologías no solo está transformando las metodologías de diseño, sino que también está fomentando una nueva dinámica de trabajo donde la creatividad humana y la precisión de las máquinas se complementan mutuamente.

La incorporación de la realidad aumentada en el diseño gráfico ha marcado un cambio significativo en la ejecución y conceptualización de proyectos visuales. Oliinyk *et al.* (2022) resaltan la aplicación de tecnología AR en el procesamiento de imágenes de alta resolución, lo que mejora notablemente la calidad y precisión visual de los diseños. Por otro lado, se discute la integración de la realidad aumentada en los currículos de diseño. Esto refleja su creciente importancia no solo en la práctica profesional o comercial.

La transición hacia métodos más interactivos y tecnológicamente avanzados resalta la necesidad de actualizar continuamente las herramientas y enfoques en la educación y práctica del diseño gráfico (Mohamed & Sicklinger, 2022). Se trata de un enfoque que necesita reestructurar la construcción de conocimiento a nivel universitario. La realidad aumentada (RA) en el diseño gráfico está enriqueciendo la educación mediante el aprendizaje adaptativo y personalizado, al crear entornos inmersivos que favorecen la comprensión práctica en áreas complejas (Oliinyk *et al.*, 2022). Asimismo, las redes generativas adversarias (GAN) impulsan la



creatividad, al generar múltiples variaciones visuales en tiempo real, lo que permite a los diseñadores explorar ideas rápidamente y adaptar contenido para diversas plataformas sin ajustes manuales (Cui *et al.*, 2022). Esta integración de RA y GAN crea un entorno más inclusivo y centrado en el usuario (Zhou & Bai, 2024).

Del mismo modo, evidencian la importancia de enseñar a los estudiantes a diseñar, con la consideración de la experiencia del usuario en todo momento. Mientras tanto, Mardones (2019) destaca el aprendizaje dentro de un mundo laboral automatizado. Esta evidencia subraya la necesidad de actualizar los planes de estudio, para garantizar la relevancia y eficacia de la enseñanza del diseño gráfico a nivel superior. En conjunto, estos hallazgos resaltan la importancia de una educación innovadora que incorpore tecnologías avanzadas para equipar a los estudiantes con las habilidades necesarias para sobresalir en la industria del diseño gráfico.

Uno de los desafíos de la IA generativa es la comprensión de emociones y formas humanas. Esto, en algunos casos, es crucial para su aplicación eficaz en el diseño gráfico (Xie, 2023). Asimismo, subrayan la complejidad de implementar diseños que funcionen efectivamente en múltiples públicos. La necesidad de intervención humana sigue siendo prominente, al enfatizar la importancia del toque humano en la creación de piezas gráficas diseñadas con IA, lo que sugiere que la colaboración hombre-máquina es indispensable para alcanzar la excelencia en la comunicación visual (Liu *et al.*, 2021).

Así, se muestra un panorama donde la tecnología aún debe evolucionar para satisfacer completamente las necesidades del diseño gráfico, al marcar un terreno fértil para futuras investigaciones y desarrollos tecnológicos. Estas limitaciones se ven superadas por las oportunidades prometedoras que la IA generativa propone, como el enriquecer la creatividad y la eficiencia en el diseño gráfico. Asimismo, estos autores ilustran cómo la automatización puede liberar a los diseñadores de tareas rutinarias, lo que permite un enfoque en el desarrollo de habilidades creativas y estratégicas

más complejas. Por ejemplo, Kim y Suk (2020) discuten cómo la IA generativa puede ampliar las posibilidades creativas, al ofrecer nuevas fuentes de inspiración y simplificar procesos. Sin embargo, señalan la necesidad de superar barreras como el control detallado y la originalidad en la creación de conceptos.

Adzmi *et al.* (2022) exploran cómo el pensamiento analógico puede enriquecer la experiencia creativa en el diseño gráfico, al integrar la intuición y la comprensión conceptual con el proceso de ideación y materialización de ideas visuales. Este enfoque permite a los diseñadores conectar conceptos abstractos o complejos con soluciones visuales concretas, lo que fomenta un flujo creativo que no se limita a la lógica lineal.

El pensamiento analógico facilita la transferencia de experiencias y referencias visuales previas hacia nuevas composiciones, lo que ayuda a los diseñadores a crear mensajes visuales que resuenen de manera más profunda con el público. Además, Adzmi *et al.* (2022) subrayan que el pensamiento analógico no solo enriquece la fase creativa, sino que también permite una mayor flexibilidad en la resolución de problemas, pues los diseñadores pueden tomar inspiración de campos externos al diseño gráfico, como la naturaleza, la arquitectura, o incluso las emociones humanas, para producir obras más innovadoras y significativas.

Al integrar este enfoque con herramientas tecnológicas avanzadas, los diseñadores logran una sinergia única: la tecnología amplifica sus capacidades de producción y precisión, mientras que el pensamiento analógico asegura que el resultado final mantenga una cualidad humana y expresiva, vital para la comunicación efectiva. Este enfoque holístico también impulsa una evolución en la forma en que los diseñadores abordan los desafíos creativos, ya que les permite explorar múltiples perspectivas y experimentar con soluciones visuales sin las limitaciones rígidas de un enfoque exclusivamente digital o técnico. La combinación del pensamiento analógico con las herramientas tecnológicas facilita un proceso creativo en el que la tecnología

y la creatividad humana se complementan, lo que genera productos visuales que destacan tanto por su innovación como por su capacidad para conectar emocionalmente con el espectador.

En paralelo, otros estudios resaltan cómo la adaptación a las demandas tecnológicas ha estimulado la creatividad en términos de diseño visual y narrativo, al mismo tiempo en el que la atención del receptor se reduce, producto del consumo veloz de información (Moreno & Ramírez, 2020). De este modo, se examina cómo la necesidad de adaptarse a diferentes dispositivos digitales ha desafiado a los diseñadores a desarrollar nuevas habilidades para la optimización de la interfaz de usuario (UI), lo que impulsa la creatividad, al buscar soluciones efectivas dentro de restricciones específicas de pantalla. Además, el análisis de Macdonald (2023) destaca la colaboración entre diferentes culturas de práctica en el diseño de comunicación visual, lo que ha fomentado la creatividad, al combinar enfoques diversos y desarrollar un lenguaje de práctica común. Estos hallazgos reflejan cómo las tecnologías avanzadas están impulsando la evolución del diseño gráfico, ya que estimulan el desarrollo de nuevas habilidades y formas de expresión creativa.

### ***Significado de los Hallazgos sobre el Impacto de la Automatización en el Diseño Gráfico***

La investigación reciente sobre el diseño gráfico resalta la importancia de considerar la evolución del campo en respuesta a las tecnologías avanzadas y automatizadas (Gula *et al.*, 2023). Estos estudios evidencian la necesidad de habilidades empresariales, colaborativas y de reflexión crítica, donde la adaptación a las demandas tecnológicas es fundamental para el éxito profesional. Asimismo, la transformación del diseño gráfico por la automatización y los algoritmos de IA destaca la necesidad de preparar a los diseñadores para un entorno laboral caracterizado por la desmaterialización de tareas tradicionales y la integración de soluciones tecnológicas.

### ***Implicaciones Prácticas de la Aplicación de la Realidad Aumentada en el Diseño Gráfico***

La aplicación práctica de la realidad aumentada (RA) en el diseño gráfico ofrece oportunidades significativas para mejorar la calidad y detalle de los diseños visuales (Kadyjrova *et al.*, 2020). Además, la integración de tecnologías en la educación en diseño gráfico presenta un cambio fundamental en las metodologías y herramientas utilizadas en este campo. Incorporar de manera efectiva la RA al diseño gráfico puede mejorar la creatividad, eficiencia y aplicabilidad de las soluciones visuales y preparar a los estudiantes para las demandas cambiantes de la industria del diseño.

