



**TECNOLOGÍA**  
*en marcha*

Revista trimestral  
Diciembre 2020  
Volumen 33  
ISSN-E 2215-3241

Número especial  
Investigación y Docencia  
Escuela de Arquitectura  
y Urbanismo  
Tecnológico de Costa Rica



**TEC** | Tecnológico  
de Costa Rica

Publicación y directorio en catálogos

latindex

Dialnet  
DOAJ



## Comisión Editorial

Ana Ruth Vilchez Rodríguez. Directora.  
Instituto Tecnológico de Costa Rica

Juan Antonio Aguilar Garib  
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica  
Universidad Autónoma de Nuevo León.  
México

Carlos Andrés Arredondo Orozco  
Facultad de Ingenierías  
Universidad de Medellín. Colombia

Lars Köhler  
Experimenteller Botanischer Garten  
Georg-August-Universität Göttingen.  
Alemania

Jorge Solano Jiménez  
Instituto Costarricense del Cemento  
y del Concreto

## Edición técnica

Alexa Ramírez Vega

## Revisión filológica

Esperanza Buitrago Poveda

## Diseño gráfico

Felipe Abarca Fedullo

## Diagramación

Asesoría en ediciones gráficas

## Diseño de cubierta

Felipe Abarca Fedullo

## Datos de catalogación en publicación

Tecnología en Marcha / Editorial Tecnológica  
de Costa Rica. - Vol. 33, especial. Diciembre  
(2020) –Cartago: la Editorial, 2020 –  
Trimestral  
ISSN-E 2215-3241

1. Ciencia y Tecnología –  
Publicaciones periódicas CDD:600



**TEC** | Tecnológico  
de Costa Rica

Apdo 159-7050 Cartago, Costa Rica  
Tel.: (506) 2550-2297, 2550-2618

Correo electrónico: [editorial@itcr.ac.cr](mailto:editorial@itcr.ac.cr)

Web: [editorial.tec.ac.cr](http://editorial.tec.ac.cr)

[http://revistas.tec.ac.cr/tec\\_marcha](http://revistas.tec.ac.cr/tec_marcha)



Editorial Tecnológica  
de Costa Rica

**TEC** | Tecnológico  
de Costa Rica

La Editorial Tecnológica de Costa Rica es una dependencia especializada del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Desde su creación, en 1978, se ha dedicado a la edición y publicación de obras en ciencia y tecnología. Las obras que se han editado abarcan distintos ámbitos respondiendo a la orientación general de la Institución.

Hasta el momento se han editado obras que abarcan distintos campos del conocimiento científico-tecnológico y han constituido aportes para los diferentes sectores de la comunidad nacional e internacional.

La principal motivación de la Editorial es recoger y difundir los conocimientos relevantes en ciencia y tecnología, llevándolos a los sectores de la comunidad que los requieren.

La revista *Tecnología en Marcha* es publicada por la Editorial Tecnológica de Costa Rica, con periodicidad trimestral. Su principal temática es la difusión de resultados de investigación en áreas de Ingeniería. El contenido de la revista está dirigido a investigadores, especialistas, docentes y estudiantes universitarios de todo el mundo.

## Publicación y directorio en catálogos





Revista trimestral

Escuela de Arquitectura y  
Urbanismo, Diciembre 2020

Edición especial

ISSN 0379-3982 / ISSN-E 2215-3241

# **TECNOLOGÍA** *en marcha*

## Contenido

### Presentación

*Ileana Hernández Salazar, Mauricio Guevara Murillo, Jose Pablo Bulgarelli Bolaños*.....3

### Veinte años de aniversario de la Escuela de Arquitectura y Urbanismo

*Jeannette Alvarado Retana*.....6

Study and planning of the optimal environmental conditions in the constructive practice of a typical office space, to be located in the tropics of Costa Rica, promoting the use of daylight

Estudio y planeamiento de las condiciones medioambientales óptimas en la práctica constructiva de un espacio de oficina tipo, a ubicarse en el trópico de Costa Rica potencializando el uso de la luz natural

*Andrea Ávila-Zamora*.....8

Effect of light distribution in a scale model due to different light shelves

Efecto de la distribución de la luz en una maqueta debido a diferentes bandejas de luz

*Andrea Ávila-Zamora, Natalia Murillo-Quirós*.....17

Propuesta de clasificación tipológica de obras arquitectónicas del caribe costarricense en la ciudad de Limón, construidas a principios del siglo XX

Proposal for typological classification of architectural buildings of the Costa Rican Caribbean in the city of Limón, built in the early 20th century

*Ariel Valerín-Viquez, Dominique Chang-Albizurez*.....26

Estado de la investigación sobre la patología de la construcción: un análisis bibliométrico

Status of research on building pathology: a bibliometric analysis

*David Porras-Alfaro, Kenia García-Baltodano, Dawa Méndez-Álvarez*.....37

Los centros históricos y la planificación urbana en Costa Rica

Historical center and urban planning in Costa Rica

*Dominique Chang-Albizurez, Rosa Elena Malavassi-Aguilar*.....49

Análisis de flujo de ventilación mediante software de CFD como mecanismo de conservación del patrimonio, aplicado a la Antigua Capitanía de Puerto Limón Ventilation flow analysis using CFD software as a heritage conservation tool, applied to the “Antigua Capitanía” of Port Limon <i>Enmanuel Salazar-Ceciliano</i> .....	61
Repentinias como estrategia didáctica para el desarrollo de la creatividad en los procesos iniciales de la enseñanza de arquitectura Sudden workshops as a didactic strategy for the development of creativity in the initial processes of teaching architecture <i>Enmanuel Salazar-Ceciliano, Jeannette Alvarado-Retana, Dominique Chang-Albizurez</i> .....	71
La conservación programada y su aplicación en la arquitectura: un análisis bibliométrico Preventive conservation and its application on Architecture: a Bibliometric Analysis <i>Enmanuel Salazar-Ceciliano, Rosa Elena Malavassi-Aguilar</i> .....	79
Evolución de la producción científica sobre los conceptos HBIM y modelado 3D en la gestión de obras patrimoniales Scientific production evolution of HBIM concepts and 3D modeling in the management of heritage interventions <i>Jose Pablo Bulgarelli-Bolaños, Ileana Hernández-Salazar, Francisco Pinto-Puerto</i> .....	89
Retos del diseño arquitectónico, urbano y paisajista dentro de los nuevos modelos económicos Challenges of architectural, urban and landscape design within the new economic models <i>Laura Chaverri-Flores</i> .....	102
Forma topológica y geométrica, función proyectiva y operativa, y la estructura de los objetos Topological and geometric form, projective and operational function, and the structure of objects <i>Mauricio Ordóñez-Chacón</i> .....	118
Utilitas, firmitas... sumptus et significatio Utilidad, estabilidad... costo y significado Utility, stability ... cost and meaning <i>Mauricio Ordóñez-Chacón</i> .....	131
La experiencia de habitar el interior doméstico como forma de repensar la torre de apartamentos The experience of inhabiting the domestic interior as a way to rethink the apartment building <i>Mauricio Otárola-Mora, Esteban Castro-Chacón</i> .....	143
El análisis urbano como una estrategia para la identificación de trayectos y conjuntos con valor patrimonial en la ciudad de San José, Costa Rica Urban analysis as a strategy for the identification of routes and groups with heritage value in the city of San José, Costa Rica <i>Rosa Elena Malavassi-Aguilar</i> .....	154
El modelo iterativo e incremental para el desarrollo de la aplicación de realidad aumentada Amón_RA The iterative and incremental model for the development of augmented reality application Amón_RA <i>Ericka Solano-Fernández, David Porrás-Alfaro</i> .....	165

# Presentación

La Escuela de Arquitectura y Urbanismo (EAU) del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), se localiza en el barrio Amón y es una de las escuelas que conforman el Campus Tecnológico Local San José. A partir del año 2000, abre sus puertas para la formación de nuevos profesionales, gracias a la visión y esfuerzo de un grupo de docentes que soñaron con gestar la única Escuela de Arquitectura con énfasis en Urbanismo, en el país. Desde el 2013 y hasta la fecha, se han desarrollado 16 diversos proyectos de investigación y extensión en el seno de la Escuela cumpliendo, de esta manera, con los tres pilares de la educación superior: la docencia, la investigación y la extensión. El crecimiento ha sido paulatino, pero de manera continua, apoyándose en los procesos de acreditación de la Carrera de Arquitectura, aportando a la docencia y a la sociedad costarricense.

En febrero 2018, gracias a un proceso participativo liderado por la Comisión de Investigación y Extensión de la Escuela, en conjunto con las y los miembros del Consejo de Escuela, se aprobaron las líneas de investigación y extensión vigentes para el periodo 2018 - 2022; las cuales están vinculadas a los Ejes de Conocimiento Estratégico y Transversal del TEC. Lo anterior, con el fin de que sean una guía para la formulación de proyectos de investigación y extensión acordes con el contexto social, económico y ambiental de nuestro país. Para la formulación de dichas líneas se consideró que:

1. El ámbito de acción del y la profesional en arquitectura en los procesos de investigación y extensión se encuentra en tres dimensiones: la arquitectónica, la urbana y la territorial.
2. Asimismo, estos procesos requieren abordarse desde la disciplina y desde una visión multidisciplinaria; especialmente, conforme aumenta la escala de intervención.
3. El fin principal del quehacer del y la profesional en arquitectura es la creación de las condiciones necesarias para satisfacer las necesidades humanas en su entorno desde el espacio arquitectónico, urbano y territorial, siendo fundamental la consideración de la cultura, el lugar y el momento histórico en cuestión.
4. La investigación y extensión en la Escuela de Arquitectura y Urbanismo, conforme al marco de referencia institucional y nacional deberá vincular sus proyectos desde la conexión con la tecnología, la sociedad y la sostenibilidad.

Del proceso participativo para su formulación, se derivaron cuatro líneas de investigación y extensión, las cuales se describen a continuación (ver figura 1):

*Línea 1. Ciudad, territorio y paisaje:* aborda el análisis, la planificación, la gestión y el desarrollo del espacio habitable. Desde los modelos de crecimiento urbano, las implicaciones territoriales, económicas, paisajísticas e identitarias; así como los principales agentes participantes busca favorecer las dinámicas y el aprovechamiento de recursos desde una visión conjunta de elementos naturales y culturales.

*Línea 2. Arquitectura:* como fenómeno inherente al ser humano, la arquitectura está presente en todas las culturas. Esta línea dirige su desarrollo específicamente al espacio arquitectónico y a partir de ahí, a los diferentes procesos que confluyen en su desarrollo y materialización, siendo posible la conexión con diversas temáticas que influyen en la solución de las necesidades arquitectónicas.

*Línea 3. Construcción, eficiencia de recursos y sostenibilidad:* desde la producción al servicio del objeto arquitectónico y urbano, se busca la implantación del paradigma de la sostenibilidad

en todo el ciclo de vida de los proyectos, para aplicar soluciones innovadoras y creativas que aporten prosperidad, no solo a las generaciones presentes, sino también a las futuras, con visión económica, social y ambiental.



Figura 1. Líneas de investigación y extensión EAU.

*Línea 4. Patrimonio e identidad:* aborda la valoración que como sociedad se realiza de los recursos naturales y culturales. Analiza los elementos heredados del pasado y procura mantener los valores históricos, estéticos, económicos, sociales y simbólicos de los diversos bienes.

Además, como parte del proceso de vinculación de las líneas de investigación y extensión de la Escuela de Arquitectura y Urbanismo a los planes de estudio de grado y posgrado, se establecieron como Ejes Transversales a estas líneas: *Diseño, Tecnología, Teoría e Historia y Expresión.*

Esta estructura y claridad conceptual, así como la incorporación de nuevos académicos, permitió a la Escuela incrementar su actividad investigadora y extensionista ante la Vicerrectoría de Investigación y Extensión, pasando de uno o dos proyectos activos al año, a contar con hasta seis proyectos en ejecución durante el último trienio; esta evolución se puede visualizar en la línea de tiempo de la figura 2.

En este número especial el lector podrá encontrar una diversidad de artículos con temáticas vinculadas a las líneas de investigación y extensión de la EAU. Algunas reseñas sobre los

procesos pedagógicos implementados en el ejercicio de la docencia, así como avances y resultados vinculados a los trabajos investigativos de maestrías y doctorados del cuerpo docente. Adicionalmente se cuenta con la participación de un estudiante de grado, que evidencia el vínculo de su trabajo con los proyectos de investigación de la escuela.

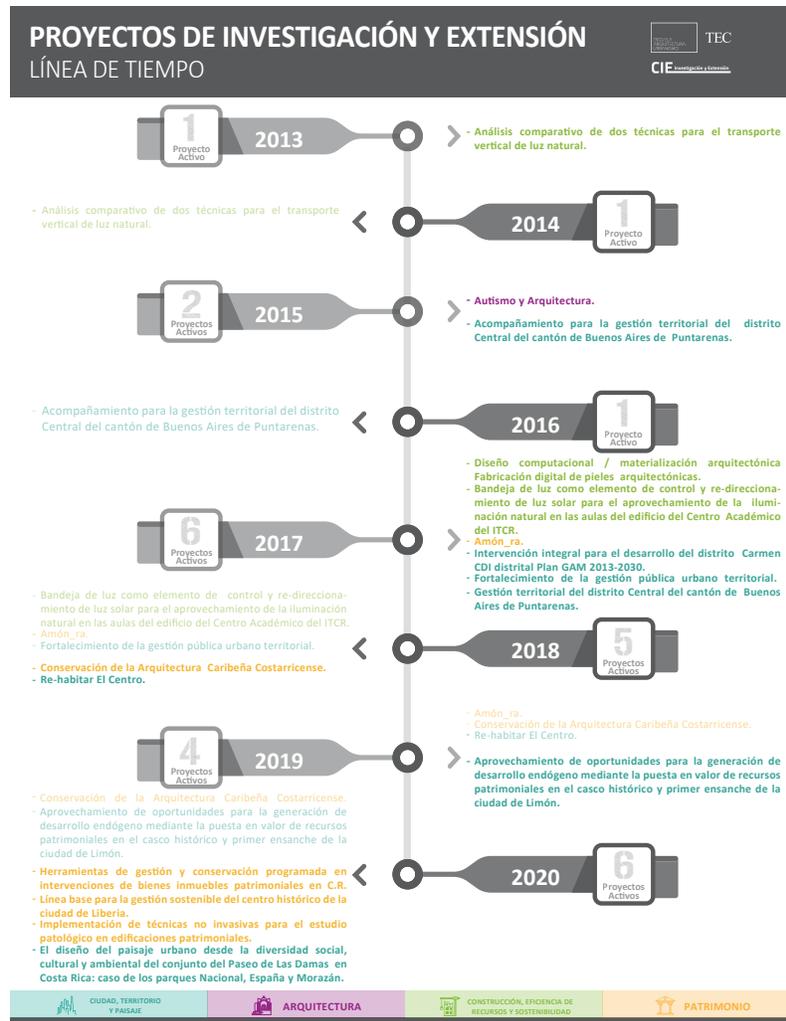


Figura 2. Línea de tiempo de Proyectos de Investigación y extensión.

Finalmente, se incluyen artículos con avances y resultados de algunos de los proyectos de investigación y extensión de la EAU. Varias de estas colaboraciones en coautoría con investigadores de otras escuelas del TEC y de la Universidad de Sevilla.

Como Comisión de Investigación y Extensión nos sentimos orgullosos de esta Edición Especial que sin duda marca un hito en nuestra Escuela, donde se logra la difusión del arduo trabajo que día a día realizan nuestros académicos y al mismo tiempo, pretende continuar incentivando a todos los docentes a desarrollarse en cada uno de los tres pilares fundamentales de nuestra institución: la docencia, la investigación y la extensión.

MSc. Arq. Ileana Hernández Salazar  
 MDU. Arq. Mauricio Guevara Murillo  
 MGP. Arq. Jose Pablo Bulgarelli Bolaños  
 Comisión de Investigación y Extensión  
 Escuela de Arquitectura y Urbanismo

# Veinte años de aniversario de la Escuela de Arquitectura y Urbanismo

La Escuela de Arquitectura y Urbanismo (EAU) celebra en este año su 20 aniversario. La EAU. Fue gestada por el Arq. Raúl Blanco Jiménez (+), el Arq. Mario Azofeifa Camacho (+), la Arq. Marlene Ilima Mora, el Arq. Marcos Valverde Rojas y el Arq. Jorge Sancho Víquez.

En el año 2000 la EAU, inició funciones con un total de 50 estudiantes y como primeros docentes al Arq. Gilberto Palomar Avilés, el Arq. Mario Cordero Palomo, el Ing. Gerardo Ramírez González y el Arq. Minor Blanco Villalobos.

Sus antecedentes se encuentran en la carrera Dibujo de Arquitectura e Ingeniería (DAI) y en la Escuela Técnica Nacional, la cual fue donada al ITCR en 1977, mismo año en que entra a funcionar el Centro Académico San José (CASJ), actualmente, Campus Tecnológico Local, San José (CTLSJ).

En estas dos décadas han fungido como directores el Arq. Jorge Sancho Víquez, 2000-2002, la Arq. Marlene Ilima Mora, 2002-2004, el Arq. Marcos Valverde Rojas, 2004-2012, el Ing. Gerardo Ramírez González, 2012-2016, Arq. Francisco Castillo Camacho, 2016-2019 y mi persona a partir de esa fecha.

Desde el año 2000, y congruente con la visión y misión institucional, el desarrollo de la carrera y su aporte a la disciplina, se realiza desde una perspectiva en donde el estudiante egresa con habilidades y competencias generales y particulares, de conformidad, con las tendencias de la práctica y ejercicio profesional en el país y al desarrollo de la arquitectura en lo conceptual, mercado y regulaciones.

A lo largo de estos años la EAU ha formado 279 arquitectos y arquitectas que contribuyen a la sociedad y el medio ambiente, de conformidad con las necesidades y cambios actuales de los procesos sociales, formativos y gremiales que la profesión requiere para un apropiado y cambiante ejercicio laboral en el entorno local y global.

La Carrera está acreditada por el Sistema Nacional de Acreditación de la Educación Superior, SINAES, desde el año 2014. Actualmente, se encuentra inmersa en una etapa de madurez y compromiso con la excelencia, calidad y mejora constante, por lo que enfoca sus esfuerzos hacia la re acreditación. Como parte de la mejora constante, se realiza la evaluación y actualización para mantener un currículo pertinente y apropiado para la carrera y relativo al conocimiento de procesos cognitivos del aprendizaje en el contexto de la educación superior del país.

Como escuela de institución pública, tiene una fuerte vocación de servicio a la sociedad, de vinculación con instituciones, comprometida con la arquitectura, el hábitat y visualización de la ciudad mediante la academia y proyectos de investigación y de extensión universitaria. Los proyectos, en su mayoría involucran otras disciplinas y se fundamentan en cuatro líneas de investigación que abordan el análisis, la planificación, la gestión y el desarrollo del espacio habitable; la arquitectura como fenómeno inherente al ser humano; la construcción, eficiencia de recursos y sostenibilidad desde la producción al servicio del objeto arquitectónico y urbano y el patrimonio e identidad que aborda la valoración que como sociedad se realiza de los recursos naturales y culturales.

Cumplir 20 años al servicio de la academia y la sociedad nos llena de orgullo. Nos reta a mantener un proceso de actualización constante académica y del oficio, para la construcción del conocimiento y del país, teniendo presente, la innovación tecnológica en la arquitectura, la técnica y construcción, así como, en el planteamiento y visión de propuestas para el desarrollo del territorio y ciudades como tejidos vivos de conformidad con las necesidades de la geografía humana y la realidad local y planetaria.

**Dra. Arq. Jeannette Alvarado Retana**  
Directora Escuela de Arquitectura y Urbanismo

# Study and planning of the optimal environmental conditions in the constructive practice of a typical office space, to be located in the tropics of Costa Rica, promoting the use of daylight

Estudio y planeamiento de las condiciones medioambientales óptimas en la práctica constructiva de un espacio de oficina tipo, a ubicarse en el trópico de Costa Rica potencializando el uso de la luz natural

Andrea Ávila-Zamora<sup>1</sup>

---

Ávila-Zamora, A. Study and planning of the optimal environmental conditions in the constructive practice of a typical office space, to be located in the tropics of Costa Rica, promoting the use of daylight. *Tecnología en Marcha*. Edición especial. Escuela de Arquitectura y Urbanismo, Diciembre 2020. Pág 8-16.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v33i8.5504>

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Arquitectura y Urbanismo. Costa Rica.  
Correo electrónico: aavila@tec.ac.cr.  
 <https://orcid.org/0000-0003-3542-6426>



## Keywords

Sustainability; energy saving; workplaces; daylighting; materials; reuse; Costa Rica.

## Abstract

Research for recommendations and constructive solutions applied to office spaces that represent the least impact on the natural environment and that promote and encourage for the use of daylight as the primary source of lighting.

Through the descriptive methodology, the most relevant issues on sustainability in the construction of office spaces were raised from a systemic and interdisciplinary approach.

The main energy consumption patterns of the offices in Costa Rica were examined to support the importance of energy saving and variables that impact sustainability such as construction materials, recycling practices and reuse of materials and the search for passive strategies were analyzed to the use of daylight.

Hypothesis were formulated in the search for more energy-efficient and sustainable workspaces, which through the technique of data collection and bibliographic search, came to pose the most relevant on the subject of study.

This research concluded on the need to search for a model system of strategies that would allow the use of all light energy in the internal space of the offices in Costa Rica, to generate more comfortable and visually pleasing environments, encouraging energy savings and eliminating in some periods of the day, the dependence on the use of artificial lighting; likewise, it was concerned with the search for less polluting construction materials and the generation of passive strategies for these spaces.

## Palabras clave

Sostenibilidad medioambiental; ahorro energético; espacios de trabajo; luz natural; materiales; reutilización; Costa Rica.

## Resumen

Búsqueda de recomendaciones y soluciones constructivas aplicadas a espacios de oficinas que representen el menor impacto al medio ambiente natural y que promuevan e incentiven el uso de la luz natural como fuente primaria de iluminación.

Por medio de la metodología descriptiva, se planteó lo más relevante sobre el tema de la sostenibilidad en la construcción de espacios de oficinas desde un enfoque sistémico e interdisciplinario.

Se examinaron los principales patrones de consumo energético de las oficinas en Costa Rica, para sustentar la importancia del ahorro energético y se analizaron variables que impactan la sostenibilidad como los materiales de construcción, prácticas de reciclaje y reutilización de materiales y la búsqueda de estrategias pasivas entorno al aprovechamiento de la luz natural.

Se formularon hipótesis en la búsqueda de espacios de trabajo más eficientes energéticamente y sustentables, que por medio de la técnica de recolección de datos y búsqueda bibliográfica, se llegó a plantear lo más relevante sobre el tema de estudio.

Esta investigación concluyó sobre la necesidad de buscar un modelo de sistema de estrategias, que permitieran el aprovechamiento de toda la energía luminosa en el espacio interno de las oficinas en Costa Rica, para generar ambientes más confortables y visualmente más agradables, incentivando el ahorro energético y eliminando en algunos períodos del día, la dependencia al uso de la iluminación artificial; así mismo se preocupó por la búsqueda de materiales de construcción menos contaminantes y la generación de estrategias pasivas para estos espacios.

## Introduction

This research was based on the study and a selection of strategies for bioclimatic design in buildings located in the humid tropical climate of San José, Costa Rica.

Costa Rica, is a country belonging to the Central American Isthmus, located 10° North of the terrestrial Ecuador. Its climate is tropical and due to its geographical characteristics, it is very closely related to the concept of spring, with 6 months of rainy season and six months of dry season.

“Following the energy crisis of the 1970s, European countries were the pioneers in the development of plans and programs to guarantee the rational use of energy in different sectors and the evident fluctuations in climate caused by gas emissions product of the greenhouse effect, of the nineties; architects and designers have been forced to consider new constructive solutions” [4].

“Climate change and global warming of the atmosphere represent a disadvantageous situation from the point of view of energy consumption in buildings, as artificial cooling systems have to be raised to face high external temperatures. This way, the implementation of passive solutions at the level of natural cooling and natural lighting of buildings, among others, contribute globally, to reduce pollution on a large scale and to reduce energy costs for equipment operation and maintenance.

“Today, environmental problems and the ever-latent shortage of possible energy resources make the use of natural energy very important. In this context, official architecture tends to rely more and more on the use of artificial systems, sophisticated today, with computerized controls that fail to hide the basic contradiction of its design, which makes them disproportionate consumers of energy, under the pretentious simplicity of their austere skin” [13].

“Passive strategies contribute to the increasing search for a fair and equitable development model and these propose a bioclimatic architecture, with greater productivity and user satisfaction by creating much warmer, more illuminated, humanized and healthier work environments from the point of view of energy saving; which allows visualizing the passage of time during the working day. ” [1].

The construction and development of buildings directly impacts the lives of people and the health of the planet in general. “In countries like the United States, energy consumption in buildings represents a third of the total energy used, two thirds are used in electricity, one eighth in water resources, and an invaluable ecological impact of the transformation of land for construction.

“In the particular case of Costa Rica, the main energy source used at the national level is hydraulic energy and other alternative sources which are exploited, but with less use, such as wind, biomass or solar energy through photovoltaic panels, due to the high costs of operation and maintenance of the equipment with which they operate” [3]. On the contrary, it exists also a clear dependence of Costa Ricans on the use of hydrocarbons such as oil, which represents the most widely used in the country, such as transportation fuel, which is highly polluting for air quality and health of the population.

The construction materials require processes for each's extraction, the fabrication of each material and commissioning in projects, which for the most part are usually highly harmful to the environment in which they are developed.

There is no awareness from the user for the management of waste in a building, nor in the personnel who handle it during the construction process. "Waste from the construction sector affects an increasingly urgent problem: a considerable proportion of the waste that affects landfills is affected by construction and demolition of buildings. This waste can be reduced through better management of the works, the use of a greater number of recycled materials, and the conservation and re-use of old buildings "[2].

During the planification stage, the stage in which it is decided where to build a building, developers put aside the importance that exists in relation to perpetuating the biodiversity existing on the site or restoring impacted land when carrying out a project, because it doesn't exist, to date, any type of state benefit or incentive, at the level of Costa Rican regulations or standards that promote its conservation or restitution.

There is in Costa Rica the legal framework for the regulation of the rational use of energy, in which it's decreed in the Law 7447 of October 25, 1994, published in Gazette No. 236 of December 13, 1994; to aim to establish the legal framework that supports energy regulation in the country. Therefore, the law obliges the public and private sectors to carry out more responsible actions in energy matters at a general level.

However, it is considered that there are still large gaps in the laws that protect the environment, especially in the responsible management of the construction process in its stages of pre-selection of the land, pre-design, design, commissioning, maintenance and operation of a architectural project, which responds mainly to the Costa Rican context and specifically to the characteristics of the tropical climate of Costa Rica. The new trends in the design and construction of buildings point to much more flexible and versatile solutions that provide answers to architecture that respects the environment.

"For green buildings to be successful, the benefits of designing them must be known to those purchasing construction services and facilities. Because sustainability addresses the broad range of economic, environmental, and social issues, the benefit of ecological or sustainable design are potentially enormous." [11].

## **Materials and methods (Methodology)**

Through the descriptive methodology, it had been proposed the most relevant topics related to sustainability in the construction of office spaces, which were raised from a systemic and interdisciplinary approach.

The methodology applied in this research is the general theory of systems that allows a scheme with a global vision to make a proposal for the selection of strategies for the architectural design of bioclimatic buildings in the humid tropical climate of San José, Costa Rica.

This holistic methodology allows evaluating user preferences regarding to:

1. Spatial dimensions.
2. Preference between natural light and ventilation or artificial light and ventilation.
3. Feelings of comfort in space.
4. Physical infrastructure requirements.
5. Building prepared for the use of technology.

6. Basic urban infrastructure services (like roads, garbage collection service, sewerage, drinking water, others).
7. Take into account the legal framework and legislation for construction.

To carry out the research, a first stage consisted of researching bibliographic references, documentaries, international standards, national laws and photographs: all this material allowed to determine the state-of-the-art, to propose the general and specific objectives, and to generally conduct the research.

The new trends in the design and construction of buildings point to much more focused on flexible and versatile solutions, where creativity and mobility of users of the building outside and inside the built space are taken into account. For this reason, the systemic approach, as a working methodology, in which all factors contribute, directly or indirectly, to optimization in the conception of the research objective is the most pertinent.

The built environment has a profound impact on our natural environment, economy, health, and productivity. Breakthroughs in building science, technology, and operations are now available to designers, builders, operators, and owners who want to build green and maximize both economic and environmental performance.” [15]

The development model of cities represents, today, the generation of centers for the exchange of knowledge, people, technology, business, others, and at the same time they are also a symbol of pollution, generation of residues and waste. Man’s life today, his life and daily activities, are far from the activities he carried out just a decade ago.

Today’s world is much more demanding, society is transforming day by day, work activities are carried out from remote points, technology has eliminated borders and has facilitated the remote exchange of knowledge, which is increasingly frequent.

Within this new current society scheme, “technological and economic efficiency has almost constantly improved, but ecological sustainability has decreased.” [6]

Vehicle traffic, the emigration of people from the countryside to the city in search of better opportunities, overcrowding in urban centers, loss of public space and green space in cities, as well as the presence of poor infrastructure at the urban level, are environmental problems that require the intervention of all the sectors involved within the city, in the search for solutions, plans, programs, and regulations that seek to restore order, balance, and harmony with nature.

From this perspective, urban environmental management represents the method to carry out the correct understanding, analysis and implementation of proposals that in the medium and long term seek to mitigate environmental problems.

The construction process is just one more activity, which is immersed within the great set of activities that take place in a city, and from which a series of actions emerge that directly affect environmental sustainability, by impacting ecosystems, make use of natural resources, and depend on the ecological awareness of the inhabitants of a locality, which is why the search to reduce the high costs of operation and maintenance of buildings has become the main concern of today.

The use of bioclimatic design strategies, such as the use of natural light and the use of natural ventilation, among others, represent design tools that contribute to reducing energy costs in a building, which represents the beginning of the search for solutions, but in turn denotes a great void in the field.

“Daylighting has become a major topic in energy conscious design. By optimizing the potential of daylight the energy for lighting our buildings can be drastically reduced, especially in buildings used mainly during the day, and use and consequent impact”. [7]

Por lo anterior, se justifica el planteamiento de estrategias bioclimáticas, estudios e investigaciones relacionadas que tengan como objetivo restablecer la relación equilibrada y en armonía con el medio ambiente natural y el respeto a la naturaleza. En los climas cálidos y húmedos, “los invariantes de la arquitectura popular se basan en dos estrategias básicas: protección de la radiación solar y la ventilación” [10].

## Results

In the search for a better quality of life for the entire population of the Planet, and especially in the tropical latitude of Costa Rica, the study area of this research, a compendium of strategies or recommendations for architectural design focused mainly on the following to the planning of cities in an environmentally sustainable way and to the establishment of guidelines that aim to contribute to improving the management of the construction process in Costa Rica:

1. Design and approach of a summary of maps that graphically summarize the main ecological elements of each area of the country, with the aim of generating an informative and guiding tool to normalize the degree of impact admitted on a given area.
2. Regulate with stricter regulations and the implementation of concrete actions, on the impact generated by the earth movements during the construction process, the disposal of solid waste, recycling policies, the points that generate contamination of air, the use and promotion of renewable energies, as well as the recycling and reuse policies for elements.
3. The use of cross ventilation in buildings not only satisfies the comfort requirements of users, but also contributes to the decrease in energy consumption of the property.
4. Design of green, shaded and ventilated public spaces within tropical cities is essential to promote the enjoyment of public space, interaction between people, as well as life in the city.
5. Maximize the use of public transport within and outside the city, as well as strengthen services on the outskirts of the city, with the aim of discouraging the use of individual transport and emigration to the city center, in search of better and more varied services.
6. Strengthen national and internal markets to generate growth within the tropical city that generates less operating costs, which in most cases become costly and polluting for the environment.
7. Conceptualize specific design projects for the tropical climate, given that the climatic conditions are far from those existing in other latitudes, where cool breezes are not enjoyed at dusk, high levels of solar radiation, and where it probably does not rain on average ten months a year, as usually happens in our tropical context.
8. Reinforce the values and customs of tropical latitudes, strengthening the joyful culture, the way of life mostly in the open air, as well as the color of its context.
9. Promote the sowing of medium and small-scale crops, as well as maintaining the green within the city, which contributes to improving air quality, increases flora and fauna, and reduces environmental pollution.
10. Carry out a stricter and more regular control over the CO<sub>2</sub> emissions that are emitted in the different locations of the study area, with the aim of facing air pollution, offsetting it with green and lush vegetation characteristic of the tropical climate, than in the medium term would help reduce the effects of air pollution.

11. Use clear glass in openings with sunscreens, which constitutes a low-cost solution, which, if protected from rain and solar radiation, represents an effective design strategy to maintain comfortable conditions inside the buildings.
12. Use solar control glass in projects where the scale, magnitude or internal function of the project requires it, specifically reflective glass that contributes to reducing internal glare as a result of the high solar radiation typical of tropical areas.
13. Due to the characteristics of the tropical climate, plan for a high-rise, wide and open spaces that guarantee the feeling of openness, freedom that contributes to reinforcing the softness of enjoying a benevolent climate throughout the year.
14. Search for architectural solutions that keep the spaces open but in the shade, that allow visual exchange between the interior and exterior of the spaces.
15. The search for protection of natural habitats, of tropical ecosystems is essential in the training of new professionals who emerge in the work of building Costa Rica of the new millennium, who must be clear about the consequences it brings for well-being or to the detriment of the Planet, the processes and management of the new constructive processes and therefore on the development of the built environment within a natural context, which must be preserved for future generations.

## Conclusions and recommendations

1. The architectural design of buildings located in the tropical climate is a product of the response to the local climate.
2. The design proposal must holistically consider all the parts that comprise it, from the built environment to the natural environment, as well as all those factors or elements that affect the well-being of the users.
3. Temperature and humidity are the main variables that affect thermal comfort in buildings located in the tropical climate of Costa Rica.
4. The urban spaces of tropical cities must be designed focused on the enjoyment of outdoor life, the beautiful landscape and a green and interesting tour of squares and parks within the city.
5. Since sustainability focuses on achieving well-being for the majority of the population, tropical cities must guarantee quality of life for users, surrounded by squares and parks that allow interaction between the inhabitants.
6. Air quality in the tropics is especially important, since it is a variable, which provides great advantages to achieve internal comfort in buildings.
7. The generation of services, the control of the growth of cities as well as their extension, are some other factors that intervene in the sustainability of cities.
8. Bioclimatic architecture has as its primary objective of studying while researching for constructive solutions that guarantee basic conditions of comfort and habitability according to the local climate, promoting the minimum environmental impact and generating a decrease in energy consumption compared to traditional buildings.
9. The most responsible way to specify the construction materials of a building is to know the provenance, extraction methods and manufacturing or processing of them until they are put on site, which implies quantifying the total accumulated energy and therefore, the impacts on the environment in a local and global way.

10. The government of Costa Rica has evaluated the importance of being a competitive, efficient country in a globalized economic context without overlooking the link to sustainability of the environment in which it lives.
11. Costa Rica in particular, exist a lack in the legislative framework, which requires prevention in the management of natural resources during construction processes, coupled with the lack of collective interest, information, leadership, among other things, to make it happen.
12. The use of renewable energies is still in Costa Rica, a very expensive technology and therefore not very accessible for the majority of Costa Ricans.
13. Design elements such as perforated facades, green roofs, the use of piles, the height and orientation of buildings are design tools that have been traditionally used in this type of climate, to decrease the contribution of heat to buildings, where the North-South orientation, to prevent sun exposure towards the most extensive facades, have proven to be the most convenient.
14. The high humidity of the tropical climate makes ventilation one of the most widely used techniques to achieve thermal well-being in the internal space of buildings.
15. The strengthening of state universities in environmental education is recommended in order to strengthen and update the educational plans and programs in force to date, with the aim of training more and better professionals with greater environmental awareness.
16. The College of Architects and Engineers of Costa Rica, in accordance with an inter-institutional commission should encourage and coordinate the actions to be carried out on sustainability in the construction processes carried out in the country.
17. It is important to give continuity and strengthen the efforts made to date by some Costa Rican professionals, who seek to “tropicalize” the well-known environmental impact assessment systems used internationally with the aim of adapting their regulations and guidelines for architectural design. in a more real way to the tropical context of our country.
18. Finally, it is concluded that sustainability as an integral part of construction process, must be concerned with the conservation and protection of the landscape and the immediate context of the building.

## Acknowledgments

This research was made possible thanks to the Government of Costa Rica, in the figure of the Ministry of Science and Technology specifically through CONICIT and its program for young researchers, who are grateful for all their support and collaboration in carrying it out.

## References

- [1] A. Ávila. “Sistema De Iluminación Integrada Para Un Espacio De Oficina Tipo a Ubicarse En El Trópico De Costa Rica.” Doctoral Thesis, Universidad Politécnica de Madrid, 2010.
- [2] V. Brophy and J. Owen Lewis. *A Green Vitruvius. Principles and Practice of Sustainable Architectural Design*. 1st ed. London: James & James (Science Publishers), 1999.
- [3] Comisión Nacional de Conservación de Energía . *Memoria 2000: Comisión Nacional De Conservación De Energía* . San José: Gestión Documentación e Información Gerencia General / ICE, n.d.
- [4] Commission of the European Communities. *Daylighting in Architecture*. Brussels: James & James Ltd., 1993.
- [5] B. W. Edwards and P. Hyett. *Guía básica De La Sostenibilidad*. Barcelona: Gustavo Gili, 2008.
- [6] Equipo Docente. Story. In *Diplomado Gestión Ambiental Urbana: Ecología Urbana - Interfase Rural*, Módulo Xled., 8. Fondo Verde, España: Instituto Latinoamericano de Ciencias, 2010.

- [7] M. Fontoynot. *Daylight Performance of Buildings*. Lyon: James & James (Science Publishers) for the European Commission, 1999.
- [8] M. Fry and J. Drew. *Tropical Architecture in the Dry and Humid Zones*. 2nd ed. Malabar, FL: Robert E. Publishing Company, 1982.
- [9] Gobierno de Costa Rica, Ley de regulación del uso racional de la energía N°7447 § (1994).
- [10] F. González and J. Neila. *Arquitectura Bioclimática: En Un Entorno Sostenible*. Madrid: Munilla-Lería, 2004.
- [11] C. J. Kibert. *Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery*. Hoboken, NJ: Wiley, 2016.
- [12] E. Puppo and G. Puppo. *Acondicionamiento Natural y Arquitectura: Ecología En Arquitectura*. Barcelona: Marcombo Boixareu, 1972.
- [13] R. Serra Florensa and H. Coch Roura. *Arquitectura y Energía Natural*. 1st ed. Barcelona: Alfaomega, 2005.
- [14] B. Stagno and J. Ugarte. *Ciudades Tropicales Sostenibles*: San José: Instituto de Arquitectura Tropical (IAT), 2006.
- [15] U.S. Green Building Council. *Green Building Design and Construction: LEED Reference Guide for Green Building Design and Construction*. 2009th ed. Washington, D.C.: U.S.

# Effect of light distribution in a scale model due to different light shelves

## Efecto de la distribución de la luz en una maqueta debido a diferentes bandejas de luz

Andrea Ávila-Zamora<sup>1</sup>, Natalia Murillo-Quirós<sup>2</sup>

---

Ávila-Zamora, A; Murillo-Quirós, N. Effect of light distribution in a scale model due to different light shelves. *Tecnología en Marcha*. Edición especial. Escuela de Arquitectura y Urbanismo, Diciembre 2020. Pág 17-25.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v33i8.5520>



- 1 Architecture & Urbanism School. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.  
E-mail: aavila@tec.ac.cr.  
 <https://orcid.org/0000-0003-3542-6426>
- 2 Physics Department. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.  
E-mail: nmurillo@tec.ac.cr.  
 <http://orcid.org/0000-0002-6777-1262>

## Keywords

Light-shelf; classroom illumination; scale models; glare; daylight; tropics.

## Abstract

The aim of this experiment is to study the effect of light distribution in scale models of a real classroom due to different light shelves.

The construction of scale models of a classroom of the TEC's Campus Tecnológico Local San José was carried out with taking the color of the ceiling as variable and maintaining its shape. For the cases of study, the performance of light shelves was analyzed to measure distribution of natural lighting coming from the window to the farthest spaces of the classroom, as well as their effectiveness as solar protection.

Three time slots were analyzed, morning, noon and afternoon, during December 2018 to January 2019, taking lighting measurements outside and within the scale model. The analyzed variables can be summarized as: color of the ceiling, shape of the light trays, and color applied to the walls and surfaces of the classroom.

From the results obtained, it is concluded that there are still large gaps in the understanding of how to achieve a uniform distribution of lighting inside a room, avoiding high visual contrasts, this is especially important in a classroom where there must be a priority in the visual comfort of its users. The specific use of flat light shelves showed effective both as a sunscreen element and to redirect light to spaces far away from the window.

## Palabras clave

Bandeja de luz; iluminación de aula; maquetas; deslumbramiento; luz diurna; trópico.

## Resumen

El objetivo de este experimento es estudiar el efecto de la distribución de la luz en modelos a escala de un aula real debido a diferentes bandejas de luz.

La construcción de maquetas de un aula del TEC Campus Tecnológico Local San José se llevó a cabo tomando como variable de control el color del techo y manteniendo su forma. Para los casos de estudio, se analizó el comportamiento de las bandejas de luz para medir la distribución de la luz natural proveniente de la ventana hacia los espacios más alejados de la misma, así como su efectividad como protección solar.

Se analizaron tres franjas horarias, mañana, mediodía y tarde, de diciembre de 2018 a enero de 2019, tomando medidas de iluminación fuera y dentro de la maqueta. Las variables analizadas se pueden resumir en: color del techo, forma de las bandejas de luz y color aplicado a las paredes y superficies del aula.

De los resultados obtenidos se concluye que aún existen grandes lagunas en el entendimiento de cómo lograr una distribución uniforme de la iluminación dentro de una sala, evitando altos contrastes visuales, esto es especialmente importante en un aula donde se debe dar una prioridad en el comodidad visual de sus usuarios. El uso específico de bandejas de luz plana se mostró efectivo tanto como elemento de protección solar como para redirigir la luz a espacios alejados de la ventana.

## Introduction

Costa Rica is located 10 degrees north of the equator, which makes it have warm temperatures all year long (average temperature of 24° C) [1]. As a result, Costa Rica only has two climatic seasons, the dry and rainy seasons, with up to 10 months of rain per year. This level of cloudiness that is, typical of this tropical zone of the planet turns the climate unstable, predominately cover with clouds the majority of the day [2]. Consequently, the population becomes dependent of the use of artificial illumination during the whole day.

The educational buildings of our country respond to what is established by the Public Education Ministry [3]. According to the regulations and dimensions established for educational architecture, the classrooms have to contain the internal dimensions of 6 m x 9 m. Additionally, each classroom had to be located ideally from north to south, with crossed ventilation and with bright colored that can contribute to refresh the humidity and high temperatures from the classroom while reflecting natural light in the whole space.

At global scale for more than a decade the teaching methods has evolved. Now teachers seek better methods of teaching as a more creative, fun and interactive way where the whole space of the classrooms now contribute a different role than before being a place where the students share and discuss ideas and talk each other and discuss ideas, not only a room to hear the teacher [4, 5]. Nevertheless, despite that all the teaching methods have evolved, our architectural spaces for these classrooms haven't changed at all and continues to be the same (figure 1).

The classroom studied from the Campus Tecnológico Local San José, of Instituto Tecnológico de Costa Rica, TEC, fulfills the dimensión regulations of 6 m x 9 m, but it presents an important variation in the form of the internal ceiling. It utilizes rectangular stripes in the gypsum ceiling that contain artificial light bulbs, leaving exposed the concrete slab black colored. The colors of the walls, mostly white have high reflective levels (figure 2).



**Figure 1.** Traditional classroom since 1950 [6].

According to the international recommendations, the rage of illumination that should exist in a classroom to keep visual comfort should be at 300-500 lux [7]. And for tropical climates such as the case of Costa Rica, it is recommendable the utilization of surfaces highly reflective in the biggest surfaces of a space, like the ceiling, walls and the floor; to be able to contribute to reflect the majority of natural light in the classroom area. "Natural lighting is a vital resource for well-being within the school and must be designed so that tasks can be carried out in the most effective way, in an appropriate psychological and physical context " [8].



**Figure 2.** Classroom of Campus Tecnológico Local San José, TEC.

The use of shading and solar internal or external protection has been a present resource since the vernacular architecture of our country to the present day [9]. These functions are elemental in the window facades, to contribute to minimize the high levels of solar radiation that goes through windows and even walls. Light shelves specifically are used as an element of redirection of natural light to far spaces from window opening, being used a more frequently used in latitudes north and south tropics [10] [11].

Light shelves are flat or curved elements located in the window opening. They can be external, internal, or a combination of both [12]. The literature about light shelves generally does not include experiments conducted with all desirable scientific rigor. Perhaps as a consequence of this, Steemers points out that they have a potential to increase lighting levels in the back of the room, although this is difficult to achieve [13].

The interior light shelves have been studied in some detail in the Building Research Establishment [14] for other latitudes, using scale models, however it is considered that for our geographical location there are large gaps waiting to be explored to determine what are the most recommended materials, shape and position in window.

The Lawrence Berkeley Laboratory has designed and used innovatively and highly efficient light shelves in public buildings [15]. Examples of buildings incorporating light shelves include: La Vanoise College, Moderne Training Center, Agriculture Bank, Athens, Tennessee Valley Authority Offices, Chattanooga, etc.

In developing countries such as Costa Rica, highly sophisticated technology is not available to all users, but the implementation of passive solutions solar protections that shade and protect the window openings and eliminate the direct incidence of the Sun's rays are economically more viable solutions and feasible to achieve. They effectively will contribute to the well-being of people and decrease energy consumption in buildings. In this direction light shelves have been tested in many countries, achieving positive results in improving the use of natural light, for example have shown an increase in useful natural light up to 6 m from a window [16].

This investigation aims the use of this devices as an element that accomplish a double function, in such way that it contributes to decrease the problems of concentration of light that generates

the areas closer to windows specifically of 1 m to 3 m. It also shall carryout the natural light to far spaces (beyond 3 m from window), where according to the investigation results, exist nowadays a clear dependence of the use of artificial lighting. This generates serious problems of the uniformity of the levels of light inside the classroom, which creates problems in comfort visuals in students.

## Methods

### Study of lighting in the scale- model.

In this research, methodologically based on the general systems theory, was proposed: “a systemic approach, understood as the process in which all factors contribute, directly or indirectly, to optimization in the conception of the research objective” [12].

Action-research is a form of self-reflective inquiry developed by participants in social situations (including educational ones) in order to improve the rationality and justice of: a) their own social or pedagogical practices, b) their understanding of these practices and c) the situations in which they are carried out [17]. Action-research is clearly an applied approach that can also be described as experimental. Its design closely links the research process with its context and is based on the idea that research is undertaken for a practical purpose intended for change. It also adapts to the idea of the research process conceived as a spiral activity that goes through repeated cycles that change at all times [18].

A scale model was built, see figure 3. It is scale model of a classroom on the third floor at the TEC Academic Center, located in San Jose, the capital of Costa Rica. The structure of classrooms, recently constructed has contiguous buildings, they all lower, so nothing shadows the sun light to its windows. This building has 3 levels and one basement. The chosen classroom is on the second level, approximately 3.5 meters above ground level and its main window faces north.



**Figure 3.** Scale model.

The classroom has a dimension of 9 by 6 meters; in 6 meters the wall is the only window, whose orientation towards the north. The wall has an approximate area of 21 m<sup>2</sup> and the window represents approximately one third of its area. The exact size of the window is 4 m wide by 1.7 m high.

The luminosity data within the model was taken at three different points measured from the windows, in the real classroom would correspond to 1m, 3m and 5m.

A luxometer was used for the data collection and measurements were made twice a week for a period of 4 weeks, two in December 2018 and two in January 2019 at approximately 9:00 a.m. and 3:00 pm (see figure 4). The values were averaged, and then plotted.



**Figure 4.** Measuring using the scale model.

Each measurement was done with black and white ceiling and 4 types of scale light shelves were used: flat horizontal, and with inclinations of  $23^\circ$  and  $45^\circ$  and a curve, as control measurement naked window was used.

During this experiment, a second scale model was built at 1:20 scale where it was proposed to use a completely flat and white, opposed to the black sky of the original classroom. In this second model all the surfaces of walls and sky were painted in white with the intention of maximizing the reflection of natural light inside the space. Tests were also performed with the same light shelves described in last paragraph.

## Results

The results of lighting measurements in the models are presented in the figures 5 to 8:

Direct measurements of lighting were taken, great areas with luminosity over 500 lx and under 300 lx allowed us to document the lighting conditions and the problems currently detected: areas of glare and lack of light for comfortably read that shows there is no uniformity of light distribution in the architectural space.

In all cases the flat light shelf made the best shielding to avoid glare next to the window.

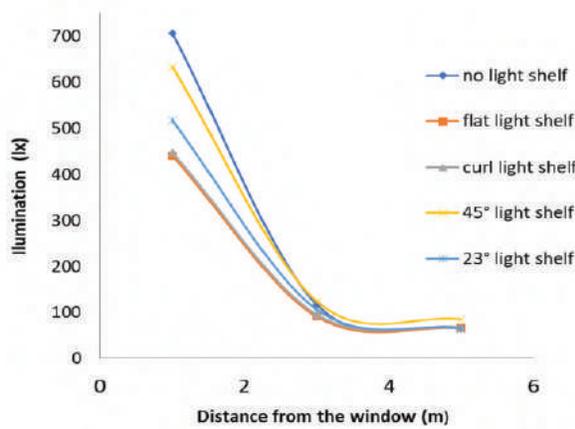
The light shelves have a slight effect on the interior lighting of the model space.

The situation of having the ceiling painted black diminishes the internal illumination of the space (compare figure 5 with figure 6 and figure 7 with figure 8).

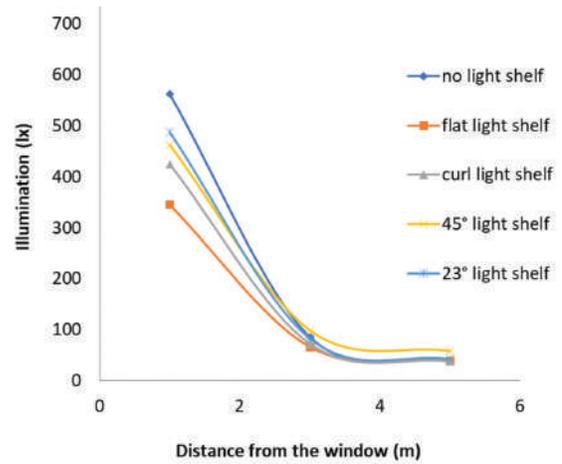
The light shelves have a slight effect on the interior lighting of the model space.

The situation of having the ceiling painted black diminishes the internal illumination of the space (compare figure 5 with figure 6 and figure 7 with figure 8).

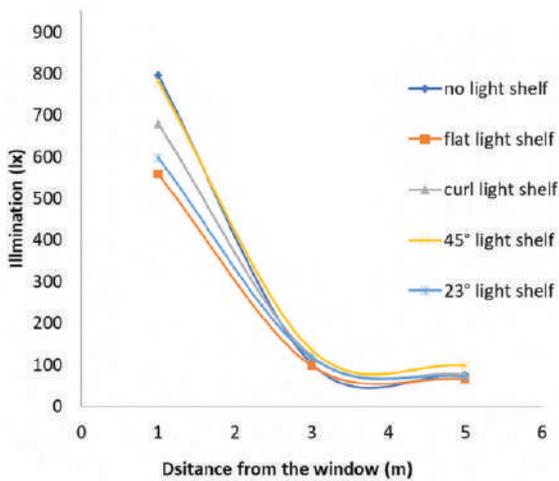
At 9 am they have a screening effect of the lighting next to the window but almost no effect beyond 3 m from it (see figure 5 and 6). At 3 pm all but the inclined one in  $45^\circ$  maintain the effect of shielding, the latter equals its effect to the absence of a tray (figure 6) where the ceiling is white and the lighting increases, especially near the window in the case of the black ceiling (figure 7).



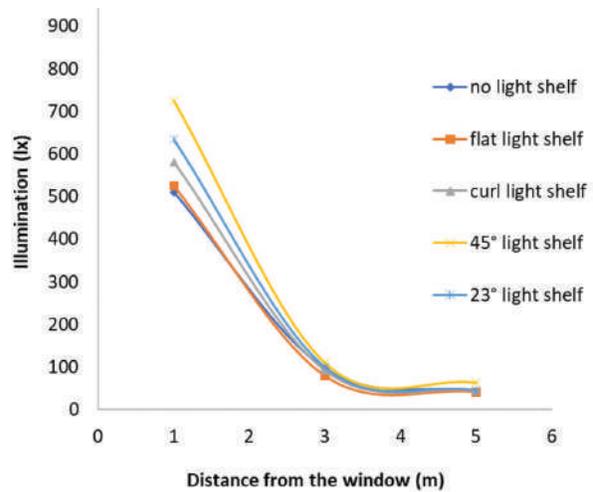
**Figure 5.** Illumination in the model. White ceiling. 9:00 a.m. Outdoor lighting 7921 lx.



**Figure 6.** Illumination in the model. Black ceiling. 9:00 a.m. Outdoor lighting 7921 lx.



**Figure 7.** Illumination of the model. White ceiling. 3:00 p.m. Outdoor lighting 8942 lx.



**Figure 8.** Illumination of the model. Black ceiling. 3:00 p.m. Outdoor lighting 8942 lx.

## Conclusions

The above justifies and concludes that although the use for this north orientation has given good results, of internal surfaces with a higher index of light reflectivity, specifically white, there are still problems of lack of light in the farthest points of the window opening.

It is confirmed that the ceiling painted in black, instead of being favorable for the use of natural light in the classroom, becomes an element that is absorbing the lighting.

From the results obtained, it is extracted that even with the use of light shelves and the variation of the color on the internal surfaces, there are still large gaps that determine how to achieve a better distribution of the illuminance to avoid high visual contrasts. The use of light shelves

showed greater effectiveness as a solar protection in its flat shape and as elements to redirect the light to the opposite end of the window, its use was more effective with the angle at 45°.

As future lines of research, it would seem indispensable to analyze the behavior of these shelves and their effectiveness in the Costa Rican tropics applied to other orientations such as the east and west, they might contribute to improve the distribution of light within the classroom, which seems to be a new challenge to face.

The light shelf device that manages to work with a double objective, both to redirect natural light and a sun protection element could be a combination of elements that fulfill this double function having a part of the flat surface and another inclined at 45° for the north facade in question. However, this solution still indicates that it will require other devices that minimize the high visual contrasts that still remain in the classroom space.

## Acknowledgments

The authors of this research thank to our assistant Issabeau Álvarez Grijalba as well as the Government of Costa Rica, which through the Technological Institute of Costa Rica in the figure of the Vice Chancellor for Research made possible the development of the present investigation.

Likewise, the respective recognition is made to the Ministry of Science and Technology of Costa Rica, which through the program for Young Researchers of MICITT, made possible the development of the PhD thesis "Integrated lighting system for an office space in the Tropic of Costa Rica, UPM, Madrid, Spain, 2010", by Dr. Arq. Andrea Ávila Zamora, coordinator of this research, thesis that laid the foundations and theoretical-practical precedents for the approach and development of the present research developed in the Instituto Tecnológico de Costa Rica.

## References

- [1] G. Maps, "Google Maps," 14 Enero 2019. [Online]. Available: [https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1X\\_5AoyPeeJBvWnFDnWO40fhYaQ&msa=0&ll=10.141931999999999%2C-83.75976600000001&z=8](https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1X_5AoyPeeJBvWnFDnWO40fhYaQ&msa=0&ll=10.141931999999999%2C-83.75976600000001&z=8).
- [2] I. E. Gómez and W. Fernández, "Variación interanual de la temperatura en Costa Rica," *Tópicos Meteorológico y Oceanográficos*, pp. 27-44, 1996.
- [3] DIRECCIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO EDUCATIVO, Ministerio de Educación Pública, "mep.go.cr," Julio 2010. [Online]. Available: [https://diee.mep.go.cr/sites/all/files/diee\\_mep\\_go\\_cr/preguntas-frecuentes/compendio\\_normas\\_edificios\\_para\\_educacion.pdf](https://diee.mep.go.cr/sites/all/files/diee_mep_go_cr/preguntas-frecuentes/compendio_normas_edificios_para_educacion.pdf). [Accessed 2020].
- [4] N. Lasry, E. Mazur and J. Watkins, "Peer instruction: From Harvard to the two-year college.," *American journal of Physics*, vol. 76, no. 11, pp. 1066-1069, 2008.
- [5] C. Coll, "Aprender y enseñar con las TIC: expectativas, realidad y potencialidades," *Boletín de la institución libre de enseñanza*, vol. 72, no. 1, pp. 7-40, 2008.
- [6] G. Gómez and A. Villareal, "Cultura, Espacios para la Educación," in *Escala*, Bogotá, 2004.
- [7] L. L. Fernandes, E. S. Lee and G. & Ward, "Lighting energy savings potential of split-pane electrochromic windows controlled for daylighting with visual comfort," *Energy and Buildings*, vol. 61, pp. 8-20, 2013.
- [8] A. Pattini and C. Kirschbaum, "Evaluación subjetiva de aulas iluminadas con luz natural," *Avances en energías renovables y medio ambiente*, 1998.
- [9] R. V. Ralegaonkar and R. Gupta, "Review of intelligent building construction: A passive solar architecture approach," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, no. 8, pp. 2238-2242, 2010.
- [10] S. Hoses, G. San Juan, M. Melchiori and G. Viegas, "INCIDENCIA DE ESTRATEGIAS DE CONTROL SOLAR EN LA ILUMINACIÓN NATURAL DE AULAS ESCOLARES," in *ENTAC*, Parana, 2002.
- [11] B. Arranz, E. Rodríguez-Ubinas, C. Bedoya-Frutos and S. Vega-Sánchez, "Evaluation of three solar and daylighting control systems based on Calumen II, Ecotect and radiance simulation programmes to obtain an energy efficient and healthy interior in the experimental building Prototype SD10," *Energy and Buildings*, 83, .., pp. 225-236, 2014.

- [12] A. Ávila, "Sistema de iluminación integrada para un espacio de oficina en el trópico de Costa Rica. Tesis Doctoral," Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2010.
- [13] K. Steemers, "Daylighting design: Enhancing energy efficiency and visual quality," *Renewable Energy*, pp. 950-958., 1994.
- [14] P. Littlefair, "Daylight prediction in atrium buildings.," *Solar energy*, pp. 105-109, 2002.
- [15] L. O. Beltran, E. S. Lee and S. E. Selkowitz, "Advanced optical daylighting systems: light shelves and light pipes," *Journal of the illuminating engineering society*, pp. 91-106, 1997.
- [16] U. Berardi and H. K. Anaraki, "Analysis of the impacts of light shelves on the useful daylight illuminance in office buildings in Toronto," *Energy Procedia*, pp. 1793-1798, 2015.
- [17] J. I. R. Olabuénaga, Metodología de la investigación cualitativa, Universidad de Deusto: Gedisa, 2012.

# Propuesta de clasificación tipológica de obras arquitectónicas del caribe costarricense en la ciudad de Limón, construidas a principios del siglo XX

Proposal for typological classification of architectural buildings of the Costa Rican Caribbean in the city of Limón, built in the early 20th century

Ariel Valerín-Viquez<sup>1</sup>, Dominique Chang-Albizurez<sup>2</sup>

---

Valerín-Viquez, A; Chang-Albizurez, D. Propuesta de clasificación tipológica de obras arquitectónicas del caribe costarricense en la ciudad de Limón, construidas a principios del siglo XX. *Tecnología en Marcha*. Edición especial. Escuela de Arquitectura y Urbanismo, Diciembre 2020. Pág 26-36.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v33i8.5506>

1 Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica. Correo electrónico: ariel\_valerin@hotmail.com.

 <https://orcid.org/0000-0003-3302-5899>

2 Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica. Correo electrónico: dchang@tec.ac.cr.

 <https://orcid.org/0000-0002-9813-2006>



## Palabras clave

Valor patrimonial; Expresión formal; Arquitectura caribeña costarricense; Tipología arquitectónica; Identidad caribeña.

## Resumen

Esta publicación expone los resultados de la práctica de vinculación profesional, relacionada con el proyecto “Conservación de la arquitectura caribeña costarricense a partir de la aplicación de técnicas de avanzada para el estudio de los agentes causantes de lesiones en las edificaciones”. El trabajo pretendió analizar las expresiones formales de los elementos arquitectónicos y de las adaptaciones climáticas presentes en la arquitectura de estilo caribeña costarricense, particularmente en las elevaciones principales de dichos inmuebles; para el establecimiento de una clasificación tipológica más específica, según el proyecto al que está vinculado, de las edificaciones construidas a principios del siglo XX en el Centro Histórico de la ciudad de Limón y su primer ensanche.

Se clasificaron veintiocho inmuebles en seis tipologías diferentes; mediante una matriz multicriterio que relacionó las expresiones formales encontradas con dos aspectos de la composición arquitectónica: la función utilitaria y la vinculación de las edificaciones con el contexto. Donde el primer elemento de relación hace referencia a si el inmueble es institucional o residencial y de qué tipo; y el segundo aspecto, entendido como la adaptación del edificio, en función del modo de vida de los usuarios, al lugar de emplazamiento. Por último, el trabajo consideró aquellas expresiones formales que permiten diferenciar dos objetos arquitectónicos que se encuentran en una misma tipología.

## Keywords

Patrimonial value; Formal expression; Costa Rican Caribbean architecture; Architectural typology; Caribbean identity.

## Abstract

This publication presents the results of the practice of professional engagement, related to the project “Conservation of the Costa Rican Caribbean architecture from the application of advanced techniques for the study of agents causing injury in buildings”. The work intended to analyze the formal expressions of the architectural elements and of the climatic adaptations present in the Costa Rican Caribbean-style architecture, particularly in the main elevations of said buildings; for the establishment of a more specific typological classification, according to the project to which it is linked, of the buildings built at the beginning of the 20th century in the Historic Center of the city of Limón and its first expansion.

Twenty-eight properties were classified into six different typologies; through a multi-criteria matrix that related the formal expressions found with two aspects of the architectural composition: the utilitarian function and the link of the buildings with the context. Where the first relationship element refers to whether the property is institutional or residential and of what type; and the second aspect, understood as the adaptation of the building, depending on the way of life of the users, to the location. Finally, the work considered those formal expressions that allow differentiating two architectural objects that are in the same typology.

## Introducción

En los últimos años el Tecnológico de Costa Rica (TEC) ha buscado poner en valor, mediante diferentes proyectos de investigación y extensión, el patrimonio tangible e intangible del caribe costarricense; en este contexto la Escuela de Arquitectura y Urbanismo ha puesto especial atención en los objetos arquitectónicos de la ciudad de Limón<sup>3</sup> y su primer ensanche. El presente artículo desarrolla los resultados de la Práctica de Vinculación Profesional (PVP) del autor principal de este, el cual es parte del proyecto aprobado por la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del TEC “Conservación de la arquitectura caribeña costarricense a partir de la aplicación de técnicas de avanzada para el estudio de los agentes causantes de lesiones en las edificaciones” coordinado por la Dra. Arq. Kenia García Baltodano.

Por lo tanto, el desarrollo de la PVP se basó en la delimitación geográfica y temporal del proyecto anteriormente mencionado, específicamente [1] definen como ámbito de estudio físico el Centro Histórico (CH) y el primer ensanche de la ciudad de Limón. En este sentido se entiende por CH de Limón la delimitación propuesta por [2], en la cual se incluye la trama urbana conformada en 1929, delimitada por la Avenida 7 al norte, la calle 7 al oeste y el mar Caribe al sur y al este. Por otro lado, el proyecto considera como “primer ensanche” el desarrollo urbano al norte de la estación del ferrocarril conocido como Jamaica Town y la Zona Americana, lugar donde actualmente se ubica el Hospital Tony Facio Castro. Temporalmente [1] consideraron dentro del proyecto de investigación las obras construidas entre 1871 y 1940.

Según [3] el sector anteriormente descrito posee gran riqueza en recursos patrimoniales, entre los que destaca el patrimonio histórico arquitectónico. En este sentido [4] indican que, la arquitectura caribeña costarricense “constituye una de las tipologías más características e identitarias de la ciudad de Limón, basada en el uso de la madera y la adaptación arquitectónica a las condiciones ambientales de la zona”. Además, [4] aseguran que Limón es particularmente un espacio multicultural y pluriétnico, debido a los procesos de migración de fuerza laboral a la zona a principios del siglo XX, como resultado del modelo económico y comercial de la época, que involucró el asentamiento de la United Fruit Company (UFCO) producto del enclave bananero.

