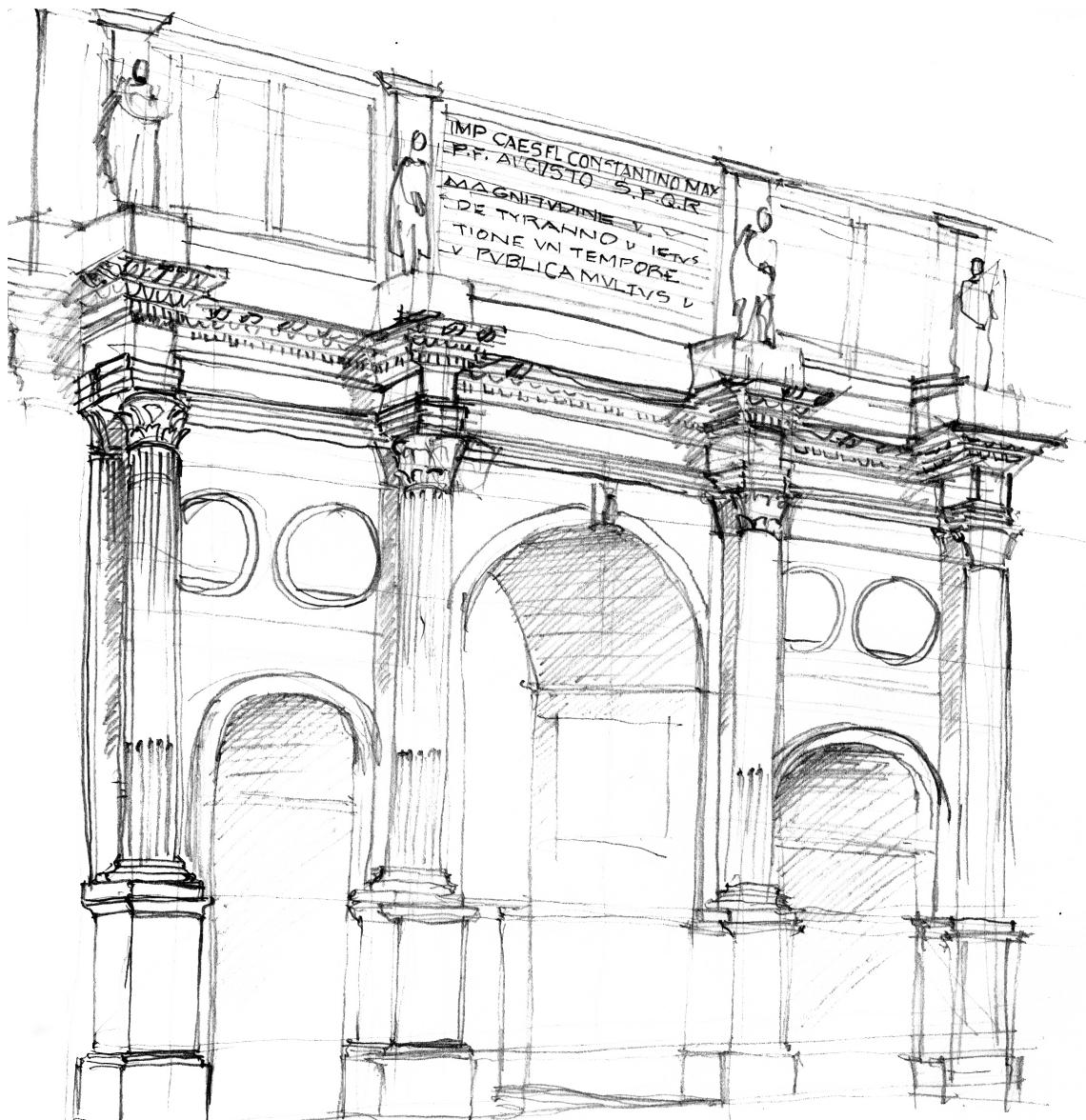


AVANCE

Revista Científica del Sistema de Investigación
de la Facultad de Arquitectura -SIFA-

Año_14 Vol_25_2024 No_2

ISSN impreso 2308-3328 / ISSN electrónico 2959-5983



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

FACULTAD DE
ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

directorio

latindex 

AVANCE

Revista Científica del Sistema de Investigación
de la Facultad de Arquitectura -SIFA-

Año_14 Vol_25_2024 No_2

ISSN impresa 2308-3328

ISSN electrónico 2959-5983



Portal de Revistas de Guatemala
"Id y enseñad a todos"

Revistas Indexadas
U S A C

ARLA  Asociación de Revistas
Latinoamericanas
de Arquitectura



AVANCE

Revista arbitrada e indexada de la Facultad de Arquitectura

Universidad de San Carlos de Guatemala

Segundo semestre 2024 de julio a diciembre • Año 14 • Volumen 25 • número 2

Autoridades

Universidad de San Carlos de Guatemala

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis
Rector

Lic. Luis Fernando Cordón Lucero
Secretario General

Facultad de Arquitectura Junta Directiva

Arq. Sergio Francisco Castillo Bonini
Decano

Lic. Ilma Judith Prado Duque
Vocal II

Arq. Mayra Jeanett Díaz Barrillas
Vocal III

Oscar Alejandro La Guardia Arriola
Vocal IV

Laura del Carmen Berganza Perez
Vocal V

M.A. Arq. Juan Fernando Arriola Alegría
Secretario Académico

Directores

Facultad de Arquitectura

Arq. Sergio Francisco Castillo Bonini
Decano

M.A. Arq. Juan Fernando Arriola Alegría
Secretario Académico

Arq. Francisco Ronaldo Herrarte González
Dirección de Planificación

Dr. Arq. Miguel Ángel Chacón Veliz
Dirección de Escuela de Posgrado

Dr. Mario Raúl Ramírez de León
Dirección de Investigación (†)

MSc. Arq. Alenka Irina Barreda Taracena
Dirección de Escuela de Arquitectura

MSc. Erika Grajeda Godínez
Dirección de Escuela de Diseño Gráfico

El objetivo de la Revista Avance

Promover la investigación, el desarrollo y la difusión del conocimiento sobre la arquitectura a través de un instrumento científico en donde se publican artículos originales de alta calidad sobre la arquitectura, el urbanismo y el diseño gráfico para la reflexión, problematización y la confrontación de ideas que tiene como fin la creación de una comunidad académica alrededor de estas disciplinas.

Publica semestralmente los resultados de los proyectos que están ejecutando los investigadores de la Facultad de Arquitectura y los artículos de profesores y profesionales que colaboran con la revista.

Avance publica en formato digital e impreso, en ambos se indica la manera de comunicarse con los responsables de los artículos. La revista es arbitrada bajo el sistema de doble ciego.

Para publicación de artículos

avance@farusac.edu.gt
Facultad de Arquitectura, USAC,
Campus Central zona 12, Edificio T2.
PBX: 2418-9000

La reproducción total o parcial del contenido, figuras y tablas de esta publicación se rige de acuerdo con normas internacionales sobre derechos de autor, expresado en la licencia Creative Commons (CC-BY-NC-SA 4.0)



Consejo Editorial	Servicio de información
Director General	Latindex
Arq. Sergio Francisco Castillo Bonini	www.latindex.org
Decano	Portal Revista AVANCE FARUSAC
Facultad de Arquitectura - USAC	http://revistaavance.usac.edu.gt/index.php
Editora	ISSUU
Mtr. Enma Aracely Barrera Valle	http://issuu.com/divulgacionfarusac (Ediciones de la 01 a la 05)
Coordinadora	Página Web
Unidad de Divulgación y Relaciones Públicas	www.farusac.edu.gt
Facultad de Arquitectura - USAC	Portal de revistas de Guatemala
Diseño y Diagramación	www.revistasguatemala.usac.edu.gt
Digitalización de ilustraciones	ARLA
Lic. Nelly Betzabé Salgado Morales	http://arla.ubiobio.cl/index.php?r=inscripcion-revista-arla%2Frevistas_directorio
Unidad de Divulgación y Relaciones Públicas	Fliphtml5.com
Facultad de Arquitectura - USAC	https://fliphtml5.com/bookcase/qpsjx/
	Facebook Revista Avance Farusac
	https://www.facebook.com/profile.php?id=61575902614373

Bocetos de portada, contraportada y portadillas
 Autoría del Dr. Arq. Mario Raúl Ramírez de León (†),
 como un tributo a su memoria en la última edición editada por su persona.

<p>Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Arquitectura. Revista Avance Año 14, Volumen 25, No. 2. Segundo semestre 2024 de julio a diciembre. No. de páginas: 128. Impreso en papel bond interiores y husky portada y contraportada. A partir del volumen 6 el formato cambia de tamaño 8.5 x 11" a 7 x 9.75". A partir del volumen 16 la portada contiene ilustraciones en la portada y contraportada. Disponible en: https://ojs.farusac.edu.gt/index.php/avance/index Autores: Varios. De los textos: Sus autores. De las imágenes: Sus autores. Todos los derechos reservados. Imprime: CTP Publicitaria. Impreso en Guatemala, mayo 2025.</p>

Cartera de árbitros

Comité científico nacional

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Arquitectura

Alma del Socorro De León Maldonado
Maestra en Estudios Urbanos y Regionales
Consultora Independiente
Guatemala

Jorge Mario López Pérez
Doctor en Arquitectura
Facultad de Arquitectura
Guatemala

Ana Verónica Carrera Vela
Maestra en Diseño Arquitectónico
Facultad de Arquitectura
Guatemala

Juan Luis Morales Barrientos
Doctor en Arquitectura
Facultad de Arquitectura
Guatemala

Brenda Janeth Porras Godoy
Doctora en Historia del Arte
Facultad de Arquitectura
Guatemala

María Isabel Cifuentes Soberanis
Maestra en Planificación, manejo y diseño ambiental
y Maestra en criminología
Facultad de Arquitectura
Guatemala

Brenda María Penados Baldizón
Arquitecta
Consultora Independiente
Guatemala

Miguel Ángel Chacón Veliz
Phd en Geografía
Facultad de Arquitectura
Guatemala

Dafné Adriana Acevedo Quintanilla de López
Maestra en Diseño y Planificación del Paisaje
Facultad de Arquitectura
Guatemala

Raúl Estuardo Monterroso Juárez
Doctor en Arquitectura
Facultad de Arquitectura
Guatemala

Danilo Ernesto Callén Álvarez
Doctor en Arquitectura
Facultad de Arquitectura
Guatemala

Roxana Haydee Gómez Alvarado
Doctora en Dinámica Humana y Salud mental
Consultora Independiente
Guatemala

Irene del Carmen Tello Mérida
Maestra en Urbanismo
Facultad de Arquitectura
Guatemala

Sonia Mercedes Fuentes Padilla
Doctora en Arquitectura
Facultad de Arquitectura
Guatemala

Javier Quiñonez Guzmán
Doctor en Arquitectura
Conservador de La Antigua Guatemala.
Consejo Nacional para la Protección de
La Antigua Guatemala
Guatemala

Cartera de árbitros

Comité científico revisores internacionales

Agnes Jeane Soto
Doctora en Arquitectura
Científica independiente
Suecia

Francesca Giofrè
Phd en Tecnología de la Arquitectura
Vicedecano Facultad de Arquitectura,
Universitá degli studi di Roma, Sapienza
Roma

Ada Esther Portero Ricol
Doctora en Ciencias Técnicas
Universidad Tecnológica de la Habana
CUJAE
Cuba

Ivan San Martín Córdova
Doctor en Arquitectura
Profesor Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
México

Amaya Larrucea Garritz
Doctora en Arquitectura
Profesor Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
México

Mónica Cejudo Collera
Doctora en Arquitectura
Profesor Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
México

Manuel Antonio Chávez
Maestro en Arqueología
Instituto Nacional de Antropología de México
INAH
México

Comité científico revisores nacionales

José Edgardo Cal Montoya
Doctor en Historia Europea y Mediterránea
Profesor de Historia de la Escuela de Historia - USAC
Guatemala

Olga Edith Ruiz
Doctora en Ciencias Políticas y Sociales
Profesora Departamento de Investigación
Educativa, División de Desarrollo Académico,
Dirección General de Docencia - USAC
Guatemala

Luis Fernando Urquizú Gómez
Doctor en Historia del Arte
Profesor Escuela de Historia - USAC
Guatemala

Susana Palma Rodríguez de Cuevas
Doctora en Arquitectura
Profesor Escuela de postgrados
Facultad de Arquitectura, USAC
Guatemala

Alice Burgos Paniagua
Doctora en Educación
Directora de la
Dirección General de Docencia, USAC
Guatemala

Mario Francisco Ceballos Espigares
Doctor en Arquitectura
Ex Profesor Escuela de postgrados
Facultad de Arquitectura, USAC
Consultor Independiente
Guatemala

Glenda Rodríguez Rivera
Arquitecta
Miembro de Asociación Tikal
Guatemala

Tabla de contenido

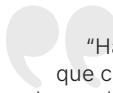
ARTÍCULOS

Un futuro desbordado: la enseñanza de la arquitectura en la era de la IA. <i>An Overwhelmed Future: Teaching Architecture in the Age of AI.</i>	
<i>Dr. Byron Alfredo Rabe Rendón. Guatemala, Ciudad de Guatemala</i>	12
Aplicación educativa, ADC (Adaptar el Diseño al Contexto)	
Evaluación educativa de la Aplicación educativa.	
<i>Educational application (Adapting Design to Context)</i>	
<i>Educational evaluation of the educational application.</i>	
<i>Dra. Olga Edith Ruiz. Guatemala, Ciudad de Guatemala.</i>	
<i>T.U. Evelyn Josefina Osorio Castillo. Guatemala, Ciudad de Guatemala.....</i>	34
π_{XY} Radial en la utopía de arquitectura holográfica	
sobre modelos geométricos descriptivos.	
<i>Radial π_{XY} in the utopia of holographic architecture on descriptive geometric models.</i>	
<i>Dra. Cecilia E. Sandoval-Ruiz. Venezuela, Ciudad Valencia.....</i>	46
Líquenes que afectan el patrimonio edificado, en el centro histórico	
de la ciudad de Guatemala, por el método de bioindicadores.	
<i>Lichens that affect the built heritage, in the historic center of Guatemala City,</i>	
<i>by the bioindicator method.</i>	
<i>Dra. Olga Edith Ruiz. Guatemala, Ciudad de Guatemala.....</i>	68
Escenarios para la rehabilitación de acueductos, una ruta a la conservación.	
Caso del Acueducto del Padre Tembleque.	
<i>Scene for the rehabilitation of aqueducts, a route to conservation.</i>	
<i>Case of the aqueduct's padre tembleque.</i>	
<i>M.C. Emmanuel de Jesús Martínez Pelcastre. México.....</i>	84

ENSAYO

La Plaza de San Sebastián de la Nueva Guatemala,	
una aproximación como obra de arquitectura de la ciudad.	
<i>San Sebastián Square in Nueva Guatemala, an approximation of the city's architectural work.</i>	
<i>MSc. Urb. Carlos Luis Alberto Ayala Rosales. Guatemala, Ciudad de Guatemala.....</i>	110

Editorial



"Hay un cúmulo de verdades esenciales que caben en el ala de un colibrí, y son, sin embargo, la clave de la paz pública, la elevación espiritual, y la grandeza de la sociedad."

-José Martí-

Al igual que en los versos de Martí, el doctor Mario Raúl Ramírez de León, tejía relaciones en la academia, sobre todo al momento de conciliar y estrechar vínculos con los diferentes actores que confiaron sus diversos artículos, ensayos, reseñas, entre otros géneros académicos que hoy conforman este número de la Revista Avance. El doctor Ramírez de León, volcó todo su esfuerzo, tiempo y por supuesto su experiencia para que esta revista alcanzara reconocimiento y prestigio en el ámbito académico más allá de las fronteras patrias. Además, realizó un trabajo invaluable para establecer vínculos tanto a nivel nacional como internacional, facilitando colaboraciones y la conformación de una cartera de árbitros. Esta cartera incluye los Comités Científicos Nacionales de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), el Comité Científico Internacional y el Comité Científico de Revisores Nacionales de la USAC. Otro logro de la revista es la creación de su portal electrónico, donde se encuentra alojada la colección completa de todos los números publicados en formato digital, los cuales puedes ser descargados de manera gratuita, dirigida a la comunidad académica y al público interesado, además contiene una métrica de las visitas recibidas.

El número 25 de la Revista Avance tuvo un significado especial para el Dr. Ramírez de León. Desde el número 8, cuando asumió como Director del Sistema de Investigación de la Facultad de Arquitectura (SIFA), la revista se ha publicado de manera ininterrumpida cada año, consolidándose como un logro destacado en su trayectoria dedicada a la difusión del conocimiento.

Un dato significativo es que, a lo largo de sus quince años de existencia, la revista ha publicado un total de 132 artículos, 3 reseñas, 3 informes técnicos, 1 ponencia, 3 ensayos, 1 entrevista y 1 carta al editor.

El número. 25 de la Revista Avance contiene seis artículos que abordan diversas temáticas.

Inicia el Dr. Byron Rabe, Profesor Titular de la Facultad de Arquitectura (FARUSAC), quien ofrece una revisión titulada "Un futuro desbordado: la enseñanza de la Arquitectura en la era de la IA", donde analiza el impacto de las tecnologías digitales y la inteligencia artificial en la enseñanza de la arquitectura. En su artículo, explora cómo la convivencia entre tradición e innovación ha dado lugar a nuevos escenarios en un tiempo caracterizado por el cambio acelerado.

Por su parte, la Dra. Edith Ruiz, Profesora Titular del Departamento de Investigación de la División de Desarrollo Académico (DDA), junto con la Técnico Universitario Evelyn Josefina Osorio Castillo, auxiliar de investigación de la misma división, presentan el artículo "Aplicación Educativa ADC (Adaptar el Diseño al Contexto) y su evaluación educativa". Este trabajo documenta una experiencia realizada con estudiantes del curso de Diseño Arquitectónico III en FARUSAC.

Dentro de las colaboraciones internacionales, la Dra. en Ingeniería Cecilia Sandoval Ruiz, de la Universidad de Carabobo en Venezuela, expone en su manuscrito "π xy Radial en la utopía de arquitectura holográfica sobre modelos geométricos descriptivos", un estudio sobre la interpretación de complejos arquitectónicos. Su investigación examina la alineación de los elementos arquitectónicos no como objetos aislados, sino como parte de un tejido dinámico programable.

En otro artículo de la Dra. Edith Ruiz presenta una reseña titulada "Líquenes que afectan el patrimonio edificado en el Centro Histórico de la Ciudad de Guatemala, por el método de bioindicadores". En ella, analiza los efectos de los agentes antrópicos, ambientales y climáticos en la degradación del patrimonio construido, abordando su estudio desde una perspectiva multidisciplinaria que integra arquitectura, psicología, sociología y biología.

Por su parte, el M.Sc. Emmanuel de Jesús Martínez Pelcastre, del Instituto Politécnico Nacional de México, contribuye con el artículo "Escenarios para la rehabilitación de acueductos: una ruta a la conservación. Caso del acueducto del Padre Tembleque". En este texto, destaca la importancia de este acueducto como patrimonio mundial hidráulico novohispano y analiza los desafíos que enfrenta su conservación, tales como la estabilidad de sus arquerías y tomas terminales, señalando la falta de una planificación adecuada.

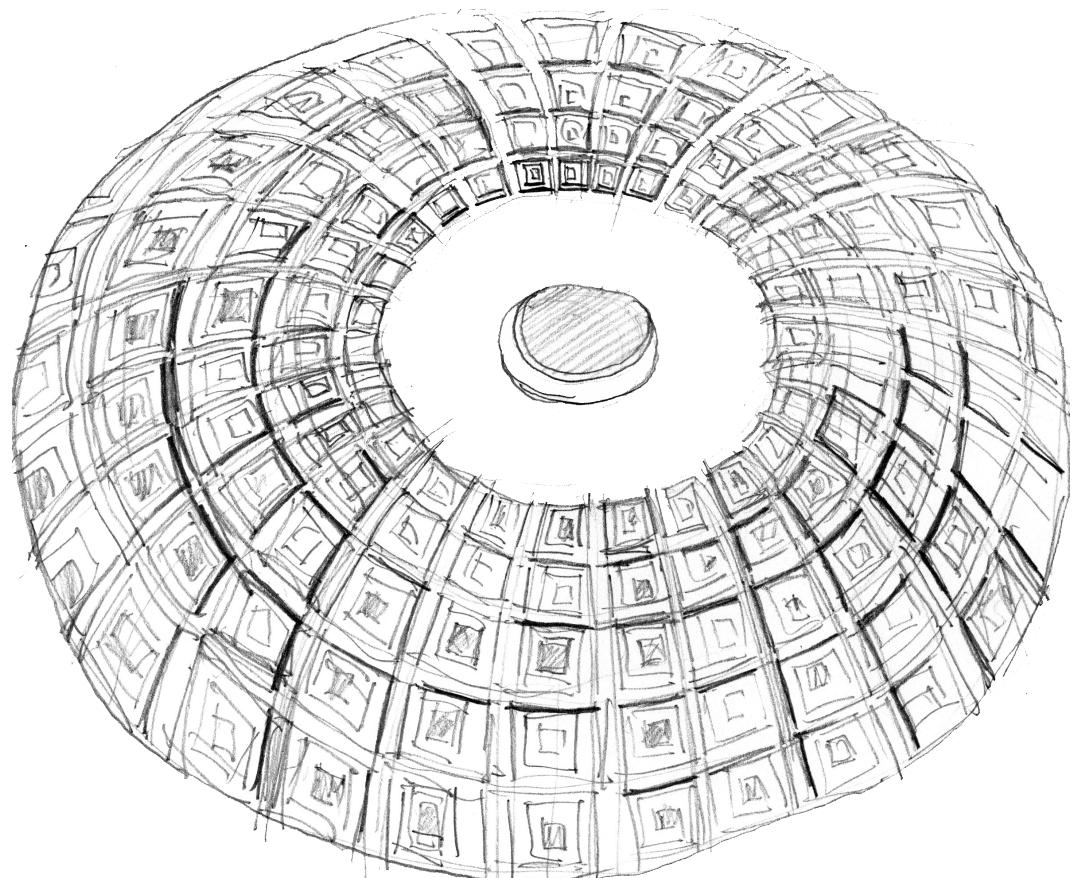
Finalmente, el Mtro. Arq. Carlos Ayala Rosales, Profesor Titular de FARUSAC, presenta el artículo "La Plaza de San Sebastián de la Nueva Guatemala: una aproximación como obra de arquitectura de la ciudad". En él, examina la traza urbanística de la Nueva Guatemala de la Asunción bajo el régimen hispano-colonial, destacando la introducción de cuatro plazas de cuadra entera con emplazamientos equidistantes de la plaza central o Plaza Mayor.

En conclusión, el reconocimiento póstumo al Dr. Mario Raúl Ramírez de León, ex Profesor Titular y ex Director de la Dirección de Investigación de la Facultad de Arquitectura (DIFA), honra su legado como un auténtico "Estudiante Eterno"*. Su visión seguirá inspirándonos a fomentar espacios de diálogo, análisis, discusión y reflexión, pero, sobre todo, a cultivar la empatía en la construcción de una sociedad del conocimiento que trascienda más allá de los muros de su alma mater que tanto amó.

Dra. Olga Edith Ruiz
Profesora-Investigadora, Titular VIII
Departamento de Investigación
División de Desarrollo Académico -DDA-

* Dr. Carlos Martínez Duran, ex Rector Magnífico de la Universidad de San Carlos de Guatemala, "Tiempo y substancia del estudiante eterno", publicado en el año de 1956.

ARTÍCULO



Autor del boceto
Dr. Arquitecto Mario Raúl Ramírez de León.

Un futuro desbordado: la enseñanza de la arquitectura en la era de la IA

*An Overwhelmed Future: Teaching
Architecture in the Age of AI*

Dr. Byron Alfredo Rabe Rendón* 
Facultad de Arquitectura
Universidad de San Carlos de Guatemala.
<https://orcid.org/0009-0000-5408-2038>
Guatemala, Ciudad de Guatemala.

Fecha de recepción: 08 de octubre de 2024.

Fecha de aceptación: 15 de noviembre de 2024.

Correo: byron.rabe@farusac.edu.gt

Resumen

La irrupción vertiginosa de las tecnologías digitales y el acelerado avance de la inteligencia artificial están reconfigurando la educación en arquitectura. Este campo, donde convergen tradición e innovación, vive una transformación que genera tanto fascinación como inquietud y demanda una revisión urgente de los procesos formativos. Lo que antes se perfilaba como un futuro lejano ha llegado de golpe, creando la sensación de que el tiempo se ha desbordado y ha traído consigo escenarios que hasta hace poco pertenecían a la ciencia ficción. Para algunos, estos avances abren un horizonte de oportunidades sin precedentes; para otros, representan una amenaza que pone en riesgo los métodos tradicionales de enseñanza y ejercicio profesional.

Este estudio examina cómo la tecnología ha modificado y expandido las posibilidades creativas y funcionales en la enseñanza y práctica de la arquitectura. Herramientas como el diseño generativo y las simulaciones avanzadas permiten a los arquitectos explorar una diversidad de alternativas de diseño, prever con precisión los impactos ambientales y estructurales, y contribuir a la creación de espacios más resilientes y sostenibles. Sin embargo, junto con estas promesas, también surgen desafíos inquietantes: cuestiones laborales, éticas y legales de gran magnitud que no pueden ser ignoradas.

Palabras clave:

Inteligencia Artificial, Arquitectura, Transformación educativa, Diseño generativo, Educación superior.

* Arquitecto, con maestrías en Administración Pública y en Docencia Universitaria, un posgrado en Arquitectura turística para el desarrollo sostenible y otro en Migración y Urbanismo. Es doctor en arquitectura candidato a doctor en Investigación Social. Docente de arquitectura y diseño gráfico por más de 40 años. Fue decano de la Facultad de Arquitectura y actualmente es Titular en la Dirección de Investigación de la Facultad de Arquitectura de la USAC.

Abstract

The accelerated rise of digital technologies and the accelerated advancement of artificial intelligence are reshaping architectural education. This field, where tradition and innovation converge, is undergoing a transformation that generates both fascination and unease, demanding an urgent reassessment of educational processes. What once seemed like a distant future has suddenly arrived, creating the feeling that time has overflowed, bringing scenarios that, until recently, belonged to the realm of science fiction. For some, these advances open an unprecedented horizon of opportunities; for others, they represent a threat that jeopardizes traditional methods of teaching and professional practice.

This study examines how technology has altered and expanded the creative and functional possibilities in the teaching and practice of architecture. Tools such as generative design and advanced simulations allow architects to explore a wide range of design alternatives, predict environmental and structural impacts with precision, and contribute to the creation of more resilient and sustainable spaces. However, alongside these promises, there also emerge troubling challenges: labor, ethical, and legal issues of great magnitude that cannot be ignored.

Keywords:

Artificial Intelligence, Architecture, Educational Transformation, Generative Design, Higher Education.

 La IA permitirá a los arquitectos alejarse cada vez más de los procesos administrativos y centrarse más en los problemas de diseño [...] Permitirá que una persona de un estudio pequeño se concentre en lo que disfruta y en lo que es bueno, que es el diseño. **Des Fagan**¹ 

¹ Des Fagan, director de Arquitectura de la Universidad de Lancaster y miembro del grupo asesor de expertos del RIBA. Entrevista disponible en: "Artificial Intelligence: How Are Architects Using AI Right Now and What Are They Using It For?" Royal Institute of British Architects (RIBA), 29 de febrero de 2024.

Introducción

Nos encontramos en una intersección en la que las fuerzas del cambio tecnológico irrumpen con la intensidad de una tormenta, sacudiendo las estructuras que antes parecían inmutables. La arquitectura, símbolo de lo estable y lo perdurable, ve cómo algunos de sus cimientos conceptuales comienzan a desprenderse. El avance imparable de la inteligencia artificial y las tecnologías digitales ha transformado su esencia, convirtiendo lo manual y tangible en códigos, datos y simulaciones. Un campo que alguna vez representó la convergencia entre tradición y vanguardia ahora tambalea entre la nostalgia de un pasado concreto y un porvenir incierto.

Ese futuro, que alguna vez intentamos anticipar, ya nos ha alcanzado, y ha sido implacable. El tiempo se ha comprimido, apilando posibilidades que hasta hace poco eran parte de un horizonte lejano. En esta era de lo instantáneo, las nuevas generaciones, moldeadas por experiencias vertiginosas, han aprendido a percibir la fragilidad de la existencia. Viven aferradas a un presente-futuro, conscientes de la volatilidad que los rodea. Sus necesidades han cambiado: buscan saberes que les ofrezcan autonomía, y herramientas para sobrevivir en este ecosistema donde el conocimiento debe ser inmediato y aplicable.

Estas generaciones habitan una realidad en la que lo virtual y lo físico se entrelazan en un continuo, atrapados en un hechizo tecnológico que evoca una reinterpretación moderna del laberinto de Dédalo. Como arquitectos errantes de un nuevo mito, vagan por un intrincado laberinto digital, como los universos distópicos de *Black Mirror* o los paisajes oníricos de *Inception*, donde lo tangible y lo irreal se funden en una visión arquitectónica y urbana inverosímil. El espacio arquitectónico se ha transformado en un paisaje irreal, donde la ciencia ficción se convierte en el referente que intenta ofrecer sentido a una realidad fragmentada entre el mundo tangible y el ciberespacio. En este contexto, se levanta un nuevo relato, una historia híbrida que redefine el arte de construir en una era de conexión, desconexión y reconexión.

Este estudio examina las piezas dispares de una realidad en transformación, donde la arquitectura, como disciplina, se ve empujada por la IA y las nuevas tecnologías a redibujar sus contornos, a repensar su función en una época donde las fronteras entre lo real y lo virtual se disuelven. Se exploran herramientas como el diseño generativo y las simulaciones avanzadas, que nos ofrecen no solo imaginar nuevos espacios, sino prever sus impactos en el mundo que habitamos. Sin embargo, junto a estas promesas, acechan desafíos que no pueden ser ignorados, sombras que se proyectan sobre el brillante resplandor de la innovación.

Estamos, quizá, ante una *nueva normalidad* dentro de otra que aún no hemos terminado de comprender. Híbridos, no solo de conocimientos y tecnologías, sino de inquietudes y esperanzas, de un pasado que no se resigna a desaparecer y de un futuro que irrumpen sin pedir permiso. En este mar de incertidumbre, la enseñanza de la arquitectura se debate entre lo que debe conservarse y lo que debe dejarse atrás. Y en ese espacio intermedio, se abre el terreno para reflexionar sobre cómo formar a quienes diseñarán el mundo de mañana.

Aunque estas tecnologías se nos presentan como el augurio de una nueva era de

eficiencia y creatividad, también arrojan un desafío titánico: la capacidad humana, y la de nuestras instituciones, para adaptarse y asimilar este avance imparable sin perderse en su marea. Las universidades, antaño templos del conocimiento, se encuentran ahora en una encrucijada, donde su misión es preparar a los profesionales del futuro, dotándolos de las herramientas para descifrar los códigos de esta realidad digital. Sin embargo, si el sistema educativo no se ajusta al vertiginoso pulso de lo nuevo, los estudiantes y profesionales comenzarán a buscar fuera, en los atajos de un conocimiento más rápido, lo que el formalismo académico no logra ofrecerles. Así, la educación tradicional corre el riesgo de opacarse, como una reliquia en un mundo que, con cada nuevo avance, se va alejando más de sus viejas formas y estructuras.

Este estudio cualitativo, de carácter exploratorio y descriptivo, examina cómo la rápida irrupción de las tecnologías digitales y la inteligencia artificial (IA) ha transformado profundamente la educación superior, con un enfoque especial en la formación arquitectónica. Estas innovaciones no solo afectan el diseño y la práctica de la arquitectura, sino que obligan a una renovación constante tanto en profesionales como en docentes, quienes deben desaprender enfoques tradicionales y adoptar nuevas herramientas. Como ha sucedido antes en la arquitectura, donde los dibujos manuales fueron sustituidos por herramientas como CAD y posteriormente por el modelo BIM, ahora la IA introduce un cambio aún más profundo. Este avance no es una simple actualización técnica; implica un replanteamiento conceptual que obliga a los arquitectos de manera contundente, a dejar atrás métodos arraigados para repensar sus procesos y adaptarse a nuevas dinámicas.

Es necesario reconocer las recientes transformaciones tecnológicas en la arquitectura, evaluando tanto sus oportunidades como sus riesgos e implicaciones éticas, sociales y educativas. Dado el ritmo acelerado de estos cambios, el estudio insiste en la adaptación de los programas académicos y las prácticas profesionales a un entorno tecnológico en constante evolución, que se redefine a cada paso.

Para la recolección de datos, se realizó una revisión exhaustiva de fuentes secundarias, abarcando artículos académicos, informes de organismos internacionales y documentos especializados en IA, educación y arquitectura. Las fuentes fueron seleccionadas bajo criterios de relevancia, actualidad y pertinencia, utilizando estudios publicados en bases científicas como *SpringerLink* y *Scielo*, junto con informes de instituciones de renombre como la UNESCO y el *Royal Institute of British Architects* (RIBA). También se incorporaron análisis que reflejan las tendencias tecnológicas y las prácticas arquitectónicas que, como corrientes subterráneas, están moldeando el presente y el futuro del campo.

Los datos obtenidos incluyen estudios de casos, informes estadísticos y encuestas recientes, como la del RIBA en 2024. Además, se incluyeron perspectivas críticas sobre los retos éticos y legales derivados del uso de la IA, que deben seguir a cada avance.

La estructura de este artículo sigue un orden lógico y coherente, que parte de una visión panorámica de la acelerada adopción de tecnologías digitales y su impacto en la práctica arquitectónica. Desde allí, se sumerge en las implicaciones que estos avances tecnológicos tienen para la enseñanza de la arquitectura, explorando cómo están transformando tanto los métodos de aprendizaje como los contenidos educativos. La organización temática se estructura en cuatro ejes principales: la nueva normalidad, el impacto de la IA en la arquitectura, las herramientas digitales, y la transformación de la educación superior. Esta estructura permite una comprensión integral de los desafíos que plantea esta nueva era, abordando tanto las cuestiones técnicas como las pedagógicas y éticas. Finalmente, el análisis desemboca en conclusiones que sintetizan los hallazgos principales del estudio y esbozan nuevos caminos para enfrentar los desafíos emergentes que modelan, no solo el presente, también el futuro de la formación y la práctica profesional en arquitectura.

Una nueva normalidad

La adopción acelerada de tecnologías digitales ha transformado profundamente la educación y otros aspectos clave de la sociedad, impulsada por eventos disruptivos como la pandemia de COVID-19. Este cambio que se ha conocido como *la nueva normalidad*, ha implicado la implementación de nuevas medidas de salud, la expansión del teletrabajo y la educación en línea, así como una rápida adaptación a la incertidumbre. Como resultado, los contenidos y métodos de enseñanza, al igual que las dinámicas entre estudiantes y docentes, han sido redefinidos.²

Las instituciones educativas están obligadas a adoptar un enfoque dinámico que integre herramientas digitales y avances tecnológicos en sus programas académicos. Esto no solo amplía el alcance del aprendizaje, sino que también familiariza a los estudiantes con innovaciones que podrían definir sus futuras profesiones. Sin embargo, la enseñanza no debe centrarse exclusivamente en la transmisión de habilidades técnicas. Es esencial fomentar competencias como la adaptabilidad, el pensamiento crítico, la resolución de problemas y el aprendizaje continuo, ya que son fundamentales en el contexto actual.

El pensamiento crítico habilita a los estudiantes para evaluar situaciones desde múltiples perspectivas, mientras que la adaptabilidad es vital en un entorno en constante cambio. La capacidad de resolver problemas es clave para abordar escenarios imprevistos, y el aprendizaje continuo se ha vuelto indispensable, dado el ritmo acelerado de los avances tecnológicos y la expansión del conocimiento. Estas competencias deben estar en el núcleo de la formación académica si se pretende que los estudiantes no solo se preparen para sus carreras, sino que también puedan contribuir significativamente a la sociedad, adaptándose a los desafíos y aprovechando las oportunidades que surjan.

² UNESCO. "La Educación Superior en la Nueva Normalidad." 2020. <https://www.iesalc.unesco.org/2020/11/11/el-dia-despues-retos-de-la-educacion-superior-ante-la-nueva-normalidad/>

La crisis sanitaria a principios de la década impulsó de manera acelerada la transformación tecnológica. Herramientas que parecían lejanas, como el teletrabajo, la educación en línea y la telemedicina, se integraron rápidamente como normas en pocos meses. Este cambio no surgió como una opción, sino como una necesidad para asegurar la continuidad de prácticas que habían estado en marcha durante siglos. Sin embargo, esta transición vertiginosa también reveló las carencias en nuestra capacidad para gestionar transformaciones de tal envergadura.

La adopción masiva de estas tecnologías evidenció su capacidad para sostener actividades esenciales en tiempos de crisis. El teletrabajo permitió que muchas empresas siguieran operando, la educación en línea evitó interrupciones mayores en el aprendizaje, y la telemedicina ofreció una opción segura para el cuidado de la salud. Sin embargo, esta aceleración también dejó en claro la brecha digital: aquellos sin acceso a una conexión estable, dispositivos adecuados o habilidades tecnológicas fueron marginados, lo que exacerbó las desigualdades sociales y económicas preexistentes.

Por otro lado, la rápida adaptación a las nuevas herramientas tecnológicas, en medio de la incertidumbre, generó altos niveles de estrés y ansiedad. Muchos tuvieron que ajustarse a entornos laborales y educativos inestables, sin contar con el apoyo necesario, lo que intensificó las tensiones. Esta crisis no solo puso a prueba nuestra capacidad de adaptación, sino que también reveló las carencias en la preparación para un futuro marcado por la tecnología.

Si bien la aceleración de la digitalización puede parecer un avance positivo, resulta imprescindible desarrollar políticas y estrategias que no solo consoliden los logros obtenidos, sino que también enfrenten las desigualdades que han emergido. La gestión justa y equitativa de la tecnología será crucial para asegurar que sus beneficios se distribuyan sin agravar las disparidades sociales. Este momento abre una oportunidad para diseñar un futuro más inclusivo, en el que el acceso a la tecnología permita a más personas aprovechar los avances.

No obstante, la "nueva normalidad" en la educación superior trae consigo desafíos importantes. La brecha digital, la necesidad de formación continua para docentes y estudiantes, así como la gestión de la privacidad y la seguridad de los datos, son algunos de los obstáculos por resolver. Sin embargo, estas dificultades también crean oportunidades para innovar y mejorar la calidad educativa, fortaleciendo a las instituciones para enfrentar con mayor resiliencia los retos del futuro.³

La arquitectura y la IA

La arquitectura está entrando en una nueva era, marcada por la fusión de tecnología avanzada, sostenibilidad y diseño innovador. La integración de la inteligencia artificial (IA) promete transformar profundamente el proceso de diseño y construcción, abriendo nuevas posibilidades para los arquitectos y redefiniendo los límites tradicionales

³ Scielo, "Educación Superior, Modalidad Híbrida en Tiempos de Pospandemia: Una Revisión Sistemática," 2023, http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2631-28162023000100009.

de la profesión. A medida que la IA se incorpora en las prácticas arquitectónicas, no solo permite la creación de espacios más eficientes y adaptativos, sino que también introduce herramientas que optimizan cada etapa del desarrollo de proyectos, desde la conceptualización hasta la ejecución. Este avance impulsa la creatividad y refuerza el compromiso con la sostenibilidad, generando edificios más ecológicos y autosuficientes que responden a las necesidades contemporáneas y anticipan los desafíos venideros.