### ***Desafíos y Oportunidades de la IA Generativa en el Diseño Gráfico***

Por un lado, se destaca la complejidad de adaptar soluciones gráficas a múltiples dispositivos y plataformas, así como la importancia de la colaboración entre humanos y algoritmos para lograr resultados efectivos (Siti *et al.*, 2020). Por otro lado, se reconoce el potencial de la IA generativa para mejorar la calidad y creatividad de los productos finales, así como para expandir fuentes e inspirar la innovación en el diseño gráfico (Zhang *et al.*, 2022). Estos hallazgos sugieren la necesidad de abordar cuidadosamente los desafíos y aprovechar las oportunidades que presenta la IA generativa en el diseño gráfico, para promover la innovación digital y la eficacia en la práctica visual.

### Limitaciones del Estudio

Si bien se ha realizado una exhaustiva búsqueda en la base de datos Scopus para identificar artículos científicos relevantes, existe la posibilidad de que algunas investigaciones pertinentes no hayan sido incluidas debido a restricciones de idioma o porque no están disponibles en acceso abierto. Además, la selección de artículos se limitó a aquellos publicados en los últimos cuatro años, lo que podría haber excluido investigaciones más antiguas, pero aún relevantes para comprender la evolución del diseño gráfico en relación con las tecnologías avanzadas. Es importante reconocer que la eficacia y aplicabilidad de estas tecnologías pueden variar según el contexto y las necesidades específicas del proyecto. Por lo tanto, es crucial considerar estas limitaciones al implementar estrategias basadas en los hallazgos de esta revisión sistemática de literatura.

### Recomendaciones para Futuras Investigaciones

Se sugiere realizar estudios longitudinales que sigan la evolución del diseño gráfico en respuesta a la rápida implementación de la inteligencia artificial (IA) y sus subproductos. Poner a prueba estas herramientas podría simular su efectividad y comprobar su pertinencia en el rubro del diseño. Estas investigaciones podrían examinar cómo las tendencias tecnológicas emergentes impactan las expectativas del mercado laboral para tratar de proyectar cómo este se transformará. Además, se recomienda explorar, en mayor profundidad, la interacción entre la creatividad humana y los algoritmos generativos, al centrarse en cómo la colaboración entre diseñadores y sistemas inteligentes puede potenciar la innovación y la eficacia en la comunicación visual (Moreno & Ramírez, 2020).

### Conclusiones

Las tecnologías avanzadas ya están revolucionando el diseño gráfico, al incrementar sus aplicaciones y estimular la creatividad en los procesos creativos. La automatización y el aprendizaje automático permiten adaptar diseños a distintos formatos de manera eficiente, lo que destaca la importancia de habilidades multidisciplinares en un mercado laboral que evoluciona rápidamente (Mardones, 2019). Además, la RA está enriqueciendo tanto la práctica profesional como la educación en diseño, al ofrecer entornos interactivos y tridimensionales que favorecen la exploración y comprensión de conceptos visuales complejos, especialmente en contextos educativos. Las instituciones educativas han comenzado a incorporar IA y RA en sus currículos, lo que permite a los estudiantes interactuar en escenarios digitales inmersivos. Esto los prepara para un entorno profesional en constante transformación (Zhang *et al.*, 2022).

Por otra parte, combinar el pensamiento analógico con estas tecnologías permite conectar ideas abstractas con soluciones visuales concretas, lo que aporta un equilibrio entre la creatividad humana y la eficiencia tecnológica. Esta combinación amplifica la capacidad del diseñador para generar mensajes visuales significativos y personalizados, al preservar la expresividad y la conexión con el espectador. La convergencia de IA, RA y metodologías analógicas plantea tanto oportunidades como desafíos, lo que impulsa al diseño gráfico hacia una inclusión poli-tecnológica, en la cual los procesos tradicionales convergen con los modernos. Para los diseñadores y educadores, será esencial equilibrar la innovación tecnológica con la sensibilidad creativa, de manera que el diseño siga siendo una herramienta relevante y eficaz en la comunicación visual estratégica.

**Declaración de conflicto de intereses:** Los autores declaran no tener conflictos de interés.

**Declaración de contribución de los autores:** A continuación, se menciona la contribución de cada autor, en correspondencia con su participación, utilizando la Taxonomía Crédit:

- Nicolás Antonio Cevallos Córdova: Administración del proyecto, Adquisición de fondos, Análisis formal, Conceptualización, Investigación, Metodología, Recursos, Redacción-borrador original, Redacción-revisión y edición, Software, Supervisión, Validación y Visualización.
- Izamar Suan Luna Aro: Adquisición de fondos, Conceptualización, Curaduría de datos, Investigación, Metodología, Recursos, Redacción-borrador original, Software, Supervisión, Validación y Visualización.

**Declaración de aprobación del Comité de Ética:** Los autores declaran que la investigación fue aprobada por el Comité de Ética de la institución responsable, Universidad de Ciencias y Artes de América Latina.

## Referencias

- Adzmi, M. H., Ishak, Z. y Ladin, C. A. (2022). A Phenomenological Analysis of The Experience of Analogical Thinking in Graphic Design Elaborations. *Asian Journal of University Education*, 18(2), 386–396. <https://doi.org/10.24191/ajue.v18i2.17993>
- Arias-Rosales, A. (2022). The perceived value of human-AI collaboration in early shape exploration: An exploratory assessment. *PLOS ONE*, 17(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0274496>
- Ayu, F., Irfan, D., Huda, A., Suryani, D. y Padang, N. (2023). Is it Practical Digital Learning Application for Learning 3D Graphic Design Based on Augmented Reality? *Journal of Applied Engineering and Technological Science*, 5(1), 595-607.
- Chen, F. y Zang, G. (2024). Data Mining-based Optimized Pattern Design and Color Scheme in Planar CAD. *Computer-Aided Design and Applications*, 21(S19), 148–163. <https://doi.org/10.14733/cadaps.2024.S19.148-163>
- Cui, M., Kim, M., Choi, S. y Lee, S. (2022). The Usage and Impact of GAN in Graphic Design. *Archives of Design Research*, 35(4), 285-307. <https://doi.org/10.15187/adr.2022.11.35.4.285>
- Fang, J., y Fang, T. (2024). Computer Aided Product Packaging Design Based on Genetic Algorithm in Graphic Design Teaching. *Computer-Aided Design and Applications*, 21(S10), 61–75. <https://doi.org/10.14733/cadaps.2024.S10.61-75>
- Gu, Y., Wang, Q. y Gu, W. (2023). The Innovative Application of Visual Communication Design in Modern Art Design. *Electronics (Switzerland)*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/electronics12051150>
- Gula, I., Maznichenko, O., Kutsenko, A., Osadcha, A. y Kravchenko, N. (2023). Methods of Teaching Graphic Design in HEIs for Art. *Journal of Curriculum and Teaching*, 12(2), 154–165. <https://doi.org/10.5430/jct.v12n2p154>
- Huda, A., Azhar, N., Almasri, A., Wulansari, R. E., Mubai, A., Sakti, R. H., Firdaus, F. y Hartanto, S. (2021). Augmented Reality Technology as a Complement on Graphic Design to Face Revolution Industry 4.0 Learning and Competence: The Development and Validity. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 15(5), 116–126. <https://doi.org/10.3991/ijim.v15i05.20905>
- Hwang, Y. (2023). The Usage of Generative AI in Poster Design. *Archives of Design Research*, 36(4), 291–308. <https://doi.org/10.15187/ADR.2023.11.36.4.291>