Según [4] esta vinculación de la UFCO propició la introducción de diferentes estilos arquitectónicos a Costa Rica; como el neoclásico, el victoriano caribeño o el ecléctico, pues esta compañía importaba edificaciones por catálogo que adaptaban a las condiciones contextuales de Limón. En otras palabras, el mestizaje genético y cultural entre poblaciones autóctonas, criollas, europeas y africanas se manifestó en diferentes ámbitos, entre estos, la arquitectura caribeña en donde se amalgamó una variedad de soluciones e identidades integradas de modelos importados con técnicas, sistemas constructivos y adaptaciones locales a nivel climático y sociocultural.

Como ejemplo de estas adaptaciones, está el caso particular de los corredores y galerías, estos espacios bordean, ya sea, todo el perímetro de la obra o sólo un tramo y que tienen como fin proteger al inmueble de las condicionantes climáticas propias del Caribe: “elemento predominante, con sutiles variaciones en todo el Caribe, como respuesta climática para refrescar los interiores, alejar el sol de las paredes y protegerse de los torrenciales aguaceros tropicales” [5]. Sin embargo, [5] rescata la función social por la cual surgieron este tipo de espacios, en donde, se vinculaba la dinámica del hogar con la que se desarrollaba en la sociedad, generando estos espacios público-privados para el esparcimiento de sus habitantes.

---

3 Cabecera de la provincia de Limón

Si bien la arquitectura caribeña se manifiesta de manera similar en toda la región, [4] aseguran que una notable diferencia en Costa Rica es la presencia de una ornamentación menos recargada si se compara con la del resto del caribe. Así mismo, estos investigadores indican que los elementos arquitectónicos característicos de esta arquitectura son “los corredores y las galerías, los detalles decorativos de influencia victoriana (barandas, celosías, ménsulas, cresterías y dobles aleros) y los techos con pendientes pronunciadas” [4].

En síntesis, la arquitectura caribeña costarricense se asocia a espacios construidos con influencia de estilos anglo-caribeños; pero menos ostentosos que sus similares en la región; perceptiblemente amplios, luminosos, ligeros y abiertos a toda la dinámica presente a su alrededor y que solventa en gran medida los requerimientos ya impuestos por su contexto, ya sea este natural, construido o social.

El trabajo de la PVP consistió en analizar las expresiones formales de los elementos arquitectónicos y de las adaptaciones climáticas de los objetos construidos de estilo caribeño costarricense, presentes en las elevaciones principales de dichos inmuebles; con el objetivo de establecer una clasificación tipológica más específica, según la obra a la que esté vinculada. Las tipologías que se describen en el presente documento permiten un acercamiento conceptual y técnico para la planificación de proyectos de intervención que permitan la conservación de los inmuebles con estas características; lo cual es importante ya que, como lo recomienda [6], para este tipo de proyectos se considera como buena práctica el investigar, esto involucra tener identificadas y delimitadas las características del tipo de inmueble que se pretende intervenir, elementos que se ofrecen como resultado de la investigación para la arquitectura caribeña costarricense. Además, estas tipologías podrían ser una base para reinterpretar los valores arquitectónicos analizados y proponer una obra contemporánea adaptada al entorno particular del caribe costarricense.

## **Materiales y métodos**

La metodología de trabajo de la PVP se basó en una investigación cualitativa. Asentada, principalmente, en el desarrollo de un proceso particular de análisis de todos los inmuebles que se seleccionaron dentro de la muestra establecida. Autores como [7], apoyan esta singularidad de este tipo de investigación al mencionar que:

“Desde un nivel técnico, preocupado por las técnicas, instrumentos y estrategias de recogida de información, la investigación cualitativa se caracteriza por la utilización de técnicas que permitan recabar datos que informen de la particularidad de las situaciones, permitiendo una descripción exhaustiva y densa de la realidad concreta objeto de investigación”.

Por lo que, se volvió esencial, el nivel de acercamiento que se le dio a cada inmueble en particular, para así poder entender y describir el fenómeno en estudio; el cual, se relacionaba a cómo se habían presentado las características peculiares de la arquitectura caribeña de principios del siglo XX, en el territorio costarricense, propiamente en el Centro Histórico de Limón y su primer ensanche. Lo que implicó que esta investigación se realizara por medio del enfoque hermenéutico, el cual, como lo menciona [8]: “El pensamiento hermenéutico interpreta, se mueve en significados no en datos, está abierto en forma permanente frente al cerrado positivo. Se interesa por la necesidad de comprender el significado de los fenómenos y no solamente explicarlos en términos de casualidad”. De ahí la importancia de no, solamente, mencionar las expresiones formales encontradas en dichos inmuebles; sino también entender por qué se llevaron a cabo.

El principal instrumento del cual se hizo uso fue el análisis de contenido. Según [9], este concepto hace referencia a ser:

“... una técnica de interpretación de textos, ya sean escritos, grabados, pintados, filmados..., u otra forma diferente donde puedan existir toda clase de registros de datos, transcripción de entrevistas, discursos, protocolos de observación, documentos, videos... el denominador común de todos estos materiales es su capacidad para albergar un contenido que leído e interpretado adecuadamente nos abre las puertas a los conocimientos de diversos aspectos y fenómenos de la vida social”.

El instrumento descrito anteriormente, permitió analizar la documentación gráfica con la que contaba el proyecto de investigación al que se vinculó la PVP. De este modo, se dio un primer acercamiento y análisis de las características o expresiones formales, propias de este tipo de obras arquitectónicas, en los inmuebles que abarca este proyecto de investigación.

Dicha documentación, hace referencia específicamente a las fichas técnicas de los inmuebles seleccionados y a un glosario de los términos propios de la arquitectura caribeña costarricense. Los cuales son dos de los instrumentos elaborados y aplicados por el proyecto de investigación con el que se relaciona este trabajo; para este fin se desarrolló la siguiente metodología:

En primer lugar, se realizó una selección de inmuebles que cumplieran las condiciones requeridas por la investigación, los cuales fueron evaluados según el periodo y su materialidad.

Posteriormente, se realiza un análisis de la autenticidad de la obra y de los elementos que la componen, para una mayor exactitud de los resultados.

Como tercer paso, se evaluaron dichos elementos según la relevancia y continuidad en la que se presentan, a nivel de fachada, en los inmuebles analizados.

Seguidamente, se da una agrupación de estas características en tres grandes bloques para la organización de la información.

Por último, se subdividen los bloques en aspectos más puntuales, con el fin de no perder ningún rasgo característico de esta arquitectura.

El establecimiento de estas características permitió la definición de las propuestas tipológicas; las cuales, eran el objetivo principal de este trabajo. Se tomó como referencia las palabras de [10], al definir una tipología arquitectónica o tipo de arquitectura como: “un reconocimiento de unos rasgos comunes que permiten la identificación de las obras arquitectónicas que comparten la misma estructura formal”.

Dicha estructura formal, parte desde cómo se concibió la obra edilicia, hasta su realización o construcción. De ahí que, dentro de las expresiones formales tomadas en cuenta, resaltaron aquellas formas de concebir y analizar el contexto inmediato, en donde se emplazaba la edificación y las condiciones que este presentaba.

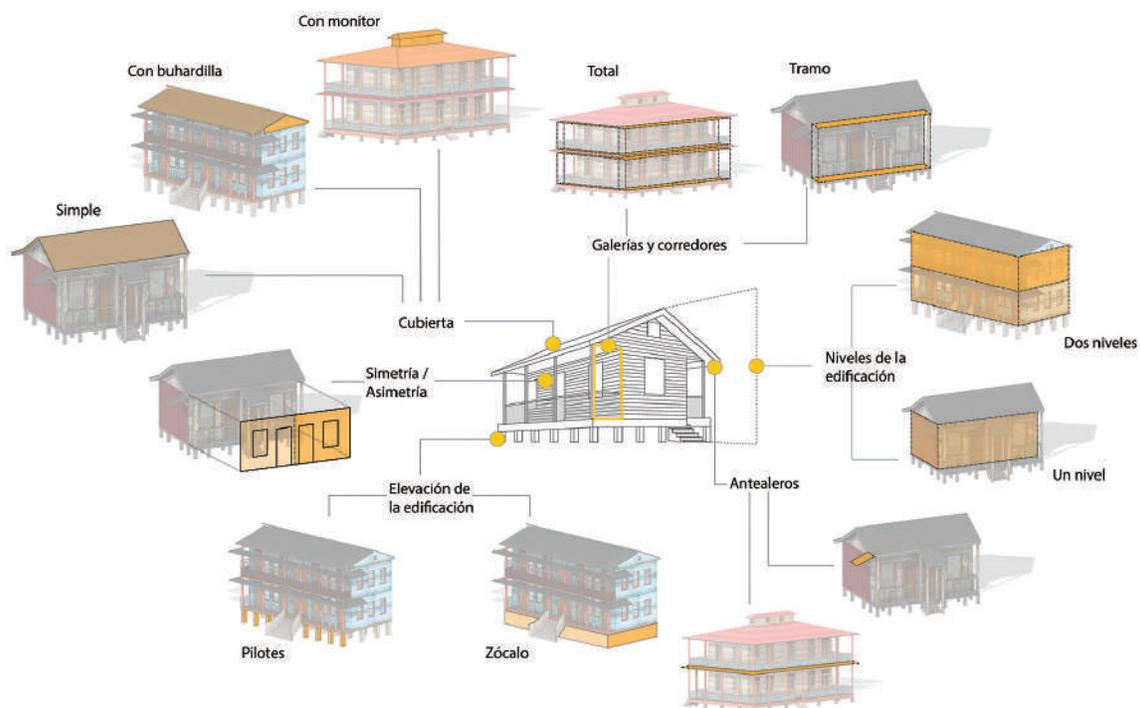
En la figura 1, se muestran aquellas expresiones formales tomadas en cuenta, donde algunas van dirigidas a responder a uno de los condicionantes más fuertes en el trópico caribeño, las precipitaciones. Por lo que se inicia con aquellas soluciones arquitectónicas que respondieran a esta necesidad, tales como: las cubiertas, en donde se toma en cuenta la pendiente y las variantes que puedan presentar; tales como: el uso de buhardilla<sup>4</sup> o de monitor. Por otra parte, se muestra el uso de antealeros, ya sea presentes en la totalidad del inmueble o sólo en un tramo.

4 Concepto ajustado en el proyecto de investigación, durante la realización de la PVP, ya que “Buhardilla” por definición, es un espacio habitable; y en Limón, este tipo de espacios no se presentaron. Por lo cual, se implementó el término de “Ventila”, ya que hace referencia a un espacio destinado única y exclusivamente a mejorar la ventilación del espacio interno del inmueble. Por lo cual, en la figura 1 aún se maneja como Buhardilla, pero en la figura 3 ya aparece el término de Ventila.

También, se incorporaron aquellos espacios intermedios y permeables entre la zona pública y privada de cada inmueble, como lo son los corredores y galerías; los cuales, llegan a jugar un papel determinante en dos aspectos: el primero, a nivel climático, permite la regulación de la temperatura del espacio interno al no exponer directamente las caras externas de los distintos aposentos de la obra construida a la radiación solar; y en segundo lugar, juega un papel determinante en la dinámica social, al ser un lugar donde se fusionan e interactúan las dinámicas propias de la edificación (privadas) con su contexto inmediato (públicas).

De la misma manera, se contempló la forma en cómo estas obras edilicias fueron concebidas para responder a la condición topográfica que presenta la zona del Caribe, por lo que se toma en cuenta la elevación de las edificaciones, ya sea por medio de pilotes o de zócalo. Así como la disposición espacial de dichas obras, si son de un nivel o de dos niveles, ya que eso incide en el modo de vida de las personas y cómo se relacionaban con su contexto inmediato.

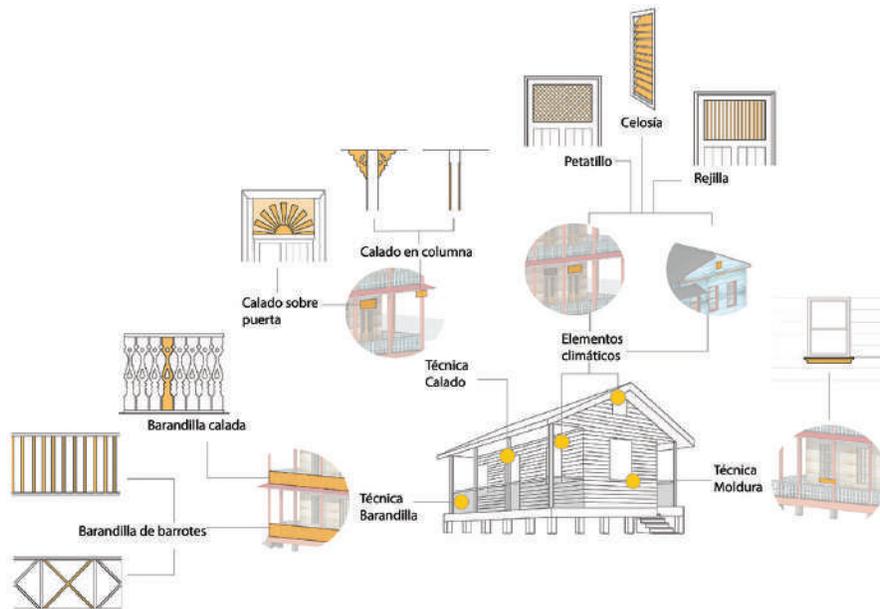
Finalmente, se tomó en cuenta la composición general de la fachada, en términos de simetría, ya que dependiendo de la distribución de las otras expresiones formales y de la función utilitaria que presenta la edificación, esta variaba.



**Figura 1.** Esquema de las expresiones formales orientadas al emplazamiento, en temas topográficos y climáticos; así como de la relación de la obra con su contexto, producto de la PVP.

Por otro lado, como se muestra en la figura 2, se tomaron en cuenta aquellas características propias de la arquitectura de estilo caribeña y que van dirigidas a solventar una necesidad de confort o simplemente, de imagen. Tales como: implementación de detalles constructivos simples como los barrotes, en “equis” o en paralelo; las cuales son aplicadas en estructuras terciarias como las barandas, principalmente. Así como detalles más complejos, como el calado y molduras, presentes en diversos niveles estructurales, desde columnas, hasta barandas y sobrepuestas; dichas técnicas jugaron un papel estético dentro de la imagen de la edificación.

Además, se presentan aquellos detalles constructivos orientados al confort climático dentro de la edificación, tales como el uso de petatillos, celosías y rejillas.



**Figura 2.** Esquema de las expresiones formales orientadas al uso de detalles constructivos que potencien la imagen de la edificación o el confort climático del espacio interno, producto de la PVP.

Dichas expresiones, a su vez, recalcan el concepto que trabajan [11] sobre tipología arquitectónica, cuando mencionan que los aspectos característicos que se tomen en cuenta no sólo fueran vistos desde el punto de vista constructivo, sino entendiéndolos con respecto al impacto que estas expresiones tuvieron en el día a día de sus pobladores:

“En este sentido la tipología arquitectónica se fundamenta en las características recurrentes de las construcciones, considerándolas como manifestación de los modos de vida y relación del hombre con su medio; es decir, analiza las soluciones arquitectónicas singulares, pero tratando de estructurar sus vínculos con el contexto general en que se ubican. Trata de identificar las relaciones organizativas que presentan los espacios edificados mediante la búsqueda de los nexos existentes entre los diversos casos, fragmentándose el campo de estudio para su posterior recomposición dentro de una organización generalizadora”.

Todo este análisis se aplicó en veintiocho inmuebles, de los cuales, algunos no continuaron en pie durante el transcurso de la investigación, pero se contó con la información suficiente para ser tomados en consideración dentro de este análisis y su posterior clasificación.

La población meta, a la que pretende contribuir los resultados de la investigación, es a profesionales y estudiantes en arquitectura e ingeniería con interés en la investigación entorno al patrimonio construido en el caribe costarricense, específicamente en la CH de Limón y su primer ensanche.

## Resultados

El trabajo llevado a cabo para la generación de una propuesta de clasificación tipológica de obras arquitectónicas del caribe costarricense en el CH y primer ensanche de la ciudad de Limón, que fueron edificadas a principios del siglo XX, obtuvo como principales resultados:

- Generación de una matriz multicriterio, donde se evalúa la aplicación de cada expresión formal relevante dentro de la arquitectura de estilo caribeña, en los inmuebles seleccionados.
- Visualización de cómo se distribuyen los inmuebles según cada expresión identificada, ya sea en elementos arquitectónicos como de adaptaciones climáticas, presentes en las elevaciones principales de las edificaciones analizadas.
- Propuesta de clasificación tipológica de la arquitectura de estilo caribeño costarricense, construidas a principios del siglo XX en el Centro Histórico de Limón y su primer ensanche.

Con respecto a la matriz multicriterio, esta fue relevante para generar un análisis independiente de cada inmueble, lo que propició disponer del material necesario para generar la propuesta sobre las tipologías arquitectónicas de aquellas obras de estilo caribeño costarricense. Además, permitió generar un informe gráfico por cada inmueble, en donde se encuentran mayores especificaciones formales de la obra construida y así, diferenciarlas entre sí, aunque estas pertenezcan a una misma tipología.

Específicamente, para la generación de la propuesta tipológica, se tomaron en cuenta aspectos como: la función utilitaria de los inmuebles, la cual viene dada de la concepción o finalidad de este; de las cuales, destacan aquellas obras dirigidas a solventar la necesidad habitacional de sus pobladores, siendo estas un total de veintiséis inmuebles. Los cuales se dividen en seis residencias unifamiliares, once residencias multifamiliares tipo dúplex y, por último, nueve residencias multifamiliares. Adicionalmente, las dos obras edilicias restantes, pertenecen a inmuebles de índole no residencial. Cabe destacar que de esta distribución se derivaron los dos grandes bloques propuestos para las clasificaciones tipológicas de las obras arquitectónicas de estilo caribeño costarricense.

Por otra parte, y según [11], las expresiones formales que se tomaron en cuenta, debido a que reflejan el modo de vida de las personas que habitaron estos espacios, fueron dos. En primer lugar, la permeabilización, entendida como la implementación de corredores o galerías en las edificaciones; la cual, se distribuye de la siguiente manera: dos inmuebles que no presentan esta característica, dos edificaciones que presentan una permeabilidad total por medio de galerías y, por último, veinticuatro obras presentan una permeabilidad parcial o en tramo, por medio de corredores.

La segunda expresión formal fueron los niveles que presenten dichas obras en el Caribe costarricense, de las cuales veintiún edificaciones son de un solo nivel y las siete restantes, presentan dos niveles de altura. Se puede apreciar la prevalencia que tuvieron las construcciones de un único nivel y que fueron permeables a la dinámica urbana por medio de corredores, en la mayoría de las obras construidas en madera en el CH de Limón y su primer ensanche, a principios del siglo XX.

Una vez, llevada a cabo la correspondencia entre forma y función de estos inmuebles, y las variaciones que presentaron, se obtuvo un total de seis tipologías de dichas obras arquitectónicas, las cuales se mencionan a continuación:

### Tipología no residencial

- Inmueble no residencial de dos niveles, permeable a su contexto por corredor.
- Inmueble no residencial de dos niveles, permeable a su contexto por galería.

### Tipología residencial

- Inmueble residencial multifamiliar tipo dúplex, de un nivel, permeable a su contexto por corredor.
- Inmueble residencial unifamiliar, de un nivel, permeable a su contexto por corredor.
- Inmueble residencial multifamiliar, de un nivel, permeable a su contexto por corredor.
- Inmueble residencial multifamiliar, de dos niveles, permeable a su contexto por galería.

Como se mencionó anteriormente, dichas tipologías llegaron a ser complementadas con otras características propias de la arquitectura caribeña y que permitieron profundizar en las expresiones formales e individuales de cada inmueble analizado y así, brindar la posibilidad que distinguir las edificaciones entre sí, aunque pertenezcan a una misma tipología. Tales características fueron: el uso de antealeros como extensión de la cubierta, la disposición y configuración de la cubierta, la simetría de la edificación reflejada en fachada, la elevación de la obra con respecto al suelo y la formalización de algunos detalles aplicados a elementos específicos, que potencien el confort del espacio o la imagen de la inmueble; como el calado (intención estética) o el uso de petatillo (intención de confort bioclimático), entre otras.

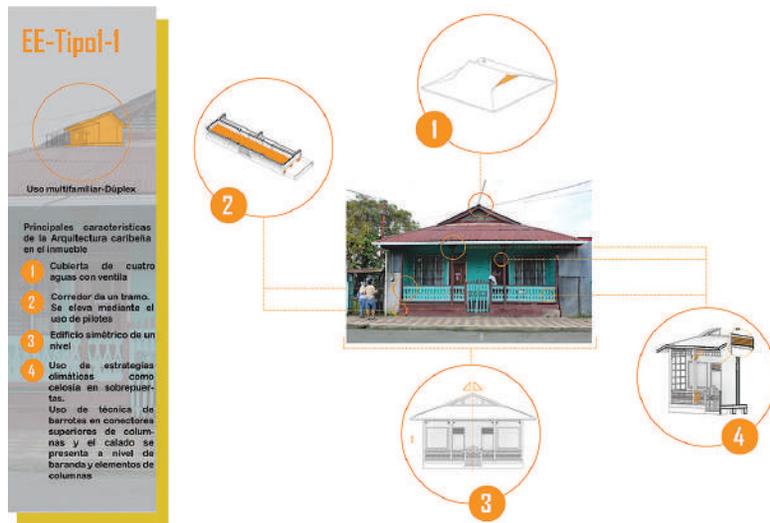
El resultado de este análisis particular, fue una ficha gráfica de cada inmueble, elaborada específicamente para la PVP. Cada una de estas fichas, se identifican en su extremo superior izquierdo con la forma de codificación propuesta por [1], quienes definen dos tipos de categorías para estos inmuebles, las cuales son: Tipo 1, que hace referencia a aquellas edificaciones que no han sido nada o poco transformadas, por lo que dichas obras cumplen en su mayoría con las características de la arquitectura caribeña costarricense; y el Tipo 2, que son aquellas obras edilicias que han sufrido algunas transformaciones, por lo que cumple parcialmente con las características de la arquitectura caribeña costarricense. A continuación, se muestran, como referencia, unas de estas fichas.

En la figura 3, se muestra un inmueble que pertenece a la categoría Tipo 1, en la parte principal de la ficha se encuentra la fotografía del edificio; de la cual, se extraen los diagramas de aquellas expresiones formales más relevantes que dicha obra posee y estos son descritos en la columna que se encuentra en el costado izquierdo de la ficha. Dentro de las características propias de la arquitectura caribeña costarricense que posee, son: un corredor continuo en su fachada principal, una cubierta con alto porcentaje de pendiente para la rápida evacuación del agua pluvial y posee una ventila para aumentar el confort del espacio interno; presenta el uso de detalles como el calado, como parte de la concepción e intención estética de la obra; así como el uso de celosías como estrategia climática y por último, de manera general, presenta una fachada simétrica.

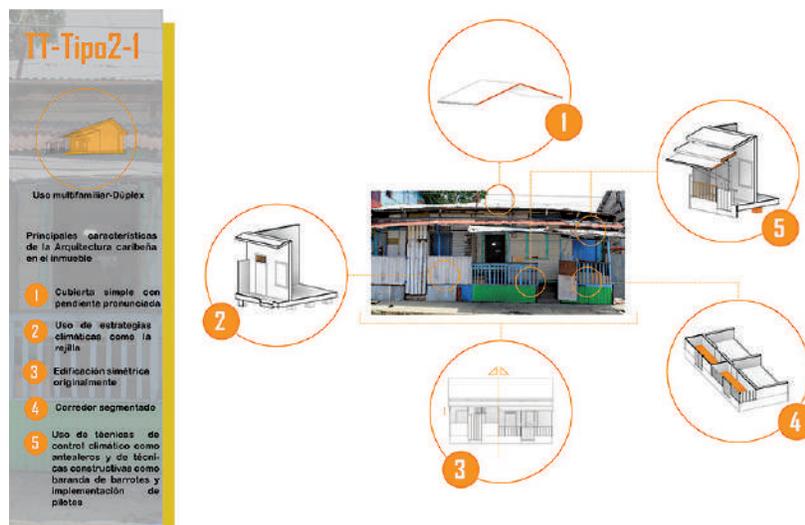
Por otra parte, la figura 4 muestra un inmueble de categoría Tipo 2, el cual presenta una cubierta simple de dos aguas y con pendiente pronunciada, rejillas como respuesta ante las circunstancias climáticas, un corredor que se encuentra segmentado por la división de residencias, presenta aleros como extensión de la cubierta para manejar más eficazmente la precipitación de la zona; y su fachada es simétrica y simple, ya que se limita al uso de barrotes.

Como se puede observar, ambas edificaciones tienen diferencias formales en las características que se analizaron; sin embargo, ambas pertenecen a una misma tipología arquitectónica, la cual sería: Inmueble residencial multifamiliar tipo dúplex, de un nivel, permeable a su contexto

por corredor. Lo anterior es importante, pues de esta manera, no se excluyen aquellas características formales que, por su intencionalidad, no llegan a impactar en gran medida dentro de una dinámica social de esta localidad, pero llegan a ser reflejo de cómo una cultura, o en este caso cómo todas las culturas que influyeron, entendieron el lugar donde se emplazarían y de esta forma, lograrse adaptar a su contexto.



**Figura 3.** Ficha gráfica sobre las características caribeñas particulares, presentes en una vivienda en el Centro Histórico de Limón, producto de la PVP.



**Figura 4.** Ficha gráfica sobre las características caribeñas particulares, presentes en una vivienda en el Centro Histórico de Limón, producto de la PVP.

## Conclusiones y recomendaciones

Las tipologías arquitectónicas propuestas en este documento, como resultado de la Práctica de Vinculación Profesional, ponen en valor la arquitectura caribeña costarricense ya que con estas

se identifican, se registra y se delimitan los valores histórico-arquitectónicos ligados a las obras construidas en el Centro Histórico de la ciudad de Limón y su primer ensanche.

La arquitectura caribeña en madera realizada a principios del siglo XX en territorio costarricense se concretó mayoritariamente en edificaciones para fines residenciales y en menor medida en inmuebles no residenciales. Sin embargo, por la misma función utilitaria a la que responden, son las que más se han visto deterioradas y transformadas con el paso del tiempo.

Por otra parte, las seis tipologías propuestas de las obras arquitectónicas de estilo caribeño costarricense, presentes en el Centro Histórico y primer ensanche de la ciudad de Limón, sientan sus bases en la función utilitaria, la permeabilización y los niveles que presentan dichos inmuebles, al ser las características que más reflejan el modo de vida de las personas dentro de la dinámica social.

Además, el análisis de las otras expresiones formales de la arquitectura caribeña tomadas en cuenta, tales como: cubiertas, antealeros, elevación de la obra, simetría, detalles constructivos aplicados por estética de la obra y aquellas que respondían a potenciar el confort del espacio interno; permitieron distinguir todas las variantes que se presentan en los inmuebles analizados y así por diferenciarlos entre sí.

Finalmente, uno de los retos que se presentaron a la hora de ejecutar la Práctica de Vinculación Profesional, fue la poca documentación escrita y publicada sobre la arquitectura caribeña costarricense; por lo tanto, este documento llega a aportar tanto al proyecto de investigación al cual está vinculado, como a la literatura científica relacionada con el tema.

## Referencias

- [1] I. Hernández-Salazar, D. Porras-Alfaro & K. García-Baltodano, "La arquitectura caribeña costarricense en la trama urbana histórica de la ciudad de Limón entre el periodo 1871-1940", en *III Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción*, Ciudad de México, MXC, 2019, pp. 473-479.
- [2] L. Chaverri-Flores, "Centro histórico de puerto limón, transformaciones sociales que han contribuido a su patrimonialización", *Revista Trama*, vol. 8, no. 1, pp. 107-149. en.-jun., 2019.
- [3] M.C. Valverde-Solano, J.P. Bulgarelli-Bolaños & M. Martínez Mora, "Centro Histórico de Limón y primer ensanche... explorando su potencial generador de desarrollo del patrimonio cultural", en *I Simposio Internacional de Cultura: Exploración y Puesta en Valor*, San José, CRC, 2019, pp. 50-57.
- [4] K. García-Baltodano, D. Méndez-Álvarez & I. Hernández-Salazar, "Arquitectura caribeña costarricense: recurso y oportunidad para el territorio", en *I Simposio Internacional de Cultura: Exploración y Puesta en Valor*, San José, CRC, 2019, pp. 113-123.
- [5] M. Domínguez, "Nuevos rumbos de la arquitectura tropical caribeña", *arq.urb.*, vol. 6, pp 4-29, dez. 2019.
- [6] J.P. Bulgarelli-Bolaños, "Modelo de gestión de proyectos para la intervención de bienes inmuebles con declaratoria de patrimonio histórico-arquitectónico en Costa Rica", en *I Simposio Internacional de Cultura: Exploración y Puesta en Valor*, San José, CRC, 2019, pp. 124-137.
- [7] J. Herrera. (2017). *La investigación cualitativa* [en línea]. Recuperado de <https://juanherrera.files.wordpress.com/2008/05/investigacion-cualitativa.pdf>
- [8] C.A. Monje, *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica*, Colombia: Neiva, 2011, p.9.
- [9] J.A. Abela. (2002). *Las técnicas de análisis de contenido: una revisión actualizada* [en línea]. Recuperado de [https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:TFSf5ilGGW4J:scholar.google.com/+J.A.+Abela.+\(2002\).+Las+t%C3%A9cnicas+de+an%C3%A1lisis+de+contenido:+una+revisi%C3%B3n+actualizada+&hl=es&as\\_sdt=0,5](https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:TFSf5ilGGW4J:scholar.google.com/+J.A.+Abela.+(2002).+Las+t%C3%A9cnicas+de+an%C3%A1lisis+de+contenido:+una+revisi%C3%B3n+actualizada+&hl=es&as_sdt=0,5)
- [10] M.B. Zayas-Fernández, "Evolución de la tipología arquitectónica y caracterización paisajística de los grandes equipamientos urbanos", *Baetica. Estudios de Arte, Geografía e Historia*, no. 34, pp. 103-125, 2012.
- [11] M. Rodríguez-Viqueira & L.F. Guerrero-Baca, *Estudio de tipología arquitectónica 1996*, Ciudad de México: Universidad Autónoma de México, 1996.

# Estado de la investigación sobre la patología de la construcción: un análisis bibliométrico

## Status of research on building pathology: a bibliometric analysis

David Porras-Alfaro<sup>1</sup>, Kenia García-Baltodano<sup>2</sup>,  
Dawa Méndez-Álvarez<sup>3</sup>

---

Porras-Alfaro, D; García-Baltodano, K; Méndez-Álvarez, D. Estado de la investigación sobre la patología de la construcción: un análisis bibliométrico. *Tecnología en Marcha*. Edición especial. Escuela de Arquitectura y Urbanismo, Diciembre 2020. Pág 49-60.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v33i8.5507>



- 1 Escuela de Arquitectura y Urbanismo. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: dporras@tec.ac.cr.  
 <https://orcid.org/0000-0002-8917-1652>
- 2 Escuela de Arquitectura y Urbanismo. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: kgarcia@tec.ac.cr.  
 <https://orcid.org/0000-0002-2507-8627>
- 3 Escuela de Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: damendez@tec.ac.cr.  
 <https://orcid.org/0000-0002-7586-5485>



## Palabras clave

Lesiones en edificaciones; arquitectura; bibliometría; patología de la edificación; técnicas no invasivas.

## Resumen

Este artículo aporta conocimiento al estado de la investigación de la patología de la construcción, tema poco desarrollado en Costa Rica, pero con potencial de generar investigación aplicada y contextualizada a las particularidades del país. Metodológicamente, el artículo se basó en un estudio bibliométrico realizado a partir de la base de datos de Scopus y analizada a través del programa Bibliometrix.

Como principales resultados del estudio se obtuvieron 268 registros de publicaciones asociadas a los términos de búsqueda “*building pathology*”, “*construction pathology*” y “patología de la construcción”, abarcando un período de 1983 al 2020 y siendo las revistas, la fuente de mayor recurrencia en cuanto a publicaciones se refiere. A partir del análisis de las palabras clave se determinaron temáticas asociadas tales como: edificaciones, concreto, paredes, preservación histórica, construcción, técnicas no destructivas, entre otras. Entre los autores con mayor cantidad de publicaciones destaca Jorge De Brito, con el mayor índice H. En cuanto a la procedencia de la producción científica resalta España con un total de 147 contribuciones, siendo además, el país que presenta la mayor cantidad de colaboraciones internacionales.

Se concluye que la mayor producción científica sobre patología de la construcción se ha centrado en la última década, en idioma inglés, siendo España el país con mayor aportación. Se logra evidenciar el vínculo de la patología de la construcción con áreas como la restauración patrimonial, las técnicas no invasivas y materiales de construcción, principalmente concreto.

## Keywords

Building damages; architecture; bibliometrix; building pathology; non-invasive techniques.

## Abstract

This article contributes to the state of research in construction pathology, a topic little developed in Costa Rica, but with the potential to generate applied and contextualized research to the particularities in the country. Methodologically, the article was based on a bibliometric study carried out from the Scopus database and analyzed through the Bibliometrix program.

The main results of the study were 268 records of publications associated to the search terms “*building pathology*”, “*construction pathology*” and “patología de la construcción”, covering a period from 1983 to 2020 and the journals were the source of greatest recurrence in terms of publications. From the analysis of the keywords, associated themes were determined such as: buildings, concrete, walls, historical preservation, construction, non-destructive techniques, among others. Jorge De Brito stands out among the authors with the greatest number of publications, with the highest H index. With regard to the origin of scientific production, Spain stands out with a total of 147 contributions, and is also the country with the greatest number of international collaborations.

It is concluded that the greatest scientific production on construction pathology has been focused on the last decade, produced in English, and Spain being the country with the greatest contribution. The link between construction pathology and areas such as heritage restoration, non-invasive techniques and construction materials, mainly concrete, is evident.

## Introducción

Las edificaciones son propensas a sufrir daños y alteraciones que con el paso del tiempo pueden afectar su funcionamiento, estética e incluso poner en riesgo su estabilidad estructural comprometiendo la salud y la vida de los usuarios. De ahí la importancia del estudio de las lesiones sufridas por los edificios para poder plantear tratamientos oportunos.

La patología de la construcción es la ciencia dedicada al estudio de los problemas o enfermedades de las edificaciones que afectan su estado ideal de equilibrio o funcionamiento [1]. Puede considerarse como una rama de la tecnología de la construcción dedicada a estudiar sistemáticamente las disfuncionalidades de los edificios que surgen durante su vida útil como consecuencia de procesos degenerativos provocados por situaciones anormales [2].

Son diversos los factores y agentes que pueden causar lesiones en los inmuebles, algunos de ellos surgen de condiciones intrínsecas como la propia antigüedad del inmueble y otras, por su parte, responden a situaciones externas, como pueden ser los daños antrópicos. Asimismo, las lesiones pueden clasificarse según su origen, por ejemplo, se encuentran las de tipo mecánico, físico, químico y orgánico. Esta diversidad hace que la patología de la construcción requiera de una serie de conocimientos que van más allá de una sola profesión y que implica la necesidad de realizar trabajo interdisciplinario para atender los problemas que aquejan a un inmueble.

El concepto de la patología de la construcción, se origina como una analogía al contexto médico y a su práctica metódica [3], pues al igual que un paciente, las edificaciones requieren de estudios y análisis que permitan conocer en detalle las causas de las lesiones para que los especialistas puedan establecer los tratamientos necesarios y efectivos para cada enfermedad particular. Un estudio patológico riguroso de las edificaciones que permita establecer un diagnóstico oportuno, puede hacer la diferencia a la hora de intervenir un inmueble.

El desarrollo tecnológico actual ha permitido contar con un importante número de instrumentos para realizar diagnósticos más precisos y concluyentes de las lesiones en edificaciones. Por ejemplo, tecnologías como la termografía, el escaneo láser, la microscopía, el ultrasonido, entre otras, permiten estudiar los edificios generando impactos mínimos y obteniendo resultados que van más allá de lo perceptible a simple vista.

La patología de la construcción es un área interdisciplinar que se ha venido robusteciendo desde su aparición hace más de 35 años [4]. El amplio conocimiento que se ha desarrollado desde entonces ha permitido que se tomen decisiones racionales sobre las edificaciones; siempre orientadas por la fiabilidad y la producción efectiva, bajo una perspectiva profesional y objetiva [5].

Este artículo pretende exponer, a través de un análisis bibliométrico, el estado de la investigación sobre la patología de la construcción, con la finalidad de identificar los cambios en su conceptualización a través de los años, su vinculación temática con otras áreas de conocimiento, las tendencias en los temas tratados en las investigaciones, así como la ubicación del origen de las publicaciones. Esta aportación se enmarca en el desarrollo del proyecto de investigación de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Tecnológico de Costa Rica (TEC): “Implementación de técnicas no invasivas para el estudio patológico de edificaciones patrimoniales”, en el cual participan las escuelas de Arquitectura y Urbanismo e Ingeniería Forestal del TEC, en colaboración con el Museo Nacional de Costa Rica.

Dicha investigación de carácter multidisciplinar busca generar conocimiento y experiencia en el uso de este tipo de técnicas para profundizar en el estudio patológico de edificaciones patrimoniales costarricenses. Se plantea como caso de estudio el conjunto edificatorio del Museo Nacional de Costa Rica, el cual además de su relevancia patrimonial, constituye un laboratorio para la experimentación de técnicas no invasivas a partir de los materiales y sistemas constructivos de los siglos XIX y XX presentes en sus edificaciones.

El análisis bibliométrico desarrollado por este artículo responde al objetivo específico 2 del proyecto: “Definir las técnicas no invasivas según su pertinencia al objeto de estudio y al contexto nacional”. Dado el poco desarrollo del tema en Costa Rica, se hizo necesario establecer previo a la definición de las técnicas un estado de la investigación que abarque el concepto de patología de la construcción, como área de conocimiento en la que se enmarcan.

## Metodología

La abundante información científica en los últimos años ha generado la necesidad de establecer nuevas formas de medición y seguimiento por parte de los investigadores. El análisis bibliométrico, hace uso de análisis estadísticos y métodos matemáticos para la obtención de indicadores confiables asociados a la calidad de la producción. Tras una búsqueda de información vinculada a la patología de la construcción, no se logró identificar publicaciones similares que utilicen el análisis bibliométrico; por ende, se emplearon ejemplos de su aplicación en otros ámbitos disciplinarios [6], [7], [8], [9] para conocer sobre el uso de la metodología.

Este artículo responde a la necesidad de contar con información precisa en cuanto al estado de la investigación sobre la patología de la construcción, de modo que permita la toma de decisiones para el abordaje del proyecto de investigación. De esta manera, es posible obtener información del número de documentos publicados por una institución o un país, un grupo de investigación o investigadores con mayor productividad científica, indagar los cambios en cuanto a la terminología científica empleada, así como las colaboraciones existentes entre países o regiones. Asimismo, el factor de impacto, complementa estos indicadores y evalúa los nuevos conocimientos y resultados de este campo de investigación.

Para el desarrollo de esta publicación se empleó un enfoque cuantitativo apoyado en el uso de la herramienta de código abierto Bibliometrix [10], empleando el lenguaje gráfico R [11], que incluyó consultas vinculadas a los principales tipos de estudios bibliométricos de análisis: descriptivos, relacionales y evaluativos. El descriptivo permitió analizar el nivel de producción en un campo, comparando entre instituciones o países en diferentes períodos. El relacional pretendió analizar la estructura cognitiva de los temas de investigación, la aparición de nuevos espacios o los patrones de coautoría nacional o internacional, y finalmente, el evaluativo valoró el impacto de las publicaciones académicas y comparó las contribuciones entre investigaciones [12].

El flujo de trabajo bibliométrico consta de cinco etapas: primero, el diseño del estudio que incluye la definición de la pregunta y el método bibliométrico a utilizar; el segundo, la recopilación de datos en la base seleccionada, en la cual se filtran los documentos y exportan los datos; el tercero, consiste en el análisis de los datos mediante un programa informático; el cuarto, la visualización de la información y finalmente, su interpretación y descripción como quinta etapa.

Para el análisis bibliométrico expuesto en este artículo, la etapa uno consistió en definir el objetivo y utilidad de la aplicación de esta herramienta para el estudio del concepto de la patología de la construcción dentro del contexto del proyecto de investigación. Como segunda etapa, se llevó a cabo un proceso sistemático y reproducible de búsqueda, clasificación y filtrado de términos para la obtención del conjunto de registros bibliográficos a través de la versión en línea de Scopus (<https://www.scopus.com/>).

El grupo de términos de búsqueda utilizados en títulos, resumen y palabras clave fueron: “patología de la construcción”, “*building pathology*” y “*construction pathology*”, generando un resultado total de 7553 registros, al 30 de abril de 2020. En inglés los términos “*building pathology*” y “*construction pathology*” se utilizan para referirse en general al mismo campo, aunque el primero presenta un mayor uso; en español se ha utilizado de forma generalizada el término “patología de la construcción”.

A la base de información obtenida se le aplicaron filtros, que fueron excluyendo registros conforme a “*subject area*”, “*document type*”, “*source title*”, “*language*”, “*publication stage*” y “*keyword*” para un total de 411 registros. Posteriormente, mediante una revisión manual en la que se suprimieron publicaciones que se encontraban fuera de contexto, se generó una base de datos final con un total de 268 registros, los cuales se descargaron en un archivo .bib para su utilización en la plataforma Biblioshiny.

La aplicación Bibliometrix, a través de su herramienta Biblioshiny [13], permite importar datos bibliográficos para completar el flujo de trabajo bibliométrico [14]. A partir de las opciones que brinda esta herramienta, en el cuadro 1, se muestran las secciones utilizadas, la unidad de análisis y su aplicación conforme al objetivo de la investigación. Los principales insumos obtenidos serán presentados y analizados en la sección de resultados.

**Cuadro 1.** Aspectos considerados para el análisis bibliométrico a través de Bibliometrix.

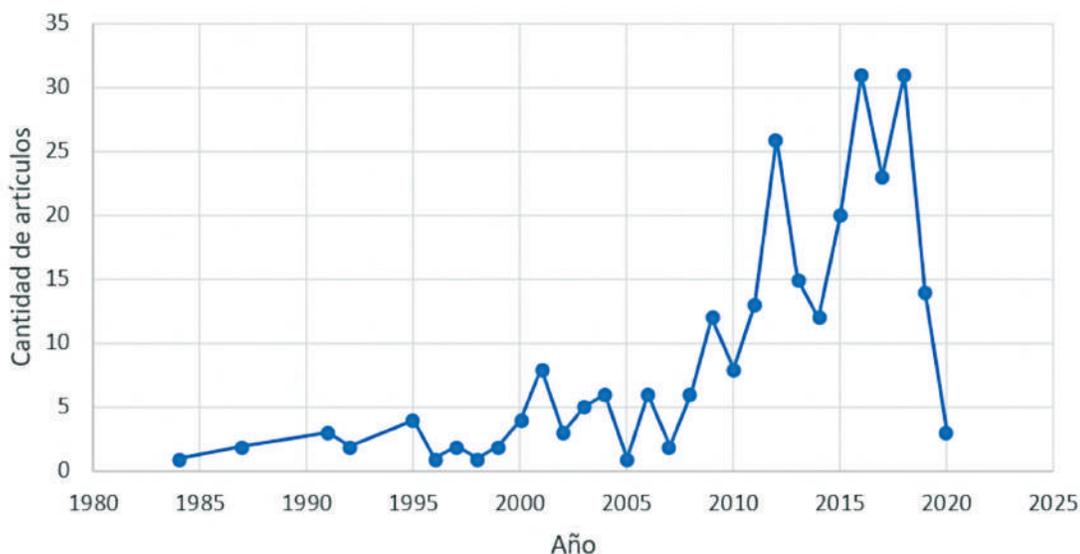
Sección de Biblioshiny	Unidad de análisis	Utilidad
“Filter”	Título y palabras clave	Determinar las relaciones entre conceptos e identificar su evolución.
“Dataset (Main information about the collection)”	Tipo de publicación	Identificar el tipo de publicación más recurrente.
“Dataset (Annual Scientific Production)”	Publicaciones por año	Identificar las variaciones en el número de publicaciones anuales y determinar los años de mayor producción científica.
“Sources (Most Relevant Sources and Source Impact)”	Tipo y nombre de las fuentes con mayor número de publicaciones, publicaciones por revista e índice H	Identificar cuáles son las fuentes de mayor difusión de la temática, así como su impacto a partir del índice H.
“Sources (Source Dynamics)”	Número de publicaciones por año en las fuentes de mayor difusión	Determinar la evolución del número de publicaciones en las fuentes de mayor difusión desde 1983 (primera publicación registrada en Scopus, según la base de datos del TEC).
“Authors (Most Relevant Authors)”	Nombres de los autores con mayor número de publicaciones y el número de publicaciones por autor	Determinar cuáles son los autores con mayor producción científica.
“Authors (Author’s Production over Time)”	Número de publicaciones por autor y año	Determinar el desarrollo de las publicaciones científicas por autor a lo largo del tiempo.
“Authors (Author Impact)”	Índice de impacto por autor	Identificar a los autores más destacados en el campo de la patología de la construcción.
“Countries (Country Scientific Production)”	Países con mayor número de publicaciones	Identificar los países en los cuales se está desarrollando más investigación y publicaciones.
“Documents (Word Cloud)”	Palabras clave	Identificar las palabras clave más utilizadas dentro de las publicaciones asociadas a los términos principales: “building pathology, construction pathology y patología de la construcción”.
“Conceptual Structure (Thematic Map)”	Palabras clave	Destacar los temas predominantes dentro de las palabras clave.
“Social Structure (Collaboration World Map)”	Frecuencia de colaboraciones entre investigadores de diferentes países	Identificar las colaboraciones a nivel internacional en el campo de investigación.

## Resultados

Del total de registros encontrados en la base de datos de Scopus (7553), el término en español “patología AND construcción” presentó el menor volumen de registros con 0,04 %. El uso de la palabra patología tanto en inglés como en español en las búsquedas elevó los registros al incluir áreas relacionadas a la medicina humana; al excluir estos registros se obtuvo un total de 948 en su mayoría relacionados a patrimonio arquitectónico, materiales de construcción, edificaciones, técnicas no destructivas, entre otros.

Tomando en cuenta sólo fuentes como artículos científicos, libros, capítulos de libros y actas de congresos se obtuvieron 874 registros, según los títulos de estas fuentes se refinó la búsqueda a un total de 668 registros, excluyendo reportes del área de medicina humana. Considerando registros solo en inglés y español se obtuvo un total de 650, siendo el idioma inglés el más utilizado para publicar con 90 %. En el último aspecto empleado para refinar la búsqueda, se llegó a un total de 411 registros considerando palabras clave relacionadas al área de interés.

Finalmente, después de la revisión manual de cada artículo por título y resumen, se obtuvo un total de 268 registros, los cuales corresponden a la base de datos empleada en Biblioshiny. Como se observa en la figura 1, se obtuvieron publicaciones desde 1983 hasta el primer trimestre de 2020, con una mayor producción en los años 2016 y 2018 con 31 publicaciones en ambos años, reflejando una tasa de producción anual de 3,73 % para el uso de los tres términos de búsqueda. Además, se observó cómo a partir del año 2009 la contribución científica aumentó considerablemente con respecto a la temática.



**Figura 1.** Producción científica anual en la base de datos Scopus para los términos de búsqueda: Pathology AND Construction, Building AND Pathology y Patología AND Construcción, de 1983 a 2020.

De 1983 a 2000 la producción fue aproximadamente de 1 a 2 artículos por año, siendo el año 1995 la excepción con 4 artículos (figura 1); el término “building” es el factor común en estos artículos [15], [16], [17], [18], [19]. A partir del año 2001 al 2008 la producción promedio fue 4,6 artículos por año, donde se empieza a consolidar el uso del término “building pathology”. Finalmente, después del año 2009 aparece el término “construction pathology”, principalmente por el estudio con técnicas no invasivas de los diferentes materiales de construcción en edificaciones patrimoniales [20], [21], [22].

Las primeras nueve fuentes de información han registrado un total de 115 publicaciones lo cual representa un 42,9 %; como se observa en el cuadro 2 de las nueve fuentes, siete de ellas son revistas, una es un congreso con indexación (Rehabend) y solo una es un libro (*Rilem Bookseries*); de estas revistas, dos son de acceso libre. Las revistas *Materiales de Construcción e Informes de la Construcción* y el Congreso Euro Americano Rehabend aceptan artículos y ponencias escritos en el idioma español. Por otro parte, las revistas *Construction and Building Materials* y *Materiales de Construcción* presentan los valores más altos con respecto a su índice H (cuadro 2).

**Cuadro 2.** Fuentes de mayor producción científica y su índice H en la base de datos Scopus para los términos de búsqueda: Pathology AND Construction, Building AND Pathology y Patología AND Construcción, de 1983 a 2020.

Fuente	Cantidad de artículos	Índice H
Rehabend	23	2
<i>Construction and Building Materials</i>	18	8
Materiales de Construcción	18	6
Informes de la Construcción	13	4
<i>Advanced Materials Research</i>	10	1
<i>International Journal of Architectural Heritage</i>	10	3
<i>Journal of Performance of Constructed Facilities</i>	9	5
<i>Structural Survey</i>	8	4
<i>Rilem Bookseries</i>	6	1

El enfoque de estas nueve fuentes hace referencia en su mayoría al análisis patológico mediante el uso de técnicas no invasivas, principalmente en los diferentes materiales de construcción para edificaciones tanto consideradas patrimonio como aquellas sin declaratoria. Como se observa en la figura 2 el aumento de publicaciones a partir del año 2009 y los congresos con indexación en Scopus más recientes como Rehabend desde el 2014, se han presentado conforme se ha ido desarrollando y aplicando estas técnicas no invasivas en edificaciones [23], [24], [25].

El análisis bibliométrico de las palabras clave plus, abarca las palabras clave dadas por los autores y las palabras que más se usan en los títulos y resúmenes. Como se observa en la figura 3 las palabras “pathology”, “buildings”, “concretes”, “historic preservation”, “building materials”, predominan por su empleo con mayor frecuencia. Además, se observa la presencia de palabras que están relacionadas entre sí como detección de daños, defectos, inspección, degradación, diagnóstico, análisis de fallas, las cuales hacen referencia a métodos para determinar lesiones en las edificaciones. A pesar de que no se mencione la palabra patrimonio tal cual, la integración de otras palabras como reparación, restauración, preservación histórica hacen referencia a edificios patrimoniales.



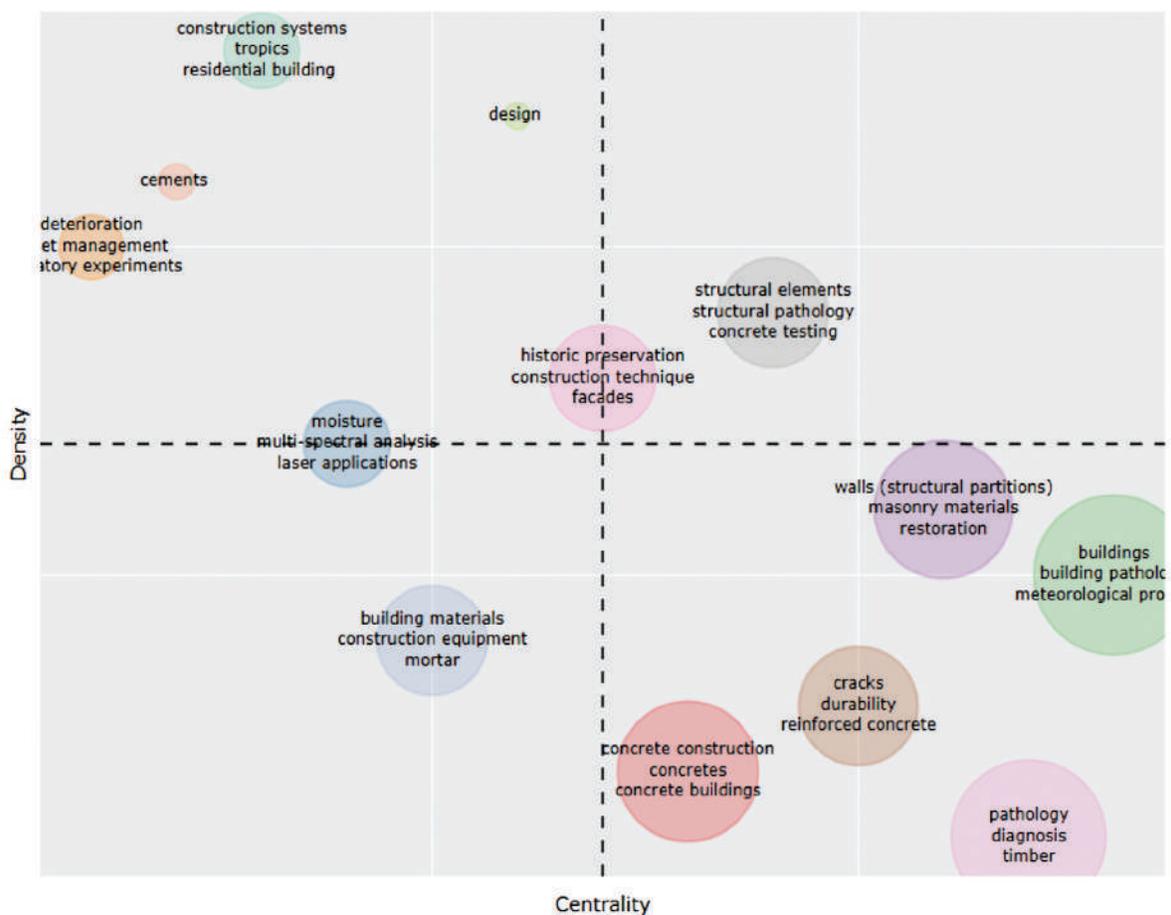
**Figura 2.** Dinámica anual de las fuentes de mayor producción científica en la base de datos Scopus para los términos de búsqueda: Pathology AND Construction, Building AND Pathology y Patología AND Construcción, de 1983 a 2020.



**Figura 3.** Palabras clave plus consideradas por la herramienta Bibliometrics de R en la base de datos de Scopus para los términos de búsqueda: Pathology AND Construction, Building AND Pathology y Patología AND Construcción, de 1983 a 2020.

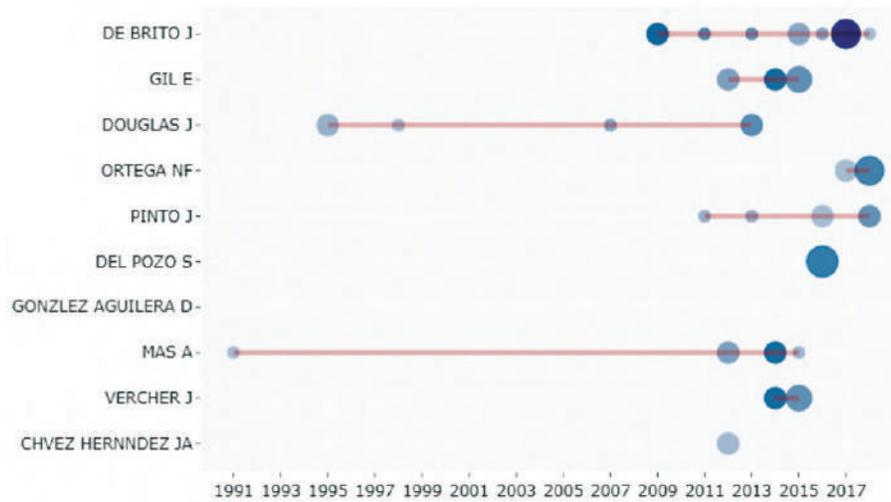
El análisis de la frecuencia en el uso de términos en palabras clave permitió obtener resultados a partir de ocurrencias superiores a cuatro; como se muestra en el mapa temático de la figura 4, se observa en el cuadrante superior izquierdo temas altamente desarrollados, aunque aislados, como: sistemas constructivos, cementos, deterioro y trópico. En el cuadrante superior derecho se ubican temas del motor central como la preservación histórica, técnicas constructivas, fachadas, elementos estructurales, patología estructural y pruebas de concreto. En el cuadrante inferior izquierdo, se muestran temáticas que recién comienzan a ser tendencia, como la humedad, análisis multiespectrales, materiales de construcción, equipamiento de construcción,

morteros, meteorología y ladrillo de cal. Por último, el cuadrante inferior derecho, muestra los temas básicos y transversales asociados a los términos de búsqueda empleados, por ejemplo: paredes, materiales de mampostería, restauración, techos, mampostería, construcción de mampostería, análisis de fallas, piedra, patrimonio cultural, edificaciones, patología de la construcción, problemas meteorológicos, construcción, defectos, mantenimiento, industria de la construcción, diseño arquitectónico, método constructivo, degradación, grietas, durabilidad, concreto reforzado, vigas de hormigón y viguetas, corrosión, construcción de concreto, concreto, edificios de concreto, análisis estructural, análisis no destructivos, detección de daños, pruebas no destructivas, patología, diagnóstico, madera, inspección, arquitectura, edificios religiosos, reparaciones, ingeniería civil, cubierta, diseño estructural, entre otros.



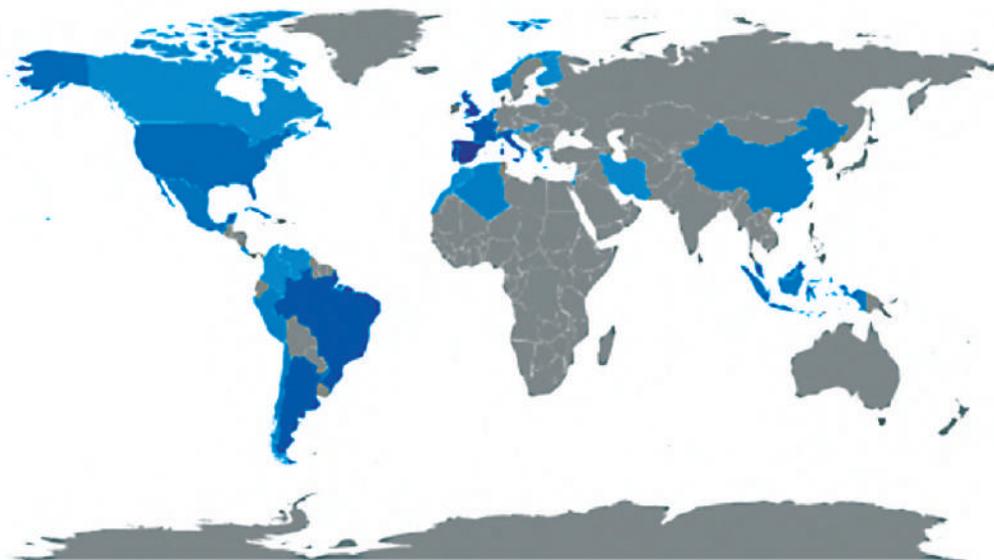
**Figura 4.** Mapa temático según análisis bibliométrico para la base de datos de Scopus con los términos de búsqueda: Pathology AND Construction, Building AND Pathology y Patología AND Construcción, de 1983 a 2020.

En cuanto al análisis por autores, los 10 autores con mayor cantidad de publicaciones representan un 23 % del total de registros analizados, siendo Jorge De Brito, un investigador de la Universidad de Lisboa, el autor con mayor índice H (7) y número de artículos publicados (12). En la figura 5, se observa cómo de estos 10 autores, María de los Ángeles Mas Tomas, investigadora de la Universidad Politécnica de Valencia, ha publicado desde 1991. La mayor cantidad de publicaciones se reflejan en los años 2012 y 2014, según el tamaño de los círculos; así mismo, los años donde sus artículos han sido de mayor citación se observan por la intensidad del color azul en los círculos.



**Figura 5.** Producción por año según los 10 autores más relevantes en la base de datos Scopus para los términos de búsqueda: Pathology AND Construction, Building AND Pathology y Patología AND Construcción, de 1983 a 2020.

Asimismo, en la figura 5 se observa cómo seis de esos autores comenzaron a publicar sus trabajos relacionados a los tres términos de búsqueda a partir del año 2009 y han presentado una gran cantidad de citas, según la intensidad del color azul en los círculos. Al obtener la producción científica por país, en la figura 6 se observa cómo España es el país con mayor cantidad de contribuciones (147), seguido de Portugal con 87, Brasil con 33, Reino Unido con 31 y Argentina con 28; siendo los países con un tono de azul más intenso.



**Figura 6.** Producción científica por país según la base de datos de Scopus para los términos de búsqueda: Pathology AND Construction, Building AND Pathology y Patología AND Construcción, de 1983 a 2020.

También se observan tonos de color azul en los países de México (5) y Costa Rica (1) [26]. Además, según el análisis bibliométrico, España es el país que más trabajos ha realizado en conjunto con otros países como Brasil, Portugal y Cuba.

## Conclusiones

El flujo de trabajo bibliométrico desarrollado para este artículo permitió incorporar una herramienta novedosa y de gran utilidad para la investigación en que se enmarca. La posibilidad de generar procesos de análisis de manera más eficiente y eficaz a través del programa Bibliometrix acelera y racionaliza actividades propias del trabajo investigativo.

Como principales conclusiones del análisis bibliométrico realizado puede extraerse lo siguiente:

Si bien la patología de la construcción es un campo que existe hace casi 40 años, es en la última década donde se ha llevado a cabo un mayor esfuerzo de investigación y publicación.

A partir de la revisión manual de los artículos y los datos mostrados en el mapa temático se puede establecer que existe un vínculo fuerte entre la patología de la construcción y la restauración e inmuebles patrimoniales, de ahí que buena parte de la producción científica esté relacionada a estudio de casos sobre intervenciones en patrimonio edificado.

Se determinó la relación del término “building construction” con las técnicas no invasivas por medio de la aparición de ambos conceptos y su desarrollo posterior.

Se identificó la relación entre la patología de la construcción y el comportamiento de algunos materiales, en específico el concreto y la mampostería, los cuales son temas recurrentes en las publicaciones científicas identificadas.

El estudio de la patología de la construcción a lo largo de los años en que se cuenta con producción científica se ha centralizado en la Península Ibérica, principalmente España, siendo la gran mayoría de las aportaciones publicadas en idioma inglés.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del TEC por el apoyo brindado para la realización del proyecto de investigación: ‘Implementación de técnicas no invasivas para el estudio patológico en edificaciones patrimoniales’, en el cual se enmarca este artículo.

## Referencias

- [1] E. Zanni. Patología de la construcción y restauro de obras de arquitectura. Editorial Brujas, 2008, pp. 295.
- [2] F. Lasheras. “Algunos conceptos básicos en patología de la edificación = Some Basic Concepts in Building Pathology”, *Revista electrónica ReCoPar*, no 1, pp. 18-26, 2014.
- [3] A. Thomsen. Housing pathology, a new domain or a new name?. ENHR 2013 Conference, Tarragona. 2013.
- [4] D. S. Watt, Building pathology: Principles and practice, John Wiley & Sons, 2009, pp. 297.
- [5] G. Molnárka, “The methodology in visual examination in building pathology”, *HEJ*, pp. 8, Jan, 2001.
- [6] J. I. Rojas-Sola & I. Aguilera-García, “Global bibliometric analysis of Building Information Modeling through the Web of Science Core Collection (2003-2017)”, *Informes de la Construcción*, vol. 72, no. 557, pp. 10-3989, 2020.
- [7] B. B. Zhou, J. Wu, & J.M. Anderies, “Sustainable landscapes and landscape sustainability: A tale of two concepts”, *Landscape and urban planning*, vol. 189, pp. 274-284, Sept, 2019.
- [8] X. Su, X. Li, & Y. Kang, “A bibliometric analysis of research on intangible cultural heritage using CiteSpace”, *SAGE Open*, vol. 9, no. 2, Apr, 2019.
- [9] V. Della Corte, G. Del Gaudio, F. Sepe, & F. Sciarelli, “Sustainable Tourism in the Open Innovation Realm: A Bibliometric Analysis”, *Sustainability*, vol. 11, no. 21, pp. 6114, Nov, 2019.