Un indicador significativo de esta transformación es la encuesta publicada en febrero de 2024 por el Royal Institute of British Architects (RIBA)⁴, que revela que un 41% de las prácticas arquitectónicas ya ha adoptado la IA, a pesar de su reciente accesibilidad para usuarios no especializados. Un número significativo de estudios ha comenzado a utilizar IA, aunque sea de manera ocasional. El informe incluye estudios de casos y artículos de expertos que examinan cómo la IA está transformando aspectos clave de la práctica, como el diseño computacional, la fabricación digital, la planificación urbana y la sostenibilidad ambiental. Aproximadamente una de cada tres prácticas está desarrollando activamente su oferta de servicios con IA, y un 11% se considera un innovador digital líder, mientras que el 19% se identifica como adoptador temprano.

Sin embargo, la adopción de la IA también genera preocupaciones y desafíos. La encuesta revela que un tercio de los arquitectos percibe la IA como una posible amenaza, aunque el mismo porcentaje no lo considera así. Des Fagan⁵ destaca que, aunque la IA puede hacer conexiones e inferencias útiles, todavía está lejos de reemplazar el juicio humano en la arquitectura. La IA no comprende el contexto histórico o las características particulares de cada sitio, lo que limita su capacidad para generar diseños que respondan plenamente a las especificaciones necesarias para la construcción. Además, se refiere a que la reciente normativa de construcción subraya la importancia de la competencia humana en el diseño y la toma de decisiones.

El futuro de la arquitectura está experimentando una transformación profunda con la integración de la IA en los procesos creativos y constructivos. Esta tecnología no solo está introduciendo nuevas formas de diseñar y proyectar, sino que también está provocando un replanteamiento integral de la formación y el ejercicio profesional de los arquitectos. La IA permite optimizar diseños y funcionalidades desde las primeras fases hasta la construcción final, abriendo un abanico de oportunidades innovadoras que obligarán a los profesionales a dominar nuevas herramientas tecnológicas. Este cambio exige abordar cuestiones éticas y legales, como los derechos de autor sobre las obras generadas mediante IA, lo que añade un nuevo nivel de complejidad a la práctica arquitectónica.

En esta era tecnológica, el diseño generativo se ha convertido en una de las herramientas más revolucionarias. Utilizando algoritmos de IA, permite a los arquitectos explorar múltiples escenarios de diseño al definir parámetros específicos, generando

⁴ Royal Institute of British Architects (RIBA). "Artificial Intelligence: How Are Architects Using AI Right Now and What Are They Using It For?" RIBA, 29 de febrero de 2024. <https://www.architecture.com/knowledge-and-resources/knowledge-landing-page/artificial-intelligence-in-architecture>.

⁵ Des Fagan, director de Arquitectura de la Universidad de Lancaster y miembro del grupo asesor de expertos del RIBA. Entrevista

automáticamente una variedad de soluciones que optimizan la estética, funcionalidad, sostenibilidad y eficiencia energética de los proyectos. Este proceso no solo automatiza tareas repetitivas, sino que también libera tiempo para que los profesionales se concentren en decisiones estratégicas y la resolución creativa de problemas, elevando la calidad y el impacto de sus propuestas arquitectónica.⁶

Por otra parte, las simulaciones avanzadas impulsadas por IA ofrecen la posibilidad de evaluar y predecir con precisión los impactos ambientales, la eficiencia energética y otros factores críticos en el diseño y construcción. Herramientas basadas en *machine learning* y *deep learning* permiten analizar datos históricos y prever futuros eventos, proporcionando modelos detallados que ayudan a mitigar riesgos y a tomar decisiones más informadas. Estas simulaciones abarcan desde el comportamiento estructural hasta la optimización del uso de recursos, promoviendo la creación de proyectos más sostenibles y resilientes.⁷

La fusión entre tecnología y sostenibilidad es un eje central de la arquitectura contemporánea. La utilización de materiales eco-amigables y la creación de edificios autosuficientes en términos energéticos son aspectos cada vez más relevantes en los nuevos diseños.⁸ Los arquitectos están adoptando un enfoque que no solo considera la funcionalidad de los espacios, sino también su impacto en el bienestar de las personas, promoviendo entornos inclusivos, accesibles y que se integren de manera armónica con el entorno natural y cultural.

En este contexto, la formación arquitectónica también debe transformarse, centrándose en el dominio de estas nuevas tecnologías. A medida que la IA se integra en los flujos de trabajo, es necesario que los futuros arquitectos desarrollen competencias que les permitan aprovechar estas herramientas al máximo, manteniendo a la vez los principios fundamentales de la disciplina, que se enfocan en crear espacios habitables, cómodos y que promuevan el bienestar humano. Así, la arquitectura del futuro será una fusión de tecnología, sostenibilidad e innovación, redefiniendo el papel del arquitecto y su relación con el entorno construido.

Este proceso de transformación, sin embargo, requiere que se reflexione también sobre las implicaciones éticas, sociales y políticas de la integración de IA en la arquitectura. Los derechos sobre las obras generadas, la equidad en el acceso a estas tecnologías y el impacto de la automatización en el empleo son aspectos que deberán ser debatidos y regulados adecuadamente para asegurar un futuro justo y sostenible.

⁶ Visionario del Futuro. "Inteligencia Artificial en la Arquitectura: Moldeando el Futuro del Diseño en 2024." AI Architect, 6 de febrero de 2024. <https://ai-architect.net/blog/Inteligencia-Artificial-en-la-Arquitectura-Moldeando-el-Futuro-del-Dise%C3%B1o-en-2024>.

⁷ Fundación CTIC. "IA Predictiva y Simulación." Fundación CTIC. Acceso el 24 de septiembre de 2024. <https://www.fundacionctic.org/es/tecnologias/ia-predictiva-y-simulacion>.

⁸ DesignMob. "El Futuro de la Arquitectura: ¿Cómo Será?" DesignMob, 1 de octubre de 2023. <https://designmob.es/el-futuro-de-la-arquitectura-como-sera/>.

El artículo de *Inteligencia Artificial 360*⁹ examina las consideraciones éticas y normativas que surgen con la integración de la IA en la arquitectura. Se destacan preocupaciones sobre la privacidad y la seguridad de los datos, así como la estandarización en la toma de decisiones. También se menciona la posible devaluación del juicio humano cuando la IA proporciona recomendaciones de diseño. El artículo enfatiza la necesidad de abordar estos desafíos éticos para garantizar que la IA se utilice de manera responsable y beneficiosa en el campo de la arquitectura.

De manera similar, *Zigurat* explora cómo la IA está transformando la arquitectura y las implicaciones éticas asociadas. Se discuten los beneficios de la IA, como la eficiencia y la innovación en el diseño, pero también se abordan los riesgos éticos. Estos incluyen la posibilidad de reproducir sesgos existentes y la necesidad de garantizar la transparencia y la responsabilidad en el uso de la IA. El artículo subraya la importancia de desarrollar marcos éticos sólidos para guiar la implementación de la IA en la arquitectura.¹⁰

La inteligencia artificial está transformando la arquitectura en varios aspectos clave. Según Des Fagan, uno de los usos más comunes es la visualización de ideas de diseño, donde herramientas como *Generative Fill* de Adobe permiten a los arquitectos modificar imágenes rápidamente mediante indicaciones textuales, facilitando la creación de escenas especulativas sin necesidad de contratar especialistas en renderización. Además, la IA está revolucionando la generación de diseños conceptuales, con aplicaciones como *Midjourney* y *D5 Render* que permiten iterar y explorar diferentes estilos y materiales en tiempo real, integrándose con sistemas de modelado como *Revit*, *SketchUp* y *Archicad*. También se está empleando en la generación de texto, con herramientas como *ChatGPT* que agilizan la redacción de informes, propuestas y tareas administrativas, lo que libera a los arquitectos para enfocarse más en la parte creativa. Por último, las grandes firmas están comenzando a aplicar aprendizaje automático a sus propios datos de proyectos pasados, optimizando así sus operaciones internas y creando recursos únicos sin depender de fuentes externas, lo que también mitiga posibles problemas de derechos de autor.¹¹

La IA está transformando profundamente el campo de la arquitectura, con especial énfasis en el diseño generativo. Este se refiere a la aplicación de algoritmos de IA para generar y optimizar diseños. Utiliza técnicas de aprendizaje automático para explorar múltiples posibilidades de diseño y encontrar soluciones óptimas según las restricciones y objetivos establecidos. Este enfoque permite a los arquitectos explorar una amplia gama de opciones de diseño, facilitando la creación de formas innovadoras y eficientes que cumplen con los requisitos específicos del proyecto.¹²

⁹ Inteligencia Artificial 360. "Impacto de la IA en la Arquitectura." Inteligencia Artificial 360, 31 de diciembre de 2023.

¹⁰ Zigurat. "Inteligencia Artificial en la Arquitectura: ¿Qué es y Cómo se Aplica?" Zigurat, 5 de diciembre de 2023. <https://www.e-zigurat.com/es/blog/inteligencia-artificial-en-la-arquitectura/>.

¹¹ Des Fagan. Entrevista...

¹² Chengyuan Li, et al. "Generative AI for Architectural Design: A Literature Review." arXiv, 30 de marzo de 2024. <https://arxiv.org/abs/2404.01335>.

Estas tecnologías han llevado al desarrollo de diversas herramientas que presentan oportunidades para la optimización del diseño mediante la experimentación rápida, lo que permite a los arquitectos probar diferentes opciones antes de tomar con una dirección que ante los rápidos cambios podrían volver a evolucionar.

Herramientas para el diseño generativo

La inteligencia artificial ha emergido como un catalizador en la evolución de la arquitectura contemporánea, aportando herramientas que están redefiniendo la manera en que los profesionales conciben y desarrollan sus proyectos. Estas tecnologías avanzadas están transformando procesos clave, desde la generación de anteproyectos hasta el análisis de viabilidad y la optimización urbana, integrando consideraciones ambientales y normativas de manera más eficiente y precisa.

Herramientas como Autodesk *Generative Design*,¹³ impulsada por IA, exploran múltiples opciones de diseño basadas en restricciones y objetivos específicos, permitiendo a los diseñadores e ingenieros generar soluciones óptimas en función del uso de materiales, la integridad estructural y la eficiencia energética. Por otro lado, Autodesk *Forma*¹⁴ combina el diseño generativo con análisis predictivo, permitiendo a los arquitectos evaluar opciones de diseño en tiempo real, optimizando el rendimiento del edificio desde las primeras fases. Mientras Generative Design se enfoca en optimizar componentes específicos, Forma aborda el diseño arquitectónico y urbano con un enfoque integral que incluye sostenibilidad y análisis predictivo.

En el ámbito de la visualización y el diseño conceptual, la IA ha potenciado herramientas de dibujo y modelado intuitivo. Aunque SketchUp no es nuevo, ha incorporado características basadas en IA que simplifican el proceso de modelado y permiten la creación rápida de formas complejas. Lo mismo sucede con Revit, que utiliza IA generativa para optimizar el flujo de trabajo y la coordinación entre diferentes disciplinas en proyectos BIM, así como AutoCAD, que ha integrado funciones de IA generativa para mejorar la precisión y eficiencia en el diseño.

En la fase de diseño conceptual, herramientas como Adobe *Firefly*,¹⁵ *Midjourney* y *Stable Diffusion* han demostrado su capacidad para generar múltiples opciones de diseño a partir de descripciones textuales, permitiendo a los arquitectos y diseñadores explorar creativamente sin necesidad de modelado detallado desde el inicio. *Stable Diffusion*, por ejemplo, destaca por su uso del aprendizaje profundo para generar imágenes realistas a partir de descripciones textuales, lo que facilita la exploración de diversos conceptos y estilos. Estas herramientas no solo aceleran el proceso, sino que también mejoran la comunicación interna y externa, facilitando la comprensión de los proyectos por parte de los clientes y colaboradores desde las primeras etapas (Staniul, 2024; Meira-Rodríguez y Vicente, 2024; y Tovar, 2023).

¹³ Autodesk. "Generative Design." Autodesk. Acceso el 18 de julio de 2024. <https://www.autodesk.com/solutions/generative-design>.

¹⁴ "Autodesk Forma: Cloud-based Platform for AEC." Autodesk, 2023. Acceso el 28 de septiembre de 2024. <https://www.autodesk.com/company/autodesk-platform/aec>.

¹⁵ Adobe. "El Poder de la IA Generativa en la Arquitectura: Adobe Firefly." Adobe, 2024. <https://www.adobe.com/es/products/firefly/discover/generative-ai-in-architecture.html>.

En el proceso de evaluación de la viabilidad de proyectos, *TestFit*¹⁶ es una herramienta que facilita el análisis y la toma de decisiones informadas en las etapas tempranas del diseño. Ajusta automáticamente los parámetros del proyecto a partir de datos del terreno y la topografía, asegurando el cumplimiento normativo. Esto permite a los profesionales identificar rápidamente las propuestas más viables, ahorrando tiempo y recursos.

La inteligencia artificial también ha transformado significativamente el campo del modelado tridimensional en arquitectura, y herramientas como *Kaedim*¹⁷ y *Sloyd.AI*¹⁸ son ejemplos destacados de esta evolución. Ambas utilizan tecnologías avanzadas, como el aprendizaje automático, las redes generativas y el procesamiento del lenguaje natural, para convertir diseños bidimensionales en modelos 3D detallados y precisos, y aportan valor específico al proceso de diseño arquitectónico.

En cuanto a la visualización y el renderizado, la IA ha permitido generar imágenes de alta calidad en tiempos significativamente reducidos. Esto es crucial para la presentación y comprensión de los proyectos. Herramientas como *Arko.ai*¹⁹ y *Veras*²⁰ permiten a los arquitectos crear representaciones fotorrealistas que ayudan a visualizar el resultado final del diseño. *Arko.ai* es una herramienta que utiliza IA para generar renderizados fotorrealistas a partir de modelos creados en *SketchUp*, *Rhino* y *Revit*. Esta tecnología permite a los arquitectos visualizar el resultado final de sus diseños de manera rápida y precisa, mejorando la comunicación con los clientes y facilitando la toma de decisiones durante el proceso de diseño.

La sostenibilidad es un aspecto central en la arquitectura contemporánea, y la IA juega un papel clave en su promoción. Herramientas como *Autodesk Forma* permiten a los arquitectos tomar decisiones informadas al proporcionar análisis detallados del impacto ambiental de sus proyectos. Esta plataforma facilita la simulación de factores como el consumo energético, el flujo de tráfico, la calidad del aire, el viento y la luz solar. Al integrar estos datos en tiempo real desde las primeras etapas del diseño, *Autodesk Forma* no solo optimiza la eficiencia energética de los proyectos, sino que también garantiza que se ajusten a los estándares ecológicos, promoviendo una huella ambiental reducida.

La planificación urbana y el diseño de edificios a gran escala se benefician de soluciones como *Spacemaker*, que utiliza IA basada en la nube para analizar múltiples variables ambientales, incluyendo la luz solar, el ruido y el viento. Esta herramienta permite a los arquitectos y urbanistas evaluar el impacto de sus diseños en el entorno inmediato, optimizando la habitabilidad y la sostenibilidad de los espacios urbanos.

Sidewalk Labs,²¹ una iniciativa de Alphabet Inc., la empresa matriz de Google, está enfocada en mejorar la infraestructura urbana mediante soluciones tecnológicas. En 2021, Alphabet integró *Sidewalk Labs* dentro de Google para reforzar sus esfuerzos en sostenibilidad y consolidar sus negocios. Esta fusión permite a Google aprovechar

¹⁶ TestFit. "Real Estate Feasibility Platform." Última modificación 2024. <https://www.testfit.io/>.

¹⁷ Kaedim. "AI-powered Art Outsourcing." Última modificación 2024. <https://www.kaedim3d.com/>.

¹⁸ Sloyd.ai. "AI 3D Model Generator - Create with Text to 3D." Última modificación 2024. <https://www.sloyd.ai/>.

¹⁹ A ArkoAI. "AI-powered Rendering for SketchUp, Rhino, and Revit." Última modificación 2024. <https://arko.ai/>.

²⁰ Veras. "Photorealistic Rendering for Architectural Visualization." Última modificación 2024. <https://www.veras.ai/>.

²¹ Dan Doctoroff. "Alphabet to Fold Sidewalk Labs into Google as Doctoroff Steps Down." Última modificación 2021. <https://www.cnbc.com/2021/12/16/alphabet-to-fold-sidewalk-labs-into-google-as-doctoroff-steps-down.html>.

las innovaciones de *Sidewalk Labs* en el desarrollo de ciudades inteligentes y sostenibles. Ya implementado en ciudades como Toronto, Nueva York y Singapur, *Sidewalk Labs* está gestionando la congestión urbana de manera eficiente, abordando problemas específicos a nivel local.²²

La integración de la IA en el Modelado de Información de Construcción (BIM) representa otro avance significativo: *BricsCAD BIM*²³ es una plataforma que utiliza IA para automatizar tareas repetitivas y convertir bocetos en modelos tridimensionales detallados. Esta herramienta mejora la eficiencia del diseño arquitectónico y reduce la posibilidad de errores humanos al proporcionar un flujo de trabajo continuo desde el concepto hasta la documentación. Esta automatización es útil en proyectos de gran escala, donde la precisión y la coordinación entre distintas disciplinas son fundamentales para el éxito del proyecto.

*ArkDesign.ai*²⁴ es la respuesta a los paquetes de diseño esquemático, una ventaja tanto para los arquitectos como para los desarrolladores. La plataforma crea planos automatizados, optimiza los diseños de edificios al instante y realiza informes de viabilidad para proyectos, favoreciendo la toma de decisiones informadas y aceleradas. *ArkDesign.ai* está equipado con un sistema de IA que analiza y aprende de los metadatos de los diseños arquitectónicos, fomentando la eficiencia, calidad y rentabilidad.

*Parafin*²⁵ es una plataforma generativa basada en IA que permite a los promotores evaluar rápidamente la viabilidad financiera de proyectos inmobiliarios. Esta herramienta genera millones de iteraciones de diseño en función de parámetros como el número de habitaciones, estacionamiento y pautas de marca, reduciendo el tiempo necesario para estimar la rentabilidad de un proyecto. *Parafin* genera diseños optimizados, presupuestos de desarrollo y modelos de inversión en minutos, agilizando el proceso de toma de decisiones y maximizando la eficiencia en la planificación y ejecución de proyectos inmobiliarios.

La IA está transformando de manera profunda los campos de la arquitectura, la ingeniería y la construcción. Michal Sourek y Jenny Ragan subrayan el potencial de la IA para optimizar procesos y abrir nuevas oportunidades creativas y operativas en estas disciplinas. Sourek se enfoca en el uso de algoritmos generativos y aprendizaje automático, destacando cómo estas herramientas permiten a los arquitectos explorar rápidamente múltiples opciones de diseño, mejorando tanto la eficiencia energética como el uso del espacio. Presenta casos en los que la IA ha optimizado estructuras y la planificación urbana, argumentando que la IA complementa y amplifica la creatividad y precisión humana. También advierte sobre la necesidad de enfrentar los desafíos éticos, como la transparencia en los algoritmos y el control humano sobre las decisiones clave.²⁶

²² Autodesk. "Spacemaker: AI-powered Urban Planning and Building Design." Última modificación 2024. <https://www.autodesk.com/products/spacemaker/overview>.

²³ Bricsys. "BricsCAD BIM: Building Information Modeling." Última modificación 2024. <https://www.bricsys.com/es-es/bricscad/bim>.

²⁴ ArkDesign.ai. "ArkDesign.ai: AI-Powered Schematic Design Platform." ArkDesign.ai, 2023. <https://arkdesign.ai/>.

²⁵ Parafin. "AI-powered Generative Design for Real Estate Development." Última modificación 2024. <https://parafin.ai/>.

²⁶ Michal Sourek. "AI in Architecture and Engineering from Misconceptions to Game-Changing Prospects." *Architectural Intelligence*, 2 de febrero de 2024. <https://link.springer.com/article/10.1007/s44223-023-00046-9>.

Ragan, por su parte, examina la transformación de la construcción impulsada por la IA, subrayando su impacto en la planificación, la gestión de proyectos y la seguridad en los sitios de trabajo. Destaca el uso de herramientas avanzadas de análisis predictivo para evaluar riesgos y optimizar procesos. Ragan enfatiza cómo la IA automatiza tareas repetitivas, permitiendo que los equipos se concentren en aspectos estratégicos y creativos, y resalta su papel en la mejora de la sostenibilidad, facilitando el uso de materiales ecológicos y el análisis de eficiencia energética.²⁷

La arquitectura está viviendo una transformación profunda impulsada por la inteligencia artificial y otras tecnologías avanzadas. Este cambio ofrece oportunidades sin precedentes para innovar en diseño, eficiencia y sostenibilidad, pero también plantea desafíos éticos, legales y sociales que deben ser abordados con responsabilidad. La arquitectura del futuro será el resultado de un equilibrio dinámico entre la innovación tecnológica y el respeto por el entorno, donde la colaboración entre humanos y máquinas potenciará la capacidad de crear espacios que mejoren la calidad de vida y respondan a los desafíos contemporáneos y venideros.

Formación del arquitecto en un nuevo mundo

La educación contemporánea enfrenta una crisis debido a la obsolescencia de sus sistemas, incapaces de adaptarse a las demandas de una sociedad en constante cambio. Esto genera un debate urgente sobre la necesidad de reformar el sistema educativo para fomentar competencias clave como el pensamiento crítico, la autonomía y la reflexión ética, temas que atraviesan todas las disciplinas, incluida la arquitectura. En este contexto, la irrupción de la IA está transformando tanto el proceso de aprendizaje como la práctica profesional, lo que obliga a replantearse el futuro de la formación académica. Los desafíos derivados de la pandemia han acelerado la implementación de métodos híbridos de enseñanza, combinando lo presencial con lo virtual. Este cambio ha resaltado la oportunidad de integrar tecnologías digitales en los currículos y fomentar habilidades blandas como la resiliencia y la adaptabilidad, elementos cruciales para enfrentar los desafíos del futuro en la educación y la práctica arquitectónica.²⁸

La IA tiene el potencial de transformar profundamente el aprendizaje en arquitectura, especialmente en materias tradicionales como el dibujo técnico o la historia de la arquitectura. Parte del enfoque académico actual, centrado en contenidos convencionales, parece estar desactualizado, ya que muchos de estos temas son ahora más accesibles a través de recursos tecnológicos avanzados.²⁹ Esto plantea la necesidad de reflexionar sobre cómo optimizar el proceso educativo para satisfacer las necesidades del futuro profesional de los arquitectos. Las herramientas basadas en IA no

²⁷ Jenny Ragan. "Top 2024 AI Construction Trends: According to the Experts." Digital Builder, 11 de enero de 2024. <https://www.autodesk.com/blogs/construction/top-2024-ai-construction-trends-according-to-the-experts/>.

²⁸ Byron Rabe. "Desafíos en la Enseñanza del Diseño y la Arquitectura en el Postconfinamiento." Revista Avance, Facultad de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala, 12 de septiembre de 2023. <https://ojs.faruscac.edu.gt/index.php/avance/article/view/151>.

²⁹ Carulla Guia, Josep Maria. "ARQ + IA: Explorando un Futuro que Está por Llegar." Escola Tècnica Superior d'Arquitectura del Vallès, 2024. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/411394>.

solo permiten abordar muchas materias de manera más eficiente, sino que también presentan retos significativos en cuanto a la evaluación académica y la autenticidad del trabajo estudiantil.

La integración de la IA en la enseñanza arquitectónica no debe limitarse a replicar los métodos tradicionales, sino que exige un replanteamiento más profundo para determinar qué aspectos del aprendizaje deben preservarse, cuáles han perdido relevancia y cuáles podrían externalizarse o apoyarse mediante tecnologías avanzadas. Esto lleva a replantear la educación universitaria para centrarse en ofrecer experiencias y competencias que no puedan ser replicadas por IA, garantizando así una formación pertinente y adaptada a los cambios constantes en la práctica profesional.

Aunque la IA puede automatizar ciertas tareas, como la optimización de diseños o la generación de alternativas, la verdadera formación del arquitecto debe seguir anclada en la experiencia directa, la reflexión crítica y el desarrollo de valores culturales y ambientales. La exposición a la obra en construcción, el conocimiento de materiales, el contexto y la resolución de problemas en el terreno siguen siendo esenciales para la preparación de futuros arquitectos.

El desafío de integrar la IA en la educación no solo es tecnológico, sino también estructural. Carreras como la arquitectura podrían avanzar hacia una mayor especialización para responder a la creciente complejidad de los sistemas constructivos y a las nuevas condiciones laborales. Aunque esta subdivisión en especialidades ya ha sido propuesta, la incorporación de nuevas tecnologías hace que su implementación sea una respuesta pragmática a las demandas del mercado laboral. La combinación del aprendizaje híbrido y la adopción de microcredenciales³⁰ emerge como una respuesta eficaz ante un mercado laboral transformado por la automatización y la digitalización, donde se requiere un perfil profesional adaptable y con competencias prácticas actualizadas.

La IA no debe percibirse como una amenaza, sino como una herramienta de aprendizaje autodidacta que ofrece acceso a información actualizada y precisa, posibilitando una educación más personalizada y ajustada a las necesidades individuales de los estudiantes. Sin embargo, las preocupaciones sobre su impacto en el sistema educativo son legítimas, ya que esta tecnología amenaza con desestabilizar muchos de los cimientos del sistema educativo tradicional. Al igual que Internet desplazó la necesidad de memorizar grandes volúmenes de información, la IA puede eliminar barreras convencionales del proceso educativo. Es crucial que las instituciones reestructuren sus programas para enseñar a los estudiantes a utilizar estas herramientas como apoyo, sin depender exclusivamente de ellas. El equilibrio entre lo tecnológico y lo humanista será la clave para una formación integral. La UNESCO ha enfatizado la necesidad de preparar a los estudiantes para ser resilientes y adaptarse a cambios rápidos, en lugar de enfocarse en formar profesionales para un mercado laboral que podría quedar obsoleto en pocos años.³¹

Aunque los riesgos son inherentes, es importante centrarse en la evolución tecno-

³⁰ UNESCO. "Microcredenciales en la Educación Superior: Oportunidades y Desafíos." UNESCO, 2021. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000378445>.

³¹ UNESCO. "La Educación en la Era Digital: Cursos en Línea y Autodidactas." UNESCO, 2023. <https://www.unesco.org>.

lógica y en las oportunidades que surgen. Los estudiantes y profesionales deben formarse no solo en las últimas tecnologías, sino también en los principios que las fundamentan. Esto les permitirá comprender el razonamiento detrás de la práctica de la arquitectura y los posibles escenarios futuros hacia los que puede evolucionar.

Marcelo Fraile-Narváez argumenta que la aparición de tecnologías digitales y la IA en la formación académica ha dado lugar a una nueva generación de arquitectos, los "metadiseñadores". Estos profesionales no solo dominan las habilidades tradicionales del diseño, sino que también poseen un conocimiento avanzado de las herramientas digitales y la IA, lo que les permite desarrollar soluciones arquitectónicas más complejas y adaptativas.³²

El impacto de la IA en el diseño arquitectónico también ha sido abordado en estudios recientes, como los publicados en *SpringerLink* donde se analiza cómo la automatización está remodelando el campo. La capacidad de los arquitectos para tomar decisiones creativas y dirigir sistemas automatizados se presenta como una habilidad fundamental en los nuevos programas educativos.³³

Ricci explora el lugar de la IA y el aprendizaje automático en la educación dentro de un nuevo paradigma posmoderno. A través de nociones como episteme y cultura co-figurativa, sugiere que estas tecnologías tienen un rol central en la configuración de la educación del futuro.³⁴

La IA está transformando tanto la enseñanza como la práctica profesional de los arquitectos, ofreciendo la posibilidad de optimizar procesos, mejorar la eficiencia energética y reducir costos. No obstante, el verdadero reto radica en equilibrar la adopción de estas tecnologías con una formación integral que permita a los estudiantes entender y aplicar tanto los principios fundamentales de la arquitectura como las herramientas más avanzadas. La familiarización con tecnologías como el diseño asistido por computadora (CAD), el modelado de información de construcción (BIM) y ahora la IA generativa proporcionará a los futuros arquitectos una base sólida para enfrentar un entorno profesional en constante cambio, donde la capacidad de adaptación y la creatividad serán cruciales.

El éxito en la formación de arquitectos en este contexto contemporáneo radica en una combinación equilibrada de conocimientos técnicos, habilidades críticas y un enfoque humanista. Las herramientas digitales, lejos de ser sustitutos del aprendizaje, deben potenciar el desarrollo personal y profesional de los estudiantes, preparándolos para un futuro incierto pero lleno de posibilidades.

³²Marcelo Fraile-Narváez. "Metadiseñadores: Simbiosis de Herramientas Digitales e Inteligencia Artificial en el Diseño Arquitectónico." *Uru: Revista de Comunicación y Cultura* 10 (2024): 47-64. Universidad Andina Simón Bolívar. <https://revistas.usab.edu.ec/index.php/uru/article/view/4865>.

³³M.Z. Naser and V.V. Degtyarev, "Editorial: Special Issue: Applications of Artificial Intelligence and Machine Learning in Architecture, Structures and Construction." **Architectural Structures and Construction** 3 (2023): 393, <https://doi.org/10.1007/s44150-023-00104-w>.

³⁴Cristina Ricci. "Educación, Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático: Hacia un Nuevo Paradigma Educativo en el Cambio de Época." *Hologramática* 1, no. 40 (2024): 55-73. <http://revistas.unlz.edu.ar/ojs/index.php/rholo/article/view/116>.

Conclusiones

La aceleración en la adopción de tecnologías digitales y la irrupción de la inteligencia artificial (IA) no son fenómenos aislados; forman parte de un cambio sistémico que afecta a múltiples niveles de la sociedad, transformando profundamente la educación, las profesiones y las interacciones cotidianas. Este proceso forma parte de una *nueva normalidad* que implica no solo el uso de nuevas herramientas, sino una reconfiguración fundamental de cómo trabajamos, aprendemos y concebimos el mundo. En disciplinas como la arquitectura, esta transformación ha expandido las posibilidades creativas y funcionales, pero también ha modificado las expectativas profesionales y sociales.

En este contexto, la práctica arquitectónica ya no se centra exclusivamente en la creación de espacios físicos. Los arquitectos ahora deben mediar entre la tecnología y las necesidades humanas. La IA ofrece la posibilidad de explorar alternativas de diseño y optimizar aspectos clave como la sostenibilidad y la eficiencia energética. Sin embargo, su incorporación plantea cuestiones éticas sobre la autoría, la originalidad y la potencial deshumanización del proceso creativo. En este sentido, la tecnología debe ser comprendida como una herramienta que amplifica las capacidades humanas, pero no como un sustituto del juicio y la sensibilidad contextual que solo los seres humanos pueden aportar al diseño arquitectónico.

El impacto de la IA en la educación y en el trabajo profesional subraya la necesidad de que las instituciones académicas se orienten más allá de la mera transmisión de habilidades técnicas. La formación debe incluir el desarrollo de competencias críticas como el pensamiento analítico, la resolución de problemas complejos y la capacidad de adaptación continua, indispensables en un entorno dinámico. Además, no debe ignorarse la importancia de fomentar la ética profesional, la sensibilidad cultural y el bienestar emocional, elementos esenciales para que los estudiantes y profesionales mantengan una salud mental estable y resiliente frente a la creciente digitalización.

La creciente brecha digital amplifica las desigualdades preexistentes, exponiendo un problema estructural que puede profundizar las divisiones sociales y económicas. Por ello, es fundamental que las políticas públicas y las estrategias educativas promuevan la inclusión y equidad, garantizando que los beneficios de la tecnología sean accesibles para todos, y no solo para un sector privilegiado.

En cuanto a la arquitectura, la IA ofrece oportunidades significativas, pero también presenta desafíos. Herramientas como el diseño generativo y las simulaciones avanzadas permiten optimizar el diseño y prever impactos ambientales y estructurales, contribuyendo a una arquitectura más resiliente y sostenible. No obstante, la confianza excesiva en algoritmos podría despojar al proceso creativo de la sensibilidad contextual y cultural, que son esenciales para crear espacios que no solo sean eficientes, sino también significativos, significativos y humanamente valiosos.

El reto para la educación radica en integrar la IA de forma que complemente, y no reemplace, el juicio humano. Los programas académicos deben equilibrar la formación técnica con el desarrollo de competencias humanísticas, fomentando una educación integral que contemple tanto la experiencia directa como una reflexión ética y cultural profunda. La IA, si se usa correctamente, puede ser una herramienta poderosa que debe alinearse con los valores humanísticos y con el objetivo de construir espacios inclusivos y sostenibles.

En suma, la *nueva normalidad* exige un equilibrio entre la innovación tecnológica y el desarrollo humano. Aunque la IA y otras tecnologías ofrecen un gran potencial transformador, no pueden sustituir las competencias humanas fundamentales que permiten mejorar la comprensión y acción sobre el mundo. El reto para el futuro será utilizar la tecnología para potenciar nuestras capacidades sin desatender las consideraciones éticas, sociales y culturales, asegurando así un desarrollo más justo, equitativo y sostenible.

Referencias

- Adobe. "El poder de la IA generativa en la arquitectura: Adobe Firefly." *Adobe*, 2024. <https://www.adobe.com/es/products/firefly/discover/generative-ai-in-architecture.html>.
- ArkDesign.ai. "ArkDesign.ai: AI-Powered Schematic Design Platform." 2023. <https://arkdesign.ai/>.
- Autodesk. "Autodesk Forma: Cloud-based Platform for AEC." *Autodesk*, 2023. Accedido el 28 de septiembre de 2024. <https://www.autodesk.com/company/autodesk-platform/aec>.
- Autodesk. "Generative Design." *Autodesk*. Accedido el 18 de julio de 2024. <https://www.autodesk.com/solutions/generative-design>.
- Autodesk. "Spacemaker: AI-powered Urban Planning and Building Design." *Autodesk*. Última modificación 2024. <https://www.autodesk.com/products/spacemaker/overview>.
- Bricsys. "BricsCAD BIM: Building Information Modeling." Última modificación 2024. <https://www.bricsys.com/es-es/bricscad/bim>.
- Carulla Guia, Josep Maria. "ARQ + IA: Explorando un futuro que está por llegar." *Escola Tècnica Superior d'Arquitectura del Vallès*, 2024. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/411394>.
- DesignMob. "El futuro de la arquitectura: ¿Cómo será?" *DesignMob*, 1 de octubre de 2023. <https://designmob.es/el-futuro-de-la-arquitectura-como-sera/>.
- Doctoroff, Dan. "Alphabet to Fold Sidewalk Labs into Google as Doctoroff Steps Down." Última modificación 2021. <https://www.cnbc.com/2021/12/16/alphabet-to-fold-sidewalk-labs-into-google-as-doctoroff-steps-down.html>.

Fagan, Des. "Artificial Intelligence: how are architects using AI right now and what are they using it for?" *Royal Institute of British Architects (RIBA)*, 29 de febrero de 2024. <https://www.architecture.com/knowledge-and-resources/knowledge-landing-page/artificial-intelligence-in-architecture>.

Fagan, Des. Director de Arquitectura de la Universidad de Lancaster y miembro del grupo asesor de expertos del RIBA. Entrevista disponible en "Artificial Intelligence: how are architects using AI right now and what are they using it for?" RIBA, 29 de febrero de 2024.

Fraile-Narváez, Marcelo. "Metadiseñadores: Simbiosis de herramientas digitales e inteligencia artificial en el diseño arquitectónico." *Uru: Revista de Comunicación y Cultura* 10 (2024): 47-64. Universidad Andina Simón Bolívar. Accedido el [fecha de acceso]. <https://revistas.uasb.edu.ec/index.php/uru/article/view/4865>.

Fundación CTIC. "IA predictiva y simulación." *Fundación CTIC*. Accedido el 24 de septiembre de 2024. <https://www.fundacionctic.org/es/tecnologias/ia-predictiva-y-simulacion>.

Inteligencia Artificial 360. "Impacto de la IA en la Arquitectura. " *Inteligencia Artificial 360*, 31 de diciembre de 2023. <https://inteligenciaartificial360.com/actualidad/impacto-de-la-ia-en-la-arquitectura/>.

Kaedim. "AI-powered Art Outsourcing." Última modificación 2024. <https://www.kaedim3d.com/>.

Li, Chengyuan; Zhang, Tianyu; Du, Xusheng; Zhang, Ye; Xie, Haoran. "Generative AI for Architectural Design: A Literature Review." *arXiv*, 30 de marzo de 2024. <https://arxiv.org/abs/2404.01335>.

Naser, M.Z., and V.V. Degtyarev. "Editorial: Special Issue: Applications of Artificial Intelligence and Machine Learning in Architecture, Structures and Construction." *Architectural Structures and Construction* 3 (2023): 393. <https://doi.org/10.1007/s44150-023-00104-w>.

Parafin. "AI-powered Generative Design for Real Estate Development." Última modificación 2024. <https://parafin.ai/>.

Rabe, Byron. "Desafíos en la enseñanza del diseño y la arquitectura en el postconfinamiento." *Revista Avance*, Facultad de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala, 12 de septiembre de 2023. <https://ojs.faruscac.edu.gt/index.php/avance/article/view/151>.

Ragan, Jenny. "Top 2024 AI Construction Trends: According to the Experts." *DigitalBuilder*, 11 de enero de 2024. <https://www.autodesk.com/blogs/construction/top-2024-ai-construction-trends-according-to-the-experts/>.

Ricci, Cristina. "Educación, Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático: Hacia un Nuevo Paradigma Educativo en el Cambio de Época." *Hologramática* 1, no. 40 (2024): 55-73. Recuperado a partir de <http://revistas.unlz.edu.ar/ojs/index.php/rholo/article/view/116>.

Royal Institute of British Architects (RIBA). "Artificial Intelligence: how are architects using AI right now and what are they using it for?" *RIBA*, 29 de febrero de 2024. <https://www.architecture.com/knowledge-and-resources/knowledge-landing-page/artificial-intelligence-in-architecture>.