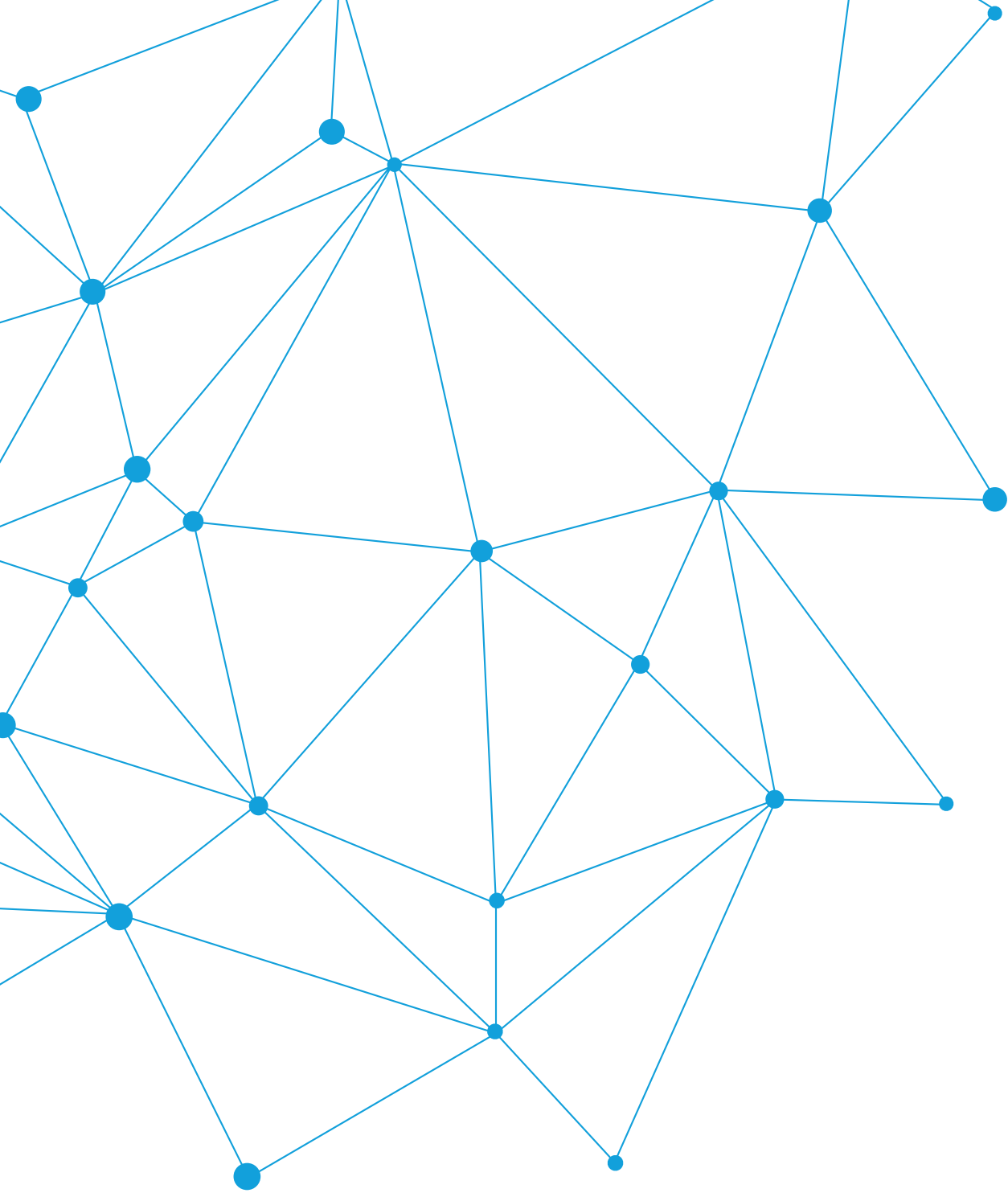
- Kadyjrova, L. H., Shamsutdinov, R. N., Kadyirov, T. R. y Akhmetshina, E. G. (2020). Project thinking as the basis of design creativity: Content and features of its development among bachelor-designers. *International Journal of Higher Education*, 9(8), 1-6. <https://doi.org/10.5430/ijhe.v9n8p1>
- Kim, J., y Suk, H. J. (2020). Prediction of the emotion responses to poster designs based on graphical features: A machine learning-driven approach. *Archives of Design Research*, 33(2), 39-55. <https://doi.org/10.15187/adr.2020.05.33.2.39>
- Li, X., y Feng, H. (2024). Dynamic Adjustment and CAD Real-time Rendering Algorithm for Advertising Art Design based on Machine Vision. *Computer-Aided Design and Applications*, 21(S15), 132-146. <https://doi.org/10.14733/cadaps.2024.S15.132-146>
- Liu, C., Ren, Z. y Liu, S. (2021). Using Design and Graphic Design with Color Research in AI Visual Media to Convey. *Journal of Sensors*, 2021(1), 1-11. <https://doi.org/10.1155/2021/8153783>
- Liu, Y. (2023). Design of Graphic Design Assistant System Based on Artificial Intelligence. *International Journal of Information Technologies and Systems Approach*, 16(3), 1-13. <https://doi.org/10.4018/IJITSA.324761>
- Lu, L. y Huang, L. (2022). Exploration and Application of Graphic Design Language Based on Artificial Intelligence Visual Communication. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022(1). <https://doi.org/10.1155/2022/9907303>
- Macdonald, I. (2023). Window on the weather: a case study in multi-platform visual communication design, with a relationship to Design Thinking. *Visual Communication*, 22(2), 365-386. <https://doi.org/10.1177/1470357220948547>
- Mardones, S. G. (2019). Design in spanish higher education: Competences and new technologies. *Universal Journal of Educational Research*, 7(8), 1814-1819. <https://doi.org/10.13189/ujer.2019.070820>
- Martins, N., Campos, J. y Simoes, R. (2020). Activerest: Design of a graphical interface for the remote use of continuous and holistic care providers. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems*, 5(2), 635-645. <https://doi.org/10.25046/aj050279>
- Matthews, B., Shannon, B. y Roxburgh, M. (2023). Destroy All Humans: The Dematerialisation of the Designer in an Age of Automation and its Impact on Graphic Design—A Literature Review. *International Journal of Art and Design Education*, 42(3), 367-383. <https://doi.org/10.1111/jade.12460>
- Mohamed, T. I. y Sicklinger, A. (2022). An integrated curriculum of virtual/augmented reality for multiple design students. *Education and Information Technologies*, 27(8), 11137-11159. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11069-6>
- Moreno, O. A. M. y Ramírez, M. A. N. (2020). University Support, Teaching Competencies And Entrepreneurial Competencies In Software Engineering And Graphic Design Students. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 16(2), 285-301. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i02.17327>
- Oliinyk, V., Chuieva, O., Arefiev, V., Prystavka, V., Knyzhnykova, S. y Lytvynenko, N. (2022). Multimedia Technologies in Modern Visual Communications and Design Education. *Journal of Curriculum and Teaching*, 11(9), 72-80. <https://doi.org/10.5430/JCT.V11N9P72>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... y Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372(71), 1-9. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Rose, G. (2022). *Visual Methodologies: An Introduction to Researching with Visual Materials*. SAGE.
- Ruiz-Arellano, A. E., Mejía-Medina, D. A., Castillo-Topete, V. H., Fong-Mata, M. B., Hernández-Torres, E. L., Rodríguez-Valenzuela, P. y Berra-Ruiz, E. (2022). Addressing the Use of Artificial Intelligence Tools in the Design of Visual Persuasive Discourses. *Designs*, 6(6). <https://doi.org/10.3390/designs6060124>

- Sheng, T. (2020). Real-Time AR Technology Assisted High-Resolution Image Processing and its Graphic Design Application. *IEEE Access*, 8, 142916–142930. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3014139>
- Siti Nurannisaa, P. B., Mustaji, Bachri, B. S. y Patricia, F. D. (2020). Exploring Digital Native Characteristic to Create Learning Instruction for Learning Computer Graphic Design. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(20), 145–159. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i20.14311>
- Suárez, F., Galindo, F. y Martín, J. (2024). Visual strategies of film posters on Spanish main Video On Demand (VOD) platforms. *Revista Mediterránea de Comunicación*, 15(1), 201–215. <https://doi.org/10.14198/MEDCOM.25490>
- Vartiainen, H., Tedre, M. y Jormanainen, I. (2023). Co-creating digital art with generative AI in K-9 education: Socio-material insights. *International Journal of Education Through Art*, 19(3), 405–423. [https://doi.org/10.1386/eta\\_00143\\_1](https://doi.org/10.1386/eta_00143_1)
- Xie, H. (2023). Analysis of interaction function of modern graphic design based on technical-aided design. *Journal of King Saud University - Science*, 35(8), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102828>
- Xie, T., Sun, R., Zhang, J., Wang, R. y Wang, J. (2022). Application of Graphic Design with Computer Graphics and Image Processing: Taking Packaging Design of Agricultural Products as an Example. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2022(1). <https://doi.org/10.1155/2022/6554371>
- Xu, H. (2024). Exploration of the Influence of Traditional Art Colors on the Visual Communication Effect of Modern Graphic Design Based on VR Models. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 9(1), 1–13. <https://doi.org/10.2478/amns-2024-0632>
- Yuwono, B. (2023). The Transformation of Digital Imaging in Photoshop with the presence of artificial intelligence generators. *Evolution of the Unknown. Askara International Conference*, 1(1), 33–36. <https://conferences.ittelkom-pwt.ac.id/index.php/seti/article/download/267/112>
- Zhang, X., Li, A. y Shen, Y. (2022). Optimization of Teachers' Teaching Behaviors in the Virtual Digital Graphic Design Teaching Environment. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 17(18), 146–160. <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i18.34181>
- Zhou, G., y Bai, G. (2024). Construction and visual expression of visual aesthetic elements based on VR technology. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 9(1), 1–15. <https://doi.org/10.2478/amns-2024-0190>