- [10] M. Aria, & C. Cuccurullo, "Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis", *Journal of Informetrics*, vol. 11, no. 4, pp. 959-975, Nov, 2017.
- [11] R Core Team, *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org>, 2016.
- [12] M. Thelwall, "Bibliometrics to webometrics", *Journal of Information Science*, vol. 34, no. 4, pp. 605-621, Jun, 2008. doi: 10.1177/0165551507087238.
- [13] M. Aria, & C. Cuccurullo, *Biblioshiny. The shiny interface for bibliometrix*. Bibliometrix R Package. <https://www.bibliometrix.org/Biblioshiny.html>, 2020.
- [14] I. Zupic, & T. Šater, "Bibliometric methods in management and organization", *Organizational Research Methods*, vol. 18, no. 3, pp. 429-472, Dec, 2015.
- [15] R. Becker, "Quality of performance in-use of building systems", *Building and Environment*, vol. 19, no. 3, pp. 151-155, 1984.
- [16] UK. Cambridge, "Building Pathology", *Building Research & Information*, vol. 20, no. 3, pp. 143-149, 1992.
- [17] J. Douglas, & J. Singh, "Investigating dry rot in buildings", *Building Research & Information*, vol. 23, no. 6, pp. 345-352, 1995.
- [18] J. Singh, & N. White, "Timber Decay in Buildings: Pathology and Control", *Journal of Performance of Constructed Facilities*, vol. 11, no. 1, pp. 3-12, Feb, 1997.
- [19] M. Shelbourn, G. Aouad, M. Hoxley and E. Stokes, "Learning building pathology using computers – a prototype application", *Structural Survey*, Vol. 18 No. 2, pp. 111-119, May, 2000.
- [20] G.D. Ercolani, N.F. Ortega, C. Priano & L. Señas, "Briefing: Non-destructive evaluation and contrasts of concrete overheated and abruptly cooled", *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Structures and Buildings*, vol. 171, no. 6, pp. 427-433, Jun, 2018.
- [21] I. Flores-Colen, J. de Brito, Renders. In: Gonçalves M., Margarido F. (eds) *Materials for Construction and Civil Engineering*. Springer, Cham, 2015.
- [22] L. Ortega, B. Serrano-Lanzarote, J. M. Fran-Bretones, "Identificación de procesos patológicos más frecuentes en fachadas y cubiertas en España a partir del método Delphi", *Informes de la Construcción*, vol. 67, no. 537, Nov, 2015.
- [23] E. Bauer, P.M. Milhomen & L.A.G. Aidar, "Evaluating the damage degree of cracking in facades using infrared thermography", *Journal of Civil Structural Health Monitoring*, vol. 8, no. 3, pp. 517-528, 2018.
- [24] R. Napolitano, Z. Liu, C. Sun & B. Glisic, "Combination of image-based documentation and augmented reality for structural health monitoring and building pathology", *Frontiers in Built Environment*, vol. 5, no. 50, Apr, 2019.
- [25] C. Lerma, Á. Mas, J. Vercher & M.J. Peñalver, "Pathology of building materials in historic buildings. Relationship between laboratory testing and infrared thermography", *Materiales de Construcción*, vol. 64, no. 313, Jan - Mar, 2014.
- [26] B. Gonzalez-Rodrigo, R. Tendero-Caballero, M. García-De Viedma, J. Pestana-Puerta, A. Carrio-Fernández, J. Sánchez-López, R. Suárez-Fernández, P. Campoy-Cervera, J. Bonatti-González, J. Rejas-Ayuga, R. Martínez-Marín y M. Marchamalo-Sacristán. "Thermal monitoring of facades by UAV: application for building rehabilitation", *DYNA*, vol. 91, no. 5, pp. 571-577, Set, 2016.

# Los centros históricos y la planificación urbana en Costa Rica

## Historical center and urban planning in Costa Rica

Dominique Chang-Albizurez<sup>1</sup>, Rosa Elena Malavassi-Aguilar<sup>2</sup>

---

Chang-Albizurez, D; Malavassi-Aguilar, R. Los centros históricos y la planificación urbana en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Edición especial. Escuela de Arquitectura y Urbanismo, Diciembre 2020. Pág 49-60.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v33i8.5508>



1 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Correo electrónico: dchang@tec.ac.cr.

 <https://orcid.org/0000-0002-9813-2006>

2 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Correo electrónico: rmalavasi@tec.ac.cr.

 <https://orcid.org/0000-0001-6051-1062>

## Palabras clave

Gestión del patrimonio; conservación de los bienes culturales; marco jurídico; legislación; jurisprudencia; gobierno municipal.

## Resumen

Este artículo expone los primeros resultados del análisis del marco jurídico existente para la gestión de Centros Históricos como parte del territorio, en particular el caso de Liberia, como parte del proyecto “Línea base para la gestión sostenible del Centro Histórico de la ciudad de Liberia.” El trabajo realiza un breve análisis documental y una revisión sistemática de las leyes, reglamentos y jurisprudencia al respecto de los centros históricos como bienes patrimoniales y recursos del territorio desde la potestad municipal de establecer instrumentos legales de ordenación de su territorio y planificación urbana.

Siguiendo la pirámide de Kelsen sobre la jerarquización del sistema normativo se seleccionaron las leyes, los decretos y reglamentos ejecutivos, así como la jurisprudencia relacionados con el patrimonio como parte del territorio, para este trabajo no se consideraron los tratados y convenciones internacionales sobre patrimonio ya que esto se ha abordado de manera exhaustiva en otros proyectos.

El aporte de este artículo es identificar el marco jurídico que da sustento a la reglamentación municipal como instrumento de gestión para los Centros Históricos como una herramienta más de conservación del patrimonio.

## Keywords

Heritage management; cultural property conservation; legal framework; legislation; jurisprudence; municipal government.

## Abstract

This article shows the first results existing of the legal framework for the management of Historical Centers as part of the territory, particularly of the Liberia situation as part of the project “Baseline for the sustainable management of the Historical Center of Liberia City”. The project reviews a brief documentary analysis and a systematic review of the laws, regulations, and case law concerning the historical centers as a heritage property and the territory’s resources from the municipal power perspective of establishing legal instruments for the management of the territory and urban planning.

Following the Kelsen pyramid about the hierarchical regulatory system, there were selected executive laws, decrees, and rules, as well as related case law with a heritage property as part of the territory, for the present paper there were no considerations of the international conventions about heritage property since this was addressed comprehensively in other projects.

The contribution of this article is to identify the regulatory framework that sustains the municipal regulation as the management tool for heritage conservation of the Historical Center.

## Introducción

El presente artículo es producto del trabajo realizado en el proyecto de extensión “Línea base para la gestión sostenible del Centro Histórico de la ciudad de Liberia”, inscrito en la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Se parte de

una problemática que evidencia que el desarrollo inmobiliario de la ciudad de Liberia no está armonizado con el Centro Histórico. En este contexto, se propone el análisis del marco jurídico existente relacionado con la gestión de centros históricos. Tomando como punto de partida el caso de Liberia, en esta investigación se analizan las leyes, reglamentos y jurisprudencia costarricenses relacionados con los centros históricos. Así, se visualiza a los centros históricos como bienes patrimoniales y recursos del territorio que, desde la potestad municipal, permiten establecer instrumentos legales de ordenación del territorio y planificación urbana.

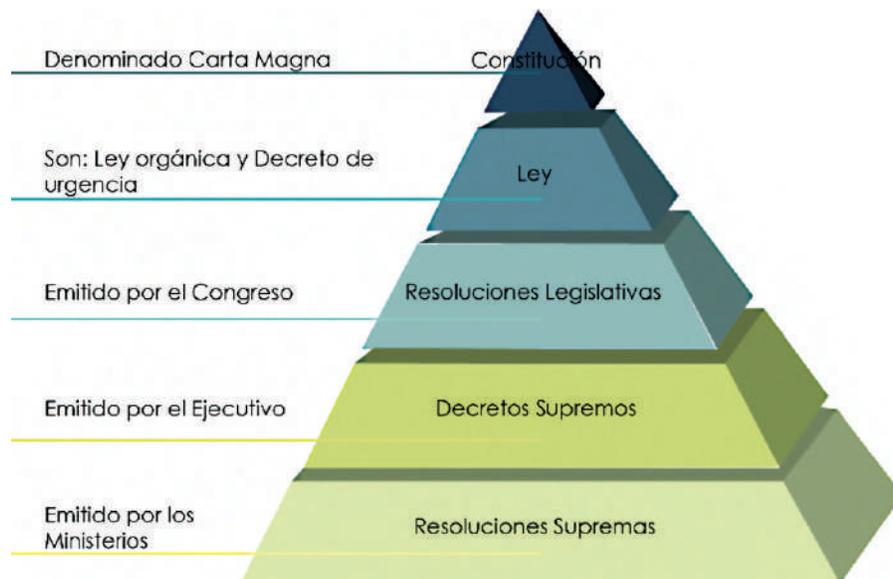
La ley 7555 sobre patrimonio histórico arquitectónico, define en el artículo 6° el concepto de centro histórico de esta forma: “Asentamientos de carácter irrepetible, en los que van marcando su huella los distintos momentos de la vida de un pueblo, que forman la base en donde se asientan las señas de identidad y su memoria social. Comprenden tanto los asentamientos que se mantienen íntegros como ciudades, aldeas o pueblos, como las zonas que hoy, a causa del crecimiento, constituyen parte de una estructura mayor. Forman parte del inmueble, monumento o sitio, las instalaciones fijas que en él se encuentren.” [1].

El centro histórico es una figura de protección de un conjunto con valor histórico, por este motivo se incluye en la legislación. Sin embargo, el M.Sc. Claudio Vargas explica que proteger un conjunto vía ley es muy complejo, porque las declaratorias patrimoniales son normas jurídicas que emanan de la Asamblea Legislativa [2]. Por este motivo, las declaratorias de centros históricos las realizan las municipalidades mediante acuerdo de Consejo Municipal. No obstante, la declaratoria de centros históricos por sí misma no es efectiva si esta no forma parte de la normativa jurídica municipal, por ejemplo, el plan regulador. En este punto es donde se establece el vínculo entre centro histórico y planificación urbana.

La planificación urbana es definida en el artículo 1 de la Ley n° 4240 como “...el proceso continuo e integral de análisis y formulación de planes y reglamentos sobre desarrollo urbano, tendiente a procurar la seguridad, salud, comodidad y bienestar de la comunidad.”[3] Como lo explica el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU) en su página web [4], la planificación urbana se compone de instrumentos técnicos y normativos que ordenan el uso del suelo, pero también regulan su transformación o conservación. La planificación urbana implica la participación de diversos actores, que incluyen la administración y la comunidad.

Las leyes, como las mencionadas anteriormente, forman parte de un sistema jurídico. Una forma de representar gráficamente ese sistema es la llamada Pirámide de Kelsen (ver figura 1), producto de la interpretación sobre las normas jurídicas que desarrolló el jurista y filósofo austriaco Hans Kelsen (1881-1973). Se trata de una jerarquía normativa, por lo tanto, implica la existencia de un orden. Galido Soza explica que en la jerarquía normativa existen dos principios: el principio de jerarquía, que se refiere a la gradación entre las normas, por ejemplo, la existencia de normas fundamentales y normas de segundo orden. El otro principio es el de competencia, que se refiere a la igualdad entre normas.

En el caso costarricense, la Pirámide de Kelsen incluye la siguiente jerarquía normativa que se aplica al análisis de los centros históricos en relación con la planificación urbana. En la cima de la pirámide se encuentra la Constitución Política de la República de Costa Rica, que en el artículo 169 señala que “La administración de los intereses y servicios locales en cada cantón, estará a cargo del Gobierno Municipal...”[6] De esta forma, la Constitución Política delimita la potestad municipal de administrar lo correspondiente a su territorio, por ejemplo, la planificación urbana, lo que a la vez incluye los centros históricos. Como lo explica la abogada Marcela Muñoz [7, p. 50], la Constitución define la autonomía municipal, lo que se refleja en el artículo 2 del Código Municipal, donde se señala que “La municipalidad es una persona jurídica estatal, con patrimonio propio y personalidad, y capacidad jurídica plenas para ejecutar todo tipo de actos y contratos necesarios para cumplir sus fines.” [8].



**Figura 1.** Pirámide de Kelsen. Fuente: Redibujo sobre gráfico tomado de

Según el principio de jerarquía de la pirámide de Kelsen, inmediato a la Constitución Política se encuentran las leyes. El artículo 15 de la Ley de Planificación urbana indica que “Conforme al precepto del artículo 169 de la Constitución Política, reconócese la competencia y autoridad de los gobiernos municipales para planificar y controlar el desarrollo urbano, dentro de los límites de su territorio jurisdiccional. Consecuentemente, cada uno de ellos dispondrá lo que proceda para implantar un plan regulador, y los reglamentos de desarrollo urbano conexos, en las áreas donde deba regir...”[3]

La misma Ley de Planificación Urbana, en su artículo 1, precisa el plan regulador como el instrumento de planificación local que define “...la política de desarrollo y los planes para distribución de la población, usos de la tierra, vías de circulación, servicios públicos, facilidades comunales, y construcción, conservación y rehabilitación de áreas urbanas.” [3]. Los aspectos mencionados involucran directamente a los centros históricos, que dentro de las zonas que puede contemplar un plan regulador, incluye las zonas especiales que, entre otros, comprende los “sitios con importancia histórica.” [3]. Las municipalidades tienen la competencia de establecer las normas que regulen su territorio, por ejemplo, además del Plan Regulador, pueden aprobar otros reglamentos que permiten hacer efectivo dicho plan.

A partir de los aspectos comentados en líneas anteriores, se establece la relación entre planificación urbana y centros históricos. Se mencionó que la Ley 7555 sobre Patrimonio Histórico Arquitectónico incluye los centros históricos, no obstante, a la fecha la protección de este tipo de conjuntos ha recaído en las Municipalidades mediante las declaratorias aprobadas por acuerdo de sus respectivos Consejos. Sobre este tema, Muñoz explica que, legalmente, las municipalidades no poseen oficinas o dependencias encargadas del patrimonio, no obstante, es posible crearlas mediante un reglamento [7, pp. 50-51]. Según explica la autora, las Municipalidades pueden tutelar el patrimonio a través de tres medios: el Plan de Desarrollo Municipal, el Plan Operativo Anual del alcalde de turno o cualquier otra medida de ordenamiento urbano.

Muñoz [7, p. 51] identifica el nexo entre la declaratoria patrimonial y los planes reguladores, situación que se observa en el artículo 10 de la Ley 7555 sobre Patrimonio Histórico Arquitectónico que indica: “La declaratoria ratificada por la Asamblea Legislativa de un bien como conjunto, sitio o centro histórico conlleva la obligación de cumplir con los planes

reguladores promulgados, según la Ley de Planificación Urbana, N° 4240, del 15 de noviembre de 1968 y sus reformas.” [9] La misma ley, en el artículo 11, indica que la protección de los inmuebles con valor histórico-arquitectónico prevalecerá sobre los planes y normas urbanísticas que le afecten. El artículo 60 del Reglamento a la Ley 7555 [9] señala que el Poder Ejecutivo, y la municipalidad respectiva, están obligados a velar por el cumplimiento de dicha ley.

Si bien en la legislación se señalan estas obligaciones a cumplir por parte de las instituciones involucradas en la gestión de los centros históricos, y se evidencia la relación que tienen los mismos con la planificación urbana, Muñoz [7, p. 51] explica que en Costa Rica no existe una descentralización institucional en torno al patrimonio, de forma que todo queda en manos de la planificación local, lo que no garantiza la gestión adecuada del patrimonio. Un aspecto que debe ser considerado es la coordinación entre las instituciones que tienen potestades sobre los centros históricos y la planificación urbana. Por ejemplo, el papel que juega el Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural (CICPC), dependencia del Ministerio de Cultura y Juventud encargada de preservar las manifestaciones culturales del país [10]. El CICPC otorga permisos para realizar intervenciones en los bienes arquitectónicos con declaratoria patrimonial, pero también cuenta con un formulario para otorgar permisos para realizar obras civiles en áreas de control especial municipal, por lo que el formulario aplica para municipalidades que cuentan con un plan regulador. No obstante, los trámites municipales y los trámites ante el CICPC se realizan en forma independiente.

Muñoz enfatiza en que los planes especiales deben formar parte de las políticas nacionales. La autora hace referencia a las Normas de Quito, del año 1967, que en su apartado cuatro indican que es una necesidad imperante la conciliación en los planes reguladores de las exigencias del progreso urbano con la protección de los valores ambientales [11]. La autora afirma que “De esta forma, por medio del urbanismo, la administración –nacional y local– puede proponer soluciones garantes, utilizando el concepto amplio de Patrimonio, por un lado, el bien cultural en sus manifestaciones monumento, sitio, conjunto o centro histórico, por el otro, todo aquello que lo dote de significación cultural, es decir, lugares, entorno, paisaje y ambiente que lo circunda y lo dota de significación cultural.” [12, p. 208] En esta línea se desarrolla esta investigación, en la que a continuación se analiza la jurisprudencia relacionada con centros históricos y la potestad de las municipalidades para establecer instrumentos normativos y técnicos que ordenen el territorio.

## Materiales y métodos

El enfoque de esta investigación es cualitativo. Se aplicará la técnica del análisis documental, que se define como un proceso basado en el análisis y crítica interpretativa de datos que proporcionan distintas fuentes [13, p. 27]. Se trata de una investigación exploratoria, que lleva al establecimiento de una hipótesis relacionada con los alcances que tienen las municipalidades en el establecimiento de normativa para gestionar los centros históricos como parte de la planificación de su territorio.

El método de análisis documental incluye las siguientes etapas [14, p. 143]:

- Búsqueda de fuentes. Las fuentes primarias consultadas son las sentencias emanadas por la Sala Constitucional relacionadas con la potestad municipal. Además, las siguientes leyes, reglamentos y códigos: Constitución Política de Costa Rica, Ley N° 4240 de Planificación Urbana, Ley N° 7555 de Patrimonio Histórico Arquitectónico, Ley N° 7794 Código Municipal de Costa Rica y el Reglamento para la Ley N° 7555 de Patrimonio Histórico Arquitectónico. Las principales fuentes secundarias son investigaciones de abogados que han estudiado la tutela del patrimonio y su relación con la planificación urbana: Marcela Muñoz Muñoz, Claudio Vargas Arias y Luis Eduardo Mesén García.

- Definición de categorías de análisis. Las fuentes primarias y secundarias fueron analizadas con el fin de identificar las siguientes temáticas: derecho a la propiedad privada y la regulación del uso de suelo en general, paralelismo entre el derecho ambiental y el derecho a la cultura, intereses sociales que pueden imponer límites lícitos a las propiedad privada.
- Organización de la información. El análisis se realiza en dos etapas, la primera es un análisis a nivel general de las sentencias de la Sala Constitucional a partir de las categorías de análisis. La segunda etapa, también se basa en las categorías de análisis, pero se dirige específicamente al estudio pronunciamientos de la Sala Constitucional con respecto a las disposiciones o reglamentos municipales relacionadas con infraestructura para telecomunicaciones.

## Resultados

Tanto la Ley de Patrimonio Histórico Arquitectónico como su Reglamento, establecen aspectos generales en cuanto a la corresponsabilidad de los municipios en la vigilancia, protección y conservación de los inmuebles declarados patrimonio y la prevalencia del régimen de protección [1], [9].

De la recopilación de jurisprudencia y el estudio de las sentencias más relevantes emanadas de la Sala Constitucional, se presenta un síntesis de los siguiente aspectos: lo referente al derecho a la propiedad privada y la regulación del uso de suelo en general; el paralelismo entre el derecho ambiental y el derecho a la cultura, como intereses sociales que pueden imponer límites lícitos a las propiedad privada; los pronunciamientos en relación a las disposiciones o reglamentos municipales como parte de la planificación urbana, tomando como punto de partida los concernientes a infraestructura para telecomunicaciones, ya que hay aspectos que pueden ser considerados para eventuales disposiciones municipales con respecto a bienes patrimoniales, tanto individuales como conjuntos y centros históricos.

La Sala Constitucional de la Corte Suprema de Justicia [15], reconoce la concepción dinámica del derecho de propiedad, en el sentido de que en pro del interés social es posible limitar la propiedad privada por medio de planes reguladores, sin que deba existir una indemnización, siempre que exista una razonabilidad en dichas limitaciones [16]. Aunque esta resolución corresponde a una acción contra la Dirección General de Aviación Civil y el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo, es igualmente aplicable al tema en cuestión.

Se han interpuesto varias acciones de inconstitucionalidad contra algunos artículos de la Ley de Patrimonio Histórico Arquitectónico de Costa Rica No 7555, en las resoluciones se ha enfatizado que la declaración de un bien como patrimonial no tiene carácter confiscatorio y que el concepto de propiedad privada ha evolucionado, en el entendido que ya no se considera "...un derecho absoluto e intocable, sino integrado y determinado por la convivencia en sociedad..." [17] Esto es fundamental, la propiedad privada no es ilimitada, si no supeditada al interés común y restringido en consideración a limitaciones razonables y constitucionalmente válidas.

El Código Civil francés, también conocido como Código Napoleónico, de 1804 y aún vigente, es referente para los juristas a nivel mundial. En su artículo 544 se establece que la propiedad es el derecho de gozar y disponer de las cosas de la manera más absoluta mientras no se haga un uso prohibido por las Leyes o por los Reglamentos, recordando que la propiedad privada debe ceder ante la utilidad pública y crea un equilibrio entre derechos de particulares y bien público.

En este sentido, la Sala Constitucional de la Corte Suprema de Justicia [17], reconoce que existen dos tipos de interés social que justifican la imposición de limitaciones a la propiedad, los relativos a la protección del ambiente y los de orden urbanístico. Hace particular énfasis

en como la ordenación urbanística incluye la protección del entorno “escénico” y la tutela del patrimonio histórico-arquitectónico como elementos que conforman la identidad nacional. Esta resolución se complementa con otra [18] que también establece un paralelismo entre los intereses sociales relativos al ambiente y la cultura citando las leyes referentes a la protección de bosque, bellezas naturales, patrimonio cultural y monumentos [19].

El bien histórico-arquitectónico comprende tanto al bien como al entorno que contribuye a su protección y puesta en valor, en el entendido que tanto el área geográfica a la que pertenece, como el paraje natural conforman el entorno; en el entendido que el entorno forma parte de la concepción integral del ambiente [17].

Importante resulta la reflexión que se realiza [17] en cuanto a la función social de la propiedad, en términos de los atributos históricos y artísticos, de fuerza simbólica del imaginario social y de la memoria colectiva que pueden llegar a representar los bienes considerados patrimonio arquitectónico y que resultan de interés colectivo. Los bienes así declarados patrimonio histórico-arquitectónico justifican su mantenimiento y conservación en provecho de la colectividad nacional.

En el caso de las limitaciones urbanísticas, la Sala Constitucional [20] reconoce el carácter temporal del derecho de propiedad cuando afirma que el derecho de propiedad se enmarca en ciertos límites razonables, dentro de los deberes que de él se derivan. La propiedad desempeña un rol particular, inclusive de carácter temporal, si se considera que cambia con respecto a la vigencia de un plan regulador, considerando que es un plan modificable por la autoridad, y por tanto los usos de la propiedad podrían también ser cambiados; en este sentido, las limitaciones impuestas a la propiedad por un plan regulador deben entenderse como limitaciones lícitas.

La reflexión de la importancia de la protección del entorno es fundamental para comprender la relación del patrimonio con la ciudad, y particularmente en este artículo la relación entre centros históricos y regulaciones urbanas, desde el marco jurídico. La Sala Constitucional [17] se establece que el entorno es un espacio que aunque no represente un valor cultural en sí mismo, sí contribuye a la conservación y el disfrute de los bienes que si lo posee, y que va mas allá del conjunto en el que se encuentran. En ese sentido, se afirma que las ordenaciones urbanísticas, son válidas, legítimas y necesarias para resguardar el bien cultural. La resolución va mas allá y hace referencia a la jurisprudencia constitucional en cuanto a la competencia urbana exclusiva de las municipalidades, referida en otras sentencias [18], [21]–[24] sobre los aspectos de las ordenaciones urbanísticas como la unificación de los colores en fachadas, estilo arquitectónica, altura de construcciones y otras, en las cuales debe actuar en forma coordinada con el Ministerio de Cultura y Juventud [25], [26]. Las municipalidades deben proceder desde su propio ámbito y adoptar las medidas necesarias en cuando a la ordenación del territorio y la planificación urbana para preservar el espacio en que se ubican los monumentos, sitios, conjuntos o centros históricos.

La Sala Constitucional [22] es enfática en cuanto a que los gobiernos locales tiene la potestad de planificar el desarrollo urbano dentro de sus territorios si integra el concepto constitucional de “intereses y servicios locales” a los que hace referencia el artículo 169 de la Constitución, esta competencia esta reconocida por la Ley de Planificación Urbana [3] y sus modificaciones.

La Sala Constitucional [27] ha reconocido que si bien dentro de las competencias municipales, está el control del desarrollo urbano y que esto comprende el imponer ciertas restricciones a las edificaciones que se pretendan construir, como por ejemplo determinar la altura máxima de las edificaciones, esta función debe ejercerse de forma racional, evitando arbitrariedad, para ello establece que deben tener un sustento técnico calificado que aporte datos objetivos, que determine de manera puntual en que zonas una construcción mayor a la altura máxima determinada, puede afectar la belleza escénica o el disfrute del patrimonio natural. Esta

resolución[27] puede tomarse como base no solo para construcciones que afecten el entorno natural, si no como se estableció en otras resoluciones, pueda alterar el entorno del patrimonio cultural o los paisajes histórico-culturales[17].

En este estudio se consideró importante establecer la relación que podría tener la jurisprudencia dictada en relación con la regulación municipal de infraestructura de telecomunicaciones con la eventual regulación municipal referente a patrimonio. Particularmente es interesante esta jurisprudencia, porque en los tres casos analizados correspondientes a la Municipalidad de Curridabat, Municipalidad de Montes de Oca y la Municipalidad de Santo Domingo de Heredia, las municipalidades regularon un interés local que debe contar con una licencia de construcción y de uso de suelo, que a su vez es un interés público nacional, así consignado en la Ley General de Telecomunicaciones y su Reglamento [28], [29], como sucede con temas patrimoniales. Importante hacer notar que tanto la Ley como el Reglamento de telecomunicaciones no establece ningún vínculo con las municipalidades, a diferencia de la Ley 7555 sobre Patrimonio Histórico Arquitectónico y su Reglamento, que sí establecen una corresponsabilidad. Estas tres municipalidad decidieron hacer reglamentos mas específicos que otras municipalidades, que aprobaron y publicaron el “Reglamento General para Licencias Municipales en Telecomunicaciones” que se trabajó con la Federación Metropolitana de Municipalidades.

En el caso particular de la Municipalidad de Curridabat, el “Reglamento general para la adaptación y armonización territorial del sistema de estructuras soportantes y continentes de radiobases de telecomunicaciones celulares”, regula el tipo de infraestructura de telecomunicaciones en el espacio público municipal, estableciendo parámetros técnicos específicos, e inicialmente impidiendo su ubicación en espacios privados [30]. El aspecto más importante es, que a pesar de las múltiples demandas no renunció a su deber de velar por los intereses colectivos locales, “en respeto y armonía a la sostenibilidad ambiental y urbanística, tomando en cuenta su impacto visual y medioambiental en el entorno urbano y natural” [31], las instalaciones de telecomunicaciones tienen un impacto visual y medioambiental en el entorno.

Si bien acorde a la Resolución del Tribunal Contenciosa Administrativo Sección VI [32] la Municipalidad se vio obligada a modificar algunos de los artículos del reglamento anteriormente citado, el espíritu del reglamento se mantuvo en el sentido que la Municipalidad siguió incidiendo en el tipo de impacto visual que representan la infraestructura de telecomunicaciones en el paisaje y entorno urbano.

En el caso de la Municipalidad de Montes de Oca, el “Reglamento de licencias municipales para infraestructura de telefonía celular en Montes De Oca” [33], establecía restricciones particulares en cuanto a zonificación, áreas mínimas y retiros, por lo que fue impugnado [34], al considerarlas arbitrarias, el argumento principal fue la falta de fundamentación técnica. Como consecuencia el Tribunal Contenciosa Administrativo Sección IX, ordenó anular los artículos en cuestión y emitir un nuevo reglamento que se ajustara al ordenamiento jurídico costarricense [34]. Finalmente, la Municipalidad emitió de nuevo el Reglamento en cuestión en el 2018 [35].

En el caso de la Municipalidad de Santo Domingo de Heredia, el “Reglamento de otorgamiento de licencias Municipales para infraestructura de telecomunicaciones en el cantón de Santo Domingo” [36], presenta artículos que carecen de fundamentación técnica y que fueron declarados nulos, consecuentemente se obliga a la Municipalidad a emitir nuevo reglamento [37], el cual se publica en el 2016.

Ante las impugnaciones de algunos de los artículos del reglamento de Montes de Oca, es rescatable lo dicho por el Tribunal Contenciosa Administrativo Sección VII [37] en el sentido de que no es estrictamente necesario contar con un plan regulador para emitir reglamentos

específicos, siempre y cuando los reglamentos no contravengan lo dictado en el ámbito nacional. Sin embargo, se vuelve a afirmar la necesidad de contar con fundamentación técnica.

Del análisis de la jurisprudencia de estos tres casos se extrajeron aspectos relevantes que tienen relación entre las competencias municipales, el control de desarrollo urbano y eventualmente los centros históricos como parte del patrimonio histórico arquitectónico.

En este mismo sentido, la Sala [38] ha sido más específica, al referir que cualquier regulación o reglamento que emitan las corporaciones municipales para fines de ordenamiento urbano debe subordinarse a lo dispuesto a nivel nacional, para no incurrir en ilegalidades. El Tribunal Contencioso Administrativo Sección VI [39], reafirma lo dicho por la Sala, al referir que cuando una municipalidad ejerza la potestad reglamentaria en materia urbana, debe estar sustentada en criterios técnicos y jurídicos que justifiquen la adopción de la norma. El Tribunal Contencioso Administrativo Sección IX [34], aclara que la fundamentación técnico-científica debe basarse en estudios, valoraciones, criterios y análisis realizados por un experto en la materia, quien debe emitirlos formalmente haciéndose responsable de lo vertido en ellos. Y siempre cuidar que “la disposición reglamentaria no puede ir más allá ni contravenir lo que dispone la Ley que regula la materia de reglamentación y competencia” [34]. Así mismo la Sala Primera de la Corte, reconoce que las disposiciones municipales para el control del desarrollo urbano responden a la “idiosincrasia local, el modelo de cantón, de ciudad y de distrito que, en común acuerdo, los munícipes quieren implementar; voluntad que, desde luego, requiere contar con el respaldo técnico propio de las normas urbanístico-ambientales” [40].

## Conclusiones y discusión

El tema de la propiedad privada ha sido punto de discusión desde el planteamiento mismo de la Ley 7555. En el expediente de aprobación de esta ley en la Asamblea Legislativa, se expresa la preocupación por declarar conjuntos con valor patrimonial, ya que se consideraba que la sola declaratoria de un inmueble ya correspondía a “limitaciones a la libertad o a la propiedad privada...” [41, p. 870] No obstante, las resoluciones de la Sala Constitucional consultadas demuestran la concepción dinámica del derecho a la propiedad en pro del interés social se limita mediante planes reguladores. La propiedad privada no es ilimitada, está supeditada al bien común.

La protección de los bienes patrimoniales tiene varias aristas. Una es la mencionada en las líneas anteriores sobre la supeditación de la propiedad privada al bien común, lo que lleva a otra arista: el interés social del patrimonio en relación con la identidad local y nacional, aspecto que también es señalado por la Sala Constitucional. La protección de conjuntos con valor patrimonial implica limitaciones lícitas sobre la propiedad privada y los intereses económicos de sus propietarios, sin embargo, también implica fortalecimiento de la identidad y dependiendo de su gestión, desarrollo social, económico y cultural para toda la comunidad. Para que los instrumentos normativos tengan fundamentación técnico-científica es necesario la coordinación de las instituciones implicadas y la participación de la academia y las asociaciones culturales del cantón o distrito de manera que tengan el alcance esperado y permitan una gestión adecuada.

En los centros históricos están representados tanto intereses locales como intereses nacionales, cada institución tiene su ámbito de aplicación y funcionan de manera inclusiva. En temas patrimoniales necesariamente tendrá que haber una aprobación por parte del CICPC, y en temas de uso de suelo, construcción, funcionamiento de establecimientos con atención al público debe necesariamente existir autorización municipal. Ambas instituciones están facultadas para establecer convenios e instrumentos procedimentales. Las municipalidades pueden establecer todos aquellos instrumentos normativos o reglamentos que consideren

necesarios para ordenar su territorio y planificar su desarrollo urbano, idealmente debe hacerse desde un plan regulador, pero de no contar con uno, su potestad no queda limitada. El CICPC y las universidades son quienes mejor pueden dar la fundamentación técnica necesaria para los instrumentos normativos municipales. La unificación de la tramitología y el trabajo conjunto es fundamental para dar sostenibilidad en el tiempo a la gestión del patrimonio dentro de un conjunto o centro histórico. Los convenios de cooperación técnica y legal entre el CICPC y las municipalidades son deseables, necesarios y legítimos, para cumplir con los principios constitucionales de eficacia, eficiencia, simplicidad y celeridad de la organización y función administrativa. Un ejemplo allende las fronteras de Costa Rica de este tipo de estrategias, se encuentra en el convenio suscrito entre el Ministerio de Cultura y Deportes de Guatemala y la Municipalidad de Ciudad de Guatemala en el año 2004 [42]. El objetivo de este convenio es unificar los procedimientos para los trámites de licencia de construcción o cambio de uso en el Centro Histórico y los conjuntos históricos de Ciudad de Guatemala. Enfatiza el documento en que se trata de unificar: criterios para la protección de los conjuntos históricos, los trámites para obtención de licencias de construcción y la aprobación de procedimientos y formularios de apoyo técnico y legal.

El otro aspecto que forma parte de las recomendaciones de este análisis es la necesidad de contar con instrumentos técnico-jurídicos municipales, específicamente reglamentos. Como lo demuestra la jurisprudencia revisada, existen precedentes en municipalidades costarricenses que han desarrollado sus propios reglamentos para la construcción de infraestructura de telecomunicaciones. Como se explicó, se trata de casos en los que se regula un interés local que debe contar con uso de suelo y licencia de construcción que otorga el municipio, pero que a la vez al tratarse de telecomunicaciones, tiene un interés nacional. Una situación similar sucede con el patrimonio, a partir de este análisis se propone que existan regulaciones municipales para su protección, en convenio con el Ministerio de Cultura y Juventud a través del CICPC, lo que permitiría una descentralización en los trámites. No obstante, esta reglamentación debe considerar el interés local del patrimonio y el interés nacional que por sí mismo tiene el patrimonio arquitectónico y urbano, en tanto las limitaciones que se impongan tienen afectación en intereses particulares-individuales-locales y colectivos-sociales-nacionales, en el entendido que la afectación puede ser tanto positiva como negativa.

Un aspecto importante para la ejecución de las acciones recomendadas es el desarrollo de procesos participativos, inicialmente con procesos de concientización entre los diversos actores, luego procesos de socialización, negociación y difusión. Estos actores incluyen tanto a los técnicos de las instituciones involucradas, por ejemplo, municipalidad y CICPC, como actores de la comunidad del municipio en particular, que incluye tanto a los grupos que tienen intereses en los aspectos propiamente culturales, como los que no los tienen porque consideran que sus intereses económicos, comerciales e inmobiliarios serán afectados. El proceso participativo, además de asegurar la inclusión de los distintos actores sociales, ayuda a generar sentido de apropiación y hace sostenible en el tiempo el proyecto de centro histórico, de forma que se comprenda los beneficios que puede proporcionar a la colectividad y a los individuos en particular.

## Referencias

- [1] Costa Rica, "Ley N° 7555 de Patrimonio Histórico Arquitectónico," 1995. [http://icomoscr.org/content/index.php?option=com\\_content&view=article&id=60&Itemid=69](http://icomoscr.org/content/index.php?option=com_content&view=article&id=60&Itemid=69).
- [2] D. Chang Albizurez and R. E. Malavassi Aguilar, "Entrevista al M.Sc. Claudio Vargas." San José, Costa Rica, 2020.
- [3] Costa Rica, *Ley de Planificación Urbana N° 4240*. 1968.
- [4] Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo, "Planificación, crecimiento y ordenamiento del territorio," 2019. .

- [5] M. Galindo Soza, "La Pirámide de Kelsen o jerarquía normativa en la nueva CPE y el nuevo derecho autonómico," *Rev. Jurídica Derecho*, vol. 7, no. 9, pp. 126–148, 2018.
- [6] Costa Rica, *Constitución Política de la República de Costa Rica*. 1949.
- [7] M. Muñoz Muñoz, "La organización de la tutela del patrimonio histórico arquitectónico en Costa Rica: un estudio comparado con el derecho francés," Programa de Estudios de Posgrado en Derecho, Universidad de Costa Rica, 2011.
- [8] Costa Rica, *Código Municipal Ley 7794*. San José, 1998.
- [9] Costa Rica, "Reglamento para la Ley N° 7555 de Patrimonio Histórico Arquitectónico.," 2007. <http://www.icomosc.org/content/index.php/ley-7555-reglamento>.
- [10] Ministerio de Cultura y Juventud, "Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural," 2020. .
- [11] "Normas de Quito." Ecuador, 1967.
- [12] M. Muñoz Muñoz, "Prevalencia del patrimonio histórico arquitectónico sobre el criterio urbanístico," Facultad de Derecho, Universidad de Costa Rica, 2010.
- [13] F. Arias Odón, *El Proyecto de la Investigación : Introducción a la Metodología Científica*. Caracas, Venezuela: Editorial Episteme, 2006.
- [14] M. F. Ortega Carbajal, J. S. Hernández Mosqueda, and S. Tobón Tobón, "Análisis documental de la gestión del conocimiento mediante la cartografía conceptual," *Ra Ximhai*, vol. 11, no. 4, pp. 141–060, 2015.
- [15] Sala Constitucional, *Resolución N° 5097-1993*. Costa Rica, 1993.
- [16] C. Vargas, *El patrimonio histórico arquitectónico en Costa Rica y su tutela jurídica*. San José, Costa Rica: Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural, 2005.
- [17] Sala Constitucional, *Resolución N° 3656-2003*. Costa Rica, 2003.
- [18] Sala Constitucional, *Resolución N° 4205-1996*. Costa Rica, 1996.
- [19] Sala Constitucional, *Resolución N° 05593-2006*. Costa Rica, 2006.
- [20] Sala Constitucional, *Resolución N° 1810-2000*. Costa Rica, 2000.
- [21] Sala Constitucional, *Resolución N° 5305-1993*. Costa Rica, 1993.
- [22] Sala Constitucional, *Resolución N° 6706-1993*. Costa Rica, 1993.
- [23] Sala Constitucional, *Resolución N° 3494-1994*. Costa Rica, 1994.
- [24] Sala Constitucional, *Resolución N° 5445-1999*. Costa Rica, 1999.
- [25] Sala Constitucional, *Resolución N° 05737-2001*. Costa Rica, 2001.
- [26] Sala Constitucional, *Sentencia N° 55445-199*. Costa Rica, 1999.
- [27] Sala Constitucional, *Resolución N° 4657-1996*. Costa Rica, 1996.
- [28] Costa Rica, *Ley General de Telecomunicaciones N° 8642*. Costa Rica, 2008.
- [29] Costa Rica, *Reglamento a la Ley General de Telecomunicaciones*. Costa Rica: MINAE, 2008.
- [30] Municipalidad de Curridabat, "Reglamento general para la adaptación y armonización territorial del sistema de estructuras soportantes y continentes de radiobases de telecomunicaciones." p. 16, 2011, [Online]. Available: [http://www.municipalcr.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=5553:reglamentos-municipalidad-curridabat&catid=1956:a011-reglamentos](http://www.municipalcr.com/index.php?option=com_content&view=article&id=5553:reglamentos-municipalidad-curridabat&catid=1956:a011-reglamentos).
- [31] Sala Primera de la Corte Suprema de Justicia, *Resolución N° 00077 - 2017*. Costa Rica, 2017, p. 15.
- [32] Tribunal Contencioso Administrativo Sección IV, "Resolución N° 00080 - 2013," 2013. [Online]. Available: <https://nexuspj.poder-judicial.go.cr/document/sen-1-0034-570494>.
- [33] Municipalidad de Montes de Oca, *Reglamento de licencias municipales para infraestructura de telefonía celular en Montes De Oca*. Costa Rica, 2012, p. 18.
- [34] Tribunal Contencioso Administrativo Sección IX, *Resolución N° 00434 - 2013*. Costa Rica, 2013, p. 18.
- [35] Municipalidad de Montes de Oca, "Reglamento de licencias municipales para infraestructura de telefonía celular en Montes De Oca." Costa Rica, p. 10, 2018.
- [36] Municipalidad de Santo Domingo, *Reglamento de otorgamiento de licencias Municipales para infraestructura de telecomunicaciones en el cantón de Santo Domingo*. Costa Rica, 2013.

- [37] Tribunal Contencioso Administrativo Sección VII, “Resolución N° 00105 - 2014,” 2014. [Online]. Available: <https://nexuspj.poder-judicial.go.cr/document/sen-1-0034-620616>.
- [38] Sala Constitucional, *Resolución N° 15763-2011*. Costa Rica, 2011.
- [39] Tribunal Contencioso Administrativo Sección VI, “Resolución N° 00080 - 2013,” 2013.
- [40] Sala Primera de la Corte Suprema de Justicia, *Resolución N° 00489 – 2015*. Costa Rica, 2015, p. 8.
- [41] Asamblea Legislativa de Costa Rica, *Expediente n° 10507 Patrimonio histórico-arquitectónico de Costa Rica*. San José, Costa Rica, 1987.
- [42] Municipalidad de Guatemala and Ministerio de Cultura y Deportes, *Convenio marco de cooperación técnica y administrativa entre el Ministerio de Cultura y Deportes y la Municipalidad de Guatemala*. Guatemala, 2004.

# Análisis de flujo de ventilación mediante software de CFD como mecanismo de conservación del patrimonio, aplicado a la Antigua Capitanía de Puerto Limón

Ventilation flow analysis using CFD software as a heritage conservation tool, applied to the “Antigua Capitanía” of Port Limon

Enmanuel Salazar-Ceciliano<sup>1</sup>

---

Salazar-Ceciliano, E. Análisis de flujo de ventilación mediante software de CFD como mecanismo de conservación del patrimonio, aplicado a la Antigua Capitanía de Puerto Limón. *Tecnología en Marcha*. Edición especial. Escuela de Arquitectura y Urbanismo, Diciembre 2020. Pág 61-70.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v33i8.5509>



<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: ensalazar@tec.ac.cr.  
 <https://orcid.org/0000-0003-0304-7173>

## Palabras clave

Patrimonio cultural; arquitectura tradicional, conservación de los bienes culturales, humedad; viento; bioclimatología.

## Resumen

Los hongos dificultan los procesos de conservación de bienes patrimoniales dado a que originan su biodeterioro. Las esporas producidas por estos organismos, las cuales también pueden inducir a complicaciones de salud en los usuarios del inmueble, dependen de la humedad acumulada en los materiales para poder germinar, por lo que controlar las condiciones ambientales resulta determinante si se desea potenciar al máximo cada intervención realizada. Aplicaciones de dinámica de fluidos asistida por computadora (CFD por sus siglas en inglés) que han sido tradicionalmente utilizados para simulaciones energéticas, están siendo empleados para determinar las corrientes de aire dentro de los espacios y con esto propiciar estrategias de conservación basadas en la ventilación natural.

Este artículo tiene como objetivo mostrar la metodología empleada para el análisis de flujos de aire dentro de la Antigua Capitanía del Puerto de Limón en Costa Rica, utilizando el software AUTODESK FlowDesign y la estrategia de análisis de datos desarrollada por Víctor Fuentes Freixanet y Manuel Rodríguez Viqueira. El documento tiene como marco el proyecto de investigación “Conservación de la arquitectura caribeña costarricense a partir de la aplicación de técnicas de avanzada para el estudio de los agentes causantes de lesiones en las edificaciones”, desarrollada por el Instituto Tecnológico de Costa Rica y el Western Illinois University (WIU) de los Estados Unidos.

## Keywords

Cultural heritage; traditional architecture; cultural property preservation; humidity; winds, bioclimatology.

## Abstract

Fungi hinder the conservation processes of heritage assets since they cause their biodeterioration. The spores produced by these organisms, which can also generate health complications in the property users, depend on the humidity accumulated in the materials to germinate, therefore controlling environmental conditions is decisive if making the most of each intervention performed is wanted. Computer Fluid Dynamics (CFD) applications that have been traditionally used for energy simulations are being applied to determine air currents within spaces and thereby promote conservation strategies based on natural ventilation.

This article aims to show the methodology used for the analysis of air flows within the “Antigua Capitanía” of Port Limón in Costa Rica, using the AUTODESK FlowDesign software and the data analysis strategy developed by Víctor Fuentes Freixanet and Manuel Rodríguez Viqueira. This document has as framework the research project called “Conservation of the Caribbean Architecture in Costa Rica: use of advanced techniques to study biological agents responsible of damage in these buildings.”, developed by Costa Rica Institute of Technology and Western Illinois University.

## Introducción

Los hongos constituyen un problema para la conservación de bienes culturales, al causar el biodeterioro de los materiales con los que estos son construidos [1]. Las esporas producidas por los hongos son una de las principales causas de contaminación de los espacios de un edificio, ya que además de causar enfermedades y alergias en los usuarios, dañan los inmuebles y los objetos que estos contengan [2]. Las esporas viajan en el aire y se depositan en las superficies, sin embargo dependen del contenido de humedad en los materiales para poder germinar; es por esto que una adecuada ventilación puede ayudar a controlar la humedad relativa (HR), la temperatura (T) y el contenido de humedad presente en los distintos objetos o estructuras, reduciendo así la tasa de actividad microbiana [2].

El viento es el aire en movimiento como consecuencia, principalmente, de diferenciales de temperatura y presión [3]. La ventilación interna de un edificio es un sistema dinámico, en donde diversidad de organismos y partículas son transportados de un lugar a otro según las corrientes de aire existentes [4]. Estas corrientes pueden variar según la localización del inmueble, en cómo el viento ingresa y sale de los espacios, en los cambios de dirección que se presenten en el recorrido, la velocidad del viento, zonas de alta y baja presión, entre otros. [3]. Identificar y manipular estas corrientes de aire resultan de vital importancia, ya que además de brindar confort a los usuarios, respaldarían las intervenciones que se realicen a un inmueble de valor patrimonial.

Por las razones antes mencionadas, es que la dinámica de fluidos por computadora (CFD por sus siglas en inglés), que originalmente ha sido utilizada para simulaciones energéticas, se ha venido empleando para comprender el movimiento del aire alrededor de bienes históricos [5]. La CFD se refiere a los métodos necesarios para describir el comportamiento de fluidos en sistemas complejos mediante el uso de herramientas computacionales [5].

La ciudad de Limón, ubicada en la costa Caribe de Costa Rica, presenta importantes ejemplares de edificaciones construidas durante el periodo liberal costarricense (1870-1940) [6], las cuales se caracterizan por el uso intensivo de la madera, tanto en estructura primaria como en cerramientos [7]; así como por las modificaciones que se le hicieron a estilos arquitectónicos foráneos, como por ejemplo el victoriano, para obtener objetos arquitectónicos resistentes a las condiciones del clima local [8]. Dichos inmuebles hoy se encuentran en peligro debido a la alta tasa de demoliciones que sufren estas edificaciones patrimoniales, pero también al alto nivel de deterioro que evidencian las estructuras, muchos a causa de agentes biológicos.

Bajo este contexto surge el proyecto “Conservación de la arquitectura caribeña costarricense a partir de la aplicación de técnicas de avanzada para el estudio de los agentes causantes de lesiones en edificaciones”, el cual busca resaltar las características distintivas de la arquitectura caribeña costarricense, así como identificar técnicas innovadoras que faciliten su conservación. El proyecto es financiado por la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), y cuenta con la participación de profesionales y estudiantes de las escuelas de Arquitectura y Urbanismo e Ingeniería Forestal de la institución, así como de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Western Illinois University (WIU) de los Estados Unidos.

Este documento muestra la metodología aplicada para determinar las corrientes de aire internas en los edificios identificados utilizando software de CFD, exponiendo como caso de estudio la Antigua Capitanía, inmueble de gran valor para la comunidad limonense que fue restaurado en el año 2012 y que hoy se utiliza como casa cultural de la ciudad.

## Materiales y métodos

El primer paso consiste en consultar a las fuentes competentes la información relacionada a velocidad y dirección del viento en el sitio. En este caso, la información se obtiene del Instituto

Meteorológico Nacional (IMN), el cual remite los datos registrados por la estación meteorológica ubicada en el Aeropuerto Internacional de Limón, ubicado a aproximadamente 3.3km al sur del centro de la ciudad.

La velocidad del viento es un parámetro donde intervienen diversos factores que afectan su comportamiento [9], por lo que antes de ingresar la información al software de CFD, es importante realizar una serie de correcciones a los datos obtenidos por parte de la IMN para obtener resultados simulados más congruentes con el entorno del inmueble en estudio. Se emplea el método desarrollado por Víctor Fuentes Freixanet y Manuel Rodríguez Viqueira, en donde se aplican correcciones por efecto de rugosidad y altura a la velocidad del viento.

La cantidad de edificaciones y la altura de estas, el tipo de vegetación o incluso la falta de cobertura vegetal, son aspectos que constituyen la rugosidad del terreno, la cual modifica la velocidad del viento [9]. En terrenos muy rugosos, la capa límite (zona a partir de la cual el viento no es afectado por las particularidades del suelo) es muy alto, mientras que en zonas con muy poca rugosidad la capa límite es más baja [9]. Según la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) [10], la disminución de velocidad por efecto de rugosidad se determina por la siguiente ecuación:

$$V_{ref} = A_0 * V_m \quad [10]$$

Donde:

$V_{ref}$ = Velocidad de referencia estimada (m/s)

$A_0$ = Constante de rugosidad

$V_m$ = Velocidad meteorológica media (m/s)

La velocidad meteorológica es la media de la velocidad del viento facilitada por la estación meteorológica. La constante de rugosidad depende de la capa límite del sitio, y se puede aproximar mediante la siguiente ecuación:

$$A_0 = 1,291^{-0.005214(\delta - 250)} \quad [10]$$

Donde:

$A_0$ = Constante de rugosidad

$\delta$ = Altura de capa límite (m)

Para simplificar la tarea de los cálculos a realizar, se utiliza la siguiente tabla basada en las recomendaciones de ASHRAE.

Una vez obtenida la velocidad con la corrección por rugosidad, se le debe aplicar además otra corrección por altura, según sea necesario. Usualmente, las estaciones meteorológicas se encuentran a 10m sobre el nivel del terreno, por lo que si los análisis se van a realizar a otra altura se debe emplear la siguiente ecuación:

$$V_H = V_{met} \left[ \frac{\delta_{met}}{H_{met}} \right]^{a_{met}} \left[ \frac{H}{\delta} \right]^a \quad [10]$$

Donde:

$V_H$  = Velocidad de del viento a la altura H (m/s)

$V_{met}$  = Velocidad meteorológica (m/s)

$\delta_{met}$  = Capa de fricción en la estación (m)

- $H_{met}$  = Altura meteorológica (m) (~10)
- $a_{met}$  = Exponente de velocidad media en la estación (~0,14)
- $a$  = Exponente de velocidad en el sitio
- $H$  = Altura de cálculo (m)
- $\delta$  = Capa de fricción en el sitio (m)

**Cuadro 1.** Constantes para calcular correcciones de velocidad de viento según capa límite.

Tipo de terreno	Alturas de obstrucciones	Capa de fricción o altura de capa límite	Constante de rugosidad	Longitud de rugosidad	Exponente de velocidad media
		$\delta$			$\alpha$
	(m)	(m)		(m)	
Grandes centros urbanos en los que al menos el 50% de los edificios tienen una altura mayor de 25 m de, con una distancia de al menos 0.8 km o 10 veces la altura de la estructura de barlovento, lo que sea mayor.	Mayor a 25	460	0,43	2	0,33
Áreas urbanas o suburbanas, áreas boscosas u otros terrenos con numerosos espacios cercanos con obstrucciones del tamaño de una vivienda unifamiliar o más grande, en una distancia de 460 m o 10 veces la altura de la estructura a barlovento, lo que sea mayor.	10-25	370	0,7	0,65	0,22
Terreno abierto con obstrucciones dispersas con alturas generalmente menores de 10 m incluyendo campo abierto típico de los alrededores de una estación meteorológica.	Menor a 10	270	1,16	0,05	0,14
Zonas planas sin obstáculos expuestas al viento, fluyendo sobre el agua por al menos 1.6 km, o sobre una distancia de 460 m o 10 veces la altura de la obstrucción tierra adentro, lo que sea mayor.		210	1,59	0,01	0,1

Fuente [10]

Para la simulación de este proyecto se utilizó el software Flow Design, herramienta creada por AUTODESK para el análisis de fluidos en estudios arquitectónicos y mecánicos [11]. De cada planta se debe crear un modelo 3D en alguno de los formatos compatibles con el software, para poder ser importados. Flow Design determina el comportamiento de la volumetría al chocar con el aire, estableciendo así zonas de alta y baja presión, que configurarán los recorridos del aire al interior de los espacios. Es importante resaltar que en el modelo todas las aperturas deben ser huecas para permitir que el aire pase, ya que el software no reconoce superficies transparentes o permeables.

Se debe modificar las unidades del software a metros (m), e ingresar el dato de la velocidad del aire obtenido una vez aplicadas las correcciones por rugosidad y altura.

## Resultados

El IMN reporta una velocidad de viento promedio para la ciudad de Limón de 2,2 m/s [12]. Este dato corresponde a las mediciones registradas por la entidad entre 2003 y 2014, las cuales fueron tomadas a una altura de 10m con respecto al nivel del suelo en un aeropuerto. Es por esta razón que se emplea la metodología de Fuentes y Rodríguez para aplicar las correcciones de rugosidad y altura a la información suministrada.

Con respecto a la corrección por rugosidad, la velocidad meteorológica corresponde a 2,2m/s y la constante de rugosidad correspondiente al sitio, donde la mayoría de las construcciones son menores a 10m, es de 1,16; por lo que la velocidad de referencia es de 2,56 m/s.

Dado que la Antigua Capitanía es de dos plantas, se realizan ajustes de altura para cada nivel. Para el primer piso, considerando que la estructura se encuentra levantada al menos 0.5m con respecto al nivel del suelo, se utiliza una altura de referencia de 2,5m, obteniendo como resultado una velocidad del viento de 1,73 m/s; mientras que para el segundo piso se utiliza una altura de referencia de 5,5m, dando como resultado un viento a 1,94m/s. Se debe considerar que el inmueble se encuentra levantado al menos 0,5m del nivel de calle.

Como se aprecia en la figura 1, el edificio de la Antigua Capitanía está localizado en un lote esquinero y posee una distribución en “L”, lo que le permite tener dos fachadas a vía pública (al este y sur), y un patio al noreste. El viento ingresa al inmueble desde el sureste, justo donde se ubica el parque y el mar, por lo que es un viento cargado de humedad.

La planta baja se compone de dos alas: la sur, que consiste en una planta libre donde actualmente hay cubículos de oficina y se realizan exposiciones; y la este, la cual se encuentra particionada en oficinas, bodegas y un espacio multiusos junto a la calle.

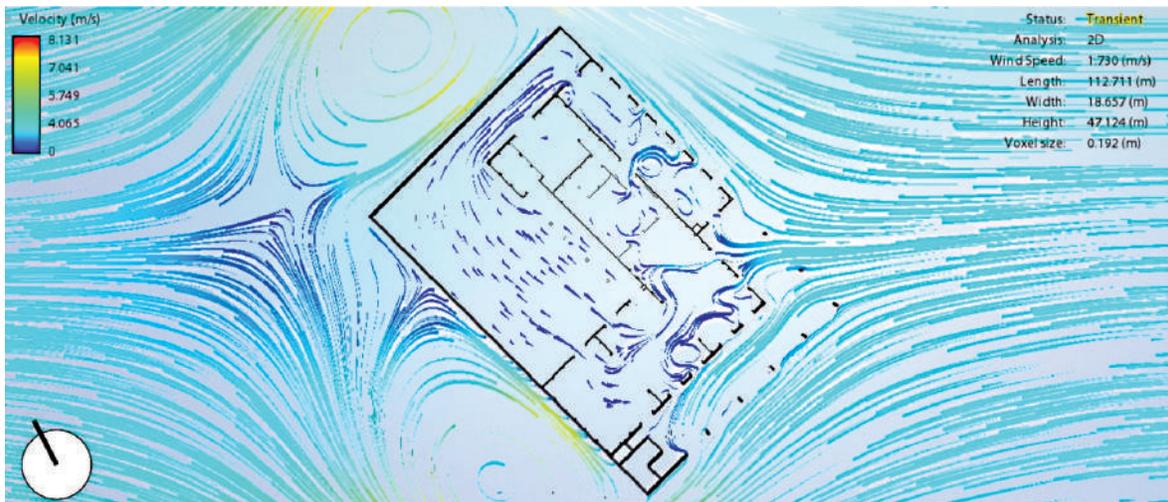
En cuanto al segundo nivel, cuenta con un balcón a lo largo de toda la fachada sur, justo frente al Parque Vargas. El espacio interno es más fragmentado que el del primer nivel, brindando a los usuarios diversos espacios de oficinas y alas independientes. Los baños se encuentran al centro de la planta, sin posibilidad de obtener ventilación o iluminación natural

El análisis en planta producido con AUTODESK Flow Design y mostrado en la figura 2, evidencia como, en el primer nivel, los recintos colindantes con las calles poseen un flujo de ventilación más elevado, mientras que los ubicados de forma adyacente al patio ven disminuido el flujo del aire; incluso el mismo patio presenta un detrimento considerable en la velocidad del viento con respecto a la galería frontal del inmueble. A nivel interno, también se observa la escasa ventilación en los recintos localizados al norte de la planta, así como en el sector oeste del ala sur de la Capitanía, espacio que hoy es utilizado como área de exhibición.

En ningún momento las corrientes de aire internas superan los 1.73m/s, sino que, por el contrario, se van disminuyendo conforme entran a la propiedad. El gráfico también hace visible como el aire que sale al patio vuelve a ingresar al edificio por la puerta norte. La planta se rota en el software para que el flujo de aire de la simulación entre a la edificación por el mismo punto que lo hace en la realidad.

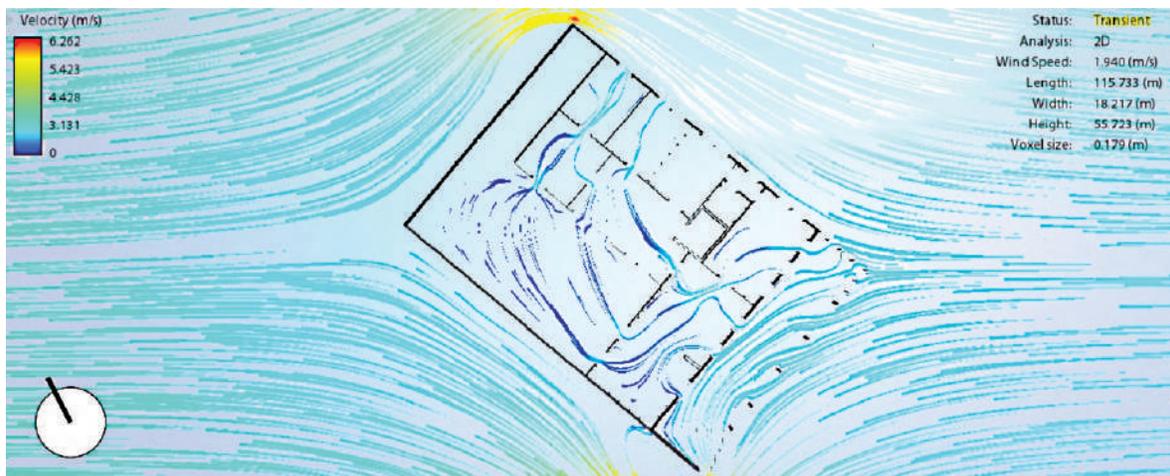


**Figura 1.** Ubicación de la Antigua Capitanía de Limón y plantas de distribución. Gráfico de elaboración propia con vista satelital tomada de Google Maps.



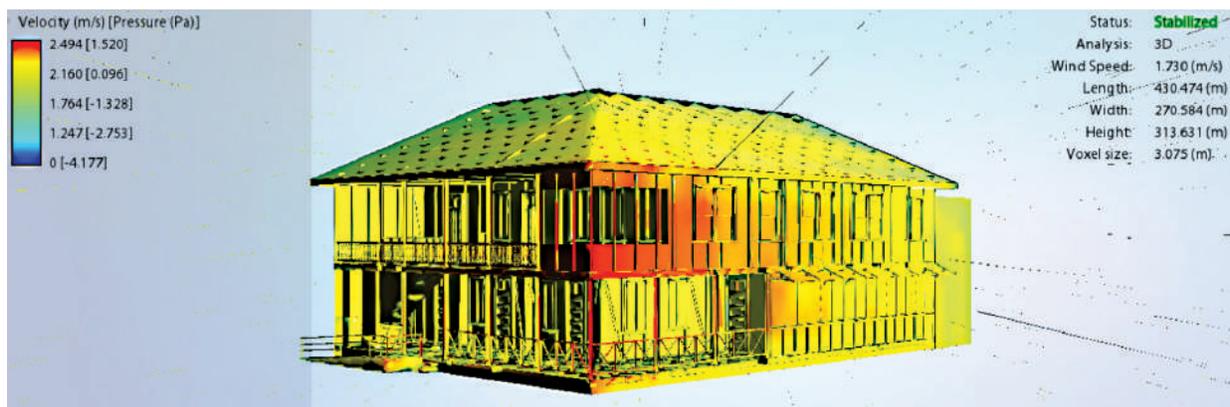
**Figura 2.** Flujos de aire en primer nivel de la Antigua Capitanía de Puerto Limón. Imagen de autoría propia elaborado con AUTODESK Flow Design

En cuanto a los resultados del segundo nivel, la figura 3 muestra como los distintos recintos cuentan con corrientes de aire más rápidas, pero existen 3 espacios el centro de la planta que carecen de ventilación. El sector oeste del área multiusos presenta mayor flujo de viento con respecto a su homólogo del primer nivel. En esta planta, el aire que sale al patio no vuelve a ingresar a los espacios internos por ninguna de las aperturas al exterior.



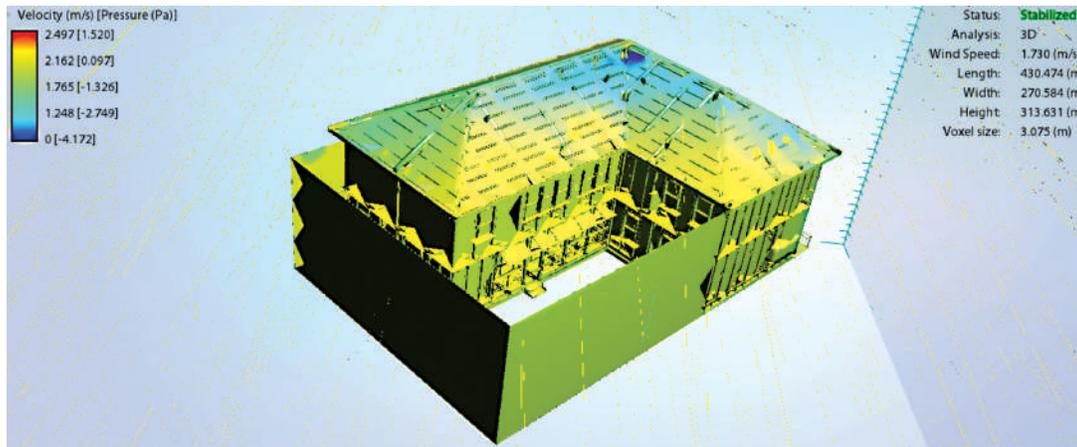
**Figura 3.** Flujos de aire en segundo nivel de la Antigua Capitanía de Puerto Limón. Imagen de autoría propia elaborado con AUTODESK Flow Design.

Con respecto al análisis de las envolventes, es importante tener claro que “el aire siempre se mueve de una presión alta a una presión baja” [3], por lo que la ubicación de las aperturas según las zonas de presión resulta un tema de estrategia. La figura 4 muestra como la interacción del viento con el edificio genera presiones oscilantes entre los 1.52 y 0.096 Pa, siendo las columnas de madera y algunos cerramientos del balcón los que mayor presión presentan. Se empiezan a ver zonas de baja presión en la parte alta de las cubiertas. Las paredes donde se encuentran las ventanas no son las que presentan mayor presión principalmente las ubicadas al interior de la galería y balcón.



**Figura 4.** Zonas de presión en fachadas este y sur de la Antigua Capitanía de Puerto Limón. Gráfico generado con FlowDesign.

En la figura 5 se muestra que las zonas de presión en las fachadas que dan al patio de la propiedad oscilan entre los 0.097 y -1.326 Pa. Las partes de la cubierta ubicadas a sotavento son las que presentan menor presión, principalmente aquellas más cercanas a la cumbrera.



**Figura 5.** Zonas de presión en fachadas internas de la Antigua Capitanía de Puerto Limón. Gráfico generado con FlowDesign.

## Discusiones

Los gráficos de las simulaciones en planta evidencian un menor flujo de aire en el nivel inferior, principalmente en los espacios ubicados al norte y oeste. En el caso del ala sur, no hay aperturas que permitan una adecuada ventilación hacia el costado oeste, lo que incide con la acumulación de humedad y generación de hongos verificada en sitio. Por el contrario, su espacio homólogo del segundo nivel presenta mejores condiciones de ventilación, esto debido a la ubicación de aperturas más cercanas a los bordes y a que el volumen de la escalera desaparece en este nivel. Los espacios con planta libre y aperturas en varios de sus extremos son los que mejor ventilación presentan. El patio interior, a pesar de estar al aire libre, se encuentra protegido por la estructura, por lo que la velocidad del aire es menor en comparación con la de la galería y el balcón. Su ubicación a barlovento debería generar una zona de succión que permita la ventilación cruzada.