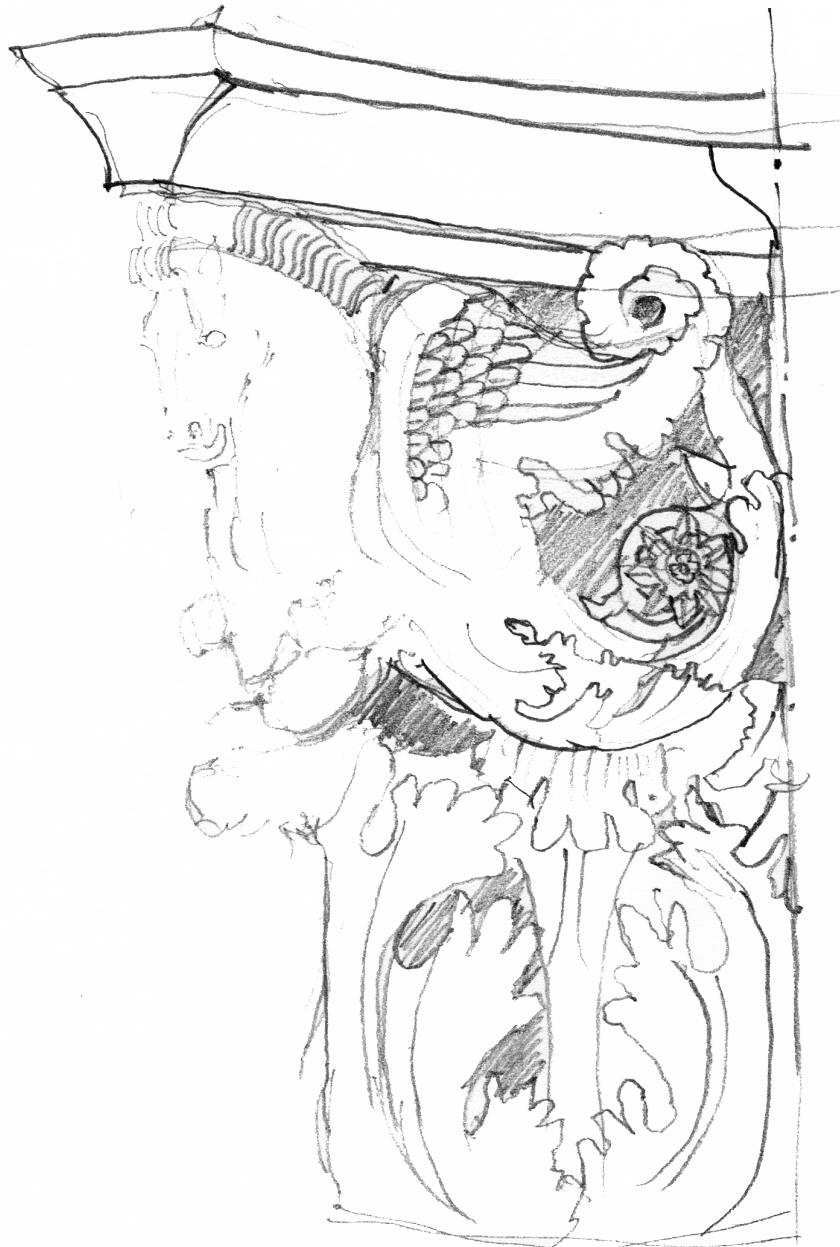
Scielo, "Educación Superior, Modalidad Híbrida en Tiempos de Pospandemia: Una Revisión Sistemática," 2023, http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2631-28162023000100009.

Sloyd.ai. "AI 3D Model Generator - Create with Text to 3D." Última modificación 2024. <https://www.sloyd.ai/>.

Sourek, Michal. "AI in Architecture and Engineering from Misconceptions to Game-Changing Prospects." *Architectural Intelligence*, 2 de febrero de 2024. <https://link.springer.com/article/10.1007/s44223-023-00046-9>.

- Staniul, Kacper. "Best Architecture Prompts for Midjourney and Stable Diffusion." *MyArchitectAI*, 26 de julio de 2024. <https://www.myarchitectai.com/blog/midjourney-architecture-prompts>.
- TestFit. "Real Estate Feasibility Platform." Última modificación 2024. <https://www.testfit.io/>.
- UNESCO. "La educación en la era digital: Cursos en línea y autodidactas." 2023. <https://www.unesco.org>.
- UNESCO. "La Educación Superior en la Nueva Normalidad." 2020. <https://www.iesalc.unesco.org/2020/11/11/el-dia-despues-retos-de-la-educacion-superior-ante-la-nueva-normalidad/>.
- UNESCO. "Microcredenciales en la educación superior: Oportunidades y desafíos." 2021. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000378445>.
- Veras. "Photorealistic Rendering for Architectural Visualization." Última modificación 2024. <https://www.veras.ai/>.
- Visionario del Futuro. "Inteligencia Artificial en la Arquitectura: Moldeando el Futuro del Diseño en 2024." *AI Architect*, 6 de febrero de 2024. <https://ai-architect.net/blog/Inteligencia-Artificial-en-la-Arquitectura-Moldeando-el-Futuro-del-Dise%C3%B1o-en-2024>.
- Zigurat. "Inteligencia Artificial en la Arquitectura: ¿Qué es y cómo se aplica?" *Zigurat*, 5 de diciembre de 2023. <https://www.e-zigurat.com/es/blog/inteligencia-artificial-en-la-arquitectura/>.

ARTÍCULO



Autor del boceto
Dr. Arquitecto Mario Raúl Ramírez de León.

Aplicación educativa, ADC (Adaptar el Diseño al Contexto) Evaluación educativa de la Aplicación educativa

Educational application

(Adapting Design to Context)

Educational evaluation of the educational application

Dra. Olga Edith Ruiz*



División de Desarrollo Académico Dirección
General de Docencia
Universidad de San Carlos de Guatemala
<https://orcid.org/0000-0001-6494-0745>
Guatemala, Ciudad de Guatemala.

Fecha de recepción: 14 de marzo del 2024.

Fecha de aceptación: 21 de agosto del 2024.

Correo: edithruiz@profesor.usac.edu.gt

T.U. Evelyn Josefina Osorio Castillo**

Departamento de Investigación Educativa
Universidad de San Carlos de Guatemala
Guatemala, Ciudad de Guatemala.

Resumen

En el año 2023 se trabajó el proyecto titulado “Evaluación Educativa de la Aplicación ADC (adaptar el diseño al contexto), Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con estudiantes del curso de Diseño Arquitectónico III, que en el año 2022 participaron en la fase de aplicación de la encuesta (Google forms) brindando información sobre las necesidades y prioridades del curso, que es fundamental para la carrera de Arquitectura en la USAC, porque brinda elementos como el estudio técnico realizado por topógrafos que van a determinar las características físicas del terreno, investigar sobre el clima, vientos, soleamiento, contaminación, guías y fichas de trabajo, conocer el contexto sociocultural, acercamiento con las necesidades sentidas de los comunitarios, tener noción que el diseño no es para el estudiante sino para el otro (usuario), casos análogos, valores, principios y ética, la diagramación y el boceto así como el master plan del conjunto de laderas, abstracción geométrica, y por ultimo las asesorías de los docentes a los estudiantes, esta fase contiene también elementos que se subieron al sitio web que forma parte de la aplicación educativa que la administra la División de Desarrollo Académico de la USAC, el video que es utilizado por la Coordinación del curso, es la herramienta clave que se utiliza para la evaluación

* Doctora en Sociología y Ciencias Políticas, de la Universidad Pontificia de Salamanca, España; Maestra en Coaching Educativo por la Universidad del Valle de Guatemala, Maestra en Administración Pública por el Instituto de Administración Pública -INAP-, Investigadora Educativa y Profesora Titular VI, del Departamento de Investigación Educativa.

** Técnico Universitario, Auxiliar de Investigación Científica I, Departamento de Investigación Educativa

educativa de esta aplicación, porque los estudiantes pueden interactuar con información para alimentarla así como incluir comentarios o sugerencias con respecto a cada uno de los elementos del proceso de Adaptar el Diseño al Contexto.

Para el proceso de realizar la evaluación educativa, se utilizó la encuesta para solicitar a los estudiantes aspectos sobre (I) Aspectos Generales, (II) Aspectos de Evaluación Educativa (III) Impacto de la Aplicación Educativa, que brindo información sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje, en los temas si es una herramienta indispensable para fortalecerlo, que aspectos mejorar, que utilidad tiene para el logro de los resultados, en que dispositivo ve la aplicación y por ultimo que habilidades ha desarrollado con el uso de esta la aplicación educativa ADC.

Palabras clave:

Simbolismo, Casos Análogos, Asesorías, Ética y Diagramación.

Abstract

In 2023, the project titled "Educational Evaluation of the ADC Application (adapt the design to the context) was carried out, Faculty of Architecture of the University of San Carlos of Guatemala, with students of the Architectural Design III course, which in 2022 participated in the application phase of the survey (Google forms) providing information about the needs and priorities of the course, which is fundamental for the Architecture degree at USAC, because it provides elements such as the technical study carried out by topographers who will determine the physical characteristics of the terrain, investigate the climate, winds, sunlight, pollution, guides and worksheets, know the sociocultural context, approach the felt needs of the community, have the notion that design is not for the student but for the other (user), analogous cases, values, principles and ethics, the layout and the sketch as well as the master plan of the set of slopes, geometric abstraction, and finally the advice of the teachers to the students, this phase also contains elements that are were uploaded to the website that is part of the educational application managed by the Academic Development Division of the USAC, the video that is used by the Course Coordination is the key tool used for the educational evaluation of this application, because Students can interact with information to feed it as well as include comments or suggestions regarding each of the elements of the Adapt Design to Context process.

For the process of carrying out the educational evaluation, the survey was used to ask students for aspects about (I) General Aspects, (II) Aspects of Educational Evaluation (III) Impact of the Educational Application, which provided information about the teaching process. -learning, in the topics if it is an essential tool to strengthen it, what aspects to improve, how useful it is for achieving the results, on what device you view the application and finally what skills have you developed with the use of this ADC educational application.

Keywords:

Symbolism, Analog Cases, Consulting, Ethics and Diagramming

Introducción

El Departamento de Investigación, de la División de Desarrollo Académico -DDA-, desarrolla proyectos de investigación por medio del Departamento de Investigación, desarrolla investigación educativa con fines de reestructura curricular y en esta oportunidad presenta los resultados del estudio titulado ***"Evaluación educativa de la Aplicación ADC , (adaptar el diseño al contexto) Facultad de Arquitectura Universidad de San Carlos de Guatemala"***, realizada en el curso de Diseño Arquitectónico III, por ser un curso medular para el proceso de enseñanza aprendizaje de la arquitectura, lo que hace preciso que el estudiante cuente con los fundamentos teóricos, así como prácticos al momento de elaborar el diseño,¹ y lo que ADC la aplicación educativa investigó en una primera fase que los estudiantes obtuvieran información de forma simple, amigable y en un corto tiempo el proceso que conlleva adaptar el diseño al contexto, sin perder de vista las prioridades de la población que va ser beneficiadas al utilizar los diseños. Es por ello que aplicación educativa ADC, conto con un video realizado por estudiantes de Técnicas Visuales VII, de la Escuela de Diseño Gráfico.²

El estudio sobre la evaluación educativa de la aplicación ADC, se llevó a cabo por medio de un formulario de Google form, que consta de tres parámetros (1) Datos Generales, (2) Aspectos de la evaluación educativa, y (3) Aspectos de Impacto de la Evaluación educativa, en donde se consideraron dimensiones como la técnica, pedagógica y la comunicación docente-estudiante, mismo que se aplicó a los estudiantes del Curso de Diseño Arquitectónico III de la carrera de Arquitectura, por medio de la Coordinadora de esa área, que proporciona la información en donde se destacó que los estudiantes evaluaron el diseño de la aplicación como muy buena, así como la utilidad para el logro del aprendizaje del curso, además se obtuvo información sobre las desventajas, también se obtuvo información de que habilidades ha desarrollado en el curso de Diseño Arquitectónico, después de utilizar la aplicación ADC.³ Otros aspectos relevantes, que es una herramienta indispensable para el proceso de enseñanza aprendizaje, el tiempo que puede ser mejorado, el uso de diferentes contextos de aprendizaje, contenido amigable, y brindó datos sobre desventajas como la conexión a internet, acceso limitado y en que dispositivo ve la aplicación, en primer lugar, en el teléfono inteligente, computadora portátil y en último lugar reproductor multimedia. Es importante destacar que la Aplicación ADC, es utilizada por la Coordinación del Curso de Diseño Arquitectónico III, en el presente año ya que los resultados han sido positivos en el uso de la aplicación como aprendizaje de los conceptos más complejos.⁴

¹ Albans, R. e. (21 de enero de 2020). recursos educativos abiertos. Obtenido de recursos educativos abiertos: http://www.ired.org/miembros/ulises/representacion-ideas/CrearOA- REA/definicion_de_rea.html

² Belloch Ori, C. (23 de octubre de 2008). Evaluación de las aplicaciones multimedia, criterios de calidad. Valencia, España, Valencia, España.

³ Diaz, H. (2010). Evaluación de la calidad educativa, situación y desafíos. Cali, Colombia: S/E.

⁴ Instituto Nacional para la evaluación de la educación, M. (15 de marzo de 2021). Portal de la calidad. Obtenido de Portal de la Calidad: <https://www.inee.edu.mx/directrices-para- mejorar/que-es-la-calidad-educativa/>

ADC, la Aplicación Educativa, resultados de la evaluación

Desde el inicio del diseño de aplicación ADC, hasta el momento de su evaluación ha provocado análisis y reflexiones sobre el proceso de enseñanza aprendizaje, ya que los estudiantes han estado muy compatibilizados con los contenidos que se encuentran en la aplicación así como con el recurso del video que tiene una duración de 4 minutos con 37 segundos, que se deja el link para que pueda ser analizado por los lectores de todas las áreas, pero especialmente por el personal académico que puede brindar sugerencias a esta herramienta.⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=VVh7OxQOg3w> Es una forma amigable y flexible de presentar el contenido para que los estudiantes puedan interactuar e incrementar el contenido de la misma y de esta forma alcanzar el objetivo de utilidad en el proceso formativo. Los resultados de la evaluación educativa de la Aplicación ADC, se muestran a continuación:

Aspecto de Datos Generales

Pregunta No. 1 (según el formulario de Google forms aplicado a los estudiantes el curso de Diseño Arquitectónico III, año 2023)

¿Cuál es la edad que tienen los estudiantes?

Edad	Curso Diseño Arquitectónico III
15-19	0.14
20-24	59.95
30-34	14.58
35-39	5.18
40-44	0.95
45-49	0.68
50-54	0.14
55-59	0.00
60 o más	0.00

Fuente: Encuesta aplicada del 20 al 02 de septiembre 2023, por el equipo del proyecto. Evaluación Educativa de la Aplicación ADC, Adaptar el Diseño al Contexto, de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio del correo electrónico y la plataforma de divulgación de la unidad académica.

En la tabla anterior se puede observar que la mayor parte de los estudiantes que respondieron la encuesta están en el rango de 20-24, por lo que se encuentran dentro de la generación de los Nativos Digitales,⁶ es un grupo que según Marks Presky,⁷ son aquellos que nacieron en una nueva cultura, y los otros tuvieron que inmigrar al mundo de lo digital, lo que los convierte en potenciales exponentes de la cultura digital.

⁵ Sánchez, M. M., & Martínez González, A. (2016). Evaluación y aprendizaje en educación universitaria estrategias e instrumentos. Universidades unidas por la educación, 98-124.

⁶ Aragón, María "Las Generaciones", Madrid 19 de octubre 2019, consultado en el Periódico, Guatemala 25 de octubre 2019

⁷ Presky, Marc, "Nativos e Inmigrante Digitales, New York, 2001.

Ahora bien, la procedencia de los estudiantes que fueron objeto de estudio fue la siguiente:

Pregunta No. 3 (según el formulario de Google forms aplicado a los estudiantes el curso de Diseño Arquitectónico III, año 2023)

¿Cuál es el lugar de nacimiento?

Departamento	Curso de Diseño Arquitectónico III
Alta Verapaz	0.41
Baja Verapaz	0.14
Chimaltenango	2.86
Chiquimula	0.00
El Progreso	0.82
Escuintla	0.95
Guatemala	71.12
Huehuetenango	1.63
Izabal	0.41
Jalapa	0.14
Jutiapa	1.09
Peten	0.00
Quetzaltenango	10.22
Quiché	0.68
Retalhuleu	0.27
Sacatepéquez	1.91
San Marcos	1.91
Santa Rosa	0.54
Suchitepéquez	0.95
Totonicapán	2.04
Zacapa	0.27

Fuente: Encuesta aplicada del 20 al 02 de septiembre 2023, por el equipo del proyecto. Evaluación Educativa de la Aplicación ADC, Adaptar el Diseño al Contexto, de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio del correo electrónico y la plataforma de divulgación de la unidad académica.

En el este caso la gran mayoría de los estudiantes entrevistados se encuentran concentrados dentro del departamento de Guatemala ciudad, con un porcentaje del 71.12 % y con menor representatividad es el departamento de Baja Verapaz con 0.14 %, cabe resaltar la mayor riqueza dentro de los departamentos de la república de Guatemala, la ostenta la ciudad de Guatemala, en donde se presentan mejores oportunidades en casi todas las esferas (educativa, económica, social, política entre otras), según el informe "Guatemala : población y desarrollo, un diagnóstico sociodemográfico".

En los aspectos de la Evaluación educativa, los resultados que más brindaron información entre ellos esta:

Aspectos de la evaluación educativa

Pregunta No. 4 (según el formulario de Google forms aplicado a los estudiantes del curso de Diseño Arquitectónico III, año 2023)

¿Cómo evalúa el diseño de la aplicación educativa ADC?

Curso de Diseño Arquitectónico III

Buena	59
Regular	15
Mala	0.8
Muy buena	18

Fuente: Encuesta aplicada del 20 al 02 de septiembre 2023, por el equipo del proyecto. Evaluación Educativa de la Aplicación ADC, Adaptar el Diseño al Contexto, de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio del correo electrónico y la plataforma de divulgación de la unidad académica.

Esta es una clara evidencia sobre el proceso de diseño de la aplicación educativa ADC, que los estudiantes respondieron que "Buena", un 59% de los encuestados y un 18% la evalúa como muy buena, esto indica que la aplicación educativa, esta cumpliendo su objetivo ya que los estudiantes en su mayoría evaluaron de forma positiva la misma, y un 0.8% respondió que es mala. Lo que refleja que se cumplieron los objetivos al diseñar la aplicación educativa ADC.

Otra de las preguntas que se realizó al grupo de estudiantes del curso de Diseño Arquitectónico III, fue:

Impacto de la Aplicación Educativa

Pregunta No. 5 (según el formulario de Google forms, aplicada a los estudiantes del curso de Diseño Arquitectónico III, Año 2023)

¿La aplicación educativa ADC, es una herramienta indispensable para fortalecer el aprendizaje del curso?

Curso de Diseño Arquitectónico III

Si	87
No	13

Fuente: Encuesta aplicada del 20 al 02 de septiembre 2023, por el equipo del proyecto. Evaluación Educativa de la Aplicación ADC, Adaptar el Diseño al Contexto, de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio del correo electrónico y la plataforma de divulgación de la unidad académica.

En la gráfica anterior se puede observar que los estudiantes respondieron que la aplicación educativa ADC, es una herramienta indispensable para fortalecer el aprendizaje del curso ya que el contenido de cada uno de los conceptos es muy flexible y amigable, lo que hace que los jóvenes consulten la página web donde se encuentra la aplicación educativa.

En cuanto a lo que se refiere a otros elementos de la Aplicación Educativa ADC, los estudiantes respondieron:

Pregunta No. 7 (según el formulario de Google forms aplicada a los estudiantes del curso de Diseño Arquitectónico III, Año 2023)

¿Cuáles son las ventajas del uso de la aplicación educativa ADC, para su proceso formativo? Explique por favor.

Diferentes contextos de aprendizaje	27
Motivación	18
Influencia positiva	13
Contenido amigable	17
Interacción entre los estudiantes	14
Accesibilidad (para usuarios frecuentes)	02
Acciones muy complejas se convierten en sencillas	04
Mas rápidas que las webs	05

Fuente: Encuesta aplicada del 20 al 02 de septiembre 2023, por el equipo del proyecto. Evaluación Educativa de la Aplicación ADC, Adaptar el Diseño al Contexto, de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio del correo electrónico y la plataforma de divulgación de la unidad académica.

Las ventajas sobre el uso de la aplicación ADC, según las respuestas de los estudiantes fue "los diferentes contextos de aprendizaje" con un 27%, motivación, con un 18% contenido amigable, con 17%, interacción con los estudiantes, 14%, la influencia positiva de la aplicación es de un 13%.

Pregunta No. 8 (Según el formulario de Google forms aplicada a los estudiantes del curso de Diseño Arquitectónico III, en el año 2023.

¿Cuáles son las desventajas del uso de la aplicación educativa ADC, para su proceso formativo?

Diseño Arquitectónico III

Conexión a internet	35
Acceso limitado (hardware del dispositivo)	27
La experiencia (navegación, interacción)	15
Requiere de promoción y visibilidad	17
Robo de información	0.6

Fuente: Encuesta aplicada del 20 al 02 de septiembre 2023, por el equipo del proyecto. Evaluación Educativa de la Aplicación ADC, Adaptar el Diseño al Contexto, de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio del correo electrónico y la plataforma de divulgación de la unidad académica.

Los estudiantes respondieron que la conexión a internet es una de las desventajas con las que se enfrentan para usarla ya que el 35% lo menciono, otra desventaja es el acceso limitado del hardware al utilizar la aplicación educativa respondió el 27% de los estudiantes, otro factor que los jóvenes ven como desventaja es la poca experiencia en la navegación o la interacción de datos y eso lo manifestó el 15%.

Es muy importante resaltar cada uno de estos aspectos ya que esto muestra el interés que los estudiantes tienen al utilizar la aplicación educativa.

Pregunta No. 9 (Según el formulario de Google forms aplicada a los estudiantes del curso de Diseño Arquitectónico III, en el año 2023).

¿En que dispositivo ve la aplicación ADC, y cuánto tiempo le dedica?

Diseño Arquitectónico III

Teléfono inteligente	77	4 horas
por día Computadora portátil	21	3 horas
por día Computadora de escritorio	0.9	4 horas
Tablet	0.6	
por día	0.2	3.5 horas
Reproductor Multimedia Xiaomi Mi TV Stick		
por día Google Chromecast 3, transmisión multimedia	0.3	1 hora

Fuente: Encuesta aplicada del 20 al 02 de septiembre 2023, por el equipo del proyecto. Evaluación Educativa de la Aplicación ADC, Adaptar el Diseño al Contexto, de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio del correo electrónico y la plataforma de divulgación de la unidad académica.

El teléfono inteligente encabeza la respuesta con el 77%, en donde los jóvenes ven la aplicación ADC, le sigue la computadora portátil con 21% y último lugar la Tablet por día y los reproductores multimedia Xiaomi Mi TV Stickk con un 0.2%.

Conclusiones

La educación es fundamental en todos los países del mundo, así como en todos las épocas, las aplicaciones educativas son estrategias que se utilizan para llevar a cabo el acto docente y en el presente estudio se realizó con los estudiantes del curso de Diseño Arquitectónico III, de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala, la evaluación educativa de la aplicación ADC (adaptar el diseño al contexto), durante el presente año, con los dos grupos de estudiantes del primer semestre y segundo semestre, quienes luego de responderla encuesta que se les aplicó (Google Forms).

El 59 por ciento de los estudiantes entrevistados manifestó que la aplicación ADC, es buena porque les permite contar con una herramienta que les facilita el aprendizaje, mientras tanto que el 18 por ciento de los encuestados opinó que era muy buena, lo que permite evidenciar que el trabajo colaborativo e interinstitucional provocó transformaciones en el proceso de enseñanza aprendizaje para esta unidad académica.

Además, provocó en la coordinación del Curso de Diseño Arquitectónico III, la motivación para compartir con los estudiantes la aplicación educativa, al inicio del curso, así como al final lo que propicio la elaboración de un diagnóstico sobre el impacto que tiene la misma, la utilidad, uso y frecuencia.

También es importante reconocer cuáles fueron las desventajas que ofrece una aplicación educativa, y una de las principales fue la conexión a la que debe estar permanentemente ya que de otra forma no funciona y por ello se hace nuevamente mención, la solicitud a las diferentes autoridades de la unidad académica objeto de estudio, así como de otras unidades académicas que puedan participar en la réplica del mismo a que dentro del presupuesto puedan tener un régimen para contar con conexión libre y gratuita, así como también de elaborar una propuesta para que se pueda contar con internet todo el tiempo en el campus central, y por supuesto llevar a cabo esta propuesta fuera de la Universidad de San Carlos, para la iniciativa de ley a nivel nacional que se proponga que en todos los centros educativos de carácter público pueda utilizarse internet libre y gratuito.

Reflexiones finales

La evaluación de la Aplicación ADC (Adaptar el Diseño al Contexto), ha sido una contribución de los estudiantes del Curso de Diseño Arquitectónico III y de la Coordinación del mismo, ya que ambos brindaron el tiempo correspondiente para llevar a cabo este proceso de enseñanza-aprendizaje, en donde queda reflejada la utilidad que proporciona contar con una herramienta de este tipo que proporciona información con respecto a los aspectos curriculares de los estudiantes.

La Aplicación ADC, la evaluación educativa permitió contar con insumos que brindan una visión global de la forma como los estudiantes en espacios mixtos de aprendizaje pueden encontrar una forma diferente de adquirir conocimientos y como interactúan con estos en el momento de poner en marcha su carrera como profesionales de la arquitectura. Ahora bien, la parte de sensibilidad que muestra el video realizado de forma colaborativa por los estudiantes de Técnicas Audio Visuales VII con la coordinación del profesor el Licenciado Fernando Alcántara.

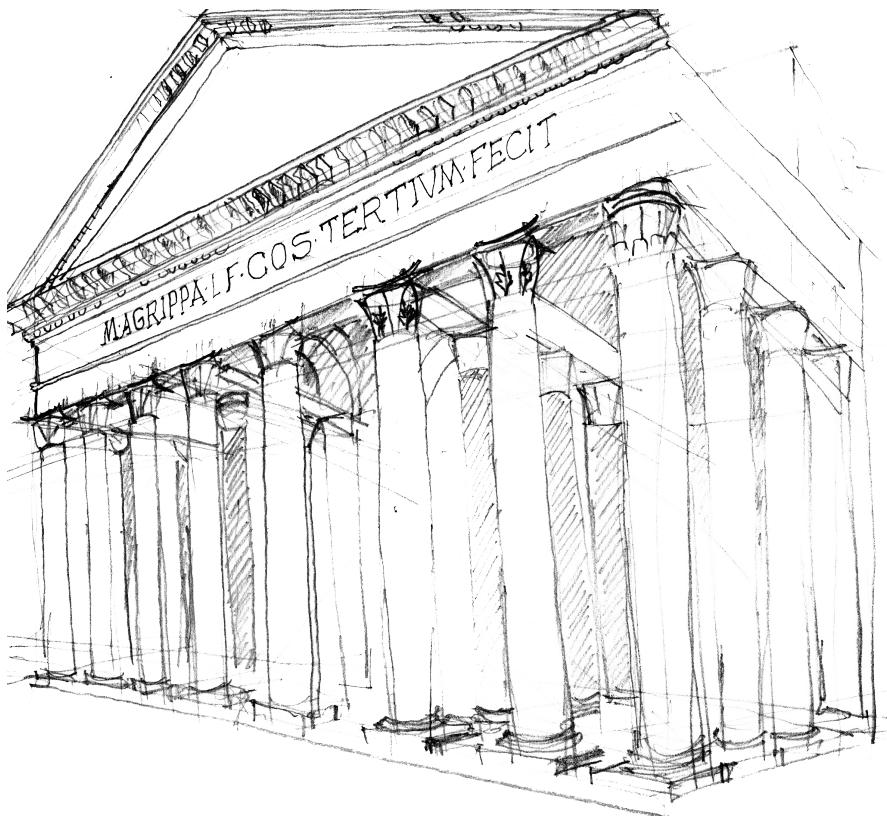
Una de las características de la evaluación educativa es obtener información sobre el proceso formativo de los estudiantes, se aplicó una encuesta de Google forms considerando los siguientes aspectos (I) Datos generales, (II) Aspectos de evaluación educativa, (III) Aspectos de Impacto de la Aplicación Educativa.

Esta investigación es seguimiento de la investigación realizada, en el año 2022 con el tema "Diseño de aplicaciones educativas, como estrategias para el desarrollo del currículo a nivel superior", y como resultado de la Aplicación educativa ADC, se planifica realizar la evaluación educativa de la misma, para obtener datos que proporcionen mejoras, pero también que los estudiantes puedan alimentar la misma, con sus experiencias obtenidas en el aula y en las diferentes interacciones de su vida personal como laboral.

Bibliografía

1. Albans, R. e. *Recursos educativos abiertos*. Obtenido de recursos educativos abiertos: http://www.iered.org/miembros/ulises/representacion-ideas/CrearOAREA/definicion_de_rea.html, 21 de enero 2020.
2. Belloch Orià, C. *Evaluación de las aplicaciones multimedia, criterios de calidad*. Valencia, España, Valencia, España, 23 de octubre 2008.
3. Diaz, H. *Evaluación de la calidad educativa, situación y desafíos*. Cali, Colombia: S/E, año 2010.
4. Instituto Nacional para la evaluación de la educación, *Portal de la calidad*. Obtenido de Portal de la Calidad: <https://www.inee.edu.mx/directrices-para-mejorar/que-es-la-calidad-educativa/>, 15 de marzo 2021.
5. Sánchez, M. M., & Martínez González, A. *Evaluación y aprendizaje en educación universitaria estrategias e instrumentos*. Universidades unidas por la educación, 98-124, año 2016
6. Aragón, María "Las Generaciones", Madrid 19 de octubre 2019, consultado en el Periódico, Guatemala 25 de octubre 2019.
7. Presky, Marc, "Nativos e Inmigrante Digitales, New York, 2001.

ARTÍCULO



Autor del boceto
Dr. Arquitecto Mario Raúl Ramírez de León.

π_{XY} Radial en la utopía de arquitectura holográfica sobre modelos geométricos descriptivos

Radial π_{XY} in the utopia of holographic architecture on descriptive geometric models

Dra. Cecilia E. Sandoval-Ruiz* 

Profesora titular del postgrado de ingeniería
Docente e investigadora
Universidad de Carabobo
<https://orcid.org/0000-0001-5980-292X>
Venezuela, Ciudad Valencia, Estado Carabobo.

Fecha de recepción: 28 de abril de 2024.

Fecha de aceptación: 24 de julio de 2024.

Correo: cesandova@gmail.com

Resumen

La interpretación de complejos arquitectónicos consta del estudio de la alineación de los elementos constitutivos, donde la obra no se manifiesta como un objeto, sino como un tejido dinámico programable enmarcado en una composición inmaterial, a fin de restaurar la calidad de vida, los ciclos naturales y lograr un equilibrio más sustentable, aplicando envolventes radiales abstractas. El objetivo de la investigación es estudiar los descriptores geométricos para el modelado arquitectónico aplicando conceptos innovadores como metamateriales, tensegridad, auxética y matriz elastomérica, que son entrelazados topológicamente con elementos naturales como la luz y ondas, reflejando las potencialidades locales en un escenario diseñado para optimizar la dinámica funcional, con la mínima intervención de los espacios. El método propuesto comprende un enfoque cualitativo de análisis teórico de la geometría proyectiva, para el modelado arquitectónico sobre descriptores matemáticos, que permitan la síntesis de superficies regladas, desde la revalorización de los recursos locales (materiales, patrimoniales y energéticos). Se presenta en la sección de resultados un conjunto de postulados y la expresión matemática para la implementación de las superficies desarrollables en geometría descriptiva, logrando dibujar alternativas para la arquitectura sostenible y nuevos modelos de diseño, minimizando el uso de materiales convencionales y el impacto ambiental de estos. Lo que permite concluir que las nuevas tecnologías, soportan el desarrollo de un paradigma de arquitectura abstracta, que priorice la biosfera relacionada con el espacio y su integración armoniosa, en un esquema holográfico radial tanto del concepto arquitectónico como la distribución urbanística.

Palabras clave:

Geometría descriptiva VHDL, superficies dinámicas desarrollables, tejidos reconfigurable, estructuras proyectivas, patrones de difracción.

* Doctora en Ingeniería e Investigadora en el área de hardware reconfigurable, modelado de sistemas físicos, desarrollo de tecnología de energías renovables no convencionales y mitigación de impacto ambiental a través de optimización sobre modelos matemáticos.

Abstract

The interpretation of architectural complexes consists of the study of the alignment of the constituent elements, where the work does not manifest itself as an object, but as a programmable dynamic fabric framed in an immaterial composition, to restore the quality of life, natural cycles and achieve a more sustainable balance, applying abstract envelopes. The objective of the research is to analyze the resources from innovative concepts in the field of architecture such as metamaterials, tensegrity, auxetics and elastomeric matrix, which are topologically intertwined with natural elements such as light, waves, reflecting local potentialities in a designed scenario. to optimize functional dynamics, with minimal intervention in spaces. The proposed method includes the analysis of radial projective geometry, on an architectural model of physical and mathematical descriptors. The results are a set of postulates that outline alternatives for sustainable architecture and new design models, minimizing the use of conventional materials and their environmental impact. Which allows us to conclude that new technologies support the development of an abstract architecture paradigm that prioritizes the biosphere related to space and its harmonious integration.

Keywords:

VHDL descriptive geometry, developable dynamic surfaces, reconfigurable fabrics, projective structures, diffraction patterns.

Introducción

Desde la restauración de una obra, la culminación de un proyecto arquitectónico inconcluso, la comunicación a través de una ruta escénica, la narrativa de una historia paisajística que se escribe en los planos de un diseño, remontado sobre pasarelas y que se forma desde el andamiaje, se reviste de líneas y se comunica a través de pabellones, galerías, ventanales, rosetones de luz, claraboyas, y toda clase de elementos que permiten conectar los espacios interiores con el entorno infinito, interpretadas como redes neurálgicas que relacionan un concepto y una identidad.

Los proyectos arquitectónicos a través del tiempo se han visto limitados a la locación espacial, sin embargo, el reto actual es desarrollar herramientas para la creación de espacios de forma remota, aplicando modelos matemáticos, con tecnología de descripción de hardware y modulación de ondas, en VHDL (Very High Speed Integrated Circuits Hardware Description Language), para lo cual resulta necesario el estudio de los descriptores matemáticos para el desarrollo de los patrones en geometría proyectiva. La idea puede ser vista como una utopía, pero es válido pensar en una obra como un dibujo que se autoforma a partir de una esencia conceptual, sobre teoría de la información para la síntesis estructural y configuración de ondas en el espacio.

El estudio de los descriptores matemáticos inicia con la identificación de un generador de superficies desarrollables regladas, formadas por una familia infinita de rectas, con apariencia de movimiento dado por la curva directriz parametrizable (Ver Tabla I). Esta configuración puede ser expresada a través de un polinomio generador concatenado con la curva de contorno que define la trayectoria de desplazamiento de la recta. En otras palabras, para describir en lenguaje matemático las características de la obra arquitectónica se puede resumir en una progresión geométrica (de rectas generatrices sobre curvas directrices definiendo una superficie dinámica).

Tabla I

Superficies arquitectónicas desarrollables sobre curva generatriz parametrizable

Diagrama (a) Superficie reglada estática (Puente). Muestra una familia de rectas generatrices que se curvan para formar una superficie plana.	Diagrama (b) Superficie desarollable (elementos articulados y rotativos). Muestra una familia de rectas generatrices que se curvan para formar una superficie que se puede desenrollar en un plano.	Diagrama (c) Superficie Dinámica (cometa proyectiva). Muestra una familia de rectas generatrices que se curvan para formar una superficie dinámica, similar a la forma de una cometa.
Puente: (a) Superficie reglada estática (generada en proyecto)	Orbitales: (b) Superficie desarollable (elementos articulados y rotativos)	Colibrí: (c) Superficie Dinámica (cometa proyectiva)

Antecedentes

"La Biblioteca Nacional King Fahad en Riad (AS) integra una nueva estructura alrededor del edificio existente, simbolizando protección y continuidad". Se considera la restauración mediante capas envolventes funcionales. "El diseño cuenta con una fachada textil inspirada en patrones tradicionales árabes, que proporciona sombra solar y difusión de luz. Este ícono arquitectónico moderno es parte de una remodelación urbana más grande, creando un hito cultural y urbano en el distrito de Olaya de Riad. Hace hincapié en la sostenibilidad, la ventilación natural y la eficiencia energética, convirtiéndola en un modelo de práctica arquitectónica moderna en la región", como envolventes optimizadoras.¹ La utilización de superficies desarrollables en arquitectura es un tema recurrente y de gran importancia en los estudios recientes sobre geometría en arquitectura. Los acercamientos de tipo computacional en esta materia han avanzado sobre los conceptos de la geometría descriptiva o proyectiva tradicional centrándose más en desarrollos analíticos de tipo matemático.² Este campo de estudio permite la revalorización de diseños particulares sobre geometría, aplicando ecuaciones como recursos para la descripción del *hardware* sobre el espacio proyectado.

Ahora bien, estas superficies regladas desarrollables deben ser dinámicas, por lo que son definidas por el comportamiento del modelo con geometría descriptiva, en lo que se plantea cometas como elementos proyectivos de patrones de difracción de onda, cuyos elementos tensores delimitan las superficies rectificantes, con orientación bioclimática, esto a través de ecuaciones matemáticas portables para arquitectura definida por *software*, así es como surge la teoría de implementación de superficies regladas mediante registros desplazamientos con realimentación lineal, donde la recta generatriz realizará un corrimiento sobre el polinomio que define la curva directriz o contorno de la superficie, delimitando de forma dinámica el espacio arquitectónico.

Inicialmente, se plantea la hipótesis de si un diseño puede ser descrito de forma matemática para la reconstrucción de su modelo. En este punto se abordan los avances en temáticas como entrelazamiento topológico,³ superficies orientables como möbius o composiciones de remalleo fractal, en otras palabras, las líneas generatrices pueden ser formuladas como un tejido configurable, donde se codifica el medio como un material programable. Los tejidos permiten aplicar conceptos matemáticos como teoría de nudos y entrelazamiento topológico, propiedades auxéticas, para la síntesis de meta-materiales. En el modelo de las superficies desarrollables, la generatriz pasa siempre por un punto fijo como centro de radiación (vértice) la superficie que resulta se denomina **superficie radiada**, siendo este el eje del diseño con geometría proyectiva. La directriz puede ser una línea plana o alabeada, curva o poligonal (abierta o cerrada).

¹ Manuela Palma Mejía. "Optimización de la envolvente para mayor protección frente a la incidencia solar en la Torre Sevilla". (Tesis en Innovación en Arquitectura de la Universidad de Sevilla, 2023).

¹ Francisco González-Quintial, & Andres Martín-Pastor. "Superficies rectificantes. Concepto, realidad geométrica y distorsión constructiva". EGA Expresión Gráfica Arquitectónica 28, nro. 47 (2023): 228-239. doi: 10.4995/ega.2023.16997.

³ Entrelazamiento topológico, rama de la matemática dedicada al estudio de aquellas propiedades de los cuerpos geométricos que permanecen inalteradas, es una disciplina que estudia las propiedades de los espacios topológicos y las funciones continuas. S. Dong, Fradkin, E., Leigh, R. G., & Nowling, S. (2008). "Topological entanglement entropy in Chern-Simons theories and quantum Hall fluids". Journal of High Energy Physics, 2008(05), 016.

El objetivo de la investigación es formular descriptores matemáticos de geometría proyectiva, que puedan servir de insumo para los modelos arquitectónicos configurables, en la línea de arquitectura definida por *software*, pensado como un ensayo de la inmaterialidad del diseño, tomando como directrices trayectorias eólicas, patrones de luz solar, registradas a través de un registro secuencial aplicando técnicas de fotografía (*time lapse*) para el dibujo con fotones de luz sobre la línea de tiempo en superficies desarrollables, esto a fin de optimizar el proyecto según las condiciones del entorno. De esta manera, aparece un elemento central de valor patrimonial-funcional, como un eje de proyección del diseño, un elemento radial que comprende las etapas geométricas sobre el plano y un elemento axial, sobre el que se construye la interacción del modelo por niveles.

Alineados con esta idea se requiere el estudio de un conjunto de conceptos, presentados en la sección de conceptualización del modelo arquitectónico, para dar forma al paradigma descriptivo, aplicando herramientas tecnológicas disponibles: (1) estudio de conceptos tecnológicos, físicos, ingeniería de tejidos, andamiaje dinámico, síntesis programable y regenerativa. (2) valoración de recursos y potencialidades energéticas, para fomentar las reacciones constructivas. (3) identificación de un elemento de revalorización (patrimonial), para formular el concepto. (4) consideración del patrón π -radial en función de técnicas de geometría proyectiva. (5) formulación de postulados para la generalización de ecuaciones descriptivas de síntesis sobre el modelo arquitectónico.