# ARTÍCULOS DE REFLEXIÓN





## Revisión Tipológica Y Estilística De Los Signos Identificadores Gráficos De Entidades Públicas Del Ecuador Dentro De Su Contexto Histórico Como Referencias De Calidad

*Typological And Stylistic Review Of Graphic Identifier Signs Of  
Public Entities In Ecuador Within Their Historical Context As  
Quality References*



Xavier Fernando Jiménez Álvaro  
Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador

xfjimenez@puce.edu.ec  
ORCID: 0009-0005-0534-160X

Recibido: 13/08/2024  
Aceptado: 17/11/2024

## Resumen

El diseño de signos de identidad gráfica es una práctica que exige procesos metodológicos rigurosos y efectivos para garantizar su calidad y, sobre todo, su contribución al crecimiento y desarrollo de la cultura material. Esta práctica en constante crecimiento mayormente es informal, mediada por la instrumentación tecnológica y las tendencias estéticas *mainstream*. Los resultados que se obtienen son atractivos, por su bajo costo y rapidez de producción; entran en circulación y compiten por la atención de un público ávido de ver más en sus dispositivos y pantallas. De esta manera, el conocimiento del diseño efectivo de alta calidad queda guardado en los textos y ejercicios académicos, al tornarse estéril frente a las prácticas mercantilizadas. Estos signos gráficos, al ser públicos, se constituyen en patrimonio cultural de un pueblo; son un espacio que se debe cuidar y, por lo cual, se debe exigir que los procesos de construcción marcaría cumplan exigencias metodológicas y técnicas de alta calidad. En este trabajo, que es de tipo reflexivo, se propone reconocer en nuestra historia, algunos hitos que permitan identificar con mayor claridad este patrimonio y sus códigos culturales generados como referentes de estudio para los nuevos diseños.

**Palabras clave:** diseño, diseño gráfico, marcas gráficas, logos, signos de identidad gráfica.

---

## Abstract

*The design of graphic identity signs is a practice that requires rigorous and effective methodological processes to guarantee its quality and, above all, its contribution to the growth and development of material culture. This constantly growing practice is primarily informal, mediated by technological instrumentation and mainstream aesthetic trends. The results obtained are attractive due to their low cost and speed of production; they enter circulation and compete for the attention of an audience eager to see more on their devices and screens. In this way, the knowledge of high-quality, effective design is stored in academic texts and exercises, becoming sterile in the face of commercialized practices. These graphic signs, being public, constitute the cultural heritage of a people. This space must be cared for, and therefore, it must be demanded that the processes of brand construction meet high-quality methodological and technical requirements. In this work, which is reflective, it is proposed to recognize in our history some milestones that allow us to more clearly identify this heritage and its cultural codes generated as study references for new designs.*

**Keywords:** design, graphic design, graphic brands, logos, signs of graphic identity.

## Introducción

La revisión de referentes es parte del proceso de investigación preliminar en el diseño. Este permite conocer a mayor profundidad las características del código gráfico constitutivo del sector marcario y del caso específico. Este proceso amplía la cultura visual del diseñador, necesaria para abordar un caso de diseño que, posiblemente, se encuentra en un ámbito que desconoce. Wong y Wong (2004) mencionan que las ideas no nacen de la nada sino a partir de existentes y, por eso, es útil conocer previamente las soluciones existentes.

De igual manera, para lograr un resultado de calidad, se debe evitar, como lo mencionan también Wong y Wong (2004), la simple imitación. Se debe proponer una perspectiva novedosa que, sin duda, sea pertinente en tipología y estilo con la personalidad que necesita esa marca dentro de ese sector. Con respecto al uso de referentes y la construcción de una perspectiva novedosa, Mussfeldt (citado en León, 2019) resalta que el deber de los diseñadores no es "solo 'mantenerse al día' con las tendencias o referentes internacionales. Su misión, dice, debe enfocarse en sumar al mundo un trabajo que refleje la identidad de su país" (párr. 6).

Mussfeldt también menciona que, en las asesorías y talleres con estudiantes de la Universidad Casa Grande, trabajó y, al inicio, evitó revisar referencias. Procura que los estudiantes desarrollen este proceso con la identificación de su mirada interior. Deben recoger sus propias ideas "desde ellos mismos". Esto exige y motiva un proceso de autoconocimiento, pero los resultados son increíbles (León, 2019).

Este proceso que describe Mussfeldt parece ser atípico, pues la búsqueda de referencias, sobre todo con la facilidad que hoy provee la web para encontrarlos, es el procedimiento común que emplean los diseñadores. Ahora bien, se considera que, cuando esta práctica se instrumentaliza tecnológicamente, se ejerce de forma meramente intuitiva y se subestima o no se logran integrar adecuadamente los procesos conceptuales analíticos. El uso de referencias como método comúnmente empleado carece de un criterio de selección de calidad y un conocimiento histórico contextual de su génesis. El proceso de investigación de referencias se convierte en una búsqueda superficial de formas novedosas, más que de referentes culturales y pertinentes al caso, que permitan conocer a profundidad y con un criterio histórico, teórico y técnico el código gráfico a emplear.

## Metodología

En el campo de la cultura visual, como menciona Chaves (2021), el diseñador debe participar de un amplio y profundo conocimiento del caso. Debe nutrir su formación de la mano de expertos, quienes le señalarán lo que es mejor; además, deben saber discriminar qué tiene calidad y qué no. El concepto calidad es complejo de definir a nivel gráfico; sin duda, un camino que orienta es la selección realizada por expertos que es difundida en libros, revistas, páginas especializadas, etc. Estas selecciones son curadas también por editores idó-

neos que tienen un gran reconocimiento y formación en ese ámbito. Es, de esta manera, que en este artículo se realiza una selección de marcas públicas que cumplen con el criterio de ser seleccionadas por expertos o reconocidos profesionales en el campo del Diseño Gráfico. Esta selección se ha logrado mediante una investigación documental. Para su análisis, se realiza una contextualización histórica con los sucesos y características del tiempo en que fueron producidos.

Otro aspecto fundamental que se consideró para poder seleccionar estas referencias es la definición temporal. Tal como Chaves (2021) men-

ciona, los signos identificadores gráficos se desarrollan a la par que el género humano, por lo que el recorte del universo de estudio es importante para poder realizar este trabajo.

La práctica del Diseño de signos de identidad y, específicamente, de entidades públicas del Ecuador, posiblemente nace como un oficio técnico vinculado a las artes gráficas. Considerarla como una actividad especializada de Diseño tomó mucho más tiempo y la consecución de algunos factores. De esta manera, se parte de la definición del origen del Diseño, que permite también definir los objetos que pertenecen a él, tal como lo plantea Campi (2013). Se considera, como punto de partida, la propuesta de Víctor Margolín y Ana Calvera, historiadores y teóricos del diseño contemporáneo.