A pesar de contar con una considerable cantidad de ventanas, las gráficas demuestran que los flujos de ventilación internos son cercanos a 0m/s en la mayoría de los espacios. Esta situación obedece a dos situaciones. La primera es la utilización de cerramientos para dividir los espacios, lo cual genera obstáculos al viento, haciéndole disminuir cada vez más su velocidad; y la segunda es que las presiones de las partes de las fachadas donde se encuentran las aperturas, tanto en las caras que reciben el viento como las del patio, presentan presiones muy similares, es decir, no hay un diferencial de presión que propicie la ventilación.

Las estancias ubicadas directamente en la fachada este, presentan flujos de ventilación medios o altos en comparación con los del resto del inmueble a pesar de ser áreas segregadas; esto se debe posiblemente a que sus ventanas están ubicadas en zonas con mayor presión.

Tanto las columnas como los muros bajos del balcón generan una especie de protección contra el viento, que impide que los cerramientos generen mayor presión y faciliten la entrada del aire.

Es importante notar que el análisis en los flujos de planta considera todas las puertas y ventanas abiertas, por lo que cerrar al menos una de ellas modificaría el resultado.

## Conclusiones

El análisis de flujos internos de ventilación por medio de CFD permite entender la relación del inmueble con su entorno, en este caso específico con el factor viento, para promover estrategias de conservación programada de los inmuebles. En el caso particular de la Antigua Capitanía del Puerto Limón, permite constatar que algunas zonas con alta presencia de humedad y agentes biológicos son también zonas donde los flujos de aire son bajos. Además, permite apreciar como algunas estrategias de división del espacio, necesarias para adecuar el inmueble a su nuevo uso, vienen en detrimento de la calidad del aire interno, situación que afecta tanto la conservación del inmueble como la calidad de vida de sus ocupantes.

El estudio desarrollado en este documento analiza el movimiento del aire a partir de la generación de diferenciales de presión, por lo que resultaría provechoso complementarlo con otro que profundice en los flujos de viento a partir de diferenciales de temperatura y la estratificación, si es que esta se diese en el espacio.

También, la investigación sienta los fundamentos para poder establecer estrategias de conservación que justifique futuras intervenciones, así como la generación de manuales de buenas prácticas en cuanto al uso dispositivos de climatización pasiva por parte de sus ocupantes.

## Referencias

- [1] K. Sterflinger, «Fungi: Their role in deterioration of cultural heritage,» *Fungal Biology Reviews*, vol. 24, pp. 47-55, 2010.
- [2] N. Valentín, «Microbial contamination in archives and Museums: Health hazards and preventive strategies using air ventilation systems,» 2007.
- [3] V. Fuentes Freixanet, «Arquitectura Bioclimática, ventilación natural,» 2015.
- [4] E. Di Carlo, R. Chisesi, B. Giovanna, S. Barbaro, G. Lombardo, R. Valentina, M. Sebastianelli, T. Giovanni y F. Palla, «Fungi and Bacteria in Indoor Cultural Heritage Environments: Microbial-related Risks for Artworks and Human Health,» *Environment and Ecology Research*, vol. 4, n° 5, pp. 257-264, 2016.
- [5] J. Grau-Bové, L. Mazzei, M. Strlic y M. Cassar, «Fluid simulations in heritage science,» *Heritage Science*, vol. 7, n° 16, 2019.
- [6] I. Hernández Salazar, D. Porras Alfaro y K. García Baltodano, «La arquitectura caribeña costarricense en la trama urbana histórica de la ciudad de Limón entre el periodo de 1871-1920,» de *Tercer Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción*, Ciudad de México, 2019.
- [7] O. Sanou y F. Quesada, «Orden, Progreso y Civilización, 1871-1914. Transformaciones urbanas y arquitectónicas,» de *Historia de la Arquitectura de Costa Rica*, E. Fonseca y J. E. Garbier, Edits., San José, Museos del Banco Central y Centro de Investigaciones Históricas de Centroamérica, 1998, pp. 219-317.
- [8] R. Woodbridge, *Historia de la arquitectura en Costa Rica*, Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2003.
- [9] V. A. Fuentes Freixanet y M. Rodríguez Vaqueira, *Ventilación natural: cálculos básicos para arquitectos*, Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana, 2004.
- [10] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, «ASHRAE Handbook, Fundamentals,» ASHRAE, Atlanta, 2017.
- [11] A. Baghaei Daemei, E. Mehrinejad Khotbehsara, E. Malekian Nobarani y P. Bahrami, «Study on wind aerodynamic and flow characteristics of triangular-shaped tall buildings and CFD simulation in order to assess drag coefficient,» *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 10, n° 3, pp. 541-548, 2019.
- [12] Instituto Meteorológico Nacional, «PROMEDIOS MENSUALES DE DATOS CLIMATICOS,» 2019.

# Repentinas como estrategia didáctica para el desarrollo de la creatividad en los procesos iniciales de la enseñanza de arquitectura

Sudden workshops as a didactic strategy for the development of creativity in the initial processes of teaching architecture

Enmanuel Salazar-Ceciliano<sup>1</sup>, Jeannette Alvarado-Retana<sup>2</sup>,  
Dominique Chang-Albizurez<sup>3</sup>

---

Salazar-Ceciliano, E; Alvarado-Retana, J; Chang-Albizurez, D. Repentinas como estrategia didáctica para el desarrollo de la creatividad en los procesos iniciales de la enseñanza de arquitectura. *Tecnología en Marcha*. Edición especial. Escuela de Arquitectura y Urbanismo, Diciembre 2020. Pág 71-78.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v33i8.5510>



- 1 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: ensalazar@tec.ac.cr.  <https://orcid.org/0000-0003-0304-7173>
- 2 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: jealvarado@tec.ac.cr.  <https://orcid.org/0000-0002-7334-2883>
- 3 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: dchang@tec.ac.cr.  <https://orcid.org/0000-0002-9813-2006>

## Palabras clave

Educación; diseño arquitectónico; creatividad; experimento educacional; proceso de aprendizaje.

## Resumen

La creatividad es una de las más reconocidas habilidades de los arquitectos, y, por tanto, su desarrollo figura como uno de los principales retos durante el proceso de aprendizaje. Teorías como las que comparan el proceso creativo con una caja negra han sido apoyadas durante décadas. En esta, el diseñador es capaz de obtener resultados satisfactorios, pero no es capaz de fundamentar los insumos que lo llevaron al objeto final o replicar el procedimiento en otro proyecto. Por el contrario, también han surgido métodos que definen la creatividad como una caja transparente, donde existe una rigurosa investigación previa que le permite al diseñador llenarse de recursos y variables que dan partida a su proceso proyectual.

Partiendo de este enfoque, es común ver a los estudiantes, principalmente a los de primeros años, agobiados ante el papel en blanco y diversos factores que aún no pueden interpretar o relacionar. Por tanto, este documento plantea una metodología que implementa las repentinas, o ejercicios rápidos en clase, como una herramienta para que los estudiantes tomen decisiones de diseño sustentadas en su investigación previa y den partida a su proceso creativo. Lo planteado se basa en la experiencia llevada a cabo en el Laboratorio de Arquitectura II de la Escuela de Arquitectura y Urbanismo del Tecnológico de Costa Rica durante el segundo semestre del 2019.

## Keywords

Education; architecture design; creativity; educational experiments; learning processes.

## Abstract

Creativity is one of the most recognized skills of architects, therefore, its development is one of the main challenges during the learning process. Theories like those comparing the creative process to a black box have been supported for decades. In this, the designer obtains satisfactory results but is not able to base the inputs that led him to the final object or to replicate the steps in another project. On the contrary, another method that defines creativity as a glass box has emerged, where there is rigorous prior research that allows the designer to fill himself with resources and variables to start his projectual process.

Starting from this approach, it is common to see students, mainly those in the first year, overwhelmed by the blank paper and various factors that they still cannot interpret or relate. Therefore, this document presents a methodology that implements sudden workshops, or quick exercises in class, as a tool for students to make design decisions supported on their previous research and start their creative process. The proposal is based on the experience carried out in the Laboratory of Architecture II of the Architecture and Urbanism School of the Costa Rica Institute of Technology during the second semester of 2019.

## Introducción

La arquitectura se ha caracterizado por sus resultados innovadores y bellos, que además de brindar las condiciones necesarias para que los seres humanos puedan desarrollar sus actividades cotidianas, también asombra y acoge a todos a aquellos que la recorren y se refugian en ella. La arquitectura ha estado muy ligada a la ciencia y al arte, mezclando procesos científicos, para poder emplear nuevas técnicas, y procesos subjetivos, para agradar a los usuarios.

El diseño arquitectónico está alimentado en gran medida por la creatividad del diseñador, la cual resulta ser un fenómeno dinámico y libre [1] que ha intentado ser definido por múltiples autores a lo largo de la historia. Mark Runco y Garrett Jaeger atribuyen al trabajo de Morris Stein publicado en 1953 la definición más común de creatividad, la cual se centra en dos aspectos fundamentales: la originalidad y la eficiencia [2].

Se entiende por originales a aquellas ideas novedosas o raras, es decir, de poca frecuencia en comparación con otras [3], mientras que la efectividad es vista como el hecho de alcanzar metas o servir para resolver un propósito específico, si se analiza desde un modelo de cumplimiento de objetivos [4]. Ambas definiciones son fáciles de comprobar a la hora de evaluar un producto, pero cómo entrenar a un diseñador para que pueda impregnar de estas características a cada una de sus ideas ha sido un reto que la academia, todavía hoy, sigue asumiendo.

El proceso creativo puede ser abordado desde un punto de vista subjetivo y otro objetivo, es decir, totalmente racional. Desde el enfoque subjetivo se clasifica al diseñador como una caja negra, la cual es capaz de entender un problema y brindar una solución, pero donde el proceso para producirla es desconocido [5]. El diseñador está mayormente vinculado al pensamiento heurístico o hermenéutico, y además de necesitar de mucho trabajo para arrojar un resultado satisfactorio, hace uso de conocimientos previos que almacena en su memoria [6].

Por el contrario, la visión objetiva propone al diseñador como una caja transparente, donde el uso del pensamiento algorítmico permite trazar el proceso creativo, creando una secuencia de recopilación de información, análisis, síntesis, evaluación y producción [6]. Este modelo también permite familiarizar al estudiante con procesos de investigación, que le ayuden a encontrar todos los insumos que necesite para emprender su proceso proyectual, situación que deberá realizar por sí mismo cuando se encuentre ejerciendo como profesional.

Los arquitectos, en buena parte, se sienten más identificados con las teorías de la creatividad de la caja negra y el arte, lo que ha llevado a concebir la profesión como un campo de pocas regulaciones y amplia libertad por parte del diseñador [7]. Esta situación suele generar confusión en los estudiantes, principalmente en los primeros años, ya que vienen de un sistema educativo que les da indicaciones claras de lo que tienen que hacer y cómo deben realizarlo.

Es por esa razón que, con la visión de que el estudiante debe buscar elementos físicos y perceptuales para concebir una idea espacial [8] que sea novedosa y eficiente, en el Laboratorio de Arquitectura II, de la Escuela de Arquitectura y Urbanismo del Instituto Tecnológico de Costa Rica, se estableció una metodología basada en la realización de repentinas o trabajos rápidos de clase, que al estar fundamentados en una investigación previa, le dé al estudiante la confianza de tomar decisiones de diseño, así como le permitan llegar a soluciones propias del sitio donde trabaja y más pertinentes a las necesidades de su usuario.

## **Materiales y métodos (metodología)**

Como técnicas metodológicas principales se utilizaron el “análisis de protocolo de diseño” (design protocol analysis method -DPA) [9] [10], que incluye el análisis de gráficos, discursos y diagramas; los argumentos y procesos de fundamentación- explicación; las operaciones de exploración espacial para llegar a la formalización y materialización de la solución proyectual, los procesos de inferencia lógica: razonamiento práctico y teórico; y la expresión de la solución proyectual (láminas y maquetas) [11]. Además, se empleó la observación del proceso proyectual de los estudiantes en el aula.

Los participantes fueron los estudiantes y los profesores de los 2 grupos del curso de Laboratorio de Arquitectura I de la carrera de Arquitectura de Escuela de Arquitectura y Urbanismo del

Instituto Tecnológico de Costa Rica, durante el segundo semestre del 2019. En total participaron 48 estudiantes y 3 docentes.

Para que todos los estudiantes estuvieran en igualdad de condiciones y la evaluación fuera objetiva y homogénea, los proyectos realizados en el curso tenían: un sitio, un programa, una necesidad, y una tipología formal o estructural que guiara el proceso proyectual. En total se realizaron 4 ejercicios durante el semestre, en donde se trabajaron las siguientes tipologías: planos seriados, tenso estructuras y voladizos o cantiléver. Solamente se efectuaron 3 repentinas.

Cada proyecto se abordó en 3 etapas. La primera correspondía a la fase de investigación y análisis de sitio, en donde tanto estudiantes como profesores, visitaban el terreno en donde se desarrollaría la propuesta espacial para realizar un levantamiento de datos, según los criterios de análisis establecidos por María Concepción Chong, América Carmona y Marco Antonio Pérez, los cuales clasifican los elementos de un lugar en dos sistemas: el físico-biótico y el sociocultural [9]. Luego de realizado el levantamiento, se precede a un análisis y síntesis de la información, el cual determina los requerimientos del proyecto y los principios de orden que condicionarían el proceso proyectual.

La segunda fase consistió en la conceptualización de la propuesta, en donde el estudiante empieza a manipular los requerimientos de diseño y principios de composición para establecer su primera propuesta espacial. Es justamente en esta etapa donde se implementaron las repentinas, o ejercicios rápidos en clase.

El día en que se realizaba la repentina, el estudiante debía llegar a clase con su bitácora y el análisis realizado en la etapa anterior. No es sino hasta este día que se revela la tipología formal y estructural con la que se trabajará el proyecto, por lo que durante la primera hora de clase se hace una mediación de contenidos sobre las implicaciones estructurales y de diseño que tiene la tipología a abordar. El objetivo de no revelar esta información durante el análisis de sitio es evitar que los estudiantes prefiguren una propuesta arquitectónica sin haber realizado una investigación previa. Luego de esta charla, los estudiantes tienen cerca de dos horas para concebir un primer acercamiento de su partido arquitectónico.

Los materiales para utilizar durante esta etapa dependen de la tipología arquitectónica a desarrollar. Por ejemplo, mientras que para los proyectos de planos seriados y voladizos se emplearon cartones y madera de balsa, para el ejercicio de tenso estructuras se emplearon telas y tensores.

La evaluación de la repentina examina tres aspectos fundamentales: el uso del material solicitado por los profesores, ya que sin la existencia de este requisito no se podría realizar la dinámica de clase; el compromiso con la actividad, es decir, que el estudiante muestre interés durante el tiempo designado y que no distraiga a sus demás compañeros; y la coherencia entre el contexto con el encargo, donde el estudiante debía demostrar la utilización de los resultados de la investigación previa en la creación de su propuesta espacial. Como se puede observar, los criterios de evaluación no buscan emitir criterio subjetivo sobre si el resultado es bueno o malo, sino motivar a los jóvenes a participar activamente de la dinámica y emplear todos los recursos que han generado durante el proceso. Una vez cumplido el tiempo asignado, los estudiantes se retiran de la clase para que los profesores puedan evaluar rápidamente, y cuando regresan se da paso a un espacio de discusión en donde todos puedan presentar sus ideas.

Durante el último ejercicio no se realizó la repentina, para probar si los estudiantes ya habían interiorizado el procedimiento y eran capaces de realizar por su cuenta los pasos establecidos sin ser una obligación del curso.

En todos los ejercicios se realizó la repentina después de la segunda semana de iniciado el proyecto, y una vez finalizado el análisis del sitio. En cada ejercicio se aumentó la cantidad de variables a considerar, tanto en el análisis como en la propuesta espacial.

La tercera etapa del proyecto consistió en la depuración del proyecto arquitectónico, así como la realización de planos y modelos de presentación, los cuales son exhibidos públicamente 2 semanas después siguiendo el formato establecido.

Para evaluar los resultados de la aplicación de la repentina como estrategia didáctica se toman como parámetro tres factores:

Nivel de ansiedad de los estudiantes al inicio de la dinámica y grado de satisfacción con respecto a los resultados. Al finalizar cada proyecto se aplicó un breve cuestionario de Google Forms para identificar la percepción de los jóvenes con respecto a las estrategias empleadas.

La evolución de los resultados de la repentina con respecto a la entrega final del proyecto. Los profesores dieron seguimiento a los resultados de la repentina de cada estudiante durante el resto del proceso de diseño, y registran cuales proyectos finales muestran una clara relación con el modelo de la repentina.

Al terminar el semestre, se analizaron las evaluaciones finales de todos los ejercicios para identificar la eficacia de la metodología planteada.

## Resultados

Desde el punto de vista didáctico, se plantearon ejercicios que se centran en la actividad de diseño como tema-objeto de aprendizaje desde una actitud reflexiva y crítica, de manera que los estudiantes sean conscientes de sus propios procesos de respuesta y tomen decisiones que intervienen en la solución ejercicios que no tienen una única respuesta.

En el primer año el estudiante inicia modelando una situación problemática de intervención, que depende en gran medida de la formulación explícita de un problema de diseño que los profesores plantean a nivel de encargo, para que los estudiantes creen modelos interpretativos de la demanda o necesidad del usuario planteado. De alguna manera se espera que el estudiante cree nuevas categorías conceptuales que “encarnen” simbólicamente los objetos arquitectónicos [11].

El primer ejercicio planteado fue un proyecto sencillo, con tres funciones básicas, ubicado en un contexto de poca complejidad, y teniendo como condicionante particular el uso de planos seriados; el ejercicio duró tres semanas. La repentina como estrategia didáctica se aplicó para generar uno de los planos que conformaría el objeto arquitectónico solicitado. Se observó que al ser la primera vez que los estudiantes eran enfrentados a esta estrategia didáctica, antes de iniciar la actividad, alrededor del 54% de los jóvenes expreso sentir ansiedad en cuanto no sentirse capaces de obtener resultados en un lapso tan corto. Enfrentarse a la complejidad, la indeterminación y la incertidumbre son parte de lo implícito en lo que Guevara denomina intención [7]. Una vez finalizada la repentina el 23% de los estudiantes lograron una primera propuesta espacial que evolucionó y quedo reflejada en la propuesta final. El 77% de los jóvenes expresó que, si bien el resultado obtenido no era satisfactorio, en términos de haber logrado un plano seriado que pudieran utilizar en la propuesta formal final, el ejercicio les había ayudado a generar una respuesta concreta en corto tiempo, a partir de la cual era posible continuar explorando el resultado para llegar a una propuesta que expresara de mejor manera su intención formal.

El segundo ejercicio tuvo una duración de cuatro semanas y forzó a la exploración volumétrica en un proyecto igualmente sencillo, con una función básica, ubicado en un contexto de clima

caliente ligeramente más complejo que el primero, y tuvo como condicionante particular el uso de tenso estructuras o velarias. La repentina como estrategia didáctica en este ejercicio fue aún más enriquecedor para los estudiantes, ya que en este nivel su expresión gráfica aún es limitada, y permitirles explorar en un modelo desde el inicio facilitó la obtención de propuestas formales de manera más ágil. Teniendo la experiencia del ejercicio anterior, el nivel de ansiedad al arranque de la actividad disminuyó en un 16.5%, es decir, solo el 37.5% sintió ansiedad antes de iniciar la repentina. Una vez finalizada la dinámica, el 42% de los estudiantes logró una primera propuesta espacial que evolucionó y quedó reflejada en la propuesta final presentada. El 83% de los estudiantes expreso sentirse satisfecho con el resultado obtenido, en el sentido que les facilitaba continuar con la exploración espacial, partiendo de una experimentación que, de haber realizado por su cuenta sin recibir la realimentación de los profesores y compañeros, no hubieran podido alcanzar.



**Figura 1.** Estudiantes trabajando durante las repentinias 1 y 2. Fotografías de autoría propia.

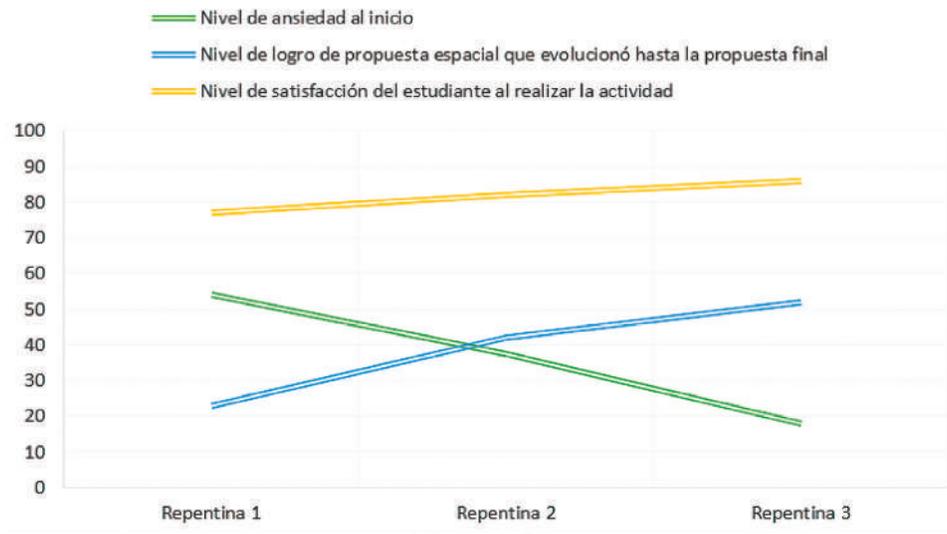
El tercer ejercicio fue más complejo en cuanto a función, por lo que incluyó dos etapas: la primera consistía en diseñar un módulo habitacional sencillo y la segunda en proyectar a nivel de sitio el conjunto de los módulos generados en la primera etapa más el diseño de un recinto para actividades comunes. El ejercicio tuvo una duración de cinco semanas y como tipología arquitectónica establecida se debía diseñar bajo los principios del cantiléver o voladizos, teniendo por contexto un terreno con pendiente. La repentina se utilizó únicamente en la primera etapa.

El nivel de ansiedad bajo a un 18% antes de iniciar la repentina. Una vez finalizada, el 52% de los estudiantes logró una propuesta espacial que evolucionó y quedó reflejada en la propuesta final. El 86% de los estudiantes expresó sentirse satisfecho con la realización de la actividad, aunque no lograron incorporar todas las variables requeridas en esa primera propuesta espacial.

Como se puede observar en la figura 2, el nivel de satisfacción de los estudiantes fue aumentando con cada repentina, mientras disminuía su nivel de preocupación ante el ejercicio. Con la tercera dinámica, cerca de la mitad de los estudiantes lograron un primer acercamiento espacial satisfactorio que siguió siendo trabajado hasta la entrega final, mientras que la otra mitad tuvo que replantear sus ideas.

El cuarto ejercicio corresponde a la etapa dos del proyecto antes mencionado, en donde los estudiantes debían generar una propuesta de sitio más un espacio de amenidades para los habitantes del complejo que estaban diseñando. En esta ocasión no se realizó la repentina como dinámica de clase, sino que se fueron atendiendo de forma más personalizada a los estudiantes para guiar el avance. Al finalizar, al menos un 38% de los jóvenes manifestaron haber echado de menos la repentina durante su proceso creativo, ya que no contaban todavía con la seguridad suficiente como para realizar la dinámica de manera independiente.

Un 40% manifestó haber seguido por su cuenta un proceso similar al realizado durante los ejercicios anteriores, obteniendo resultados satisfactorios, sin embargo, manifestaron extrañar el intercambio de ideas entre compañeros y profesores que se efectuaba durante la repentina.



**Figura 2** Niveles de ansiedad y logros de estudiantes durante cada repentina.

## Conclusiones

La metodología propuesta promueve la condición propositiva y creativa de la arquitectura en su contexto de enseñanza, enmarcada en la premisa planteada, intereses y trayectoria de los docentes de los primeros niveles de la disciplina y actividades propias de la Escuela de Arquitectura y Urbanismo del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

De modo significativo la metodología aplicada genera nuevas posibilidades de exploración de la forma propuesta apoyada en el argumento del contexto, el programa o situaciones particulares del lugar, el usuario, la cultura, la construcción y su materialidad como factores que jerarquizan y ordenan su desarrollo.

En el método de repentinias o trabajos cortos se visualizan dos aristas, una referente al encargo que se propone y argumenta y, otra, a la solicitud que se hace al estudiante para que ejercite su capacidad de ver y ejecutar en condiciones propias de la arquitectura, por medio de ejercicios básicos, elementales que van ejecutando, profundizando y complejizando a través del curso lectivo.

Las repentinias se plantearon bajo una estrategia didáctica que busca ayudar a los estudiantes de los primeros niveles, a partir de la experimentación de una nueva forma de abordaje del objeto-tema y una exploración reflexiva y creativa para dar una primera propuesta rápida, apropiada al sitio, acorde con los lineamientos dados y las particularidades de las tipologías arquitectónicas.

Los estudiantes lograron comprender el proceso desde una perspectiva amplia, explorativa, que contrasta con una visión tradicional y limitada del oficio del diseño, y la construcción del pensamiento creativo que surge de la unión del pensamiento *asociativo*, que ve en los

errores una oportunidad y que tensiona las reglas, y el pensamiento *exacto* que comprueba y contrapone el pensamiento asociativo coherente con la conceptualización de caja transparente y caja negra.

De conformidad con lo anterior el grupo de docentes espera que el desempeño académico de estos estudiantes sea superior a los formados con esquemas de especulaciones de la forma desde una visión reducida del estudiante o docente, sin sustento teórico y conceptual.

Los estudiantes demostraron un mayor interés y capacidad de asumir los trabajos evidenciando una disposición superior para el trabajo individual y grupal. Las dinámicas entre docentes y los estudiantes permitieron el intercambio académico ante la diversidad de criterios al enfrentar una misma problemática que derivan en múltiples alternativas de solución según la complejidad arquitectónica solicitada. Lo anterior demuestra que es importante propiciar niveles de exigencia adecuados que estimulen el crecimiento, toma de decisiones, disciplina, y responsabilidad de los estudiantes.

El recurso pedagógico implementado permitió la evaluación de la capacidad creativa para enfrentar y solucionar un problema aplicando conceptos teóricos y los lineamientos dados en cada ejercicio. La evaluación aplicada es fundamental en el momento de aprendizaje y como retroalimentación del estudiante y los docentes, a través, de un registro personalizado de los aportes y avances y un panorama general de los logros del grupo y el curso. Los profesores deberían plantear la evaluación para, además de medir el nivel alcanzado por los estudiantes durante el ejercicio, identificar la eficacia de las estrategias didácticas en los estudiantes, y así estimular al máximo su proceso creativo.

## Referencias

- [1] G. E. Corazza, «Potential Originality and Effectiveness: The Dynamic Definition of Creativity,» *Creativity Research Journal*, vol. 28, n° 3, pp. 258-267, 2016.
- [2] M. A. Runco y G. J. Jaeger, «The Standard Definitio of Creativity.,» *Creativity Research Journal*, vol. 24, n° 1, pp. 92-96, 2012.
- [3] N. Mayselless, A. Eran y S. G. Shamay-Tsoory, «Generating original ideas: The neural underpinning of originality,» *NeuroImage*, vol. 116, pp. 232-239, 2015.
- [4] K. Cameron, «Organizational Effectiveness,» *Wiley Encyclopedia of Management*, vol. 11, pp. 1-4, 2015.
- [5] K. E. Jennings, D. K. Simonton y S. E. Palmer, «Understanding Exploratory Creativity in a Visual Domain,» de *Proceedings of the 8th ACM conference on Creativity and cognition*, 2011.
- [6] N. E. NACIF, «Métodos de Diseño,» Universidad Nacional de San Juan, San Juan, 2015.
- [7] O. E. Guevara Alvarez, «Análisis del proceso de enseñanza aprendizaje de la Disciplina Proyecto Arquitectónico, en la carrera de Arquitectura, en el contexto del aula.,» Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra, 2013.
- [8] L. M. Franco Cárdenas, I. R. Gutiérrez Ruiz y M. Navarro Velázquez, «La creatividad en la formación del arquitecto: procesos, herramientas y estrategias,» de *La expresión y la representación como lenguaje del diseño*, Guadalajara, Universidad de Guadalajara, pp. 189-213.
- [9] P. Galle, «Design rationalization and the logic of design: a case study,» *Design Studies*, vol. 17, n° 3, pp. 253-275, 1996.
- [10] P. Galle y L. B. Kovács, «Replication protocol analysis: a method for the study of real-world design thinking,» *Design Studies*, vol. 17, n° 2, pp. 181-200, 1996.
- [11] C. E. Burgos, «La naturaleza cognitiva del proyecto y la crisis en la concepción heredada en la enseñanza de la arquitectura,» *Arquitecturas del sur*, vol. 33, n° 48, pp. 44-55, 2015.
- [12] M. C. Chong Garduño, A. Carmona Olivares y M. A. Pérez Hernández, «El análisis de sitio y su entorno en el desarrollo de proyectos arquitectónicos y urbanos,» 2012.

# La conservación programada y su aplicación en la arquitectura: un análisis bibliométrico

## Preventive conservation and its application on Architecture: a Bibliometric Analysis

Enmanuel Salazar-Ceciliano<sup>1</sup>, Rosa Elena Malavassi-Aguilar<sup>2</sup>

---

Salazar-Ceciliano, E; Malavassi-Aguilar, R. La conservación programada y su aplicación en la arquitectura: un análisis bibliométrico. *Tecnología en Marcha*. Edición especial. Escuela de Arquitectura y Urbanismo, Diciembre 2020. Pág 79-88.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v33i8.5511>



- 1 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: ensalazar@tec.ac.cr.  
 <https://orcid.org/0000-0003-0304-7173>
- 2 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: rmalavasi@tec.ac.cr .  
 <https://orcid.org/0000-0001-6051-1062>

## Palabras clave

Patrimonio cultural; conservación de los bienes culturales; bibliometría; medio ambiente; arquitectura; tecnología; medición.

## Resumen

La conservación programada, concepto que tiene su origen en los trabajos del crítico de arte italiano Giovanni Urbani publicados en el año 1976, se ha fortalecido en los últimos años como una herramienta para la conservación y valorización del patrimonio histórico arquitectónico. Este documento consiste en un análisis bibliométrico de artículos desarrollados sobre este tema (preventive conservation en inglés) que se encuentran indexados en Scopus, en un periodo comprendido entre el año 1988 y febrero del año 2020. Además de evidenciar el comportamiento que ha tenido la temática a lo largo de la historia, se identifican las principales redes o clústeres de países, instituciones y autores, utilizando el análisis bibliométrico por medio de la herramienta Bibliometrix. El análisis incluye 524 publicaciones producidas por 1206 autores provenientes de 501 afiliaciones distintas, donde se identifica la conservación cultural y el monitoreo de factores ambientales como los principales campos relacionados a la búsqueda.

## Keywords

Cultural heritage; cultural heritage preservation; bibliometrics; environment; architecture; technology; measure.

## Abstract

Programmed conservation, a concept that has its origin in the works of the Italian art critic Giovanni Urbani published in 1976, has been strengthened in recent years as an instrument for conservation and valorization of the architectural heritage. This document consists of a bibliometric analysis of articles developed on this topic which are indexed in Scopus, within a period between 1988 and February 2020. Besides showing the behavior that this subject has had throughout history, this document identifies the main networks of countries, institutions and authors related to this matter, using a bibliometric analysis tool call Bibliometrix. The analysis includes 524 publications produced by 1206 authors from 501 different affiliations, where cultural conservation and monitoring of environmental factors are identified as the main fields related to the search.

## Introducción

En el campo del patrimonio histórico arquitectónico, desde el siglo XIX se han desarrollado distintas teorías sobre la forma de conservar dichos bienes. Las propuestas han evolucionado en el tiempo, se ha pasado de una visión de intervenir el bien patrimonial bajo el concepto de restauración, a una visión de programar su conservación en el tiempo. En este texto se analiza el concepto de conservación programada. Mediante un análisis bibliométrico se identifican los distintos enfoques en la aplicación de la conservación programada y los principales autores que la han estudiado, según su ubicación geográfica y afiliación institucional, entre otros aspectos.

El origen del concepto de conservación programada se atribuye a los trabajos del crítico de arte italiano Giovanni Urbani, específicamente al *Plan piloto para la conservación programada de los bienes culturales en Umbría*, publicado en 1976 [1]. En este documento, Urbani refiere a la diferencia entre la restauración preventiva (concepto con el que remite a la obra de Cesare

Brandi), y su propuesta de conservación programada, sobre la que explica que no se dirige solamente a los bienes culturales, sino al ambiente que los contiene y del que provienen todas las posibles causas de su deterioro [1]. Por tanto, Urbani introduce un elemento que caracteriza a las acciones de conservación programada: el contexto y la influencia que el mismo puede tener en el posible deterioro de un bien cultural.

A partir de la propuesta de Urbani, otros autores como el ingeniero italiano Stefano Della Torre, han realizado publicaciones donde analizan los alcances de la conservación programada. Para Della Torre [2], en las propuestas de Urbani además de ser evidente que no se puede pensar el patrimonio cultural separadamente del contexto, también se debe considerar que no se pueden proponer técnicas y políticas de conservación y valorización que no formen parte de una visión sistémica.

Della Torre explica que, en el año 1977, Urbani en busca de una mayor comprensión de su propuesta de conservación programada, tradujo su propuesta de conservación programada en mantenimiento programado como intervenciones ligeras y frecuentes para la eficacia de la prevención. Se trata de operaciones puntuales y frecuentes. No obstante, explica Della Torre que las acciones de mantenimiento pueden implicar intervenciones fuertes, por lo que no es un concepto que siempre sea aplicable al patrimonio histórico arquitectónico [3]. La conservación programada propone que la conservación de un edificio debe responder a un análisis previo que permita comprender la problemática que enfrenta, esto lleva al desarrollo de un programa de acciones preventivas y de control [3]. La conservación programada analiza la historia del edificio, su situación actual y proyecta su conservación a futuro ya que tiene una visión a largo plazo.

Si bien, como se mencionó, el concepto de conservación programada es definido en la década de 1970 por Giovanni Urbani, Della Torre explica que es recientemente que el concepto ha sido retomado [2]. Efectivamente, el análisis bibliométrico realizado, y que se expone en las siguientes líneas, demuestra que a partir del año 2005 inicia un crecimiento constante de publicaciones sobre el tema (ver ilustración 1).

El *Plan piloto para la conservación programada de los bienes culturales en Umbría*, publicado en 1976 [1], en el que Urbani desarrolla el concepto de conservación programada, al estar dirigido a los bienes culturales en general, incluye tanto bienes artísticos como murales y esculturas, como también bienes arquitectónicos. Para definir las estrategias, el documento considera lo que define como “factores ambientales y de deterioro” [1, p. 39], que incluye las condiciones geológicas y del territorio en general, condiciones sísmicas, condiciones climáticas y aspectos socioeconómicos. Por tanto, su alcance es amplio, no se limita al objeto artístico o arquitectónico, sino que incluye su contexto.

Al desarrollar el análisis bibliométrico, se encontró que, en las publicaciones de los últimos quince años, los estudios sobre conservación programada se relacionan con aspectos ambientales y de riesgos, lo que evidencia una continuidad y evolución en los principios desarrollados por Urbani. Domina la aplicación de estos principios al campo artístico, por ejemplo, el estudio bibliométrico muestra publicaciones sobre conservación programa en objetos artísticos desde el año 1988. Los artículos sobre conservación programada en arquitectura inician en 1994, sin embargo, como se mencionó, es a partir del 2005 que se da un repunte.

Las estrategias para la conservación programada se relacionan con el monitoreo de los edificios. Ejemplos son la propuesta de Kita, Cavalagli y Ubertini [4] para el monitoreo estructural para la conservación preventiva de edificios históricos monumentales en Gubbio, Italia, específicamente la degradación del material asociada a condiciones ambientales. En una línea similar se encuentra la investigación realizada por Entradas, Coelho y Henriques [5] para el desarrollo de prototipos de bajo costo basados en la tecnología Arduino, para medir la temperatura, la humedad relativa y la ventilación en los edificios patrimoniales.

En el campo del monitoreo estructural un ejemplo es la propuesta de Willemien, Cabal, Robbe y Schalm [6] que analizan el uso de galgas extensométricas para evaluar las condiciones de conservación de estructuras de madera a partir de sus deformaciones. Otra condición estrechamente relacionada con la conservación programada es la vulnerabilidad sísmica, diversos autores han estudiado el tema, un ejemplo se encuentra en el estudio realizado por Díaz, Laterza y D'Amato [7] sobre la vulnerabilidad sísmica en iglesias de Italia y Chile, que propone la identificación de los elementos vulnerables de los edificios ante un evento sísmico para establecer las prioridades de intervención en la planificación de la conservación preventiva.

Los aspectos intangibles también son considerados como parte de la conservación programada. En la propuesta de Pierantonio Barizza [8], se desarrolla un método para analizar los valores asociados a los bienes arquitectónicos. El autor explica que la propuesta consiste en asignar a cada componente material del edificio un peso proporcional al mensaje cultural que transmite según una tabla de valores que incluye aspectos históricos, espirituales, artísticos y sociales, entre otros.

## Materiales y métodos

El presente análisis sobre la conservación programada corresponde a un análisis bibliométrico. Un estudio bibliométrico consiste en un análisis cuantitativo de las publicaciones científicas en un campo determinado. Tomás-Gorrioz y Tomás-Casterá explican que la bibliometría es una herramienta esencial para el conocimiento de la actividad investigadora, ya que permite conocer la situación científica en un país o en un tema de investigación [9]. Aria y Cuccurullo mencionan que la bibliometría permite un proceso de revisión sistemático, transparente y reproducible, basado en mediciones estadísticas [10]. Tomás-Gorrioz y Tomás-Casterá mencionan que un estudio bibliométrico debe cumplir con dos objetivos básicos: analizar el tamaño, crecimiento y distribución de la bibliografía científica, y estudiar la estructura social de los grupos que la producen y utilizan [9].

Ante la voluminosa cantidad de material que puede llegar a incluir un análisis bibliométrico, es necesario identificar una herramienta que facilite el procesamiento de los datos. Para la elaboración del presente análisis bibliométrico se utilizó la herramienta de código abierto Bibliometrix [11], que permite realizar un análisis integral de un mapeo científico. Aria y Cuccurullo explican que Bibliometrix proporciona un conjunto de herramientas para la investigación cuantitativa en bibliometría y cienciometría. Está escrito en el lenguaje R, que es un entorno de código abierto [10]. En este caso, la herramienta Bibliometrix permitió analizar un total de 524 referencias que fueron extraídas de la base de datos Scopus.

El estudio se realizó en dos etapas. Primero la búsqueda de información utilizando la base de datos de Elsevier Scopus, esto debido a que la plataforma permite descargar paquetes de archivos compatibles para ser estudiados por Bibliometrix. El estudio, realizado en febrero del 2020, extrajo publicaciones resultantes de la búsqueda (TITLE-ABS-KEY ({PREVENTIVE CONSERVATION}). La búsqueda se hizo en idioma inglés por ser la lengua en la que más se publica en esta base de datos. El periodo se dejó abierto para poder analizar el comportamiento de la temática a lo largo de la historia de la base de datos. Las áreas temáticas del estudio son las determinadas por Scopus.

Scopus permite generar un archivo de extensión .bib en donde almacena información importante para rastrear los documentos, tal como fuente de las publicaciones, el nombre de los autores, afiliaciones, números DOI, categoría de documentos, entre otros. Este archivo se descarga y da pie a la segunda fase del estudio que es el análisis bibliométrico de la búsqueda realizada. Para este estudio se utilizó la herramienta Biblioshiny de Bibliometrix, la cual relaciona los elementos

obtenidos para brindar información sobre grupos de investigación, principales investigadores, temáticas relacionadas, entre otros. Los resultados de esta fase fueron recolectados mediante gráficos y hojas de Excel elaborados por la herramienta.

## Resultados

En total se registraron 524 documentos, de los cuales 374 corresponden a artículos científicos, dos a libros, 28 capítulos de libros, 85 actas de congresos, tres revisiones de actas y 32 revisiones de artículos. No se presentan publicaciones directamente relacionadas a la arquitectura, sin embargo, sobresalen áreas afines como las artes y humanidades, ingeniería, ciencias de materiales, ciencias sociales, energía, entre otros.

Con respecto al margen de tiempo, el tema de conservación programada, o preventive conservation, ha sido motivo de estudio desde el año 1988. Sin embargo, es a partir del año 2005 que se empiezan a observar cantidades importantes de publicaciones anuales, llegando al pico más alto en el año 2018.

### Distribución de las publicaciones entre países e instituciones

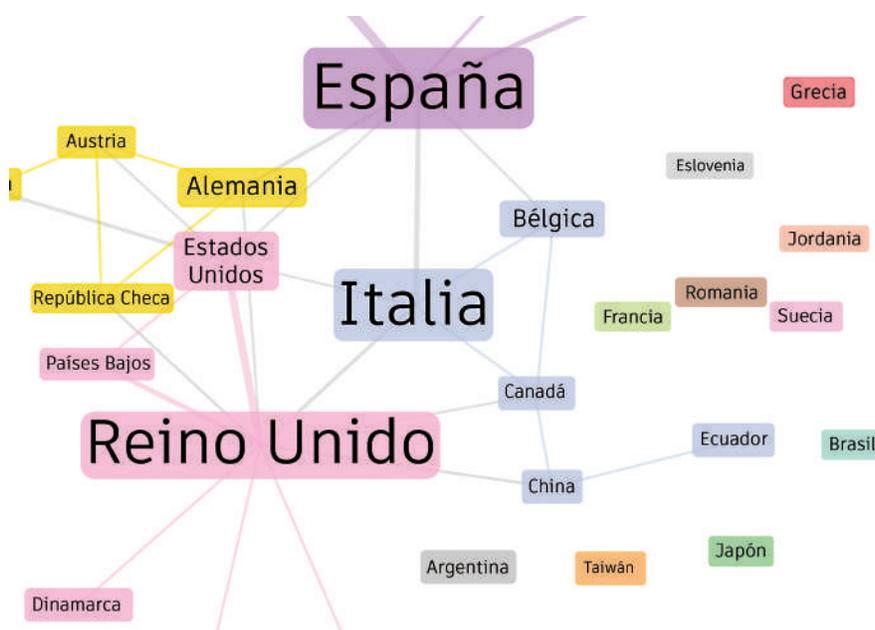
En total, 56 naciones han realizado o participado de alguna publicación relacionada al tema de preventive conservation, entre las que destacan España (36% del total de las publicaciones), Italia (31.87%), Reino Unido (22%), Estados Unidos (14,5%), Portugal (10%), Alemania (8%), Bélgica (6,8%), China(5%), Holanda (4,7%) y Francia (4.19%).

Es importante resaltar que los cuatro países con más publicaciones hospedan a las diez instituciones con mayor número de documentos científicos. Ellas son la Universidad Politécnica de Valencia (33 publicaciones), Universidad de Sevilla (15 publicaciones) y la Universidad de Granada (12 publicaciones) por España; University College of London (18 publicaciones) por el Reino Unido; La Universidad de Florencia (11 publicaciones), la Universidad de Bologna (10 publicaciones) y el Politécnico de Milán (8 publicaciones) por Italia; la Universidad Nova de Lisboa (10 publicaciones) por Portugal; la Universidad de Amberes (10 publicaciones) por Bélgica y el Getty Conservation Institute (8 publicaciones) por Estados Unidos. Las tres universidades españolas han participado en cerca del 11% de toda la producción.

La figura 1 permite observar los principales clústeres o comunidades identificadas en el análisis bibliométrico. Se entiende por clúster a una agrupación de entes ligados por relaciones de co-autoría de artículos, es decir, autores de distintos sitios o instituciones que escriben una misma publicación [12]. En la figura 1, cada cuadro representa a un país, y el tamaño del cuadro está determinado por la cantidad de publicaciones aportadas por el país. Además, se identifican con colores los grupos de países que suelen publicar de manera conjunta (clúster). La imagen muestra los 30 países con mayores publicaciones en el tema, donde 11 naciones investigan de forma aislada, mientras que las 19 restantes forman una red de cooperación. Dentro de esta red se distinguen cuatro comunidades principales: España, Portugal, Chile y Polonia; Italia, Bélgica, China, Canadá y Ecuador; Reino Unido, Estados Unidos, Países Bajos, Noruega, Dinamarca y Australia; y por último Alemania, República Checa, Austria y Suiza. La creación de estos clústeres no implica que los países que los integran no puedan relacionarse con otros, por el contrario, se denotan colaboraciones entre Italia y España, o entre Reino Unido con Alemania. Los países ubicados al centro del gráfico son los que cuentan con mayor cantidad de nodos o interacciones con otros países [12].

## Análisis por palabras clave

Las palabras clave o keywords son términos específicos de gran importancia dentro de una publicación que le permiten a una persona hallar información de forma rápida, así como caracterizarla [13]. En el caso del análisis bibliométrico empleado, la herramienta Bibliometrix realiza un análisis de co-palabras (co-word analysis en inglés) en donde toma las palabras clave de los documentos para estudiar la estructura conceptual del campo de investigación, construyendo mapas semánticos que ayuden a entender más en profundidad su estructura cognitiva [10]. En este caso el análisis se realizó utilizando únicamente Keyword Plus, dado que al ser descriptores generados automáticamente por el Science Citation Index (SCI) mediante algoritmos que extraen palabras clave de todos los títulos referenciados en un texto, podrían reflejar más claramente la particularidad conceptual de cada publicación [14].



**Figura 1.** Principales clústeres o comunidades científicas. Gráfico elaborado con Bibliometrix.

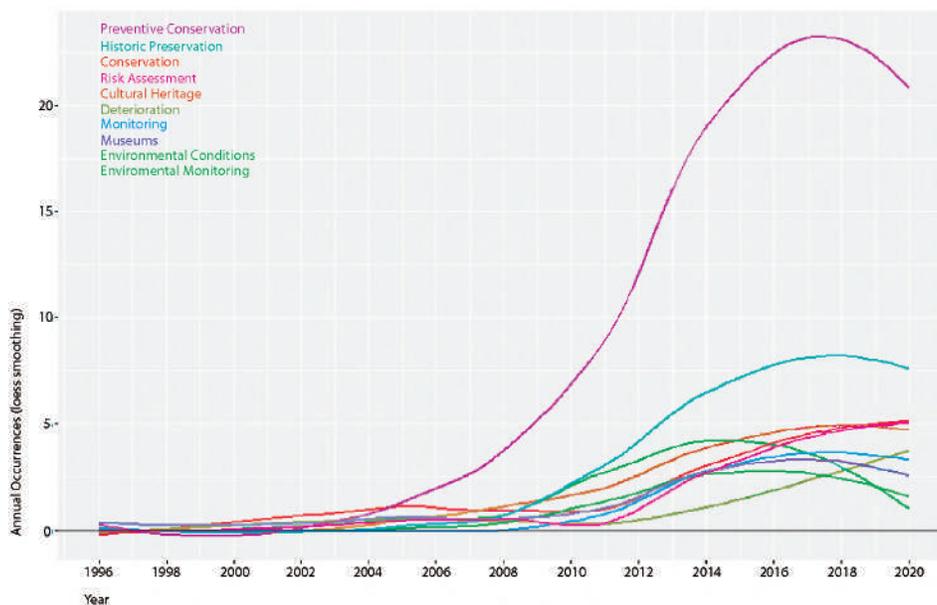
En el cuadro 1 se observan las diez palabras clave más importantes relacionadas a la búsqueda Preventive Conservation. Se observa como el campo de la conservación programada se relaciona con aspectos históricos y culturales, pero también como se liga a aspectos de condiciones ambientales, monitoreo y riesgos.

La figura 2 muestra cómo, si bien es cierto preventive conservation domina la cantidad de apariciones por año, desde el 2009 se puede observar un crecimiento paulatino de estas palabras clave, siendo historic preservation la segunda más importante luego de la búsqueda principal. Cabe resaltar que las apariciones de palabras como enviromental conditions y enviromental monitoring tienden a la baja desde el 2016, mientras que otras como deterioration, conservation y risk assessment siguen aumentando.

Con respecto a la red de palabras clave que se muestran en la figura 3, el análisis bibliométrico muestra la existencia de dos *clústeres* principales. El primero, relacionado directamente a la conservación programada y a aspectos históricos o culturales, mientras que el segundo se centra en temas ambientales, dirigidos fundamentalmente al monitoreo.

**Cuadro 1.** Principales palabras clave relacionadas a la búsqueda.

Palabra clave	Número
Historic preservation	74
Cultural heritages	48
Conservation	46
Environmental monitoring	40
Risk assessment	38
Museums	34
Monitoring	30
Environmental conditions	26
Deterioration	23
Spain	23



**Figura 2.** Apariciones anuales de palabras clave relacionadas a la búsqueda. Gráfico elaborado con Bibliometrix.

## Principales autores

En cuanto a los autores que más han publicado, destacan María Ángeles Villegas con trece publicaciones, seguida de Fernando Juan García Diego con doce publicaciones y Paloma Merello con diez publicaciones, todos de España. Luego siguen en la lista David Thickett del Reino Unido y René Van Grieken de Bélgica, ambos con siete artículos. Otros autores que destacan en el tema son Carla Balocco de Italia; Pedro Beltrán, Naomi Carmona, Rafael Fort y Manuel García Heras de España, todos con seis publicaciones.



- “Microbial Diversity In Paleolithic Caves: A Study Case On The Phototrophic Biofilms Of The Cave Of Bats (Zuheros, Spain)”, publicado en 2010 por Clara Urzi, Filomena De Leo, Laura Bruno y Patrizia Albertano.
- “Assessment Of A Monumental Masonry Bell-Tower After 2016 Central Italy Seismic Sequence By Long-Term Shm”, publicado en 2018 por Filippo Ubertini, Nicola Cavalagli, Alban Kita y Gabriele Comanducci.
- “Microclimate Monitoring By Multivariate Statistical Control: The Renaissance Frescoes Of The Cathedral Of Valencia (Spain)”. publicado en 2010 por Fernando-Juan García-Diego y Manuel Zarzo.
- “Airborne Particulate Matter Around The Cathedral Of Burgos (Castilla Y Leon, Spain)”, publicado en 2001 por R.M Esbert, F. Díaz-Pache, C.M. Grossi, F.J Alonso, y J Ordaz.
- “Flood Risk Maps To Cultural Heritage: Measures And Process”, publicado en 2015 por Jieh-Jiuh Wang.
- “Chemical Sol-Gel-Based Sensors For Evaluation Of Environmental Humidity”, publicado en 2007 por Noemi Carmona, Eliseo Herrero-Hernández, J. Llopis y M.A. Villegas.

## Conclusiones

España, Italia, Reino Unido, Estados Unidos, Portugal y Alemania figuran como los principales autores de investigaciones sobre conservación programada. Se identifican cuatro clústeres consolidados, donde la ubicación geográfica juega un papel importante, siendo la mayoría de sus miembros pertenecientes al continente europeo. El clúster más cerrado de todos es el de Alemania, ya que el único país fuera de Europa con el que mantienen relación sus integrantes es Estados Unidos. Los clústeres de España y Reino Unido son los que tienen menor contacto entre sus miembros, ya que la mayoría de los países publican en conjunto con un único integrante. Al menos un 36% de los 30 países con mayor cantidad de publicaciones se encuentran investigando de manera independiente sobre el tema. La mayor cantidad de estos países se encuentran fuera de Europa. Con respecto a autores, España concentra a las personas que más publican y a las que más influencia tienen dentro de la plataforma Scopus.

El análisis de palabras clave evidenció una lista de diversos conceptos relacionados a dos grandes áreas: una vinculante con la parte conceptual de la conservación y la otra dirigida al monitoreo ambiental y factores de riesgo de los objetos históricos. En el primer caso se encuentran estudios pertinentes tanto a la arquitectura como al arte, especialmente sobre el manejo y conservación de obras en museos, mientras que el segundo incluye campos que utilizan la tecnología de forma intensiva, lo que sugiere un énfasis altamente especializado del seguimiento que se le da a los objetos analizados.

En cuanto a los principales documentos, resaltan aquellos con conocimientos técnicos afines a durabilidad de materiales, sistemas de evaluación estructural de las edificaciones, y biodegradación de las obras a consecuencia de su exposición a condiciones ambientales.

Este análisis bibliométrico sobre conservación programada puede ayudar a entender el comportamiento de las investigaciones relacionadas al tema durante las últimas tres décadas. Los artículos científicos son la principal fuente de información, seguidos por actas de congresos y capítulos de libros. La contribución científica de este estudio fue de 524 documentos, siendo la mayor cantidad de ellos publicados en universidades europeas. Con respecto a la evolución del campo, se evidencia como las tecnologías de la información y equipos de monitoreo se han integrado a la conservación de bienes históricos en general, tanto muebles como inmuebles.



Un factor determinante en la implementación de la conservación programada es la interdisciplinariedad de los equipos investigadores, como arquitectos, historiadores, ingenieros, micólogos, entre otros. Este trabajo abre las puertas para nuevas perspectivas en cuanto a la conservación programada de bienes históricos, principalmente en cuanto a la búsqueda de medios tecnológicos que sirvan de puente para relacionar aspectos conceptuales de la conservación con el seguimiento de las intervenciones realizadas a los objetos históricos, así como sistemas que faciliten el registro de información que está siendo monitoreado y su interpretación para intervenciones oportunas.

## Referencias

- [1] Istituto Centrale del Restauro, *Piano pilota per la conservazione programmata dei beni culturali in Umbria*. Roma: TECNECO, 1976.
- [2] S. Della Torre, «Oltre il restauro, oltre la manutenzione», en *PPC Conference - Preventive and Planned Conservation*, 2014, pp. 1-10.
- [3] S. Della Torre, «La conservazione programmata: una strategia per il patrimonio storico-architettonico», en *La conservazione programmata del patrimonio storico architettonico Linee guida per il piano di manutenzione e il consuntivo*, I. R. di R. della Lombardia, Ed. Milano: Edizioni Angelo Guerini e Associati SpA, 2003, pp. 17-24.
- [4] A. Kita, N. Cavalaghi, y F. Ubertini, «Temperature effects on static and dynamic behavior of Consoli Palace in Gubbio, Italy», *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 120, pp. 180-202, 2019.
- [5] H. Entradas Silva, G. Coelho, y F. Henriques, «Climate monitoring in World Heritage List buildings with low-cost data loggers: The case of the Jerónimos Monastery in Lisbon (Portugal)», *Journal of Building Engineering*, vol. 28, 2020.
- [6] A. Willemien, A. Cabal, M. Robbe, y O. Schalm, «Real-Time Wood Behaviour: The Use of Strain Gauges for Preventive Conservation Applications», *Sensors*, vol. 20, n.º 1, pp. 1-14, 2020.
- [7] D. Díaz Fuentes, M. Laterza, y M. D'Amato, «Seismic Vulnerability and Risk Assessment of Historic Constructions: The Case of Masonry and Adobe Churches in Italy and Chile», en *Structural Analysis of Historical Constructions An Interdisciplinary Approach*, vol. 18, R. Aguilar, D. Torrealva, S. Moreira, M. Pando, y L. Ramos, Eds. Cham: Springer, 2019, pp. 1127-1137.
- [8] P. Barizza, «Analisi del valore per la programmazione degli interventi», en *La strategia della Conservazione programmata. Dalla progettazione delle attività alla valutazione degli impatti*, 2014, pp. 141-150.
- [9] V. Tomás-Górriz y V. Tomás-Casterá, «La Bibliometría en la evaluación de la actividad científica», *Hosp Domic.*, vol. 2, n.º 4, pp. 145-163, 2018.
- [10] M. Aria y C. Cuccurullo, «bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis», *Journal of Informetrics*, n.º 11, pp. 959-975, 2017.
- [11] M. Aria y C. Cuccurullo, «Bibliometrix», 2016. <https://www.bibliometrix.org/index.html>.
- [12] M. Chihib, E. Salmerón-Manzano, N. Novas, y F. Manzano-Agugliaro, «Bibliometric Maps of BIM and BIM in Universities: A Comparative Analysis», *Sustainability*, n.º 11, pp. 1-22, 2019.
- [13] S. Niwattanakul, J. Singthongchai, E. Naenudorn, y S. Wanapu, «Using of Jaccard Coefficient for Keywords Similarity», en *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists*, 2013, vol. 1.
- [14] G. Cantos-Mateos, B. Vargas-Quesada, Z. Chinchilla-Rodríguez, y M. Á. Zulueta García, «Stem cell research. Bibliometric analysis of main research areas through KeyWords Plus», *Aslib Proceedings*, vol. 64, n.º 6, pp. 561-590, 2012.
- [15] J. Bar-Ilan, «Which h-index? — A comparison of WoS, Scopus and Google Scholar», *Scientometrics*, vol. 74, n.º 2, pp. 257-271, 2008.
- [16] J. E. Hirsch, «An index to quantify an individual's scientific research output», *Proceedings of the National academy of Sciences*, vol. 102, n.º 46, pp. 16569-16572, 2005.
- [17] H. F. Moed, *Citation Analysis in Research Evaluation*, vol. 9. Netherlands: Springer, 2005.

# Evolución de la producción científica sobre los conceptos HBIM y modelado 3D en la gestión de obras patrimoniales

## Scientific production evolution of HBIM concepts and 3D modeling in the management of heritage interventions

Jose Pablo Bulgarelli-Bolaños<sup>1</sup>, Ileana Hernández-Salazar<sup>2</sup>,  
Francisco Pinto-Puerto<sup>3</sup>

---

Bulgarelli-Bolaños, J; Hernández-Salazar, I; Pinto-Puerto, F. Evolución de la producción científica sobre los conceptos HBIM y modelado 3D en la gestión de obras patrimoniales. *Tecnología en Marcha*. Edición especial. Escuela de Arquitectura y Urbanismo, Diciembre 2020. Pág 89-101.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v33i8.5512>



- 1 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: jpbulgarelli@tec.ac.cr.  
 <https://orcid.org/0000-0001-5476-6544>
- 2 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: ihernandez@tec.ac.cr.  
 <https://orcid.org/0000-0002-2355-0270>
- 3 Universidad de Sevilla. España. Correo electrónico: fspp@us.es.  
 <https://orcid.org/0000-0003-4608-6818>

## Palabras claves

Modelado tridimensional; gestión de la información; patrimonio arquitectónico; intervención patrimonial; análisis bibliométrico.

## Resumen

Esta publicación tiene como objetivo presentar un análisis bibliométrico, descriptivo y retrospectivo de la producción científica registrada en la base de datos *Elsevier Scopus*, durante el periodo comprendido entre el año 2012 y febrero 2020, en torno a publicaciones cuyas palabras claves involucran los conceptos *HBIM*, *management* y *model*.

El trabajo se desarrolló como parte del proyecto de investigación “Herramientas de gestión y conservación programada en intervenciones de bienes inmuebles patrimoniales en Costa Rica”<sup>4</sup>. Los resultados de este análisis fueron un insumo importante a la actividad de búsqueda de información sobre las fases de ejecución y cierre de los proyectos de intervención de bienes inmuebles patrimoniales a nivel nacional e internacional.

En total se analizaron 77 publicaciones realizadas por 227 autores distintos de 86 instituciones en 18 países. Se identificaron los principales autores, el momento en que publicaron, así como las principales afiliaciones y los países donde se ha realizado mayor producción científica con respecto a los conceptos indicados. A pesar de que la tendencia de la producción científica se relaciona mayoritariamente con el diseño arquitectónico, se determinó que el modelo 3D es el concepto que permite asociar el campo científico del manejo de información con el de la gestión del patrimonio.

## Keywords

Three-dimensional modeling; information management; architectural heritage; heritage intervention; bibliometric analysis.

## Abstract

This publication aims to present a bibliometric, descriptive and retrospective analysis of the scientific production registered in the Elsevier Scopus database, during the period from 2012 to February 2020, around publications whose keywords involve the concepts *HBIM*, *management* and *model*.

The work was developed as part of the research project “Management and conservation tools programmed in real estate interventions in Costa Rica”. The results of this analysis were an important input to the activity of searching for information on the phases of execution and closure of real estate intervention projects at the national and international level.

A total of 77 publications by 227 different authors from 86 institutions in 18 countries were analyzed. The main authors were identified, as well as the time of publication, the main affiliations and the countries where the greatest scientific production has been carried out with respect to the concepts indicated. Despite the fact that the trend in scientific production is mostly related to architectural design, it was determined that the 3D model is the concept that allows associating the scientific field of information management with that of heritage management.

4 Proyecto avalado y financiado por la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica, coordinado por el Mstr. Arq. Jose Pablo Bulgarelli Bolaños.

## Introducción

Como es conocido en la literatura científica, los proyectos de intervención de bienes inmuebles con valor patrimonial (proyectos IBIP) presentan complejidades distintas a las de una obra nueva, dichas complejidades parten de su consideración histórica, y la de ser depositaria de testimonios que le confieren el papel de documento y determinan su puesta en valor, produciendo como consecuencia modificaciones en los procesos de gestión, en las fases del ciclo de vida del proyecto, así como en las etapas de funcionamiento del inmueble. Por otra parte, [1] indica que el Estado Costarricense, por medio de diversas entidades, es el propietario de un porcentaje aproximado al 80% del patrimonio construido del país, sin embargo, no cuenta con protocolos estandarizados de los procesos de intervención que garanticen que su valor documental no se vea afectado por pérdidas insustituibles y, que los recursos invertidos en este tipo de proyectos sean aprovechados.

La presente publicación se enmarca dentro el proyecto de investigación titulado: “Herramientas de gestión y conservación programada en intervenciones de bienes inmuebles patrimoniales en Costa Rica”, el cual se encuentra avalado y financiado por la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica; y cuenta con la colaboración del Departamento de Arquitectura de la Universidad de Boloña, el Departamento de Expresión Gráfica e Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción de la Universidad de Sevilla, y el Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural del Ministerio de Cultura y Juventud. El trabajo colaborativo entre estas instituciones pretende integrar metodologías *HBIM* (*Heritage Building Information Modeling*), con la sugerida por el PMI (*Project Management Institute*) para gestionar, administrar y dirigir las fases de puesta en valor, ejecución, cierre y conservación programada de proyectos IBIP en Costa Rica. El primer objetivo de la investigación al que se vincula esta publicación es conocer cómo se desarrollan estas fases en los proyectos IBIP.

El presente artículo es el resultado de un análisis bibliométrico, para la identificación de la producción indexada publicada hasta la fecha, quiénes son los principales autores y desde qué lugares se han desarrollado las investigaciones, con el fin de que la búsqueda de información documental fuese pertinente para el diagnóstico propuesto como primer producto del proyecto. Se utilizó el paquete realizado por Aria y Cuccurullo [2] que, ofrece un conjunto de herramientas para la investigación cuantitativa en cienciometría y bibliometría; entendiendo a la primera como la ciencia que estudia la producción científica para medirla y analizarla, pero que se basa en la bibliometría. En este sentido en Moral-Muñoz *et al* [3] se indica que la bibliometría se divide en dos campos de estudio, el primero es el análisis de rendimiento, cuyo objetivo es evaluar a los diferentes actores científicos tales como investigadores, instituciones, países, entre otros, por medio de índices bibliográficos basados en publicaciones y datos de citas. El segundo, según Moral-Muñoz *et al* [3], es el análisis de la cartografía científica, la cual se basa en la representación topológica y temporal de la estructura cognitiva y social de un campo de investigación particular.

Específicamente en esta publicación, se hicieron ambos análisis y se emplearon tres palabras claves para la búsqueda de la información. La primera fue el acrónimo *HBIM* que, por sus siglas en inglés, hace referencia al modelado de la información de construcciones patrimoniales; es decir, toma la base conceptual y operativa de *BIM* (*Building Information Modeling*) y la adapta mediante protocolos específicos, a las particularidades de los proyectos IBIP lo que según Chihib *et al* [4] ayuda a los arquitectos, ingenieros y contratistas a trabajar en un modelo digital coordinado, dando a todos una mejor comprensión de cómo su trabajo particular se vincula con el proyecto global.

La siguiente palabra clave en la búsqueda fue *management*, debido a que el equipo deseaba identificar la relación del *HBIM* en los procesos de gestión, dirección y administración dentro del ciclo de vida de los proyectos IBIP. Por último, el concepto de modelo (*model*) se utilizó como palabra de búsqueda ya que, en los procesos *HBIM*, este consiste en una simplificación intencionada de la realidad resultado de un proceso de estudio y análisis que debe desarrollar el proyecto; es decir, se considera su utilidad como herramienta no solo de referencia entre el pensamiento abstracto y la obra finalizada, sino también su potencial para el control y seguimiento del proyecto durante todas sus fases.