En este sentido es importante el estudio de principios físicos⁴ y los coeficientes ópticos m , la composición de estructuras de luz proyectiva en un tejido de andamiajes abstractos (moduladores de luz solar a través de lentes de difracción y proyectores de luz, para la conformación de tramas que definen los perfiles inmateriales), el diseño arquitectónico escenográfico de lagunas espejo (en distribución Fibonacci, para la reflexión de luz solar controlada, por concentración de sal), superficies orientables en la alineación de los elementos arquitectónicos, que permiten el desarrollo de nuevas tecnologías en iluminación natural, orientación de mecanismos fotovoltaicos y permiten cristalizar un concepto de arquitectura inmaterial.

Así se busca principalmente, valorizar el potencial de la región a través de la arquitectura, dando forma al diseño de paisajismos. Además de la incorporación de elementos arquitectónicos, como tejidos auxéticos, estructuras de estados de la materia (aero-gel, sustancias de tipo coloidal con dos fases), cascadas de recirculación de agua, composiciones holográficas (superficies rectificantes de ondas) y vórtices flujodinámicos.⁵ Siendo esencial el concepto de entrelazamiento topológico de tejidos codificadores de ondas en la estructuración de metamateriales, conformando una matriz elastomérica, basada en la configuración de nudos de material y espacios vacíos del sistema arquitectónico, aplicable para almacenamiento de energía y el uso inteligente de los recursos para crear tecnología sostenible.

⁴ Cecilia Sandoval-Ruiz. "Operador matemático para caracterización y optimización de etapas de sistemas físicos". Revista Colegiada de Ciencia 5, nro. 2 (2024): 88-98. <https://doi.org/10.48204/j.colegiada.v5n2.a5029>.

⁵ Cecilia Sandoval-Ruiz. "Ω-Vórtices y Acoplamientos Resonantes en Modelo de Patrón de Flujo Toroidal Regenerativo mediante Física Moderna y Ondas". CALIBRE-Revista Brasiliense de Engenharia e Física Aplicada 9, nro. 1 (2024): 1-20.

Todos estos conceptos enmarcados en la definición de eco-arquitectura son aplicables tanto en diseño, como en restauración de obras arquitectónicas. De tal manera, que un monumento arquitectónico que ha sido intervenido en el tiempo por la naturaleza, convirtiendo la estructura arquitectónica en andamiaje⁶ de orientación de árboles, revestimiento de vegetación nativa o circundada por lagunas de agua, puede ser abordado a través de técnicas de restauración no invasivas, es decir, una proyección de la obra original revalorizando la composición mixta con la naturaleza, como parte fundamental de la esencia de valor de la evolución de la obra arquitectónica.

Al plantear la arquitectura holográfica como una teoría de gestión eficiente de los espacios, se requiere de elementos de comunicación dados por un emisor, un canal y un receptor, que se codifica sobre ondas (luz) mediante técnicas físicas (óptica), que permiten la configuración de los espacios. La pantalla que intercepta el haz de luz interpreta el concepto del esplendor como la luz reflejada sobre una superficie, en el diálogo artístico entre la luz y el espacio arquitectónico, mencionando la relación de la perspectiva del espacio y la luz geométrica, así como, el espacio material y la luz sustancial.⁷ En esta teorización se plantea la superficie como un elemento abstracto, es decir un medio físico de partículas en suspensión que conformen una envolvente arquitectónica,⁸ para reflejar el mensaje que se encuentra en el diseño de la proyección dinámica de la luz.

La envolvente arquitectónica se ha convertido en un objeto de estudio,⁹ donde la luz al reflejarse sobre los materiales que delimitan los espacios funcionales se ve caracterizada por el concepto emitido en las directrices del diseño. Y esto no es exclusivo del diseño de ambientes artificiales, sino que se encuentra en formas de interpretación como espejos astronómicos de agua, para optimización de la distribución espacial, seguimiento solar inteligente en captación de energía fotovoltaica y trayectoria de órbitas sobre curvas cílicas para proyección programada de energía. En la figura 1 se resume el principio de la envolvente radial para el diseño urbanístico.

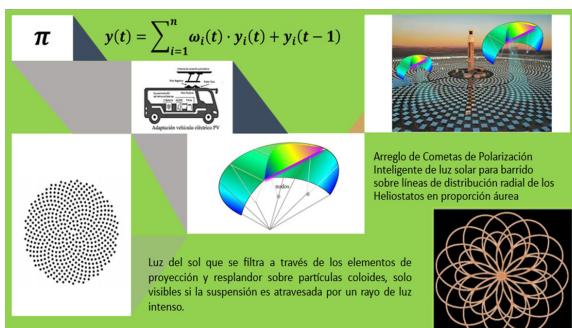


Figura 1.
Diseño Conceptual de la
Teoría de π_{xy} geometría radial

⁶ Formación de andamiaje sobre el patrón de la obra original, como una estructura anfitriona sobre la que se desarrolla una envolvente, desarrollando todo un nuevo ecosistema.

⁷ María Mallo Añón. "Lux, lumen, splendor. El diálogo artístico de la luz y el espacio". (Tesis de Grado. Universidad de Santiago de Compostela, 2021).

⁸ Javier Arias M., "La envolvente arquitectónica como herramienta conceptual de la regeneración urbana. El Espacio Joven Norte". Revista de Arquitectura 28, nro. 44 (2023): 178-193. doi: 10.5354/0719-5427.2023.69802

⁹ Cecilia Sandoval-Ruiz. "Regeneración de espacios basada en geometría proyectiva sobre modelos de envolvente arquitectónica". REC Perspectiva 2, nro. 22 (2023): 6-19.

Un diseño utópico representa a los nómadas de la actualidad, establecer la arquitectura en función del clima, de las estaciones, de la optimización de eficiencia solar en las horas del día. En un urbanismo planificado sobre una geometría proyectiva radial¹⁰ los puntos de intercepción de las curvas corresponden a los emplazamientos para la localización de las viviendas móviles con desplazamiento sobre la trayectoria orbital y orientación a través de rotación de los ángulos de posicionamiento.

Conceptualización del Modelo Arquitectónico

Desde el punto de vista artístico, se requiere de un hilo conductor del concepto, que estaría basado en la envolvente arquitectónica, como herramienta de remediación del impacto visual. Entonces se llega al diseño de un sistema basados en tecnologías sostenibles, tales como elementos replegables de domos poliédricos, andamiaje de bambú, fibras naturales y metamateriales como grafeno y ferrofluidos magnéticos, que permitan configurar las propiedades de un sistema ultraliviano, resistente, adaptativo,¹¹ energéticamente eficiente y ecológico. Recientes estudios se centran en la adaptación de la morfología, enlaces articulad, así como estructuras desplegables,¹² que pueden ser implementadas a través de cometas proyectivas.

Tanto como es importante la estructura lo es el espacio vacío, que ahora cobra una relevancia fundamental, porque será el insumo de trabajo en un diseño basado en la definición de un hardware mediante la configuración inmaterial. Se definen las ondas como recurso, la luz, la proyección de datos e información en la composición paisajística y técnicas de fluidodinámica para crear envolventes abstractas, como pueden ser vórtices termoformados por modelos matemáticos.

Así nace el concepto la canalización de la energía se orienta mediante circuitos de recirculación radial, donde la luz reviste el espacio de identidad, una superficie descrita por la órbita de los elementos móviles de creación de vórtices por diferencial de presión y temperatura, aislación eficiente y formación de géiser de hielo, que permitan describir el proyecto, a nivel de formas. El siguiente aspecto en la propuesta arquitectónica corresponde al mínimo uso de materiales, donde la luz pasa a ser un recurso para la definición de los espacios, a partir de modelos matemáticos. Se contempla el diseño de elementos compuestos como fuentes de agua para crear una superficie de rocío mediante aspersores, con incidencia de luz, a fin de crear una pantalla de comunicación. Así como cortinas de agua en formato de cascadas para la delimitación de ambientes, todo esto con un sistema de recirculación de agua, en circuitos de enfriamiento pasivo de los ambientes.

Por otra parte, se tiene la identificación de patrones geométricos, tal es el caso de los espirales que se observa en caracoles y otras arquitecturas de la naturaleza, donde se presentan mecanismos eficientes de ventilación, iluminación, sin consumo de

¹⁰ Cecilia Sandoval-Ruiz. "ZPF para arreglo de proyección de onda: φ-LFSR en modelado $F_p[x]/f(x)$ de sistemas de energías renovables". Revista de la Universidad del Zulia 15, nro. 42 (2024): 281-305. doi:10.46925/rdluz.42.16

¹¹ Cecilia Sandoval-Ruiz. "Sistema Eco-Adaptativo integrado en elementos arquitectónicos con tecnología sostenible". REC Perspectiva 8, nro. 4 (2015): 96-109.

¹² Daoming Liu., Pellis, D., Chiang, Y. C., Rist, F., Wallner, J., & Pottmann, H. (2023). "Deployable strip structures". ACM Transactions on Graphics (TOG), 42(4), 1-16.

energía. La proporcionalidad de las cámaras para la flotabilidad, fluido en ventilación y sistema de optimización, a través de formas radiales para ventilación cruzada, con asistencia de iluminación natural pasiva, elementos de control de luz difractada, así como capas espirales con eje común y desplazamiento sobre el radio de cobertura para ampliar el espacio.

Aplicando biomimética¹³ inspirada en la optimización de espacio (estructuras de tortuga y caracol), se estudian los sistemas radiales con mecanismo articulado retráctil, a fin de compactar los módulos funcionales que no se están utilizando y extender el espacio de los módulos utilizados, tal como en un canal de comunicación se pretende establecer un protocolo de uso multiplexado en el tiempo, así se tiene un uso eficiente de los espacios y se logra mejorar la dinámica del diseño arquitectónico sobre la base de estructuras flexibles, que pueden ser adaptadas por módulos corredizos, con desplazamiento sobre rieles y rotación respecto al eje del sistema (sobre el perímetro asignado) para desplegar módulos funcionales, con desplazamiento para su extensión fuera del perímetro, con el objetivo de disponer espacios configurables.

Todo lo anterior, puede ser resumido en modelos computacionales, para la síntesis de estructuras y generadores de patrones de difracción controlados. De esta manera la creación de modelos matemáticos para la configuración de vórtices de flujo dinámico, superficies desarrollables y entramado de líneas de diseño viene a ser la propuesta en una simplificación de la arquitectura, con elementos proyectivos, tal como se presenta en la Figura 2.



Figura 2 Galería Abstracta de arcos y bóvedas proyectadas por patrones de difracción

Estos modelos arquitectónicos se deben aplicar extrapolando criterios sostenibles, en la remediación de los espacios a través de nuevas técnicas y materiales, como bambú, microalgas, para la remediación de CO₂, captación solar y techos verdes altamente eficientes y el estudio de las estructuras óptima y metamateriales tales como el grafeno. La etapa de diseño inicia a partir del análisis de recursos disponibles, levantamiento de información, materiales y potencial energético, un modelo 3D virtual, la adaptación del modelo a partir de la reutilización de los materiales disponibles, recirculación de energía para optimización de eficiencia y complementos holográficos para el diseño de los espacios, configuración espectral de los colores, mediante entramado de luz y texturizado.

¹³ María Fernanda Bravo Sepúlveda. "Emociones desde la naturaleza: método de morfogénesis en diseño" (Tesis de Grado, Universidad de Chile, 2020).

Un ejemplo del diseño conceptual corresponde a las etapas del complejo arquitectónico, donde las estructuras pueden ser definidas en materiales sostenibles como bambú para conformar un andamiaje de estructural flexible (replegable), con recubrimiento de fibra de vidrio o paneles translúcidos de reflexión, luz polarizada y tejidos para la conformación de espacios reconfigurables, mediante la configuración arquitectónica (ver Figura 3). De esta manera integrar nuevas propiedades topológicas, resistencia, tensegridad, auxética, elasticidad, en una matriz elastomérica, para la definición del tejido arquitectónico, a partir de modelos físicos-matemáticos, que puede ser desarrollado de forma orientable, adaptándose a las condiciones del entorno de forma sostenible.



Figura 3 Estructura pórtico de superficie fractal en composición de Tensegridad

Igualmente, algunos elementos comunicacionales de la arquitectura pueden ser diseñados como ondas proyectadas, con el objetivo de definir superficies cinemáticas (inmateriales), que se basan en la geometría proyectiva o efecto estela de mecanismos fluidodinámicos. Los elementos articulados y estructuras tensegríticas, también son aplicadas para sistemas flotantes que se ramifican como arrecifes en los espacios marinos, para la captación de energía de las olas y creación de espacios diseñados como lagunas espejo para el proyecto arquitectónico.

Las estructuras que aplican el concepto de tensegridad¹⁴ presentan entre sus ventajas el ser estructuras acopladas como un todo, no presentando puntos de debilidad local.¹⁵ Además que presenta un elemento discreto y un elemento acoplador de potencial elástico (muelle), tal como los sistemas físicos de osciladores armónicos, por lo que tiene una buena relación entre resistencia y cantidad de material, la longitud de los elementos discretos no permite que se presente pandeo de la estructura y por ser sistemas articulados no se presentan tensores de inercia,¹⁶ dando una dinámica a la estructura con alta flexibilidad, es decir, vibran porque transfieren las cargas de una parte a otra de la estructura de forma muy rápida, fenómeno muy útil para absorber la energía impactos o sismos, que puede ser reciclada. Así se puede concluir que mediante ensamblaje de estructuras simples se llegan a estructuras complejas,

¹⁴ Tensegridad es un principio estructural basado en el empleo de componentes aislados (comprimidos) que se encuentran dentro de una red tensada continua, de tal modo que los elementos acoplados no se tocan entre sí y están unidos únicamente por medio de componentes tensados, donde se crea una red de osciladores armónicos.

¹⁵ Forcada Puigoriol, J., Andrés Martínez, J., Reyes Pozo, G., & Menacho Solà-Morales, J. "Desarrollo de una metodología basada en el método de los elementos finitos para la proyección de estructuras tenségridas". In XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos Valencia (2012): 11-13.

¹⁶ El tensor de inercia es un tensor simétrico de segundo orden que caracteriza la inercia rotacional de un sólido rígido.

en un sistema de andamiaje de la propia estructura auto soportada, como sistemas plegables, cuyo diseño se basa en método de elementos finitos MEF con ANSYS para el cálculo que permita determinar el estado de equilibrio de la estructura y sus tensiones, en base a la configuración geométrica óptima.

Los coeficientes geométricos tal como π , establecen la relación entre la circunferencia y el diámetro se ha seleccionado como la relación de base para la distribución espacial en tres dimensiones de un espacio arquitectónico, que se comunica entre niveles a diversas alturas mediante columnas de luz, pasarelas y estructuras tensadas (aplicando el concepto de tensegridad), para proyectar invernaderos abiertos y canales de comunicación mediante vías radiales en distribución Fibonacci, siendo los coeficientes $\pi, \varphi, \varepsilon$, los descriptores arquitectónicos espaciales y así definir la envolvente arquitectónica es la forma de comunicación más propicia, donde se establecen las directrices del concepto de la obra, la distribución de los espacios y la relación entre las zonas.

El objetivo de colocar un eje central para la concentración solar y redireccionamiento de la energía a cada unidad del diseño urbano permite optimizar el diseño, cada elemento tendrá tres grados de libertad para girar sobre su eje, ángulos de elevación y azimut, con el propósito de posicionar el captador de forma óptica y traslación sobre órbitas de las curvas cíclicas, a fin de establecer una resonancia entre el sistema. Un conjunto de domos translúcidos con polarización programable (filtros por longitud de onda e índice de reflexión configurable), que permitan crear la comunicación de los espacios sobre los requerimientos del diseño, de forma dinámica. Una composición fractal¹⁷ en la ramificación de la distribución sobre el plano π_{xy} , así como una distribución toroidal en la distribución espacial con recirculación de recursos y energía en la superficie xyz, en un sistema de coordenadas rectangulares para la descripción axial y polares (descripción radial).

El diseño urbanístico debe contemplar la distribución de los espacios para la comunicación de la obra con un entorno funcional, en las tres dimensiones, más allá de las vías de comunicación, a través de pasarelas de niveles estratégicos, con el objetivo de crear captadores directos e indirectos de radiación solar, mediante las proyecciones arquitectónicas. De esta manera surge el concepto de un diseño 3D entrelazado en superficies desarrollables, que comprende una descripción detallada del potencial regional, un estudio de radiación solar, incidencia eólica y undimotriz, para interpretar la forma óptima del diseño. El proyecto está pensado en un complejo de módulos arquitectónicos con ángulo de orientación solar, en una distribución Fibonacci replicando la ubicación de las semillas de girasol, la región costera comprende el diseño de un muelle flotante con forma de araucaria, que busca extender las ramas de captación de energía undimotriz y define un conjunto de niveles de altura para la captación, direccionamiento inteligente y recaptación de energía eólica. Todo esto pensado en crear una matriz inteligente de energías renovables.

¹⁷ Cecilia Sandoval-Ruiz. "Kirigami, estructuras geométricas fractales y ondas de luz". REC Perspectiva 1, nro. 21 (2023): 44-58.

Una distribución radial de los elementos funcionales en proyectos arquitectónicos es propicia para la comunicación de espacios, la proyección de la luz y línea de vista, donde se pueden establecer grados de libertad para el seguimiento solar, creando un complejo de helióstatos. Se plantea la teoría de arquitectura utópica, como un proyecto basado en un sistema de principios de ideas de sostenibilidad y empatía, por parte de la obra arquitectónica con los espacios. De esta manera el proyecto arquitectónico es una función (matemática) que permite desarrollar una obra, donde el argumento del discurso viene dado por los recursos del espacio. Un tratamiento en capas constructivas, que busca recrear la ingeniería de tejidos.

Si se trata de seleccionar un hilo conductor de la comunicación se trataría de un contexto envolvente, como pueden ser pasarelas verdes con elementos de tensería, superficies regladas desarrollables mediante tramas de luz y geometría proyectiva, para dotar a la obra de un argumento reconocible, que comunique una idea conceptual del desarrollo. Lo mismo que un material común como puede ser tejidos de bambú, elementos hidrodinámicos como fuentes y cascadas, arcillas y otros recursos locales, que permitan colocar en valor la identidad de la zona. Una estructura de graeno funcional con tejido arquitectónico, que le revista de un argumento comunicacional de la obra, dotado de resistencia, seguridad, climatización, iluminación pasiva, flexibilidad y baja densidad en los materiales.

Por su parte, el centro del proyecto puede tratarse de un recurso patrimonial arquitectónico, donde es imprescindible introducir el concepto de los centros de interpretación, para comunicar el arte e interpretar los principios físicos que soportan una obra, desde la reflexión de la luz que define sus tonalidades, hasta la mecánica estructural, con intencionalidad pedagógico, que conecta intelectual y emocionalmente, estimulando su interés para comprometerlo con su conservación, por lo que se propone la geometría proyectiva sobre modelos matemáticos aplicados a la valorización de la arquitectura y los espacios. El diseño de emplazamientos adaptados a espacios dinámicos y ambientados en la línea de la ruta escénica, con criterios de compromiso ambiental, la gestión de recursos y residuos de manera responsable requiere enunciar conceptos tecnológicos de soporte para la implementación del modelo a continuación: Estructuras auxéticas,¹⁸ Patrones cimáticos, estructuras articuladas, cometas proyectivas y optimizadores.¹⁹

¹⁸ Daniel Acuna, Gutiérrez, F., Silva, R., Palza, H., Nunez, A. S., & Düring, G. "A three step recipe for designing auxetic materials on demand". *Communications Physics* 5, nro.1 (2022): 113.

¹⁹ Superficies Optimizadoras desarrolladas con programas informáticos de geometría matemática para estructuras configurables (figuras geométricas de tres dimensiones, que se encuentra en un estado estable y se puede desplegar a otro estado estable como una forma expandida, basadas en células biestables optimizadas, tiene una propiedad que es el número de Poisson negativo, al ser sometido a una fuerza crea espacio adicional). Sistemas estructuras con mecanismos de accionamiento neumático (aire comprimido), para desplegar sectores de ampliación, con mobiliaria replegable, rotacionales y auto suspendidos (hamacas, columpios, elementos articulados de configuración dinámica), para expandir un bloque en espacios con diferentes alturas y cubrir una superficie mayor, con techos y pisos retráctiles. Aplicando nodos articulados y corredizos, para estructuras reentrantes desplegables y estructuras quirales (giratorio angular), donde una serie de acoplamientos son empaquetados o desempaquetados, en una composición radial dinámica de configuraciones estructurales, para optimizar la energía, superando los ángulos de sombra. Elementos proyectivos de luz solar y viento, para generación de energías renovables, iluminación y climatización pasiva. Proyección de luz solar para delimitación de espacios, tejidos de luz y arquitectura reconfigurable, mediante geometría proyectiva, biomimética en arquitectura, superficies desarrollables, luz como elemento modelador de espacios, paisajes sostenibles.

"Las estructuras se replican en patrones fractales, hasta tres niveles sucesivos...

Las estructuras creadas fractalmente... Es de nuevo la naturaleza la que nos enseña cómo las estructuras fractales adquieren una mayor resistencia con menos material y con menos energía gastada en su construcción. Pues, con el diseño y la fabricación de tecnología digital, utilizando impresoras 3D a gran escala, que ya están comenzando a existir, ahora esa fractalidad estructural puede convertirse en una realidad y en un nuevo paradigma para la arquitectura y el diseño".²⁰

Entonces al momento de definir las superficies envolventes pueden ser modeladas como superficies regladas desarrollables,²¹ sobre un modelo fractal. Un poco más abstracto, se proponen superficies fluidas, basadas en mecánica de fluidos, con manejo de densidad del medio, para crear vórtices o estelas delimitantes, en espacios semiconfinados. Se llega así a una arquitectura basada en ecuaciones matemáticas, sucesiones Fibonacci y progresiones geométricas, que describen la composición del diseño. Desde una aplicación móvil, se pueden establecer los parámetros de diseño y los objetivos de configuración, para establecer la obra arquitectónica por software.

Metodología

Se desarrolló un enfoque cualitativo de la investigación, definiendo un método descriptivo mediante la observación y el estudio de patrones para la definición de descriptores matemáticos, sobre el que se alinean técnicas de optimización, para los casos funcionales,²² patrimoniales²³ y ecológicos²⁴ del proyecto arquitectónico. Se seleccionó un rosetón de la iglesia y se analizó la geometría descriptiva de conformación, se desarrolló el patrón matemático a partir de la ecuación polar. El método comprendió el estudio de técnicas de modelado arquitectónico dinámico, para la con-

²⁰Alberto Estévez. "La naturaleza es la solución". Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos, nro. 105 (2022): 183-216.

²¹Isabel Crespo Cabillo. "Control gráfico de formas y superficies de transición". (Universitat Politècnica de Catalunya, 2005).

²²Se definen los revestimientos de la obra. El siguiente punto corresponde al aislamiento térmico, sónico y electromagnético, esto a través de paneles de elementos piramidales, para la formación de cámara anecoicas, diseñada para absorber en su totalidad las reflexiones producidas por ondas acústicas o electromagnéticas en cualquiera de las superficies que la conforman (suelo, techo y paredes laterales). Además de las cámaras acústicas, las cámaras anecoicas de radiofrecuencia son recintos con un blindaje metálico en sus paredes, emulando una jaula de Faraday. Las cámaras son forradas con material diseñado para la absorción de ondas electromagnéticas (distinto al material empleado para absorber ondas acústicas), a fin de aislar la cámara de cualquier tipo de influencia externa y simular condiciones de espacio libre en su interior de la obra arquitectura. El tercer aspecto corresponde al concepto de polarización inteligente mediante lentes ópticas en elementos de iluminación interior, tales como ventanales y claraboyas, donde nuevamente se realiza un tratamiento de las ondas incidentes, con el propósito de obtener un sistema de climatización e iluminación pasiva, altamente eficiente. De esta forma se comunica la luz y componentes de ondas del espectro electromagnético, así como las ondas mecánicas, en pro de la sostenibilidad.

²³En la restauración se pueden aplicar técnicas para el levantamiento planimétrico y detalles de compatibilidad dimensional, con la estructura base. En el mismo orden de ideas se puede realizar el estudio infrarrojo de la obra, para obtener un mapa de distribución de calor en función de los puntos de concentración de luz solar, esto permite proyectar, la incidencia de la luz, aplicando técnicas de geometría proyectiva, para la creación de nuevos espacios, estrechamente relacionados con las formas de diseño original. Esto permite crear una prolongación de la arquitectura, a través de la conceptualización del paisaje. La tecnología LiDAR (Light Detection And Ranging) utiliza la luz, en lugar del sonido o el radar, para medir la distancia. Esto se consigue proyectando un láser infrarrojo sobre los objetos alrededor del sensor y midiendo el tiempo de retorno de la luz reflejada al emisor, lo que permite escanear, por medio de la cámara, puntos espaciales una obra arquitectónica, codificando las imágenes y convirtiéndolas en modelos 3D, con elementos desplegables, rotatorios y arquitectura móvil en la distribución del proyecto, a fin de identificar las necesidades y requerimientos en este nuevo esquema arquitectónico.

²⁴Revalorizar el potencial del entorno, para la conceptualización arquitectónica, con criterios la integración de vistas en asociación con el potencial natural circundante.

figuración de las diversas topologías del diseño,²⁵ donde la aplicación de un operador sobre campos finitos de Galois²⁶ resulta el método de descripción matemática para el modelado de superficies optimizables.

Paso I. Se selecciona un patrón de referencia (rosetones de arquitectura patrimonial, registros de una superficie desarrollable por haz de luz solar incidente, etc.).

Paso II. Se aproximan las ecuaciones matemáticas modeladoras, la técnica empleada es la observación, reconocimiento de patrón para la selección de la ecuación de base, identificación de parámetros tales como número de aristas, relaciones radiales y axiales, hasta obtener un set de componentes aproximados, que pueden ser cortados o interceptados (restando funciones), solapados (mediante concatenación de funciones), o desarrollados en composición fractal (aplicando la selección de variables compuestas en funciones dependientes del tiempo y parámetros).

Paso III. Se generaliza la descripción geométrica a través del modelo de superficies compuestas, donde se define unidades sobre operadores matemáticos de convolución entre los tensores y se define la configuración en función de parámetros, para obtener un descriptor paramétrico.

Resultados

La obtención de los descriptores matemáticos, se desarrollaron mediante ensayos iterativos sobre ecuaciones geométricas, lo que permite simular y replicar diseños particulares. Esta técnica descriptiva aplicada a un caso de estudio permite la valorización del patrimonio arquitectónico intangible, analizando la proyección de luz a través de elementos de difracción de onda definidos en un plano, conformado por naves destechadas, galerías abiertas y bóvedas de proyección de luz solar, que permita reinterpretar las obras patrimoniales de la arquitectura, estudiando sus líneas de diseño, reconociendo los patrones característicos y describiendo en detalle el modelo matemático, para la restauración de los planos y el mensaje intrínseco que comunica la obra, desde una perspectiva ampliada como se presenta en la Figura 4.

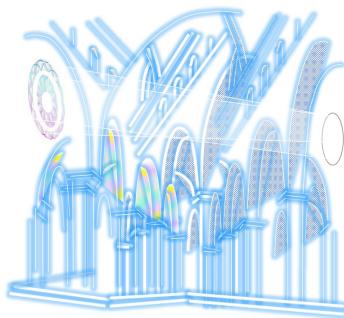


Figura 4 Galería Holográfica de estructura radial de proyección de luz por longitud de onda²⁷

²⁵ $\pi_1(SO_3)$, en cada composición de rotación sobre los planos π_{xy} , π_{yz} , π_{xz} respectivamente, se obtienen nuevos espacios definidos por los intervalos entre las estructuras algebraicas sobre los espacios topológicos y teoría de grupos.

²⁶ Cecilia Sandoval-Ruiz. "Fractal mathematical over extended finite fields $F_p[x]/(f(x))$ ". Proyecciones 40, nro. 3 (2021): 731-742. doi:10.22199/issn.0717-6279-4322.

²⁷ Interpretación de la obra arquitectónica: Iglesia de Nuestra Señora de Chiquinquirá, Lobatera-Venezuela.

En el proyecto arquitectónico parte de la observación y contempla los recursos naturales disponibles, a fin de crear superficies orbitales por resonancia, efecto estela y pantallas reflectivas, mediante proyección de ondas de luz. El principio directriz basado en las ecuaciones para la guía de ondas y el cálculo de equilibrio del sistema de osciladores acoplados, destacando la configurabilidad de las estructuras articuladas y los materiales, para lograr una matriz de síntesis sobre ecuaciones descriptivas, basada en la dualidad onda-partícula para los diseños. El diseño biomimético modular de los elementos arquitectónicos se plantea como método de simplificación de la composición arquitectónica, priorizando la seguridad ambiental, calidad de vida de los seres vivos, tanto humanos, mascotas y fauna silvestre, todo esto manteniendo una disposición en proporciones estéticas del paisajismo en pro de la salud integral de los habitantes y su entorno.

El modelo matemático acá propuesto permite definir materiales con propiedades auxéticas,²⁸ como microceldas de registros desplazamiento con memoria estructural y realimentación lineal (Figura 5), por lo que la energía se almacena en ciclos periódicos. Entre sus aplicaciones se considera en arquitectura e ingeniería para almacenamiento de energías renovables, a partir de un arreglo geométrico con propiedades biestables, es decir que presenta más de un estado de equilibrio. En Hayashi et al., (2024)²⁹ se analiza un estado de equilibrio para estructuras dotadas de integrabilidad, cuyos parámetros pueden ser relacionados con el modelador LFSR propuesto.

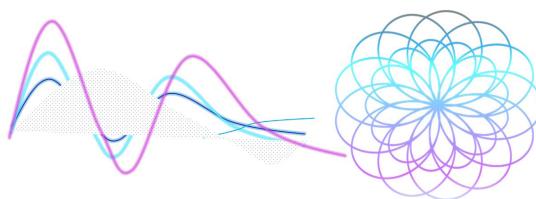


Figura 5 Generador de patrones del modelo arquitectónico π radial

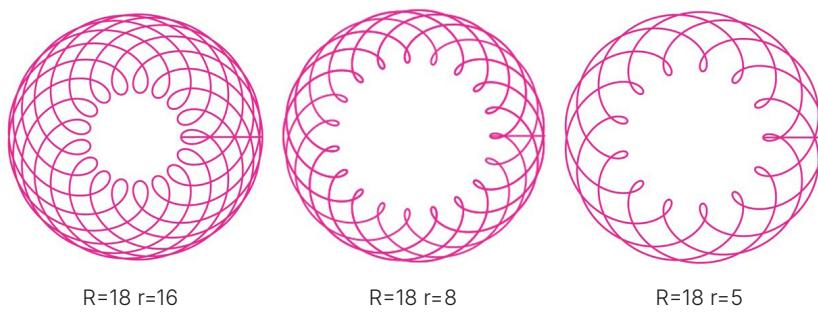
Postulado 1. Uno de los principios asumidos es definir una envolvente arquitectónica, inspirada en las superficies Gaussianas, con el objetivo de compensar los efectos del proyecto, en el interior de la superficie envolvente. Esto se logra a través del diseño simétrico, donde cada elemento funcional tiene un elemento de compensación, así el envolvente flujo dinámica se equilibra mediante vórtices con sentidos de giro configurables, siendo el objetivo principal de la teoría planteada describir las ecuaciones modeladoras para el diseño basado en criterios de responsabilidad ambiental. En este sentido, se considera un mecanismo replegable como un paraguas que se expande formando un domo-poliédrico, que genera la superficie de revestimiento ampliada de

²⁸María Dolores Álvarez-Elipe. "Aplicaciones de las propiedades auxéticas en la arquitectura" (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Madrid, 2017). doi:10.20868/UPM.thesis.48454.

²⁹Relaciona la optimización estructural en geometría diferencial discreta, para la generación paramétrica, sobre una malla cuadrilátera construida a partir de una función exponencial discreta, para cada rama $y_n=r_0 e^{(p\pm\sqrt{-1})kn}$. Hayashi, Kasuki, Jikumaru, Yoshiki, Yokosuka, Yohei, Hayakawa, Kentaro, & Kajiwara, Kenji. "Parametric generation of optimal structures through discrete exponential functions: unveiling connections between structural optimality and discrete isothermicity". Structural and Multidisciplinary Optimization 67, nro. 3 (2024), 41. <https://doi.org/10.1007/s00158-024-03767-1>.

la envolvente arquitectónica, de esta manera se expanden los módulos funcionales enmarcados en la superficie envolvente y se despliega el mecanismo de cometa de optimización (capa flujo dinámica), para crear la proyección y reflexión, a favor del equilibrio óptimo del sistema arquitectónico teorizado, con estructuras corredizas, tejidos estructurales tensados y biomimética. Se realizó un conjunto de ensayos, con parámetros ajustables, que permiten definir poliedros configurable,³⁰ de la forma:

$$x = (R - r)\cos\theta + d\cos\left(\frac{R - r}{r}\theta\right)$$
$$y = (R - r)\sin\theta + d\sin\left(\frac{R - r}{r}\theta\right)$$



Postulado 2. Los recursos naturales permiten sustituir la materialidad en la arquitectura, mediante la creación de espacios ambientados por ondas electromagnéticas y flujos controlados para la creación de superficies desarrollables. En este sentido se extrapolan las ecuaciones aplicadas a patrones de difracción de ondas y polinomios generadores de vórtices de compensación. De tal manera que se generaliza a través de un polinomio generador de la superficie aplicando el operador matemático de convolución LFSR. Este concepto puede ser interpretado como una progresión aritmética en relación con la interacción del número de elementos, punto de la cadena en el patrón geométrico, así se puede establecer el código del tejido estructural de la superficie, sobre operadores de convolución,³¹ aplicados a los códigos de la directriz, donde el polinomio generador $p(x)$ puede ser expresado de la forma:

$$p(x) = 21x^7 + 13x^6 + 8x^5 + 5x^4 + 3x^3 + 2x^2 + x + 1$$

Donde el exponente corresponde a la palabra en el i -ésimo nivel o capa y el coeficiente se relaciona con la magnitud topológica del tejido de superficie (Sandoval-Ruiz, 2024),³² correspondiente para el nivel seleccionado, manteniendo una relación en los coeficientes como la suma de los dos códigos precedentes.

³⁰ Ecuación de poliedro (R, r) , en conformación de un domo geodésico de radio interior variable, control de apertura y cierre de la estructura configurable. Se presenta como una esfera Hoberman estructura capaz de plegarse, modificando la superficie de cobertura, a través de mecanismos articulados en las uniones entre los tramos replegables.

³¹ Cecilia, Sandoval-Ruiz. "Modelo Optimizado del Codificador Reed-Solomon (255,k) en VHDL a través de un LFSR paralelizado". (Tesis Doctoral de la Universidad de Carabobo, 2013).

³² Cecilia, Sandoval-Ruiz. "Formulación matemática del análisis de tejidos estructurales y su aplicación en arquitectura biomimética". Perspectiva 1, nro. 2 (2024), 26-37. <https://producioncientificaluz.org/index.php/perspectiva/article/view/42568>

Postulado 3. Las técnicas estructurales de ordenamiento de capas (bifaciales), para la optimización de los materiales, recursos y espacios en un diseño, basadas en una distribución topológica, dotando al tejido de propiedades elásticas para la conformación de una superficie flexible, cumpliendo con directrices del campo acotado en el generador de superficie.

$$z = \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2}, \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} < 1$$

Postulado 4. Se observa la arquitectura como una extensión de las ecuaciones matemáticas modeladoras de geometría descriptiva, de la forma:

$$x = (R - (r * \cos(R * i * \pi) / n)) * \cos(i * \pi) / n$$

$$v = (R - (r * \cos(R * i * \pi) / n)) * \sin(i * \pi) / n$$

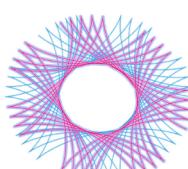
Postulado 5. Documentar el valor de la obra desde la perspectiva de la luz en sus espacios, a partir de identificar los planos arquitectónicos originales y aportes de los artistas en cada etapa de desarrollo, modelos descriptivos, ecuaciones que modelan las superficies desarrollables y complementar el diálogo entre la luz geométrica y los espacios proyectados.

La tesis planteada permite caracterizar los componentes espectrales de luz solar sobre la zona objeto de estudio, lo que permite definir filtros solares basados en polarización de la luz para la proyección de estructuras arquitectónicas, mediante el modelo matemático:

$$\frac{\partial y(r, t)}{\partial t} = \sum_{i=1}^m g_i \cdot x^i(t) + \frac{1}{\phi} \cdot x^i(t-1) \pm \sum_{j=1}^n \frac{(-1)^j}{r(j)!} \cdot \frac{\partial^2 x^i(t)}{\partial r, t}$$

Se obtiene una ecuación descriptiva generalizada, considerando un término de memoria del diseño y un término de compensación que será el responsable de establecer la simetría geométrica para anular el impacto de elementos sobre el ambiente (un mecanismo par de efecto Coriolis o lentes y espejos simétricos), que permita mitigar el campo asociado a un flujo, definiendo un equilibrio dinámico. De esta manera se optimiza el patrón de flujo y ondas, para la proyección geométrica del diseño sobre los espacios y se recrea un ambiente armónico inspirado en galerías, que permite conceptualizar una infraestructura inmaterial. Así mismo, se plantea en el modelo radial una interacción eficiente para la remediación ambiental, presentado en la Tabla II.

Tabla II
Remediación Ambiental sobre planeación urbanística π -radial

Propuesta	Descripción de características Técnicas del Concepto	Equilibrio Radial
Magnet Kite	Configuración geométrica de un arreglo de cometas por acoplamientos magnéticos y filtros en rangos de longitud de onda de plasma ionizado	
Estaciones Urbóticas	Protección de fauna, dispensadores de alimento y suministro de fuente de agua, climatización, información ruta escénica	
Técnicas Sostenibles	Balcones con celosías que protegen del calor, torres captadoras de viento para recirculación de flujo de aire y baorí o tanque subterráneo escalonados de agua reciclada para refrigeración.	
Regeneración estructural	Restauración arquitectónica digital, modelado en base a la infraestructura existente, clasificando los materiales sostenibles y el impacto ambiental.	

Discusión

Se ha planteado el estudio y reconocimiento de potencialidades, presupuesto de infraestructura, para diseñar técnicas de reciclaje de obras en un concepto integrado, donde en lugar de la remodelación convencional que tiene un costo asociado a materiales nuevos, residuos de materiales (escombros y residuos sólidos), se realice la restauración a través de ondas proyectadas. Aquellas obras que han sido deterioradas por el paso del tiempo pueden ser recuperadas mediante superficies rectificantes y tejidos flexibles o lumínicos de prolongación de elementos arquitectónicos, tal como una estructura holográfica que permita una experiencia 3D de la obra original, sobre las bases de los elementos arquitectónicos originales. De esta manera, se presenta una obra arquitectónica evolucionada, con menor densidad, que pueden ser intervenidas en conceptos actualizados, sin desestimar su valor arqueológico. Así aparece un método de restauración *software*, que presenta una mínima intervención del *hardware* de la obra arquitectónica.

"La casa en la que vivimos es la prolongación de nuestra conciencia"

Alejandro Jodorowsky

Al momento de describir la obra se puede definir desde **Rosetones con patrones caleidoscópicos**. La comunicación mide el impacto de las ondas que interactúan con la obra arquitectónica, formando patrones radiales, con longitudes de onda específicas para filtrar los componentes y optimizar el flujo de energía eficiente, **embovedados translúcidos** para cobertura de las naves de la obra, con superficies compuestas piramidales, para aislación anecoica y reflexión geométrica de la luz incidente, y una envolvente replegable con paneles fotovoltaicos, así como **arcos, columnas y otros elementos** arquitectónicos en composición fractal. Elementos móviles no cimentados (sin acoplado mecánico), con el propósito de realizar la translación de los elementos sobre una trayectoria definida en una curva cíclica asociada a las estaciones del año y un eje de rotación para seguimiento de luz solar y ángulo de incidencia óptimo, durante las horas del día, eficiencia máxima.