Margolín (citado en Beltrán, 2014) menciona que tomó tres conceptos de partida para definir los períodos de estudio y origen del Diseño:

1. El diseño con «d» minúscula se ha dado en todo el mundo, en todo momento. Las personas han hecho artefactos que necesitan para vivir y también han inventado medios de comunicación para relacionarse unos con otros.
2. El diseño con «D» mayúscula es la historia del diseño desde la Revolución Industrial, la cual incluye los orígenes de la producción masiva, aunque ocurre antes de la Revolución Industrial y la comunicación masiva.
3. El diseño moderno se ha arraigado en todo el mundo, desde el fin de la Segunda Guerra Mundial.

Desde esta perspectiva amplia, se podría, por ejemplo, estudiar los signos de identidad gráfica desde el primer intento de independencia del Ecuador, el 10 de agosto de 1809, que fue el inicio u origen de la constitución de la República. En ese proceso existen muchos signos que van configurando lo público y funcionan como medios de comunicación y relación.

Este estudio sería amplio y, posiblemente, pondría en cuestión el origen y prácticas de producción de estos signos, que están vinculados al campo del Diseño en el país. De esta manera, se puede enfocar aún más el estudio y proponer una relación más cercana con lo que hoy conocemos como la práctica profesional del Diseño Gráfico.

De esta manera, se integran, en segunda instancia, los tres aspectos propuestos por Calvera (2010), quien plantea un cambio en el paradigma y se centra en el concepto, antes que en la función de los hechos o acontecimientos. Estos aspectos son la integración del diseño a los procesos de producción seriada que propone una clara división del trabajo: el diseño como movimiento cultural en donde se le asigna una misión social como práctica estética y la institucionalización de la profesión, que evidencia la organización de los diseñadores en gremios y entidades. Esto sucede a mediados del siglo XX y después de la Segunda Guerra Mundial.

Por lo mencionado, se consideraría como un primer recorte temporal a los logos diseñados desde años posteriores a 1945 y que cumplen con las funciones de reproducción seriada. Estos responden a una práctica estética y aportan a la construcción de la modernización del país dentro de una actividad cultural relevante.

Para profundizar el análisis, y después de ubicar el contexto histórico temporal de cada signo, se revisarán las características formales para comprender, como se ha mencionado, los códigos gráficos de este sector marcario. Los identificadores gráficos, al ser una tipología extensa pero acabada, permiten identificar los respectivos subtipos que orienten a definir las nuevas posibilidades de emisión (Chaves, 2021). Para este análisis, se emplean dos de los quince criterios de calidad propuestos por Chaves y Beluccia (2008), así como por Chaves y Cassisi (2023). Estos criterios son tipología marcaria y compatibilidad estilística; estos son los principales criterios a definir cuando se inicia el proceso de diseño conceptual de un signo de identidad.

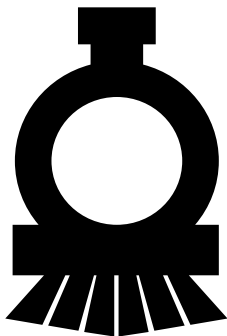
## Resultados

Si bien en Ecuador se considera aún más tardía la consolidación del Diseño Gráfico como disciplina, se pueden identificar algunos signos de identidad diseñados para entidades públicas desde años posteriores a 1945, de acuerdo con el primer origen mencionado por Calvera. Es desde este momento cuando se dan las condiciones sociales, económicas y políticas para la creación de muchas de las instituciones públicas y la necesidad de crear su identidad. En el gobierno de Galo Plaza (1948-1952) se moderniza al Estado y orienta la economía a las condiciones de Estados Unidos, que se consolidaba en la posguerra (Ayala, 2012) El Ecuador empezaba una etapa de estabilidad que duraría hasta 1960.

Los primeros logos que se han podido identificar y que configuran la identidad de instituciones públicas del Ecuador, a partir de 1945, son del ámbito de servicios y explotación de recursos. Por ejemplo, se puede hablar, en el sector de transporte, del ferrocarril, con la Empresa de Ferrocarriles del Estado (Figura 1); en el sector de la electricidad, se podría observar a la Empresa Eléctrica de Quito (Figura 2); en la aviación, a la Empresa Estatal Ecuatoriana de Aviación (Figura 3); en el sector financiero, se tiene al Banco Central del Ecuador (Figura 4); y, en el sector petrolero, a la Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana (Figura 5).

**Figura 1**

*Marca de la Empresa de Ferrocarriles del Estado (EFE). Anónimo, 1951*



*Nota.* Adaptado de Iturralde y Mogroviejo (2004, p. 72).

**Figura 2**

*Marca de la Empresa Eléctrica Quito. Anónimo, 1955*



*Nota.* Adaptado de Iturralde y Mogroviejo (2004, p. 70).

**Figura 3**

*Marca de la Empresa estatal Ecuatoriana de Aviación. Anónimo, 1956*



*Nota.* Adaptado de Iturralde y Mogroviejo (2004, p. 75).

**Figura 4**

*Marca del Banco Central del Ecuador, 1969*



*Nota.* Propuesta por Hernán Crespo Toral en 1969. Adaptado de Montalvo (2009, p.

**Figura 5**

*Marca de la Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana. Anónimo, 1971*



*Nota.* Adaptado de Iturralde y Mogroviejo (2004, p. 69).

De esta manera, los logos de las figuras 1, 2, 3, 4 y 5 se puede considerar que se encuentran en la transición de las artes gráficas y el desarrollo de la disciplina propia del diseño gráfico en el Ecuador. Estos signos, tipológicamente, están constituidos por un símbolo, en el caso de la figura 1, 2, 3 y 4; los símbolos, en el caso de la figura 1 y la figura 4, son figurativos (ferrocarril y máscara). En la figura 2 y en la 3, son símbolos tipográficos, constituidos por la inicial del nombre de la empresa: Empresa Eléctrica Quito y Ecuatoriana de Aviación, respectivamente.

En el caso de la figura 5, su tipología es logotipo con un filete geométrico de respaldo, en donde el logotipo está constituido por las siglas del nombre. A nivel estilístico, se observa que predomina la síntesis gráfica geométrica en su composición, que connota modernidad, atemporalidad, sobriedad, calidad y es de carácter corporativo. Estas características formales son muestras de la incidencia a nivel gráfico del racionalismo, característica propia del proyecto moderno que se extiende en occidente en estas décadas.

También se destaca el uso de un mayor grado de iconicidad en el símbolo de la marca del Banco Central del Ecuador (Figura 4). La máscara de oro, empleada como símbolo del tesoro nacional, pertenece a la cultura La Tolita, que se desarrolló desde el 500 a.C. hasta el 500 d.C. Esta cultura ocupó una franja costera de aproximadamente 500 km entre Colombia y Ecuador.

Desde el final de la década de los años sesenta e inicios de los setenta, empieza la consolidación del Diseño Gráfico en el Ecuador. Moya (1997) menciona que solo a mediados de los años sesenta y principios de los setenta se puede definir el inicio del diseño moderno en Ecuador. Además, se considera a esta etapa como la de origen de la identidad gráfica.

Este proceso estuvo incentivado por la exportación de banano y flores y, sobre todo, el boom petrolero que promovió, en el país, el desarrollo de la industria, el comercio, los servicios y, en general, una modernización acelerada de las ciudades principales como la capital, Quito, el puerto principal, Guayaquil, y la ciudad austral de Cuenca (Calisto & Calderón, 2014). Esta transformación económica y social, alineada con el desarrollo capitalista, propició el crecimiento de la disciplina del Diseño por medio de la demanda de gráfica publicitaria y de identidad institucional que exigía el producir imágenes para identificar y diferenciar lo producido. La comunicación de marca y producto empieza su desarrollo especializado (Calisto & Calderón, 2014).

La formación de profesionales en Diseño Gráfico también se hizo necesaria, ya que este campo lo ejercían, tradicionalmente, personas con formación empírica en los oficios y las artes gráficas vinculadas a las tradiciones de la imprenta, el grafismo y la rotulación popular (Garcés, 2009).