## Metodología

En el presente análisis todas las publicaciones científicas utilizadas se encuentran indexadas en la base de datos *Elsevier Scopus*. Según Chihib *et al* [4] esta plataforma es útil para los estudios bibliométricos porque permite descargar información masiva para numerosos análisis. Particularmente la búsqueda se realizó en febrero 2020 y se planteó extraer publicaciones que incluyeran los conceptos *HBIM*, *management* y *model*, en el título, en el resumen o en el apartado de palabras claves, sin indicar un periodo determinado y en cualquier idioma. La búsqueda se efectuó incluyendo las siguientes citas: ( TITLE-ABS-KEY ( hbim ) AND TITLE-ABS-KEY ( management ) AND TITLE-ABS-KEY ( model ) ) AND ( EXCLUDE ( SUBJAREA , "CHEM" ) ). De esta forma, en la primera consulta se encontraron todas las publicaciones vinculadas a *HBIM*, en la segunda se filtraron los trabajos que contemplaran el tema de la gestión y en el tercer filtro se identificaron cuáles publicaciones incluían el modelo dentro de su trabajo. Por último, después de una revisión de las subáreas de búsqueda se eliminaron aquellas vinculadas a química, ya que se consideró que no tenían relación directa con el objeto de estudio de la investigación.

El documento generado por la base de datos utilizada se guardó en formato *.bib* y se analizó utilizando el paquete *R* de *bibliometrix* por medio de la herramienta *biblioshiny* [1]. Como se indica en Chihib *et al* [4] la consulta principal proporciona información básica como la fuente de publicaciones según sus autores, instituciones y sus ubicaciones geográficas. Además, para esta publicación se describe y explica el diagrama de los tres campos principales. Con respecto a los autores, se identifican los más importantes y la producción de estos a través del tiempo con el objetivo de conocer los principales exponentes en los ámbitos definidos por el proyecto. Con respecto a los documentos, se describe la información sobre documento con mayor citación mundial con el objetivo de conocer el impacto que ha tenido dentro de la producción indexada, así como su alcance dentro del campo de estudio definido por el proyecto de investigación. Además, para este análisis se describe la estructura intelectual que se trabaja en torno a la red de co-citación. Por último, los registros se sistematizaron en hojas de Excel y se generaron gráficos donde se diagrama la información para facilitar su lectura y comprensión.

## Resultados

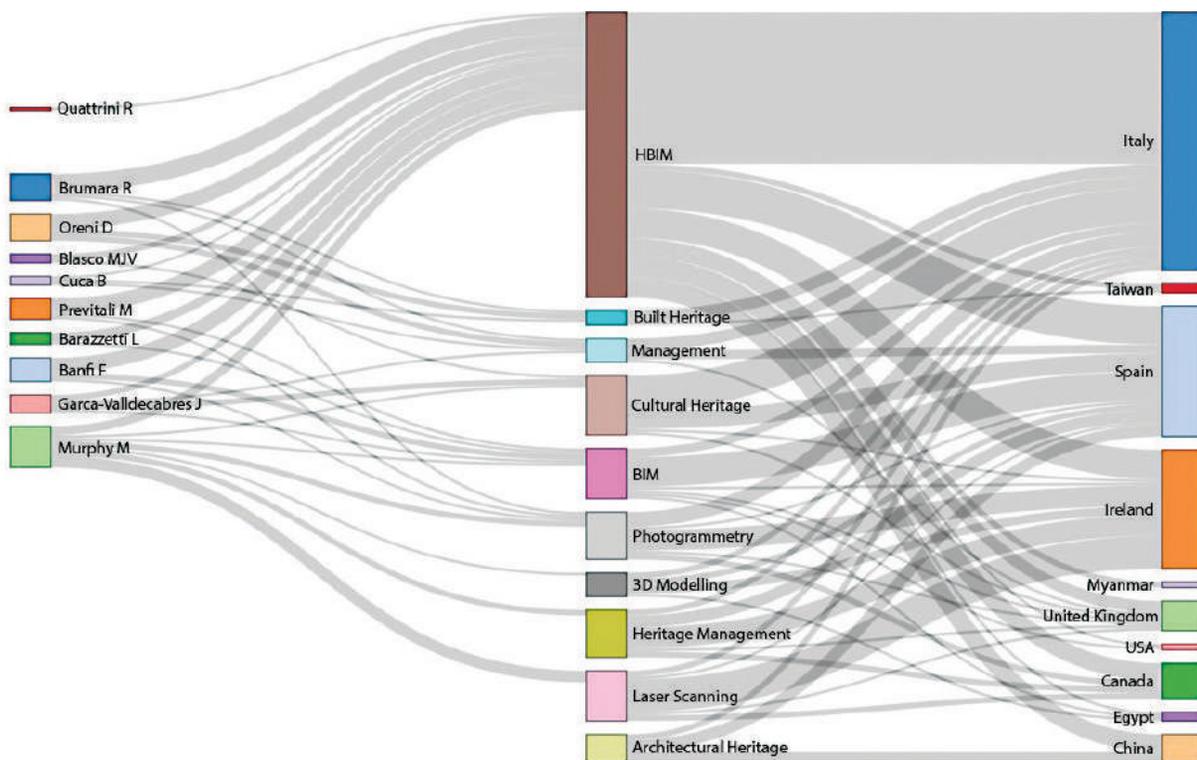
### Diagrama de tres campos principales

Este diagrama permite relacionar información de campos destacados de las publicaciones tales como palabras claves, autores, países, referencias, entre otros; permitiendo a los investigadores identificar vínculos entre los diferentes campos que lo lleven a la obtención del estado del arte de su investigación. El gráfico es más conocido como *Diagrama de Sankey* y según Riehmman *et al* [5] se utiliza principalmente para visualizar flujos o vínculos entre diversas redes y procesos, además de ilustrar información cuantitativa sobre temáticas y sus referencias.

La intensidad de los flujos que se generan es correspondiente con la cantidad de referencias acerca de las diferentes temáticas definidas.

Para realizar un análisis del campo de aplicación de las temáticas pertinentes para el documento, se consideró importante identificar las palabras claves más empleadas en las publicaciones analizadas. Esta información se relacionó con los principales autores de estas y con los países en los cuales se desarrollaron las investigaciones. La figura 1 es producto del cruce de esta serie de variables, donde la intensidad de cada flujo revela la cantidad de conexiones que existen entre cada una de ellas.

Para los 77 registros obtenidos de la base de datos *Elsevier Scopus*, las cinco palabras clave más empleadas fueron *HBIM*, *Cultural Heritage*, *Laser Scanning*, *Heritage Management* y *Photogrammetry*. De este resultado se puede concluir que los principales trabajos de investigación desarrollados en la temática relacionada al proyecto, se han concentrado en el campo del patrimonio cultural, su gestión y el manejo de técnicas de conservación e intervención basadas en la aplicación de nuevas tecnologías.



**Figura 1.** Gráfico de los tres campos principales; izquierda: autor, centro: palabras claves, derecha: países.

Por otra parte, se decidió realizar un filtro a la cantidad de autores, palabras claves y países desde los cuales se están produciendo la mayor cantidad de publicaciones indexadas en el área de estudio determinado para esta investigación. El gráfico destaca los diez principales autores que han desarrollado trabajos dentro de la temática. Existen cinco autores principales, los cuales poseen el mayor número de publicaciones relacionadas al *HBIM*: Banfi, Brumana, Previtali, Oreni, y Barazzetti; estos son los referentes en la materia dentro de esta búsqueda temática. En cambio, Murphy figura como otro de los autores más relevantes, principalmente por relacionar el concepto *HBIM* con la aplicación específica de las nuevas tecnologías en la

conservación del patrimonio, tales como el escáner láser, la fotogrametría y el modelado 3D; mientras que Brumana, Previtali y Banfi vinculan el tema del *HBIM* con el uso de la fotogrametría. Finalmente, los conceptos *management* y *heritage management* son los últimos en relacionarse en la figura 1. En este gráfico los cuatro autores que relacionan el tema del *management* con *HBIM* son: Brumana, Oreni, Cuca y García-Valldecabres; sin embargo, a Murphy se le relaciona específicamente con el tema de la gestión del patrimonio.

Otro de los campos que se analizó en el gráfico, fueron los países desde donde se desarrollan más investigaciones relacionadas a los tres conceptos pertinentes del análisis. De los diez países más importantes en la temática, la mayor cantidad de producción científica indexada se desarrolla en Italia, seguida de cerca por España e Irlanda, no obstante, también se han realizado numerosas publicaciones en países como Canadá, Reino Unido y China.

### Autores más relevantes

Se realizó un análisis de los autores más relevantes relacionados con los tres conceptos en cuestión para determinar la cantidad de trabajos publicados y el grado, en el cual dichos autores han influido en el desarrollo de nuevas investigaciones. Otro elemento importante que se analizó fue lo que en Aria y Cuccurullo [2] se denomina autoría fraccional, la cual cuantifica las contribuciones de un autor individual a un conjunto de artículos publicados, bajo el supuesto de una contribución uniforme de los coautores en cada artículo. A continuación, se adjunta el cuadro 1 que refleja el número de artículos publicados y aquellos fraccionados por autor, donde destacan nuevamente: Banfi, Brumana, Previtali, Oreni, y Barazzetti.

**Cuadro 1.** Autores más relevantes

Autores	Num. Artículos	Autoría fraccional	Num. Artículos fraccionados
BANFI F	8	BANFI F	3.060
BRUMARA R	8	NA NA	2.000
PREVITALI M	7	ORENI D	1.935
ORENI D	6	BRUMARA R	1.643
BARAZZETTI L	4	PREVITALI M	1.393
MURPHY M	4	NESPECA R	1.250
GARCÍA-VALLDECABRES J	3	LIN YC	1.167
QUATTRINI R	3	CASTELLANO-ROMÁN M	1.000
BLASCO MJV	2	MEGAHE NA	1.000
BRUNO S	2	PINTO-PUERTO F	1.000

### Producción indexada de autores a través del tiempo

Otro de los análisis realizados fue la función de producción indexada por autor a través del tiempo la cual, según Aria y Cuccurullo [1], calcula y traza la producción de los autores en términos de número de publicaciones y citas totales por año, indicando el número promedio anual de veces que cada autor y manuscrito han sido citados. Según los resultados, la producción indexada de los diez principales autores, relacionada a los conceptos *HBIM*, *management* y *model*, se ha incrementado a partir del año 2017. Murphy se muestra como el pionero en la publicación

de investigaciones vinculadas a estos conceptos con el único documento publicado en 2012 y un número de citas anuales de 10.33, no obstante, es hasta 2017 que vuelve a presentar una nueva investigación y realiza la publicación de dos nuevos trabajos. Brumana inicia su trabajo en el tema del *HBIM* en 2013, retoma la temática en 2017 y se mantiene constante con publicaciones anuales de entre uno y dos artículos hasta el año 2020.

Banfi, inició su producción indexada en 2016 y desde entonces se mantiene constante hasta el año 2020, sus publicaciones alcanzan 9.67 citas por año. Esta situación es similar a la de Previtali, aunque este último autor, inició la investigación en el tema a partir del año 2017. Finalmente, el 2018 fue el año de más publicación registrada en Elsevier Scopus, donde ocho de los diez autores principales, publicaron trabajos relacionados en los temas pertinentes a la investigación.

### Documento con mayor citación mundial

Las citas totales se definen en Aria y Cuccurullo [2] como el número de veces que un documento ha sido citado. La función de citas de bibliometrix genera el cuadro de frecuencias de las referencias más citadas o de los primeros autores (de las referencias) más citados. En el cuadro 2, se encuentran seis de los artículos con mayor citación mundial ordenados, según una relación entre la mayor frecuencia de Total de Citaciones (TC) y la mayor reiteración del TC por año. Según los primeros cinco resultados del análisis, en el cuadro 2 se aprecia el documento escrito por Dore y Murphy en el 2012 [6], el cual se considera como un artículo seminal que dio paso a otras investigaciones dado que presenta un total de 93 citas y 10.33 citas por año. Por otra parte, Oreni aparece como autor principal de tres artículos a nivel general, dos publicados en el 2013 y uno en el 2017; donde el documento en coautoría con Brumana, Georgopoulos y Cuca, del año 2013 [6], es el que destaca en el cuadro 2 con 49 citas totales y un promedio de 6.125 citas totales por año. Además, el artículo escrito por Bruno, De Fino y Fatiguso del 2018 [7] tiene un total de citación por año de 10.33 y 31 citas totales.

**Cuadro 2.** Documentos con mayor citación global

#	Artículo	Total de citas (TC)	TC por año
1	DORE C, 2012, PROC INT CONF VIRTUAL SYST MULTIMEDIA, VSMM: VIRTUAL SYST INF SOC	93	10.333
2	BRUNO S, 2018, AUTOM CONSTR	31	10.333
3	BRUMANA R, 2018, APPL GEO	21	7
4	ORENI D, 2013, ISPRS ANN PHOTOGRAMM REMOTE SENS SPAT INF SCI	49	6.125
5	ACAMPA G, 2020, GREEN ENERGY AND TECHNOLOGY	5	5
11	CAPONE M, 2019, ISPRS ANN PHOTOGRAMM REMOTE SENS SPAT INF SCI	7	3.5

En el cuadro general, también destaca como autor principal Brumana con un total de tres artículos entre 2017 y 2018; siendo para este autor el documento [9] el que presenta mayor cantidad de citas y citas anuales, 21 y siete respectivamente. Por otro lado, para el

periodo de este análisis es importante mencionar el documento escrito por Acampa, Forte y De Paola en el 2020 [10]; publicado durante el primer trimestre del año; dado que posee a la fecha del análisis, cinco citas totales y cinco por año, número importante considerando que, de los 77 documentos analizados, 49 poseen al menos una cita y las restantes 28 publicaciones no poseen cita alguna. Por último, fuera de estos cinco documentos con mayor cita y mayor cita anual, considerando el año 2019 como el que registra más producción académica, el único documento que resalta es el escrito por Capone & Lanzara [11] con siete citas totales y 3.5 citas totales por año.

### Red de co-citación

La co-citación de dos artículos se entiende, según Aria y Cuccurullo [1], cuando ambos se citan en un tercer artículo. Surwase *et al* [12] indican que la co-citación, es un método utilizado para establecer una similitud temática entre dos documentos y que los dos documentos son co-citados cuando ambos aparecen en la lista de referencia de un tercer documento, el cual se considera como un nodo. En el análisis bibliométrico estos últimos documentos no necesariamente están presentes dentro del grupo de artículos analizados. Además, en Surwase *et al* [12] se indica que en cuantos más trabajos se citen, más fuerte será su relación y la frecuencia de cita será definida como la frecuencia con la que se citan dos documentos juntos.

Según Surwase *et al* [12], la co-citación de documentos se utiliza para realizar búsquedas en documentos similares, donde se agrupan los documentos por temas en común. Para esta publicación con respecto a la red de co-citación se utilizó como parámetro de campo 20 documentos, con el mismo número de nodos o conexiones y un logaritmo de agrupación de *Louvain*. El gráfico de la figura 2 presenta un diseño de red automático de bibliometrix [2]; en el cual, se pueden apreciar tres grupos relacionados semánticamente entre sí.

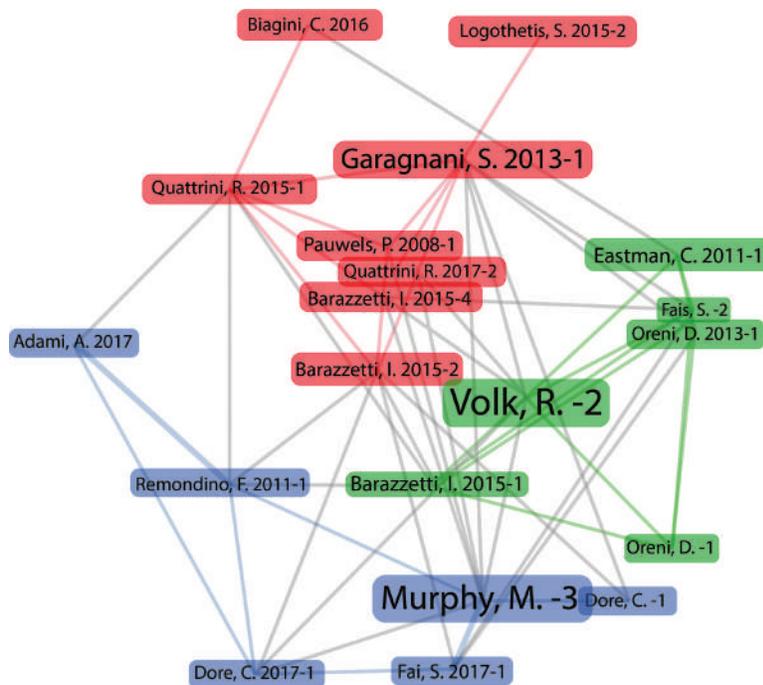


Figura 2. Red de co-citación.

Como se muestra en el cuadro 3, si se ordenan los resultados generales producidos por bibliometrix [2] según el índice de co-citación de mayor a menor, uno de artículos publicados por R. Volk en el 2014, específicamente Volk *et al* [13], forma la centralidad del Grupo o Clúster Tres. Los artículos escritos por Quattrini [14] y Garagnani [15] en el 2015 y 2013 respectivamente, conforman la centralidad del Grupo Uno. Por último, el artículo escrito por Murphy [16] representa la centralidad del Clúster Dos; cada uno liderando un tema en particular.

**Cuadro 3.** Centralidades de co-citación

Nodo	Grupo o clúster	Centralidad
VOLK R. -2	3	42.30001066
QUATTRINI R. 2015-1	1	25.95069697
GARAGNANI S. 2013-1	1	21.92813895
MURPHY M. -3	2	15.43606389

## Discusión

La información con los resultados que arrojó el análisis realizado mediante el Diagrama de los tres campos principales, se sintetizó el cuadro 4. En ella se muestran los conceptos pertinentes al análisis bibliométrico de este artículo y los autores que han publicado en relación con estos. Se toma el concepto *HBIM* como el principal, dado que se trata de la palabra clave más relacionada con todos los autores. En segundo lugar, está el concepto de nuevas tecnologías que, si bien en el presente artículo el concepto de modelo es el que se analiza, temas como el escáner láser y fotogrametría son esenciales para el proceso de modelado.

**Cuadro 4.** Relación de conceptos por autor.

Concepto:	HBIM	NUEVAS TECNOLOGÍAS	GESTIÓN
Autores:	Banfi	Banfi	Brumana
	Barazzetti	Brumana	Cuca
	Brumana	Murphy	García-Valldecabres
	Murphy	Previtali	Murphy
	Oreni		Oreni
	Previtali		

En tercer lugar, se consideraron los conceptos de gestión y gestión patrimonial, ya que, son de las últimas diez palabras claves consideradas dentro del gráfico. Se concluye, por lo tanto, que a pesar de que los grupos de autores se clasifican según su relación con los conceptos; en un primer grupo se encuentran Brumana y Murphy; luego sobresalen Banfi, Oreni y Previtali; y finalmente, en un tercer grupo se encuentran Barazzetti, Cuca y García-Valldecabres, como los investigadores que poseen mayor injerencia en las temáticas del proyecto de investigación.

Por otra parte, en lo referente a los países con mayor desarrollo de trabajos en los campos definidos por este proyecto, Italia muestra un alto porcentaje de investigación en todas las temáticas vinculadas a las principales palabras claves. España se ha concentrado más en investigaciones que vinculan al *HBIM* con el patrimonio cultural y arquitectónico y su gestión, mientras que Irlanda se destaca por desarrollar publicaciones vinculadas al uso de las nuevas tecnologías como el escáner láser y la fotogrametría, así como el modelado en tres dimensiones. Sorprende, que países con un gran legado cultural como Egipto, no presenten aún un alto grado de desarrollo en la aplicación de las nuevas tecnologías en el campo del patrimonio construido, aunque es importante destacar que la mayor parte de las investigaciones que se han desarrollado en ese país, han sido aporte de países como Italia, España y Reino Unido principalmente.

En cuanto a los autores más relevantes, si se compara la información obtenida en la figura 1 con el cuadro 1, se puede observar que, aunque Murphy es el investigador que ha abarcado una mayor cantidad de temáticas en sus trabajos, no es el autor que más artículos ha publicado, ya que Banfi y Brumana son quienes cuentan con más documentos indexados; no obstante, aunque el índice de artículos fraccionados es de 3.06 y 2.00 respectivamente, figuran ellos mismos como coautores de otras publicaciones. Previtali por su parte, posee siete artículos indexados y un índice de artículos fraccionados de 1.93, figurando en trabajos de Oreni y Barazzetti como coautor.

A pesar de que el tema del *BIM* ha venido aplicándose en el campo del patrimonio cultural desde hace algunos años y de que las publicaciones indexadas en *Elsevier Scopus* reporta documentos a partir del 2012, durante estos ocho años de investigación, aún el campo del *HBIM* resulta poco explorado, abriendo la posibilidad de desarrollar más trabajos que aporten en esta temática. Por otra parte, si se toma en consideración que para esta investigación se analizaron 77 publicaciones que registraron las palabras *HBIM*, *management* y *model*, se concluye que el autor que más trabajos relacionados a estos conceptos realiza, publica en promedio un artículo anualmente, como parte de los nueve artículos, en promedio, que se indexan por año en dicha base de datos.

A pesar de que autores importantes han desarrollado trabajos que han resultado referentes vinculados a los conceptos que se analizaron, su producción indexada a través del tiempo no ha sido constante en todos los investigadores, lo que da paso a la reflexión acerca de la necesidad de trabajar más constantemente en el desarrollo de estas temáticas, para favorecer su consolidación y difusión en el panorama global. Autores como Murphy, Brumana y Oreni iniciaron sus publicaciones indexadas en 2012 y 2013 respectivamente; no obstante, pasaron entre tres y cinco años en volver a presentar investigación indexada en la materia.

Autores como Banfi y Previtali quienes indexaron artículos a partir del 2016 y 2017, se han mantenido con trabajos publicados anualmente, incrementando su producción entre el 2017 y 2018. Es importante destacar que son estos años los que mayor investigación indexada poseen, seis de los diez autores principales publicaron trabajos en 2017 y ocho autores publicaron artículos en 2018. Por su parte, el año 2020 parece promisorio en el sentido de que, a febrero del presente año, para el análisis de este artículo, se registra la publicación de trabajos por parte de seis de los diez autores principales, por lo que podría marcar un hito en cuanto a indexación de artículos relacionados a las temáticas definidas por este proyecto.

De los documentos con mayor citación global se puede desprender una línea evolutiva del tema en estudio, según su relevancia para el cuerpo científico, el cual marca la pauta del análisis documental que requiere el proyecto de investigación en el cual se enmarca el presente artículo. Iniciando por Dore & Murphy [6], quienes propusieron en el año 2012 un enfoque para grabar digitalmente sitios patrimoniales a partir de datos obtenidos mediante escaneo láser o

datos fotogramétricos, trabajando un modelado con técnicas paramétricas y de procedimiento. La información que obtuvieron la describen como elementos arquitectónicos mapeados y almacenados en una biblioteca de objetos arquitectónicos. Con la información obtenida, generaron un modelo 3D integrado a un Sistema de Información Geográfica (SIG) para su análisis.

Oreni *et al* [7] en el 2013 describen la utilidad de cambiar el contenido de un modelo 3D a un modelo de información *HBIM* con el fin de apoyar el manejo, gestión y conservación del patrimonio histórico construido; estos autores establecieron una metodología para el establecimiento de una biblioteca de datos o “elementos históricos”. Bruno *et al* [8], en el año 2017, abordaron un debate metodológico con respecto a los modelos paramétricos completos *as built* de edificios patrimoniales; modelos que sirven de apoyo al diseño de intervenciones de restauración y conservación. En este documento se propone el desarrollo de un *HBIM* para la gestión de las intervenciones, basado en un diagnóstico y en donde se acuña el término *DA-HBIMM* (*diagnosis-aided information modelling and management*) [7].

Brumana *et al* [9] se propusieron obtener, en el 2018, un plan *HBIM* capaz de combinar la complejidad de la forma geométrica con los propósitos del diseño arquitectónico y los objetivos de preservación. Donde existiera un balance entre la preservación máxima de la autenticidad de los materiales, el comportamiento funcional y las técnicas de construcción. Capone & Lanzara [11], en el año 2019, definieron un flujo de trabajo experimental de *BIM* con el fin de generar un conjunto de bibliotecas de cúpulas basados en las reglas geométricas de los tratados; la comparación de estos modelos 3D con nubes de puntos permitió identificar la regla utilizada o definió una nueva regla y, por ende, construir modelos paramétricos complejos basados en levantamientos apoyados en la realidad.

Por último, Acampa *et al* [10] exponen, a inicios del 2020, los primeros resultados de su investigación donde pretenden verificar que el modelado, dentro del ámbito *HBIM* en Italia, ha permanecido confinado a un nivel de desarrollo bajo (LOD o *Level Of Development*) y que en aquellos casos donde se ha integrado información específica y detallada, ha permitido evaluar, en tiempo real, la sostenibilidad de diferentes alternativas de intervención. Estos investigadores concluyen que la planificación y la gestión de los proyectos de conservación y restauración podrían mejorarse si se tuviera acceso al modelado virtual del objeto patrimonial; sin embargo, la complejidad de estos objetos, la falta de algoritmos inteligentes para automatizar en su totalidad el modelado virtual produce que el proceso de construcción de los componentes paramétricos tome mucho tiempo. Siendo esto último un interesante ámbito para el desarrollo de investigaciones en un futuro cercano.

Por otra parte, según el análisis de co-citación el Grupo Uno, cuya centralidad está en torno a los artículos de Quattrini *et al* [14] y Garagnani & Manferdini [15] es un clúster que toca el tema correspondiente a los modelos 3D generados a partir de nube de puntos. Específicamente el documento de Quattrini *et al* [14] presenta la viabilidad de un enfoque *HBIM* para formas arquitectónicas complejas a partir de nubes de puntos obtenidas mediante escaneo láser terrestre, donde la novedad recayó en que el trabajo fue hecho en un entorno 3D a lo largo del proceso y desarrollo semántico durante la fase de construcción. Por otro lado, en Garagnani & Manferdini [15] se propone una metodología destinada a procesar datos de nube de puntos en un entorno *BIM* de alta precisión.

En el Clúster Dos, el nodo representado por el artículo escrito por Murphy *et al* [16] hace referencia a metodologías para la producción *HBIM*. En Murphy *et al* [16] se propone una metodología *HBIM* para estructuras y entornos históricos, involucrando las etapas de recolección y procesamiento de datos de levantamiento de láser, pasando por la creación de imagen y concluyendo con la creación de los objetos históricos paramétricos. El entregable final

es un modelo 3D completo que incluye detalles detrás de la superficie del objeto relacionados con sus métodos de construcción y composición de materiales. La propuesta de Murphy *et al* [16] sobre la metodología *HBIM* produce planos de ingeniería completos para la conservación de estructuras y entornos históricos, agregando inteligencia a los datos de la nube de puntos.

Finalmente, el documento escrito por Volk *et al* [13] representa un nodo dentro del Grupo Tres según el análisis bibliométrico. Juzgando por el contenido del artículo este clúster gira entorno a la gestión del modelado de la información de construcción. Particularmente en la publicación Volk *et al* [13] se analizaron 180 publicaciones relevantes al tema *BIM* y se demostró que para el 2014 existía un acercamiento temeroso de la aplicación de este tipo de metodologías en obras ya construidas debido a tres razones principales: el esfuerzo de la conversión de datos capturados en objetos semánticos *BIM*, la actualización de información *BIM* y el manejo de datos inciertos relacionados con objetos *BIM* a partir de las edificaciones existentes.

## Conclusiones

Según los datos existentes en la base de datos *Elsevier Scopus*, el desarrollo de trabajos indexados en los campos *HBIM*, *management* y *model* inició en el año 2012 y ha incrementado a lo largo de estos ocho años, destacando 2017 y 2018 como en los que más producción indexada vinculada a estos campos, ha sido registrada. A pesar de este crecimiento y de su relación con el campo del *BIM*, la aplicación en los procesos de intervención de bienes inmuebles con declaratoria patrimonial es aún incipiente.

Países como Italia y España que destacan por contar con un gran número de edificaciones de valor histórico y patrimonial, lideran la investigación tanto a nivel de documentación como en temas de gestión y uso de herramientas digitales. En este sentido, no se evidencia que ningún país de América Latina esté realizando publicaciones de trabajos con énfasis en las temáticas descritas. Este hecho, hace necesario que se promueva la realización de proyectos de investigación que trabajen en los campos referidos en este artículo, con miras a un mayor desarrollo no solamente en Europa, sino también en otros países donde la presencia de bienes inmuebles patrimoniales se está viendo amenazada.

La investigación documental, además de enfocarse en la producción de los modelos 3D, también debe buscar entender como estas deben evolucionar a herramientas de información *HBIM* para que pueden apoyar la gestión del patrimonio histórico construido, durante y posterior a la intervención, incorporando metodologías como *DA-HBIMM* y aquellas que combinan la abstracción geométrica, con la funcionalidad del diseño arquitectónico y los objetivos de los procesos de intervención patrimonial.

Con base en lo anterior, el proyecto vinculado a la presente publicación puede analizar la producción científica centrándose en tres grandes grupos. El primero de análisis serán aquellos documentos que hacen énfasis en la producción de modelos 3D, principalmente en los generados a partir de nube de puntos; el segundo grupo corresponderá a aquellas producciones que documenten las metodologías para la producción *HBIM*. El tercer grupo de análisis serán aquellos artículos que vinculen el tema *BIM* con la gestión de intervenciones patrimoniales

Finalmente, este análisis permitió generar, para el proyecto de investigación, una base de datos robusta, ordenada según los *clusters* resultantes y priorizando aquellas publicaciones y autores más relevantes. Esto permitió iniciar la fase de análisis documental de manera organizada, comprendiendo la evolución de los conceptos vinculantes a la investigación.

## Referencias

- [1] J.P. Bulgarelli-Bolaños, “Modelo de gestión de proyectos para la intervención de bienes inmuebles con declaratoria de patrimonio histórico-arquitectónico en Costa Rica”, en *I Simposio Internacional de Cultura: Exploración y Puesta en Valor*, San José, CRC, 2019, pp. 124-137.
- [2] M. Aria & C. Cuccurullo, “Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis”, *Journal of Informetrics*, vol. 11, no. 4, pp. 959-975, Nov., 2017.
- [3] J. Moral-Muñoz, E. Herrera-Viedma, A. Santisteban-Espejo & M. Cobo, “Software tools for conducting bibliometric analysis in science: An up-to-date review”. *El profesional de la información*, vol. 29, no. 1, e29010, Ene., 2020. [DOI: 10.3145/epi.2020.ene.03]
- [4] M. Chihib, E. Salmerón-Manzano, N. Novas & F. Manzano-Agugliaro, “Bibliometric Maps of BIM and BIM in Universities: A Comparative Analysis”, *Sustainability*, vol. 11, no. 16, p. 4398, 2019.
- [5] P. Riehmman, M. Hanfler & B. Froehlich, “Interactive Sankey diagrams”, *IEEE Symposium on Information Visualization, 2005. INFOVIS 2005*, IEEE 2005, pp. 233-240, Oct., 2005. [DOI: 10.1109/INFVIS.2005.1532152]
- [6] C. Dore & M. Murphy, “Integration of Historic Building Information Modeling (HBIM) and 3D GIS for recording and managing cultural heritage sites”, In *2012 18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia*, pp. 369-376, IEEE, Sept., 2012.
- [7] D. Oreni, R. Brumana, A. Georgopoulos, & B. Cuca, “HBIM for conservation and management of built heritage: Towards a library of vaults and wooden beam floors”. *ISPRS annals of photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, 5, W1, 2013.
- [8] S. Bruno, M. De Fino & F. Fatiguso, F, “Historic Building Information Modelling: performance assessment for diagnosis-aided information modelling and management”. *Automation in Construction*, 86, pp. 256-276, Nov., 2017.
- [9] R. Brumana, S. Della Torre, M. Previtali, L. Barazzetti, L. Cantini, D. Oreni & F. Banfi, “Generative HBIM modelling to embody complexity (LOD, LOG, LOA, LOI): Surveying, preservation, site intervention—the basilica di collemaggio (L’Aquila)”. *Applied Geomatics*, 10, 2018. [doi:10.1007/s12518-018-0233-3]
- [10] G. Acampa, F. Forte, & P. De Paola, “BIM models and evaluations”, In *Values and Functions for Future Cities*, pp. 351-363, Springer, Cham, 2020. [doi:10.1007/978-3-030-23786-8\_20]
- [11] M. Capone & E. Lanzara, “Scan-to-BIM vs 3D ideal model HBIM: parametric tools to study domes geometry”, In *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W9, pp. 219-226, 2019. [doi:10.5194/isprs-archives-XLII-2-W9-219-20192019]
- [12] G. Surwase, A. Sagar, B.S. Kademani & K. Bhanumurthy, “Co-citation analysis: an overview. BEYOND LIBRARIANSHIP: Creativity, Innovation and Discovery”, in *Beyond Librarianship: Creativity, Innovation and Discovery*, Mumbai, India, pp. 179-185, Sep., 2011.
- [13] R. Volk, J. Stengel & F. Schultmann, “Building Information Models (BIM) for existing buildings – literature review and future needs”, *Automation in Construction*, 38, pp. 109-127, 2014. [DOI: 10.1016/j.autcon.2013.10.023]
- [14] R. Quattrini, E. S. Malinverni, P. Clini, R. Nespeca & E. Orlietti, “From tIs to HBIM. High quality semantically-aware 3D modeling of complex architecture”, In *3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures*, Avila, Spain, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. XL-5/W4, pp. 25-27, Feb., 2015.
- [15] S. Garagnani & A. M. Manferdini, “Parametric Accuracy: Building Information Modeling Process Applied To The Cultural Heritage Preservation”, In *3D-ARCH 2013 - 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures*, Trento, Italy, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-5/W1, Feb., 2013.
- [16] M. Murphy, E. McGovern, S. Pavia, “Historic Building Information Modelling – Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture”, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2013. [http://dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.11.006]

# Retos del diseño arquitectónico, urbano y paisajista dentro de los nuevos modelos económicos

## Challenges of architectural, urban and landscape design within the new economic models

Laura Chaverri-Flores<sup>1</sup>

---

Chaverri-Flores, L. Retos del diseño arquitectónico, urbano y paisajista dentro de los nuevos modelos económicos. *Tecnología en Marcha*. Edición especial. Escuela de Arquitectura y Urbanismo, Diciembre 2020. Pág 102-117.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v33i8.5513>

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Arquitectura y Urbanismo, Campus Tecnológico Local San José. Universidad de Costa Rica, Escuela de Arquitectura y Escuela de Estudios Generales, Sede Rodrigo Facio. Docente e Investigadora. Correo electrónico: lauchaverri@tec.ac.cr.

 <https://orcid.org/0000-0002-1939-1895>



## Palabras clave

Arquitectura del paisaje; Diseño como mercancía; centros comerciales; neoliberalismo; derecho a la ciudad.

## Resumen

En nuestra sociedad capitalista contemporánea existe una tendencia a la autodestrucción respaldada por el dominio del ser humano sobre la naturaleza. Los parques nacionales, las ciudades y la arquitectura se han convertido en objetos de consumo. El objetivo de este trabajo es identificar consecuencias, retos y alternativas para el diseño urbano, paisajístico y arquitectónico en el sistema económico neoliberal. En cuanto a la metodología, se realizaron diferentes revisiones bibliográficas de autores de diversas disciplinas como la economía, la geografía y la arquitectura, y en particular ciertas obras de Franz Hinkelammert, quien compara el capitalismo con una nueva religión del mercado que conlleva a la autodestrucción. Además, se ejemplifica la argumentación con algunos casos de estudio concretos y se genera un diálogo y reflexión en torno a la repercusión que ha tenido el sistema económico neoliberal en la ciudad y el paisaje, donde la propiedad privada se encuentra por encima del espacio público. Se realiza un análisis de los centros comerciales que simbolizan los nuevos templos de la religión neoliberal. Dentro de los resultados y discusión se recopilan las consecuencias, pero se exploran viejos paradigmas olvidados como alternativas, asimismo la posibilidad de utilizar el diseño como bien común. Algunas de las conclusiones finales revelan la dependencia del diseño con la forma de pensar del diseñador, quien podría generar innovaciones. Se revisan algunas resistencias al sistema imperante como la arquitectura resiliente, y se evidencia la urgencia de un cambio de paradigma de la sociedad actual.

## Keywords

Landscape architecture; Design as merchandise; shopping centers; neoliberalism; right to the city.

## Abstract

In our contemporary capitalist society, there is a tendency to self-destruction backed by human domination over nature. National parks, cities, and architecture have become objects of consumption. The objective of this work is to identify consequences, challenges, and alternatives for urban, landscape, and architectural design in the neoliberal economic system. Regarding the methodology, different bibliographic reviews were carried out considering authors from various disciplines such as economics, geography, and architecture, particularly some works by Franz Hinkelammert that compares capitalism with a new market religion that leads to self-destruction. Also, the argument is exemplified with some specific case studies along with generated dialogue and reflection around the impact that the neoliberal economic system has had on the city and the landscape, where private property is above public space. An analysis of the shopping malls symbolizing the new temples of the neoliberal religion is carried out. The results and discussion collect the consequences but explore old forgotten paradigms as alternatives, as well as the possibility of using design as a common good. Some of the findings reveal the reliance upon the design with the designer's way of thinking, who could generate innovations. Some resistances to the prevailing system like resilient architecture are reviewed, and the urgency of a paradigm shift in today's society is evident.

## Introducción

Los siglos XIX y XX se caracterizaron por ser épocas de transformación y búsqueda de nuevos tipos de expresión en el mundo mecanicista occidental, donde imperaba el dominio del ser humano sobre la naturaleza. El poder del pensamiento y de la razón llega a su máxima expresión con el paradigma mecanicista, caracterizado por ser cuantitativo, reduccionista, patriarcal y antropocéntrico [1, p. 20-21].

El ser humano en su incansable deseo de progreso no “pensó” en el daño que le provocaba a su entorno. Dicha agresión tiene una multitud de rostros; entre ellos: la deforestación, la destrucción de la capa de ozono, el efecto de invernadero, y la contaminación principalmente. Además, se ha contribuido a la extinción de pueblos indígenas y especies a través de la sistemática destrucción de hábitats, bosques y complejos biológicos, agravando el desequilibrio ecológico de sus territorios.

Es así como en la sociedad capitalista actual, existe una tendencia a la autodestrucción del ser humano. Por un lado, se descubren nuevas medicinas para curar enfermedades mortales, pero por otro se generan bombas atómicas y armas nucleares que podrían acabar con el planeta en poco tiempo. En los últimos años, las consecuencias y amenazas del “progreso” han sido reveladas por científicos e investigadores. Sin embargo, ha dominado más fuertemente el anhelo por el poder y el consumo que nos ha llevado a esta autoeliminación. Para Franz Hinkelammert [1]: “No se trata de una reacción en contra del progreso, sino de una duda cada vez mayor en cuanto a las consecuencias del progreso hasta para la propia vida humana” [2, p. 1].

Según la visión del paradigma mecanicista y el sistema económico neoliberal, la ciencia y la tecnología ayudan al hombre a mejorar “su condición de vida” pero, ¿a qué precio?: armamentismo, producción industrial, contaminación de suelos y agua, creciente gasto de energía. Además, con esto: ¿qué entendemos como calidad de vida?, ¿vivir en ciudades fragmentadas con grandes avances tecnológicos y donde lo natural parece inalcanzable?

El objetivo de este trabajo es identificar consecuencias, retos y alternativas para el diseño urbano, paisajístico y arquitectónico en el sistema económico neoliberal. Se abordará la repercusión que ha tenido este sistema económico, convirtiéndose en la nueva religión del mercado y borrando los derechos a la ciudad y a la vida. Además, se explorará cómo el diseño, la ciudad y el paisaje se han transformado en una mercancía, y como los centros comerciales simbolizan los nuevos templos de este culto. Asimismo, se analizarán los esfuerzos de recuperar el derecho a la ciudad y al paisaje para finalizar con alternativas de cambio de paradigma y resistencia en contra de esta religión del suicidio colectivo.

## Materiales y métodos

Al ser una investigación de carácter cualitativo, en primera instancia se realizaron diferentes revisiones bibliográficas de autores de diversas disciplinas como la economía, la geografía y la arquitectura, haciéndose énfasis en el trabajo de Franz Hinkelammert, economista y teólogo alemán reconocido en el mundo por sus obras de crítica del neoliberalismo, quien compara el capitalismo con una nueva religión del mercado que conlleva a la autodestrucción. En este recorrido teórico, se identificaron consecuencias, retos y alternativas actuales, para el diseño urbano y paisajístico en este contexto económico.

Se ejemplificó la teoría con casos de estudio concretos de Costa Rica y otras latitudes, apoyados por fotografías, generando un diálogo y reflexión en torno a la repercusión que ha tenido el sistema económico neoliberal en la ciudad y el paisaje. Finalmente, se realizó un análisis de los centros comerciales contemporáneos en la ciudad, centrado en su similitud

simbólica con los templos religiosos. Se utilizaron estudios de caso, y revisiones bibliográficas, para respaldar la hipótesis de visualizar los centros comerciales como los nuevos templos de la religión neoliberal.

## Consecuencias del sistema económico neoliberal

### La religión neoliberal del mercado

Franz Hinkelammert acota que: “El capitalismo extremo es un capitalismo suicida, sin que esta tendencia suicida sea algún proyecto de aquellos, que tienen el poder sea económico o político” [2, p. 5]. En este sistema, todas las decisiones giran en torno a la maximización de la ganancia [2, p. 5] y los valores que tiene nuestra sociedad capitalista no son capaces de detener este suicidio colectivo [2, p. 7]. Por ende, en esta estructura es donde se generarán más ganancias y no en actitudes alternativas, al punto de tornarse sagrada: “El capitalismo mismo es religión de los fetiches, que Marx también llama religión de los dioses terrestres” [2, p. 15].

Con esta religión, los Estados se desmantelan y se enmarca la filosofía de la privatización de la educación, salud y servicios, entre otros. Ahora, quien no pueda pagar sus medicamentos simplemente muere. Cientos de personas sin hogar mueren en los países europeos y en Estados Unidos, con los fríos tan intensos que los azotan en invierno por no tener un techo que los proteja. Con el pensamiento neoliberal de la extrema derecha, no se ve necesario tampoco, auxiliar a los refugiados.

Sin embargo: “El ser humano no es para el capital y su maximización de las ganancias, sino que el capital es para el ser humano” [3, p. 21]. El autor nos explica cómo esta premisa expuesta por Marx, se ha convertido en lo opuesto con la religión del mercado, transformándose el ser humano en mercancía y desvalorizando tanto su vida como la de su entorno natural. Entonces nos preguntamos, ¿Cómo proteger la vida tanto humana y del planeta ante esta religión autodestructiva?

### La Ciudad y el paisaje como mercancía

Otra de las consecuencias del sistema económico neoliberal es concebir la ciudad y el paisaje como mercancía. Con respecto al paisaje “natural” y cultural, Herbert Marcuse [3], en su libro El hombre Unidimensional nos comenta:

“Paseo por el campo. Todo está como debe de ser: la naturaleza en todo su esplendor. Los pájaros, el sol, la hierba, la vista de las montañas a través de los árboles, nadie alrededor, ninguna radio, ni olor a gasolina. Entonces el sendero tuerce y termina en la autopista. Estoy otra vez entre los anuncios, las gasolineras, los moteles y los albergues de carretera. Estaba en un parque nacional y ahora sé que esto no era realidad. Era una «reserva», algo que se conserva como una especie en vías de desaparición. Si no fuera por el gobierno, los anuncios, los puestos de *hot dogs* y los moteles hubieran invadido hace mucho ese fragmento de naturaleza. Le estoy agradecido al gobierno; estamos mucho mejor que antes...” [4, p. 255]

El paradigma dominante habla del dominio del ser humano sobre la naturaleza, en contradicción a la armonía con la misma que promueven otras culturas. Se ve al ambiente como un recurso para los humanos. Se cree en el consumismo, el “progreso” y las soluciones de alta tecnología en contraposición a vivir con lo suficiente, el reciclaje y la eficiencia.

En Costa Rica, conocido como el país más biodiverso del mundo por kilómetro cuadrado, se ha transformado la naturaleza en urbanidad, creando ilusiones encerradas en parques, que nos recuerdan esta riqueza. Se inventa al costarricense como un ser “ecológico” por encarcelar en

parques nacionales parte de las áreas verdes que nos quedan, comercializando de esta forma nuestra naturaleza y oponiéndola al paisaje de la ciudad, dominado por propiedades privadas desprovistas de vegetación.

Mi pregunta sería: ¿Cómo podemos solucionar esta contradicción mental del costarricense, que no valora la gran riqueza ecológica que lo rodea? En este contexto, el progreso, significa construir el 100% del terreno y desdibujar la selva tropical que alguna vez existió, generando parques con estilos europeos y negando el trópico.

En los años setenta el gobierno de Costa Rica comenzó con la creación de una Red de Parques Nacionales, con fines de conservación. Sin embargo, estos parques se convirtieron en un objeto de marketing y de atracción turística en donde se comercializa la naturaleza. Parecido a un zoológico, se conformaron islas naturales a lo largo del país sin tomar en cuenta la conectividad necesaria para el traslado de fauna y los cuerpos de agua. Por eso, es común encontrar en nuestro país parques segregados por una carretera nacional, provocando diariamente la muerte de animales que intentan cruzar la calle. Por ejemplo, el Parque Nacional Carara, donde convergen diversidad de especies tanto del bosque seco como húmedo que se encuentra dividido por la carretera-ruta 34, Pacífica Fernández (figura 1). Además, se encuentra a tan solo 2 kilómetros del río Grande de Tárcoles, uno de los ríos más contaminados de Centro América.

Paradójicamente, mientras un espacio natural para el turismo se conserva y se explota, a pocos kilómetros el excepcional río constituye la cloaca de las aguas negras provenientes del Valle Central, poniendo en peligro la vida de los cocodrilos, e importante cantidad de fauna que resiste a la contaminación gracias a la presencia del Manglar Guacalillo todavía no “explotado” por el turismo. En este caso, el “mercado decide legítimamente sobre vida y muerte” [3, p. 21]; no solo de los seres humanos sino también de la flora y la fauna, y de hasta la vida de un río. Sin embargo, aunque históricamente ha sido a través del Estado que se han gestado la conservación de espacios naturales y la creación de espacios públicos como parques urbanos, estas acciones no son suficientes para la conservación natural pues es imprescindible la conectividad.



**Figura 1.** Vista de acceso al Parque Nacional Carara desde carretera 34.

Lo anterior es sumamente irracional, pero es lo natural en el mercado: “El pensamiento de Smith es un pensamiento sin derechos humanos y en este sentido sin ética, en el cual todos los derechos que el ser humano tiene, son derechos correspondientes al mercado. Por tanto, son derechos de propiedad” [3, p. 27]. Desde la revolución francesa se ha gestado una reducción de los derechos humanos dirigida “a un ser humano más bien abstracto, sobre todo propietario, masculino y de explotación extrema, inclusive con el trabajo forzado de la esclavitud” [3, p. 28].

No es de extrañar entonces, que se haya excluido al pobre, al negro, al indígena, a la mujer, al discapacitado entre otros de esta “igualdad” utópica. Desde esta perspectiva, queda la duda

si el circuito de movilidad universal creado en el Parque Nacional Carara, es una estrategia de derechos humanos, dándole la oportunidad al ser humano que no puede caminar o ver, a ser parte de este espacio, o más bien es una estrategia más de mercado (figura 2). En este sentido, si realmente el derecho a transitar o ser parte de un bosque tropical son derechos de mercado, no estaría mal que este mercado valore en el diseño urbano y de paisaje la naturaleza, la inclusividad, los árboles, en lugar de las carreteras, la homogeneidad humana y la ciudad de concreto.



**Figura 2.** Vista de sendero acceso universal. Parque Nacional Carara desde carretera 34.



**Figura 3.** Calle en Siquirres.

Agradecerle irónicamente al gobierno como hace Marcuse, sobre este paisaje no invadido, sobre este oasis entre los rótulos y comercios es una opción ingenua. Sin embargo, desde la visión conservacionista se debe ir más lejos, y potenciar la vida natural en la ciudad. Paradójicamente, en Costa Rica nuestros pequeños centros urbanos, en lugar de potenciar el valor del paisaje de cada zona (que podría por cierto generar ganancias desde el marketing del turismo ecológico), son invadidos por diferentes negocios que homogenizan e impermeabilizan los paisajes. Es así como la calle comercial de Siquirres (figura 3), no va a ser muy diferente a la de Parrita, dominadas por un gran almacén Gollo, Palí, Importadora Monge, y esos grandes negocios que no varían arquitectónicamente en climas desde 20 a 35 grados. En estas calles comerciales domina el Dios neoliberal del mercado, de la política, de la globalización, entendido por Hinkelammert [3], como el Dios de la privatización y del capitalismo productivo [3, p. 47].



Para David Harvey [5]:

La calidad de la vida urbana se ha convertido en una mercancía, como la ciudad misma, en un mundo en el que el consumismo, el turismo, las industrias culturales y las basadas en el conocimiento se han convertido en aspectos esenciales de la economía política urbana [5, p. 31]. Como consecuencia, algunos diseños arquitectónicos, se fundamentan en nuevos estilos de vida desde la estrategia de mercado, ofreciendo por ejemplo condominios para deportistas, con todo lo que un club deportivo pueda ofrecer, o complejos habitacionales con todos los servicios como guarderías y supermercados; en donde los inquilinos encerrados en una burbuja no tengan contacto con el resto de las poblaciones. De esta manera, los ríos y los grandes muros dividen estilos de vida muy diferentes.

### Los Centros Comerciales como los nuevos templos religiosos

Con la conquista de América, la iglesia fue el símbolo de poder arquitectónico más importante. Aprovechando la ubicación sagrada de los templos indígenas, muchas iglesias fueron construidas encima de estos. En nombre del Dios cristiano, se asesinó, se destruyó y se impuso una manera de pensar y de hacer ciudad, en donde las iglesias monumentales, bañadas en oro modificaban el paisaje histórico. El poeta antillano, Aimé Cesaire [6] afirma que la colonización deshumaniza, para él la empresa colonial “tiende inevitablemente a modificar a aquel que la emprende; que el colonizador, al habituarse al ver en el otro la bestia, al ejercitarse en tratarlo como bestia, para calmar su conciencia, tiende objetivamente a transformarse el mismo en bestia” [6, p. 19].

Por lo tanto, gracias a la conquista, nace en América la intolerancia, el racismo exacerbado y la desigualdad tanto territorial como social. Desde el punto de vista territorial, fue en este periodo en donde se conformaron los barrios divididos por etnia. De esta forma en Cartago de Costa Rica, por ejemplo, existió la ciudad de españoles y los pueblos de mulatos y de indios, como fue el caso de Orosi. Todos estos territorios poseían una iglesia y su tamaño variaba simplemente, según la jerarquía del poblado.

Actualmente muchas iglesias ya no son tan visitadas, pero se han convertido en un lugar de visitación turística. Por ejemplo, para acceder a la Catedral de Santa María del Fiore en Florencia, se debe comprar un tiquete de aproximadamente 15 euros (incluye varios edificios del conjunto monumental del Duomo de Florencia), y luego realizar una larga fila para observar el monumento en fila india junto con otros turistas. El Oratoire de San Joseph en Montreal, recibe por su parte, 2 millones de visitantes al año. Como parte del conjunto, posee una gran tienda de regalos y es posible realizar una visita guiada por un costo de 5 dólares canadienses y hasta realizar compras en línea (figura 4 y 5). Vemos con estos ejemplos, otra consecuencia de este sistema económico, donde los comercios comienzan a invadir estos espacios, transformando también ideologías y fortaleciendo la hipótesis del capitalismo extremo y la capitalización de la ganancia.

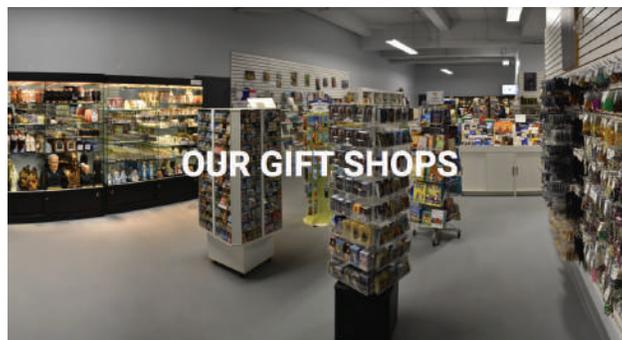
En la actualidad, muchos han dejado de visitar los templos los domingos y en su lugar el centro comercial se ha vuelto el lugar de peregrinación. Este “no lugar”, en general se ubica en cualquier sitio a las afueras de la ciudad y posee distribuciones iguales en casi cualquier lugar del mundo. Para Beatriz Sarlo [7]: “La ciudad no existe para el shopping, que ha sido construido para remplazar a la ciudad” [7, p. 3]. Los centros comerciales no se integran al contexto urbano y viven hacia adentro, su arquitectura no varía según condición climática o la cultura: “Como en los casinos de Las Vegas (y los shoppings aprendieron mucho de Las Vegas), el día y la noche no se diferencian: el tiempo no pasa, o el tiempo que pasa es también un tiempo sin cualidades” [7, p. 3]. Con la globalización, es común encontrar las mismas tiendas, la misma distribución arquitectónica, las mismas películas en los cines, en los diferentes países.

No puede faltar un McDonald's, una tienda Nike, o un cine con un estreno hollywoodense. Para Sarlo [7], los centros comerciales se han extendido drásticamente, generándose este tipo de espacios en hospitales, aeropuertos y hasta escuelas. “Se nos informa que la ciudadanía se constituye en el mercado y, en consecuencia, los shoppings pueden ser vistos como los monumentos de un nuevo civismo: ágora, templo y mercado, como en los foros de la vieja Italia romana” [7, p. 3]. El Dios Mercado o Dinero, ahora también modifica modos de vida y cultura, globalizando comportamientos y conductas consumistas. “Los puntos de referencia son universales: logotipos, siglas, letras, etiquetas, no requieren que sus intérpretes estén afincados en ninguna cultura previa o distinta de la del mercado” [7, p. 4].

Desde esta expansión de los centros comerciales a espacios inicialmente pensados para otros usos, el aeropuerto de Panamá es un buen ejemplo. Como la mayoría de aeropuertos del mundo posee una importante cantidad de espacios para la venta libre de impuestos. Llama la atención que, entre los licores, perfumes, casas de cambios y lugares de masajes, se encuentra un templo religioso, con la misma jerarquía: la Capilla de Nuestra Señora de Loreto (figura 6).



**Figura 4.** Foto de afiche informativo en Oratoire de Montreal.



**Figura 5.** Foto de tienda de regalos del Oratoire. Fuente: Saint Joseph Org [8].



**Figura 6.** Foto de templo religioso en Aeropuerto de Tocumen.

Con la inmersión de Grecia a la Unión Europea, este país se transformó en una especie de colonia de esta última, que debe seguir las órdenes del mercado, que se le soliciten. Una de las exigencias por parte de los países afiliados fue que se abrieran los centros comerciales los domingos. En la ley del “Dios Dinero” el trabajo se debe generar todos los días y a todas horas. El tiempo como dicen por ahí, es dinero, y por lo tanto se vive en una sociedad que venera la rapidez y la eficiencia. Además, tomando en cuenta que el gasto que se realiza en los centros comerciales es proporcional al tiempo de visitación del mismo, las grandes empresas han invertido en las actividades lúdicas y festivas para retener a sus consumidores [9, p. 84].

Un ejemplo extremo de la nueva forma de concebir la ciudad y sus nuevos templos en el capitalismo es la ciudad de Dubai. Existen más de 45 centros comerciales, y las compras son la actividad principal. La ciudad misma representa un inmenso centro comercial, por lo que existe una ausencia de inversión en los espacios públicos [9, p. 87, 88].

### Disminución del derecho a la ciudad

Según Hinkelammert [3], en la actualidad han vuelto a surgir posiciones “anti-humanistas” de los fascistas de los años 20. Sin embargo, ya no se trata de un pensamiento desde las masas o del Estado, sino del mercado y de las grandes burocracias de las empresas privadas [3, p. 33], si no que estas “burocracias ahora dominan la gran mayoría de los medios de comunicación” [3, p. 33], controlando de esta forma la libertad de opinión.

Para este autor [3], el neoliberalismo elimina los derechos humanos, en donde “todos los seres humanos tienen derecho de propiedad, pero ningún derecho de poder vivir... Pero aquella persona que no tiene propiedades no tiene ningún derecho... Hay que dejar morir.” [3, p. 35]. Desde esta visión de los neoliberales, dejar morir no es sinónimo de matar, por lo que las hambrunas, guerras y muertes son necesarias para la preservación de otras vidas. En este contexto, la propiedad privada se encuentra por encima del espacio público. No es de extrañar entonces, la actitud de nuestros ciudadanos que encierran sus viviendas con alambres navajas, tal como un campo de concentración, sin ninguna preocupación por el bien común.

Para Jorge Vergara Estévez [10], las políticas neoliberales no han producido la prosperidad para todos pronosticada por Hayek, sino lo opuesto: “el aumento de la desigualdad y de la distribución regresiva del ingreso; aumento de propiedad de los multimillonarios que excede el crecimiento del PIB de los países” [10, p. 203]. En este sentido, para este autor la concepción neoliberal está en crisis [10, p. 202].

Para Harvey [5]:

El giro neoliberal ha restaurado el poder de clase en manos de las élites ricas. En México han aparecido 14 mil millonarios desde entonces, y en 2006 el país se jactaba de que un connacional, Carlos Slim, era el hombre más rico del planeta, al tiempo que las rentas de los pobres se habían estancado o directamente disminuido. Los resultados se hallan indeleblemente grabados en las formas espaciales de nuestras ciudades, caracterizadas cada vez más por fragmentos fortificados, comunidades valladas y espacios públicos privatizados sometidos a constante vigilancia.... Bajo estas condiciones, los ideales de identidad urbana, ciudadanía y pertenencia –ya amenazados por la difusión del malestar de la ética neoliberal– resultan mucho más difíciles de sostener [5, p. 32].

Este autor [5] nos muestra varios ejemplos de desalojo de familias, tanto en Seúl en 1990, como en Bombay, donde millones de personas son expulsadas violentamente de terrenos sin títulos de propiedad de gran valor, pero cuya permanencia en algunos casos trascendía varias generaciones. En el caso de todas estas familias ilegales los tribunales no accedieron a otorgarles compensación, a pesar de que se supone que el Estado debe velar por el derecho de bienestar y vivienda [5, p. 35].

El mismo menciona [5]: “La democratización de ese derecho y la construcción de un amplio movimiento social para hacerlo realidad son imprescindibles si los desposeídos han de recuperar el control sobre la ciudad del que durante tanto tiempo han estado privados, y desean instituir nuevos modos de urbanización” [5, p. 39].

Finalmente, nos explica [5]:

La urbanización, podemos concluir, ha desempeñado un papel crucial en la absorción de los excedentes de capital, siempre a una escala geográfica cada vez mayor, pero al precio de un proceso impresionante de destrucción creativa que ha desposeído a las masas de todo derecho a la ciudad, cualesquiera que sean éstos [5, p. 36].

## Resultados

A partir de las argumentaciones de diferentes autores de diversas disciplinas y la ejemplificación de estudios de caso, podemos resumir algunas consecuencias del neoliberalismo en el ámbito espacial:

- La concepción del paisaje y las áreas naturales como mercancía.
- La globalización de las ciudades con la inserción de las mismas tipologías urbanas y arquitectónicas sin importar el contexto e incluyendo los mismos edificios comerciales.
- La aparición de los centros comerciales “no lugares”, como los nuevos templos religiosos.
- El aumento de la desigualdad generando ciudades fragmentadas en fortificaciones, comunidades valladas y espacios públicos privatizados.
- Propiedad privada por encima del espacio público.
- Disminución del derecho a la ciudad.

Los retos a estas problemáticas son enormes, y necesitan de mucho trabajo multidisciplinario para generar alternativas viables. Algunos de estos retos relacionados con el diseño de la ciudad y el paisaje son:

- Diseño que considere la vida de la naturaleza a pesar de la presión ideológica del sistema.



- Diseño que considere la particularidad de cada lugar, evitando soluciones estandarizadas.
- Diseño que considere la diversidad social y natural, así como el cambio climático.
- Aumento del derecho a la ciudad y al paisaje de todos los seres vivos.

## Alternativas

### Recuperación de paradigmas olvidados y nuevos paradigmas emergentes

Durante miles de años las diferentes culturas de nuestros antepasados compartieron una visión similar de su relación con el cosmos, la tierra y el resto de criaturas vivientes. Era una visión del mundo que no consideraba la humanidad como la raza dominante que utilizaba a la naturaleza para sus propios fines, sino como un habitante más de esta parte hermosa y única del universo. Así pues, nuestros antecesores respetaban y honraban a las fuerzas primitivas –el aire, la tierra, el agua y el fuego- que configuraban su mundo, buscando siempre la armonía con ellas. Intentaban armonizar su mundo interior de creencias culturales con las fuerzas espirituales que percibían a su alrededor, para asegurarse su lugar en este mundo y en el mundo del más allá. El refugio, tanto para los vivos como para los muertos estaba impregnado de simbolismo. Este simbolismo, que conectaba los objetos físicos con el plano espiritual, encontraba su expresión en las formas arquetípicas de construcción de casi todas las culturas.

La carta del jefe siux Seattle, *testamento ecológico*, muestra una visión de mundo totalmente opuesta al de los colonizadores ingleses:

"La tierra no pertenece al hombre, el hombre pertenece a la tierra. Todas las cosas están conectadas, como la sangre que une a una familia. Lo que le ocurre a la tierra les ocurre a los hijos de la tierra. El hombre no tejió la telaraña de la vida, es sólo un hilo. Cualquier cosa que haga a la telaraña se la hace a sí mismo" [11, p. 50].

Para Vandana Shiva [11] física, filósofa, ecofeminista y escritora india, en las culturas tribales y agrarias la identidad cultural y religiosa se deriva de la tierra. El suelo no es "un mero factor de producción", sino el alma de la sociedad, además personaliza el hogar espiritual y religioso de la mayoría de las culturas y representa todas las formas de sustento. El suelo es el espacio cultural y espiritual en el que se constituye la memoria, el mito, la historia y las canciones que componen la vida diaria.

El acercamiento a la naturaleza que considera el suelo como un elemento materno y los seres humanos como frutos del mismo y no como propietarios, ha sido y es universal, a pesar de que se ha sacrificado en todas partes como si representase una visión local y sin interés. El colonialismo transformó la tierra y el suelo que eran cuna natural de la vida y una fuente de sustento para sus habitantes; lo convirtió en una propiedad privada para ser comprada, vendida y conquistada. El desarrollo continuó lo que el colonialismo no pudo terminar. Transformó a los seres humanos de invitados en depredadores.

En muchas comunidades indígenas los individuos no tienen propiedad privada. Toda la tribu es responsable de la tierra que ocupa. La comunidad no incluye sólo a los miembros vivos, sino también a los ancestros y a las generaciones futuras. El suelo no es un concepto territorial, no define un espacio cartográfico sobre un mapa. En el caso de Costa Rica, es posible encontrar este fenómeno en los diferentes territorios indígenas, en donde por lo general no existen verjas entre las viviendas. Los pobladores saben cuáles son sus gallinas que corren libremente por todo el territorio, sin necesidad de segregar los espacios. Lamentablemente, se han dado un sin número de casos violentos en donde grupos de "no indígenas", se apropian de estas tierras.

Claramente, una de las alternativas más importantes para el diseño de las ciudades y del paisaje, se vislumbra desde el cambio de paradigma, desde la comprensión holística del territorio y sus habitantes. Para Sánchez [1], “el nuevo paradigma sienta las bases de una revolución científica basada en una percepción existencial radicada en una ecología profunda, término atribuido a Naess (1973), el cual sostenía que los seres humanos, al igual que todos los sistemas vivos, coexisten y se automantienen a través de una red de relaciones de interacción e interdependencia” [1, p. 20]. Para este autor, este nuevo paradigma impregna un profundo impacto en la educación, la pedagogía, la experiencia humana y la espiritualidad. A diferencia del viejo paradigma, no se limita al conocimiento del territorio sino que apela a la comprensión de la naturaleza de la vida y reconoce que el todo es más que la suma de las partes [1, p. 20].

### Diseño como bien común

El papel del diseño dentro de los sistemas económicos modernos puede tomar muchas formas y generar resultados a menudo inesperados, con consecuencias que pueden ser significativamente mejores o peores que los planeados originalmente. Este tema fue uno de los 6 temas principales tratados en el Congreso internacional de la Cumbre Mundial de Diseño “International Congress of the World Design Summit”, celebrado en octubre del 2017, en la ciudad de Montreal, bajo el lema 10 días para cambiar el mundo. Desde esta perspectiva, nos preguntamos ¿cuál es el valor del diseño, dentro de la producción de bienes y el desarrollo de la sociedad como un todo?

Si bien el diseño se puede utilizar como mercancía, también se puede usar para el bien común, lo que implica una voz de diseño más político, impulsada por valores e ideales, en lugar de un propósito exclusivamente monetario, regido por el Dios neoliberal.