Y llegado a este punto del concepto de arquitectura proyectiva, se postulan conjeturas teóricas de alto interés, como lo son la percepción descrita de la luz del sol que se filtra a través del tejido arquitectónico, de forma similar al efecto Komorebi³³ que se da en la naturaleza, hacia los espacios proyectados, con el efecto asociado por el contraste de iluminación espacial entre tramada y ondas de luz recirculada sobre superficies reflectantes. Esto lleva a inferir un método de diseño donde las superficies estén definidas por arquitectura caleidoscópica,³⁴ donde el haz de luz solar incidente sea polarizado, reflejado y alineado en ángulos de proyección definidos, para crear un conjunto de estructuras fractales, formuladas por ecuaciones matemáticas pre calculadas. En el mismo orden de ideas se plantea el diseño programado de efecto

³³ Komorebi se refiere a la luz del sol que se filtra a través de las hojas de los árboles.

³⁴ Efecto Caleidoscópico (del griego kalós, bella, éidos, imagen y scopéo, observar) es un arreglo óptico, que contiene tres espejos, que forman un prisma triangular con su parte reflectante hacia el espacio de proyección, al extremo de los cuales se encuentran dos láminas translúcidas entre las cuales hay varios objetos de colores y formas diferentes, cuyas imágenes se ven multiplicadas simétricamente al ir girando el proyector mientras se mira por el extremo opuesto.

Tyndall³⁵ para definir haces de luz y su superposición en espacios del diseño. De esta manera se logra definir las ondas de luz como recursos (inmateriales) para el diseño de un proyecto arquitectónico como prolongación de estructuras funcionales básicas. Entre sus ventajas se cuenta la portabilidad del diseño, desde aplicar escaneo de los espacios e infraestructura actual (a través de aplicaciones móviles), desarrollo descriptivo de manera remota y modulación de los recursos de ondas de luz, para recrear una obra en su totalidad.

Urbanismo, Parques de Energías Renovables y RSE Responsabilidad Socio Ecológica
 Los conceptos estudiados pueden ser aplicados en centros de interpretación en parques solares y eólicos, desde vistas aéreas y miradores desarrollados para el análisis de las proyecciones de radiación solar y ráfagas de viento, como potencial intangible del modelo arquitectónico, en el marco del turismo científico y urbanismo escénico. La luz y códigos de tejidos y ondas como lenguaje, para la creación de arquitectura abstracta, logrando una gestión eficiente y responsable de los recursos. Lo material e inmaterial conjugado a través columna translúcida de agua para estudio de efectos ópticos de la luz sobre el diseño arquitectónico intangible, del vaporizado de fuentes de agua actuando como prisma sobre la que se refleja la luz solar orientada, para recrear estructuras especales, así como la aplicación de levitación acústica y magnética, con el objetivo de conformar espacios diseñados sobre fenómenos ópticos y principios de física.

El concepto arquitectónico con responsabilidad social debe ser extrapolable al diseño urbanístico, con el compromiso de fomentar espacios inclusivos, garantizar el bienestar integral y áreas *pet friendly*, compatibles con mecanismos de asistencia a la movilidad: sillas ortopédicas, órtesis (para mitigar el impacto sobre el sistema articular y facilitar la movilidad ante condiciones de lesiones neurológicas-óseas), mediante el amortiguamiento asistido por muelles, dotando al mecanismo de un grado de libertad adicional, unidades terapéuticas de control, redes de salud, alimentación y cuidado de las mascotas, a través del concepto de animales de apoyo emocional, con dispensadores de alimentos y agua, sensores de ultrasonidos para detectar obstáculos, para la atención de la fauna urbana, así como dispositivos para sentidos asistidos, como visión artificial, detectores de movimiento y sistemas LiDAR para mapeo de posición de obstáculos, centralizados con collares de las mascotas e indicadores en vehículos, integrando el concepto en mecanismos viales de protección de la fauna silvestre, jardines de recuperación de calidad de aire, entre otros.

Todo esto pensado en optimizar el hábitat y la calidad de vida de los animales, mediante tecnología de gemelos digitales, de forma segura y comprometida con el bienestar de las especies, como un reflejo de la cultura local. Así mismo la adaptación de los parques recreativos con pasarelas y rampas de acceso que faciliten la movilidad segura, ciclovías, sensores para monitoreo de patrones de comportamiento y migración para la protección de las especies, reservas naturales, promoción de rutas escénicas de concientización para el cuidado de la flora y fauna nativa.³⁶

³⁵Efecto Tyndall es un fenómeno físico explica científicamente por qué las partículas coloides en disolución o en gas solo son visibles si la suspensión es atravesada por un rayo de luz intenso. (se presenta al encender las luces del auto en la niebla o cuando la luz del sol entra por una ventana).

³⁶Cecilia Sandoval-Ruiz. "Sistemas inteligentes para la protección de ecosistemas, flora y fauna". Universidad, ciencia y tecnología 25, nro. 110 (2021): 138-154. <https://doi.org/10.47460/uct.v25i110.486>

Conclusiones

La investigación logró el objetivo de reconocer descriptores matemáticos, mediante la identificación de patrones geométricos y su definición a través de ecuaciones para VHDL, los cuales son aplicados para la formulación de diseños de forma estandarizada, permitiendo hacer portables los modelos adaptativos sobre distintas plataformas, la simplificación de la lectura de los elementos estructurales, la aplicación de tecnología de ingeniería de tejidos y estructuras topológicas, definiendo así superficies rectificantes que permitan mitigar el impacto ambiental de los proyectos arquitectónicos, desarrollar superficies de difracción (parasoles) y mantener criterios de protección de la flora y fauna con responsabilidad ambiental.

Gracias al concepto de arquitectura π -radial sobre descriptores geométrico se logra la reconfiguración del tejido arquitectónico, superficies optimizables y reubicación de elementos del urbanismo de forma dinámica, ante factores de impacto ambiental y condiciones bioclimáticas:

De esta manera el diseño arquitectónico debe ser flexible para reorientar su desarrollo de manera segura y armoniosa con su entorno.

Incluir un enfoque de practicidad en movilidad de los elementos, por lo que el primer factor diferenciador es una arquitectura inmaterial y fluida.

Obtener las ecuaciones descriptivas para la formulación de la relación entre el espacio vacío y las ondas.

Sistematizar la aplicación de materiales ultraligeros, reciclables y sostenibles, con diseños replegables y eficientes.

Referencias

- Acuna, Daniel., Gutiérrez, Francisco., Silva, Rodrigo., Palza, Humberto., Nunez, Alvaro., & Düring, Gustavo. "A three step recipe for designing auxetic materials on demand". *Communications Physics* 5, nro.1 (2022): 113. <https://www.nature.com/articles/s42005-022-00876-5.epdf>
- Álvarez-Elipe, María Dolores (2017). Aplicaciones de las propiedades auxéticas en la arquitectura (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Madrid). <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.48454>.
- Añón Mallo, María. "Lux, lumen, splendor. El diálogo artístico de la luz y el espacio". (Tesis de Grado. Universidad de Santiago de Compostela, 2021).
- Arias M., Javier. "La envolvente arquitectónica como herramienta conceptual de la regeneración urbana. El Espacio Joven Norte". *Revista de Arquitectura* 28, nro. 44 (2023): 178-193. doi: 10.5354/0719-5427.2023.69802
- Bravo-Sepúlveda, María Fernanda. "Emociones desde la naturaleza: método de morfogénesis en diseño" (Tesis de Grado, Universidad de Chile, 2020).
- Crespo Cabillo, Isabel. "Control gráfico de formas y superficies de transición". (Universitat Politècnica de Catalunya, 2005).
- Estévez, Alberto T. "La naturaleza es la solución". *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos*, nro. 105 (2022): 183-216.
- González-Quintial, Francisco., & Martín-Pastor, Andres. "Superficies rectificantes. Concepto, realidad geométrica y distorsión constructiva". *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica* 28, nro. 47 (2023): 228-239. doi: 10.4995/ega.2023.16997.
- Hayashi, Kasuki, Jikumaru, Yoshiki, Yokosuka, Yohei, Hayakawa, Kentaro, & Kajiwara, Kenji "Parametric generation of optimal structures through discrete exponential functions: unveiling connections between structural optimality and discrete isothermicity". *Structural and Multidisciplinary Optimization* 67, nro. 3 (2024), 41. <https://doi.org/10.1007/s00158-024-03767-1>
- Liu, Daoming., Pellis, Davide., Chiang, Yu-Chou., Rist, Floriant., Wallner, Johannes., & Pottmann, Helmut. "Deployable strip structures". *ACM Transactions on Graphics (TOG)* 42, nro. 4 (2023): 1-16.
- Palma Mejía, Manuela. "Optimización de la envolvente para mayor protección frente a la incidencia solar en la Torre Sevilla". (Tesis en Innovación en Arquitectura de la Universidad de Sevilla, 2023).
- Puigoriol Forcada, J., Andrés Martínez, J., Reyes Pozo, G., & Menacho Solà-Morales, J. "Desarrollo de una metodología basada en el método de los elementos finitos para la proyección de estructuras tenségridas". In *XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos Valencia* (2012): 11-13.
- Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Formulación matemática del análisis de tejidos estructurales y su aplicación en arquitectura biomimética". *Perspectiva* 1, nro. 2 (2024), 26-37. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/perspectiva/article/view/42568>
- Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Regeneración de espacios basada en geometría proyectiva sobre modelos de envolvente arquitectónica". *REC Perspectiva* 2, nro. 22 (2023): 6-19. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/perspectiva/article/view/41374>
- Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Kirigami, estructuras geométricas fractales y ondas de luz". *REC Perspectiva* 1, nro. 21 (2023): 44-58. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/perspectiva/article/view/40438>

- Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Fractal mathematical over extended finite fields $F_p[x]/(f(x))$ ". *Proyecciones* 40, nro. 3 (2021): 731-742. doi:10.22199/issn.0717-6279-4322.
- Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Sistema Eco-Adaptativo integrado en elementos arquitectónicos con tecnología sostenible". *REC Perspectiva* 8, nro. 4 (2015): 96-109.
- Sandoval-Ruiz, Cecilia. "ZPF para arreglo de proyección de onda: ϕ -LFSR en modelado $F_p[x]/f(x)$ de sistemas de energías renovables". *Revista de la Universidad del Zulia* 15, nro. 42 (2024): 281-305. doi:10.46925//rdluz.42.16
- Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Quantum architecture: osciladores acoplados, dinámica y ERNC". *REC Perspectiva* 1, nro. 19 (2022): 86-99. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/perspectiva/article/view/38184>
- Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Arquitectura fractal reconfigurable - AFR basada en tecnologías sostenibles". *REC Perspectiva* 2, nro. 16 (2021): 54-71. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/perspectiva/article/view/35486>
- Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Sistemas inteligentes para la protección de ecosistemas, flora y fauna". *Universidad, ciencia y tecnología* 25, nro. 110 (2021): 138-154. doi.org/10.47460/uct.v25i110.486
- Sandoval-Ruiz, Cecilia. "LFSR Optimization Model based on the Adaptive Coefficients method for ERNC Reconfigurable Systems". *Revista Chilena de Ingeniería: Ingeniare* 29, nro. 4 (2021): 743-766. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052021000400743>
- Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Proyecto Cometa Solar-CS para optimización de sistemas fotovoltaicos". *Universidad Ciencia y Tecnología* 24, nro. 100 (2020): 74-87. <https://uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/article/view/307>
- Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Arquitectura Reconfigurable y Redes Inteligentes aplicadas al Diseño Sostenible en Smart City". *REC Perspectiva* 7, nro: 12 (2018): 1-19.
- Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Diseño Arquitectónico Inteligente Aplicando Conceptos de Urbótica y Sostenibilidad". *REC Perspectiva*, 11 (2017): 18-29.
- Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Sistema Eco-Adaptativo integrado en elementos arquitectónicos con tecnología sostenible". *REC Perspectiva* 8, nro. 4 (2015): 96-109.
- Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Operador matemático para caracterización y optimización de etapas de sistemas físicos". *Revista Colegiada de Ciencia* 5, nro. 2 (2024): 88-98. <https://doi.org/10.48204/j.colegiada.v5n2.a5029>
- Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Ω-Vórtices y Acoplamientos Resonantes en Modelo de Patrón de Flujo Toroidal Regenerativo Mediante Física Moderna y Ondas". *CALIBRE-Revista Brasiliense de Engenharia e Física Aplicada* 9, nro. 1 (2024): 1-20.
- Sandoval-Ruiz, Cecilia. "xyz Modelo de optimización de arreglos de cometas captadoras de energías sostenibles". *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia* 46, nro. 2 (2023). <https://doi.org/10.22209/rt.v47a01>
- Sandoval-Ruiz, Cecilia. "YPR-ángulos de alineación para arreglo de cometas de captación de energía eólica: α , β , γ -coeficientes de control y mantenimiento de patrones de flujo regenerativos". *Revista Científica de la UCSA* 10, nro. 3 (2023): 3-15. <https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2023.010.03.003>
- Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Modelo Optimizado del Codificador Reed-Solomon (255,k) en VHDL a través de un LFSR paralelizado". (Tesis Doctoral de la Universidad de Carabobo, 2013).

ARTÍCULO



Autor del boceto
Dr. Arquitecto Mario Raúl Ramírez de León.

Líquenes que afectan el patrimonio edificado, en el centro histórico de la ciudad de Guatemala, por el método de bioindicadores

Lichens that affect the built heritage, in the historic center of Guatemala City, by the bioindicator method

Dra. Olga Edith Ruiz*



División de Desarrollo Académico Dirección
General de Docencia
Universidad de San Carlos de Guatemala
<https://orcid.org/0000-0001-6494-0745>
Guatemala, Ciudad de Guatemala.

Fecha de recepción: 13 de febrero del 2024.

Fecha de aceptación: 21 de junio del 2024.

Correo: edithruiz@profesor.usac.edu.gt

Resumen

El estudio sobre “Líquenes que afectan el patrimonio edificado, en el centro histórico de la ciudad de Guatemala, por el método de bioindicadores”, fue realizado de manera conjunta con la Dirección de Investigación de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-, el Departamento de Investigación de la División de Desarrollo Académico-DDA-, de la Dirección General de Docencia -DIGED-, y financiado por la Dirección General de Investigación de la USAC, en la Convocatoria Diferenciada del año 2023. El mismo se llevó durante los meses de junio a noviembre del año 2024, con ocho de casos de estudio, que fueron previamente seleccionados por el simbolismo que representan en las diferentes épocas de la vida de los guatemaltecos, con el fin de identificar como los agentes antrópicos tanto ambientales como climáticos deterioran el patrimonio edificado del centro histórico de la ciudad de Guatemala, el área a investigar fue de 180 manzanas, se elaboraron mapas que contienen la información de cada una de las edificaciones patrimoniales, además se realizó una propuesta educativa para sensibilizar a los estudiantes de la Facultad de Arquitectura de la USAC, por medio de trifoliales y postes científicos, sobre el valor intangible de las edificaciones así como el fortalecimiento de la memoria histórica que representa cada uno de estas edificaciones para la conservación y preservación de los mismos, también se trabajó desde perspectiva interdisciplinariedad que se produjo con el equipo al analizar el objeto de estudio.

Palabras clave:

Memoria Histórica, propuesta educativa, transdisciplinariedad, agentes antrópicos, pigmentocracia.

* Doctora en Sociología y Ciencias Políticas, de la Universidad Pontificia de Salamanca, España; Maestra en Coaching Educativo por la Universidad del Valle de Guatemala, Maestra en Administración Pública por el Instituto de Administración Pública -INAP-, Investigadora Educativa y Profesora Titular VI, del Departamento de Investigación Educativa.

Abstract

The study on "Lichens that affect the built heritage, in the historic center of Guatemala City, by the bioindicar method", was carried out jointly with the Research Directorate of the Faculty of Architecture of the University of San Carlos de Guatemala -USAC-, the Research Department of the Academic Development Division -DDA-, of the General Directorate of Teaching -DIGED-, and financed by the General Directorate of Research of the USAC, in the Differentiated Call for the year 2023. The same was carried out during the months of June to November 2024, with eight case studies, which were previously selected for the symbolism they represent in the different periods of the life of Guatemalans, in order to identify how the anthropic agents Both environmental and climatic conditions deteriorate the built heritage of the historic center of Guatemala City, the area to be investigated was 180 blocks, maps were prepared that contain the information of each of the heritage buildings, in addition an educational proposal was made to raise awareness among the students of the USAC Faculty of Architecture, through scientific brochures and posts, about the intangible value of the buildings as well as the strengthening of the historical memory that each of these buildings represents for their conservation and preservation, We also worked from an interdisciplinary perspective that occurred with the team when analyzing the object of study.

Keywords:

Historical Memory, educational proposal, transdisciplinarity, anthropic agents, pigmentocracy.

Introducción

En el año 2023 la Dirección General de Investigación -DIGI- lanzó una convocatoria a la cual le denominó "Diferenciada", porque tendría un periodo de trabajo de junio a noviembre, en la se participó con un equipo conformado por Arquitectos, Psicólogos, Biólogos y Sociólogos. El tema a investigar fueron los "Líquenes que afectan el patrimonio edificado del centro histórico de la ciudad de Guatemala, por el método de bioindicadores" resultado de una reflexión multidisciplinaria que propicio un trabajo productivo en el cual se identificaron las diferencia entre cada una de las profesiones que participo y como se aprovecho la oportunidad para que esas mismas diferencias convergieran en una unidad en el estudio sobre los líquenes y ampliar esa perspectiva y profundizar en la conservación y preservación de las edificaciones patrimoniales de forma multidisciplinaria. El estudio surge por encontrar diferentes formas de involucrar a los estudiantes en el tema y la innovación en el proceso de la enseñanza aprendizaje, ya que además se tuvieron dinámicas educativas tales como talleres, foros y conversatorios que produjeron reacciones positivas y nuevas formas de abordar la conservación y preservación de las edificaciones patrimoniales del Centro Histórico de la ciudad de Guatemala. Todas las dinámicas educativas fueron enriquecedoras ya que se contó con el expertage de especialistas internacionales que abordan el tema desde sus diferentes disciplinas ya que el Dr. Hugo Suarez Suarez, Sociólogo investigador del Instituto de Investigaciones Sociales de la Universidad Autónoma de México, con el tema de "Análisis estructural, Sociología visual y narrativa visual", transmitió a los asistentes una amplia mirada sobre el patrimonio y sus diferentes dimensiones (pobreza, origen étnico, status, entre otros), también se cita a la Dra. Sofia Marín-Cepeda con el tema "El Factor emocional en el patrimonio, prácticas educativas" en donde proporciona información sobre el caso de las universidad en España y la enseñanza sobre las edificaciones patrimoniales y como introducen a los estudiante en este mundo y las estrategias educativas como una "conserva", o un bien que ha heredado de sus antepasados y como nace la por el factor emocional ese acercamiento y el cuidado del bien patrimonial. Los líquenes en sí son bioindicadores naturales ya que proporcionan información según el color (variaciones cromáticas) que presenten indican el deterioro del edificio, se utilizo reactivo (K+) y yodo (I) en diferentes partes del talo para obtener información sobre las características.¹ Se utilizo el software gratuito "My maps" de Google², y para elaborar los trifoliares y los posters científicos se utilizo canva, como software gratuito.

A. Aspectos técnicos

La instancia que tiene a su cargo la publicación del libro es offset Litografía e Imprenta, el libro consta de 127 páginas tamaño carta, dimensiones 13.97 cm. x 21.59 cm., tapa blanda, hoja de cortesía al principio y al final, portada elaborada por el estudiante Alexander Aguilar portadilla o anteportada, portadas al interior, dedicatoria, agradecimientos, página de créditos o derechos, sección de figuras y sección de tablas, índice.

¹ Cohn-Berger, G., & Quezada, M. Líquenes como bioindicadores de contaminación aérea en el corredor metropolitano de la ciudad de Guatemala. Revista Científica, 26(1), 20-39. <https://doi.org/10.54495/Rev.Cientifica.v26i1.79>, año 2016

² Lucrecio González, L. A., Juárez Morales, R., Juárez Morales, J. A., & Zambrano Dávila, J. I. Desarrollo de un SIG para la red de agua potable del poblado de Cruz Grande. South Florida Journal of Development, 3(6), 6430-6442, año 2020

B. Resumen del libro

El estudio sobre ***“Líquenes que afectan el patrimonio edificado, en el centro histórico de la ciudad de Guatemala, por el método de bioindicadores”***, tiene la estructura oficial de un proyecto, como lo requiere la Dirección General de Investigación, DIGI de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se realizará una descripción muy sencilla de cada una de las partes que lo conforman:

En primer lugar contiene el resumen y palabras claves tanto en idioma español, como en idioma inglés, donde se recoge de forma concreta cada una de las partes, a continuación la introducción en donde se describe cual es el tema, porque se hace el estudio, como se ha concebido y cual fue el método utilizado para llevar a cabo el estudio, luego aparece el planteamiento del problema, delimitación en tiempo y espacio, marco teórico en donde se resaltan autores como Miguel Valles con su libro, Técnicas cualitativas de investigación social, Reflexión metodología y práctica proyectiva,³ otro el arquitecto Monterroso Sáenz del Castillo con el libro, Restauración y valoración del complejo arquitectónico de la Antigua Guatemala, de la disciplina de Psicología se puede resaltar autores como Marín Cepeda, con el libro Enfoque, modelos y líneas emergente en educación patrimonial hacia una educación de calidad a través de las artes, otro libro acerca de Biología, de Osorio G. y otros autores sobre los Líquenes y la degradación, conservación del patrimonio arquitectónico, así como temas sociología, con el libro del Suarez, Hugo con el tema de como descifrar sociológicamente una fotografía elementos teórico metodológicos, es así como este segmento del libro se configura, ahora bien el Estado del Arte se encuentra configurado por los distintos trabajos de investigación que se han realizado a lo largo del siglo pasado y este siglo, uno de ellos fue el trabajo realizado por el chileno Alejandro Lipschutz, en el año de 1944, donde plantea el término de “Pigmentocracia”,⁴ que fue utilizado por primera vez en el año de 1944 para describir las diferencias económicas, política y sociales, fundada en las clases sociales que se aplican únicamente a los indígenas y a los negros, y todo esto se encuentra sustentado en por el común denominador del color de la piel, y la esta categoría le sirvió a Lipschutz como un marco activo para las investigaciones, otro autor que lo retoma es Telles en el libro Pigmentocracias, color, etnidad y raza en América Latina”, otro planteamiento es la palabra reificar⁵ la biología, y todo ello surge con un ejercicio que se le conoce con el nombre del “ejercicio de la perla”, que se remonta de la época de la conquista, la pregunta es ¿sin reificar la Biología” como se puede entender en un mundo lleno de exclusión y marginación, por ello se debe deconstruir este ejercicio.

Los objetivos que se plantearon en el estudio fueron un objetivo general y cuatro objetivos específicos que fueron el hilo conductor de todo el estudio, los cuales se plantearon de forma secuencial con el desarrollo del estudio, Identificar las áreas de mayor impacto en los edificios patrimoniales del centro histórico de la ciudad de

³ Valles S., Miguel; Técnicas cualitativas de investigación social, reflexión metodología y práctica profesional, 1999

⁴ Telles E. Martínez, Pigmentocracia, color etnidad y raza en América Latina, Fondo de Cultura, México 2019

⁵ Reificación (en alemán: Verdinglichung, literalmente “convertir en” o “hacer cosa”) es considerar a un ser humano o viviente consciente y libre como si fuera un objeto o cosa no consciente ni libre; también se refiere a la reificación o cosificación de las relaciones humanas y sociales.

Guatemala, analizar las imágenes de los líquenes, proponer bioindicadores basados en los líquenes presentes en las edificaciones, desarrollar mapas interactivos con datos georreferenciados y por ultimo elaborar una propuesta de sensibilización con posters científicos y trifoliares, con el fin de cumplir con el componente "curricular" de la Política de Calidad Educativa de la USAC.

La metodología utilizada en esta investigación se desarrolló en cuatro fases, la primera de ellas por la selección de ocho casos de estudios (edificios patrimoniales) del centro histórico de la ciudad de Guatemala, la segunda fase se identificaron a base micro y macroscópicas para la identificación de los líquenes con reactivo K(+) y potasio (I) en diferentes partes del talo, con ayuda de estereoscopio y microscopio, así como la utilización de software gratuito "My maps" de Google y Canva gratuito para la elaboración de trifoliares y posters científicos. Ahora bien, en lo que respecta al tema de Aspectos éticos y legales, se realizaron las gestiones correspondientes al Instituto de Antropología e Historia de Guatemala -IDAHE-, con el oficio de la Dirección de Investigación de la Facultad de Arquitectura de fecha 26 de abril del año dos mil veintitrés, que tuvo respuesta por la Dirección de Patrimonio del IDAHE, con el oficio número 0798-2023/DECORBIC.

La investigación se centró en ocho edificaciones del centro histórico de la ciudad de Guatemala, siendo estos La catedral Metropolitana, El Portal del Comercio, Palacio Nacional de la Cultura, la Biblioteca Nacional "Luis Cardoza y Aragón", Centro Cultural Universitario -CCU- antiguo Paraninfo Universitario, El Museo Universitario -MUSAC-, el Templo de San Francisco y el antiguo Palacio de la Policía Nacional, ahora Ministerio de Gobernación. Cuando se realizó la toma de las muestras de líquenes, se observó que las ocho casas de estudio, el Templo de San Francisco la edificación con diferentes familias de líquenes y sobre todo y la más abundante, la Catedral Metropolitana, el Museo de la Universidad de San Carlos, el Centro Cultural Universitario, Biblioteca Nacional y el Portal del Comercio se detectó más presencia de líquenes, pero de una sola familia, mientras tanto que el Ministerio de Gobernación, los líquenes que se encontraron fueron en los alrededores (árboles). Se identificaron tres especies divididas en dos familias de líquenes en las edificaciones patrimoniales, llamadas Caloplaca Diphasia, Physcia sorediosa y Physcia stellaris, y en lo que se refiere a los grupos morfológicos el 66.67% correspondió a especies costrosas y el 33.33% foliosa. Los Teloschistaceae, fueron los más abundantes y la especie más frecuente fue la Caloplaca Diphasia, cuando se llevó a cabo la colecta de los líquenes, se detectó la presencia de una costra oscura sobre la piedra, motivo para ser colectada y al realizar el análisis respectivo se identificó la presencia de cianobacterias formando una biopelícula. Los géneros de estos organismos procariotas identificados fueron Phormidium y Oscillatoria que pertenece a la familia Oscillatoriaceae.⁶

⁶ Dhaouadi, S., Khaloufi, N., Ayati, K., Ayeb, N., & Béjaoui, M. Use of lichen species for air pollution biomonitoring: Case of Dar-Chichou Forest (Cap-Bon, North-East Tunisia). *Environmental and Sustainability Indicators*, 16, 100211. Año 2022 <https://doi.org/10.1016/j.indic.2022.100211>

A continuación, se presenta los resultados de la muestra:

Identificación de Líquenes en las edificaciones patrimoniales

Edificación patrimonial	Mycobionte	Photobionte	Familia	Especie	Tipo	Bioindicador
Catedral Metropolitana	Ascomycota	Trebouxia	Teloschistaceae	<i>Caloplaca diphasia</i>	Costroso	Toxisensibles
Iglesia San Francisco	Ascomycota	Trebouxia	Physciaceae	<i>Physcia sorediosa</i>	Costroso	Toxisensibles
	Ascomycota	Trebouxia	Teloschistaceae	<i>Caloplaca diphasia</i>	Costroso	Toxisensibles
MUSAC	Ascomycota	Trebouxia	Teloschistaceae	<i>Caloplaca diphasia</i>	Costroso	Toxisensibles
Paraninfo Universitario USAC	Ascomycota	Trebouxia	Physciaceae	<i>Physcia sorediosa</i>	Costroso	Toxisensibles
Palacio PNC	Ascomycota	Trebouxia	Physciaceae	<i>Physcia stellaris</i>	Folioso	Toxitolerante
Portal del Comercio	Ascomycota	Trebouxia	Teloschistaceae	<i>Caloplaca diphasia</i>	Costroso	Toxisensibles
Biblioteca Nacional	Ascomycota	Trebouxia	Teloschistaceae	<i>Caloplaca diphasia</i>	Costroso	Toxisensibles
Palacio Nacional de la Cultura	Ascomycota	Trebouxia	Teloschistaceae	<i>Caloplaca diphasia</i>	Costroso	Toxisensibles

Fuente: por autores del proyecto: "Líquenes que afectan al patrimonio edificado en el Centro Histórico de Ciudad de Guatemala, por el método de bioindicadores". Convocatoria diferenciada DIGI-USAC 2023.

Resultados de identificación de biopelícula sobre las edificaciones patrimoniales.

Edificación patrimonial	Género	Familia
Catedral Metropolitana	Oscillatoria	Oscillatoriaceae
	Phormidium	Oscillatoriaceae
Museo de la USAC	Phormidium	Oscillatoriaceae

Fuente: por autores del proyecto: "Líquenes que afectan al patrimonio edificado en el Centro Histórico de Ciudad de Guatemala, por el método de bioindicadores". Convocatoria diferenciada DIGI-USAC 2023.

Otro de los resultados que se produjeron durante la investigación fue la perspectiva multidisciplinaria que se utilizó para el análisis de cada uno de los casos utilizando una matriz que contiene las siguientes categorías: (1) Disciplina, (2) Colorimetría,⁷ (3) Memoria individual y colectiva, (4) Edificación Patrimonial y (5) Identificación de especie indicadoras de la calidad del aire, cada una de estas categorías se respondieron de

⁷ Achig, María Cecilia; Paredes, María Cecilia; Barsallo, María Gabriela; Estudio y propuestas de color para la arquitectura del Centro Histórico de Cuenca, Ecuador, año 2016

forma disciplinar (Arquitectura, Psicología, Biología y Sociología), lo que permitió tener una mirada más amplia y profunda de los líquenes que afectan el patrimonio edificado en el centro histórico de la ciudad de Guatemala, por el método de bioindicadores.⁸

A continuación, se presenta una de las matrices presentadas en el estudio de líquenes, con la perspectiva multidisciplinaria, el caso de estudio "Centro Cultural Universitario -CCU- USAC"

Perspectiva Multidisciplinaria

Arquitectura

Colorimetría: El edificio ha tenido distintas intervenciones, por lo que el color original no puede observarse directamente.

Memoria individual y colectiva: Fue sede de la escuela de medicina y odontología. Más allá de lo cual, se mantiene presente como un lugar emblemático para los universitarios.

Edificación Patrimonial: El edificio ha evolucionado con el tiempo, inicialmente, la planta se desarrollaba por cuerpos, que se encontraban exentos dentro de la manzana. La integración de una verja o límite a los jardines, le ha quitado la impresión de ser edificios en un jardín desde el exterior.

Identificación de especies indicadoras de la calidad del aire: Hay evidencias de distintos organismos, manchas o páginas de color negro o verduzco. En la verja, de hierro, se observan colonias de líquenes y musgo.

Psicología

Colorimetría: Los colores presentes en el Paraninfo Universitario son el amarillo pálido y el blanco.

El amarillo según la psicología simboliza la energía, alegría, riqueza, poder, abundancia, fuerza y acción. Relacionado con el ego y con la autoestima y con el lado más racional.

El color blanco ha resistido con constancia hasta establecerse en la memoria actual. Su uso es casi poético, pues, aunque más que un color es un fenómeno por su naturaleza, encierra ciencia, métodos antiguos y también nuevas tecnologías y materiales para su realización.

Memoria individual y colectiva: El Centro Cultural Universitario CCU Paraninfo Universitario fue construido en 1926, creado para la promoción y formación académica de las diversas manifestaciones culturales, especialmente del arte plástico musical.

⁸ Porter, L, Factores que afectan el contexto de la motivación en las organizaciones públicas. New York. Academia de Administración, año 2020

Devastado por los terremotos, fue reconstruido para el Colegio Mayor de la congregación de sacerdotes de San Vicente de Paul.

A partir de 1880 se destinó como sede de la Facultad de Ciencias Médicas de la USAC.

En 1926 se construyó un edificio más moderno con anfiteatro, paraninfo y espacio para continuar la Facultad de Medicina.

Ha sido el punto de partida del desfile de la Huelga de Dolores, que se realiza todos los años previo a la Semana Santa. Testigo de acontecimientos relevantes de la historia nacional como por ejemplo se realizaron algunas reuniones entre el Gobierno y la Unidad Revolucionaria Nacional Guatemalteca, que desembocaron en la firma de los acuerdos de paz en 1996 así como algunas actividades de las comisiones de postulación para la elección a diferentes cargos en la gestión pública.

Por su posicionamiento político y social ha sido, además, víctima de hechos violentos de represión durante las dictaduras militares. Es un lugar importante para el movimiento estudiantil y para las expresiones sociales. En este lugar se realizaron las horas fúnebres de los campesinos y estudiantes que fueron calcinados en la masacre de la quema de la embajada de España, en 1980.

El 29 de enero de 1981 hubo una manifestación en conmemoración del primer año de la quema de la embajada de España. Mientras eso ocurría en la calle, dentro del Paraninfo se celebraba la apertura de un curso de locución, con estudiantes, periodistas, catedráticos y diplomáticos cuando agentes armados dispararon contra los asistentes. Fueron nueve los fallecidos.

El conflicto armado interno provocó la pérdida de generaciones de estudiantes e intelectuales.

Con la firma de la paz se ha intentado recuperar la memoria de los cientos de estudiantes, catedráticos y trabajadores de la USAC que fueron víctimas del conflicto. El monumento en la Universidad es un ejemplo de ello, el cual reúne el nombre de 736 de ellas.

Edificación Patrimonial: Su construcción buscaba resaltar el arte, la cultura, la academia, el pensamiento libre, semillero de profesionales, de pensadores, de artistas sensibles. Guatemala necesita más espacios así, espacios organizados, estructurados, que despierten las mentes adormecidas por el olvido, por el dolor, por el trauma.

Invertir en la educación superior se debe convertir en una prioridad, brindar educación de calidad, vanguardista, sensible, empática e incluyente, representativa de la diversidad del país, armonizadora y unificadora.

Identificación de especies indicadoras de la calidad del aire: Las instalaciones del Paraninfo se encuentran cerradas al igual que la USAC debido a situaciones políticas desde el 2022, en los alrededores se observa deterioro, descuido, basura, heces, así como manchas, líquenes y musgos.

Este deterioro es alusivo al momento histórico que atraviesa el país y con él, la Universidad de San Carlos. La academia, la enseñanza, la educación esta agonizante y los estudiantes sufren la desolación. La profunda brecha causada, tomará años de recuperación.

Biología

Colorimetría: El color es captado por los ojos a través de los conos y bastones y procesado por el cerebro.

Este edificio tiene actualmente colores pastel en tonos amarillos, la longitud de onda de la luz amarilla se sitúa entre 570 y 590 nm y el amarillo puro (según diversos autores) es de 578, 580 o 582 nm. Nuestro ojo para poder percibirlo, activa parcialmente los conos rojos y verdes, entonces nuestro cerebro interpreta las ondas electromagnéticas como amarillas.

Memoria individual y colectiva: La memoria es un tema central en la evolución del cerebro humano, ahora más en una sociedad donde prevalece lo humanizado más que lo hominizado. lo que significa que, a diferencia de nuestros antepasados donde la selección natural favorecía ciertos procesos, ahora el conocimiento y la lógica ayudan a la especie humana a mejorar el entorno en donde vive.

Es así como las edificaciones tuvieron su origen, lugares destinados, ya no para vivir como era antes en la época de los primeros homínidos, si no para la replicación del conocimiento y para nuevos conocimientos que permitirían el desarrollo en la ciencia de la salud, tecnología, entre otras.

El paraninfo es ese lugar destinado al conocimiento de la ciencia, y ciencia aplicada. Así fue como surgió, es ahora alberga el Centro Cultural Universitario, destinado al aprendizaje de diferentes ramas de expresión artística.

Edificación Patrimonial: El Edificio, durante la época que fue la Facultad de Medicina y Farmacia, fue diseñado para albergar aulas y en el frente no tenía barandales lo que permitía observar desde el frente las plantas del edificio.

Los materiales empleados fueron hormigón, seguramente madera como parales y andamios.

Identificación de especies indicadoras de la calidad del aire: Los organismos observados durante el recorrido en las instalaciones del Paraninfo fueron líquenes, plantas vasculares y briófitas.

Debido a que actualmente el edificio se encuentra descuidado la naturaleza ha encontrado un lugar ideal donde crecer, la humedad y las grietas formadas por el deterioro son lugares ideales para el crecimiento de la vida.

Sociología

Colorimetría: Esta es una de las edificaciones patrimoniales que representan una valiosa fuente de información para la sociedad guatemalteca, así como para los ciudadanos del mundo, el color de esta edificación en el momento actual, entre los colores pastel. Pero en si significa conocimiento, lucha y reivindicaciones por construcción de una sociedad más equitativa, llena de poder, tolerancia y en sí misma bajo esta perspectiva ha sido el resguardo de tiempo fructífero y prolífico de académicos que aportaron al panteón guatemalteco grandes saberes, entre ellos se puede destacar el Doctor José Felipe Flores, inventor de elementos ópticos, así como médico del Hospital San Juan de Dios, así como de la Cátedra Prima.

Memoria individual y colectiva: El Paraninfo Universitario, ahora llamado Centro Cultural Universitario CCU, ha jugado un papel determinante en la memoria histórica en el país de una Guatemala que está vinculada a las dimensiones económicas más desposeídas y otros sectores que han tomado conciencia de ello.

En esta edificación se han fraguado diversas acciones a favor de las clases desposeídas, así como también ha sido recinto que ha albergado a muchas mujeres y hombres que le han dado a este país honor y gloria.

La memoria individual y colectiva sobre esta edificación patrimonial es diversa y absolutamente rica ya que en su fachada se ha visto envuelta en grandes polémicas sobre el tema de la Huelga de Dolores, esta es una manifestación de los estudiantes de la Universidad de San Carlos de Guatemala, que realizan una vez al año para la época de Semana Santa, es decir una semana previa. En donde se transforman los universitarios en la voz de un pueblo que ha sido excluido, reprimido y oprimido.

Edificación Patrimonial: La estructura de este edificio es un neoclásico que se puede observar en su fachada. Además, el Paraninfo Universitario es un elemento, en donde se ha profundizado el conocimiento sobre las distintas áreas del conocimiento.

Como edificación patrimonial, forma parte de los códigos de muchos guatemaltecos que han realizado su recorrido académico y otros por recuerdos de antaño, así como de la época actual por ser un recinto que

en sus interiores ha dado acogida a distintas personalidades entre ellas a Oliverio Castañeda de León, líder estudiantil de la AEU (Asociación de Estudiantes Universitarios), quien fuera llevado en el féretro por estudiantes de ese entonces en hombros, al Paraninfo Universitario, con un desfile donde se portaban claveles rojos, como símbolo de resistencia.

Identificación de especies indicadoras de la calidad del aire: En el lado norte del hoy deteriorado Paraninfo Universitario se puede observar cómo los malos olores y desechos humanos, como perrunos han hecho presa a este edificio tan emblemático.