La llegada del norteamericano McGee a Quito, y la del alemán Peter Mussfeldt a Guayaquil, a finales de los sesenta, así como la creación del grupo de diseño Tosca y la agencia *Versus Design*, respectivamente, se consideran como el hito de inicio de esta disciplina a nivel profesional en el país. En este período, se diseñan los logos de instituciones públicas como son los del Banco del Pacífico (1972), de Peter Mussfeldt, (Figura 6); así como la del banco Caja de Crédito Agrícola y Ganadero (1979), por Juan Lorenzo Barragán (Figura 7). (Moya, 1997; Diseño en Ecuador, 2014).

Si bien la mayoría de logos de identidad en esta etapa se desarrollaron para instituciones culturales y sociales y empresas privadas, las identidades de las instituciones, organizaciones y servicios públicos en el país se consolidan de gran manera. Por ejemplo, el logo de Banco del Pacífico es considerado como uno de los diez mejores logos bancarios del mundo, en un estudio realizado por el Doctor Joan Segura y publicado por el diario Cinco Días de Madrid (Mussfeldt, s.f.).



**Figura 6**

Marca del Banco del Pacífico. Peter Mussfeldt, 1972



Nota. Adaptado de Diseño en Ecuador (2014).

**Figura 7**

Marca del Banco Caja de Crédito Agrícola y Ganadero. Juan Lorenzo Barragán, 1979



Nota. Adaptado de Calisto y Calderón (2014, p. 123).

Otros signos de identidad de instituciones, organizaciones y servicios públicos que constituyen parte del patrimonio de la cultura visual nacional, que se desarrollan en este período y que son considerados entre los más importantes, son los siguientes:

**Figura 8**

OCEPA-Organización Comercial Ecuatoriana de Productos Artesanales (entidad adscrita al Ministerio de Industrias y Comercio). Anónimo, 1980



Nota. Adaptado de Calisto y Calderón (2014, p. 123).

**Figura 9**

Marca del Parque Botánico. Paula Barragán, 1989



Nota. Adaptado de Calisto y Calderón (2014, p. 168); Moya (1997, p. 42); y Diseño en Ecuador (2014).

**Figura 10**

Marca del Servicio de Transporte Público-Trole Bus Quito. Diego Corrales, 1996



Nota. Adaptado de Calisto y Calderón (2014, p. 259).

En las marcas diseñadas desde la década de los setenta a los noventa, se encuentra que, tipológicamente, todas se constituyen por un símbolo más logotipo. Indistintamente, el símbolo es geométrico tipográfico (Banco del Pacífico), geométrico figurativo (Banco Caja de Crédito Agrícola y Ganadero) y geométrico abstracto (Trole). De igual forma, los símbolos figurativos (Ocepa y Parque Botánico de Quito) incorporan una transición formal hacia lo orgánico.

A nivel estilístico, se mantiene, en la mayoría de los casos, el uso básico de la geometría y síntesis gráfica. Estos son propios de la racionalidad moderna, como se ha mencionado; sin embargo, se inicia con el uso de formas orgánicas y tipografías personalizadas que enriquecen el estilo gráfico y también como un signo del cambio de tiempo hacia la postmodernidad. Es también una respuesta a la racionalidad que desconoce los rasgos identitarios particulares.

Es importante mencionar que recién en el año 1989 se forma en Quito la primera asociación de Diseñadores Gráficos de Pichincha (ADG). Este es el punto de partida de la agremiación y, como menciona Calvera, se convierte en el tercer factor decisivo para que se visibilice la actividad disciplinar.

Si se hace un paréntesis en la selección antológica, es importante reflexionar sobre el aspecto ético de la originalidad del diseño de las marcas gráficas que se mencionó en la introducción. En los años 90, se inician reflexiones y se pone atención en este aspecto, pues la incidencia del acceso masivo a las imágenes por medio del uso de internet provoca comportamientos de pastiche. El proceso de diseño que responde a un trabajo de investigación y conceptualización comprometido, y en donde las soluciones planteadas sean pertinentes y consistentes gráficamente, empieza a ponerse en duda en algunos casos.

Al finalizar los años noventa, se publica en la revista Papagayo, de la Asociación de Diseñadores Gráficos. Este es el primer caso que se podría considerar de referencia directa. En ella, se hablaría sobre el logo de la empresa de telefonía pública del litoral ecuatoriano, Pacifictel.

**Figura 11**

Marca de la empresa pública de telefonía Pacifictel. Autor desconocido, 1998



*Nota.* Se aduce que su referencia directa sería la marca de Square D, diseñada por el estudio Graphica, de Greensboro, en E.U.A, en 1996. Adaptado de Montalvo (2009, p. 12).

Moya (1997) menciona cómo, en esta práctica extendida desde los años ochenta, se hace presente cada vez más el uso antiético de la imagen, la presencia de la copia o modificaciones a imágenes existentes propios del pastiche. Se trata de una anacronía, con relación al carácter singular que los signos de identidad deben tener.

Si se continúa con la descripción del desarrollo de los logos de entidades públicas, se observa cómo, poco a poco, van transformando sus características formales y referencias icónicas. De esta manera, en esta transición se puede identificar la incorporación de elementos figurativos y estilos gráficos pictóricos y orgánicos en los signos identitarios de las siguientes décadas. Peter Mussfeldt, precursor de la gráfica ecuatoriana, señala que, desde los sesenta a los noventa se puede distinguir una fuerte tendencia a querer romper un esquema visual muy formal, sin importar si esas soluciones son acertadas o desacertadas (Moya, 1997).

Esto se puede observar con mayor claridad en los siguientes logos:

**Figura 12**

*Marca del Ministerio del Ambiente. María Belén Mena, 1998*



*Nota.* Primer Premio y Ganador Categoría Instituciones Gubernamentales y ONGs- Primer concurso de logos, Asociación de Diseñadores Gráficos del Ecuador, 2000. Adaptado de Calisto y Calderón (2014, p. 261) y Moya et al. (2000, p. 12).

**Figura 14**

*Marca para el Museo Antropológico y de Arte Contemporáneo (MAAC). Peter Mussfeldt, 2000*



*Nota.* Adaptado de Calisto y Calderón (2014, p. 359); Diseño en Ecuador (2014).

**Figura 13**

*Marca del Parque Histórico de Guayaquil. Connie Hunter, 2000*



*Nota.* Mención, Primer concurso de logos, Asociación de Diseñadores Gráficos del Ecuador, 2000. Adaptado de Moya et al. (2000, p. 17).

**Figura 15**

*Marca del Ministerio del Desarrollo Humano. Geovanna Almeida, 2003*



*Nota.* Segundo Lugar, Categoría Logotipos, V Bienal de Diseño Gráfico, Ecuador, 2004. Asociación de Diseñadores Gráficos, Papagayo #30, 2005. Adaptado de Calisto y Calderón (2014, p. 327).

**Figura 16**

Marca empresa Municipal Quito Turismo. Anónimo, 2003



Nota. Adaptado de Molina (2015, p. 13).

**Figura 17**

Marca para el aniversario 25 de Quito-Primer Patrimonio Cultural de la Humanidad. Pablo Iturralde, Giotto (Latinbrand) y Belén Mena, 2003



Nota. Adaptado de Calisto y Calderón (2014, p. 301).

**Figura 18**

Marca para el Museo Etnohistórico de Artesanías del Ecuador (MINDALAE). Gisela Calderón y Jorge Tite, 2005



Nota. Adaptado de Calisto y Calderón (2014, p. 359).

Los logos presentados en las figuras anteriores corresponden, de igual manera, a la tipología símbolo más logotipo. A nivel estilístico, se puede observar el empleo de formas icónicas que corresponden a signos del patrimonio natural y cultural del país. Los elementos del pasado, representados en figuras arqueológicas, y los elementos provenientes de la diversidad natural están presentes; esto demuestra el anhelo por encontrar y proponer nuevas formas de expresión que nos diferencien y resalten el valor de nuestra cultura e identidad. La gráfica precolombina de algunas culturas como la Valdivia, Machalilla o Chorrera está presente en los logos de OCEPA (Figura 8) en el del MAAC (Figura 14), en el de Quito Turismo (Figura 16) y en el del MINDALAE (Figura 18).