Los humanos son parte de la naturaleza y, como tales, son tan frágiles como nuestro entorno de vida. Más allá de responder a emergencias y desastres o condiciones inmediatas, las disciplinas de diseño también pueden ofrecer enfoques más amplios y sostenibles para dar forma al mundo a largo plazo. Ir más allá de las necesidades a corto plazo, impulsadas por el mercado, puede permitir a los diseñadores abandonar las convenciones, ver su trabajo en una escala diferente y convertirse en agentes de cambio que pueden generar alternativas al *status quo* [12].

Anne Marie Collins e Isabelle Giasson [13] mostraron en este congreso, su ponencia “Innovative parklets in Montréal: Good Design is Good Business”. Se presentaron los diseños de pequeños espacios públicos creados como un servicio, en donde en algunos casos era posible la venta de productos, en el distrito de Plateau-Mont-Royal en Montreal. Expusieron algunos ejemplos de antes y después de la inserción de estos espacios que incorporan el diseño de mobiliario y una buena accesibilidad, donde queda en evidencia cómo los negocios que están relacionados espacialmente aumentan sus ventas. Concluyen que el buen diseño sí es bueno para los negocios. Para estas diseñadoras, la clave para el éxito fue la evaluación de riesgos, la buena inversión, la sociabilidad con los usuarios y los clientes, así como el valor estético.

En el diseño de paisaje por lo general los grandes inversionistas que realizan proyectos de urbanización, muchas veces compran el terreno, realizan las construcciones y en una etapa final llaman al diseñador del paisaje para que “mejore” los espacios externos residuales. Esto es sin duda, una mala inversión, pues el paisajista tiene las herramientas para elegir el mejor terreno según el tipo de proyecto y la visión de las áreas verdes a proteger. En su defecto, la inversión se multiplica si se debe volver a reforestar, o rediseñar espacios por no ser concebidos desde un inicio.

No obstante, no se aprovecha la experiencia de este profesional que comprende el contexto y que hubiese podido aportar recomendaciones desde la compra del terreno. Ya se han hecho diversos estudios en el aporte económico y social que tiene la inserción del verde en la ciudad,

que mejora la calidad de vida. Desde este punto de vista los diferentes tipos de diseño y la experiencia del profesional sí tienen un valor económico y social. Los diseñadores tienen el conocimiento y las habilidades para informar el proceso de toma de decisiones identificando y enmarcando los problemas, lo que está por encima y más allá de su capacidad de resolución técnica simple.

Los métodos innovadores desafían las mentalidades existentes y brindan alternativas nuevas y valiosas para visualizar soluciones de diseño. Alejando Aravena, arquitecto chileno junto a su equipo elemental, incorporó un diseño innovador de vivienda situado en Iquique, en donde rediseñó un espacio en hacinamiento invadido de viviendas informales sin luz eléctrica, en una propuesta que permitía el diseño participativo y la ampliación de los espacios conforme los usuarios tuviesen el dinero (figuras 7 y 8).

La participación no hubiese sido tan importante sin un planeamiento previo por parte de los profesionales para prever ampliaciones diversas y diseñar espacios neutrales. De esta manera, la inversión del estado de aproximadamente 7 500 dólares, más la de los propietarios en 750 dólares por vivienda generó edificaciones terminadas calculadas en el mercado en 20 000 dólares, en más del doble de la inversión. El interés fundamental del equipo de Aravena fue maximizar el uso de los recursos públicos, incorporando el diseño de la incrementalidad [14, p. 190, 191].



**Figura 7.** Conjunto habitacional Quinta Monroy en diciembre 2004. Fuente: [14]



**Figura 8.** Conjunto habitacional Quinta Monroy en junio 2006. Fuente: [14]

## Rescate de saberes locales adaptados al contexto

El diseño depende así, de la forma de pensar y de ver el mundo del diseñador y representa un conjunto de posturas conceptuales capaces de generar cambios e innovaciones. Con la crisis del movimiento moderno se comienza a reinterpretar la historia de la arquitectura, se estudia la ciudad tradicional para recuperar la dimensión cultural y colectiva de la misma. En los años 70's con Rafael Moneo se impulsa rescatar la memoria colectiva. Se comienzan a implementar obras de arte contemporáneas en espacio público. La idea de imagen, símbolo, memoria y sueños es la superposición de lo que estructura la ciudad. La ciudad se concibe como un lugar de prácticas rituales, de la tensión y del multiculturalismo.

La síntesis entre el pasado y el presente ha sido la gran preocupación de muchos arquitectos de los países en vías de desarrollo. Mientras la sociedad industrial occidental ha generado conceptos de arquitectura internacional, tecnología moderna y nuevos materiales para construir bloques de apartamentos, aeropuertos, fábricas y grandes hoteles a menudo inadecuados para las condiciones sociales y climáticas del lugar, existen arraigadas tradiciones culturales de construcción autóctona que utilizan el conocimiento, las formas y los materiales vernáculos que ya han demostrado adaptarse perfectamente a las características del lugar durante miles de años.

La arquitectura y el paisajismo latinoamericano contemporáneo son un gran ejemplo de esta nueva preocupación del diseño por ligarse a la historia. La Tercera generación Moderna de arquitectos tales como Louis Kahn, Luis Barragán, Lina Bo Bardi y otros rechazan el formalismo y manierismo del estilo internacional. Estos arquitectos proponían una relación histórica con el proyecto contemporáneo y una estrecha relación entre la realidad, lo vernáculo y el usuario. Para ellos era fundamental crear una simbiosis entre tradición y modernidad, arquitectura y arte relacionadas con el arte popular, folclorismo y el populismo.

La arquitectura basada en las culturas y tradiciones refleja las preocupaciones y esperanzas contemporáneas en transformar los modelos del pasado para que actúen como catalizador para el futuro. Arquitectura y arquitectura del paisaje no pueden ser un dogma rígido sino un proyecto vivo, ecológico y orgánico que tenga un sentido armónico con el medio natural basado en la experiencia y el sentido común, para reconectar el diseño moderno con sus culturas tradicionales. La corriente ideal es aquella que combina el conocimiento indígena y el eco diseño con una gran fuerza y colorido, anunciando el despertar de la arquitectura natural. El manejo adecuado del entorno: materiales locales y formas tradicionales, proporcionan el bienestar y tranquilidad lograda de estructuras sencillas comprendiendo y utilizando las propiedades físicas naturales del calor, el viento y el agua como: los controles ambientales naturales.

## Diseño resiliente, holístico y multiescalar

Para la construcción se utiliza una cantidad enorme de energía llamada la “energía incluida” de los materiales. Los estudios de impacto medioambiental dan a conocer el efecto destructivo de estos procesos de producción. Sin embargo, no es suficiente simplemente reducir el consumo de energía, agua y materiales e incentivar el ahorro de energía en los procesos constructivos. Se debe comenzar a pensar en diseñar ciudades y edificios resilientes. La resiliencia urbana se define como “la resistencia de un sistema total que absorbe perturbaciones, se adapta a ellas y se organiza para recobrar un equilibrio similar o adquirir uno diferente a la situación previa al desastre” [15, p. 29].

Como la medicina preventiva, que se preocupa más por el equilibrio de todo el cuerpo que por curar los síntomas de la enfermedad; el diseño de la arquitectura y la ciudad, debe considerar



el cambio climático. De esta forma, se deben realizar proyecciones hacia el futuro considerando el incremento de tormentas, sequías, crecimiento de mareas, entre otros.

Autosuficiencia en consumo de energía, diversidad creativa y un enfoque global son las consignas de una conciencia ecológica más profunda. Como se explicó anteriormente, desde la visión del nuevo paradigma ecológico, es preciso que el diseñador conciba su intervención como parte de un todo, en donde su propuesta va a tener repercusiones sociales y ambientales, locales y globales. De esta manera, en el diseño de las ciudades debe estar presente el elemento de continuidad ecológica, por medio de protección de parches verdes y corredores biológicos que los conecten así como la incorporación de la infraestructura verde y azul. Esta última ha sido considerada una herramienta de planificación ambiental clave para el diseño resiliente. En Costa Rica, en los últimos años, la conservación de las áreas naturales va incorporando estrategias alentadoras como la protección de los corredores biológicos naturales, y más recientemente la creación de la figura de los Corredores Biológicos Interurbanos (CBI) con el Decreto Ejecutivo, No. 40043 del año 2017. Poco a poco se van gestando pequeños cambios en la mancha de concreto que alberga gran parte de nuestras ciudades.

### Conclusiones y/o recomendaciones (discusión)

Según Franz Hinkelammert [1], la religión del mercado, desde el fundamentalismo de la política de maximización de las tasas de crecimiento, “niega enfáticamente y religiosamente la legitimidad del intento de parar este proceso de destrucción en curso” [3, p. 59]. La catástrofe y la autodestrucción resulta ser más rentable que la concientización. “Todos aquellos que sigan teniendo en la cabeza a otro mundo posible en esta tierra son ahora considerados partidarios del anticristo” [3, p. 52]. Gabriel Liceaga, nos expone la urgencia hacia la creación de “nuevos dioses si es que desea sobrevivir” [16, p. 251].

Para Franz Hinkelammert [1], el criterio de discernimiento de las religiones es el “significado que tiene una religión determinada sobre la praxis humana” [3, p. 63]. Se debe dar un giro a las creencias religiosas y a nuestra manera de actuar, de conformar sociedad y espacio público: Es preciso defender la ética de la vida frente a la religión neoliberal del mercado [3, p. 63].

Es por esto que dentro de las alternativas, se planteó un cambio de paradigma urgente, así como la posibilidad de utilizar el diseño como bien común, que incorpore el rescate de saberes locales adaptados al contexto. Se propone el diseño resiliente inmerso en la visión holística con estrategias como la infraestructura verde y azul, y la conectividad ecológica por medio de los corredores biológicos. Se debe rescatar la visión multiescalar del diseño y visualizar el aporte ecológico que generan las propuestas arquitectónicas y de paisaje, inmersas en un sistema de conectividad ecológico más grande.

Para este cambio de mentalidad deberíamos primero considerar nuestro hábitat no solo como un lugar donde viven los humanos, sino un lugar donde vivimos en compañía de otras especies. Todo en la naturaleza está interconectado, constituida por ecosistemas continuos, autorreguladores, regenerativos y sostenibles. Todos los procesos naturales que tienen lugar dentro de ellos son parte de un ecociclo donde los desechos de un componente se convierten en materia prima para el siguiente. Estos se relacionan a su vez con los ciclos globales de la energía, el aire y el agua. La naturaleza, además de mantener intacto su “capital” lo llega a incrementar.

Cualquier especie de la naturaleza está interrelacionada con las otras; un pequeño cambio puede afectar al sistema y crear un gran efecto adverso (teoría del caos). Las vibraciones del ala de una mariposa, por ejemplo, pueden causar una reacción en cadena que conlleve finalmente a una tormenta en una selva en la otra punta del mundo. De esta forma, un edificio

puede causar grandes males a un ecosistema; el edificio se convierte en un parásito de la naturaleza, así como el mismo ser humano. El tema de la armonía con la naturaleza no es un deseo meramente sentimental o nostálgico, sino una necesidad práctica para que la arquitectura y el paisaje diseñado sean parte de un ecosistema como lo mencionaba el jefe siux y no nos sumerjamos en el autasuicidio colectivo.

## Agradecimientos

Se agradece al profesor Franz Hinkelammert, por sus enseñanzas. Asimismo, al doctorado en Estudios de la Sociedad y la Cultura de la Universidad de Costa Rica por incentivar los enfoques y aprendizajes multidisciplinares. Además, a la Comisión de Investigación y Extensión de la Escuela de Arquitectura y Urbanismo del Instituto Tecnológico por impulsar la compilación de estos trabajos.

## Referencias

- [1] G. Sánchez Chacón. "Percepción sistémica de la innovación educativa: Reflexiones desde el nuevo paradigma científico." *Ensayos pedagógicos*, vol. 11, no. 1, pp. 17-39, 2016.
- [2] F. Hinkelammert. "La estrategia del suicidio global: Una economía mundial con maximización de las tasas de crecimiento", no publicado, 2007.
- [3] F. Hinkelammert. "La crítica de la religión neoliberal del mercado y los derechos humanos," en *La religión neoliberal del mercado y los derechos humanos*. 1ra ed. San José, Costa Rica: Editorial Arlekin, 2017, pp. 21-68.
- [4] H. Marcuse. *El hombre unidimensional. Ensayo sobre la ideología en la Sociedad industrial avanzada*. Barcelona, España: Editorial Planeta de Agostini, 1993.
- [5] D. Harvey. "El derecho a la Ciudad". *New Left Review*, vol. 53, pp. 23-39, 2008. Recuperado de: <http://newleftreview.es/authors/david-harvey>
- [6] A. Césaire. (s.f.). Discurso sobre el Colonialismo (fragmento). pp 13-43. Recuperado de: <http://www.ram-wan.net/restrepo/decolonial/4-cesaire-discurso%20sobre%20el%20colonialismo.pdf>
- [7] B. Sarlo. (Mayo / Junio del 2006). El Centro Comercial. *Jirafa con tacones* (11). Recuperado de: <http://www.fusion3.com.ar/lajirafacontactacones/numero11/N11-COMUNICACION.pdf>
- [8] Saint Joseph's oratory of Mount Royal. Recuperado de: <https://www.saint-joseph.org/en/place-of-welcome/our-gift-shops/>
- [9] M. Gravari-Barbas. *Aménager la ville par la culture et le tourisme*. Paris, Francia: Éditions du Moniteur, 2013.
- [10] J. Vergara Estévez. "La crisis de la teoría neoliberal," en *La religión neoliberal del mercado y los derechos humanos*. 1ra ed. San José, Costa Rica: Editorial Arlekin, 2017, pp. 191-206.
- [11] V. Shiva. "Ecofeminismo desde el Tercer Mundo" en Nueva conciencia. Plenitud personal y equilibrio planetario para el siglo XXI. Barcelona, España: Editorial Integral, 1994.
- [12] World Design Summit, "108 Topics", presentado en el World Design Summit, Montreal, Canadá. 2017.
- [13] A. M. Collins y I. Giasson. "Innovative parklets in Montréal: Good Design is Good Business", presentado en el World Design Summit. Montreal, Canadá. 2017.
- [14] A. Aravena y A. Lacobelli. *ELEMENTAL, Manual de vivienda incremental y diseño participativo*. Berlín, Alemania: Jatje Cantz, 2016.
- [15] L. Bertoux y D. González. "Vulnerabilidad y Resiliencia Urbana Frente al Cambio Climático: El Caso de la Zona Metropolitana de Guadalajara, México." *Urbano*, vol 18, no. 31, pp. 24-31. Recuperado de: <http://search.ebscohost.com.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr:2048/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=110614247&site=ehost-live&scope=site>
- [16] G. Liceaga. "Llamando a Nuevos Diosos," en *La religión neoliberal del mercado y los derechos humanos*. 1ra ed. San José, Costa Rica: Editorial Arlekin, 2017, pp. 250-265.

# Forma topológica y geométrica, función proyectiva y operativa, y la estructura de los objetos

Topological and geometric form, projective and  
operational function, and the structure of objects

Mauricio Ordóñez-Chacón<sup>1</sup>

---

Ordóñez-Chacón, M. Forma topológica y geométrica, función proyectiva y operativa, y la estructura de los objetos. *Tecnología en Marcha*. Edición especial. Escuela de Arquitectura y Urbanismo, Diciembre 2020. Pág 118-130.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v33i8.5514>

<sup>1</sup> Escuela de Arquitectura y Urbanismo, Instituto Tecnológico de Costa Rica.  
Correo electrónico: mordonez@tec.ac.cr.  
 <https://orcid.org/0000-0001-7425-7149>



## Palabras clave

Forma geométrica; forma topológica; función; estructura; necesidad; teoría de la arquitectura.

## Resumen

Ensayo investigativo teórico con finalidad didáctica y profesional. Se concentra en los conceptos de forma, función y estructura como categorías analíticas para la teoría de los objetos artificiales funcionales, con algunas precisiones en el ámbito de la arquitectura. Aparte de aclarar conceptos para la enseñanza teórica, es una epistemología instrumental para el proceso de diseño. Entre más claridad de estas categorías, más preciso el diseño como práctica tecnológica blanda dirigida a la modificación entorno. Por tratarse de una teoría fundamentadora, los conceptos provienen de bibliografía clásica, no efímera, y de diccionarios filosofía y lengua. Bajo el método empírico-analítico se cotejan conceptos con una profunda reflexión analítica tras la relación experimental con los objetos artificiales y sus propiedades. Abundante literatura sobre el diseño definen y utilizan estos conceptos, muchas veces sin profundizar en ellos o de manera contradictoria. Ha existido ambigüedad en el concepto de forma, además de sufrir una cuestionable contaminación estética; se enfatiza en su carácter morfológico y se proponen como suficientes las categorías de forma geométrica y forma topológica. El concepto de función, reducido a la utilidad práctica de los objetos, se amplía a su función semiótica. El concepto de estructura sistémica, ha sufrido una deformación conceptual al reducirse a la estructura física soportante de los objetos. Se plantea corregir estas desviaciones conceptuales, y enriquecer con sub-categorías.

## Keywords

Geometrical form; topological form; function; structure; necessity; theory of architecture.

## Abstract

Theoretical research essay for educational and professional purposes. It concentrates on the concepts of form, function and structure as analytical categories for the theory of functional artificial objects, with some clarifications in the field of architecture. Apart from clarifying concepts for theoretical teaching, it is an instrumental epistemology for the design process. The more clarity of these categories, the more precise the design as a soft technological practice aimed at environment modification. As it is a founding theory, the concepts come from classical bibliography, not ephemeral, and from philosophy and language dictionaries. Under the empirical-analytical method concepts are collated with a deep analytical reflection after the experimental relationship with artificial objects and their properties. These concepts are defined and used in abundant design literature, many times without going into them or in a contradictory way. There has been ambiguity in the concept of form, in addition to suffering a questionable aesthetic contamination; its morphological character is emphasized and the categories of geometric shape and topological shape are proposed as sufficient. The concept of function, reduced to the practical utility of objects, is extended to its semiotic function. The concept of systemic structure has suffered a conceptual deformation as it has been reduced to the supporting physical structure of objects. It is proposed to correct these conceptual deviations, and enrich with sub-categories.

## Introducción

Fundamentalmente se exploran los conceptos de necesidad, forma, función y estructura como categorías analíticas para la comprensión de los objetos artificiales funcionales en su contexto. Dentro del ámbito del diseño, existe abundante literatura al respecto, pero una diversidad de interpretaciones. La tríada forma-función-estructura, que tiene un origen en las ciencias sociales y políticas, ha sido empleada en el diseño con varias distorsiones conceptuales, tal como se demostrará, además de no ser lo suficientemente detalladas y comprensivas para una analítica del fenómeno del objeto diseñado y su contexto, por lo cual se agregan otras subcategorías.

## Desarrollo

### Forma

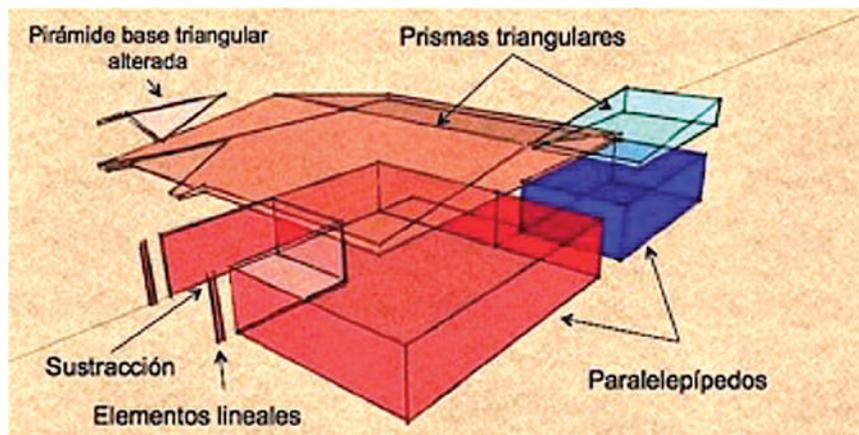
El término 'forma' es uno de los más elusivos y multívocos dentro de la teoría arquitectónica y del diseño. Una de las razones es porque ha tomado conceptos de diversas disciplinas como la filosofía, matemática, artes, ciencias básicas, psicología (gestalt), etc, no siempre aplicables al problema de los objetos diseñados. Ya en el s.XII, Gilbert de la Porrée corroboraba que "se habla de la forma en muchos sentidos" [1, p.276]. Forma, en latín, se traduce como forma; hermosura; molde y horma; imagen y figura; tipo; configuración y constitución. En Historia de Seis Ideas, Tatarkiewicz señala: "Desde el principio, el término latino 'forma' sustituyó dos palabras griegas: *morfh* y *eidós* (morfé y eidós), la primera aplicada a las formas físicas, la segunda a las formas conceptuales. Esta doble herencia ha contribuido considerablemente a la diversidad de significados que tiene el término forma" [1, p.253]. Una dualidad bastante semejante a la "res extensa" y "res cogitans" de Descartes. Y parece que esta doble raíz es la que genera las dicotomías forma-materia y forma-contenido, tal como se manejan en diversas disciplinas donde, en el primer caso, la forma sería el *eidós* que organiza la *morfé*, y en segundo caso lo contrario, la forma es *morfé* que comunica *eidós*.

Históricamente, diversas acepciones de forma: –La disposición de las partes, su ordenamiento y composición, con su propia topología, una *eidós* que organiza la *morfé*. –La apariencia sensorial de las cosas, contrario a su contenido o mensaje, la materia configurada y sensible que comunica ideas, *morfé* que comunica *eidós*. Para Hegel, la existencia empírico-concreta del fenómeno. –El contorno de las cosas, propiedad superficial percibida de la misma materia sensible, derivado de su geometría. –La forma substancial de Aristóteles, que le concede a la forma un poder ontológico creador, pues al configurar la materia determina que "sea algo" y no otra cosa, siendo la relación entre materia y forma similar a la de potencia y acto. –La forma kantiana, más epistemológica, que corresponde a "estructuras mentales que hacen posible ordenar el material de la experiencia" [2], concepto incorporado en la teoría de la Gestalt, donde la forma es el reconocimiento de una estructura organizacional entre una serie de elementos percibidos sensorialmente, para delimitarlo como conjunto distinguible. –La forma lógica, estructura conceptual que trabaja las "proposiciones formales, independientes de los hechos factuales", ciertamente más topológica y estructural [3].

¿Cuál sería la definición idónea de forma que se encuentra en los objetos o artefactos físicos artificiales, diseñados y construidos por el ser humano? En su aspecto ontológico, con consecuencias prácticas, especialmente apta sería la definición aristotélica de forma, pues en ella encontramos una forma que organiza la materia para que 'sea algo', o sea, la forma es la estructura organizadora de la materia, el modo como se organiza la materia, y al hacerlo define la naturaleza o esencia del objeto, la categoría o clase de objeto, el qué es, su ontología.

Bajo ese principio, y con finalidad práctica morfogenética, se proponen la forma geométrica y la forma topológica como definitivas para la morfología de las cosas. Estas formas son abstractas, pero son las que organizan la materia. La forma geométrica define la configuración de la masa material, la apariencia sensorial de su contorno, la que toma la materia para que sea algo y no otra cosa. La forma topológica es la forma lógica estructural que organiza la disposición o distribución de las partes, independientemente de su geometría y materialidad. La materia se configura por la interrelación de estas dos formas implícitas fundamentales.

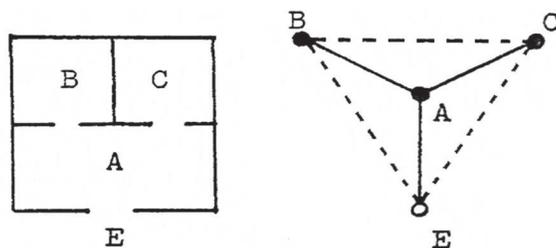
La forma geométrica es la base para configurar (dar forma, moldear) la materia y el espacio físico (ver figura 1). Toda materia se organiza por medio de una geometría implícita. La forma geométrica pura es abstracta, no tiene escala ni materia ni funciones, lo cual marca la diferencia con la forma arquitectónica, pero es utilizada por ésta –y por el diseño en general– para facilitar el pensamiento y la sintaxis de las formas materiales–espaciales, tanto en su diseño, representación y construcción <sup>2</sup>. La escala, proporción y modulación son relaciones geométricas típicas.



**Figura 1.** Forma geométrica de una vivienda.

La forma topológica todavía es más abstracta, es una estructura lógica (formal) independiente de las características geométricas y materiales (fácticas) de sus componentes. En ella, los componentes físicos son simples entidades en las cuales se analizan las relaciones invariantes pese a los cambios geométricos o materiales de los elementos. De manera simplificada y aplicada a problemas espaciales, nos referimos al borde o cerramiento que generan la existencia o no de entidades espaciales, a las relaciones de proximidad, contigüidad (adyacencia y accesibilidad), transitividad, continuidad (como contigüidad de similitudes), intersección e inclusión entre ellas, que producen estructuras espaciales lineales, en árbol o tramadas según como se organizan nodos y conectores (entidades y relaciones). La accesibilidad (conectividad) o simple adyacencia (muros entre espacios contiguos) son relaciones topológicas a tomar en cuenta por sus potencialidades prácticas arquitectónicas (ver figura 2). <sup>3</sup>

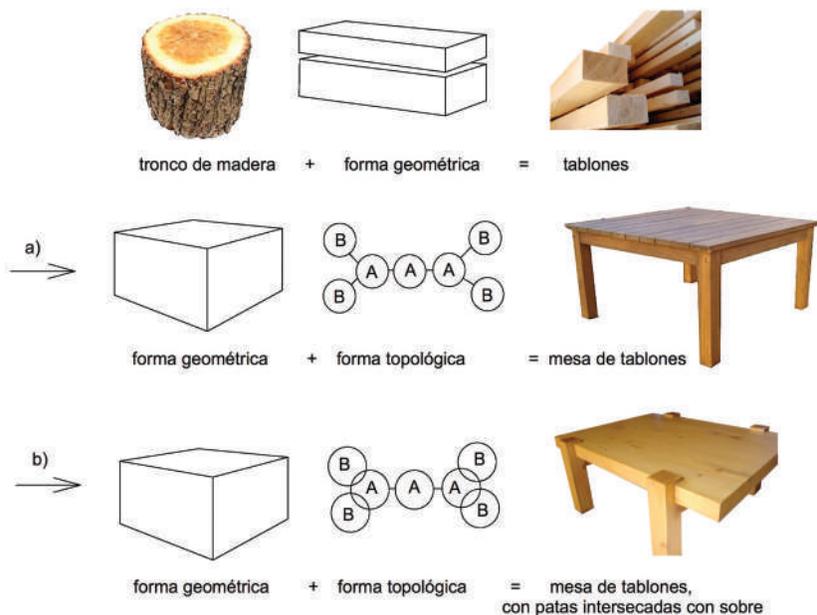
<sup>2</sup> Una profundización sobre la diferencia entre forma geométrica y forma arquitectónica puede encontrarse en Boudon [4, pp.50-60].  
<sup>3</sup> Antecedente de esta visión topológica en el urbanismo es el famoso artículo "La Ciudad no es un árbol", de Christopher Alexander [5]. Documentación inteligible sobre la topología en arquitectura la podemos encontrar en Millán [6] y en un artículo didáctico de Blanco y de Prada [7], entre otras.



- i) ausencia de relación, puntos aislados:                   o                   o
- ii) adyacencia, representada por línea de trazos:       o-----o
- iii) accesibilidad, representada por línea continua:     o—————o

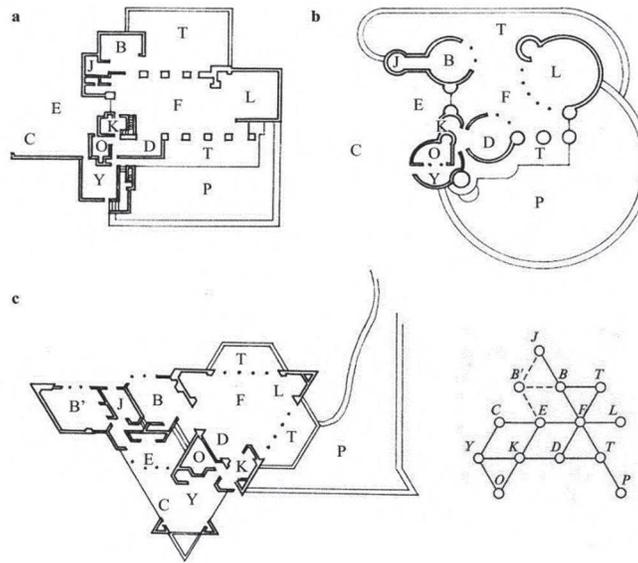
**Figura 2.** Relaciones de adyacencia y accesibilidad. Fuente: [6, p.149]

La forma topológica es estructura pura y profunda en el sentido estructuralista del término, pues se concentra en las relaciones, independientemente de las entidades en juego. Por ejemplo, no importa si el baño es cilíndrico o rosado, lo que importa en topología es que sea una entidad espacial y esté contiguo al dormitorio; o, tratándose de una cruz, lo topológico es que sus componentes se intersecan, independientemente de su geometría, ángulo, dimensión o materia. La forma topológica es forma lógica, puramente formal en el sentido matemático del término. Es la estructura gramática que organiza la sintaxis de las distintos componentes de un objeto. Podemos ver en una simple mesa las formas geométrica y topológica interactuando (ver figura 3).



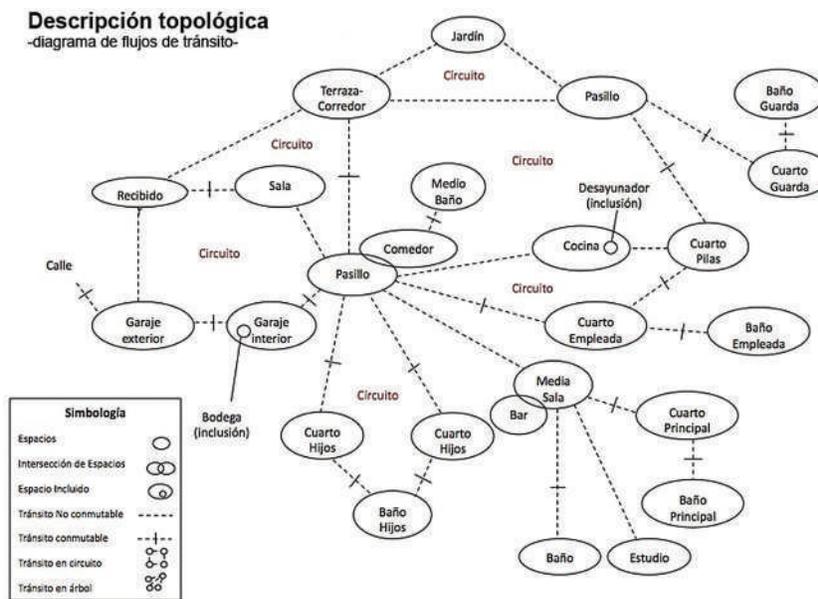
**Figura 3.** Forma geométrica y forma topológica en una mesa.

De igual manera, los distintos materiales de una obra arquitectónica son configurados y ensamblados. Y la composición espacial o distribución de los espacios arquitectónicos es otra configuración topológica. Para ilustrar cómo una misma topología puede tener distintas geometrías, los planos de casas de F.L.Wright se muestran en la figura 4.



**Figura 4.** Planos de casas de F.L.Wright, por March y Steadman, 1971. Fuente: [6, p.142].

La distribución espacial puede observarse mejor por medio de diagramas topológicos, donde se combinan grafos y diagramas de Euler propios de la teoría de conjuntos (ver figura 5).



**Figura 5.** Diagrama topológico espacial.

Es importante, a la hora de analizar o diseñar una forma arquitectónica o urbana, hacer diagramas topológicos y síntesis geométricas de los componentes estudiados. Esta lectura “desplumada”, limpia de materialidad y detalles secundarios, permite ver la estructura organizativa pura de una organización espacial, y analizar ciertas cualidades utilitarias, semióticas o de estabilidad con mayor claridad. Por ejemplo, la proporción, como característica geométrica, no solo se presta para valoraciones estéticas, sino de utilidad o estabilidad.

Pero es epistemológicamente relevante distinguir entre la forma en sí, y las cualidades que posee, según la intención deseada. Cuando hablamos de una estructura formal, se trata de una morfología que únicamente se describe, un sustantivo, dejando fuera cualquier connotación estética, por ejemplo, cualidad que correspondería a la hipestructura funcional de esa forma, parte de sus cualidades semióticas. Corresponde aquí denunciar la contaminación estética del concepto de forma: Históricamente, según Tatarkiewicz, el concepto de forma A no aludía a cualquier disposición y proporción de las partes, sino aquella que por su orden, medida y proporción produce belleza. Para los griegos, y después para los latinos, la palabra forma implicaba automáticamente belleza: “El adjetivo ‘formosus’ (hermoso) fue incorporado bastante pronto al lenguaje del arte. Este derivado de forma significaba que tenía una buena proporción, que era bella, que sugería un juicio estético favorable... Lo mismo sucedió con el adjetivo negativo ‘deformis’ (deformidad y fealdad)”. Y Clarembaldus de Arras decía: “La forma es la disposición adecuada en las cosas materiales” [1, p.258], es decir, no cualquier forma.

El mismo Vitruvio tiende a esta mezcla o confusión conceptual entre forma y belleza: Si en su Libro I hablaba de ‘venustatis’ (genitivo de ‘venustas’) para referirse a la belleza o atractivo, en su Libro III utiliza el término ‘ad speciem’ para lo mismo, que viene de ‘species’, que significa el aspecto, forma o manifestación exterior de una cosa, aunque también se aplicaba para el aspecto bello o belleza. Sin embargo, al final del mismo párrafo aclara que lo que se busca no es cualquier aspecto, sino un aspecto bello, utilizando nuevamente el adjetivo ‘venustum’ [8].

Quizá por aquí anda el origen de la contaminación estética del concepto de forma, pues no se aplica a cualquier disposición u ordenamiento, hasta los realizados por razones de utilidad, estabilidad o economía, sino casi a los ordenamientos con afán estético, o al análisis estético de estos ordenamientos. Se confunde la ‘species’ con la ‘venustas’, la forma con la buena forma, la forma-sustantivo con un adjetivo cualitativo de la forma., la morfología con la estética.

Varios han enfatizado el exclusivo carácter morfológico de la forma: Henri Lefebvre cuando dice, hablando de la forma, que “el examen de los efectos estéticos o “efectos de significado” no tiene ningún derecho de prioridad en este contexto” [9, p.198]. Norberg-Schulz [10]: “La dimensión formal es independiente de las dimensiones semántica y pragmática”, refiriéndose a los significados (estéticos, simbólicos, etc) y el pragmatismo de lo utilitario. Tedeschi [11]: “... es la forma como hecho objetivo, independientemente de lo que pueda ser su valor como expresión o símbolo, su significado a momentos de gusto”. Borie y et al [12, p.34]: “Al ser nuestro objetivo revelar la coherencia interna de las formas urbanas o arquitectónicas, es necesario fijar unos criterios exclusivamente morfológicos que, por supuesto, se podrán poner luego en relación con cualquier otro tipo de criterio, sea funcional, semiótico o perceptivo”.<sup>4</sup>

Pero esto no cala todavía en la teoría del diseño. Lo que se denomina formalismo en el arte plástico, e incluso en la arquitectura, generalmente alude a este énfasis en lo estético y lo plástico, o de otra índole semiótica, por sobre consideraciones prácticas utilitarias. Este afán formalista–expresionista, en arquitectura, a menudo deviene en un diseño de formas expresivas a priori donde luego se busca cómo encajar las actividades para que el edificio cumpla con su función utilitaria, contrario a la actitud funcionalista donde la forma surgiría de adentro hacia fuera, como una resultante de las cualidades prácticas buscadas [13]. Ciertamente formalismo puede ser también por razones económicas (el clásico “cajón” más rápido, estable y barato). Pero en rigor al término, todos los diseñadores son “formalistas”, pues todos manipulan y trabajan

4 De acuerdo con Borie y compañeros, excepto en el deslinde que hacen respecto a lo perceptivo. La percepción es un acto fisiológico-cognitivo esencial para tener contacto con cualquier forma, para denotarla y connotarla, para poder entenderla y usarla tanto utilitaria como semióticamente. La percepción es fundamental para el análisis morfológico, que de otra manera no sería posible.

formas; hasta el ingeniero más desinteresado en la estética igual manipula la forma de la materia con otras intenciones. Si hay especial afán estético, sería más más apropiado llamarlo “esteticismo”, y “expresionismo” si se quieren expresar otras intenciones semióticas.

## Estructura

Bajo la concepción lógica y gestáltica, forma y estructura, en su sentido organizacional, se manejan casi como sinónimos: la forma es una estructura, y toda estructura es (tiene) una forma. “En la arquitectura, forma y estructura no son más que un solo y un mismo fenómeno...” dicen Borie et al [12, p.27]. Los filósofos soviéticos Rosental y Straks [14] señalan: “Cada organismo posee determinada estructura, una cierta organización de los elementos materiales que lo integran, es decir, una forma... La forma es la organización, la estructuración del contenido”. Especialmente estructural es la forma topológica. Pero no conviene confundir ambos conceptos.

La estructura es el orden o modo de ser de los sistemas u organizaciones que se refiere fundamentalmente a las relaciones o vínculos entre las partes. Distribución y orden de las partes de una cosa, cuerpo, obra o edificio, dice el diccionario. “Las interrelaciones más o menos estables entre las partes o componentes de un sistema, que pueden ser verificadas (identificadas) en un momento dado, constituyen la estructura del sistema... En algunos casos es preferible distinguir entre una estructura primaria (relaciones internas) y una hiperestructura (relaciones externas)” [15]. “Al hablar de estructura hacemos a un lado, abstraemos sus elementos, y consideramos solo las correlaciones importantes. Sin incluimos además a los elementos –actuando unos sobre otros– obtenemos el sistema” [16, p.91]. “Esa es la tarea del análisis estructural, relativa a los vínculos entre el todo y las partes, lo macro y lo micro” [9, p.207]. Este es el sentido ‘estructuralista’ y sistémico del término. Los vínculos o relaciones estructurales o sistémicos pueden ser de materia, energía o información, o combinados. Y toda estructura tiene una forma, o modo de organizarse.

Hay que distinguir las diversas estructuras en un objeto: La estructura física de su materialidad, estructura primaria en la configuración y ensamblaje de sus partes, lograda por las técnicas y tecnologías constructivas; con su implícita estructura formal en la geometría de sus partes y del todo, y en la forma topológica que las relaciona (contigüidad lineal–en árbol–en trama, intersección, inclusión, etc). Una estructura funcional interna entre las partes del objeto (por ej: la estructura soportante sostiene las envolventes), y otra estructura funcional externa entre el objeto y el usuario, tanto a nivel utilitario como semiótico. Y una estructura del contexto, también externa o hiperestructural, de los entornos entre sí (humano, construido y natural) y cómo afectan al objeto con parámetros contextuales en lo social, cultural, la economía, ecología, arte, ciencia, técnica y tecnología, hasta llegar a las llamadas superestructuras como la ideología, política y leyes. La forma y la función tienen sus estructuras.

Por ello hay que tener cuidado, especialmente en arquitectura, con el uso de la palabra estructura a secas, puesto que estructuras encontramos en todo sistema organizado, tanto macrofísico como conceptual. Al menos en la literatura arquitectónica, el término ha tendido a confundirse con el de estructura soportante (marcos estructurales, planos rígidos, etc), que es un componente físico de las edificaciones o de otros artefactos construidos, o de los objetos y seres naturales (esqueleto), atroz confusión en la que cayeron Nervi y muchos más, como se verá más adelante.

## Función (y necesidad)

¿Cuál es la razón de ser, finalidad o teleología que lleva a la creación de los artefactos u objetos materiales artificiales? Satisfacer ciertas necesidades humanas. Por necesidad se puede entender “la dependencia del ser viviente, en cuanto a su vida o sus intereses, de otras

cosas o seres” [17, p.756], donde cita la carencia y la perturbación de cierto equilibrio orgánico que mueve a su restablecimiento. Sistémicamente, la necesidad implicaría la demanda de recursos o la modificación del entorno para mantener la homeostasis (preservación) o lograr determinada morfogénesis (transformación). Bronislaw Malinowski [18] desarrolló su teoría de las necesidades humanas, algunas fundamentales para la sobrevivencia: nutrición, reproducción, seguridad, relajación, crecimiento, aprendizaje, etc. Abraham Maslow [19] creó su jerarquía de necesidades, desde las más básicas o fisiológicas hasta las más simbólicas y emocionales, que junto con las estéticas, igualmente entran dentro de las categoría de necesidades.

La finalidad de los objetos físicos artificiales es diversa, según las necesidades a satisfacer, en todas las ramas del diseño: utensilios, ropa, muebles, arquitectura, urbanismo, etc. Respecto a la arquitectura y el urbanismo, la finalidad es proveer un espacio habitable, en el sentido más amplio del término. Hablamos de una relación entre el objeto diseñado y el entorno humano que lo demanda o lo percibe (usuario), ya sea por razón utilitaria o semiótica, quien lo usa en su práctica social. (Generalmente sinónimos entorno y contexto, aunque se sugiere que el entorno sea esa parte del contexto modificada por el objeto). Dentro de lo semiótico se incluyen aquí las finalidades estéticas, simbólicas, ideológicas e incluso emocionales.

Y siempre, el entorno humano se encuentra rodeado por los entornos construido y el entorno natural. Son las condiciones extrínsecas que actúan sobre la forma del objeto. La forma busca ajustarse a las necesidades del entorno humano específico, pero mediatizadas por los características de su contexto. El contexto opera como parámetro para el objeto, y su forma y materialidad es la variable, la que tiene que ajustarse en busca de equilibrio. Aunque el objeto también produce cambios en el contexto (causa-efecto). Una estructura sistémica.

Diáfanos y poderosos son estos párrafos de Christopher Alexander: “Todo problema de diseño se inicia con un esfuerzo de lograr un ajuste entre dos entidades: la forma en cuestión y su contexto. La forma es la solución para el problema; el contexto define el problema” [20, p.21]. Y afina: “La forma es esa parte del mundo que está bajo nuestro control y que decidimos modelar en tanto que dejamos el resto del mundo tal cual. El contexto aquella parte del mundo que hace exigencias a la forma... El ajuste es una relación de mutua aceptabilidad entre estos dos elementos” [19, p.24]. Ahonda en sus notas que este ajuste es una adaptación tanto de la forma a su contexto como del contexto a la forma, similar al concepto de adaptación darwiniana entre organismo y medio ambiente. Nótese que incluye al usuario dentro del contexto, usa el término forma comprensivamente, incluyendo la materia por ella configurada.

Las mismas categorías analíticas para evaluar ese ajuste entre forma y contexto –utilidad práctica, semiótica, estabilidad y costo económico y ambiental, materia de otro ensayo– pueden servir para investigar las necesidades humanas en su entorno. Hay una relación biunívoca entre las cualidades del objeto diseñado y las necesidades o deseos humanos que satisfacen.

La función es la capacidad práctica del objeto para cumplir o realizar su finalidad o propósito, aunque puede cumplir otras funciones no previstas. El objeto funciona si se ajusta en buen grado a las demandas y necesidades del usuario; si no lo logra, se dice que el objeto no funciona, o funciona mal. Este ajuste entre objeto y contexto es tarea del diseño, pero ese ajuste solo se verifica durante la praxis funcional, una relación práctica operativa entre el objeto y el entorno humano que lo usa. La función es una cualidad relacional, una relación hiperestructural. La función no está en el objeto, sino en su relación con el usuario.

En el estadio teórico de diseño, la función proyectiva consistiría en la activación operativa hipotética de ese objeto, y cumple una labor morfogenética sobre la forma: una forma inicial se transforma en otra por efecto de la función prevista en el ámbito funcional (utilidad, significados) o por otra razones (estabilidad, costos). Esta función transformadora es semejante al concepto matemático de función:

$$x=2 \quad f(x) = x^2 \quad f(2)=4$$

Forma'    función    Forma"

Sea “x” forma en función de determinada variable. Ejemplo: Piezas de metal (F') se transforman en techo (F'') en función de protegerse de la lluvia (utilitas), con estabilidad por bajo peso (firmitas) y factibilidad por bajo costo (sumptus); pero se podría transformar en techo de palma (F''') en función dar imagen rústica (significatio), reducción de ruido de lluvia y beneficiar salud (utilitas). Y así las distintas variables formales-materiales generarán performances funcionales distintas. Es una función técnica transformadora, pues consiste en el pasaje, mediante un dispositivo apropiado (criterio cualitativo), de un conjunto dado de estados iniciales de un sistema al conjunto deseado de estados finales. Esta sería la función relacional que menciona Abbagnano [17, p.516].

Una vez construido, materializado por la praxis tecnológica, el objeto pasa a un estado de función potencial mientras no sea usado. En el momento práctico, aparece la función operativa o “activación operativa de las cosas, para disfrutarlas plenamente en su uso” [21]. comprobándose entonces la función proyectiva, verificándose empíricamente si se satisfacen las necesidades o deseos humanos que la motivaron, donde se verifican las cualidades funcionales del objeto, donde se comprueba en la praxis la hipótesis de diseño. Es la performance donde el objeto cumple o no verdaderamente su finalidad.

### Devenir de la tríada forma-función-estructura

En algún momento de la historia de la teoría arquitectónica, y del diseño en general, se introdujo la tríada de forma-función-estructura como categorías analíticas para analizar los objetos diseñados. Si vemos esos conceptos tal cual los entendemos en este artículo tenemos que: La forma es la estructura organizadora de la materia y el espacio, el modo como se organiza. La función es la activación operativa de los objetos en su uso, según su finalidad, y tiene su etapa proyectiva. La estructura es el conjunto de relaciones complejas que vemos dentro y entre todos los sistemas involucrados, es decir, entre el objeto y su contexto, y entre los contextos entre sí.

Esta tríada analítica tiene desarrollo en Marx referida a temas económicos. En “El Capital” la utiliza, en donde la materia y el trabajo humano producen objetos, y su valor como mercancía puede transformarse en diversas formas, como el oro o el dinero, formas distintas de valor, las cuales cumplen una función similar como forma común útil para el intercambio por otras mercancías. El concepto de estructura se aplica a las relaciones sociales y económicas, a las relaciones internas fundamentales de estos subsistemas del gran sistema económico, flujos de materia, energía (trabajo) o información (ideológicos).

“Marx, al suponer que la estructura no se confunde con las relaciones visibles sino que explica su lógica recóndita, anuncia la corriente estructuralista moderna... Así, método dialéctico y método estructural tendrían ante todo en común que ambos distinguen radicalmente las apariencias empíricas y las estructuras internas recónditas, que ambos conciben las apariencias empíricas como un modo de aparición, ordinariamente engañoso, de las estructuras internas...” [22]. Es decir, las formas son la apariencia empírica de una estructura. Un ejemplo de Nils Castro [16, p.70]: el patrón estructural del esclavismo puede adoptar distintas variantes según las sociedades, como serían las formas azteca o egipcia.

¿Cuándo se introduce la trilogía conceptual de forma-función-estructura en la teoría del diseño? No está claro. Henri Lefebvre, que escribió un ensayo titulado “Forma, función y estructura en El Capital”, puede ser una pista, y en extenso libro “La producción del espacio” las pisadas a

seguir. No llega a definir explícitamente los términos forma, función y estructura, a menudo es más retórico que preciso, pero en algunos renglones es posible entender algo de su interpretación y uso [9, p.198]: “Como toda realidad, el espacio social se relaciona metodológica y teóricamente con tres conceptos generales: forma, estructura, función. Es decir, cualquier espacio social puede devenir objeto de un análisis formal, estructural o funcional”. Hay referencia a la forma geométrica, y a la exclusión de cualquier valoración estética en su descripción, tal como se ha denunciado aquí la contaminación estética del concepto de forma. Mención de la forma geométrica urbana y sus funciones ajustadas a la estructura económico-social del contexto. Estrecha correlación entre forma y estructura, como cuando se indicó en este artículo que la forma es una estructura y toda estructura tiene una forma. La centralidad como combinación de formas geométricas y topológicas definiendo una estructura espacial social y mental, para ciertas funciones [9, p.430]. La estructura también se concibe como la relación entre formas, y como la relación entre forma y función en una identidad denotable.

Pero en el capítulo XIV, Lefebvre derrapa [9, p.185], pues reduce el análisis estructural (estructuralista) a un problema de la estabilidad de la masa material y las relaciones entre las fuerzas físicas a las que son sometidas, es decir, a la estructura física soportante del objeto. Esta confusión conceptual entre estructura sistémica organizativa, como sistema de relaciones, respecto a la estructura soportante, como componente físico del objeto, ya se había mencionado al hablar de la forma y su estructura. Probablemente debido a que son dos palabras homónimas. Lo grave es que esta confusión se instaló dentro de la conceptualización de la tríada analítica forma-función-estructura aplicada a la arquitectura y, al parecer, un culpable sería Pier Luigi Nervi. No ha sido posible encontrar la fuente directa donde Nervi se refiere a la forma-función-estructura. Pero Philippe Boudon [4], donde habla de las “partes de la arquitectura”, muestra una tabla de equivalencias (figura 6) a la tríada vitruviana *utilitas-firmitas-venustas*, donde referencia a Nervi.

<b>ALBERTI</b>	<i>voluptas</i>	<i>firmitas</i>	<i>commoditas</i>
<b>BLONDEL</b>	gracia	solidez	comodidad
<b>BLONDEL</b>	decoración	construcción	distribución
<b>VITRUVIO</b>	<i>venustas</i>	<i>firmitas</i>	<i>utilitas</i>
<b>Soc. Cent. Arq.</b>	belleza	verdad	útil
<b>GUIMARD</b>	sentimiento	lógica	armonía
<b>NERVI</b>	forma	estructura	función

**Figura 6.** Analogías conceptuales sobre “las partes de la arquitectura”. Fuente: [4, p.20]

Igualmente, Arnau [23] señala que “cuando Nervi traduce a términos modernos la tríada cualitativa vitruviana *utilitas-firmitas-venustas*, su lectura es: función, estructura y forma. La cualidad *firmitas* se substantia y hace sustantivo en la estructura (soportante). Si bien es cierto que la solidez del edificio atañe a todas y a cada unas de sus partes, la estructura soportante es fundamental. La estructura es el sub-stantern, lo que está debajo de la edificación: su soporte”.

Lo que ocurre es que Nervi confunde el objeto y sus cualidades, el sustantivo con el adjetivo, perdiéndose claridad conceptual: Equivale la estructura soportante, parte física de los objetos, con la cualidad de firmeza o estabilidad, propia de cualquier elemento material. Además, la estructura (soportante) queda aislada de la forma, cuando ella misma tiene una forma geométrica, y una forma topológica la organización de sus partes. Además, confunde la forma,

que sería una característica morfológica del objeto, objetiva y denotable, con la cualidad de belleza, reincidencia de la contaminación estética del concepto de forma: la aconfusión de la 'species' con la 'venustas' de Vitruvio. Y para rematar, reduce el concepto de función solo al de utilidad práctica, dejando de lado las funciones semióticas (estéticas, simbólicas, emocionales, éticas). Esa equivalencia entre la venustas-firmitas-utilitas con la tríada forma-estructura-función es un desastre epistemológico. A partir de aquí cayeron en cascada miles de textos confusos.

## Conclusión

Ha existido ambigüedad en el concepto de forma, además de sufrir una contaminación de valoración estética; se denuncia esta corrupción, se enfatiza como categoría exclusivamente morfológica, y se proponen como suficientes la forma topológica y forma geométrica, que tienen su aplicación secuencial durante el diseño. El concepto de función, tradicionalmente aplicado a la utilidad práctica de los objetos, se amplía hacia su función semiótica, como parte de la teleología de los objetos. Se distingue entre función proyectiva y operativa, morfogenética una y de activación práctica la otra, correspondientes a los estadios de diseño y uso de los objetos. Al concepto de estructura, que en ciertos casos ha sufrido una deformación conceptual al reducirse a la estructura física soportante de los objetos, se le restituye su sentido sistémico relacional, distinguiéndose las estructuras intrínsecas formales y materiales del objeto, y las hiperestructuras de relaciones externas (o extructuras, como neologismo propio) como son las correlaciones funcionales entre objeto y usuario, o los vínculos contextuales entre el objeto y su entorno.

Para el ámbito que nos concierne, el análisis basado en estas categorías generales debe aplicarse, obviamente, sobre los objetos diseñados, el entorno humano que los demanda, y entorno natural y construido que los circunda. Son necesarias otras categorías particulares, como la definición de objeto –o forma materializada funcional artificial– y su hiperestructura de cualidades, que tienen que ver con su ajuste o adaptación con el usuario y su entorno: Objeto – cualidades – contexto. La descripción de las cualidades funcionales a nivel semiótico y de utilidad práctica, y su estabilidad, costo económico y ambiental, es materia de otro ensayo.

## Referencias

- [1] W. Tatarkiewicz, *Historia de seis ideas*. Madrid: Tecnos, 2001.
- [2] J. Ferrater Mora, *Diccionario de Filosofía de Bolsillo 1*. Madrid: Alianza, 1997, p.371.
- [3] M. Bunge, *Diccionario de filosofía*. México D.F.: Siglo XXI, 2005, p.87.
- [4] Ph. Boudon, *Del espacio arquitectónico*. Buenos Aires: Victor Lerú, 1980.
- [5] Ch. Alexander, "La ciudad no es un árbol", *Ciudades para un futuro más sostenible*, Boletín CF+S 40, Junio 2009. [En línea] Disponible en: <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n40/>
- [6] A. Millán Gómez, *Aproximación a una taxonomía topológica de formas arquitectónicas y urbanas*. Universitat Politècnica de Catalunya, 1981. Barcelona: Tesis Doctorales en Red. [En línea] Disponible en: <http://www.tesisenred.net/handle/10803/6096>
- [7] I. Blanco y M. de Prada, *Topología y arquitectura. Verdades aparentes y realidades estructurales*. Artículo independiente. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2016. [En línea] Disponible en: [http://oa.upm.es/39227/1/TFG\\_Ivan\\_Blanco\\_Longa.pdf](http://oa.upm.es/39227/1/TFG_Ivan_Blanco_Longa.pdf)
- [8] Vitruvius Pollionis, M, *De Architectura*. Venecia: Franciscus Franciscium y Ioan Crugher, 1507, Liber III, Caput III, p.103. [En línea] Disponible en: <https://arts.st-andrews.ac.uk/digitalhumanities/fedora/repository/digitalcollections%3A606#page/1/mode/2up>, o en: [https://reader.digitale-sammlungen.de/de/fs1/object/display/bsb10195988\\_00011.html](https://reader.digitale-sammlungen.de/de/fs1/object/display/bsb10195988_00011.html)
- [9] H. Lefebvre, *La producción del espacio*. Madrid: Capitán Swing, 2013.
- [10] Ch. Norberg-Schulz, *Intenciones en arquitectura*. Barcelona: Gustavo Gili, 1988, p.85.



- [11] E. Tedeschi, *Teoría de la arquitectura*. Buenos Aires: Nueva Visión, 1972, p.206.
- [12] A. Borie, P. Micheloni, P. Pinon, *Forma y deformación*. Barcelona: Reverté, 2008.
- [13] P. Collins, *Los ideales de la arquitectura moderna (1750-1950)*. Barcelona: Gustavo Gili, 2001, pp.162 y 223.
- [14] M. M. Rosental y G. M. Straks, *Categorías del materialismo dialéctico*. México D.F.: Grijalbo, 1960, p.197.
- [15] M. Arnold, Marcelo y F. Osorio, "Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas", en *Cinta moebio 3: 40-49*. Santiago: Universidad de Chile, 1998, sin página. [En línea] Disponible en: <http://www.facso.uchile.cl/publicaciones/moebio/03/frprinci.htm>
- [16] H. Lefebvre, A. Sánchez Vásquez, et al, *Estructuralismo y marxismo*. México D.F.: Grijalbo, 1970.
- [17] N. Abbagnano, *Diccionario de filosofía*. México D.F.: Fondo de Cultura Económica, 2007.
- [18] B. Malinowski, *Una teoría científica de la cultura*. Barcelona: Edhasa, 1970.
- [19] A. Maslow, *Motivación y personalidad*. Madrid: Días de Santos, 1991, p.21-33.
- [20] Ch. Alexander, *Ensayo sobre la síntesis de la forma*. Buenos Aires: Infinito, 1976.
- [21] J. R. Morales, *Arquitectónica*. Madrid: Biblioteca Nueva, 1999, p.119.
- [22] E. Trías et al, *Estructuralismo y marxismo*. Barcelona: Martínez Roca, 1969, p.117.
- [23] J. Arnau, *72 voces para un diccionario de arquitectura teórica*. Madrid: Celeste, 2000, p.78.

# Utilitas, firmitas... sumptus et significatio

Utilidad, estabilidad... costo y significado  
Utility, stability ... cost and meaning

Mauricio Ordóñez-Chacón<sup>1</sup>

---

Ordóñez-Chacón, M. Utilitas, firmitas... sumptus et significatio. *Tecnología en Marcha*. Edición especial. Escuela de Arquitectura y Urbanismo, Diciembre 2020. Pág 131-142.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v33i8.5515>



<sup>1</sup> Escuela de Arquitectura y Urbanismo, Instituto Tecnológico de Costa Rica.  
Correo electrónico: mordonez@tec.ac.cr.  
 <https://orcid.org/0000-0001-7425-7149>



## Palabras clave

Utilitas; firmitas; venustas; semiótica; costo económico; costo ambiental; cualidades de los objetos; diseño; teoría de la arquitectura.

## Resumen

Ensayo investigativo teórico con finalidad didáctica y profesional. Trata de las cualidades de los objetos arquitectónicos, extensibles a todos los objetos artificiales con roles funcionales. Clarifica conceptos sustantivos teóricos para la docencia, y es a la vez una epistemología instrumental para el proceso de diseño. Entre más claridad y desarrollo de estas categorías cualitativas, más exacto e integral el diseño como práctica tecnológica dirigida a la modificación entorno. Por tratarse de una teoría fundamentadora, muchos conceptos provienen de bibliografía clásica, no efímera. El método empírico-analítico permite cotejar conceptos con una profunda reflexión analítica tras la relación experimental humana con los objetos artificiales y sus propiedades. La literatura del diseño hay utilizado algunos de estos conceptos, pero usualmente sin el adecuado detalle y debida actualización. La tradicional taxonomía conceptual vitruviana de utilitas, firmitas y venustas es una buena base, mas resulta insuficiente, especialmente porque no incorporan otras variables semióticas aparte de la estética, y deja de lado los costos. Se proponen y detallan integralmente las categorías cualitativas la utilidad, estabilidad, significados, costo económico y costo ambiental, más la sostenibilidad como supra-cualidad integral. La utilidad y significados como cualidades funcionales; la estabilidad y costos como propias del objeto en sí. El concepto de función se extiende a las función práctica utilitaria y a la función semiótica de los objetos artificiales.

## Keywords

Utilitas; firmitas; venustas; semiotics; economic cost; environmental cost; qualities of the objects; design; architecture theory.

## Abstract

Theoretical research essay for educational and professional purposes. It deals with the qualities of architectural objects, extensible to all artificial objects with functional roles. It clarifies theoretical substantive concepts for teaching, and is at the same time an instrumental epistemology for the design process. The more clarity and development of these qualitative categories, the more accurate and comprehensive the design as a technological practice aimed at changing the environment. As it is a founding theory, many concepts come from classical, not ephemeral, bibliography. The empirical-analytical method allows comparing concepts with a deep analytical reflection after the human experimental relationship with artificial objects and their properties. The design literature has used some of these concepts, but usually without adequate detail and due updating. The traditional Vitruvian conceptual taxonomy of utilitas, firmitas and venustas is a good basis, but it is insufficient, especially since they do not incorporate other semiotic variables apart from aesthetics, and it leaves costs aside. The qualitative categories of utility, stability, meanings, economic cost and environmental cost are proposed and detailed in their entirety, plus sustainability as an integral supra-quality. Utility and meanings as functional qualities; stability and costs as typical of the object itself. The concept of function extends to practical utilitarian functions and to the semiotic function of artificial objects.

## Introducción

La tradicional taxonomía vitruviana de utilitas, firmitas y venustas, como cualidades que ciertas edificaciones deberían tener, es una base conceptual potente y vigente, incluso para todo objeto diseñado, mas resulta insuficiente para dar cuenta de otras variables semióticas y emocionales aparte de la estética. Requiere su actualización y la incorporación de otras variables cualitativas que se propondrán. Además, se plantea consolidar la función semiótica como parte del paquete funcional del objeto, que se encuentra generalmente circunscrito solamente a la función utilitaria. Especial detalle hay en caracterizar y desglosar las cualidades utilitarias y semióticas de los objetos, con marcado énfasis en los arquitectónicos.

En este ensayo se entiende como cualidad la capacidad o facultad de un objeto para producir un efecto, como es el caso de las cualidades funcionales (utilitas y venustas), así como otras cualidades relacionales –del objeto con su entorno– como son la estabilidad (firmitas) y el costo económico o el costo ambiental. No se considera bajo el concepto de cualidad las características intrínsecas del objeto, como son sus determinaciones formales-materiales, aunque queda claro que son precisamente la modulación estas variables físicas las que definen sus cualidades en relación con su contexto. Se usa el concepto de cualidad genérica para todos los objetos artificiales funcionales, pudiendo usarse el concepto de propiedad en los casos particulares de un objeto específico.

## Desarrollo

Marco Vitruvio Polión, el arquitecto romano del siglo I a.e.c, refiriéndose a las cualidades que tenían que tener ciertas edificaciones, sentado un día escribió: “Estos edificios deben construirse con atención a la firmeza (firmitatis), comodidad (utilitatis) y hermosura (venustatis). Serán firmes quando se profundizaren las zanjas hasta hallar terreno sólido; y quando se eligieren con atención y sin escasez los materiales de toda especie. La utilidad se conseguirá con la oportuna situación de las partes, de modo que no haya impedimento en el uso; y por la correspondiente colocación de cada una de ellas hacia el aspecto celeste que más le convenga. Y la hermosura, quando el aspecto (species) de la obra fuere agradable y de buen gusto y sus miembros arreglados a la simetría de sus dimensiones” [1]. Esto en la traducción de Ortiz de 1787, original en latín en nota <sup>2</sup>.

‘Firmitas’ se traduce como solidez, consistencia, fuerza, firmeza. ‘Utilitas’ sería la utilidad, ventaja, provecho, servicio, que deriva de la distribución y orientación de los espacios. ‘Venustas’ se traduce como belleza, encanto, gracia, e incluso gozo y alegría (esto último ya más emocional, propio del sujeto y no del objeto). Y la belleza, y lo elegante y lo agradable, se logran cuando el aspecto o manifestación exterior (*species*) de la edificación adopta ciertas características de proporción y simetría.

Vitruvio resulta aquí muy lúcido, con enorme claridad latina: Habla de un objeto, la edificación –un sustantivo– y de las cualidades (o propiedades o atributos) –adjetivos– que debería tener. Unas categorías analíticas muy flexibles, pues tales cualidades serían igualmente convenientes a todos los objetos materiales creados por el ser humano: cosas útiles, firmes y bonitas, salvo que ciertas

2 “Haec autem ita fieri debent, ut habeatur ratio firmitatis, utilitatis, venustatis. Firmitatis erit habita ratio, cum fuerit fundamentorum ad solidum depressio et ex quaque e materia copiarum sine avaritia diligens electio. Utilitatis autem emendata et sine impeditio, usu locorum, dispositio, et ad regiones sui cuiuscunque generis apta et commoda distributio. Venustatis autem, cum fuerit operis species grata, et elegans, membrorumque; commensus iustas habeat symmetriarum ratiocinationes” [16, Liber I, Caput III, p.24]

necesidades o requisitos recomienden otras cualidades distintas. Basta tomar cualquier cosa en nuestras manos, un vaso o nuestra camisa, o habitar una casa o la ciudad, y verlo así.

León Battista Alberti, s.XV, prefirió otra tríada cualitativa bastante semejante: *commoditas*, *firmitas* y *voluptas*. Por *commoditas* se refiere a la comodidad, por *voluptas* al placer o deleite, y por *firmitas*, igualmente la estabilidad o firmeza. Prima el placer (emocional), como un probable derivado de la belleza (estética), pero que no son lo mismo: en la actualidad es posible encontrar placer en objetos no considerados bellos. Y asocia la utilidad solo con la comodidad, cuando este sería apenas uno de los aspectos utilitarios, lo que se desarrollará más adelante en este ensayo.