Así como también el deterioro en sus jardineras se puede observar la invasión de hierba que crece sin ningún tipo de control. Pero también se pueden observar grandes colonias de líquenes que se concentran en la parte norte del edificio, pero esto no excluye a los otros puntos cardinales. El edificio patrimonial está en un latente deterioro.

Fuente: por autores del proyecto: "Líquenes que afectan al patrimonio edificado en el Centro Histórico de Ciudad de Guatemala, por el método de bioindicadores". Convocatoria diferenciada DIGI-USAC 2023.

Se presentan fotografía que fueron capturas por el equipo de trabajo de "Líquenes que afectan el patrimonio edificado, en el centro histórico de la ciudad de Guatemala, por el método de bioindicadores, en el mes de agosto 2023.



Frente del Centro Cultural Universitario -CCU-



Puerta del lado norte del Centro Cultural Universitario

Dentro de los resultados de esta investigación se contempla la propuesta educativa que se presento por medio de poster científicos y de trifoliares que contienen reflexiones, análisis y discusiones sobre la forma de plantear el fenómeno a estudiar, y hacer que los estudiante de la carrera de arquitectura pueden tener una visión de lo que significa la conservación y preservación de una edificación patrimonial ya que se aborda desde la memoria viva⁹ que representa cada uno de estos edificios y además lo que simboliza para la sociedad guatemalteca, se hace una mediación en el contenido de cada trifoliar y poster académico con el fin de que los estudiantes se sensibilicen con respeto a cada uno de estos ocho casos de estudios que además son emblemáticos ya que se ha forjado la historia de Guatemala, cada uno representa a los diversos sectores, educación superior, religión, política, y parte de la guerra interna que se vivió en el país en los años ochenta y noventa.

Cada caso fue seleccionado por su significado y por la memoria colectiva que representa para la población guatemalteca, estas edificaciones patrimoniales se encuentran impregnados de imaginarios de dominación, memoria histórica, simbolismo e identidad y todos se encuentran en una situación de deterioro y descuido ello refleja la falta de recurso asignado para estos temas, entender este comportamiento hay varias aristas de discusión la falta de interés por conservar y preservar un testigo mudo de la sociedad guatemalteca,¹⁰ por lo que se hace mención el "olvido", en una sociedad que ha sido constantemente aniquila en su forma de pensar, sentir y actuar, divida por los intereses de todos aquellos que lo único que pretenden es seguir soslayando a la comunidad guatemalteca, no obstante se debe de trabajar para resguardar las edificaciones por medio de propuestas educativas, como se planteo en el proyecto, que los jóvenes puedan identificarse y reproducir a sus pares ese compromiso de preservar la memoria colectiva que es fundamental para el resguardo del patrimonio. Los instrumentos que se utilizaron para esa reconstrucción fueron los trifoliares que lleva por título: **"Narrativas digitales individuales, el lazo de identidad con el patrimonio edificado" y los posters científico titulados: "Eslabones del patrimonio personal y público"** donde se encuentra la información pertinente, mediada, con QR, donde se encuentra la información georreferencia del sitio, un correo electrónico donde puede colaborar proporcionando su perspectiva con respecto al tema así como otros aspectos a mejorar. Además, se llevó a cabo un conversatorio titulado **"El patrimonio edificado del Centro Histórico de la Ciudad de Guatemala, con distintas miradas"**, en donde se aplico el instrumento que contenía 13 preguntas las cuales se describen a continuación: (1) ¿Qué piensas de los edificios patrimoniales?, (2) ¿Qué te hacen sentir? (3) ¿Qué representan estas edificaciones?, (4) ¿Qué piensas del palacio nacional, catedral, y paraninfo?, (5) ¿Te sientes identificada con lo que representan estas edificaciones?, (6) ¿Cómo rescatar una memoria histórica?, (7) ¿Cómo incluir a la población joven en el rescate de la memoria histórica?, (8) ¿Como resignificar la memoria histórica?, (9) ¿Cómo se percibe el color en las edificaciones patrimoniales?, (10) ¿Qué piensa que le dio origen al color de las edificaciones patrimoniales? (11) Si le cambiaron el color al patrimonio edificado, ¿Cree usted que perdería su significado?, (12) ¿Cómo se debe abordar el tema de los Líquenes en Centro

⁹ Merillas, O. F., & Redondo, C. G. Evaluación de programas educativos que abordan los proceso de Patrimonialización, Didáctica de las ciencias experimentales y sociales, año 2015 (29), 89-118

¹⁰ ODAHG. Nunca más: El entorno histórico, Guatemala, 1998.

Historico de la ciudad de Guatemala?, 13 ¿Cómo se debe abordar el tema de los líquenes en el Centro histórico de la ciudad de Guatemala, en el currículum, para resguardar la memoria a través de los edificios y monumentos?

Valoración técnica

La investigación se vio fortalecida por la perspectiva multidisciplinaria con la que contó, ya que se consolidó el trabajo de un equipo que enriqueció desde su punto de vista (arquitectura, psicología, biología y sociología), el objeto de estudio.¹¹ En cada etapa del desarrollo de la misma se incluyeron diferentes técnicas de trabajo como y dando respuesta a los objetivos planteados, tal es el caso del objetivo general, donde se planificó: “**Identificar** las áreas de mayor impacto de los líquenes en edificios patrimoniales del CHCG”, para llevar a cabo este objetivo se desarrollaron recorridos en el centro histórico de la ciudad de Guatemala, para la identificación de las edificaciones patrimoniales, luego en el objetivo específico No. 2, **Analizar** imágenes de líquenes presentes en edificios patrimoniales en el CHCG, esta etapa fue más compleja porque además de la adquisición de materiales como lupas de distintos alcances, bolsas de papel, escalas, espátulas, cámara fotográfica y microscopios y otros elementos químicos¹² que permitieron el análisis de las muestras de los líquenes encontrados en cada una de las edificaciones patrimoniales. Otro de los objetivos fue **Proporcionar** bioindicadores basados en los líquenes presentes en edificios patrimoniales del CHCG, fue muy gratificante el poder adentrarse al mundo de los líquenes ya que estos son una mezcla de hongo y de algo¹³ que tienen vida propia cada una, además el hecho de poder descubrir que los estos organismos son bioindicadores de la calidad del aire que existe en un determinado lugar, la investigación arrojo datos importantes tales como que en el Templo de San Francisco, es la edificación que se encuentra colonizada por los líquenes y otros microrganismo, así como la edificación que tiene menos líquenes es la Biblioteca Nacional “Luis Cardoza y Aragón”, la razón por la cual se encuentra con menos presencia es por el sustrato que no es poroso, eso significa el tipo del material que está construido (mármol). El objetivo “**Desarrollar** mapas interactivos con datos georreferenciados para la detección de la presencia de líquenes en distintos edificios patrimoniales del CHCG”, se desarrolló con software de QGIS, que es un “Sistema de Información Geográfica de software libre y de código abierto para plataformas GNU/Linux, Unix, Mac OS, Microsoft Windows y Android”.¹⁴ en donde se elaboró para cada caso de estudio un mapa que proporciona los datos necesarios y actualizados de cada edificación, además se elaboró un QR, donde se descarga toda la información que se obtuvo del software QGIS, y el último objetivo fue “**Elaborar** una propuesta de sensibilización educativa a través de póster científico y trifoliales, con el fin de cumplir con las prioridades del componente curricular de la Política de Calidad

¹¹ Puy-Alquiza, M., Gómez, M., Miranda-Aviles, R., Reyes-Zamudio, V., Salazar-Hernández, M. y Ordaz-Zubia, V. El rol de las comunidades de líquenes en el deterioro superficial de su sustrato rocoso: estudio de la interfase líquen-roca en dos monumentos históricos de la ciudad de Guanajuato, México. Acta Universitaria, 25(4), 35-47. doi: 10.15174/au.2015.781, año 2015

¹² Patil, S. M., Kasturba, A. K., & Patil, M. V. . Characterization and assessment of stone deterioration on Heritage Buildings. Case Studies in Construction Materials, 15, e00696. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00696>, año 2021

¹³ Plesu, R., Teodoriu, G., & Taranu, G.. Infrared Thermography Applications For Building Investigation. Buletinul Institutului Politehnic Din Iași, Lvii(157-168), año 2017

¹⁴ <https://es.wikipedia.org/wiki/QGIS>

Educativa de la USAC.", se elaboraron trifoliales y poster científicos, para el proceso de enseñanza de los estudiantes de la facultad de Arquitectura de la USAC, como la propuesta educativa donde los jóvenes interactúan con los materiales didácticos, ya que contienen QR, que permite de forma amigable leer el contenido y a la vez, cuentan con un correo electrónico en donde los estudiantes pueden enviar sus sugerencias o comentarios para la retroalimentación de la herramienta digital. Otro aspecto es que los objetivos están íntimamente vinculados lo cual permite el desarrollo de la investigación en forma de espiral es en aumento y coherencia.

Conclusiones

El trabajo de investigación, *Líquenes que afectan el patrimonio edificado, en el centro histórico de la ciudad de Guatemala*, por el método de bioindicadores, en el cual convergieron disciplinas como la arquitectura, psicología, biología y sociología, propicio no solamente un trabajo colaborativo sino transdisciplinario lo que brindo una mirada más amplia y todo lo que conlleva las edificaciones patrimoniales, no meramente como estructuras sino más allá de la representación de los imaginarios colectivos, la identidad, la memoria individual y colectiva de una sociedad como la guatemalteca que ha vivido mucho años de exclusión y marginación.

El proyecto representa oportunidad para trabajar con los jóvenes de la facultad de Arquitectura de Universidad de San Carlos de Guatemala y por supuesto con otras universidades, así como a otros niveles (primaria, media y diversificado), poniendo en práctica la propuesta educativa que consiste en trifoliales y posters científicos que ofrecen a los estudiantes información amigable con el fin de que el contenido transforme el proceso de enseñanza aprendizaje, ya que esta forma se podrá sensibilizar y comprometer a los estudiantes a que puedan replicarlo así como a involucrarse de forma participativa con sus opiniones y/o recomendaciones sobre cada caso, por medio del correo electrónico que aparece en los instrumentos.

Otro aspecto que es relevante es el hallazgo de carácter biológico en la edificación patrimonial, como lo son las diferentes especies de líquenes *Caloplaca diphasia*, *Phycia sorediosa*, *Physcia stellaris*, así como biopelícula que se encontró en la Catedral Metropolitana y el Museo de la Universidad de Carlos de Guatemala. En cuanto a grupos morfológicos el 66.67% corresponde a especies costrosas y el 33.33% foliosa. La mayor abundancia corresponde a individuos de la familia *Teloschistaceae*. Siendo la especie más frecuente *Caloplaca diphasia*.

Los mapas georeferenciados que se elaboraron a partir del programa QGIS, proporcionan información actualizada a los estudiantes de la facultad de Arquitectura, esto con el fin de hacer más amigable el contenido y que los jóvenes sean multiplicadores del conocimiento adquirido.

Bibliografía

Achig, María Cecilia; Paredes, María Cecilia; Barsallo, María Gabriela; *Estudio y propuestas de color para la arquitectura del Centro Histórico de Cuenca*, Ecuador, año 2016

Cohn-Berger, G., & Quezada, M. *Líquenes como bioindicadores de contaminación aérea en el corredor metropolitano de la ciudad de Guatemala*. Revista Científica, 26(1), 20-39. <https://doi.org/10.54495/Rev.Cientifica.v26i1.79>, año 2016

Dhaouadi, S., Khaloufi, N., Ayati, K., Ayeb, N., & Béjaoui, M. *Use of lichen species for air pollution biomonitoring: Case of Dar-Chichou Forest (Cap-Bon, North-East Tunisia)*. Environmental and Sustainability Indicators, 16, 100211. Año 2022

<https://es.wikipedia.org/wiki/QGIS>

Lucrecio González, L. A., Juárez Morales, R., Juárez Morales, J. A., & Zambrano Dávila, J. I. Desarrollo de un SIG para la red de agua potable del poblado de Cruz Grande. *South Florida Journal of Development*, 3(6), 6430-6442, año 2020

Merillas, O. F., & Redondo, C. G. Evaluación de programas educativos que abordan los proceso de Patrimonialización, Didáctica de las ciencias experimentales y sociales, (29), 89-118, qño 2015

ODAHG. Nunca más: El entorno histórico, Guatemala, 1998.

Patil, S. M., Kasthurba, A. K., & Patil, M. V. *Characterization and assessment of stone deterioration on Heritage Buildings. Case Studies in Construction Materials*, 15, e00696. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00696>, año 2021

Plesu, R., Teodoriu, G., & Taranu, G. *Infrared Thermography Applications For Building Investigation*. Buletinul Institutului Politehnic Din Iași, Lvi(157-168), año 2017

Puy-Alquiza, M., Gómez, M., Miranda-Aviles, R., Reyes-Zamudio, V., Salazar-Hernández, M. y Ordaz-Zubia, V. *El rol de las comunidades de líquenes en el deterioro superficial de su substrato rocoso: estudio de la interfase liquen-roca en dos monumentos históricos de la ciudad de Guanajuato, México*. Acta Universitaria, 25(4), 35-47. doi: 10.15174/au.2015.781, año 2015

Porter, L, *Factores que afectan el contexto de la motivación en las organizaciones públicas*. New York. Academia de Administración, año 2020

Telles E. Martinez, *Pigmentocracia, color etnicidad y raza en América Latina*, Fondo de Cultura, México 2019

Valles S., Miguel; *Técnicas cualitativas de investigación social, reflexión metodología y práctica profesional*, 1999

ARTÍCULO



Autor del boceto
Dr. Arquitecto Mario Raúl Ramírez de León.

Escenarios para la rehabilitación de acueductos, una ruta a la conservación. Caso del Acueducto del Padre Tembleque.

*Scene for the rehabilitation of aqueducts, a route to conservation.
Case of the aqueduct's padre tembleque.*

M.C. Emmanuel de Jesús Martínez Pelcastre* 
Instituto Politécnico Nacional de México.
<https://orcid.org/0009-0000-3602-9217>
México

Fecha de recepción: 07 de diciembre de 2022.
Fecha de aceptación: 10 de octubre de 2024.
Correo: ejmp100@gmail.com,
emartinezp2115@alumno.ipn.mx

Resumen

El acueducto del padre tembleque es el perfecto ejemplo de patrimonio hidráulico novohispano. Es objetivo de diferentes iniciativas, al nombrarse como patrimonio mundial se convirtió en tendencia con propuestas de conservación, por ser colosal se encuentra con varias dificultades. Las arquerías y las tomas terminales incitan el protecciónismo que, sin una correcta planificación, poco resultados darán a largo plazo. Se debe distinguir los indicadores para la conservación donde perduran la forma física, simbólica y funcional. La prospectiva como metodología se centra en la investigación sobre el futuro; describe los posibles resultados y los caminos a estos. El método MEYEP da una serie de pasos; da un diagnóstico y con las variables e indicadores se construye los escenarios óptimo y tendencial. Los resultados son la identificación puntual del paisaje, características, geografía, clima, flora y fauna. En el caso de los actores se encontró organizaciones y personajes que están jugando un papel activo sobre la gestión del monumento. La conclusión es el idóneo escenario donde el acueducto sea integrado al sistema municipal moderno para dar servicio, aunque algunos escenarios son trágicos por el deterioro el objeto siempre conservará su carga significativa de valores monumentales de herencia cultural.

Palabras clave:

Prospectiva, sistema hidráulico, legislación, patrimonio, rehabilitación.

* Graduado de arquitecto en 2016 en el instituto tecnológico de Pachuca perteneciente al tecnológico nacional de México, realizó la maestría en ciencias en arquitectura y urbanismo en la ESIA Tecamachalco perteneciente al Instituto Politécnico Nacional (2019) actualmente estudiante en el programa Doctorado en Ciencias en Arquitectura y Urbanismo en la ESIA del Instituto Politécnico Nacional en México.

Abstract

Father Tembleque aqueduct, is the perfect example of New Spain hydraulic heritage. It's the target of different initiatives, when named as world heritage it became a trend with conservation proposals, for its a colossal it encounters several difficulties. The arcades and the terminal objects incite protectionism that without proper planning will give few results in the long term. The indicators for conservation must be distinguished where the physical, symbolic and functional form endure. The forecasting as a methodology is focuses on research about the future; describes possible outcomes and paths to them. The MEYEP method takes a series of steps; it gives a diagnosis and with the variables and indicators the optimal and trend scenarios are built. The results are the punctual identification of the landscape, characteristics, geography, climate, flora and fauna. In the case of the actors, organizations and characters that are playing an active role in the management of the monument were found. The conclusion is the appropriate scenario where the aqueduct was integrated into the modern municipal system to provide service, although some scenarios are tragic due to the deterioration of the object that will always retain its significant load of monumental values of cultural heritage.

Keywords:

Prospective, hydraulic system, legislation, heritage, rehabilitation.

1. Introducción

La estructura física del patrimonio arquitectónico por su singularidad y complejidad histórica requieren estudios y análisis distintos equivalentes a los que se manejan en medicina: anamnesis (inspección inicial), diagnóstico (identificación de las causas del daño y el deterioro) y terapia (la elección de las medidas) o controles (de la eficacia de las intervenciones), a menudo es útil que los estudios sean periódicos y aplicado en ese orden. Para planificar la consolidación estructural es necesario los datos procedentes de la observación del daño material; esto contrastando la información recauda en la indagación histórica; datos cuantitativos, en ensayos concretos y modelos geométricos y matemáticos de ingeniería moderna. Esta mezcla de enfoques resulta difícil para establecer reglas o códigos, pero ordenándolos de manera similar a lo visto en la medicina se da la analogía de comparar los resultados de un estudio clínico con el historial médico del paciente, donde se podrá dar un diagnóstico oportuno y un tratamiento, en este caso no a un ser vivo sino más bien a un objeto arquitectónico. Es cierto que la falta de directrices concretas puede acarrear fácilmente a ambigüedades y a juicios de valor a la hora de tomar decisiones sobre el monumento, frecuentemente se aplican criterios de manera inapropiada en estructuras históricas normas sísmicas y geotécnicas que pueden conducir a medidas radicales e innecesarias que no consideran el comportamiento real de la estructura antigua. Las características de los materiales, concretamente la resistencia, son parámetros esenciales para ejecutar cualquier cálculo, puede verse afectado por deterioro debido a acciones biológicas, químicas y físicas. Este grado de deterioro dependerá de propiedades de los materiales al igual que su mantenimiento, hay procesos que se detectan con métodos más complejos.¹

La investigación y análisis de elementos históricos en la forma de conservación ayuda a aminorar el riesgo de pérdida patrimonial. Investigaciones con lagunas deben ser llenadas para la conservación y concientización de la población; está el ejemplo del frenesí de ideas que surgen sobre el patrimonio cuando se le dan los reflectores a nivel mundial, como es el caso de estudio del actual documento. El 5 de julio de 2015, el acueducto del Padre Tembleque es nombrado como patrimonio mundial de la humanidad, y en este contexto llueven propuestas de buena voluntad como la siguiente intervención: "parador turístico del acueducto", el cual puede afectar el contexto donde está ubicada la arquería principal de Tepeyahualco.

Por ende, el problema está definido por la observación del fenómeno de deterioro y desuso que padece el patrimonio monumental y colosal conocido como acueducto y su posible perdida. Este sistema hidráulico edificado resulta deteriorado por el intemperismo sobre el material rocoso con la que esta edificado en su totalidad, esto lo agrava el cambio climático con la contaminación atmosférica² que proviene de la

¹ ICOMOS. Recomendaciones para el análisis, conservación y restauración estructural del patrimonio arquitectónico. Ed. 1ra (Cataluña, Colegio de Arquitectos. 2004)

² Alejandro Navarro Arredondo, "Control De La contaminación atmosférica En La Zona Metropolitana Del Valle De México" Estudios Demográficos Y Urbanos Vol. 34 Nún. 3(México, 2019) 631-63. <https://doi.org/10.24201/edu.v34i3.1806>.

cuenca del valle de México es una concentración poblacional extensamente grande. Se agrava por el desguso en su capacidad total dado en sus mejores tiempos, este sufre de perdidas parciales de tramos importantes del canal principal; agravando la situación al no contar con un caudal constante, este sufre resequedad y perdida de consolidación de sus elementos por la falta de humedad que el tránsito de agua le otorgaba por capilaridad. Esto aumenta el deterioro y corre el riesgo de una perdida completa del objeto arquitectónico.

El objetivo es reacondicionar el acueducto para su uso y su conservación, ya que con la dotación del agua se retomará una estructura existente que no genere más impacto ambiental y en la comunidad se generará un sentimiento de afecto al monumento por la dotación del vital líquido. En la prospectiva se visualiza el escenario idóneo y a partir de ahí se traza la ruta apta según el método MEYEP.

Siempre se generan dudas y la principal interrogante que surge en toda investigación es la pertinencia del mismo y el campo a donde se desarrolla la actividad, por ende, las preguntas surgen ¿se salvará de la perdida inminente del acueducto con el reuso y tránsito del agua? ¿será viable económica y ambientalmente el uso del acueducto patrimonial? ¿Qué ruta se debe seguir para el escenario idóneo de conservación? Aunque el método MEYEP no responde directamente preguntas, más bien las plantea algunas, el mismo método de facto puede responderlas, aunque no necesariamente favorable, ya que se analiza lo que se hizo y lo que se hace alrededor del tema y de ahí se crea una tura tendencial que no siempre es optimista y a veces no tiene como meta el escenario óptimo que uno quiere.

El vacío de conocimiento con la investigación y análisis de elementos históricos en la forma de conservación ayuda a aminorar el riesgo de pérdida patrimonial. Las nuevas investigaciones para evitar lagunas deben ser dirigidas a la conservación y concientización de la población, por ende, la proyección a futuro en un escenario da la meta a alcanzar y el rumbo fijo a seguir, algunos ejemplos de trabajos previos de la conservación de acueductos son los siguientes, estos son de diferentes dimensiones y puntos de vista al igual la temática del contenido, ya que solo el plan de conservación que a continuación se menciona se puede considerar parte vinculante al tema de prospectiva mas no un enfoque integral de este mismo.

Ejemplo de algunos trabajos de conservación previos son puntuales por ser lugares icónicos; referente al Acueducto de Guadalupe, el artículo de Horacio Ramírez³ describe el deterioro y riesgo que se corre, como punto de partida tiene la comparación de campo con otros trabajos realizados en el sistema hidráulico, evalúan el nivel de deterioro así como elementos desaparecidos y daños estructurales. En trabajos de intervención está el del Acueducto de Morelia⁴ publicado en revista LOGGIA tiene la descripción amplia y detallada donde es estrictamente técnica de los trabajos de res-

³ Horacio Ramírez de Alba, "El Acueducto de Guadalupe, monumento histórico en riesgo" CIENCIA ergo-sum número 2, año 20, julio-octubre (Toluca, 2013)

⁴ Juan Cabrera Aceves, "El monumento como documento para su historia Restauración del Acueducto de Morelia en México" LOGGIA arquitectura & restauración número 10, año 5, julio-diciembre. (Valencia, 2000)

tauración, aunque solo se consolida sin llegar a una rehabilitación del caudal, algo deseable en estos monumentos. Otro ejemplo, ahora fuera del continente es el ubicado en España, concretamente el Acueducto de Segovia⁵ han sido publicado en informes de la construcción con amplio detalle de los trabajos realizados en el sistema hidráulico lo cual es fascinante por el origen del mismo objeto arquitectónico.

En la postulación para integral al acueducto del padre tembleque a la lista del patrimonio mundial de la UNESCO⁶ trata de la investigación y el proceso del expediente técnico para postulación de la candidatura presentada por el gobierno sustenta y examina la información sobre el contexto cultural que hizo posible su construcción; sobre la historia del acueducto ha definido y sustentado documentalmente las fechas que acontecieron desde su inicio hasta su conclusión. Da un análisis del posible futuro y resiliencia al paso del tiempo. Las particulares características del proceso constructivo de dos culturas que convergen; con su alto valor arquitectónico, cultural y patrimonial heredado de los acueductos romanos y prehispánico para ser reconocido. Por ende y por otros trabajos sobre el mismo monumento, se intenta con este trabajo abordar desde una perspectiva diferente al objeto de estudio, donde ya se ha escrito mucho sobre él; ya desde el punto de vista documental, artístico, histórico y arquitectónico. La prospectiva es un ejercicio que llenará un pequeño espacio encontrado sobre el estudio del acueducto del padre Tembleque.

1.1 Conservación de los monumentos

Por monumentos se entiende una obra realizada adrede por ingenio humano, con valor sustancial para generaciones futuras. De manera intencional la obra de arte es toda obra humana apreciable con un valor histórico o artístico. Según Aloïs Riegl se distinguen tres clases de monumentos, el primero el intencionado, el cual por voluntad se rememora un hecho del pasado, el segundo histórico, depende de lo mismo más un gusto subjetivo, el tercero y último es el antiguo, de mano de obra humana que denota el tiempo.⁷

Rivera Blanco escribe que, en el proceso de cambio de generaciones, evoluciones y progresos, el patrimonio cultural en general debe tener el control de las dinámicas y en estas se deberá poner especialmente atención para optimizar los recursos destinado a apoyar o aminorar los resultados de estos procesos.⁸ Es obligatorio identificar riesgos a los que el patrimonio se vea expuesto, incluso en casos imponderables, anticipar los escenarios previstos y crear planes de acción en casos de emergencia. Así mismo nos dice que el turismo cultural que es ampliamente aceptado por sus atributos positivos en la economía local, se debe considerar como un riesgo inminente.

⁵ Francisco Jurado Melguizo "Acueducto de Segovia" informes de la construcción número 437, vol. 47, mayo-junio (Cartagena,1995)

⁶ Luis Ignacio Gómez Arriola, Expediente de Postulación Acueducto del Padre Tembleque, México Complejo Hidráulico Renacentista en América, (México: INAH, 2014)

⁷ Aloïs Riegl, El culto moderno de los monumentos. (Madrid: Visor, 1903)

⁸ Javier Rivera Blanco, Teoría e Historia de la Restauración Arquitectónica , (Madrid: ABADA editores.2008)

Un objetivo innato de la conservación del patrimonio es establecer un paisaje donde se condensan historias y narraciones sobre el pasado en el entorno construido. En las estructuras, los sitios y los paisajes; el cosificar el concepto de patrimonio en el campo de la conservación ha promulgado la noción de que los beneficios sociales están incorporados en el lugar conservado: producto material, por ende, el establecer que un acueducto carece de su única función deteriora su imagen ante los actores que conviven con él y lo relegan a un segundo plano.

La protección a largo plazo es prioridad en la práctica patrimonial, profesional e institucional, a fin de garantizar la supervivencia física del objeto inmerso en su tejido histórico, y la valorización dada dentro del entorno construido con el propósito de perpetuar ideas o narrativas particulares sobre un lugar. Sin embargo, este lugar en sí mismo es un concepto, el cual trasciende lo puramente físico y se extiende más allá del ámbito del patrimonio. La manipulación del entorno construido corre el riesgo a cambiar su significado y puede perpetuar la cultura dominante, en lugar de proteger el legado del pasado.

Sandercock utiliza la memoria y la narración como metáfora para entender el pasado, herramienta para la gestión del lugar donde conecta a las comunidades con la narración urbana, insinúa que la industria patrimonial puede generar beneficios que se relacionan menos con los lugares o los productos en sí mismos.⁹ Los valores sobre qué preservar y cómo preservar se derivan de las historias que los sujetos atribuyen a los edificios, sitios y paisajes; y se construyen entre actores individuales, institucionales y comunitarios. Ha promovido una participación más amplia de no expertos, desafiando los modelos de arriba hacia abajo, para dar paso a la verdadera conservación de valores inmateriales.

En la realidad se ve una debilidad en la teoría de la restauración y que esta sea capaz de dar respuesta a algunas de las preguntas planteadas sobre todo al restaurador darle una serie de criterios fundamentales que puedan guiar su trabajo. Es necesario comenzar a plantear una reflexión en común que aspire a acuerdos consensuados y que tengan como el fin último un código que deba ser respetado en cualquier proyecto de restauración.¹⁰

1.2 Sostenibilidad en el patrimonio

El desafío de equilibrar productos y procesos para crear lugares patrimoniales, el involucrar la memoria a través del lugar se agrava por preocupaciones sociales y ambientales más amplias con respecto a la sostenibilidad. La Tierra, el entorno construido y la creciente ocupación humana agrava el delicado equilibrio del sistema natural o medio ambiente. la ONU-Hábitat estima que las áreas urbanas consumen entre el 60% y el 80% de la energía, emiten hasta el 70% de los gases de efecto invernadero.¹¹ El concepto de sustentabilidad es complejo, multidimensional y objeto de un extenso debate, con posturas que cambian dependiendo del sujeto y su punto de vista.

⁹ Leonies Sandercock, *Cosmopolis II: Mongrel Cities of the 21st Century*. (New York: Continuum, 2003)

¹⁰ Barbara Appelbaum, *Conservation Treatment Methodology*. 1a ed. Vol. 1. (Oxford: ELSEVIER, 2007)

¹¹ Michael Hebert, "Cities and Climate Change (Global Report on Human Settlements 2011)". The Town Planning Review 83 (Liverpool, abril 2012): 501-4. <http://www.jstor.org/stable/41509867>.

La definición común se atribuye al Informe de la Comisión Brundtland en donde los tres pilares: economía, sociedad y medio ambiente se explican como los puntos para un futuro equilibrado.¹² Cambio en el pensamiento de un paradigma ambiental antropocéntricamente a un paradigma ecológico que ubica a la humanidad dentro de un sistema más complejo de biodinámica. Esfuerzos recientes exploran el concepto de cultura como un cuarto pilar de la sostenibilidad, gran parte de este discurso se deriva de la noción de cultura como un elemento humano básico e inherente. Excluyendo un reconocimiento más sólido de cómo el concepto de cultura es un vehículo para el poder y la dominación y se convierte en un agente de la consolidación que amalgama la equilibrada convivencia entre actores y escenario.

2. Antecedentes

¿Qué es un acueducto? es la construcción ocupada para llevar agua de un lugar alejado a una población. El caso de estudio son los sistemas hidráulicos denominados Acueducto, según Mendel es un conducto artificial construido bajo la tierra o elevado sobre un grupo de arcos, destinado a llevar el agua hacia un lugar determinado.¹³ Igual para esto se entiende según el diccionario vocabulario arquitectónico ilustrado "conducto, cañería o canal de agua".

Construcción subterránea o aérea destinada a conducir agua; en este último caso, generalmente en la forma de una arcada que soporta un canal o tubería de abastecimiento de dicho líquido.¹⁴ Según la definición de diccionario un acueducto proviene del latín aquaeductus, de aquae 'de agua' y ductus 'conducción' son un conducto de agua formado por canales y caños subterráneos, o por arcos levantados.¹⁵ Por parte de un investigador especializado en el tema Icaza Lomelí en su tesis doctoral afirma que los acueductos son soluciones arquitectónicas que van a servir para la conducción de agua, entre los lugares donde se dispone del líquido y los sitios donde se consume, la palabra náhuatl para designarlos es auchpanco.¹⁶

2.1 Acueducto Padre Tembleque

Los indígenas tenían la cultura de recolectar el agua de las lluvias en jagüeyes y llevársela a sus hogares, pero con la llegada de los españoles se introdujeron también los acueductos, aljibes y presas. Una vez que los señoríos de Texcoco y de Tepeapulco se negaron a venderles agua, el Padre Tembleque se dio cuenta de la necesidad de trasladar el agua de un lugar a otro, fue que convocó a la gente de Otumba para que buscaran agua. En 1553, se firmó el contrato entre los señoríos de Zempoala y

¹² Gro Harlem Brundtland, "Nuestro futuro común" Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. (ONU, 1987)

¹³ Vicente Mendel, Diccionario Mexicano de Arquitectura. 1a ed. Vol. 1. (México: Varia Gráfica y Comunicación, 1994)

¹⁴ SAHOP. Vocabulario Arquitectónico Ilustrado. (México: Transformadora Industria, 1989)

¹⁵ Asociación de Academias de la Lengua Española. Diccionario de La Lengua Española . 1 ed. Vol. 23. (INTERNACIONAL: Real Academia Española,2014)

¹⁶ Leonardo Federico Icaza Lomelí, "Arquitectura Civil En La Nueva España: 25 Ejemplos de La Región Puebla-Tlaxcala". (Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México, 1990)

Otumba, con los Frailes de la orden Franciscana que estaban en el convento de Otumba, y tiempo después, el virrey firmará la cedula de consentimiento para iniciar el acueducto como obra de infraestructura civil.^{17,18}

2.2 Localización del sitio

El complejo está localizado la Zona Núcleo 01 en el municipio de Zempoala en el Estado de Hidalgo y los municipios de Nopaltepéc, Axapusco y Otumba en el Estado de México. El acueducto, caja de agua y convento de San Francisco de Tepeapulco se localizan en la Zona Núcleo 02 en territorio del municipio de Tepeapulco, Hidalgo. Zona Núcleo 01: Complejo hidráulico del Acueducto del Padre Tembleque y sitios asociados. Zona Núcleo 02: Pueblo, convento, acueducto y caja de agua de Tepeapulco y sitio arqueológico de Xihuingo. Zona de Amortiguamiento 01: Paisaje agrícola asociado del Complejo hidráulico del Acueducto del Padre Tembleque. Zona de Amortiguamiento 02: Región asociada al Pueblo de Tepeapulco y su Acueducto.¹⁹

3. Metodología

Tal como se menciona en la introducción, el problema está definido por el fenómeno de deterioro, desuso y una mal aplicada práctica de resguardo al monumento. Se aborda el problema con este trabajo desde una perspectiva diferente; la prospectiva es un ejercicio que llenará un pequeño espacio encontrado sobre el estudio del acueducto del padre tembleque, plantea escenarios y de ahí partir del escenario óptimo e incluso el tendencial para marcar la ruta objetiva al reuso e integración del monumento para su conservación.

Se retoma la pregunta más congruente de ¿Qué ruta se debe seguir para el escenario idóneo de conservación? Ya justificado el uso del método MEYEP de prospectiva,²⁰ los diseños de investigación adoptados tienen un eje metodológico común, que constituye la columna vertebral del proceso respectivo elaborado para llevar adelante investigaciones, que nos indique el orden en que se deberían adquirir los conocimientos.²¹

Los investigadores utilizan el método por los resultados que ofrece, la solidez instrumental, la solidez estructural y metodológica. Es un esquema simplificado como columna vertebral de la prospectiva, o de otra manera, de pasos para realizar un ejercicio prospectivo con resultado concreto en términos de un saber nuevo.

La metodología incluye un software editable en archivos Excel (véase Tab.1), organiza toda la información que se va a usar, todo guiado desde una bitácora que nos dirige

¹⁷ M. Monroy, Erección Del Estado de Hidalgo. 1a ed. Vol. 1. (Tepeapulco: Gob. Hidalgo, 2017)

¹⁸ Antonio Lorenzo Monterrubio, Catálogo Del Patrimonio Cultural Del Estado de Hidalgo. Región I.Tomo II, 1a ed. Vol. 2. (Nezahualcóyotl: Gobierno del Estado, Consejo Estatal para la Cultura y las Artes de Hidalgo, 1998)

¹⁹ Luis Ignacio Gómez Arriola, Lineamientos Generales Para El Plan de Manejo y Gestión Del Acueducto Del Padre Tembleque, Complejo Hidráulico Renacentista En América. (México, 2014)

²⁰ Eduardo Raúl Balbi, « Metodología prospectiva. Método MEYEP de Prospectiva» (Formato electrónico, Buenos Aires, 2010)

²¹ Eduardo Raúl Balbi, Construyendo el futuro. metodología prospectiva. método meyep de prospectiva estratégica. 4a ed. Vol. 1. (Buenos Aires, 2014)

²² Eduardo Raúl Balbi, Metodología Prospectiva. Aportes y Contribuciones. 1a ed. Vol. 1. (Buenos Aires, 2004)

sobre las acciones pertinentes en cada paso, el cual es de acceso libre desde su página anticiparse.²³ El primer paso es la definición de tema (3.1), donde se define y se comprende los términos a ocuparse, se determina desde aquí el problema, se agregó una tabla para organizar los conceptos.²⁴

Los primeros conceptos serán ocupados para la matriz que definirá el tema de estudio y el problema. Después se da la construcción del árbol de pertinencia (3.2) donde los conceptos se aplican para formar estructuras del tema en cadenas de sistemas y subsistemas definiendo las jerarquías; después de eso se crea un glosario (véase Tab. 2) donde las partes más relevantes de cada término adoptan un sentido lógico y técnico. Después la anexión al Árbol de Pertinencias con las tendencias oportunas para completar el análisis estructural, los elementos del entorno que pueden afectarlo son anexados.²⁵

Para el punto 3.3 ya se emplea el análisis, donde se busca la causa y efecto, en que se subdivide o desagrega un problema o tema de análisis para su mejor comprensión concentrado en una tabla llamada matriz Ishikawa.²⁶

El resultado (4) se concentrará en otra tabla para valorar los conceptos; los cuales con una mayor puntuación se profundiza en una interrogación sistémica que da guía a seguir para ver la raíz de las causas y su origen de los problemas. Para el paso 4.1 se da la matriz análisis estructural donde se clasifican y se correlacionan las variables según su motricidad y dependencia.²⁷

Como resultados se tiene la 4.2 matriz de escenarios, donde según las tendencias y las variables se concentran los indicadores que según el enfoque normativo nos da el futuro deseable según como se encaminan y se desarrollan las tendencias.²⁸

Tabla No.1

Extracto del método MEYEP de su software editable en archivos Excel

MÉTODO DE PROSPECTIVA MEYEP Método Oficial de la Red EyE en América Latina					
Secuencia metodológica		Secuencia operativa y de trabajo			
Paso	Etapa dentro de cada paso	Acción a realizar	Enfoque conceptual	Criterios o parámetros más importantes	Herramientas sugeridas
Paso 1 - Comprensión del Problema	Etapa 1A.: Diagnóstico de estructura del problema	Escoger el tema de análisis (determinar el PROBLEMA) Precisar el tema bajo análisis y su redacción	Análisis semántico	Mejor y más comprensible definición y significado de tema y de sus términos. Redacción final del tema bajo estudio.	Análisis sistémico; análisis semántico. Puede utilizar la plantilla "DEFINICIÓN TEMA" en el software 3 ORGANIZACIÓN INFORMACIÓN Parte 1 V4.0.xlsx

Realizada con información exacta de los documentos en Excel. A partir del documento "01 BITACORA MEYEP V 4.0" bitácora del método MEYEP. Eduardo Raúl Balbi, Construyendo el futuro. metodología prospectiva. Met. MEYEP de prospectiva estratégica. 4a ed. Vol. 1. (Buenos Aires, 2014),

²³Eduardo Raúl Balbi, "Método MEYEP versión 4.0" anticiparse (Buenos Aires, 2018) <https://www.anticiparse.org/download/software-meyep/>

²⁴Eduardo Raúl Balbi, Construyendo el futuro. metodología prospectiva. método MEYEP de prospectiva estratégica. 4a ed. Vol. 1. (Buenos Aires, 2014), 37-38

²⁵Balbi, Construyendo el futuro... 37-38

²⁶Balbi, Construyendo el futuro...62-64

²⁷Balbi, Construyendo el futuro...74- 78

²⁸Balbi, Construyendo el futuro...82-85

Tabla No.2

Glosario, apoyo para la construcción del árbol de pertinencias.