La gráfica primitiva semejante a los petroglifos también ha formado parte de estos nuevos lenguajes de construcción de identidad. Por ejemplo, se puede mencionar el logo de Arts-Américas (Figura 19), triunfador de la 3era Bienal de Diseño gráfico del Ecuador. Este logo fue diseñado por Sandro y Silvio Giorgi.

**Figura 19**

Marca para Arts – América, Galería de Arte en Línea. Sandro y Silvio Giorgi, 2000



Nota. Adaptado de Calisto y Calderón (2014, p. 309).

Si bien el predominio de los elementos precolombinos es evidente, también se han empleado, durante el período de consolidación de la gráfica nacional, signos gráficos del tiempo de la colonia y la república. Estos elementos están presentes, por ejemplo, en el logo de la Fundación Estampería Quiteña (Figura 20). Otro elemento presente es la naturaleza abundante y diversa del país, que está representada en las marcas públicas, como se puede observar en el logo del Parque Botánico de Quito (Figura 9), Ministerio del Ambiente (Figura 12), Quito Turismo (Figura 14) y del MINDALAE (Figura 18).

**Figura 20**

Marca para la Fundación Estampería Quiteña. Paula Barragán y Ana Fernández, 1990



Nota. Premio mención en el primer concurso de logos organizado por la Asociación de Diseñadores Gráficos en el 2000. Adaptado de Calisto y Calderón (2014, p. 187); Lazo (2014, p. 133); Moya *et al.* (2000, p. 15).

Si bien los dos logos anteriores de las figuras 19 y 20 pertenecen a instituciones privadas, se los incluye con el fin de evidenciar los elementos formales gráficos de identidad que se emplean en este período de tiempo. Estos conforman los elementos gráficos estilísticos que construyen la identidad institucional del país.

Otro hito importante para la identidad de signos de bien público es el rediseño de la identidad del Teatro Nacional Sucre, en el año 2004 (Figura 21). Este proyecto fue escogido por Michael Hodgson, el editor del libro *Recycling and Redesigning Logos*, como uno de los mejores proyectos a nivel mundial.

**Figura 21***Rediseño del Logo del Teatro Nacional Sucre. Latinbrand, 2004*

El logotipo que había estado utilizando el Teatro provenía de una imagen de los planos arquitectónicos de la restauración realizada en el año 2000.

*Nota.* Adaptado de Hodgson (2010).

Este se puede considerar como el primer logo rediseñado de una institución pública del país. Se realiza en el año 2004, como parte de la conformación de la Fundación del Teatro Nacional Sucre, que pasa a administrar este y otros teatros públicos de la ciudad y que pertenece al Cabildo Quiteño.

Las marcas de las administraciones locales también han tenido su presencia a nivel público. Un ejemplo de esto es la identidad gráfica de la alcaldía de la ciudad metropolitana de Quito, capital del Ecuador, en el período 2000-2009. En esos años, la alcaldía era presidida por el político y militar retirado Paco Moncayo. Este proyecto se considera uno de los hitos del Diseño gráfico, por su sistematicidad e implementación ordenada que aportó a la identidad de la ciudad. Propone un estilo moderno geométrico regular que abandona, de alguna manera, los rasgos de elementos del pasado histórico o icónicos de la ciudad.

**Figura 22**

Marca para el Municipio de Quito. Pablo Iturralde, Giotto (Latinbrand) y Belén Mena, 2005



Nota. Adaptado de Calisto y Calderón (2014, p. 300).

Otra marca que se elaboró en este período, con el propósito de comunicar el valor turístico del país y que hacía referencia a nuestras condiciones de biodiversidad, fue la elaborada en el año 2004 por Juan Lorenzo y Paula Barragán para el Ministerio de Turismo (Figura 23). Esta marca se propuso durante el gobierno del presidente Lucio Gutiérrez.

**Figura 23**

Marca turística del Ecuador. Paula Barragán, 2004



Nota. Adaptado de Calisto y Calderón (2014) y Lazo 2014 (p. 134).



A partir del año 2000, se hacen presentes también como elementos de la identidad en la gráfica ecuatoriana aspectos de la cultura popular que acentuarían aún más esta tendencia a romper esquemas gráficos muy formales. En las cuatro décadas de consolidación de la disciplina, lo que predomina son los elementos del pasado y la naturaleza; ambos elementos han sido resignificados en el tiempo y proponen una visión contemporánea que busca encontrar una identidad socavada. En ella, lo precolombino, posiblemente, es lo que nos caracteriza después de la conquista española, como lo menciona Lazo (2014). El autor analiza, mediante varios casos, el diseño gráfico generado en los últimos 50 años y su relación con el patrimonio histórico, cultural y natural del país.

Es claro que esta tendencia formal a romper con la excesiva síntesis formal geométrica abstracta o figurativa, presente en las primeras épocas, e incorporar elementos identitarios culturales o naturales no solo constituye una innovación estilística en el diseño. Refleja también un cambio de época, la transición a la postmodernidad, en donde se ponen en juicio, a nivel estético, los principios modernos.

A partir del año 2007, en el que asume la presidencia del Ecuador el economista Rafael Correa, se realiza un importante rediseño de las marcas de las secretarías de estado. Este rediseño de más de una veintena de logos (figura 24) fue cuestionado por su carácter extra técnico, en donde la injerencia del poder político sobre el patrimonio de la gráfica pública se evidencia en su utilización como instrumento de propaganda.

**Figura 24**

*Logotipos rediseñados de las secretarías de estado. Uma Creativa, 2008*



*Nota. Adaptado de Grafitat (2009).*

Sobre los logos rediseñados de Ministerios y Secretarías presentados en la figura 24, Moya menciona que el conjunto presenta una incoherencia gráfica. Hay problemas en la selección tipográfica, en la síntesis, la proporción, la seriedad y sobriedad. Además, hay logos que evocan un significado equivocado y lo único uniforme es el color.

Menciona que se han destrozado logos importantes como el del Ministerio de Salud, aunque valora la intención del Gobierno de mejorar la comunicación. Sin embargo, piensa que el rediseño de los logos fue un costo muy alto para pagar, pues las imágenes son visibles, educan y construyen una mirada estética en la población (Montalvo, 2009).

Sobre la incorporación de elementos figurativos presentes en nuestro patrimonio cultural y natural en los signos de identidad públicos rediseñados en el gobierno de Correa, Montalvo (2009) identifica que estos referentes estarían más vinculados con nuestra cultura que los abstractos y simbólicos. Sin embargo, le inquieta el uso de estos signos de identidad pues, al hacer énfasis en el tricolor, su uso connota el de propaganda y no de comunicación visual.

Esta valoración por lo figurativo también se encuentra en la opinión publicada por Celma (2016), en donde destaca, entre más de una veintena de logos que se rediseñaron, solo a seis por su estilo geométrico y sencillo y los tres cuerpos bien diferenciados a los que se les asigna el tricolor. Entre estos, se encuentra el logo del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (figura 25). Este logo, con escasas líneas, representa a una res, un pez y una hoja. Sin embargo, no se logra identificar al autor de este trabajo.

### Figura 25

*Rediseño de la marca del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, valorada por su calidad gráfica y por tener referentes de identidad local*



*Nota. Adaptado de Celma (2016).*




Como se observa en este último signo identitario, se puede identificar un equilibrio entre lo figurativo y lo geométrico. Esto parece, nuevamente, anticipar un cambio de época, una síntesis entre modernidad y postmodernidad. También faltan algunos signos identitarios presentados en los últimos años, como el del Instituto Ecuatoriano de Propiedad Intelectual (IEPI) o del Museo Nacional del Ecuador (MUNA). Estos dos han sido diseñados por Peter Mussfeldt y son el producto de transiciones o cambios institucionales que han exigido el rediseño de sus marcas gráficas. El rediseño también será un tema para analizar en otro momento.

### Discusión

Como se ha podido revisar en esta selección antológica, el diseño de signos de identidad de entidades públicas se inserta en el contexto social, político y económico del país y del tiempo en donde se desarrollan. Para que esta revisión sea un instrumento de investigación útil para el diseño de nuevos signos de identidad de entidades públicas, se integra a continuación un cuadro de análisis (figura 26).