Otros arquitectos dieron vueltas alrededor de lo mismo: Claude Perrault, siglo XVII, permaneció fiel a la tríada vitruviana. Nicholas François Blondel, siglo XVII, hablaba de la comodidad, la solidez y la gracia, cualidades bastante similares. Jacques-François Blondel, siglo XVIII, mencionaba la distribución, construcción y la decoración, mostrando un giro importante, porque ya no se refiere a cualidades, sino a características o partes físicas del objeto arquitectónico, sin aclarar cuál es el atributo o propiedad buscado en su ordenamiento o composición. Este cambio de enfoque nos debe poner alerta, pues luego vinieron otras taxonomías que mezclaron ambas cosas –el objeto físico y sus cualidades, el sustantivo y el adjetivo, morfé y eidós– perdiéndose claridad conceptual, como en el caso de Nervi. Estas analogías conceptuales han sido tomadas de la tabla de un libro de Philippe Boudon (ver figura 1) [3].

<b>ALBERTI</b>	<i>voluptas</i>	<i>firmitas</i>	<i>commoditas</i>
<b>BLONDEL</b>	gracia	solidez	comodidad
<b>BLONDEL</b>	decoración	construcción	distribución
<b>VITRUVIO</b>	<i>venustas</i>	<i>firmitas</i>	<i>utilitas</i>
<b>Soc. Cent. Arq.</b>	belleza	verdad	útil
<b>GUIMARD</b>	sentimiento	lógica	armonía
<b>NERVI</b>	forma	estructura	función

**Figura 1.** Taxonomía de analogías conceptuales sobre las partes de la arquitectura. Fuente: [3]

La tríada vitruviana tiene perfecta vigencia, pero debe actualizarse. A la belleza de Vitruvio (la estética), hay que sumarle el placer de Alberti (lo emocional), y además, incorporar otros aspectos semióticos, como los simbólicos, ideológicos, éticos, gnoseológicos, para cualquier obra diseñada. Lo adecuado sería crear una nueva categoría que los embolse: el significado, o *significatio*, haciendo honor al latín germinal de esta taxonomía conceptual. Un objeto que dice cosas. Así lo prefiguraba Etienne Boullé con su expresiva “arquitectura parlante” del s.XVIII.

Tendríamos, pues, la *utilitas*, la *firmitas* y el *significatio*, como cualidades de todo objeto artificial, como categorías analíticas para su diseño, y para su evaluación ya construido y operando.

La utilidad (*utilitas*) sería la capacidad del objeto de servir para un fin práctico determinado, en este caso, satisfacer las necesidades espaciales que surgen de las actividades macrofísicas humanas. Necesidades relacionadas con una práctica social cultural y sus actividades corporales en el espacio físico percibido con nuestros sentidos (en contraposición al espacio microfísico mental). Necesidades básicas esenciales, como las que describen Malinowski [4] y Maslow [5], y las derivadas de otras actividades humanas como el trabajo y el ocio. Lo útil es el objeto, que cumple una función utilitaria. La utilidad tiene un sentido teleológico, un propósito.

Ayudar a la satisfacción de las necesidades humanas básicas por medio del espacio construido –o de cualquier otro objeto– es parte de la sostenibilidad social. Para ser usado, el objeto debe ser previamente percibido y denotado, identificado.

Respecto al objeto y el espacio arquitectónicos –no vamos aquí a ponernos a distinguir entre ambos conceptos– esa utilidad depende del estado o modulación de las siguientes variables:

- *Ubicación*: adecuada del objeto en el contexto urbano o rural: Relación con zonificación y usos de suelo, vialidad y transporte, clima, etc. Por su mala ubicación, una actividad puede resultar inviable y el espacio creado inútil.
- *Localización de actividades*: Referido a la existencia de espacio físico para cada una de las actividades realizadas, en lugares específicos o multifuncionales, según las necesidades. En ocasiones, el programa arquitectónico menciona espacios que pueden no estar en el diseño.
- *Movilidad y accesibilidad*: Circulación interna y externa, para adultos y niños, con o sin discapacidades. Incluye orientación en el espacio.
- *Distribución adecuada de espacios*: Considerando relaciones entre actividades. Relación con la topología espacial.
- *Comodidad dimensional*: Tamaño de los espacios y otros componentes, considerando actividades, ergonomía, desplazamientos, emociones, normativa, etc.
- *Confort ambiental y salubridad*: Considerando clima y otras variables ambientales. Clima: luz natural y artificial, ventilación, temperatura, asoleamiento, lluvia, humedad, etc. Otras variables ambientales: ruidos internos y externos, polvo, humo, insectos, electromagnetismo, etc. No solo se busca confort sino también salubridad.
- *Privacidad y territorialidad*: Determinando áreas públicas y privadas, por medio de cerramientos. Relación con visuales.
- *Visuales*: Del interior al exterior para ver paisaje, clima, control para seguridad; o del exterior hacia el objeto, para su ubicación visual y orientación urbana, etc. Relación con privacidad.
- *Seguridad arquitectónica*: Para evitar accidentes (“safety”). Eliminar elementos o condiciones peligrosas para la integridad humana, facilitar escape en emergencias, alarmas, etc.
- *Seguridad ante intrusos*: Control de ingreso de personas no usuarias, potencialmente dañinas (“security”). Relacionado con privacidad y territorialidad).
- *Usabilidad*: Facilidad con que las personas pueden utilizar un objeto artificial de acuerdo a su función esperada. Este concepto se utiliza más en diseño del producto, en arquitectura podría ser una sumatoria de varias de las variables anteriormente mencionadas (movilidad, confort, comodidad, legibilidad (ver semiótica), etc), y puede verse también en algunos de los controles de las instalaciones.

Y cualquier otra variable práctica utilitaria pertinente según el proyecto. Otro tipo de objetos tendrían otras o similares cualidades utilitarias, desde cualquier objeto manufacturado hasta la ciudad misma. Como se nota, ciertas cualidades utilitarias tienen influencia en los significados, especialmente a nivel emocional, como puede ser el confort y comodidad, la privacidad o las vistas de un entorno agradable.

*El significado (significatio)* sería lo que el objeto nos dice a nosotros, su semiótica. Incluye los significados y emociones que producen en nuestra mente durante la percepción cognitiva. Desde el punto de vista funcional, sería la capacidad del objeto para satisfacer las necesidades y

deseos semióticos humanos. El objeto cumple, por lo tanto, una función semiótica, una finalidad o propósito respecto a sus significaciones. Gran parte de esos significados y emociones deberían estar controlados por el diseño, pero siempre habrá muchos que escapan de control, en virtud de la subjetividad y experiencias individuales del receptor, y lo poco explícito que resulta el lenguaje no verbal. Hablar de los significados no es asunto menor, la cosa deviene en 'objeto ideológico' sobrecargado de significaciones, tanto que podemos hablar una unidad objeto-sujeto; por eso se considera el significado una cualidad relacional.

El concepto de función semiótica amplía el rango de lo que entendemos por función. Ha sido común, en muchas teorías, considerar la función solo asociada a la utilidad práctica o uso utilitario del objeto, pero no son pocos los autores que también consideran los significados como una función de los objetos: Umberto Eco [6, p.285], habla de las funciones primarias y secundarias arquitectónicas. Las funciones primarias corresponden a la denotación de la utilitas o función utilitaria primaria; las secundarias a connotaciones simbólicas, estéticas o de otra índole. "La calificación de función se extiende a todas las finalidades comunicativas de un objeto" [6, p.295]. Igualmente el filósofo Adolfo Sánchez Vásquez [7, pp.77-104], nos habla de función estética y función simbólica de los objetos, definiéndolas como funciones trans-utilitarias, aunque haciendo la salvedad de que también son útiles socialmente hablando, "para elevar y enriquecer al ser humano" [7, p.150], utilidad social con la que también concuerda Eco. (Sin desconocer la utilidad cultural de la función semiótica, se reservará siempre la utilitas para la utilidad práctica). Ambos autores también hablan de como estas funciones cambian en tiempo y lugar, de acuerdo al uso que le den las personas, modificándose o desapareciendo la utilidad práctica y la semiótica originales de cuando fueron creados.

El filósofo Jesús Paradinas señala:

.... se puede distinguir entre necesidades primarias y secundarias. Pues bien, el consumo puede estar dirigido a satisfacer las primeras y diremos entonces que el consumo cumple una función sobre todo utilitaria, o a satisfacer las segundas, y entonces cumple una función sobre todo simbólica. La función utilitaria permite satisfacer las necesidades fisiológicas de la alimentación, de los vestidos, de la vivienda, etc. En cambio la función simbólica satisface las necesidades culturales, sea de tipo social, como son las necesidades de integración y diferenciación social (por ejemplo, la comida macrobiótica, la corbata, la casa en el campo), o de tipo imaginario, como es la necesidad de satisfacer de forma ilusoria los límites que existen en nuestras relaciones con los semejantes o con el mundo (por ejemplo, usando los mismos productos que personajes famosos, adquiriendo objetos de lujo o utilizando aparatos cada vez más sofisticados para hacer ver que dominamos el mundo. [8]

Esta concepción '*sensu lato*' de la función, donde los significados son otra función de los objetos diseñados, resulta evidente a partir del siglo XX, con el desarrollo teórico de la semiótica, y con la enorme erupción de diseños variados en función de los gustos estéticos y pretensiones simbólicas de públicos distintos, con su correspondiente publicidad fetichizadora, muy dirigida al consumo. Resulta extraño que la teoría arquitectónica se haya quedado rezagada al respecto, con una concepción de la función restringida solamente a la práctica utilitarista. Sin embargo, hay arquitectos que en algún momento han reconocido el papel funcional de las variables semióticas, como cuando el arquitecto Joaquín Arnau [9] habla de las funciones simbólicas, o Christopher Alexander, cuando habla del "carácter funcional de la decoración" en su patrón 249, que no tiene que ver nada con lo utilitario, sino con una labor formal topológica de vincular bordes o transiciones desconectadas, con un fin estético y simbólico de unidad al "hacer del mundo un todo" [10]. Muchas veces cualquier variable de la forma o de la materia –determinada geometría, proporción o dimensión, material, color, etc– está escogida por su función semiótica.

Esto sin dejar de mencionar que de la utilidad práctica, por si misma, también se puede derivar una sensación estética, el concepto socrático de que “lo útil es bello” [7, p.148], tan caro para el movimiento funcionalista (utilitarista) del s.XX, y para mucho de lo que aún se produce. Quizá sea Durand, desde la Escuela Politécnica de París, el arquitecto que introduce este concepto de la estética funcionalista en la modernidad [11, p.19]. O también, el que ciertas variables semióticas tengan una “utilidad social o cultural”, lo que llevaría a tener que agregar, al concepto de utilidad (utilitas) el adjetivo de ‘práctico’ para precisar.

Dentro de esta categoría semiótica consideramos:

- *Denotación*: Describe la categoría o clase de objeto, vinculado a su utilidad, ¿qué es, para qué sirve, cómo es? Deriva de su forma y otras características, conformando tipologías funcionales. La percepción es, en primera instancia, una denotación, y es fundamental para el uso práctico-utilitario del objeto.<sup>3</sup>
- *Evocación o metáfora*: Relacionar una cosa con otra cosa, con el fin de re-semantizarla. Consideradas por algunos como “falsas denotaciones”. Se logra con el uso de analogías icónicas, geométricas o hasta topológicas con otros objetos o ideas.
- *Connotación estética*: Valoraciones estéticas atribuidas a las características del objeto (composición geométrica, materialidad, estilos, etc), según categorías estéticas como bonito-feo, cómico-dramático, grotesco-elegante, simple-complicado, cursi, orden-desorden, etc.
- *Connotación simbólica e ideológica*: Relacionar el objeto con alguna idea o ideología, como pueden ser tradición-modernidad, riqueza-pobreza, nacionalismo, civilidad, republicanismo, mitologías religiosas, etc. Variables formales, materiales y estilísticas la determinan.
- *Connotación ética*: No referida al ejercicio profesional, sino a la honestidad en el diseño, como el ocultar cosas en “la lámpara de la verdad” de Ruskin [12], [11, p.106]. Categorías bueno-malo, justo-injusto, correcto-incorrecto, puro-impuro, honesto-deshonesto, etc.
- *Connotación emocional*: Derivada de las anteriores, y también de algunas variables utilitarias como el confort climático, comodidad dimensional, privacidad, visuales, etc. Incide mucho la relación histórica personal o ideológica que se pueda tener con el objeto. La psico-geografía y la psicología ambiental estudian este aspecto.

Si la denotación es objetiva, las connotaciones son en mayor o menor grado subjetivas.

Dentro de los significados incluimos lo emocional, pues deriva de la actividad mental, a pesar de sus consecuencias macrofísicas (sistemas endocrino y vasodilatador). La emoción –*commotio*– tiene su aspecto semiótico, pues tanto las emociones cognitivo-fisiológicas (alegría, tristeza, tranquilidad, placer, etc) como las emociones estéticas, más intelectuales, son comunicables, aunque sea no de manera verbal. Las microexpresiones faciales tienen la “función de comunicar sentimientos” [13]. “Las emociones, y los términos y signos que empleamos, representan otras tantas unidades culturales a las que se atribuyen específicas marcas semánticas. Una emoción implica y se define a través de un dominio operacional de significado, un dominio cognoscitivo...”[14]. Muchas connotaciones abstractas, especialmente las emocionales y estéticas, entran en el rango de lo inefable si no se tiene alta destreza verbal

<sup>3</sup> Para los conceptos de denotación y connotación, una buena fuente es el libro La estructura ausente, de Umberto Eco, aquí referenciado [6]. Personalmente, reconocer la antigua familiaridad de estos conceptos gracias a la Pedagogía del Lenguaje Total, del Hno. Dr. Francisco Gutiérrez (1928-2016), con varios libros de referencia.

para describirlas. Pero el diseñador tiene que tener capacidad de transmitir las por medio de la manipulación de la materia y su forma.

Colaborar a la satisfacción de las necesidades humanas emocionales, estéticas y simbólicas básicas por medio del espacio construido también es parte de la sostenibilidad social, pues ayudan al bienestar y a la conservación de identidades culturales individuales o sociales.

Utilidad y significados, cualidades funcionales del objeto diseñado, sus roles funcionales, su cometido. Si el objeto funciona, es eficaz.

La estabilidad (firmitas) corresponde a la capacidad del objeto para mantener su estructura física material, su firmeza y estabilidad, para que pueda cumplir con sus roles funcionales. Es una cualidad física no directamente funcional para el usuario, sino que está en razón del objeto "en sí mismo", pero es fundamental para su finalidad funcional. Análogamente a nuestro cuerpo humano, se trataría de la salud física para que pueda cumplir con sus tareas y cometidos.

La estabilidad debe darse en todos los componentes o partes físicas del objeto: en el caso de las edificaciones, la preocupación por la estabilidad no debe limitarse a su estructura soportante primaria, incluyendo la estabilidad del suelo, que es evidentemente fundamental, sino también extenderse a las envolventes, decorado e instalaciones, que también requieren de una materialidad y un ensamblaje firme ante las fuerzas naturales y humanas.

Se deben considerar los efectos de fuerzas físicas sobre el objeto o edificación:

- De los elementos ambientales catastróficos como terremotos, deslizamientos de tierra, inundaciones, incendio, etc.
- De los elementos ambientales habituales como gravedad, sol, lluvia, humedad, viento, salinidad, acidez, vegetación, insectos, etc.
- Del uso humano y de animales domésticos.

En la tabla de Boudon ya citada [3], Nervi equivale estructura a estabilidad, un error conceptual. En esa analogía, Nervi se refería a la estructura soportante –no al concepto sistémico de relaciones entre partes– y esta estructura es un componente físico del objeto, un sustantivo, mientras que la estabilidad es una cualidad física, un adjetivo. Tiene, además, la estructura soportante no solo cierta estabilidad, sino otras cualidades como la utilidad, significados o costos.

Tampoco las cualidades generales del objeto diseñado se agotan aquí: El costo (*sumptus*), los recursos que se requieren para hacer algo, es una característica económica siempre presente de manera pragmática en toda la historia del diseño. Una cualidad relacionada con la eficiencia, o sea, lograr más con menos recursos, muy en relación con la condición material de los objetos. Fue considerada por Vitruvio relacionada con la distribución o administración (*oikonomía*, en griego), que consiste "en el debido y mejor uso posible de los materiales y de los terrenos, y en procurar el menor coste de la obra conseguido de un modo racional y ponderado" [1, p.16]. Cualidad que debía haber Vitruvio agregado a su tríada.

Nervi escribía en su libro "Scienza o Arte del costruire?" [15, p.7]: "La obra arquitectónica deberá concordar con múltiples vínculos y requisitos que se pueden alcanzar en las tres grandes categorías de la estática, funcionalidad o la economía. El hecho de satisfacer esos vínculos, el armonizarlos con la idea estética fundamental, mejor dicho, el transformarlos en términos del lenguaje o medios expresivos de ella, constituye la verdadera esencia del problema arquitectónico..." Aquí tenemos las categorías de estabilidad, utilidad, economía y significados de las que hemos estado hablando.

Pero en la actualidad, además del costo monetario, esta eficiencia se mide cada vez más según criterios de la economía ecológica. El lograr más con menos recursos –materiales y energéticos– se traduce en menor costo ambiental, por los impactos físicos (externalidades negativas) que dichos recursos y sus desechos ocasionan en el medio ambiente. Urge incluir ese costo ambiental dentro del costo económico, dándole un valor monetario a las externalidades negativas que todo proceso constructivo pueda producir, con el fin de reducirlas. Estas variables deberían incidir en el precio final del objeto como mercancía, en su valor de cambio, pero también en su valor de uso, tanto utilitario como semiótico (ético, simbólico), y en su estabilidad.

Resumiendo las cualidades mencionadas, y como se dice a nivel popular, todos queremos objetos que sean útiles, buenos, bonitos, baratos... y ahora también ecológicos. En función de esto deberían ser diseñados, e igualmente evaluados. El concepto actual de calidad para los objetos diseñados condensa estas cualidades.

Esta visión analítica y fragmentada de las cualidades fundamentales del objeto diseñado no implica que se deban considerar autónomas. Muy por el contrario, son interdependientes. Son un sistema. Por ejemplo, una modificación por función utilitaria (alargar un alero o balcón, por ejemplo), traerá una alteración en las cualidades estéticas y de estabilidad. Como dice Ludovico Quaroni [16], al considerar el proceso proyectivo en arquitectura "...a menudo, en estas fases "monodisciplinarias", (el proyectista) se verá llevado de modo natural, casi instintivamente, una vez adquirida la experiencia del proyectar, a valorar la validez de las operaciones que está llevando a cabo en relación con las otras dos componentes vitruvianas, que podríamos considerar los otros parámetros de sistema". Y vemos también como estas cualidades se funden entre sí, como en el caso de la estética socrática de "lo útil es bello", o en la estética de Nervi donde "la obediencia a las leyes de la estática es de por sí garantía de éxito estético" [15, p.8]. Lo ideal es un adecuado balance de todas estas cualidades del objeto, salvo que las necesidades –o las tendencias del diseñador, caso cuestionable– definan ciertos énfasis.

La sostenibilidad es una supra-cualidad resultante de la integración de las cualidades mencionadas, entendiendo la sostenibilidad como un balance entre economía, ecología y desarrollo social. Evidentemente, costo económico y costo ecológico responden las primeras dos cualidades. Y comprendiendo la sostenibilidad social como la condición que garantiza el bienestar humano, tanto físico como mental, que pasa por la equidad, el cumplimiento de los derechos políticos, económicos y culturales, donde se puedan realizar las potencialidades humanas, es claro que la utilidad y significados de los objetos, y en gran medida los arquitectónicos y urbanos, ayudan a la sostenibilidad social. Una arquitectura o urbanismo que generen rupturas en los tejidos sociales (renovación urbana drástica), en las costumbres y actividades asociadas con determinadas tipologías espaciales (el corredor, el patio interno, por ejemplo), y hasta nuevas topologías espaciales en remodelaciones para la gente mayor, puede resultar desastrosa desde el punto de vista de la sostenibilidad social. O el grave impacto ambiental de la construcción ya mencionado. Se buscan objetos útiles y asequibles para todos, que respondan a la identidad cultural con su forma de vida y pensamiento, y respeten el ecosistema ambiental. Por eso se define la sostenibilidad como una supra-cualidad del objeto diseñado resultado de un balance cualitativo adecuado entre éste, el usuario y su contexto real.

Un concepto de diseño, o partido, debe ser una síntesis clara de las principales cualidades mencionadas que se espera tenga el objeto a diseñar, en base al análisis de las necesidades de los usuarios y los parámetros del contexto. Este concepto puede también adelantar algunas propuestas formales básicas, ya sea topológicas o geométricas.

Todas estas cualidades buscadas se logran con el diseño o ajuste de los distintos elementos o componentes del objeto diseñado. Como todo sistema u organismo, estas partes tienen a su

vez otros componentes subsidiarios o subconjuntos, y así sucesivamente hasta la mínima parte como puede ser un tornillo o una baldosa. Todos ellos tienen su forma, su materia y/o espacio, y poseen las cualidades mencionadas en relación con el contexto. Las técnicas y tecnologías constructivas se aplican a la fabricación y ensamblaje de estas partes en un todo estable.

En el caso de la arquitectura, los componentes materiales segregan el espacio físico natural y lo transforman en un espacio arquitectónico, percibido y habitable, con características específicas en su contexto. Estos componentes físicos del objeto arquitectónico serían: Estructuras soportantes y envolventes (que pueden ser independientes, o la misma, en el caso de los sistemas estereotómicos o de muro rígido). Instalaciones. Decorado y rotulaciones. Amueblado. Zonas verdes, vegetación y otros elementos naturales (paisajismo). Y el espacio interno o externo resultante.

En el caso del urbanismo, los componentes materiales transforman el espacio físico natural y lo convierten en espacio público urbano habitable, y posibilitan el acceso y uso de los espacios arquitectónicos. Estos componentes serían: Edificaciones. Vialidad y transporte (espacio público urbano). Plazas y parques (espacio público urbano). Amueblado y arte urbano (en el espacio público urbano). Zonas verdes, vegetación y otros elementos naturales (paisajismo). Servicios públicos y otra infraestructura. Publicidad y rotulaciones.

Y para las diferentes clases de objetos físicos diseñados, los componentes serán otros, de acuerdo a su naturaleza y características. La modulación o ajuste de cada uno de estos componentes físicos determinará la utilidad, estabilidad, significados, costo económico y costo ambiental del objeto. Algunos tendrán mayor incidencia en determinadas cualidades, pero su interacción es completamente sistémica.

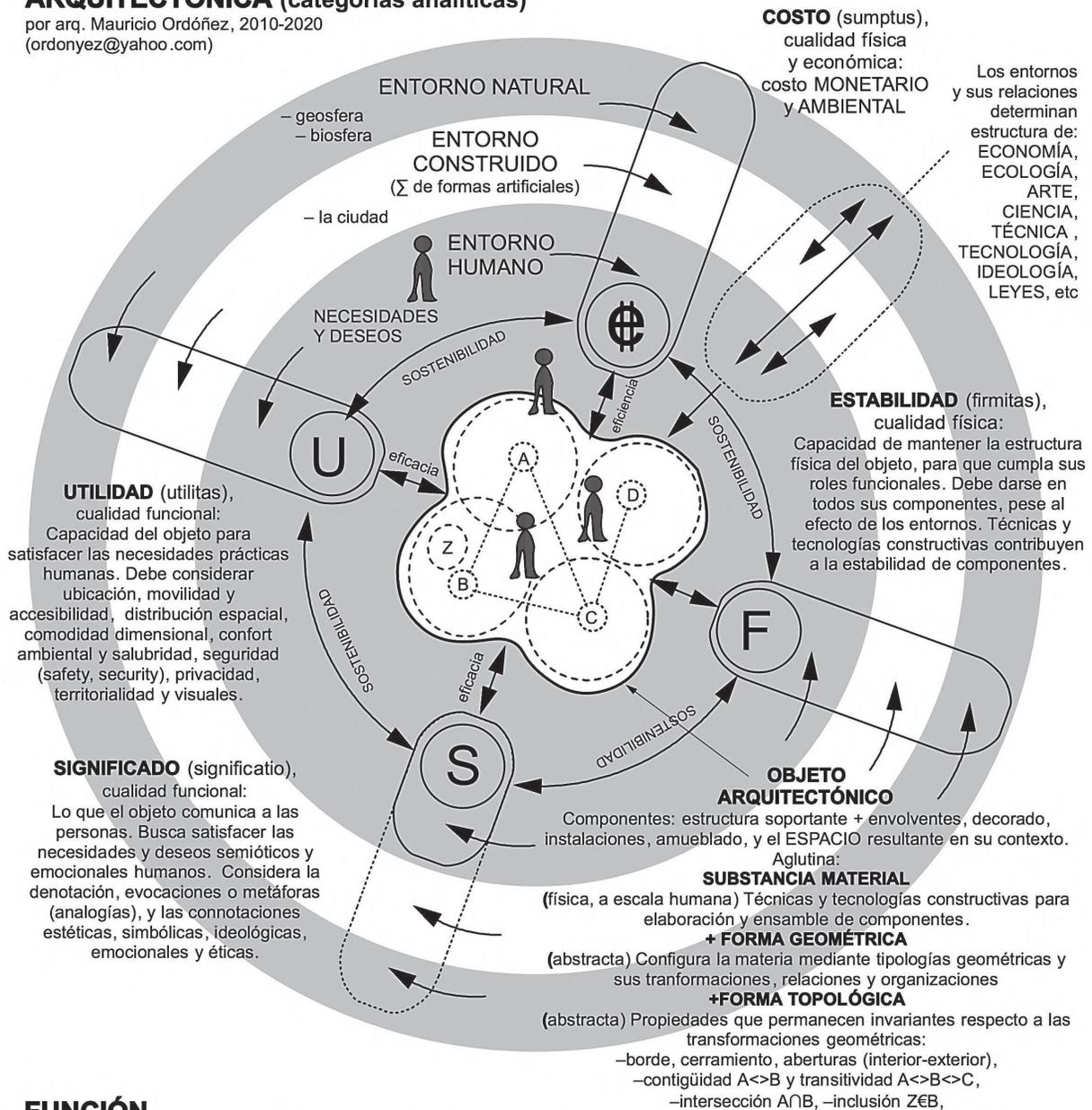
## Conclusiones

La taxonomía conceptual propuesta de utilidad, estabilidad, significados y costo económico y ambiental, actualiza y redondea la claridad conceptual y potencia práctica de su referente latino (figura 2). La utilidad y significados como cualidades funcionales; la estabilidad y costos como cualidades físicas, propias de la relación del objeto diseñado con su usuario y entorno. Mas la sostenibilidad como supra-cualidad aglutinadora.

Estas son categorías analíticas, no solo con afán teórico sino con propósito práctico. La teoría aquí presentada pretende ser una teoría instrumental. El diseño no es crear entelequias perfectas de acuerdo a parámetros indecibles o ininteligibles, sino lograr objetos con una calidad suficiente de acuerdo a todas las necesidades planteadas, que deben explicitarse todo lo posible desde el principio. Las mismas categorías analíticas aquí presentadas –utilidad, semiótica, estabilidad y costo económico y ambiental– deberían servir, en árbol lógico inverso, para investigar las necesidades del usuario. Hay una relación biunívoca entre las cualidades del objeto diseñado y las necesidades o deseos humanos que satisfacen. Es cuestión de sistematizar la satisfacción de estos requisitos, sabiendo que cuando se cambia una forma o un material del objeto en función de una cualidad buscada, cambiarán el resto de las cualidades. Esta taxonomía conceptual es apta como rúbrica analítica para el diseño y evaluación sistemática de proyectos.

## TAXONOMÍA CONCEPTUAL ARQUITECTÓNICA (categorías analíticas)

por arq. Mauricio Ordóñez, 2010-2020  
(ordoneyez@yahoo.com)



## FUNCIÓN

Capacidad de un objeto para satisfacer las necesidades y deseos humanos respecto a un espacio habitable. Se manifiesta durante la activación operativa del objeto en su uso. La forma funciona cuando satisface estas necesidades; este sería su objetivo, cometido, finalidad (teleología). La utilidad y los significados son cualidades funcionales.

**Función proyectiva:** Durante el diseño, esta cualidad teórica actúa morfogenéticamente, modificando la forma del objeto hasta llegar al ajuste (forma>función>forma">etc). Escoger una forma es tomar PARTIDO funcional: Sea X en función de Y ("Sea techo en función de lluvia (U), techo de palma en función de imagen rústica (S) y menor masa sísmica (F)")

**Función operativa:** La activación operativa del objeto en su uso, y su capacidad práctica para cumplir su objetivo funcional.

## FORMA

En general, conjunto de elementos reconocible y delimitado (gestalt). En los objetos, la forma es la estructura que organiza la materia y el espacio: forma geométrica y forma topológica. Un objeto diseñado es una forma material artificial con roles funcionales. Durante el diseño, la forma es modificada hasta alcanzar un teórico ajuste con sus entornos (contexto), que se corrobora en su etapa operativa.

Figura 2. Taxonomía conceptual arquitectónica, por Mauricio Ordóñez.



## Referencias

- [1] Vitruvio Polión, *Los diez libros de arquitectura*. Traducción Joseph Ortiz y Sanz. Madrid: Imprenta Real, 1787, Libro I, capítulo III, p.14. Facsímil. [En línea] Disponible en: [http://www.sedhc.es/biblioteca/tratado.php?ID\\_pubD=39](http://www.sedhc.es/biblioteca/tratado.php?ID_pubD=39)
- [2] Vitruvius Pollionis, M, *De Architectura*. Venecia: Franciscus Franciscium y Ioan Crugher, 1507. [En línea] Disponible en: <https://arts.st-andrews.ac.uk/digitalhumanities/fedora/repository/digitalcollections%3A606#page/1/mode/2up>, o en: [https://reader.digitale-sammlungen.de/de/fs1/object/display/bsb10195988\\_00011.html](https://reader.digitale-sammlungen.de/de/fs1/object/display/bsb10195988_00011.html)
- [3] Ph. Boudon, *Del espacio arquitectónico*. Buenos Aires: Victor Lerú, 1980, p.20.
- [4] B. Malinowski, *Una teoría científica de la cultura*. Barcelona: Edhasa, 1970.
- [5] A. Maslow, *Motivación y personalidad*. Madrid: Días de Santos, 1991, p.21-33.
- [6] U. Eco, *La estructura ausente*. Barcelona: Lumen, 1994.
- [7] A. Sánchez Vásquez, *Invitación a la estética*. México D.F.: Grijalbo, 2007.
- [8] J. Paradinas, "El consumismo", en *Cuadernos de Filosofía Moral*. Madrid: Liga Española de la Educación y Cultura Popular, 1993, p.76. [En línea] Disponible bajo el título "Seis lecciones sobre consumismo" en: <https://aprenderly.com/doc/3214977/seis-lecciones-sobre-consumismo>
- [9] J. Arnau, *72 voces para un diccionario de arquitectura teórica*. Madrid: Celeste, 2000, p.93.
- [10] Ch. Alexander, *Un lenguaje de patrones*. Barcelona: Gustavo Gili, 1980, p.747.
- [11] P. Collins, *Los ideales de la arquitectura moderna (1750-1950)*. Barcelona: Gustavo Gili, 2001.
- [12] C. Davies, *Reflexiones sobre arquitectura*. Barcelona: Reverté, 2011.
- [13] C. Ellard, *Psicogeografía*. Barcelona: Planeta, 2015, p.120.
- [14] M. Lampis, "Emociones y semiótica de la cultura". *Entretextos: Revista Electrónica Semestral de Estudios Semióticos de la Cultura*, No.11-13. Granada, España: Universidad de Granada, 2008-2009, p.1. [En línea] Disponible en: [https://www.academia.edu/12361459/Emociones\\_y\\_semi%C3%B3tica\\_de\\_la\\_cultura](https://www.academia.edu/12361459/Emociones_y_semi%C3%B3tica_de_la_cultura)
- [15] P. Desideri et al, *Pier Luigi Nervi*. Barcelona: Gustavo Gili, 1982.
- [16] L. Quaroni, *Ocho lecciones de arquitectura*. Madrid: Xarait, 1980, p.50.

# La experiencia de habitar el interior doméstico como forma de repensar la torre de apartamentos

The experience of inhabiting the domestic interior as a way to rethink the apartment building

Mauricio Otárola-Mora<sup>1</sup>, Esteban Castro-Chacón<sup>2</sup>

---

Otárola-Mora, M; Castro-Chacón, E. La experiencia de habitar el interior doméstico como forma de repensar la torre de apartamentos. *Tecnología en Marcha*. Edición especial. Escuela de Arquitectura y Urbanismo, Diciembre 2020. Pág 143-153.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v33i8.5516>



- 1 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. Correo electrónico: mauriciootarolamora@gmail.com.  
 <https://orcid.org/0000-0003-3476-700X>
- 2 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. Correo electrónico: ecastro@tec.ac.cr.  
 <https://orcid.org/0000-0002-2482-0981>



## Palabras clave

Vivienda colectiva; edificio multifamiliar; apartamentos; ciudad; comunidad.

## Resumen

Como consecuencia al aumento de población en los centro urbanos, una nueva tipología de edificio ha tenido un mayor impacto en el paisaje urbano, la torre de apartamentos. Esta tipología cambia las dinámicas de socialización entre vecinos y elimina la condición barrial al ser objetos arquitectónicos separados de la ciudad. Debido a intereses económicos, estos desarrollos han reducido al máximo los espacios habitacionales, ofreciendo unidades entre 30 y 70 m<sup>2</sup> sin acceso a una correcta iluminación y ventilación natural o espacios exteriores como balcones o patios. La calidad de vida de los habitantes se ve altamente deteriorada debido a estos formatos de alta densidad habitacional, afectando estados de ánimo y relaciones interpersonales.

Este artículo analiza el desarrollo de esta tipología, dando una perspectiva histórica y social de sus inicios como parte de la arquitectura moderna y su potencialidad futura en el contexto actual. El objetivo del estudio consiste en brindar alternativas tanto arquitectónicas como de gestión y organización social que permitan un desarrollo inmobiliario que tribute a una mejor sociabilidad en la ciudad y una mejor calidad de vida para sus habitantes. Haciendo énfasis a la relación simbiótica entre la pequeña escala del edificio de vivienda e interior doméstico y la ciudad como construcción colectiva.

## Keywords

Dwell; collective housing; apartment building; multi-family building; city; community.

## Abstract

As result of the increase in population in urban centers, a new type of building has had a greater impact on the urban landscape, the apartment tower. This typology changes the dynamics of socialization between neighbors and eliminates the neighborhood condition as they are separate architectural objects from the city. Due to economic interests, these developments have reduced living spaces as much as possible, offering units between 30 and 70 m<sup>2</sup> without access to proper lighting and natural ventilation or outdoor spaces such as balconies or patios. The quality of life of the inhabitants is highly deteriorated due to these high-density housing formats, affecting moods and interpersonal relationships.

This article analyzes the development of this typology, giving a historical and social perspective of its beginnings as part of modern architecture and its future potential in the current context. The objective of the study is to offer both architectural and social management and organization alternatives that allow real estate development that contributes to better sociability in the city and a better quality of life for its inhabitants. Emphasizing the symbiotic relationship between the small scale of the housing building and the domestic interior and the city as a collective construction.

## Introducción

El espacio doméstico unifamiliar es la unidad básica de organización de la vida en las ciudades. La tipología de vivienda es una estructura invisible que de manera solapada afecta la relación cotidiana de las personas con la ciudad, la calle, los vecinos, el parque, y los demás componentes que conforman la vida urbana [1]. Las decisiones que se tomen desde entes públicos o privados respecto a su desarrollo, ubicación, densidad y agrupación, retratan la realidad política y arquitectónica de las ciudades. En Costa Rica, en las últimas décadas la tipología de la torre de apartamentos ha cambiado paulatinamente el paisaje de la ciudad y la vida de las personas en el interior doméstico, es fundamental hacer una revisión de las ideas e intereses que orientan la toma de decisiones de cara al futuro urbano de la Gran Área Metropolitana (ver figura 1).



**Figura 1.** Vista aérea del desarrollo de proyectos verticales de vivienda en San José, Costa Rica.

## La torre de apartamentos en la modernidad y su implicación en el presente de las ciudades.

Desde inicios del Siglo XX y con más fuerza en el periodo de reconstrucción posterior a la Segunda Guerra Mundial, la tipología del edificio de apartamentos ha ido en aumento como forma de crecimiento urbano y paliativo a la escasez de vivienda. La modernidad, en su máximo auge ideológico en el periodo entre guerras lideró estos esfuerzos desde una visión tecnocrática. Su búsqueda de eficiencia económica y material redujo los espacios interiores al máximo y planteó modelos estandarizados, células que pudieran ser repetibles mediante producción masiva [2]. En su ensayo *Cell Block, Egospheres, Self-Container*, Peter Sloterdijk enfatiza sobre la tendencia de la sociedad moderna hacia la individualización. La creación de “células” o el interés por “las partes” más allá del “todo”, responde a una búsqueda de serialización y repetición de piezas estandarizadas, enfoque que en el fondo atañe a intereses económicos [3]. Es por lo anterior que los edificios de apartamentos modernos no representan la diversidad de modos de vida de las personas que los habitan, sino que por el contrario obligan una sobre simplificación y homogeneización de los hábitos de vida, formas de socialización y uso del tiempo-espacio en el interior doméstico.

En el contexto contemporáneo, las políticas económicas capitalistas y el avance de la globalización han aprovechado los principios de eficiencia y serialización de la modernidad para

promover prácticas de especulación inmobiliaria y maximización de rendimiento económico. En palabras de Iñaki Ábalos, “el mundo postmoderno vive instalado en la utopía moderna de la torre con núcleo central, treinta-cuarenta plantas, cuatro, seis u ocho apartamentos por planta. Aseo, cocina, dormitorio principal, salón, dormitorio secundario: las plantas de las torres, sus cerramientos y técnicas constructivas son hoy indistinguibles de su ubicación climática, técnica o cultural... [4]” La homogeneización no solo afecta el interior de los apartamentos sino la arquitectura de las ciudades, los edificios son prácticamente idénticos en ciudades que son cada vez más indistinguibles unas de las otras. La falta de regulación en pro de una mejor calidad espacial respecto a dimensiones mínimas, ambientes necesarios dentro del interior de la vivienda y equipamientos compartidos en el edificio, hacen que los conjuntos de apartamentos se conviertan en un ejercicio de sobreposición y multiplicación de niveles idénticos, conectados entre sí únicamente por el núcleo central de circulaciones.

Iñaki Ábalos afirma que el modelo de ciudades contemporáneo es uno que apunta hacia la hibridación o el desarrollo de proyectos de “uso-mixto”; combinando vida privada, trabajo y ocio en modelos de alta densidad, algo que se da hoy día en la torre de apartamentos. Según él, este modelo que apela a una verticalidad intensiva, requiere una redefinición de lo que implica construir verticalmente, desarrollando relaciones materiales, sociales, ambientales y energéticas en la verticalidad. Hablar de verticalidad no puede ser únicamente sobreponer niveles uno sobre otro, sino preocuparse por una redefinición constante de lo que significa esta verticalidad [5]. Así mismo, el ejercicio de diseño de la torre de apartamentos no puede abordarse como el sobreponer unidades habitacionales una sobre otra, la torre de apartamentos debe pensarse constantemente desde la unidad habitacional, sus formas de agrupación y crecimiento. La vivienda debe ser un espacio resiliente ante las continuas presiones ambientales, sociales y culturales de la vida contemporánea [6]. Así mismo, la forma en que se agrupan las unidades de vivienda en los edificios verticales de apartamentos debe responder al ideal de ciudad que desde la planificación se desea articular.

## Repensar el interior doméstico como estrategia para repensar la ciudad

El propósito de esta investigación consiste en cuestionar las estrategias actuales de desarrollo de proyectos de vivienda colectiva vertical para plantear posibles alternativas de gestión e ideación que fomenten una mejor calidad espacial, calidad de vida y convivencia en el interior doméstico. Para ello se parte de la pregunta, ¿Qué sucedería si se colocan como centro para la toma de decisiones la experiencia del habitar el interior doméstico para la gestión e ideación de proyectos de vivienda colectiva vertical, partiendo de una estrategia de planificación “desde las bases – hacia arriba”, o desde la unidad habitacional hacia el conjunto? Una posible hipótesis de partida es que al invertir el foco de atención y centrarlo en la experiencia del espacio, se llegará a posibilidades de gestión, ideación y desarrollo de proyectos de vivienda que normalmente no se toman en cuenta o pasan desapercibidos en una estrategia de planificación vertical y hacia abajo. Estas alternativas responderían a intereses individuales y no estandarizados, por lo que se acercan mucho más a los hábitos personales de uso del espacio doméstico.

## Metodología

Para poner como centro de la toma de decisión la experiencia del habitar el interior doméstico, esta investigación aplicó tres estrategias metodológicas complementarias. Estas estrategias, al pretender obtener datos cualitativos y subjetivos en relación a la experiencia del habitar, parten de una modalidad de discusión libre, talleres, ejercicios detonantes e investigación individual de los participantes. La primera estrategia consistió en el desarrollo de un grupo de estudio y lectura con estudiantes de la Escuela de Arquitectura del Tecnológico de Costa

Rica, conformado por: Jose Roberto Fernández, Daniela Chávez, Laura Barrantes y Sebastián Retana. El grupo de estudio, dirigido por Mauricio Otárola, tenía como objetivo la articulación de un marco teórico que permitiera a los estudiantes abordar la temática del habitar desde una visión experiencial y relacional con aspectos económicos, sociales, culturales y ambientales. La lectura y posterior discusión conjunta permitió filtrar la información, categorizarla y priorizar los enfoques temáticos más relevantes para el contexto local.

La segunda estrategia metodológica consistió en la realización del Taller Habitar, el cual se conceptualizó en base a la síntesis temática obtenida en el grupo de estudio. El taller contó con la participación de artistas, arquitectos y personas afines a la temática del habitar que vivieran o trabajaran en el contexto de Barrio Amón y Otoya del centro de San José. El objetivo del taller fue expandir la conversación del habitar más allá de una visión arquitectónica para poner la atención en la experiencia personal de los participantes y sus dinámicas de habitación. Mediante ejercicios grupales, discusiones y lecturas, el grupo se enfocó en sus hábitos cotidianos de uso del espacio, socialización y relación con la ciudad.

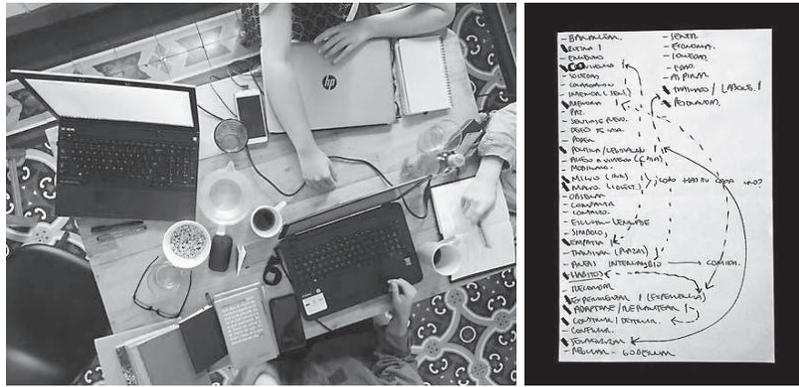
Finalmente, la tercera estrategia metodológica fue el principal insumo para la sección de discusión, conclusiones y recomendaciones, ya que consistió en una entrevista con Tomas Martínez, Presidente Ejecutivo del INVU (Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo) y Erick Calderón, director de la institución. La entrevista tuvo como objetivo validar los resultados surgidos durante las etapas I y II. La participación de Martínez y Calderón fue clave para determinar posibles opciones de mejora en la calidad de vida de los espacios, lucha contra la especulación inmobiliaria y recomendaciones para investigaciones y proyectos futuros en materia de vivienda, planificación urbana y diseño arquitectónico.

## Resultados

### Grupo de estudio: Experiencia del habitar, cohabitación, convivencia y negociación.

El principal resultado obtenido del grupo de estudio fue la definición del enfoque temático y estrategia de trabajo con la que se llevaría a cabo el Taller Habitar (figura 2). La conclusión de las discusiones grupales fue comprender que la experiencia del habitar nunca puede ser individual, no es posible tener una habitar sin un cohabitar, por lo que la dinámica de habitación es siempre una negociación, es siempre relacional. Cristina Díaz y Efrén García defienden esta posición del habitar al entender el espacio como una zona de conflictos y relaciones. El espacio no es el lugar higienista y tecnocrático de la modernidad, sino un cúmulo de cuerpos, fuerzas y energías siempre en negociación y disputa [7]. Se concluyó que preguntarse por la experiencia del habitar el interior doméstico es profundizar en estas relaciones y negociaciones en el espacio interno, negociaciones sociales, ambientales y materiales.

En el caso particular de la tipología de vivienda colectiva vertical, la torre de apartamentos es un ejemplo aún más tangible de cohabitación y negociación. Las discusiones sostenidas en el grupo de estudio se alinean a las posiciones teóricas presentadas por Robert Alexander Gorny en su ensayo *A Relational Conception of Living Together/Apart*, en el que presenta una visión hacia la tipología de la torre de apartamentos en la que esta no se entiende como una sumatoria de unidades individuales, sino como un conjunto de convivencia en el que se permite estar “juntos, pero separados” [8]. El cambio de visión hacia un enfoque de relaciones permite comprender la torre de apartamentos como un lugar primeramente común, antes que como una sumatoria de individualidades.

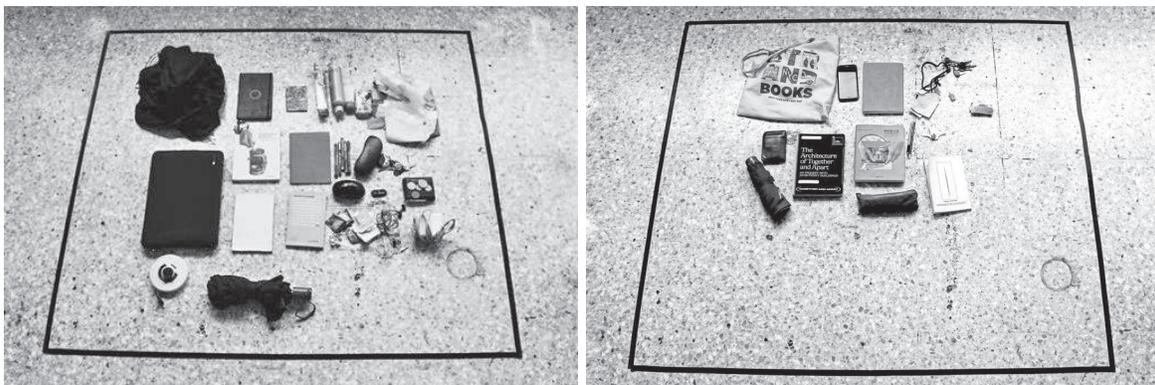


**Figura 2.** Proceso de trabajo del grupo de estudio.

### Taller Habitar: Cohabitación, formas de vivir juntos

El taller se conceptualizó como la generación de un interior doméstico en el cual convivir, durante tres semanas, el segundo piso del Edificio Lachner en el centro de San José se tomó como espacio común de trabajo, discusión y cohabitación de Verónica Alfaro, Pablo Cianca, Carlos Aguilar, Felipe Chaverri, Willy Perez, Felipe Ramírez, Hans Hoepker, Alejandra Gutiérrez y Jorge Salazar, como mediadores del espacio participaron Mauricio Otárola y los cuatro estudiantes que formaron parte del grupo de estudio previo. La intención del taller fue iniciar con una serie de preguntas detonantes y que cada participante pudiera desarrollar un punto de vista individual, relacionándolo con su experiencia personal. ¿Qué entendemos por habitar el interior doméstico? ¿Cuál es el interior doméstico que habitamos? ¿Cuál es el componente principal de mi habitar personal? Los resultados individuales a raíz de estas preguntas se ordenaron en cinco categorías:

1. *La casa como un habitar en tránsito.* La expansión de la ciudad ha convertido a las casas en simples lugares dormitorio, el espacio habitacional se reduce al lugar de dormida y preparación para la salida al día siguiente. El proceso de Verónica Alfaro se centró en los objetos que se movilizan diariamente, el bulto, los artículos personales que hacen que el bus, el trabajo, la acera o la universidad sigan siendo “parte de la casa” (ver figura 3). Esta visión enmarca una problemática del habitar que va más allá de la unidad doméstica en sí misma, sino que se refiere a los lugares en los que se da el crecimiento de la ciudad y la oferta de vivienda, los cuales son cada vez más alejados de los centros de vida y trabajo.



**Figura 3.** Registro de Verónica Alfaro sobre los objetos personales como parte de un habitar en tránsito.

2. *La fachada como borde inhabitable.* La investigación de Pablo Cianca se posicionó en el límite entre lo público y lo privado, en la fachada como dispositivo en muchos casos ajeno a lo que sucede en el interior. Esta observación se relaciona con las ideas de homogeneización de la ciudad de Iñaki Ábalos y la ciudad como archipiélago de Vittorio Aureli. La interrogante por la fachada para efectos de esta investigación abre posibilidades sobre cómo esta puede ser representativa de la diversidad de modos de vida del interior, evitando la homogeneización de la ciudad (ver figura 4).



**Figura 4.** Proceso de trabajo de Pablo Cianca, ejercicios de proyección de imagen interior en fachada del edificio Lachner.

3. *La configuración del interior.* La temática de análisis de Felipe Chaverri se centró en la configuración programática del interior doméstico, haciendo un análisis de sus dimensiones y configuraciones. Usando de referencia el texto *Figures, Doors and Passages* de Robin Evans, Chaverri llega a una serie de conclusiones que atañen tanto la vivienda mínima de bienestar social como la oferta de apartamentos de lujo para clase media alta. En ambas tipologías el programa y área total es muy similar, lo que implica que la diferencia económica entre uno y otro está principalmente en los acabados y ubicación y no necesariamente en una mejor calidad del espacio interior. La labor del arquitecto, según Chaverri, se reduce en muchos casos a malabarear reglamentos y tablas de acabados, ya que el esquema, dimensionamiento y organización de las viviendas está prácticamente preestablecido en función al rendimiento económico que se espera del proyecto.
4. *Privacidad, superficies en contacto.* Hans Hoepker, Alejandra Gutiérrez, Jorge Salazar y Felipe Ramírez analizaron de forma individual temáticas muy similares entre sí, las cuales se centran en el espacio personal y la forma en que se comparte con otras personas. En esta temática se dan dos resultados muy valiosos, primero la necesidad fundamental de zonas privadas, separadas de la dinámica grupal en el interior doméstico, un enfoque que pone en conflicto la creciente oferta de apartamentos monoespacio. El segundo enfoque, se refiere más bien a cómo poder romper los bordes de lo privado y lo público al plantear espacios sin “dueño” o dueños comunes en áreas específicas de los edificios de vivienda. Hoepker recalca la importancia de habilitar áreas exteriores en las torres de apartamentos que permitieran un compartir, usos temporales y convivencia, motivando organización vecinal, socialización y encuentro. Este tipo de dinámicas se relaciona con la temática del *common space* como estrategia de integración social, toma de decisiones y autoorganización de comunidades [9], la cual da pistas en relación a formas de autogestión comunitaria, cooperativismo y autoorganización.



**Figura 5.** Proceso de trabajo del taller habitar, delimitación de esferas personales y compartidas de intimidad.

5. *El hábito interno, la vida privada.* Carlos Aguilar y Willy Pérez centraron su análisis en las micro dinámicas, acciones y “huellas” que quedan al habitar el espacio. Se centraron por ejemplo en la acumulación de suciedad, las marcas de uso y desgaste, así como en las posiciones físicas en las que el cuerpo dispone del espacio interno. Se preguntaron por el cuerpo en el espacio al leer, cocinar, trabajar o desarrollar actividades cotidianas. El análisis de estas micro acciones diarias ha cobrado más peso debido a la condición actual de aislamiento social y encierro en el interior doméstico debido a la pandemia del COVID-19. La falta de espacios especializados para acciones simples como trabajar, acceder a privacidad o tener la oportunidad de un espacio externo: patio, terraza o balcón, ha significado una disminución en la calidad de vida del interior y en las opciones de convivencia y privacidad. El mono espacio de la modernidad propone que la mayoría de acciones se realicen en el mismo lugar, por lo que el interior se vuelve monótono y estático (figura 5).

## Conclusiones

### Estrategias para la gestión e ideación de proyectos de vivienda vertical colectiva

Las discusiones sostenidas durante las actividades I y II de esta investigación se pueden sintetizar en tres estrategias principales para la gestión y desarrollo de modelos alternativos de vivienda. El primero se refiere a la manera en que se da el desarrollo, se organiza a la comunidad de residentes y se manejan los espacios comunes. El segundo eje se refiere a las cualidades de los espacios arquitectónicos internos, su programación y versatilidad. Finalmente, el tercer eje se refiere a la generación de conjunto en relación a la escala de los edificios, número de unidades y porosidad de los mismos.

1. *Comunalización como estrategia de organización:* La teoría del *common space*, o espacio común plantea una alternativa interesante para la gestión y organización de proyectos de vivienda en donde se elimine o se reduzca al mínimo la figura del desarrollador inversionista y se sustituya por modelos cooperativos o autogestionados de familias o grupos. En la lógica del *commoning*, o comunalización, se apela por procesos horizontales de toma de decisión, organización y gestión del espacio, por lo que los bienes comunes como plazas, jardines o áreas recreativas son atendidos de manera colectiva [9]. En estos modelos la participación activa y comprometida de los miembros es clave, ya que se fomenta un sentido de cohesión y socialización donde tanto la responsabilidad como la toma de decisiones es compartida. La organización cooperativa puede volver a fortalecer los vínculos barriales que en la vivienda vertical colectiva son fácilmente dejados de lado, por lo que este enfoque beneficia no solo a nivel económico al poder desarrollar proyectos a menor costo sino además a nivel de socialización y cohesión vecinal. Estas

ideas se relacionan además con la visión de la torre de apartamentos primeramente como un espacio común/colectivo en lugar de como una sumatoria de individualidades, este cambio de enfoque a la hora de abordar el diseño puede tener repercusiones importantes en la lógica de diseño, organización del programa y estética de los edificios.

2. *Arquitectura Interior, programación, pluralidad y diversidad:* La escala doméstica requiere rincones, espacios cercanos al cuerpo y esquinas que permitan usos no planificados. La monotonía del mono espacio afecta la capacidad de separar acciones y el acceso a la privacidad. Es importante que no todas las acciones diarias de habitación sucedan en el mismo espacio. Mediante un mejor uso del diseño arquitectónico se pueden aplicar estrategias simples para poder subdividir o activar temporalmente los espacios, desde particiones móviles, cortinas o la separación en distintos aposentos. La generación de cuartos independientes para usos variados es una gran alternativa de polifuncionalidad y versatilidad, ya que esta se manifiesta en la ambigüedad de uso, como el caso por ejemplo del edificio 110 Habitaciones de MAIO en Barcelona [10], en el que al organizar el programa interior en habitaciones de dimensiones iguales, los residentes pueden intercambiar los usos asignados a cada recinto y decidir más libremente cómo accionar en ellos.
3. *Escala, conjunto y porosidad:* Para poder fomentar un sentido de comunidad entre los habitantes es necesario que la escala de los proyectos lo permita, por lo que se recomienda la organización de sub-comunidades dentro de los conjuntos que rondan las 20 unidades habitacionales o menos. De esta forma es posible generar relaciones interpersonales más fuertes con un grupo menor de cohabitantes en lugar de intentar interactuar en modelos de alta densidad donde hay 400 unidades habitacionales o más en un mismo edificio. Para mantener un sentido de conjunto urbano, los edificios deberían mantenerse entre los cinco-seis niveles de altura, manteniendo una escala de ciudad cercana al peatón que puede crecer de forma homogénea en altura, pero variada en fachadas, formas y colores. Otro aspecto clave de la organización del conjunto está en la porosidad del mismo o la conformación de vacíos interiores como patios o plazuelas que fomenten una socialización vecinal así como la proyección de las acciones del interior del conjunto y unidades habitacionales hacia la calle, principalmente en los niveles más cercanos a la calle.

## Discusión de resultados

### Entrevista con Presidencia Ejecutiva y Dirección del Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU).

La entrevista llevada a cabo con Tomás Martínez, presidente ejecutivo del INVU, y Erick Calderón, director general de la institución, se centró en la discusión de dos ejes temáticos que surgieron de las conclusiones anteriores: El primer eje se refiere a las posibilidades de acceso a vivienda para poblaciones jóvenes, las cuales poseen condiciones económicas y laborales que limitan sus capacidades de ahorro y crédito, dificultando sus posibilidades de compra en un mercado inmobiliario especulativo, donde las opciones de vivienda accesible son cada vez menores. El segundo punto se refiere a la metodología de diseño y conceptualización de proyectos arquitectónicos y urbanos de vivienda colectiva, su impacto en la calidad espacial de los espacios domésticos y en el crecimiento de la ciudad. A continuación la síntesis de lo conversado: [11]

- *Vivienda joven:* Las posibilidades de acceso a vivienda por poblaciones jóvenes u “hogares recién formados” ha cambiado sustancialmente en las últimas décadas. La falta de estabilidad laboral así como la volatilidad económica hacen que la opción de



compra de vivienda mediante hipoteca a largo plazo sea poco viable para gran parte de la población, lo cual se refleja en un aumento en el lote de vivienda para alquiler, el cual según datos del BID pasó de un 18% a un 25% en los últimos años. De acuerdo a la visión del INVU, en este escenario la estrategia debería ser la diversificación de instrumentos financieros para el acceso, ya sea mediante hipoteca, alquileres con opción de compra o alquileres a un costo más bajo mensual al realizar contratos por plazos mayores de tiempo. La vivienda, así como los instrumentos financieros para acceder a ella deben ser altamente flexibles y personalizables, ya que las condiciones sociales, familiares y económicas de la población son cada vez más heterogéneas.

- *Reducción de costos y mejor calidad espacial para la vivienda accesible:* Según los datos del INVU, una cuota saludable para acceso a vivienda es de aproximadamente \$650 mensuales, lo cual se traduce a unidades habitacionales que rondan los \$85 000 - \$90 000. Las tipologías de vivienda que en el mercado actual oscilan estos precios son viviendas de espacios reducidos, tipologías mono espacio poco versátiles o desarrollos inmobiliarios alejados de los centros urbanos y de trabajo. Resulta fundamental poder bajar los costos de venta de las unidades para poder ofrecer mejores calidades espaciales, dimensiones más aptas y versatilidad en los espacios internos. Un camino para la reducción es mediante el ajuste de la normativa vigente de construcción, ya que aumenta los costos entre un 20-25% al tratarse de normativas extranjeras que no han sido contextualizadas al mercado local. Por otro lado, la autoorganización de vecinos mediante cooperativas, asociaciones o mediante instrumentos en coordinación con municipios o instituciones públicas pueden eliminar la figura del desarrollador y promover modelos de inversión comunitaria. Este tipo de instrumentos de gestión podría reducir los costos finales entre un 15-20%. Finalmente, es crucial dejar claro que la cooperación público privada es una herramienta que puede reducir los costos de desarrollo. En este escenario resulta fundamental tener un modelo de planificación y crecimiento que controle y oriente los focos de desarrollo en áreas centralizadas, promoviendo una ciudad policéntrica y conectada.
- *Arquitectura doméstica y su relación con la ciudad:* La formalización de estrategias de diseño y conceptualización para los futuros desarrollos de vivienda vertical y uso mixto es fundamental para un mejor crecimiento urbano y calidad de vida de sus habitantes. De acuerdo a la dirección del INVU, mediante un buen diseño arquitectónico es posible balancear los intereses económicos de la inversión privada, la calidad espacial de los espacios interiores y una correcta relación de los edificios con la ciudad. La articulación de esta visión y metodología de implementación es una tarea que debe llevarse a cabo de manera intersectorial, involucrando municipios, academia, empresa privada e instituciones públicas. La aplicación de estas estrategias recaería en cada municipio como rector y regulador del crecimiento urbano, para ello es crucial que la figura de regulación de las municipalidades deje de tener un rol de zonificación y autorización individual de usos de suelo o permisos de construcción, y pase a formular una visión futura de ciudad para que pueda planear el crecimiento y los modelos de desarrollo de manera integral.
- *La ciudad policéntrica:* El crecimiento de la ciudad, la forma de los desarrollos de vivienda y uso mixto debe dictarse desde instancias municipales y locales. La Gran Área Metropolitana debe crecer de manera policéntrica y porosa, permitiendo la creación de Centralidades Densas Integrales que permitan una vida localizada, donde se pueda tener acceso a bienes y servicios en distancias caminables. El futuro de este tipo de ciudades depende en gran medida de los esfuerzos municipales y las formas en las que los nuevos proyectos de vivienda se conceptualizan y ejecutan. El involucramiento con las instancias municipales es una pieza clave que debe involucrar empresa privada, sociedad civil y academia.

## Recomendaciones

Como conclusiones finales del proceso de investigación quedan claras múltiples acciones que desde la academia deben ser atacadas, por lo que a modo de recomendaciones futuras para la Escuela de Arquitectura y Urbanismo del TEC y sus departamentos de investigación quedan los siguientes acciones específicas:

1. Los cursos de diseño arquitectónico deben abordar la problemática de la vivienda desde la escala doméstica, ideando formas arquitectónicas de promover la versatilidad de uso interno, crecimiento y heterogeneidad de la población.
2. La problemática de la “verticalidad” como la explica Iñaki Ábalos deber ser abordada en los cursos de diseño de manera intensiva, la construcción de la verticalidad en la ciudad no puede ser simplemente la superposición de niveles unos sobre otros, sino que debe incorporar el estudio de relaciones sociales, ambientales y energéticas en vertical. El estudio de esta verticalidad debe involucrar una lectura crítica desde la teoría e historia de la arquitectura, no únicamente desde una visión práctica de desarrollo de un proyecto de diseño. Debe promoverse en los estudiantes una base de pensamiento crítico que permita un abordaje de la verticalidad desde instancias arquitectónicas pero en relación a temáticas sociales, ambientales, materiales y culturales.
3. Se recomienda la continuidad de un grupo de estudio enfocado en las problemáticas del habitar que puede funcionar como enlace teórico-práctico con la empresa privada, instituciones públicas y municipios en el desarrollo de una estrategia metodológica que permita la implementación de proyectos de vivienda vertical colectiva que tomen en cuenta los resultados que esta y otras investigaciones similares han obtenido. Este “grupo de estudio” permitiría la continuidad de una labor de extensión de la institución a su contexto urbano local.

Esta investigación es un ejemplo claro de la importancia del abordaje multiescalar y multidimensional de la arquitectura. La vivienda, como unidad básica de la vida y de la ciudad es una problemática que debe ser reinterpretada constantemente. Es desde las instancias académicas que se deben liderar la visión futura de las ciudades, se debe promover una visión fresca para los estudiantes y promover un ambiente crítico de análisis, discusión y aprendizaje.

## Referencias

- [1] I. Ijabs, «Governing Invisibly: Authority and Apartment Living,» de *The architecture of together and apart*, Latvia, New Theatre Institute of Latvia, 2018, pp. 19-24.
- [2] L. Corbusier, *Towards a New Architecture*, Nueva York: Dover Publication Inc., 1931, pp. 6-7.
- [3] P. Sloterdijk, «Cell Block, Egospheres, Self-Container: The apartment as a co-isolated existence,» de *The Architecture of Together and apart*, Latvia, New Theatre Institute of Latvia, 2018, pp. 37-45, 171-177.
- [4] I. Ábalos, “Energía, capitalismo, rascacielos. No-Stop City,” in *Iñaki Ábalos Textos Críticos*, Madrid, Ediciones Asimétricas, 2018, p. 111.
- [5] I. Ábalos, “Verticalism,” in *Essays on Thermodynamics, Architecture and Beauty*, Nueva York, Actar Publishers, 2015, pp. 98-111.
- [6] I. Ábalos, “Une Maison-Un Palais,” in *Habitar la ciudad*, Ciudad de México, Arquine, S.A. de C.V., 2016, pp. 18-27.
- [7] E. G. Cristina Díaz, “Conferencia: Third Natures,” ETS de Arquitectura Universidad de Málaga, Málaga, 2015.
- [8] R. A. Gorny, “A Relational Conception of Living Together/Apart,” in *The Architecture of Together and Apart*, Latvia, New Theatre Institute of Latvia, 2018, pp. 179-187.
- [9] S. Stavrides, *Common Space: The city as Commons*, Londres: ZEN Books, 2016.
- [10] I. H. MAIO, “ARQA Internacional,” 13 Junio 2018. [Online]. Available: <https://arqa.com/arquitectura/maio-bloque-de-viviendas-en-barcelona.html>. [Accessed 20 Abril 2020].
- [11] T. Martínez and E. Calderón, Entrevistados, *Visión futura para el desarrollo de proyectos de vivienda colectiva vertical en Costa Rica*. [Entrevista]. 15 mayo 2020.