Término original	Definición principal	Definiciones secundarias	Alcances y límites	Redacción final
Centros históricos	Grupos de construcciones, aisladas o reunidas, cuya arquitectura, unidad e integración en el paisaje les dé un valor universal excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia.		Se consideraría a un espacio delimitado con población, en este caso por antigüedad e importancia de herencia cultural.	Se consideraría a un espacio delimitado con población, en este caso por antigüedad e importancia de herencia cultural.
Ambiental	Perteneciente o relativo al ambiente	condiciones o circunstancias	Todo las condiciones atmosféricas, tanto naturales o provocadas por contaminación.	Todo las condiciones atmosféricas, tanto naturales o provocadas por contaminación.
Actores	Participante en una acción o suceso	(autor) Persona que es causa de algo.	Personajes que toman decisiones que moldean el rumbo del patrimonio.	Personajes que toman decisiones que moldean el rumbo del patrimonio.
Sociedad civil	Conjunto de personas, pueblos o naciones que conviven bajo normas comunes	Agrupación natural o pactada de personas, organizada para cooperar en la consecución de determinados fines	Grueso de la población, opinión y tendencias.	Grueso de la población, opinión y tendencias.
Gobierno	Órgano superior del poder ejecutivo de un Estado o de una comunidad política, constituido por el presidente y los ministros o consejeros.	Acción y efecto de gobernar o gobernarse.	Actores en posición de tomar decisiones que modifiquen el contexto	Actores en posición de tomar decisiones que modifiquen el contexto.
Monumento	Construcción que posee valor artístico, arqueológico, histórico.	Objeto o documento de gran valor para la historia, o para la averiguación de cualquier hecho.	Objeto con fuerte carga de valores y representaciones.	Objeto con fuerte carga de valores y representaciones
Objeto	Todo lo que puede ser materia de conocimiento o sensibilidad de parte del sujeto, incluso este mismo.	Aquello que sirve de materia o asunto al ejercicio de las facultades mentales.	Materia física, arquitectura y sistemas.	Materia física, arquitectura y sistemas.
Deterioro	Acción y efecto de deteriorar o deteriorarse.		Estrictamente sobre el monumento, en su parte física y a veces en su valor monumental.	Estrictamente sobre el monumento, en su parte física y a veces en su valor monumental.
Riesgo	Contingencia o proximidad de un daño.		Albergado en varios factores sobre el monumento.	Albergado en varios factores sobre el monumento.
Valores	Alcance de la significación o importancia de una cosa, acción, palabra o frase.	Cualidad que poseen algunas realidades, consideradas bienes, por lo cual son estimables.	Intrínseco en el monumento y sobre las perspectivas del individuo.	Intrínseco en el monumento y sobre las perspectivas del individuo.
Legislación	Conjunto o cuerpo de leyes por las cuales se gobierna un Estado, o una materia determinada.	Ciencia de las leyes.	Respuestas sobre el actuar referente al monumento.	Respuestas sobre el actuar referente al monumento.
Leyes	En el régimen constitucional, disposición votada por las Cortes y sancionada por el jefe del Estado		Afecta la salvaguarda del monumento.	Afecta la salvaguarda del monumento.

A partir de las palabras seleccionadas se definen y se crea una definición propia al final. Tabla propia realizada a partir de las indicaciones del método MEYEP. Eduardo Raúl Balbi, Construyendo el futuro, metodología prospectiva. método MEYEP de prospectiva estratégica. 4a ed. Vol. 1. (Buenos Aires, 2014)

3.1 Definición de Tema

En términos de concepto se definirá de la siguiente manera; los conceptos se pueden clasificar de acuerdo con su extensión, su comprensión y su relación recíproca. De acuerdo con la extensión; Particulares, que se refieren a un segmento de una clase o conjunto de objetos; y Singulares que refieren a un solo individuo. Para esto acorde con su comprensión los Particulares son; Simples, contienen una sola característica y se expresan a través de un término; Concretos, expresan una cualidad haciendo referencia al sujeto que la posee, Univocos, tienen una sola acepción o sentido. Y los Singulares son; Complejos, contienen diversas características y se expresan a través de dos o más términos; Abstractos, expresan una cualidad sin hacer referencia a sujeto alguno; Equívocos, tienen diferentes sentidos, por ende, se realiza la siguiente tabla donde los conceptos se ordenan para su comprensión y su uso.²⁹ En la siguiente tabla 3 se acomoda de forma gráfica los conceptos alineados según su clasificación, de ahí se escogen los que encajen para describir el trabajo.

Tabla No.3
Esquema de conceptos, clasificados y organizados para su correcta implementación

CONCEPTO					
Particulares			Singulares		
Simples	Concretos	Unívocos	Complejos	Abstractos	Equívocos
acueducto alcantarilla	monumento obra de arte conjuntos históricos arquitectura hidráulica	abrevadero acena acequia alberca albarroadón aljibe apantle atarjea azolve noria arca para agua	conservación de monumentos patrimonio histórico patrimonio monumental	antiguo consolidar gestión fráctico técnica preservación restauración	patrimonio urbanismo

Palabras seleccionadas se colocan en la tabla según su etimología. Tabla propia realizada a partir de las indicaciones del método MEYEP. Eduardo Raúl Balbi, Construyendo el futuro. metodología prospectiva. método MEYEP de prospectiva estratégica. 4a ed. Vol. 1. (Buenos Aires, 2014)

Con estos conceptos se procede a definir el tema de investigación el cual está concentrado en las definiciones más importantes que rodean al objeto que en cuestión, como se sabe la prospectiva se crea desde el escenario idóneo y otros tentativos que son encaminados a un fin; las tendencias, y por esto mismo queda definido de la siguiente manera.

Tema en estudio: rehabilitación de monumento hidráulico patrimonial histórico.

3.2 Construcción del árbol de pertinencia

Comprender la estructura del tema es reconocer Cadenas de sistemas y elementos del problema, Análisis de sistemas abiertos o panorámicos con la Jerarquía, reconocer subsistemas principales y luego los subconjuntos o elementos componentes. En palabras simples es el ordenar el problema de mayor a menor. A este después se incorporará las tendencias, de igual manera será la base para la elaboración del listado

²⁹Balbi, Construyendo el futuro...37-38

general de variables e indicadores. Por esta razón es importante tener los conceptos que son considerados particulares ya que estos pueden ser complejos y abstractos, lo cual sostendrá el discurso y se podrá elaborar los siguientes pasos sin mayor problema. Por el otro lado, los conceptos singulares; concretos y simples, se debe definir el significado, alcances y límites de cada uno de estos, encontrar los consensos y acuerdos sobre la semántica de los términos, con sentido lógico y técnico se tiene varios puntos de vista de estos mismos, aunque siempre se hacen de manera general a veces varían por el punto de vista.

Incorporar al Árbol de Pertinencias las tendencias seleccionadas para completar el análisis estructural con elementos del entorno que pueden afectarlo detectando mediante el escaneo bibliográfico, la consulta con expertos y aprovechamiento de experiencia directa y los bagajes de los posibles comportamientos a futuro de variables extrínsecas al problema que pueden tener mayor impacto. Despues se califica la importancia que cada tendencia que está bajo análisis; de acuerdo a la calificación obtenida, se selecciona las tendencias más pertinentes e importantes; aquí impera el principio de Pareto.³⁰ La escala de los valores numéricos de la tabla 2 se define de acuerdo con el criterio propio de la investigación y el peso de estos relacionado con el tema de estudio, y a su vez la correlación uno sobre el otro.³¹

Tabla No.4
Matriz comparativa: tendencias pertinentes

No.	Lista de elementos a comparar	Importancia	Influencia sobre otras	Pertinencia	Puntaje General
1	Reintegración sociocultural del patrimonio	5	5	4	4.67
2	Explotación hídrica para producción	5	4	5	4.67
3	Cambio climático	5	5	4	4.67
4	Desarrollo escolar y reconocimiento social	5	4	3	4
5	Presupuestos para proyectos hidráulicos	5	4	3	4
6	Inscripción en la lista del patrimonio mundial	4	4	3	3.67
7	México, país latinoamericano con más patrimonio UNESCO	4	4	3	3.67
8	México, país latinoamericano con más patrimonio UNESCO	3	4	3	3.33
9	Sector primario de producción Agrícola	3	4	3	3.33

Palabras seleccionadas se colocan en la tabla según su etimología. Tabla propia realizada a partir de las indicaciones del método MEYEP. Eduardo Raúl Balbi, *Construyendo el futuro. metodología prospectiva. método MEYEP de prospectiva estratégica.* 4a ed. Vol. 1. (Buenos Aires, 2014)

A partir de la tabla 4, La incorporación de tendencias da como resultado la estructura completa, ya incluyendo su impacto de entorno; se colocarán las tendencias con mayor puntaje de la tabla sobre el árbol de pertinencia. El árbol de pertinencia es creado a partir de los temas y ramificado con los conceptos, aquí se colocarán números donde las tendencias pertinentes se relacionan mejor con ciertos conceptos de la ramificación, ejemplo es que la tendencia numero uno Reintegración sociocultural del patrimonio es pertinente en los actores y el valor simbólico (véase la fig. 1).

³⁰Balbi, *Construyendo el futuro...*47-50

³¹Anticiparse Org "2 Matriz Comparativa" youtube.com consultado 7 junio, 2022 <https://www.youtube.com/watch?v=YPmL9DqGN3s>

Se selecciona uno de los vértices el cual se considera rama; se empieza su lectura desde abajo y de forma ascendente de manera ordenada. En cada una de las celdas de la rama seleccionada se cuestiona en qué grado esta tendencia impacta en ella, ya puede ser de forma positiva o negativa de manera indistinta. Si la tendencia impacta una celda, se marca la celda con el número de la tendencia y así sucesivamente con los que tuvieron un puntaje general elevado descartando las demás ya que no se considera que tengan fuerza las demás tendencias sobre el tema en un futuro.

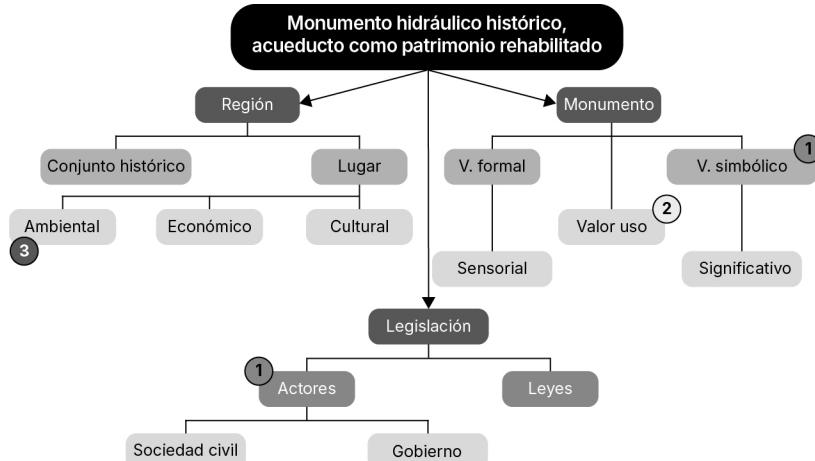


Figura 1. Incorporación de las tendencias al árbol de pertenencia.

3.3 causa - efecto

Reconocer todas las causas posibles correlacionadas con el tema de investigación, en la búsqueda de una gran cantidad de causas probables del problema, por áreas en que se subdivide el problema de análisis para su mejor comprensión o estudio. En el diagrama o matriz Ishikawa (véase fig.2) se coloca el problema sub dividido en campos o áreas, que son las espinas gruesas y en cada una de estas se busca todas las posibles causas del problema, que son las espinas chicas.

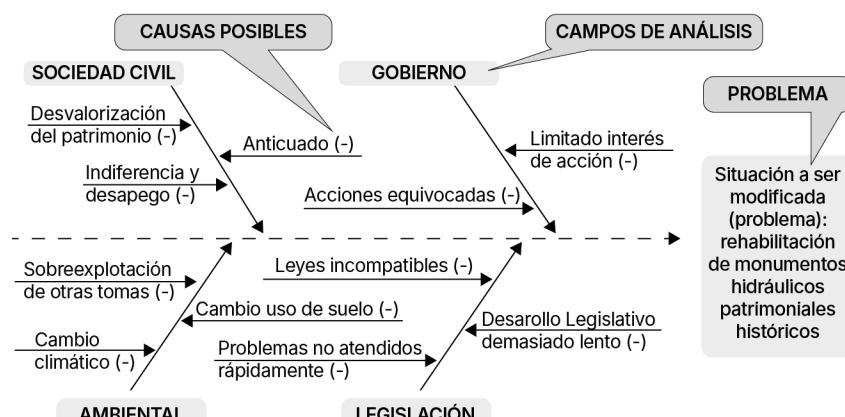


Figura 2. Matriz Ishikawa.

4. Análisis

Todas las causas escritas en las espinas chicas se enlistan en la columna "Lista de elementos a comparar". Luego, se valora la importancia que cada causa tiene para el estado actual del tema bajo análisis. Después se califica la influencia que cada causa tiene sobre las demás. Para terminar, de acuerdo a la calificación obtenida, se seleccionan las causas más importantes,³² por ende, se hace otra matriz comparativa (véase tab.5) del estado actual para afinar las tendencias causales sobre el problema y se calificará de acuerdo al criterio propio del autor.

Tabla No.5

Matriz comparativa: causas más importantes del estado actual

No.	Lista de elementos a comparar	Importancia	Influencia sobre otras	Pertinencia	Puntaje General
1	Desvalorización del patrimonio	5	4	5	4.67
2	Anticuado	1	1	1	1
3	Indiferencia y desapego	5	3	4	4
4	Limitado interés de acción	4	4	4	4
5	Acciones equivocadas	4	3	3	3.3
6	Cambio climático	5	4	5	4.67
7	Sobreexplotación de otras tomas	1	3	3	2.33
8	Cambio uso de suelo	1	1	1	1
9	Problemas no atendidos rápidamente	4	2	2	2.67
10	Leyes incompatibles	4	5	3	4
11	Desarrollo Legislativo demasiado lento	5	5	4	4.67

La puntuación es a criterio del autor. Tabla propia realizada a partir de las indicaciones del método MEYEP.
Eduardo Raúl Balbi, *Construyendo el futuro. metodología prospectiva. Met. MEYEP de prospectiva estratégica.* 4a ed. Vol. 1. (Buenos Aires, 2014)

Esta profundización es por interrogación sistémica, el objetivo es detectar las raíces del problema para encontrar los blancos estratégicos sobre los que deberá concentrarse el esfuerzo para la solución del problema. Con la deducción lógica se da una serie de pregunta consecutiva de ¿por qué? Partiendo desde cada causa seleccionada por su relevancia, hasta obtener conceptos claros de su origen.

4.1 Matriz análisis estructural

En la elección de variables se examina detenidamente cuáles cumplen con los indicadores para ser medidas, se opta por estas para su valoración comparativa ya que se evitará caer en ambigüedad por su forma de valorar su influencia. Se evalúan por influencia la motricidad a cada una, su influencia en contraste con el resto y los datos pararan a una gráfica que se adapte de mejor forma para describir el problema.³³

Para disipar cualquier duda y subjetividad de la Matriz análisis estructural (véase tab. 6) se da lectura de izquierda a derecha, y se lee; 1 influye con tal valor de impacto sobre B, aunque los factores 1 y A son los mismos, para practicidad se maneja excluyendo estos mismos con un cuadro negro ya que en sí mismo sería la influencia redundante. Los valores son los siguientes si se presentan; 0 es nulo, 1 es débil, 2 es moderada, 3 es fuerte y 4 es muy fuerte.

³² Eduardo Raúl Balbi, *Construyendo el futuro. metodología prospectiva. método MEYEP de prospectiva estratégica.* 4a ed. Vol. 1. (Buenos Aires, 2014), 62-64

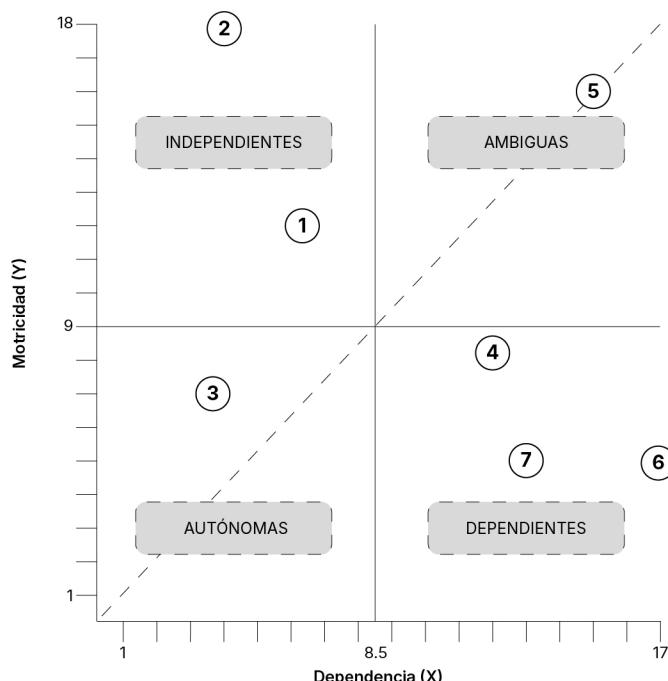
³³ Balbi, *Construyendo el futuro...* 74- 78

Tabla No.6

Matriz análisis estructural con Grafica de Clasificación de variables.

	A	B	C	D	E	F	G	Motricidad (Y)
1 Factibilidad de reúso del monumento	Factibilidad de reúso del monumento	Acumulación friática con precipitaciones anuales	Aumento regional de temperatura	Salvaguarda del patrimonio por la sociedad civil	Interés de integración productiva del monumento	Revalorización del monumento	Aprovechamiento de recursos naturales	
2 Acumulación friática con precipitaciones anuales		0	0	4	4	4	0	12
3 Aumento regional de temperatura	2		4	0	4	4	4	18
4 Salvaguarda del patrimonio por la sociedad civil	0	3		0	0	0	4	7
5 Interés de integración productiva del monumento	4	0	0	4		4	4	16
6 Revalorización del monumento	0	0	0	4	0		1	5
7 Aprovechamiento de recursos naturales	0	1	0	0	3	1		5
Dependencia (X)	6	4	4	12	15	17	13	

Clasificación de Variables según Motricidad y Dependencia



La puntuación es a criterio del autor. Tabla propia realizada a partir de las indicaciones del método MEYEP.
Eduardo Raúl Balbi, Construyendo el futuro. metodología prospectiva. método meyep de prospectiva estratégica. 4a ed. Vol. 1. (Buenos Aires, 2014)

La puntuación es a criterio del autor. Tabla propia realizada a partir de las indicaciones del método MEYEP. Eduardo Raúl Balbi, *Construyendo el futuro. metodología prospectiva. método meyep de prospectiva estratégica.* 4a ed. Vol. 1. (Buenos Aires, 2014),

El factor factibilidad de reúso del monumento, es la viabilidad de ocupar el objeto físico que compone la morfología del monumento hidráulico histórico, ver si todavía tiene la capacidad de poder trasportar agua y en dado caso poder rehabilitado de forma óptima con el menor número de recursos.

El factor Acumulación freática con precipitaciones anuales, es la estadística de las lluvias y la retención del vital líquido en el manto freático, el primero tiene una base de datos sólida, incluso hasta pública, en cambio el otro es un poco más ambiguo ya que esos recursos lo controlan la nación mexicana de forma restringida.

El factor Aumento regional de temperatura, es la estadística de cuantos grados varía la temperatura actual con los registros históricos, es la parte del cambio climático y como está comportándose este fenómeno meteorológico en la región.

El factor Salvaguarda del patrimonio por la sociedad civil, es el factor ligado a toda la sociedad civil, ya sean patronatos, organizaciones no gubernamentales o los mismos pobladores que al diario conviven con el monumento y les interesa o no.

El factor Interés de integración productiva del monumento, es como están las tendencias en el país para que se pueda aprovechar este recurso histórico de infraestructura hidráulica que se conserva de tal manera que en dado caso se aplique un plan de gestión para que su agua se integre a la red contemporánea.

El factor Revalorización del monumento, es la tendencia dentro de la academia y organizaciones internacionales o nacionales que se dedican a la industria de la conservación del patrimonio, la investigación y fomento de este mismo.

El factor Aprovechamiento de recursos naturales, es todo el potencial que tiene la región para la producción, desde la agronomía hasta la industria, en donde el factor agua le de impulso en un futuro, aprovechando el posible curso del agua extra que llegase a dotar el acueducto histórico y su ayuda a disminuir las sequías provocadas por el impacto del cambio climático.

4.2 Matriz de Escenarios

Aquí se crea una gráfica de acuerdo a la matriz y los escenarios planteados como metas en donde las variables indican en que estado se encuentran de acuerdo a los escenarios, ya que el escenario tendencial y el escenario ideal lógico son los que nos ocupan el en presente trabajo (véase fig. 3).

Cuadrante I: las variables que se posicionan en este cuadrante, indican que los promedios en buen comportamiento general, aunque alguna variable pueda tener individualmente una calificación inferior. Aquí se conjuga el escenario óptimo de conservación y reutilización de la mano de los indicadores que son lo que imperan en la investigación.

Cuadrante II: las variables que se posicionan en este cuadrante, indican que los promedios en buen comportamiento en el eje vertical, pero con una tendencia a la baja en el eje horizontal. Aquí el elemento es reutilizado, pero puede perder sus valores culturales que le dan identidad, por los planes de gestión es poco probable este escenario, donde sea aprovechado de una forma moderna, pero sin tener en cuenta su característica de ser patrimonio mundial de UNESCO.

Cuadrante III: las posiciones que se localicen en este cuadrante, indican que los promedios están por debajo. Es decir, en mal o deficiente comportamiento general, aquí la pérdida del objeto monumental y de sus valores son inminentes.

Cuadrante IV: las variables que se posicionan en este cuadrante, indican que los promedios en buen comportamiento en el eje horizontal, pero con una tendencia a la baja en el eje vertical. Aquí el elemento es conservado, pero puede perder su funcionalidad potencial que le da unidad, por los planes de gestión se priorizara las partes más relevantes del objeto, ya no se cuidara en conjunto, dejando en un estado museográfico y con peligro de turistificación del patrimonio.

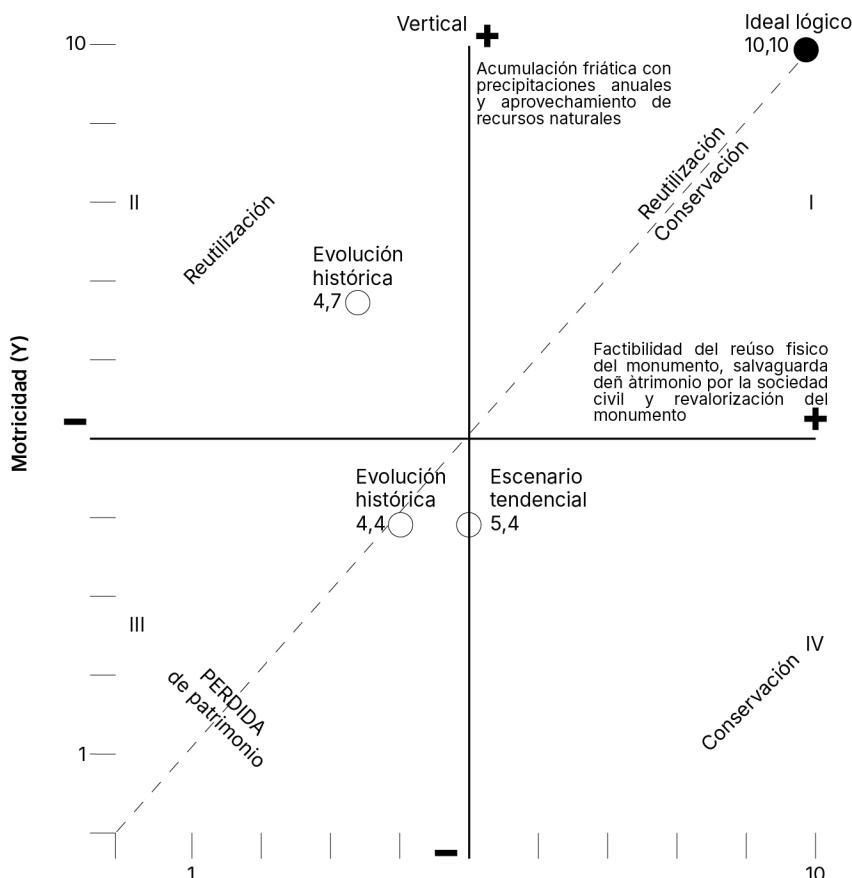


Figura 3. Gráfico de Matriz de Escenarios, según reutilización y conservación.

5. Resultados

El énfasis en la preservación del tejido físico ha impregnado la política patrimonial, a pesar de los avances en el conocimiento sobre la construcción social del patrimonio y sus valores asociados; políticas privilegian el pasado material auténtico sobre otras formas de codificar la memoria colectiva. Los beneficios sociales de la conservación del patrimonio pueden surgir a través de procesos; y la gestión del cambio a través del patrimonio, plantea una gama mucho más amplia de escenarios futuros.

La conservación de todo tipo de patrimonio cultural tiene que ser parte integral de procesos, tanto de planificación como de gestión dentro de la comunidad, que puede favorecer al desarrollo sustentable, económico y social. La pluralidad de valores dentro del patrimonio y la variedad de intereses requiere una estructura que permita tanto a especialistas y gobierno una participación segura de los habitantes en dicho proceso. Es deber de las comunidades idear los métodos y estructuras adecuados para asegurar la intervención positiva de individuos y secretarías en el proceso de decisión.³⁴

5.1 Régimen alrededor del acueducto

Todo patrimonio tiene una gran carga de valores, estos son protegidos y definidos de diferente manera, ya sea por diferentes actores, sociedades e incluso generación, en el caso específico del caso de estudio el acueducto del padre tembleque actualmente está vigente un decreto presidencial, que data de la época de Plutarco Elías Calles; específicamente del miércoles 15 de agosto 1928 donde indica que por las facultades que la constitución mexicana le otorga el nacionalizar los siete manantiales. Expresa textualmente que son propiedad de la nación, tanto los manantiales, como las riberas de dichos apantles, los causes y las riberas con los metros que designe la ley.³⁵

Por lo siguiente la legislación en la ley federal sobre monumentos y zonas arqueológicos, artísticos e históricos contempla en el artículo 7º que toda autoridad en los diferentes niveles de gobernó cuando tengan intenciones de restaurar o incluso el simple hecho de conservar los monumentos devén tender permiso del INAH, por lo que da paso a ver una vía en la que se pueda proponer un proyecto más centrado en su integración.³⁶

En la ley general de bienes nacionales se expresa en el artículo 28 que las dependencias de gobierno cuentan con varias facultades sobre los monumentos, aunque se habla de administradoras de monumentos, no se limitaría en teoría al INAH O INBA, ya que cualquier otra podría tener esta facultad, en el caso puede poseer y administrar como instituciones destinatarias, al igual que crear reglamentos de administración y explotación de estos mismos.³⁷

³⁴ Javier Rivera Blanco, Teoría e Historia de La Restauración Arquitectónica. (Madrid: ABADA editores,2008)

³⁵ E.G. Gallardo, «declaración de propiedad nacional de los manantiales denominados san Antonio, San Juan, el barrilito, charco prieto, la santa Veracruz y San Francisco en el estado de hidalgo» diario oficial, tomo XLIX Núm. 36 (México, 1928)

³⁶ Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. Ley federal sobre monumentos y zonas arqueológicos, artísticos e históricos. (Méjico: Diario Oficial de la Federación, 1972)

³⁷ Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. Ley general de bienes nacionales. (Méjico: Diario Oficial de la Federación, 2004)

Paralelo a lo anterior en el plan de manejo para el acueducto del padre Tembleque, México complejo hidráulico renacentista en América, en el objetivo general la "aplicación de programas y proyectos sostenibles que sean compatibles al desarrollo económico, la participación comunitaria y la gobernanza territorial" por lo que es viable en sus componentes esenciales del objetivo general expresa la disposición que se presenta ante la UNESCO para la producción y desarrollo integral de la región junto con el acueducto.³⁸

5.2 Actores del monumento.

Es indispensable pensar en los actores, estos tienen una alta influencia en el destino de los monumentos, de ellos depende la gestión del patrimonio en y la carga de valores, algunos actúan deliberadamente teniendo bien planteado y enfocado lo que se quiere lograr, en cambio otros, por sus posiciones de liderazgo juegan un papel privilegiado la toma de decisión que influyen indirectamente en el rumbo del acueducto. Para ello tenemos a los eclesiásticos que no solamente planearon y gestionaron la construcción de acueducto, ellos hasta ya entrado el siglo XX seguían teniendo un papel fundamental en la conservación del sistema hidráulico, tal es el caso del padre Ángel Cerdá, que cuando era seminarista en Santander, España tomó "Restauración de Monumentos del siglo XVI de la América Independiente". De regreso a México el INAH le dio los permisos, guía y asesoramiento para su intervención, gracias a esto el acueducto todavía funcionaba hasta Zempoala, en los años ochenta. Organizó la organización civil, del Patronato Acueducto Tembleque, A.C.³⁹ Oficialmente el Patronato Acueducto Tembleque oficialmente en su página de Facebook dique que se formó el 25 de octubre de 1996 y es constituido como Asociación Civil ante Notario Público el 2 abril de 1997, Su estructura jurídica es una Asociación que propaga la cultura y la conservación del valioso monumento sin fines de lucro, reconocido por el Instituto Nacional de Antropología e Historia, y la secretaría de Administración Tributaria.⁴⁰

Como parte de la tendencia y el gran movimiento que se gestó para el nombramiento como patrimonio mundial, surgieron varias asociaciones por parte de la sociedad civil la cuales está encaminada a preservar el monumento, sus valores y cultura, tal es el caso de. que urge en el año 2011 que es tras la iniciativa de darle respuesta a la necesidad de acciones interdisciplinarias.⁴¹

5.3 Imperativo ambiental

Las preocupaciones de sostenibilidad obligan a cambios en la forma en que diseñamos, edificamos y gestionamos el entorno construido para acomodar a más personas sin consumir más tierras y recursos, esto tendrá un impacto en la capacidad

³⁸Luis Ignacio Gómez Arriola, Lineamientos Generales para el Plan de Manejo y Gestión del Acueducto del Padre Tembleque, complejo hidráulico renacentista en América. (Méjico,2014), 105

³⁹Antonio Mateo Linaza Ayerbe, "El Acueducto del Padre Tembleque Complejo Hidráulico del S. XVI -Técnicas Constructivas-" (mec-edupaz, 2015) 303-356.

⁴⁰Patronato Acueducto Tembleque . (MAYO, 2022) https://www.facebook.com/patronato.acueductotembleque/about_details.

⁴¹Sebastián Sánchez Ruiz, Arquería Mayor: Arte y Cultura, A.C. (mayo,2022) https://www.facebook.com/ArqueriaMayorAC/?ref=page_internal.

de acumular y mantener los lugares del patrimonio físico. En el valle de Zempoala donde se ubica la parte más importante del acueducto se encuentra en un estado de prácticamente constante, esto indica que no se generó ninguna disminución de la capacidad productiva de la región, pero igual indica que desde 1985 no ha existido mayor cambio en la morfología y el tipo de vegetación, según el mapa digital de México⁴² existe una área importante de bosques de coníferas, cerca del trayecto del monumento está el matorral Xerófilo y una pequeña parte de bosques de encino, la ventaja es que la mayor parte del mapa no está iluminada, ya que no se pueden explotar las cactáceas y un llano despejado proporciona un área generosa para actividades productivas a gran escala como lo podemos ver en los siguientes figuras 4.

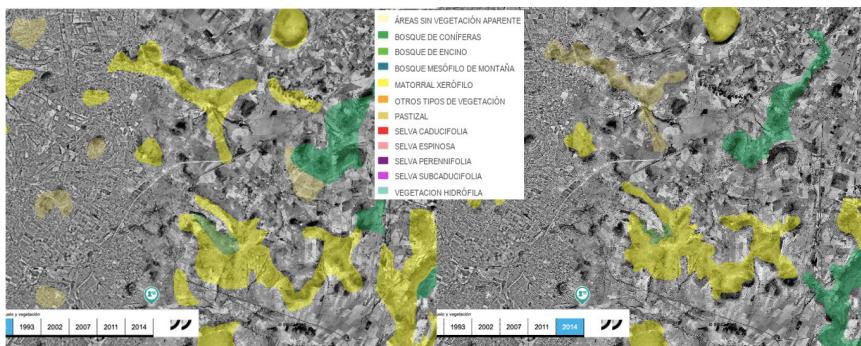


Figura 4. Evolución de vegetación de 1985 a 2014. INEGI 2013.

En la región es común que existan tomas de agua, pero es indispensable ver que estas mismas comparten su ubicación cercana a lo que era del acueducto del Padre Tembleque, en la primera imagen de la figura 6 se aprecia que está perfectamente ubicado el manantial que se encuentra en las faldas del cerro del Tecajete, y que al lado de la arquería mayor se encuentra un pozo de agua el cual seguramente, sigue dotando el vital líquido, pero no dice más detalles si es parte del sistema antiguo o es un pozo moderno. En la imagen central se aprecian los cuerpos de agua tanto perennes como intermitentes, la mayoría de estos son parte de los ríos y arroyo que fluyen superficialmente en la región, pero de estos los que llegan del área de Ciudad Sagún traen alta concentración de contaminantes, y su uso es restringido hasta para los campos de cultivo de hortalizas.

En la última imagen (véase fig.5) se aprecia que la mayor concentración de los pozos para la extracción de agua se encuentran del lado del estado de México, ya que es aquí donde se acumula una mayor densidad de población, y actividades más dinámicas las cuales requieren grandes cantidades de agua dulce, en este caso ese es el límite del área de interacción ya que entrar y proyectar en 2 entidades federativas es difícil por decirlo de alguna manera y más si se trata del uso del agua, este tema siempre genera polémicas.

⁴² INEGI. s.f. "V6" INEGI. Mapa Digital de México. MÉXICO.

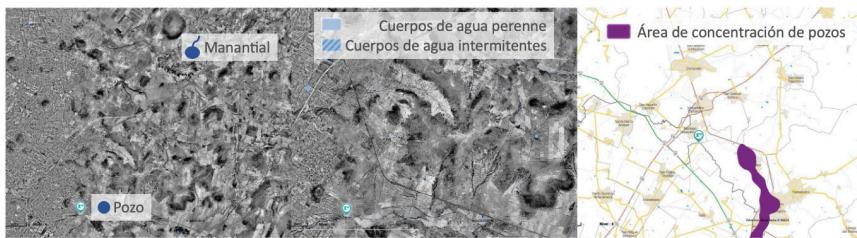


Figura 5. cuencas hidrológicas y ARC. INEGI 2013.

Actualmente se encuentra una discrepancia con la dotación de agua ya que en 2017 se contaba con cuencas hidrológicas con publicación de disponibilidad en el DOF (Diario Oficial de la Federación) en 2017, pero para el 2018 este estatus cambia a "sin disponibilidad" lo cual genera una proyección desfavorable sobre la postura del gobierno ante la dotación de agua en la región. Aunado que el ARC (agua renovable per cápita) para 2030 se estima que será menor a 500 (m³/hab./año) en la segunda sección del recorrido del acueducto, estos datos arrojan que en un futuro cercano está desalentador para la inversión en el sector productivo primario, pero se nota que en la primera parte del recorrido la que está cerca del cerro del Tecajete y donde están los manantiales el ARC es mayor a 1700 (m³/hab./año) un incentivo para la valoración de los monumentos hidráulicos históricos, el cual puede ser agregado a la red para aminorar la bajada drástica de la dotación de agua (véase fig. 6).



Figura 6. cuencas hidrológicas y ARC. INEGI 2018.

6. Discusión

Como proceso construido socialmente, el patrimonio y los valores que se le atribuyen no son absolutos; son relativas al contexto, al tiempo y al espacio. Un proceso de inclusión sin control en última instancia hará que el patrimonio sea una empresa difícil de manejar y cada vez más polémica, poniendo en peligro no solo la sostenibilidad del entorno construido en general, sino también la propia supervivencia de la conservación. Las políticas y prácticas de la empresa patrimonial de hoy están formalizadas e integradas dentro de una infraestructura pesada de instituciones, legislación y profesionales.

Tal evaluación podría involucrar a públicos amplios y partes interesadas multidisciplinarias, expertos y no expertos, al proporcionar esencialmente un foro para la narración continua, la deliberación y la revalorización. La conservación se basa en equidad

intergeneracional; justo sería que las generaciones futuras decidan si quieren continuar administrando o no, en lugar de simplemente cargarlos. Esto reconocería el concepto de patrimonio como una construcción social influenciada por el tiempo, los valores y otros factores contextuales.

Traducir la teoría a la práctica, adaptar políticas y arreglos institucionales para una toma de decisiones más democratizada plantea desafíos importantes. Los problemas más desafiantes trascienden lo local: sostenibilidad ambiental a gran escala, crecimiento urbano, migración, y poblaciones cada vez más diversas. El vínculo entre lo particular y lo universal, entre lo local y el bien mayor. El mayor desafío en la conservación del patrimonio contemporáneo es ayudar a crear una fuerza para el cambio, reforzar la innegable necesidad de actuar e infundir la esperanza de la acción colectiva, hará un lugar mejor para la memoria colectiva y la sociedad moderna.

7. Conclusiones

Junto con el crecimiento de la población general hay un aumento en la diversidad social en muchas partes del mundo como un evento indirecto de la globalización y la inmigración. Un destino compartido no implica a un pasado compartido; y a su vez no obliga a una visión compartida del futuro de los diferentes estratos de la población. Los grupos que no se adhieren a las teorías del patrimonio cultural predominantes se encuentran en clara desventaja en el proceso participativo en las decisiones sobre los monumentos. Pero se puede involucrar de manera efectiva a una sociedad cada vez más plural, que contribuye a un entorno sostenible para garantizar la equidad intergeneracional y el derecho a convivir con el monumento.

El uso de la planificación de escenarios tiene el potencial de incorporar de manera más efectiva los valores de múltiples partes interesadas en la toma de decisiones sobre el patrimonio sin definir a priori los resultados. Los escenarios proporcionan una forma de tener una conversación más imaginativa y coherente sobre el futuro. Dado que hay más de un escenario plausible, la planificación de estos permite una conversación, las diferencias entre nosotros se encuentran entre las herramientas más importantes para crear una diversidad de futuros posibles, otorgando un significado real a la libertad humana.

Los escenarios son metas concretas en un entorno previamente definido; traza la ruta que guiará a las políticas públicas, tendencias sociales, y la conversación académica. Los involucrados son protagonistas de la modelación de la realidad, donde la conservación es el asunto principal y las opiniones en todos los estratos sociales se ligan alrededor del monumento, con concientización y políticas públicas se puede materializar. En el sentido de que las actividades humanas son tan diversas, el objeto de estudio tiene la suficiente presencia para ser un factor de peso que rige el entorno y la vida cotidiana; modele a partir de sí mismo el contexto y la vida diaria.

Bibliografía

Appelbaum, Barbara. *Conservation Treatment Methodology*. 1a ed. Vol. 1. (Oxford: ELSEVIER, 2007)

Arredondo, Alejandro Navarro. "Control De La contaminación atmosférica En La Zona Metropolitana Del Valle De México" *Estudios Demográficos Y Urbanos* Vol. 34 Nún. 3(México, 2019) 631-63. <https://doi.org/10.24201/edu.v34i3.1806>.