Figura 26

Cuadro de análisis de signos de identidad de entidades públicas del Ecuador

Figura			
Temporalidad	1951 - 1955 - 1956 - 1971 - 1972 - 1996 - 2000 - 2003 - 2005	1979 - 1980 - 1998 - 2000 - 2003 - 2003 - 2005 - 2008	1969 - 1989 - 1990 - 2000 - 2004 - 2004
Tipología	En la gran mayoría, su tipología es símbolo más logotipo. Solo dos son logotipos (CEPE y QUITO); el uno tiene un marco y el otro es retocado.	Todos son símbolo más logotipo	Todos son símbolo más logotipo
Estilo	Predominancia de la síntesis geométrica de elementos figurativos, abstractos y tipográficos.	Presencia de síntesis geométrica con una transición hacia lo orgánico, en elementos principalmente figurativos	Presencia del detalle en lo geométrico en uno (Teatro Nacional Sucre) y lo orgánico figurativo en todos los demás.
Imagen	Mayoría abstracta, algunas tipográficas y una figurativa. Se resalta el uso simbólico más que el representativo. Poca presencia de referencias de identidad patrimonial cultural o natural.	Mayoría icónica, una icónica-tipográfica. Su función simbólica es menor que la función representativa. Mediana presencia de referencias de identidad patrimonial cultural o natural.	Todas son icónicas. La función simbólica es menor aún sobre la función representativa. Alta presencia de referencias de identidad patrimonial cultural o natural.
Tipografía	Todas emplean fuentes Sin Serifa y, en su mayoría, de tipo Bold	Emplean, en su mayoría, fuentes con serifa, retocadas, personalizadas e integran el uso de las minúsculas	Emplean variedad de fuentes. Con Serifa, Sin Serifa, Personalizadas. Retocadas.

En el cuadro presentado, se puede observar tres grupos de signos de identidad. En ellos se han podido identificar ciertas características temporales, tipológicas, estilísticas y, en este aspecto, algunos detalles sobre el uso de la imagen y la tipografía. Se observa que no hay un patrón en cada grupo a nivel temporal. Esto permite identificar que el uso racional de la síntesis geométrica propia de la modernidad se sobrepone y resignifica permanentemente, mientras la incorporación de referencias figurativas de identidad patrimonial cultural o natural también es permanente, aunque

sí se observa una mayoritaria tendencia formal a su uso. A nivel tipológico, se observa mayoritariamente el uso de símbolo más logotipo en todos los grupos. Es escasa la tipología de logotipo puro, con fondo, filete o retocado. Se observa que, cuando la imagen es menos figurativa o icónica, su función es más simbólica. La síntesis gráfica no es un criterio homogeneizador; como se ve en el tercer grupo, la predominancia es el detalle y la representación figurativa.

## Conclusión

En el diseño de los signos de identidad de las entidades públicas presentadas se puede definir como parámetro principal a la tipología símbolo más logotipo; ahí, la función de la imagen puede variar entre lo representativo a simbólico. El uso tipográfico, de igual manera, es flexible; no hay un solo patrón. Si bien en los resultados presentados algunos autores mencionan que nuestra característica identitaria mayor es lo figurativo y en la mayoría de logos se observa esta tendencia, también se observa que está presente lo abstracto simbólico. Esto evoca más bien hacia un sincretismo e integración de concepciones modernas y postmodernas en el diseño.

Finalmente, se plantea que se debe evitar el uso de los signos de identidad como parte de estrategias de propaganda política que refuercen la imagen del gobierno de turno. Es también el propósito de este artículo sensibilizar, mediante el reconocimiento de nuestro patrimonio cultural visual, para cuidarlo. Además, se debe exigir que la injerencia de la informalidad y el desconocimiento técnico especializado, mediante el uso y abuso de referencias sin conocimiento y análisis y la instrumentalización política, no socaven y destruyan nuestra valiosa cultura gráfica. Es imperativo su cuidado y, sobre todo, la exigencia para que el diseño o rediseño de los nuevos signos que se propongan partan con conocimiento de lo existente.

**Declaración de conflicto de intereses:** El autor declara no tener conflictos de interés.

**Declaración de contribución del autor:** A continuación, se menciona la contribución del autor, en correspondencia con su participación, utilizando la Taxonomía Crédito:

- Xavier Fernando Jiménez Álvaro: Análisis formal, Conceptualización, Curaduría de datos, Investigación, Metodología, Redacción-borrador original.

## Referencias

- Ayala, E. (2012). *Resumen de Historia del Ecuador*. Corporación Editora Nacional.
- Beltrán, F. (2014). *Historia mundial del diseño, entrevista a Víctor Margolin*. FORO ALFA.
- Calisto, M. L., y Calderón, G. (2014). *Diseño Gráfico en Quito - Ecuador 1970-2005*. Imprenta Noción.
- Calvera, A. (2010). Cuestiones de fondo: la hipótesis de los tres orígenes del diseño. En I. Campi (Ed.), *Diseño e historia. Tiempo, lugar y discurso*. (pp. 63-86). Designio.
- Campi, I. (2013). *La historia y las teorías historiográficas del Diseño*. Editorial Designio.
- Celma, D. (2016). *Los Logos Gubernamentales de Ecuador*. Relevant.
- Chaves, N. (2021). *Marca Gráfica. Corporativa, Institucional y de Lugar*. Experimenta Libros.
- Chaves, N. y Beluccia, R. (2008). *La Marca Corporativa: gestión técnica del diseño de signos identificatorios institucionales*. Paidós.
- Cháves, N., y Cassisi, L. (2023). *Tipología de marcas. Curso de especialización*. FORO ALFA.
- Diseño en Ecuador. (2014). Logos / Peter Mussfeldt. *Haremos Historia*. <https://www.haremoshistoria.net/noticias/logos-peter-mussfeldt>
- Garcés, A. L. (2009). Rotulación: Nuevas interpretaciones de un antiguo oficio en Rosero, Santiago (Ed.), *OJO AL AVISO Una panorámica de la gráfica, el diseño, el arte y la comunicación visual popular* (1era ed., p. 204). La Cajonera.
- Grafitat. (2009). Nuevos logos del sector público. *Grafitat*. <http://www.grafitat.com/2009/08/18/nuevos-logos-del-sector-publico/>
- Hodgson, M. (2010). *Recycling and Redesigning Logos: A Designer's Guide to Refreshing & Rethinking Design*. Rockport Publishers.
- Iturralde, P., y Mogroviejo, P. (2004). *Duales y recíprocos. La comunicación visual del Ecuador*. Asociación de Diseñadores Gráficos.
- Lazo, J. C. (2014). Diseño Gráfico y Patrimonio. *Universidad Verdad*, (64), 119-146.
- León, D. (Marzo de 2019). Peter Mussfeldt: Siempre sentí que tenía algo que decir. *El Universo*. <https://www.eluniverso.com/larevista/2019/03/10/nota/7221203/peter-mussfeldt-siempre-senti-que-tenia-algo-que-decir>
- Molina, M. R. (2015). *Uso del quinde y la estrella como símbolos generadores de la identidad visual de la marca ciudad de Quito, por parte de Quito Turismo* (Doctoral dissertation, Quito: Universidad de los Hemisferios, 2015).
- Montalvo, N. (2009). Nuevos logos del sector público entre la comunicación y la propaganda. *Revista Retrovisor*, (62), 9-12.
- Moya, R. (1997). *Logos. Logotipos e Isotipos Ecuatorianos*. Ediciones TRAMA.
- Moya, R., Barragán, J. L., y Benavides, M. (2000). 1er concurso de logos. *Papagayo #17*.
- Mussfeldt, P. (s.f.). Marca del Banco del Pacífico, 1972. *Behance*. <https://www.behance.net/gallery/59893129/Marca-Banco-del-Pacifico-1972>
- Wong, W., y Wong, B. (2004). *Diseño gráfico digital*. Editorial Gustavo Gili, SA.





UNIVERSIDAD  
DEL AZUAY

Casa   
Editora

DAYA

diseño, arte y arquitectura

· 2024 ·