Asociación de Academias de la Lengua Española. *Diccionario de La Lengua Española* . 1 ed. Vol. 23. (INTERNACIONAL: Real Academia Española,2014)

Balbi, Eduardo Raúl. *Metodología Prospectiva. Aportes y Contribuciones*. 1a ed. Vol. 1. (Buenos Aires, 2004)

Balbi, Eduardo Raúl. « Metodología prospectiva. Método meyep de Prospectiva» (Formato electrónico, Buenos Aires, 2010)

Balbi, Eduardo Raúl. *Construyendo el futuro. metodología prospectiva. método meyep de prospectiva estratégica*. 4a ed. Vol. 1. (Buenos Aires, 2014)

Balbi, Eduardo Raúl. "Método MEYEP versión 4.0" *anticiparse* (Buenos Aires, 2018) <https://www.anticiparse.org/download/software-meyep/>

Brundtland, Gro Harlem. "Nuestro futuro común" *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. (ONU, 1987)

Cabrera Aceves, Juan. "El monumento como documento para su historia *Restauración del Acueducto de Morelia en México*" *LOGGIA arquitectura & restauración* número 10, año 5, julio-diciembre. (Valencia,2000)

Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. *ley general de bienes nacionales*. (México: Diario Oficial de la Federación, 2004)

Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. ley federal sobre monumentos y zonas arqueológicos, artísticos e históricos. (México: Diario Oficial de la Federación, 1972)

Gallardo, E.G. 1928. «declaración de propiedad nacional de los manantiales denominados san Antonio, San Juan, el barrilito, charco prieto, la santa Veracruz y San Francisco en el estado de hidalgo» diario oficial, tomo XLIX Núm. 36 (México, 1928)

Giordani, Claudio y Gustavo Lanzone. «Geología Aplicada a la Ingeniería Civil y al Medio Ambiente, Unidad Temática 4 alteración de rocas» (Unidad Temática, Universidad Tecnológica Nacional), https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/3_anio/geologia/files/U4-ALTERACIÓN%20DE%20ROCAS.pdf

Gobierno del Estado de Hidalgo, Consejo Estatal para la Cultura y las Artes de Hidalgo, (Pachuca,1998)

Gómez Arriola, Luis Ignacio. Expediente de Postulación Acueducto del Padre Tembleque, México Complejo Hidráulico Renacentista en América, (México: INAH, 2014)

Gómez Gómez, Manuel y Cecilia Danglot Banck."Contaminación ambiental en el Valle de México ¿Estamos haciendo lo necesario?". Rev Mex Pediatría. Vol. 65, Núm. 6 (México, Nov.-Dic. 1998)254-260. <https://www.medicgraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=16141>

Hebbert, Michael. "Cities and Climate Change (Global Report on Human Settlements 2011)". The Town Planning Review 83 (Liverpool, abril 2012): 501–4. <http://www.jstor.org/stable/41509867>.

Icaza Lomeli, Leonardo Federico. "Arquitectura Civil En La Nueva España : 25 Ejemplos de La Region Puebla-Tlaxcala". (Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México, 1990)

ICOMOS. Recomendaciones para el análisis, conservación y restauración estructural del patrimonio arquitectónico. Ed. 1ra (Cataluña, Colegio de Arquitectos. 2004)

INEGI. s.f. "V6" INEGI. Mapa Digital de México. MÉXICO.

Jurado Melguizo, Francisco. "Acueducto de Segovia" informes de la construcción número 437, vol. 47, mayo-junio (Cartagena,1995)

Linaza Ayerbe, Antonio Mateo. "El Acueducto del Padre Tembleque Complejo Hidráulico del S. XVI -Técnicas Constructivas-" (MEC-EDUPAZ, 2015) 303-356.

Mendel, Vicente. Diccionario Mexicano de Arquitectura. 1a ed. Vol. 1. (México: Varia Gráfica y Comunicación, 1994)

Monroy, M. Erección Del Estado de Hidalgo. 1a ed. Vol. 1. (Tepeapulco: Gob. Hidalgo, 2017)

Monterrubio, Antonio Lorenzo. Catálogo Del Patrimonio Cultural Del Estado de Hidalgo. Región I.Tomo II. 1a ed. Vol. 2. (Nezahualcóyotl: 1999)

Navarro Arredondo, Alejandro. 2019. «Control De La contaminación atmosférica En La Zona Metropolitana Del Valle De México». Estudios Demográficos Y Urbanos 34 (3):631-63. <https://doi.org/10.24201/edu.v34i3.1806>.

Patronato Acueducto Tembleque . (MAYO, 2022) [https://www.facebook.com/](https://www.facebook.com/patronato.acueductotembleque/about_details) patronato.acueductotembleque/about_details.

Ramírez de Alba, Horacio. "El Acueducto de Guadalupe, monumento histórico en riesgo" CIENCIA ergo-sum número 2, año 20, julio-octubre (Toluca, 2013)

Riegl, Alois. El culto moderno de los monumentos. (Madrid: Visor, 1903)

Rivera Blanco, Javier. Teoría e Historia de la Restauración Arquitectónica , (Madrid: ABADA editores.2008)

SAHOP. Vocabulario Arquitectónico Ilustrado. (México: Transformadora Industria, 1989)

Sánchez Ruiz, Sebastián. Arqueria Mayor: Arte y Cultura, A.C. (mayo,2022) https://www.facebook.com/ArqueriaMayorAC/?ref=page_internal.

Sandercock, Leonies. Cosmopolis II: Mongrel Cities of the 21st Century. (New York: Continuum. 2003)

ENSAYO



Parte de la plaza y de la iglesia de San Sebastián de la Nueva Guatemala, vista desde el interior de la pila publica o tanque del mismo nombre, a mediados del siglo XIX. Una imagen del modelo tridimensional que reconstruyó aproximadamente dicho recinto urbano, realizado por Carlos Ayala y Gerardo Arévalo Cerín, 2022.

La Plaza de San Sebastián de la Nueva Guatemala, una aproximación como obra de arquitectura de la ciudad

*San Sebastián Square in Nueva Guatemala,
an approximation of the city's architectural work*

MSC. Urb. Carlos Luis Ayala Rosales* 
Facultad de Arquitectura
Universidad de San Carlos de Guatemala
<https://orcid.org/0009-0008-9007-1385>
Guatemala, Ciudad de Guatemala.

Fecha de recepción: 05 de agosto de 2024.

Fecha de aceptación: 08 de octubre de 2024.

Correo: carlos.ayala@farusac.edu.gt

Palabras clave:

Diseño urbano, Nueva Guatemala, plaza, pila pública, iglesia.

Casi a finales del régimen hispano colonial para la traza urbanística de la nueva capital del Reino de Guatemala, la Nueva Guatemala de la Asunción (1776), se innova entre otros, la introducción de cuatro plazas de cuadra entera y con emplazamiento equidistante de la plaza central o la Plaza mayor. Estas cuatro plazas secundarias fueron ideadas como centro para los cuatro cuadrantes de la enorme traza reticular de predominante uso habitacional y destinadas a alojar en su seno a iglesias parroquiales, según el plan primigenio del ingeniero militar malagueño Luis Díez Navarro.

Aunque luego el arquitecto Marcos Ibáñez, enviado por la Corona y quien arriba procedente de Madrid en 1778 en calidad de arquitecto de la ciudad, reubicó estas cuatro plazas hacia los dos ejes centrales. Ejes que dispuestos perpendicularmente se entre-cruzaban en la Plaza Mayor. Estas arterias principales eran de norte a sur la Calle Real y de oriente a poniente la calle de los Mercaderes o de El Sagrario. Con la reubicación de estas cuatro plazas se enriqueció espacialmente dicha cruz de calles centrales. Ya que a mitad de camino de dichos corredores, entre la céntrica Plaza mayor y la alameda / arboleda perimetral o borde urbano, se encontraban estas plazas secundarias, las que luego fueron equipadas y decoradas con fuentes surtidoras. Y que constituyan un necesario espacio abierto entre las filas o series de manzanas bloque de la hermética y homogénea arquitectura habitacional.

Con la introducción de estas cuatro plazas equidistantes, cuyo antecedente puede ser la traza medieval de la ciudad ideal de Eiximenis, probablemente se quería evitar la apertura de plazuelas irregulares fuera de la ordenación urbanística general. Situación no deseada y que había acontecido justamente en la antigua y abandonada capital, la ciudad de Santiago de Guatemala, la actual Antigua. Estas fueron una serie

* Investigador titular de la Facultad de Arquitectura de la USAC en la DIFA y estudiante de la historia y crítica de la arquitectura, el diseño urbano y el urbanismo histórico.

de plazuelas de diversas formas y tamaños, abiertas sucesivamente a lo largo de más de dos siglos de su vida colonial y que “adulteraron” el ortodoxo espíritu regular, serial y simétrico que privaba en ese entonces para los trazados urbanísticos de las principales ciudades hispánicas del Nuevo Mundo. Pero en la nueva urbe centroamericana con las cuatro plazas equidistantes de la plaza central más la Plaza del sagrario atrás de la catedral y la de Jocotenango en el extremo norte, se realizó siete grandes plazas formales. Aunque por las limitaciones iniciales solo la Plaza mayor contó con un enmarcamiento arquitectónico ex profeso o desde sus inicios y además muy pronto su superficie fue cubierta o enlucida con un enlosado formal de piedra.

Ante la amplitud espacial de las cuadras para estas plazas secundarias, las iglesias parroquiales dentro de estas resultaron empequeñecidas y al menos dos nunca serían realizadas. Contiguo a la Calle de los Mercaderes o del Sagrario en ubicación poniente se edificó la parroquia de Nuestra señora de Guadalupe, mientras que la plaza oriente, solo se conoció como plaza de Santa Rosa. En la plaza del tramo sur de la Calle Real se previó la parroquia de Nuestra Señora de Los Remedios pero no se concretó sino se fusionó con la del Calvario, la que fue emplazada en el extremo sur como remate de esta arteria. Y en la plaza del tramo norte siempre de la Calle Real se levantó la parroquia de San Sebastián.

El templo a este santo del catolicismo se introdujo desde mediados del siglo XVI en la Antigua, al atribuírsele a este mártir un poder protector ante el eventual y destrutivo flagelo de los terremotos. Una tradición religiosa que se trajo a la nueva capital, siempre con el templo emplazado o situado hacia el norte de la ciudad. Y además se constituyó en el centro de un barrio tradicional de tejedores.

Por medio de varias imágenes y planos antiguos así como de las vistas de nuestro modelo tridimensional y aproximado de esta plaza de San Sebastián, se puede observar como en el centro de la cuadra y sobre una cima o leve elevación fue el lugar donde se emplazó la iglesia y su atrio frontal. Por lo que las calles laterales quedaron convertidas en perspectivas al tener como remate visual los costados de la iglesia; son los callejones de La Soledad al norte y al sur el Del Manchen.

Donde el frontispicio sacro fue el elemento más destacado de toda la amplia plaza por su monumentalidad, verticalidad y blancura. Esta fachada fue organizada por un plano central destacado, simétrico y decorado con una composición de columnas pareadas y adosadas corintias a cada lado del vano de ingreso y rematado con un frontón quebrado. Este resalte central tiene a sus lados o fue flanqueado por dos volúmenes sobrios solo decorados en sus esquinas con pilastras también de estilo corintio. Al parecer con el paso de algunas décadas estos dos esbeltas cubos laterales fueron convertidos en torres campanario al haberseles sobrepuerto un volumen vacío, perforado y coronado con cúpulas peraltadas para contener campanas y de paso enfatizar la composición vertical del frontispicio. Mientras que el cuerpo por entero o volumen de este templo estaba dominado por una nave central elevada y techada a dos aguas con tejas y a sus costados dos galerías bajas con capillas, al parecer cada capilla fue cubierta o coronada por cúpula semi-esférica o de media naranja. Todo lo que nos revela una bella composición arquitectónica de estilo barroco clasicista.

Se trata de una obra dentro de un estilo normativizado o academicista, de tratados y modelos, situación arquitectónica dominante en la España del siglo XVIII. La obra de este templo se concluyó cerca de 1790, se encuentra entre las primeras iglesias de la nueva capital y su diseño es atribuido al artista arquitecto de origen italiano Antonio Bernasconi; quien llegó a la nueva capital como asistente del arquitecto Marcos Ibáñez. A Bernasconi también se le atribuye el diseño de la fuente de Carlos III de la Plaza mayor y el Palacio Arzobispal, importantes obras arquitectónicas de la naciente metrópoli.

A los costados de esta iglesia de San Sebastián, se erigieron, hacia el sur una pequeña sacristía y hacia el costado norte la casa parroquial, esta sobre una gran plataforma al parecer realizada de expreso dada la pendiente natural e inclinada del sitio. Ambas obras con una arquitectura sobria semejante a las casas de habitación de la época hispano colonial. Conjuntamente con la iglesia, estas tres edificaciones se distribuyeron en una composición lineal de norte a sur lo que delimitó un nuevo espacio abierto, como una plaza frontal, cuyo tamaño resultó casi de la mitad de la cuadra. Espacio acomodado en parte sobre la plataforma horizontal donde luego se introdujo al norte una enorme pila pública con arcada (1821) y al sur una fuente y, posiblemente al centro una cruz atrial. Así la extensión inicial del espacio o la cuadra se redujo y el nuevo espacio quedó delimitado como mencionamos con esas tres piezas arquitectónicas alineadas y la explanada que se amuebla artísticamente con el par de obras hidráulicas cada una en los dos extremos, todo sobre un estricto plano horizontal. Así consideramos se logró una plaza como conjunto armonioso y singular, lo que desvaneció la impresión inicial de aislamiento y pequeñez del modesto templo solitario en el centro de la extensa manzana.

Seguramente este conjunto embelleció admirablemente el recorrido o paseo por el tramo norte de la Calle Real y sumó un espacio público más pero de singular belleza a la nueva capital. Su singularidad quedó aquilatada por no haber obra semejante entre sus coetáneas. En realidad cada plaza fue tratada arquitectónicamente con singularidad, desde la Plaza Mayor, la Plaza del Sagrario hasta la Plazuela de Santo Domingo, entre otros espacios públicos que recibieron a lo largo de las primeras décadas de la ciudad un tratamiento arquitectónico meritorio.

Lamentablemente esta plaza primigenia de la Nueva Guatemala comenzó a ser seriamente afectada desde finales del siglo XIX. Con la política de las dictaduras oligárquico liberales de desamortización de bienes eclesiásticos a compradores o favores particulares y la intervención desacertada de las plazas coloniales. En nuestro caso, inicialmente por el parcelamiento y edificación sobre el espacio abierto, tanto detrás del templo como a sus costados, para edificaciones individuales. Mientras que el espacio de la plaza frontal fue convertido en un jardín y luego se introdujeron canchas deportivas, todo sin mayores cuidados de diseño paisajístico y de relación con la arquitectura antigua. Finalmente por el inadecuado manejo de los daños sufridos en los edificios parroquiales y al amueblamiento arquitectónico por los terremotos. Se prefirió demoler y alterar dichas obras artísticas coloniales antes que restaurar y conservar. Así la hermosa pila pública y la fuente ornamental al norte y sur de la plaza desaparecieron. La arquitectura de la iglesia fue seriamente alterada, achatando sus campanarios, eliminando sus capillas laterales cupuladas y la nave interior con sus

galerías laterales. Mientras que la sacristía y la casa parroquial fueron sustituidas por edificaciones modernas de gran magnitud sin mayor armonía formal ni espacial con el edificio sacro superviviente.

Nuestra modesta y aproximada reconstrucción de esta antigua plaza y sus obras pretende contribuir a recuperar o a fortalecer la memoria colectiva o social de la arquitectura de nuestra capital, de valorar las interesantes características originarias de este espacio público en particular y sobre la importancia de generar un dialogo respetuoso entre las obras del presente con las del pasado.

La reconstrucción virtual de esta plaza primigenia de la Nueva Guatemala fue posible a partir de la búsqueda, el encuentro y el estudio de las escasas imágenes existentes de la misma, de su iglesia y de sus obras complementarias. Así también gracias a encontrar y analizar algunos planos esquemáticos urbanos antiguos. Lo que resultó ser una serie de imágenes que en su conjunto permitieron afortunadamente reconocer las principales características formales y espaciales originales de esta hermosa plaza que hoy lamentablemente se conserva muy limitadamente en el actual Centro histórico de la Ciudad de Guatemala. Pero que todavía posee un gran potencial de recualificación urbanística en espera de una voluntad política y estética superior y promisoria.

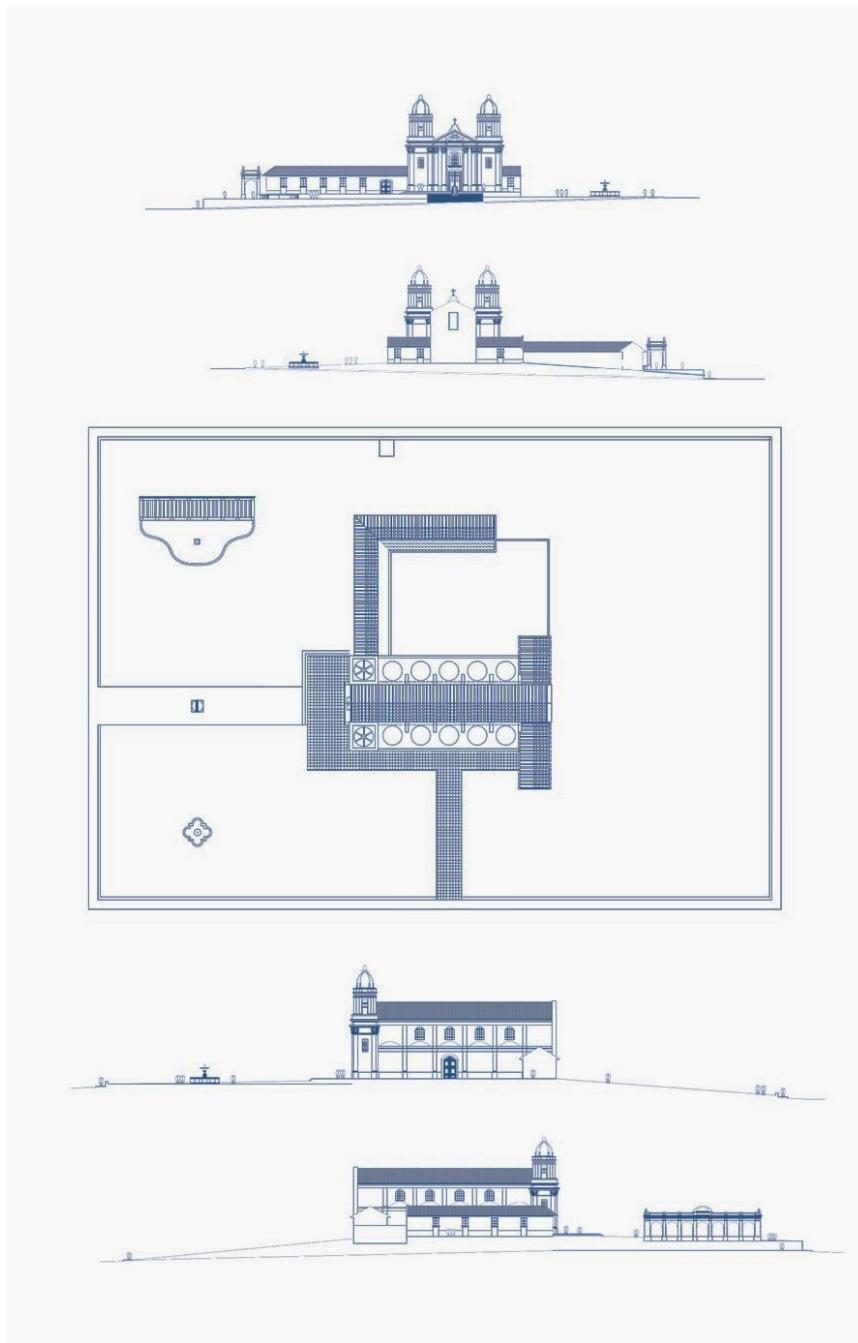
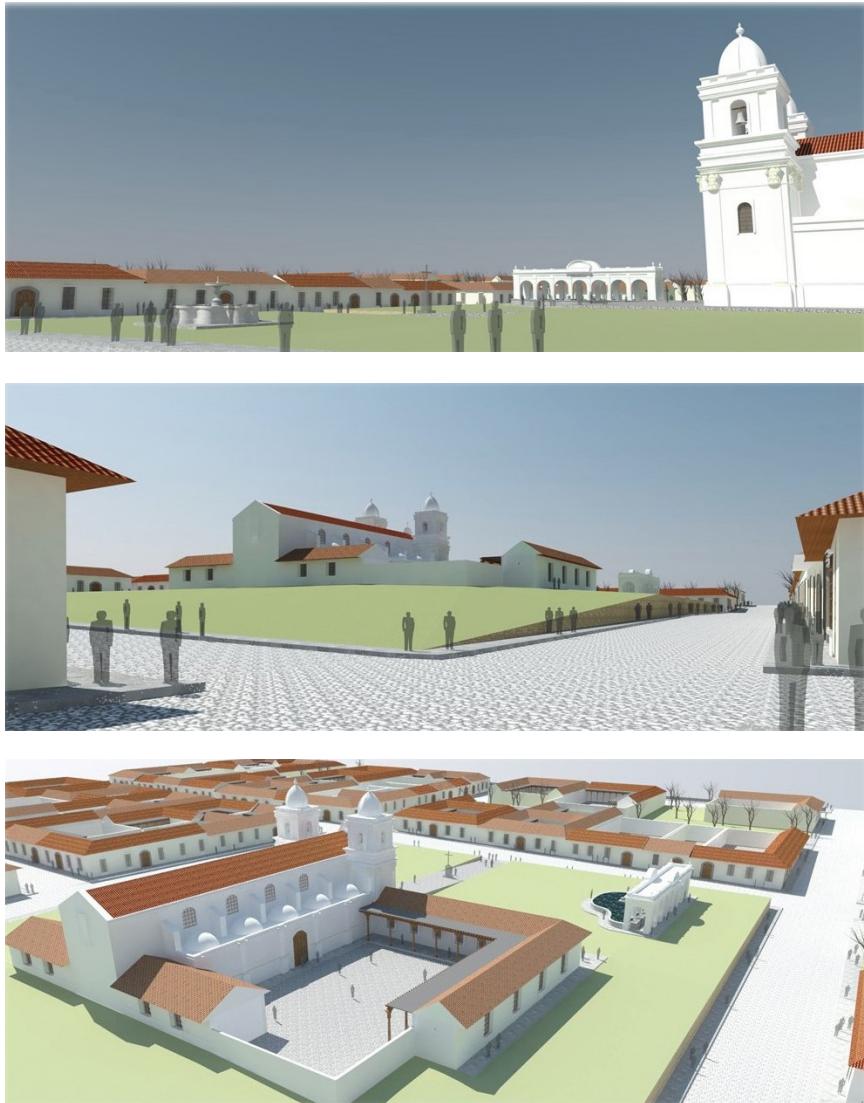


Figura 1. Planimetrías aproximadas de la Plaza de San Sebastián de la Nueva Guatemala, a mediados del siglo XIX. De arriba a abajo: la elevación frontal, la elevación posterior, la planta de conjunto, la elevación lateral norte y la elevación lateral sur. Elaboradas por Carlos Ayala y la representación digital con Gerardo Arévalo Cerín, 2022.



Figuras 2, 3 y 4. Arriba dos vistas de la Plaza de San Sebastián de la Nueva Guatemala, mediados del siglo XIX, abajo, vista del costado norte de la iglesia de San Sebastián desde el Callejón de La Soledad. Imágenes del modelo tridimensional realizado por Carlos Ayala y Gerardo Arévalo Cerín, 2022.



Figuras 5, 6 y 7. Arriba una vista de la Plaza de San Sebastián de la Nueva Guatemala, mediados del siglo XIX, en medio y abajo, vistas de la plaza e iglesia desde la parte posterior. Imágenes del modelo tridimensional realizado por Carlos Ayala y Gerardo Arévalo Cerín, 2022.



Figura 8. Mosaico con varias imágenes de la plaza e iglesia de San Sebastián de la Nueva Guatemala que sirvieron de referencia para su reconstrucción virtual. De arriba abajo y de izquierda a derecha, detalle de una fotografía de Muybridge, 1875. Detalle de un plano de la Nueva Guatemala, mediados siglo XIX. Detalle de una fotografía aérea del norte de la ciudad luego de los terremotos de 1917 y 18. Fotografía de la Calle Real norte con una parte de la pila pública de San Sebastián, posiblemente de inicios del siglo XX. Fotografía del frontispicio de la iglesia de San Sebastián luego de los primeros terremotos de 1917 y 18. Detalle de una pintura con vista aérea de la Nueva Guatemala de inicios del siglo XX. Y fotografía de la Calle Real frente a la plaza de San Sebastián convertida en parque o jardín público, posterior a los terremotos de 1917 y 18. Búsqueda, selección y composición de imágenes por Carlos Ayala R., 2022.

Bibliografía general

Aguilera Rojas, Javier. *Antigua, capital del reino de Guatemala*. Madrid: Ministerio de Educación Cultura y Deporte, 2002.

Argan, Giulio Carlo. *La Europa de las grandes capitales*. Traducido por Luis Arana. Madrid: Skira, 1964. Edición originaria en italiano, Ginebra 1964.

Ayala R., Carlos. *Urbanismo y paisaje urbano en la Nueva Guatemala, composición espacial y nueva monumentalidad en la última capital hispano-colonial de Centroamérica*. Ciudad de Guatemala: DIFA USAC, 2022.

Belaubre, Christophe. "El traslado de la capital del reino de Guatemala (1773-1779). Conflicto de poder y juegos sociales" en *Revista Historia*, ISSN: 1012-9790, No. 57-58, (enero-diciembre 2008) 23-61.

Benevolo, Leonardo. *La ciudad europea*. Traducido del italiano por María Pons. Barcelona: Editorial Crítica, 1993. Capítulo cuatro: la confrontación con el mundo. 111-128.

Bonet Correa, Antonio "Ciudad y arquitectura en Guatemala, siglos XVI, XVII y XVIII", en *El país del quetzal*, Guatemala maya e hispana. Madrid, Sociedad Estatal para la Acción Cultural Exterior, 2002. 123-37.

Chinchilla Aguilar, Ernesto. *Historia del Arte en Guatemala, 1524-1962*. Ciudad de Guatemala: Editorial José de Pineda Ibarra, 1963.

Gellert, Gisela. "Desarrollo de la estructura espacial en la Ciudad de Guatemala: desde su fundación hasta la Revolución de 1944" en *Ciudad de Guatemala, dos estudios sobre su evolución urbana 1524-1950*. Ciudad de Guatemala: CEUR USAC, 1989. 5-47.

Gómez-Ferrer Bayo, Álvaro. "Ilustración y Arquitectura"; en: *Historia Urbana de Ibero América, Tomo III: La Ciudad Ilustrada: Reforma e Independencia 1750-1850*. Madrid, Testimonio, 1992. 138-160.

Gravagnuolo, Benedetto. *Historia del urbanismo en Europa, 1750-1960*. Traducido por Juan Calatrava. Madrid: Ediciones Akal, 1998. Edición originaria en italiano, 1991.

Haefkens, Jacobo. *Viaje a Guatemala y Centroamérica*. Traducido por Theodora van Lottum. Ciudad de Guatemala: Editorial Universitaria USAC / Sociedad de Geografía e Historia, 1969. Edición originaria en neerlandés, 1827.

Kubler, George. "Ciudades y cultura en el periodo colonial de América Latina", Boletín del Centro de Investigaciones Históricas y Estéticas, No. 1, Universidad Central de Venezuela (enero-diciembre 1964): 81-90.

Langenberg, Inge. "La estructura urbana y el cambio social en la Ciudad de Guatemala a fines de la época colonial", en *La sociedad colonial en Guatemala. Antigua Guatemala*: CIRMA / PMS, 1989. 221-50. Bca Ibo

Lujan Muñoz, Jorge. "La Arquitectura: 1780-1821", en *Historia General de Guatemala, tomo III*. Ciudad de Guatemala: Asociación de Amigos del País, 1995. 485-492.

Lujan Muñoz, Luis. *Fotografías de Eduardo Santiago Muybridge en Guatemala 1875*. Ciudad de Guatemala: Editorial José de Pineda Ibarra, 1984.

Markman, Sidney David. "La Plaza Mayor de la Ciudad de Guatemala" en *Cuadernos de Antropología*, No. 8. Dir. Jorge Lujan. Ciudad de Guatemala: Facultad de Humanidades, USAC (1969): 7-36.

Markman, Sidney D. "The Gridiron Town Plan and the Caste System Colonial Central America" en *Urbanization in the Americas from Its Beginnings to the Present*, coordinado por Richard P. Schaedel, Jorge E. Hardoy and Nora Scott, 471-90. The Hague, Mouton Publishers, 1978.

Morelet, Arturo. *Viaje a América Central (Yucatán y Guatemala)*. Ciudad de Guatemala: Academia de Geografía e Historia, 1990. Edición originaria en francés, Paris 1857.

Palm, Erwin Walter. "Los orígenes del urbanismo imperial en América" en *El Nuevo mundo, arte y arquitectura colonial I*. 67-88. Santo Domingo: Ediciones Cielonaranja, 2013.

Paz, Octavio. "El águila, el jaguar y la virgen. Introducción a la historia del arte de México" en *Los privilegios de la vista II. Arte de México*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica, 1994. 21-70.

Pérez Valenzuela, Pedro. *La Nueva Guatemala de la Asunción*. Ciudad de Guatemala: Editorial José de Pineda Ibarra, 1964.

Pinto Soria, Julio. "Guatemala de la Asunción, una semblanza histórica", en *Ciudad de Guatemala, dos estudios sobre su evolución urbana 1524-1950*. Ciudad de Guatemala: CEUR USAC, 1990. 48-80.

Plazaola Artola, Juan. Arte e Iglesia: veinte siglos de arquitectura y pintura cristiana. Donostia-San Sebastián: Editorial Nerea, 2001.

Polo Sifontes, Francis. La Ciudad de Guatemala en 1870, a través de dos pinturas de Augusto de Succa. Ciudad de Guatemala: Ediciones de la Dirección General de Antropología e Historia, 1981.

Segreda Sagot, Gilda y Jorge Arriaga. El proceso histórico en la formación urbana guatemalteca 1773-1944. Ciudad de Guatemala: CEUR USAC, 1983.

Taracena Flores, Arturo. La Nueva Guatemala, antes y después de los terremotos de 1917-1918. Ciudad de Guatemala: Cementos Progreso, 2019. Segunda edición ampliada.

Terán, Fernando de. La Ciudad Hispanoamericana, El Sueño de un Orden. Madrid: CEHOPU, 1989.

Terán, Fernando de. "La plaza mayor de la ciudad hispanoamericana: transferencia cultural y lógica formal", en La plaza en España e Iberoamérica, el escenario de la ciudad, Coordinado por Isabel Tuda y Eva Corrales, 87-97. Madrid: Ayuntamiento de Madrid, 1998.

Urruela de Quezada, Ana María. La Nueva Guatemala de la Asunción 230 años de historia. Ciudad de Guatemala: Municipalidad de Guatemala, 2006.

Zilberman de Luján, María Cristina. Aspectos socioeconómicos del traslado de la ciudad de Guatemala (1773-1783). Ciudad de Guatemala: Academia de Geografía e Historia de Guatemala, 1987.

Modelo de carta de autorización para publicar artículos en la revista AVANCE.

Con fundamento en lo dispuesto en la Ley de Derecho de Autor y Derechos Conexos de Guatemala, la Revista AVANCE de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala, solicita la autorización en caso de ser aprobado el artículo de su autoría, para que en forma exclusiva, se reproduzca, publique, edite, fije, comunique y transmita públicamente en cualquier forma o medio impreso o electrónico inclusive internet.

Asimismo, debe garantizar que el artículo:

- No ha sido publicado antes por ningún medio, ni está pendiente de valoración para su publicación en ningún otro medio, en ningún formato, que es un trabajo original.
- No contiene planteamiento ilícito alguno y no infringe ningún derecho de otros.
- Contiene imágenes de autoría propia y/o tengo los derechos del autor para difundir imágenes utilizadas.

Asumiendo total responsabilidad de todos los extremos y opiniones contenidos en el trabajo remitido.

En virtud de lo anterior, manifestar que no se reserva ningún derecho en contra de REVISTA AVANCE, la Facultad de Arquitectura y la Universidad de San Carlos.

Dirección de Investigación

Normas para la presentación de artículos en la Revista Avance de la Facultad de Arquitectura, USAC

Todo trabajo que se desee publicar debe ser inédito. El mismo deberá ser remitido a la Dirección de Investigación de la Facultad de Arquitectura, USAC, quien a su vez lo trasladará al Consejo Editorial de la Revista, el cual decidirá su aceptación en función del arbitraje realizado por especialistas del área.

Es responsabilidad del autor obtener permiso para utilizar el material que ya haya aparecido en otra publicación.

Si el autor no presenta artículos científicos debe indicar el tipo de publicación a presentar debajo del título en letra Times New Roman tamaño 10.

Los autores deberán suministrar sus artículos en formato digital y una copia impresa en hojas tamaño carta, todo en formato WORD. El ancho de todos los márgenes será de 2.5 cm.

El formato del título principal será en letra Times New Roman, tamaño 14, en negrita, centrado. Debajo del título en español, colocar título en inglés, centrado en letra Times New Roman, tamaño 12.

Se deberá incluir el autor o autores en letra Times New Roman tamaño 10 y negrita en una línea, después del título alineado a la izquierda de la hoja. En la siguiente línea se indicará la institución donde trabaja ó filiación institucional, así como el correo electrónico del autor principal.

Se debe incluir una síntesis curricular del autor y/o autores no mayor de 5 líneas cada uno, como nota al pie. (Haciendo el llamado a partir del nombre del autor, sin que ésta tenga numeración. Utilizar otro símbolo como * en letra Times New Roman No.8)

Cada artículo deberá iniciar con un resumen en español e inglés, deberán estar centrados en negrilla y escrito en letra Times New Roman tamaño 11. En el que destaque la importancia, objetivo, método, aportaciones y principales conclusiones del escrito. La extensión máxima del resumen es de 200 palabras.

El artículo debe incluir de 3 a 5 palabras clave, las cuales deben expresar las ideas principales que se encontraran en el artículo (en español y en inglés).

El artículo debe ser enviado en formato WORD con todos los márgenes de 2.5 cm. El texto escrito en Times New Roman tamaño 10 con interlineado 1.5 a una columna.

El tamaño del artículo será no menor de cinco cuartillas y un máximo de 15, incluyendo figuras y tablas. (cuartilla: equivale a una hoja tamaño carta con 25 a 28 renglones).

La introducción debe presentar la problemática, contextualización y antecedentes del tema a tratar; objetivos del artículo, donde se describa por qué se hizo el estudio, justificándolo con sus propias razones; pregunta de investigación y/o hipótesis (si aplica), ampliando o describiendo el método utilizado.

En el desarrollo, se presentan los resultados encontrados, la información debidamente fundamentada, con rigor científico, se realiza la discusión, análisis y reflexión de la información. Se expone si se responde o no a la pregunta de investigación (si aplica).

Las conclusiones, deben ser enfocadas en los logros alcanzados en el estudio realizado, estar basadas en las reflexiones formadas en el desarrollo del escrito y reflejan el pensamiento crítico del autor, exponiendo las contribuciones más importantes.

Se debe evitar y controlar la autocita, no se permite ninguna en los apartados de resultados y conclusiones, es posible incluirlas en la discusión, hasta un máximo de dos citas al trabajo del autor. Se sugiere apoyarse en artículos de revistas indexadas, tales como las revistas de la DIGI, las incluidas en el Journal Citation Reports -JCR-, Scopus, ERIH, Redalyc, ARLA, entre otras bases de datos en manera de ampliar el panorama del trabajo a nivel internacional.

Los artículos podrán ser revisados en su integridad académica por medio de software para revisión de coincidencias.

Figuras: Cada escrito puede contener de 3 a 5 figuras. Éstas deben ser propias o tener los derechos de autor. Incluir su epígrafe correspondiente, enumeradas en Times New Roman 10, centrado en la parte inferior izquierda de la misma. Además, debe incluir el autor del trabajo, descripción o título de la obra, créditos fotográficos (en su caso) o derechos de autor. Sus dimensiones mínimas deben ser: 95 pixeles de ancho x 145 pixeles de largo; con la mejor resolución posible (se recomienda 300 pixeles/pulgada). En formato: Tiff, Png o JGP, las cuales deben ser enviadas por aparte en el momento que el artículo haya sido aceptado “sin modificaciones” para su publicación. Si las figuras son enviadas en vectores deberá incluir el archivo original editable.

Tablas: Deben aparecer con su epígrafe correspondiente, enumeradas (diferentes a las de las figuras) en Times New Roman 10, en la parte superior izquierda de la misma. Incluir fuente y notas en la parte baja de la tabla. Las tablas o datos estadísticos deben enviarse en archivo editable.

Para las citas y referencias bibliográficas se deberá utilizar las normas del estilo Chicago Deusto edición adaptada al español, las referencias serán exclusivamente de las obras citadas dentro del artículo.

El autor deberá presentar junto al artículo una carta de cesión de derechos de autor y compromiso en la que se especifica que el artículo no ha sido ni será publicado en otras revistas de interés, la cual debe enviar junto al escrito.

Lo no previsto en estas pautas será decidido por el Consejo Editorial de la Revista Avance.

Código de ética y publicación de Revista Avance de la Facultad de Arquitectura -USAC-

La revista Avance promueve que los involucrados en cualquier parte del proceso editorial (autores, equipo de la revista, pares evaluadores, colaboradores internos y externos, cumplen con las normas éticas durante todo el proceso de publicación, para lo cual se describe el código de ética que la revista promueve.

Las normas que rigen la revista Avance en las diferentes publicaciones se basan en 04 pilares fundamentales: Integridad, transparencia, confidencialidad y respeto por la propiedad intelectual, que son aplicados a los autores, revisores, editores y el personal que conforma la revista.

Integridad:

Originalidad: Los trabajos enviados deben ser originales, inéditos y de autoría exclusiva.

Plagio: Se debe evitar el plagio en todas sus formas, incluyendo la presentación de trabajos de otros sin la debida atribución. Los trabajos son revisados con software (Turnitin) de detección de plagio el cual no debe superar el 20% de coincidencias.

Falsificación de Datos: No se debe manipular ni falsificar datos.

Publicaciones Duplicadas: No se debe publicar el mismo trabajo en más de una revista.

Financiación: Se debe declarar cualquier financiación de proyectos o agencias que haya contribuido al estudio.

Acreditación: Los autores deben acreditar correctamente a todas las personas y organizaciones que hayan contribuido al trabajo.

Transparencia:

Proceso de Revisión por Pares: La revista debe mantener la confidencialidad del proceso de revisión por pares, garantizando el doble ciego (los autores no conocen a los revisores, y viceversa).

Confidencialidad de los Documentos: Los documentos no deben ser compartidos con terceros sin la autorización de los editores.

Transparencia en la Publicación: La revista debe ser transparente en sus políticas editoriales, procesos de revisión y decisiones de publicación.

Respeto:

Respeto por la Propiedad Intelectual: Se debe respetar la propiedad intelectual de los autores, revisores y editores para evitar cualquier tipo de conflicto.

Respeto por las Fuentes: Se debe respetar la decisión de las fuentes de mantener su anonimato.

Responsabilidad Social: Se debe ser responsable con la información y las conclusiones realizadas en los trabajos presentados.

Roles y Responsabilidades:

Autores: Los autores son responsables de la integridad, originalidad y precisión de su trabajo.

Revisores: Los revisores son responsables de evaluar de forma objetiva y rigurosa el trabajo, y de informar de cualquier posible conflicto de intereses.

Editores: Los editores son responsables de garantizar la integridad del proceso de revisión y de tomar decisiones de publicación basadas en la calidad del trabajo.

Infringimiento del Código: Se deben establecer sanciones para los casos en que se infrinja el código de ética, como la retractación de publicaciones o la exclusión del proceso de revisión.