# El análisis urbano como una estrategia para la identificación de trayectos y conjuntos con valor patrimonial en la ciudad de San José, Costa Rica

Urban analysis as a strategy for the identification of routes and groups with heritage value in the city of San José, Costa Rica

Rosa Elena Malavassi-Aguilar<sup>1</sup>

---

Malavassi-Aguilar, R. El análisis urbano como una estrategia para la identificación de trayectos y conjuntos con valor patrimonial en la ciudad de San José, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Edición especial. Escuela de Arquitectura y Urbanismo, Diciembre 2020. Pág 154-164.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v33i8.5517>

1 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: rmalavasi@tec.ac.cr.  
 <https://orcid.org/0000-0001-6051-1062>



## Palabras clave

Patrimonio cultural; Valor cultural; Arquitectura; Espacio urbano; Identidad cultural; Cultura; Centro Histórico.

## Resumen

Esta investigación tiene por objetivo desarrollar una estrategia para el conocimiento del patrimonio urbano y arquitectónico en la ciudad de San José, Costa Rica. Con la aplicación del análisis urbano, que toma como referencia las propuestas de los arquitectos italianos Gianfranco Caniggia y Gian Luigi Maffei, se identifican trayectos y conjuntos con valor patrimonial que incluyen aspectos históricos y los imaginarios ciudadanos. La motivación para el desarrollo de esta propuesta es la búsqueda de una figura de protección alternativa al Centro Histórico, de forma que se logre la conservación del patrimonio desde un enfoque integral.

Las fuentes primarias para el desarrollo de este análisis son los mapas y planos que se encuentran en el Archivo Nacional de Costa Rica, que comprenden el período 1841-1982, y las fotografías aéreas de la ciudad de San José del periodo 1945-1998 facilitadas por el Instituto Geográfico Nacional. Con los insumos se construye una cartografía con el uso de un sistema de información geográfica.

Este trabajo se ubica en la línea de análisis del urbanismo y la arquitectura desarrollada por autores latinoamericanos como Marina Waisman, en los que se propone el desarrollo de herramientas propias para el estudio de los bienes patrimoniales locales, de forma que se comprendan las características del contexto. El desarrollo de una herramienta como la propuesta sería de utilidad para los entes encargados de la protección del patrimonio y para las municipalidades en su tarea de gestionar los planes reguladores, en los que deben incluirse las zonas de protección.

## Keywords

Cultural Heritage; Cultural Value; Architecture; Urban Space; Cultural Identity; Culture; Historical Center.

## Abstract

This research aims to develop a strategy for understanding urban and architectural heritage in the city of San José, Costa Rica. With the application of urban analysis, which takes as a reference the proposals of the Italian architects Gianfranco Caniggia and Gian Luigi Maffei, are identified routes and groups with heritage value that include historical aspects and the imaginary of the citizens. The motivation for the development of this proposal is the search for a figure of alternative protection to the Historic Center, so that heritage conservation is achieved from a comprehensive approach.

The primary sources for the development of this analysis are the maps and plans found in the National Archive of Costa Rica, which cover the period 1841-1982, and the aerial photographs of the city of San José from the period 1945-1998 provided by the National Geographic Institute. With these documents, is constructed a cartography with the use of a geographic information system.

This work is located in the line of analysis of urban planning and architecture developed by Latin American authors such as Marina Waisman, in which is proposed the development of own tools for the study of local heritage, so that the characteristics of the context are understood. The

development of a tool such as the one proposed would be useful for the entities in charge of the protection of heritage and for the municipalities in their task of managing the regulatory plans, in which the protection zones must be included.

## Introducción

En la normativa relacionada con la protección de conjuntos con valor patrimonial, el concepto más utilizado es el de centro histórico. Así sucede en la legislación nacional, la Ley 7555 sobre Patrimonio Histórico Arquitectónico [1], incluye en el artículo 6 las categorías de conjunto y centro histórico para la protección del patrimonio correspondiente a grupos o asentamientos. No obstante, en la práctica lograr la declaratoria de un centro histórico mediante la Ley 7555 es un proceso complejo, porque implica hacerlo mediante un decreto que emite la Asamblea Legislativa. Esto ha llevado a que los centros históricos se protejan mediante acuerdo municipal, tal es el caso del Centro Histórico de San José, que fue declarado como perímetro urbano, y su zona urbana circundante como ensanches, en el año 2013 por parte de la Municipalidad de San José [2].

En el campo de la protección de los grupos con valor patrimonial, además de conocer los procedimientos para lograr su protección, es importante comprender la forma en que se delimitan, lo que implica conocer qué se entiende por centro histórico. Sobre este concepto, es en la *Carta del Restauro*, del año 1972, donde se encuentra una primera definición que se refiere a asentamientos humanos que, aunque se hayan transformado en el tiempo "... tengan particular valor de testimonio histórico, arquitectónico o urbanístico." [3] Otras cartas han brindado definiciones de centro histórico, no obstante, el concepto más reciente, y que engloba lo mencionado en las líneas anteriores, es el de paisaje urbano histórico, definido por la Conferencia General de la UNESCO en 2011 así: "Se entiende por paisaje urbano histórico la zona urbana resultante de una estratificación histórica de valores y atributos culturales y naturales, lo que trasciende la noción de "conjunto" o "centro histórico" para abarcar el contexto urbano general y su entorno geográfico." [4] El paisaje urbano histórico se presenta como una concepción integral del patrimonio, que protege tanto los elementos tangibles como intangibles, y que busca mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Esta definición se asemeja a la idea de palimpsesto, concepto que el historiador suizo André Corboz define en relación a como el territorio se estructura en capas que responden a distintos momentos históricos [5, p. 34].

Dado que el concepto de centro histórico se mantiene vigente en la normativa de protección al patrimonio, surge la interrogante: la aceptación generalizada del concepto de centro histórico ¿lo convierte en adecuado para cualquier contexto? ¿qué sucede con las ciudades latinoamericanas y su particular desarrollo? La arquitecta argentina Marina Waisman reflexiona sobre las particularidades de la arquitectura y las ciudades de Latinoamérica en su libro *El interior de la historia. Historiografía arquitectónica para uso de latinoamericanos* [6]. Específicamente sobre los centros históricos, Waisman señala que, ante la existencia de una imagen idílica de una América Latina como una gran unidad cultural, se ha caído en el error de estudiar ciertos casos representativos como si constituyeran la totalidad.

Waisman indica que en muchos países de América Latina hay centros o áreas urbanas que no han consolidado una estructura que responda a la visión tradicional de centro histórico, sin embargo, tienen valor patrimonial. Waisman plantea un concepto clave para entender estas particularidades de las ciudades latinoamericanas: las discontinuidades históricas. Las discontinuidades reflejan la construcción de la ciudad en el tiempo, caracterizada por "...rupturas, como interrupciones, como desgarramientos de tejidos apenas esbozados." [6, p. 51] Ante las reflexiones de Waisman, y ante la recomendación de la UNESCO sobre la visión integral del patrimonio que encierra el concepto de paisaje urbano histórico, se evidencia la necesidad de construir herramientas que respondan a las particularidades de las ciudades latinoamericanas.

El objetivo del análisis urbano es estudiar de forma sistemática el tejido de la ciudad. Como lo explica el arquitecto español Alfonso del Pozo y Barajas [7], el análisis urbano permite comprender los procesos de formación, cambio y permanencia en las ciudades. Pozo explica que los primeros estudios urbanos surgieron en la segunda mitad del siglo XIX, como consecuencia del pensamiento higienista, fueron el precedente de las teorías urbanísticas contemporáneas [8]. En el siglo XX, un referente importante es el arquitecto italiano Saverio Muratori y su libro *Studi per una operante storia urbana di Venezia* [9], publicado en el año 1960, y los estudios que posteriormente realizó, donde sistematiza y desarrolla un procedimiento específico a la solución del problema sobre cómo analizar un espacio urbano. Muratori elabora planos de los distintos momentos históricos de la ciudad de Venezia, los organiza en orden cronológico e incluye tanto la arquitectura monumental como la arquitectura menor.

El arquitecto Gianfranco Caniggia fue el heredero de Saverio Muratori. Caniggia retoma los planteamientos de Muratori sobre la lectura histórico-tipológica del ambiente. Caniggia y Gian Luigi Maffei [10] proponen un análisis que incluye el estudio de la conformación urbana y el estudio de los tipos arquitectónicos. Los aspectos que identifican con el análisis son los siguientes:

- *Estructura del territorio*: el territorio tiene su propia estructura natural, que incluye el relieve, la hidrografía, el clima, el régimen de lluvias, el suelo, entre otros, que determinan cada lugar.
- *Trayecto matriz*: es la vía de unión de un edificio con los demás, pero un trayecto también puede servir para ir de un lugar a otro sin ser utilizado para el acceso a los edificios.
- *Nodo*: es la unión de dos trayectos o la bifurcación de dos trayectos.
- *Trayectos de implantación de edificación*: se realiza en previsión de la construcción en sus márgenes.
- *Trayecto de unión*: une dos trayectos de implantación. Lleva a la aparición de la manzana como módulo visible.
- *Trayecto de reestructuración*: es un trayecto que se superpone a un tejido de edificación anterior.
- *Tejido urbano*: son las relaciones entre un conjunto de edificios.
- *Parcela*: es el módulo del tejido urbano.
- *Unidades de edificación*: incluyen los edificios especializados, que son los más grandes y complejos como las iglesias. También se identifica la edificación de base, que corresponde a las viviendas.

El análisis urbano desarrollado por Caniggia y Maffei permite leer la ciudad como un palimpsesto, por tanto, permite identificar las distintas capas que conforman un conjunto con valor patrimonial. Esta visión de la ciudad corresponde a una lectura desde el concepto de transculturación. La transculturación, a partir de la interpretación del autor cubano Fernando Ortiz, se entiende como "...un proceso en el cual siempre se da algo a cambio de lo que se recibe...Un proceso en el cual emerge una nueva realidad, compuesta y compleja; una realidad que no es una aglomeración mecánica de caracteres, ni siquiera un mosaico, sino un fenómeno nuevo, original e independiente". [11]

El arquitecto Felipe Hernández [12] traslada el concepto de transculturación al estudio de las ciudades latinoamericanas, sus espacios y su arquitectura. Señala que para el estudio de la arquitectura latinoamericana, usualmente se seleccionan obras de arquitectos reconocidos, que se consideran representativos, y cuya obra se ajusta a los parámetros de la arquitectura

moderna en Europa y América. Esto ofrece una visión parcial de las heterogéneas prácticas arquitectónicas que se desarrollan en América Latina. De esta forma, la herramienta de análisis urbano propuesta, al incluir los edificios especializados y la edificación de base, permite leer los distintos lenguajes que conforman la arquitectura de la ciudad.

El SIG es la herramienta que permite procesar información sobre conjuntos. La arquitecta Victoria Domínguez [13] explica que el primer SIG se desarrolla en el Departamento de Agricultura de Canadá en 1964, con el objetivo de estudiar el territorio rural, posteriormente, en la Universidad de Harvard, el arquitecto H. Fischer funda en 1966 el Harvard Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis, lo que permitió agregar datos ecológicos, sociológicos, demográficos y espaciales. El SIG también es considerado una herramienta adecuada tanto para el registro de las transformaciones urbanas como para el desarrollo de una estrategia de conservación, por ejemplo su aplicación en la conservación programada [14].

## Materiales y métodos

Las fuentes para el desarrollo del análisis incluyen:

- Bibliografía sobre el desarrollo urbano-arquitectónico de San José, tanto libros como trabajos finales de graduación desarrollados, principalmente, en la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Costa Rica.
- Mapas y planos de la ciudad de San José desde el siglo XIX hasta la actualidad, disponibles en el Archivo Nacional de Costa Rica.
- Fotografías aéreas de la ciudad de San José, disponibles en el Instituto Geográfico Nacional.
- Fotografías de la ciudad de San José, desde el siglo XIX hasta la actualidad, publicadas en los grupos de la red social Facebook «Fotografías Antiguas de Costa Rica», «Custodios del Patrimonio de Costa Rica», «Protejamos nuestro patrimonio arquitectónico Costa Rica» y «Salvemos el Variedades».
- Álbumes fotográficos de finales del siglo XIX e inicios del siglo XX de los fotógrafos Otto Siemon, Fernando Zamora y Manuel Gómez Miralles.
- Aplicación de una encuesta a los usuarios de la ciudad.

Las fuentes anteriores son las que permiten desarrollar el análisis urbano tomando como referencia la propuesta de Caniggia y Maffei, por lo que son el insumo para diseñar la estructura del SIG, que para efectos de esta investigación se trabajó en la plataforma QGIS, que es un software libre.

Niccolò Rapetti explica que existen tres fases en el proceso de diseño de un SIG: el diseño conceptual, el diseño lógico y el diseño físico [15]. El diseño conceptual muestra los intereses de la investigación, consiste en un esquema conceptual que describe la organización de los datos en un nivel general. El diseño lógico transforma el esquema conceptual en una representación de datos, que en este caso corresponde a las capas en las que se organiza la información. La tercera fase es el diseño físico, que corresponde a los parámetros en los que se organiza el análisis, en este caso, la definición de los atributos para cada una de las capas definidas en la fase anterior.

Las primeras capas de la cartografía se desprenden del análisis histórico. Las otras capas se construyen con la información de las declaratorias patrimoniales, para así ubicar los bienes inmuebles que cuentan con protección y que corresponden a un patrimonio oficial. A partir del análisis de los imaginarios urbanos se construye la capa que corresponde al patrimonio

subalterno, que es el identificado por la gente pero que no cuenta con declaratoria oficial. Otras capas se construyen con información sobre las distintas celebraciones y actividades culturales que se desarrollan en el espacio público. De esta forma, el SIG propuesto se compone de las siguientes capas [16, pp. 778-779]:

1. Información Histórica (1.IH): se organiza en forma cronológica, desde 1738 hasta la actualidad. Incluye el registro de los cambios en la ciudad, por ejemplo, desarrollo de los cuadrantes, construcción de nuevas avenidas, construcción de edificios estatales, desarrollo de nuevos barrios, entre otros aspectos.
2. Patrimonio Oficial (2.PO): son los bienes inmuebles protegidos por la Ley 7555.
3. Patrimonio Subalterno (3.PS): es el patrimonio identificado por la gente, se refiere a los imaginarios urbanos. Es resultado de la encuesta en la que los ciudadanos indicaron los edificios, espacios y conjuntos que son representativos según su opinión.
4. Elementos Singulares (4.ES): son elementos de la ciudad que tienen valor por su representatividad y unicidad. Por ejemplo, los recorridos de los ríos, el recorrido que realizaba el tranvía y los monumentos.
5. Celebraciones Oficiales (5.CO): se refiere a celebraciones periódicas que son organizadas por entes oficiales, ya sean celebraciones nacionales como el paso de la Antorcha de la Independencia, o celebraciones organizadas por la Municipalidad de San José como el Festival de la Luz o el Carnaval en diciembre.
6. Celebraciones Religiosas (6.CR): son las celebraciones organizadas por la iglesia católica, se registra el recorrido de las celebraciones que implican el uso del espacio público, por ejemplo, la Semana Santa y la procesión del Dulce Nombre de Jesús. También se incluyen eventos que son recordados por los ciudadanos como los congresos eucarísticos.
7. Iniciativas Ciudadanas (7.IC): son actividades organizadas por la ciudadanía, por ejemplo, festivales en barrios y el Art City Tour.
8. Resultados (8.R): esta capa contiene los resultados del cruce de las capas anteriores, por ejemplo, los trayectos matrices, los trayectos de unión, edificación especializada, edificación de base, nodos y tejido urbano.
9. Fotografías Antiguas (9.FA): en esta capa se incluyen fotografías antiguas de los edificios y espacios urbanos. También se incluyen fotografías aéreas de la ciudad.
10. Fotografías Recientes (10.FR): se incluyen fotografías recientes de los edificios y espacios urbanos analizados. También incluye fotografías aéreas de la ciudad.
11. Decretos (11.D): en esta capa se adjuntan los decretos de los edificios y otros bienes que tienen declaratoria de patrimonio histórico arquitectónico.
12. Planos (12.P): capa destinada a organizar los planos sobre los edificios y sobre la ciudad. Incluye tanto material actual como material antiguo.
13. Cartografía Base (13.CB): son las capas de los cinco distritos analizados, estas capas fueron facilitadas por el Departamento de Información Catastral y Geográfica de la Municipalidad de San José. También incluye capas de ríos, distritos y provincias que fueron tomadas del Atlas Digital de Costa Rica.

Los atributos de las capas son: nombre, año, lenguaje, arquitecto, materiales, sistema constructivo, actualidad (se conserva, remodelado, reconstruido, demolido), barrio, distrito, notas, periodo (periodo en que fue construido), fuentes (referencias documentales) y nomenclatura histórica (nombres que ha tenido anteriormente).

## Resultados

A partir del análisis urbano, se obtienen los siguientes resultados [16, pp. 413-418, 484-486]. A diferencia de otras ciudades de origen colonial, San José tuvo una fundación tardía, además, la iglesia, edificio principal de los asentamientos coloniales, fue trasladada, lo que implica que el tejido urbano se consolidó hasta finales del siglo XVIII. El trayecto matriz de la ciudad es la Avenida Central, vía que en el periodo colonial unía a San José con la capital Cartago y con los pueblos de indios. Este trayecto se consolidó cuando la ciudad se extendió hacia el oeste, hasta el Llano de La Sabana, y cuando se consolidó el tejido urbano alrededor de la iglesia principal, y la avenida pasa a llamarse Calle del Comercio. Así se define el primer trayecto de implantación de la ciudad, en el cuadrante que se desarrolla alrededor de la Catedral y el Parque Central, entre avenidas 7 y 10, calles 9 y 12, y que ha sido tomado como Centro Histórico de la ciudad. Los barrios que aparecen hacia los cuatro puntos cardinales de este perímetro también se consideran trayectos de implantación.

Como trayectos de unión se consideran las vías que unen los barrios que inician el desarrollo durante el Periodo Liberal, proceso que continúa durante el siglo XX y se proyecta a la actualidad con el desarrollo de las torres habitacionales en Mata Redonda, proyectos que, si bien son contrarios a la condición de barrio, sí son parte de los cambios en el tejido urbano.

Durante el Periodo Republicano se consolidan otros dos trayectos matrices: la actual Calle Central, llamada La Pólvora porque se extendía hasta el Río María Aguilar, al sur, donde estaban los depósitos de pólvora. El otro eje es la calle La Alameda, actual Avenida 10, que comunicaba con el Cementerio y que posteriormente fue arborizada. En el Periodo Liberal se consolida el Paseo de Las Damas, trayecto que por su importancia en la época al comunicar con la Estación del Ferrocarril al Atlántico, es considerado un trayecto matriz.

Los dos trayectos principales (Avenida Central y Calle Central), definen en su cruce un nodo, que se enfatiza con la construcción de la línea del tranvía, que precisamente tiene por ejes principales estas dos vías. En este nodo se ubica uno de los conjuntos principales de la ciudad, conformado por la Catedral y el Parque Central. Esta condición de centralidad se ve enfatizada con la ampliación de la Avenida Segunda en la segunda mitad del siglo XX, que le da a esta avenida la condición de trayecto de unión entre dos conjuntos de la ciudad: el conjunto hospitalario al oeste y el conjunto institucional al este.

La línea férrea presenta una dualidad que se debe a que une y divide a la vez. Une dos elementos que son hitos en la ciudad y símbolo de progreso: la Estación del Ferrocarril al Pacífico y la Estación del Ferrocarril al Atlántico, por lo que se considera un trayecto de unión. Pero la línea férrea también es un elemento que simboliza la segregación social en la ciudad: al sur de la línea se desarrollaron los barrios de obreros y artesanos, que durante años lucharon por obtener los servicios básicos como agua y electricidad.

Las viviendas de los barrios son consideradas como edificación de base con características diversas según su ubicación. Así al norte se encuentran viviendas de madera y con un lenguaje arquitectónico definido como victoriano. Al sur, aunque también se utiliza la madera, son viviendas con una escala y lenguaje modestos. La edificación de base se diversifica con el desarrollo de barrios como Barrio México donde se encuentran viviendas en lenguaje art decó, o Barrio Pitahaya y Barrio Escalante, que tienen importantes ejemplos de viviendas con lenguaje moderno.

La edificación especializada se identifica hasta mediados del siglo XX con los edificios estatales. Inicialmente era arquitectura en lenguaje neoclásico, luego se introducen lenguajes como el neocolonial y el art decó. Después de 1950, con la llegada del movimiento moderno, el panorama urbano de San José cambia notoriamente. A partir de 1950 se construyen los

primeros edificios en altura, primero dedicados a instituciones estatales, lo que también fue una forma de mostrar la consolidación del Estado luego de la Guerra Civil de 1948. A partir de 1970 aparecen edificios en altura con nuevos usos, por ejemplo, centros comerciales y hoteles. A partir del año 2000 inicia la construcción de torres de apartamentos, que se concentran principalmente en Mata Redonda, en los alrededores del Parque Metropolitano La Sabana.

La Avenida Central y la Avenida Segunda son las dos vías más importantes para quienes a diario transitan por San José. La Avenida Central es un trayecto matriz que adquirió nuevo significado en la década de 1990 con la peatonalización. La observación realizada confirmó la importante actividad que tiene esta vía, no sólo por ser comercial, sino por la existencia de zonas donde la gente puede compartir momentos de ocio. Especialmente importante es el punto de unión entre Avenida Central y Plaza de la Cultura.

La Avenida Segunda presenta una característica particular, ya que, por su ensanchamiento en la segunda mitad del siglo XX, se volvió un espacio ideal para actividades que impliquen gran concentración de personas. Por este motivo, los recuerdos de las visitas de personas como el presidente estadounidense John F. Kennedy o el Papa Juan Pablo II, se asocian a esta vía capitalina. También en la Avenida Segunda se concentran actividades como las fiestas de fin de año (Carnaval, Tope, Festival de la Luz) y fiestas cívicas como la celebración del 15 de setiembre, entre otras. Por su relación con la Catedral, también es una vía importante para las actividades religiosas, por ejemplo, las procesiones de Semana Santa.

El conjunto del Parque Central y la Catedral, y la Plaza de la Cultura, son parte fundamental del imaginario josefino. Al consultar sobre los recorridos por la ciudad, éstos son puntos de referencia muy mencionados. Si bien en ambos casos hay usuarios de todas las edades, el Parque Central-Catedral es más mencionado por personas de mayor edad, el segmento joven de la población se muestra más identificado con la Plaza de la Cultura.

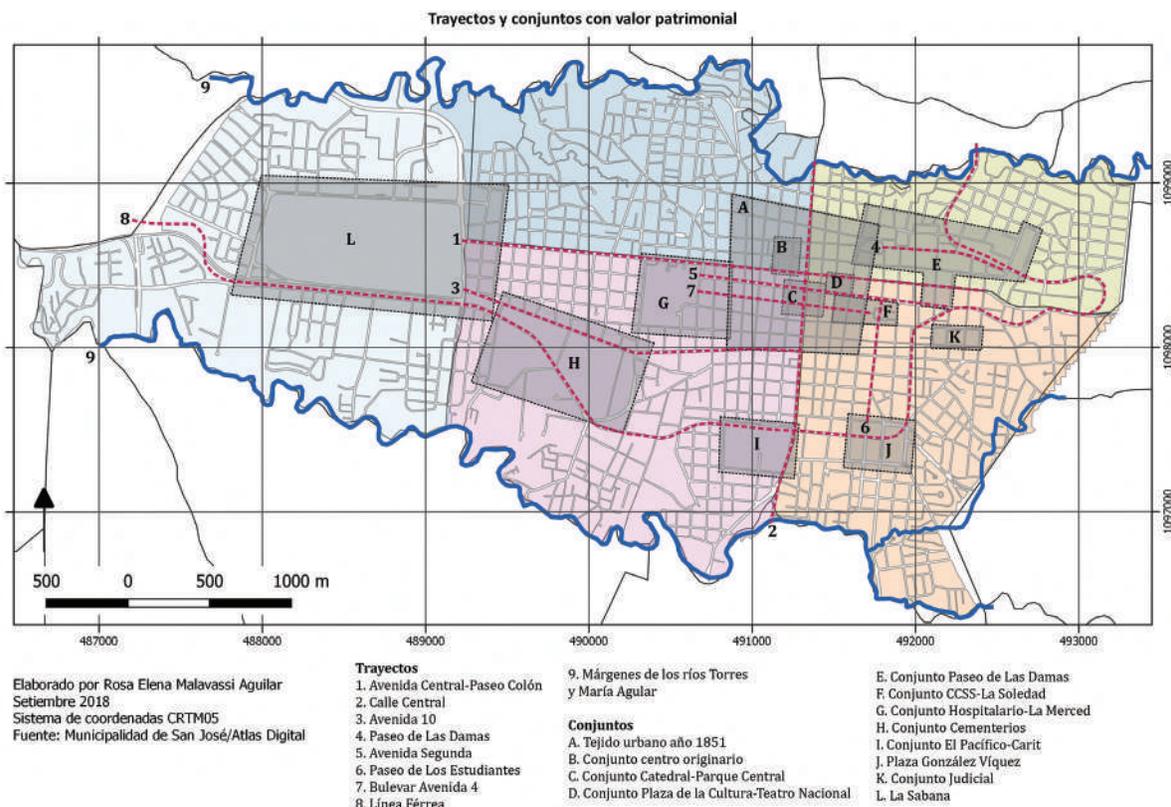
La Avenida 4, que se integra al Parque Central, es otro de los recorridos más significativos para los ciudadanos. Dos son los aspectos que le han dado un nuevo significado a esta vía de la ciudad: la peatonalización y la presencia de población nicaragüense en el sector oeste del bulevar, en la zona donde se une a la iglesia y al parque de La Merced. Los nicaragüenses le dan una dinámica particular a esta zona, con la venta de productos tradicionales de su país.

Otro espacio que ha adquirido un nuevo significado es el Templo de la Música (quiosco del Parque Morazán). Este quiosco, que en su momento fue utilizado durante actividades religiosas como el Primer Congreso Eucarístico, también fue sede de las fiestas de fin de año, actualmente es utilizado por jóvenes artistas urbanos. El sector del Paseo de Las Damas es la sede de actividades culturales como el Transitarte o el Art City Tour. La actividad cultural en el Paseo de Las Damas forma parte de una serie de cambios que se han dado en el sector norte de la ciudad, en el distrito Carmen. Por ejemplo, Barrio Escalante ahora se caracteriza por la actividad gastronómica (Paseo Gastronómico).

El distrito de Mata Redonda, que como se mencionó en el análisis urbano, actualmente se caracteriza por el desarrollo inmobiliario con torres de apartamentos, pero sin mayor aporte a la calidad del espacio urbano, tiene el Parque de La Sabana, un importante punto de encuentro para actividades de ocio y deportivas. Tanto parque como Estadio Nacional y el Paseo Colón, vía que comunica La Sabana con el centro de la ciudad, tienen un espacio en la memoria de los ciudadanos, que asocian a este espacio acontecimientos como los congresos eucarísticos y la visita de Juan Pablo II y el presidente Kennedy.

Se identificaron nueve trayectos y doce conjuntos, que se muestran en la figura 1, que incluyen el patrimonio oficial y el patrimonio cotidiano, además reflejan el crecimiento de la ciudad y su condición de palimpsesto. Los trayectos son los siguientes: Avenida Central-Paseo Colón,

Calle Central, Avenida 10, Paseo de Las Damas, Avenida Segunda, Paseo de Los Estudiantes, Boulevard Avenida 4, Línea Férrea y Ríos Torres-María Aguilar. Los conjuntos identificados son: tejido urbano del siglo XIX, centro originario, Parque Central-Catedral Metropolitana, Plaza de la Cultura-Teatro Nacional, Paseo de Las Damas, la Caja- La Soledad, Hospital-La Merced, Cementerios, Pacífico-Hospital Carit, Plaza González Víquez, Conjunto Judicial y La Sabana.



**Figura 1:** Trayectos y conjuntos con valor patrimonial en la ciudad de San José. Elaboración propia sobre cartografía base proporcionada por la Municipalidad de San José y el Atlas Digital de Costa Rica.

## Conclusiones

A partir del concepto de transculturación se comprende la diversidad arquitectónica y urbana de la ciudad de San José, un palimpsesto en el que convive el lenguaje moderno con edificios del siglo XIX y una arquitectura menor generalmente ignorada. Al aplicar el concepto de transculturación surge la pregunta: ¿son considerados con valor patrimonial la arquitectura y los espacios urbanos producto de un proceso de transculturación, o en la identificación de bienes patrimoniales se considera solamente una parte de esta realidad?

Ni la construcción oficial ni la construcción cotidiana del patrimonio son totalmente incluyentes con las manifestaciones patrimoniales, como lo explica Beatriz Sarlo [17]: la memoria es anacrónica, se recuerda lo que se desea recordar, o lo que interesa a los grupos con poder que sea recordado. Sin embargo, a pesar de las exclusiones a las que puede llevar el anacronismo de la memoria, se puede afirmar que San José es imaginado mediante imaginarios posmodernos, concepto acotado por Daniel Hiernaux [18] que se refiere a la convivencia de pasado y presente, situación que es consecuencia de la condición de palimpsesto urbano.

Caniggia y Maffei consideran que la idea de centro histórico deja fuera las expansiones de la ciudad durante el siglo XX, considerando estas zonas como “no históricas” [10, p. 182]. Aunque esta es una observación para las ciudades europeas, que después del derribo de las murallas a finales del siglo XIX expandieron sus límites, al trasladar la reflexión a San José, se comprende que la necesidad de contar con una herramienta de análisis que permita vislumbrar la discontinuidad propia del proceso de formación de la ciudad.

Caniggia y Maffei proponen que en la ciudad hay ambientes consolidados y ambientes en vías de consolidación. Esto introduce otra variable para tener en cuenta al momento de sugerir estrategias para la conservación del patrimonio, porque la ciudad no es estática, está en constante cambio. En San José se considera que los ambientes consolidados se encuentran en el núcleo urbano elemental, donde se ha desplazado a los habitantes para dar lugar a edificios comerciales e institucionales. Los barrios se consideran ambientes en vías de consolidación, porque constantemente experimentan cambios, lamentablemente muchos no son favorables como es el desplazamiento de la población por problemas sociales, como sucede en los barrios del sur, o por la presencia de comercio como sucede en otros sectores de la ciudad. Otro ejemplo de ambiente en vía de consolidación se encuentra en los sectores donde se están construyendo las torres de apartamentos, que por su escala y negación del espacio urbano, implican un profundo cambio en los barrios donde se ubican.

El Análisis Urbano realizado debe ser ampliado a futuro, específicamente para desarrollar el estudio de las tipologías arquitectónicas, tema que en esta investigación no se realizó por no formar parte de su alcance. También es necesario extender el análisis a los barrios, que son considerados como ambientes en vías de consolidación y conformados por arquitectura de base.

## Agradecimientos

Este texto es producto de la tesis doctoral “La construcción social del patrimonio urbano y arquitectónico en la ciudad de San José, Costa Rica. Estrategias para su conocimiento”, presentada en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Sevilla el 24 de junio de 2019, y cuya realización fue posible gracias a la beca de estudios otorgada por el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Se agradece la guía recibida para la elaboración de la tesis doctoral por parte de los profesores Dr. Francisco González de Canales Ruiz, de la Universidad de Sevilla, y del Prof. Arch. Marco Pretelli, de la Universidad de Bologna.

## Referencias

- [1] Costa Rica, «Ley N° 7555 de Patrimonio Histórico Arquitectónico», 1995. [http://icomoscr.org/content/index.php?option=com\\_content&view=article&id=60&Itemid=69](http://icomoscr.org/content/index.php?option=com_content&view=article&id=60&Itemid=69).
- [2] Municipalidad de San José, «Acta de la Sesión Ordinaria celebrada por la Corporación Municipal del Cantón Central de San José». San José, Costa Rica, 2013.
- [3] Ministerio de Instrucción Pública de Italia, «Carta del Restauro», Roma, 1972.
- [4] UNESCO, Ed., «Recomendación sobre el paisaje urbano histórico, con inclusión de un glosario de definiciones», en *Actas de la Conferencia General. 36ª reunión. Volumen 1, resoluciones*, París: UNESCO, 2011, pp. 60-65.
- [5] A. Corboz, «El territorio como palimpsesto», en *Lo urbano en 20 autores contemporáneos*, Á. Martín Ramos, Ed. Barcelona: Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, 2004, pp. 25-34.
- [6] M. Waisman, *El interior de la historia: historiografía arquitectónica para uso de latinoamericanos*. Bogotá: Escala, 1990.
- [7] A. del Pozo y Barajas, Ed., *Análisis urbano. Textos: Gianfranco Caniggia, Carlo Aymonino, Massimo Scolari*. Sevilla: Universidad de Sevilla, Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción, 1997.



- [8] A. del Pozo y Barajas, *Arrabales de Sevilla, morfogénesis y transformación. El Arrabal de Los Humeros*. Sevilla: Junta de Andalucía, Consejería de Obras Públicas y Transportes. Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones, 1996.
- [9] S. Muratori, *Studi per una operante storia urbana di Venezia*. Roma: Istituto Poligrafico dello Stato, 1960.
- [10] G. Caniggia y G. L. Maffei, *Tipología de la edificación. Estructura del espacio antrópico*. Madrid: Celeste, 1995.
- [11] F. Ortiz, *Contrapunteo cubano del tabaco y el azúcar*. Barcelona: Ariel, 1973.
- [12] F. Hernández, M. Millington, y I. Borden, Eds., *Transculturation Cities, Spaces and Architectures in Latin America*. Amsterdam: Rodopi, 2005.
- [13] V. Domínguez Ruiz, «Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) al proyecto de rehabilitación arquitectónica y urbana.», Universidad de Sevilla, Doctorado en Arquitectura, 2015.
- [14] L. Baratin, S. Bertozzi, y E. Moretti, «Tecnología GIS per la manutenzione programmata dei beni culturali», en *Proceedings of the International Conference Preventive and Planned Conservation. ICT per il miglioramento del processo conservativo.*, 2014, vol. 5, pp. 73-84.
- [15] N. Rapetti, «Il GIS per la gestione dei dati alla scala territoriale», en *Building Information Modeling, Geographic Information System, Augmented Reality per il facility management*, A. Osello, Ed. Palermo: Dario Flaccovio Editore, 2015, pp. 233-240.
- [16] R. E. Malavassi Aguilar, «La construcción social del patrimonio urbano y arquitectónico en la ciudad de San José, Costa Rica. Estrategias para su conocimiento.», Tesis Doctorado en Arquitectura, Universidad de Sevilla, 2019.
- [17] B. Sarlo, *Tiempo pasado. Cultura de la memoria y giro subjetivo. Una discusión*. Buenos Aires: Siglo XXI Editores, 2005.
- [18] D. Hiernaux, «De la espacialidad, el lugar y los imaginarios urbanos: a modo de introducción», en *Lugares e imaginarios en la metrópolis*, A. Lindón, M. Á. Aguilar, y D. Hiernaux, Eds. Barcelona; México: Anthropos Editorial; Universidad Autónoma Metropolitana, 2006, pp. 27-41.

# El modelo iterativo e incremental para el desarrollo de la aplicación de realidad aumentada Amón\_RA

## The iterative and incremental model for the development of augmented reality application Amón\_RA

Ericka Solano-Fernández<sup>1</sup>, David Porras-Alfaro<sup>2</sup>

---

Solano-Fernández, E; Porras-Alfaro, D. El modelo iterativo e incremental para el desarrollo de la aplicación de realidad aumentada Amón\_RA. *Tecnología en Marcha*. Edición especial. Escuela de Arquitectura y Urbanismo, Diciembre 2020. Pág 165-177.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v33i8.5518>



- 1 Escuela de Ingeniería en Computación. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: [ersolano@tec.ac.cr](mailto:ersolano@tec.ac.cr).  
 <https://orcid.org/0000-0002-3218-1710>
- 2 Escuela de Arquitectura y Urbanismo. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: [dporras@tec.ac.cr](mailto:dporras@tec.ac.cr).  
 <https://orcid.org/0000-0002-8917-1652>



## Palabras clave

Aplicación móvil; modelo iterativo; barrio Amón; paisaje urbano histórico; Tecnologías de la Información y la Comunicación.

## Resumen

Este artículo presenta la utilización del modelo iterativo e incremental (MII) como metodología de desarrollo de una aplicación móvil de realidad aumentada para barrio Amón, San José. El software desarrollado para el procesamiento y forma de visualización de la información recopilada, constituye una experiencia pionera en Costa Rica, dirigida a la puesta en valor y difusión del paisaje urbano histórico, por lo que busca dar a conocer esta investigación e innovación desde el ámbito universitario.

Metodológicamente, se inició con una revisión bibliográfica que permitió comparar dos modelos de desarrollo de software; uno tradicional, denominado modelo en cascada en comparación con el MII basado en iteraciones y con liberaciones parciales y funcionales del software. Seguidamente, se comparó la utilización de ambas metodologías en el contexto del proyecto de investigación. Como última etapa, se analizó la aplicación de la metodología seleccionada para el desarrollo de la aplicación móvil Amón\_RA.

Entre los resultados destacan las ventajas al utilizar el MII que priorizaron su implementación, por ejemplo: la producción en simultáneo de varios módulos, realimentación constante de los aspectos funcionales por parte del equipo interdisciplinario, la posibilidad de someter a procesos de evaluación las tecnologías seleccionadas para su desarrollo en cada uno de los incrementos liberados en las iteraciones, con la respectiva valoración de riesgos y consideración de acciones para mitigar sus efectos durante el proceso de construcción.

Se concluye, con base en las condiciones de desarrollo del proyecto de investigación, que el uso del MII permitió un aprendizaje en cada iteración, brindando un producto a la comunidad conforme a sus necesidades y generando en el equipo investigador una mayor experiencia para la toma de decisiones en futuros proyectos que utilicen la realidad aumentada.

## Keywords

Mobile application; iterative model; barrio Amón; historical urban landscape; Information and Communications Technology.

## Abstract

This article presents the use of the iterative and incremental model (IIM) as a methodology for the development of an augmented reality mobile application for Barrio Amón, San José. The software developed for the processing and form of visualization of the information collected, constitutes a pioneering experience in Costa Rica, aimed at the enhancement and dissemination of the historical urban landscape, so it seeks to publicize this research and innovation from the university.

Methodologically, it began with a bibliographic review that allowed for the comparison of two software development models; a traditional one, called cascade model in comparison with the IIM based on iterations and with partial and functional software releases. The use of both methodologies was then compared in the context of the research project. As a final stage, the application of the methodology selected for the development of the Amón\_RA mobile application was analysed.

Among the results, the advantages of using the IIM that prioritized its implementation stand out, for example: the simultaneous production of several modules, constant feedback of the functional aspects by the interdisciplinary team, the possibility of submitting the technologies selected for their development to evaluation processes in each of the increments released in the iterations, with the respective risk assessment and consideration of actions to mitigate their effects during the construction process.

It is concluded, based on the conditions of development of the research project, that the use of the IIM allowed a learning in each iteration, providing a product to the community according to their needs and generating in the research team a greater experience for decision making in future projects that use augmented reality.

## Introducción

Visibilizar el paisaje urbano histórico de un barrio josefino costarricense a través de una aplicación móvil apoyada con tecnología de realidad aumentada (RA) que permita descubrir los valores arquitectónicos, patrimoniales, culturales, turísticos y de servicios, es uno de los propósitos del proyecto de investigación del Tecnológico de Costa Rica (TEC): 'Amón\_RA. Implementación de la realidad aumentada como herramienta para la puesta en valor y difusión del paisaje urbano histórico de barrio Amón'.

Esta iniciativa, partió del reconocimiento de un grupo de valores patrimoniales urbanos y arquitectónicos que han sido objeto de un constante proceso de evolución, moldeando su configuración y morfología actual; con un alto valor histórico, estético, simbólico, natural, cultural y social que lo convierten en un referente de la ciudad de San José por su innegable atractivo para nacionales y extranjeros [1], [2].

Amón, dentro de su espacio residencial y de actividad económica e institucional, guarda huellas de un pasado ligado a la bonanza económica de principios del siglo XX, la producción cafetalera y su relación con las clases adineradas de la época, así como una importante sinergia vecinal en la actualidad; por lo que este proyecto propone el uso de la tecnología de información y comunicación como herramienta e innovación para marcar una ruptura en el uso de aplicaciones móviles en el país para la puesta en valor y difusión del paisaje urbano histórico por medio de la RA, tecnología que permitió la inserción y geolocalización de elementos virtuales como modelos tridimensionales, fotografías, imágenes 360° y contenido relacionado a través de filtros de información.

La RA es una variación de entornos virtuales, o realidad virtual, como se le conoce más comúnmente, en la que el usuario está inmerso completamente en un ambiente sintético y no puede ver el mundo real que le rodea. En contraste, la RA permite al usuario ver el mundo real con objetos virtuales superpuestos o compuestos con el mundo real, suplementando la realidad más que reemplazarla [3].

Esta tecnología ha tomado amplia relevancia en diferentes sectores productivos como medicina, marketing, educación, psicología, publicidad, arquitectura, entretenimiento, entre otros [4]. En Costa Rica, su potencial no ha sido utilizado en temáticas como la valorización y difusión del paisaje urbano histórico o el patrimonio histórico-arquitectónico, lo que representó una gran oportunidad para la innovación. Además, permitió al TEC integrar este tipo de tecnologías con el fin de contribuir a la visibilidad, activación y preservación del entorno urbano que guarda barrio Amón en conjunto con la participación de diferentes actores sociales ligados al Campus Tecnológico Local San José.

Como parte del proyecto de investigación, participaron las escuelas de Arquitectura y Urbanismo (EAU), Ingeniería en Diseño Industrial (EIDI) e Ingeniería en Computación (EIC) del

TEC, las cuales aportaron sus conocimientos de manera integrada para alcanzar el objetivo final, que fue la implementación de la realidad aumentada. Esta aportación describe con mayor detalle la metodología empleada en el proceso de desarrollo de software, evidenciando los esfuerzos para proveer los insumos necesarios, integrar los procesos, delimitar la estructura, apariencia y comportamiento de la aplicación.

## Ciclo de Desarrollo de Software y Modelos de Desarrollo

El desarrollo de una aplicación de software se lleva a cabo por medio de un proceso denominado Ciclo de Desarrollo de Software (SDLC, por sus siglas en inglés *Software Development Life Cycle*), el cual comprende un conjunto de actividades fundamentales que son comunes a todos los procesos de software [5], las cuales se detallan en el cuadro 1.

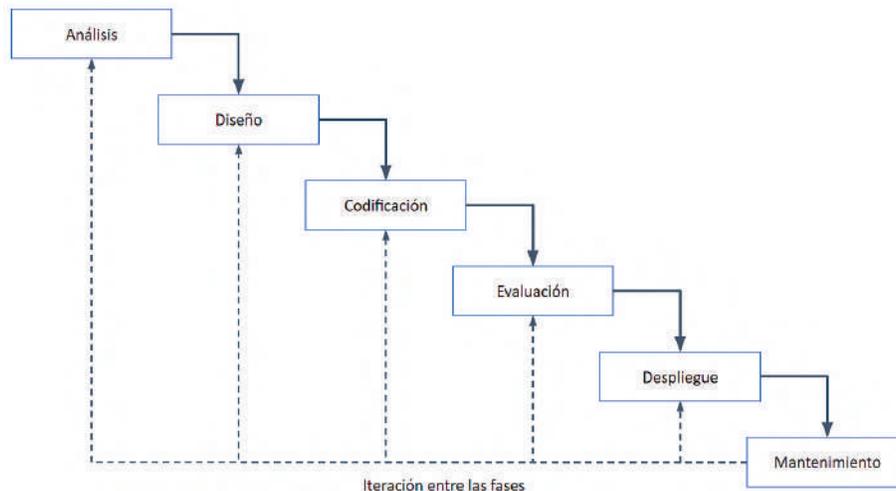
**Cuadro 1.** Ciclo de vida del desarrollo de software.

Fases	Actividades
Análisis	Se define la especificación de los requerimientos funcionales y no funcionales esperados del producto de software, así como sus restricciones de operación. Estos requerimientos son recolectados, analizados y especificados en una labor entre los <i>stakeholders</i> y los analistas del equipo de desarrollo, generando una serie de artefactos (documentos, prototipos, arquitecturas beta) que documentan la información recopilada y acordada.
Diseño	Con base en el documento de especificación de requerimientos generado en la fase anterior, se establece una arquitectura de software, que implica la identificación y descripción de las abstracciones fundamentales del sistema (componentes e interfaces de conexión) y a nivel detallado, se especifica la estructura del producto por medio de diagramas lógicos, esquemas conceptuales de los datos, considerando las tecnologías apropiadas para el desarrollo del producto especificado.
Codificación	En esta etapa, los requerimientos estipulados en la primera fase se convierten en código siguiendo los lineamientos de diseño definidos en la etapa anterior y se acompaña de pruebas de unidades para verificar que cada unidad cumpla con su especificación.
Integración y prueba del sistema	Las unidades del producto se integran y prueban como un sistema completo para asegurarse de que se cumplan los requerimientos de software. Además, se detectan inconsistencias de funcionamiento que se puedan producir de la fase anterior de codificación para su corrección y depuración antes de la liberación del producto.
Mantenimiento	Una vez que el software ha sido liberado, el producto puede requerir modificaciones en el funcionamiento de los requerimientos cubiertos, mejoras o extensión de nuevas funcionalidades, corrección de errores y entrar en una etapa de refinamiento.

Fuente: Elaboración propia, con base en [5], [6].

Este ciclo de desarrollo puede ser organizado por medio de modelos que establecen una propuesta y ordenamiento sobre la forma de llevar a cabo cada una de las etapas y actividades, exponiendo ventajas y desventajas. A partir de estas opciones, se abre una gama de metodologías para su implementación, en la que se identifican factores positivos a potenciar y replicar en próximas experiencias de desarrollo de software, así como factores negativos que requieren establecer su nivel de riesgo y su mitigación correspondiente.

Como marco de referencia, el modelo tradicional o más básico se conoce como modelo en cascada (*WM-Waterfall Model*) (figura 1) y organiza las fases del SDLC en un esquema secuencial, donde cada una de las fases no puede ser realizada hasta que la previa haya sido concluida en su totalidad [6].



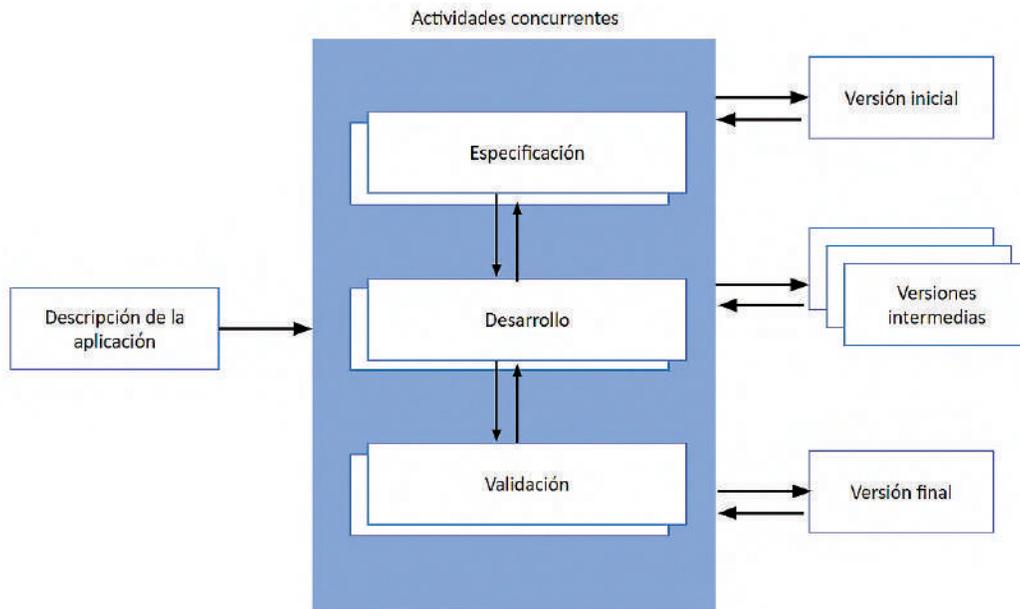
**Figura 1.** Modelo de desarrollo en cascada (*Waterfall Model*). Fuente: Elaboración propia, con base en [5], [6].

Por otro lado, el modelo iterativo e incremental (*IID-Iterative and Incremental Model*) (figura 2) combina elementos del modelo en cascada en una propuesta de iteraciones. Este modelo construye una implementación parcial de la aplicación; cada secuencia lineal o iteración produce un incremento funcional en el desarrollo del producto final [6]. Los requerimientos básicos se definen en la primera etapa y el resto del producto, así como sus funcionalidades suplementarias, van liberándose a través de las iteraciones. En cada una de las iteraciones se puede ir añadiendo funcionalidades o bien integrando algunas que no hayan sido definidas al inicio, permitiendo además identificar oportunidades de mejoras en las etapas intermedias, reduciendo el impacto de la detección de este tipo de situaciones en las etapas finales del proceso.

La idea detrás de la mejora iterativa sobre el modelo en cascada es tomar como punto de inicio un conjunto de requerimientos que se pueden considerar básicos y bien definidos, y a partir de una primera versión del sistema de software, identificar mejoras en esta e incorporar otros requerimientos que se han terminado de definir con mayor claridad o aquellos que pueden ir surgiendo durante la ejecución del proyecto.

Al mismo tiempo, este esquema permite la identificación y establecimiento de acciones para la mitigación de los mismos en cada iteración, así como favorece la valoración y aprovechamiento de las lecciones aprendidas durante el desarrollo de versiones que se van liberando del sistema. El aprendizaje proviene tanto del desarrollo como del uso del sistema, siempre que sea posible [7].

El modelo iterativo-incremental (MII) se ha constituido en una base para la generación de nuevas metodologías y prácticas en el desarrollo de software, y ha sido base para la evolución de nuevas propuestas de desarrollo en una era en la que el factor de cambio en las necesidades de información es cada vez más frecuente y juega un papel preponderante y constante, por lo que se requiere un alto grado de flexibilidad y capacidad de reacción ante las expectativas y necesidades que surgen de forma natural.



**Figura 2.** Modelo de desarrollo iterativo e incremental. Fuente: Elaboración propia con base en [6].

## Metodología

En el caso del proyecto de investigación Amón\_RA, el modelo de desarrollo propuesto inicialmente correspondía a un modelo tradicional en cascada, puesto que el desarrollo de los objetivos iniciales logró delimitar los principales requisitos de información que se deseaban satisfacer a través de la aplicación móvil.

Implementar la realidad aumentada como herramienta para la puesta en valor y difusión del paisaje urbano histórico de barrio Amón, como objetivo general del proyecto de investigación, requirió una serie de objetivos específicos, algunos de ellos preliminares al proceso de definición del modelo de desarrollo.

Conforme al plan de trabajo del proyecto, el equipo multidisciplinar de las tres escuelas participantes, se vinculó conforme a cada objetivo específico y metodología según se detalla en el cuadro 2.

Al finalizar las acciones del tercer objetivo del proyecto de investigación, se estableció un desarrollo de la aplicación mediante el modelo en cascada, siendo concordante con el planteamiento del producto, cuyos objetivos presentan una secuencia de desarrollo por etapas y ésta se constituyó en la metodología para la implementación del modelo.

Sin embargo, conforme inició el proceso de construcción y desarrollo se presentaron dificultades, principalmente con respecto de las particularidades de las tecnologías inicialmente seleccionadas, para las cuales el conocimiento era incipiente por parte del equipo de desarrolladores y esto provocó constantes retrasos y dificultad en el avance.

Adicionalmente, conscientes del reto que demandaría lograr el dominio de las tecnologías para el manejo de la realidad aumentada por parte del equipo de desarrollo y de la curva de aprendizaje que esto implicaría, se experimentó una constante rotación de miembros del equipo, propia del esquema temporal de participación voluntaria de los mismos en este tipo de proyectos, lo que impactó los planes de desarrollo.

**Cuadro 2.** Vinculación de la escuela participante, objetivos específicos y metodología.

Escuelas	Objetivos específicos	Metodología por objetivo específico
EAU	OE1. Identificar los elementos que componen el paisaje urbano histórico de barrio Amón (PUHBA).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtención y sistematización de información de diversas fuentes documentales y trabajo de campo.</li> <li>- Análisis del PUHBA [8].</li> </ul>
EAU EIDI	OE2. Contrastar la información de base del PUHBA con la participación de los agentes sociales involucrados en el proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Focus group, cartografía social y entrevistas, card sorting, digital prototyping.</li> </ul>
EAU EIDI EIC	OE3. Elaborar un prototipo de aplicación móvil para realidad aumentada en el PUHBA.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comparativa de herramientas y aplicaciones de RA para definición de modelo de desarrollo y establecimiento de la metodología.</li> <li>- Talleres multidisciplinares (concepto, funcionalidad y usabilidad).</li> </ul>
EAU EIDI EIC	OE4. Diseñar el software y su interface para el procesamiento de la información bajo la utilización de realidad aumentada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definición de requerimientos.</li> <li>- Definición de estructura y funcionamiento de la aplicación.</li> <li>- Modelo en cascada (fase 1)</li> <li>- Modelo iterativo e incremental (fase 2).</li> </ul>
EAU EIDI EIC	OE5. Desarrollar la aplicación móvil de realidad aumentada (Amón_RA).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicación del modelo iterativo e incremental.</li> <li>- Talleres multidisciplinares.</li> <li>- Pruebas en campo.</li> </ul>
EAU EIDI EIC	OE6. Evaluar la utilización de la aplicación móvil (Amón_RA) con miras a su mejoramiento y posible empleo en otros contextos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Talleres de evaluación (cuatro talleres: expertos, actores sociales y dos de estudiantes).</li> <li>- Actualización de la aplicación móvil.</li> <li>- Difusión del proyecto y la aplicación móvil.</li> </ul>
<p>Simbología: Escuela de Arquitectura y Urbanismo (EAU); Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial (IDI); Escuela de Ingeniería en Computación (EIC); Objetivo Específico (OE).</p>		

Este tipo de situaciones debieron enfrentarse y analizarse durante la primera fase de desarrollo del producto y considerar la posibilidad de cambiar el modelo del proceso y la metodología de gestión del proyecto, pues la combinación de desafíos propios del desarrollo junto con la variación del equipo exigen un cambio de ruta.

Metodológicamente, se inició con una revisión bibliográfica que permitió comparar varios modelos de desarrollo de software; el tradicional y sobre el que se había iniciado el proyecto, denominado modelo en cascada y otros modelos que permitieran mayor flexibilidad en términos de permitir la inclusión de cambios durante el proceso alterando de manera “natural” la gestión del proyecto. Como parte de la búsqueda bibliográfica y documental, se identificaron diversos tipos de modelos [9], [10], predominando los siguientes: modelo iterativo-incremental (MII), modelo en espiral, de prototipado rápido, *V-Model*, *Rational Unified Process*, *Agile Model*, entre otros.

Dadas las características del modelo iterativo incremental y el estado situacional del proyecto de desarrollo, se compararon ambos modelos en el contexto del proyecto de investigación mediante un análisis de sus aspectos positivos y negativos, contrastando su desarrollo

conforme al estado del plan de trabajo del proyecto. La aportación presenta la adaptación del MII como metodología de desarrollo de la aplicación móvil de realidad aumentada Amón\_RA para la toma de decisiones en futuros proyectos que utilicen la realidad aumentada.

## Resultados

Dadas las situaciones antes mencionadas que dificultaron el proceso de desarrollo, así como otras propias del tipo de aplicación que se deseaba desarrollar, se debió valorar sobre la marcha la posibilidad de cambiar la metodología de desarrollo.

Se contrastaron los dos modelos de procesos de desarrollo considerados, tanto el modelo en cascada que fue el originalmente seleccionado, como el modelo iterativo incremental, que se consideró como posible alternativa de solución después de la exploración documental, obteniendo un conjunto de ventajas y desventajas presentadas en el cuadro 3.

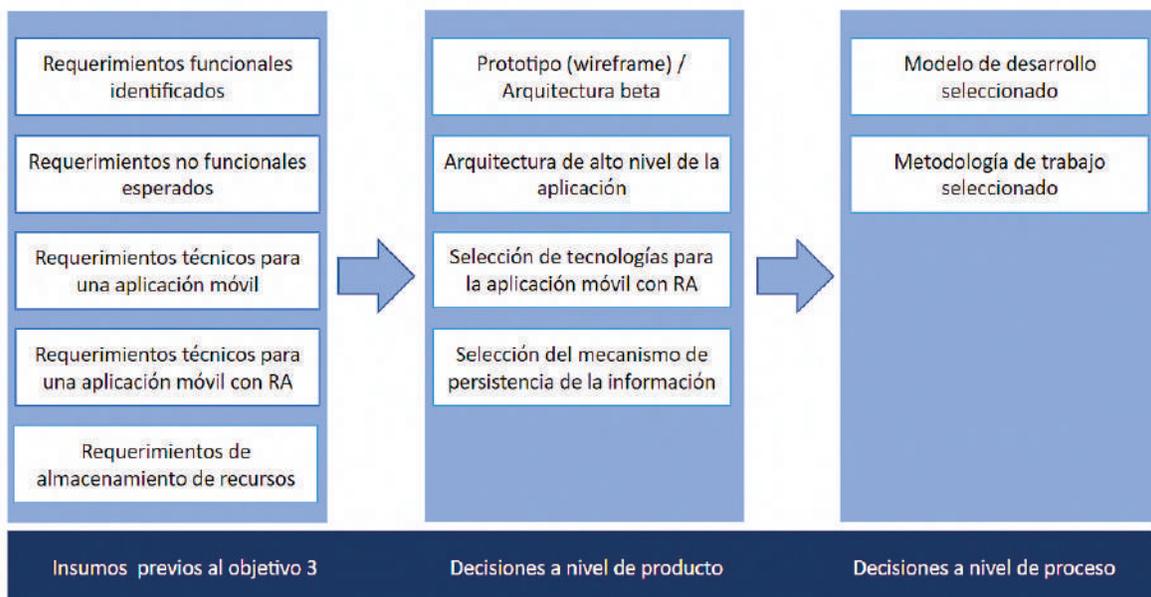
**Cuadro 3.** Ventajas y desventajas de los modelos en cascada e iterativo-incremental.

Modelo	Características a favor	Características en contra
Cascada	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Simple de entender e implementar.</li> <li>- La administración del proyecto es más sencilla, porque cada etapa está claramente definida y es rígida.</li> <li>- Comúnmente utilizado y más antiguo.</li> <li>- Las etapas de desarrollo se ejecutan una a una de manera secuencial.</li> <li>- Útil para proyectos pequeños o de mediano tamaño con requerimientos bien definidos y sin ambigüedad.</li> <li>- Permite la clasificación y priorización de tareas.</li> <li>- Fácil identificación de los puntos clave del ciclo de desarrollo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El software sólo estará disponible al final de la última etapa del ciclo.</li> <li>- Los <i>stakeholders</i> no pueden ver el avance del producto a lo largo de su desarrollo.</li> <li>- Los riesgos son altos e inciertos.</li> <li>- Necesidad de documentación permanente.</li> <li>- No se recomienda para proyectos de largo plazo, no permite flexibilización.</li> <li>- Dificultad de corregir errores de peso en un corto tiempo.</li> <li>- Se debe contar con todos los requerimientos de antemano.</li> <li>- El progreso de cada etapa es difícil de medir mientras se está en el proceso de desarrollo.</li> </ul>
Modelo iterativo e incremental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El proyecto puede arrancar con un conjunto de requerimientos bien definidos, no exige la totalidad de requerimientos.</li> <li>- El proceso es repetitivo, por lo que permite crear nuevas versiones del producto en cada iteración (con una duración de 2 a 6 semanas).</li> <li>- Cada iteración puede incluir el desarrollo de componentes independientes que pueden ser integrados al producto desarrollado.</li> <li>- Mejor manejo de riesgos.</li> <li>- Problemas o nuevos riesgos identificados en una iteración pueden ser manejados en la siguiente iteración.</li> <li>- Desarrollo en paralelo.</li> <li>- El progreso del proceso es medible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requiere mayores recursos que el modelo en cascada.</li> <li>- No se recomienda en proyectos pequeños.</li> <li>- Exige una constante administración del proyecto.</li> <li>- Pueden surgir inconvenientes con la arquitectura o el diseño pues no se prevén todos los requerimientos en la etapa de planeamiento.</li> <li>- Surgen nuevos riesgos en el plan de gestión del proyecto por exceso de cambios.</li> <li>- Los riesgos requieren una participación permanente por parte del equipo multidisciplinar especializado.</li> </ul>

Con base en el análisis anterior, se estableció una estrategia de trabajo conjunta entre los equipos, para delimitar el estado de situación del proyecto en su etapa de desarrollo e identificar los elementos generados y pendientes a nivel de requerimientos, análisis del entorno de desarrollo, las tecnologías utilizadas hasta ese momento y los resultados generados en etapas anteriores.

A partir de los resultados obtenidos, considerando el plan de trabajo de acuerdo a los objetivos relacionados a la producción de la aplicación móvil asociada al proyecto de investigación, se acordó un cambio en el modelo de desarrollo entre el tercer y sexto objetivo específico (cuadro 2), que permitió:

1. Definir y dimensionar el alcance de la aplicación móvil en términos de los requerimientos funcionales identificados.
2. Definir aspectos de requisitos no funcionales pero que deben estar presentes dentro de las características del producto (tiempos de respuesta, precisión en la geolocalización, capacidades de almacenamiento, sistema operativo para el que se desarrolla la aplicación móvil, entre otros).
3. Establecer los requerimientos técnicos para la definición de las tecnologías que darán soporte a la aplicación móvil.
4. Definir los requerimientos técnicos específicos para el manejo de la realidad aumentada y los elementos visuales seleccionados para ser integrados en la aplicación móvil.
5. Determinar el formato de almacenamiento y acceso a los recursos de información y material visual con la que dispondrá la aplicación móvil.

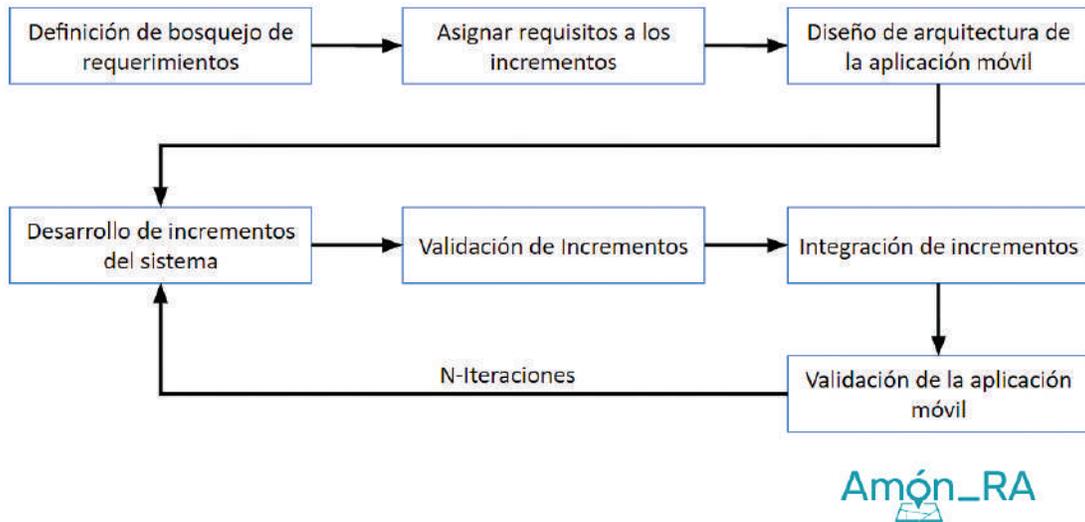


**Figura 3.** Síntesis del proceso de análisis previo a la implementación del MII.

Estos insumos sintetizados en la figura 3, fueron relevantes para definir la metodología asociada a la implementación del modelo iterativo-incremental para poder establecer el número de iteraciones y la delimitación de los incrementos funcionales que se generarían en cada uno de ellos, de modo que la solución cubra las funcionalidades del producto contemplado en el

prototipo desarrollado en el objetivo OE3, que se desprendió de la información recopilada, las expectativas provenientes del proceso de validación con los actores sociales, la incorporación de elementos de realidad aumentada en ciertas funcionalidades de la aplicación y además, satisfacer expectativas inherentes al funcionamiento de una aplicación móvil por defecto.

La metodología asociada al modelo alternativo propuesto para dar continuidad al proceso de desarrollo se estableció según se presenta en la figura 4.



**Figura 4.** Adaptación del MII al desarrollo de la aplicación móvil Amón\_RA.

Finalmente, se analizó la aplicación de la metodología seleccionada para el desarrollo de la aplicación móvil Amón\_RA con base en aspectos positivos y negativos para cada etapa de desarrollo, según el cuadro 4.

## Conclusiones

Existen muchos modelos de desarrollo de software basados en los requisitos y el tamaño de los proyectos que se desean resolver. El proyecto de investigación Amón\_RA constituyó una apuesta muy ambiciosa puesto que se inició sin conocer las implicaciones del desarrollo de la realidad aumentada y, además, la cantidad de contenido y secciones que componen su arquitectura, incrementaron su nivel de complejidad para un proyecto de corte académico. Asimismo, constantes cambios en el equipo de desarrollo generaron inestabilidad en el proceso. Sin embargo, a pesar de esta situación, el equipo investigador contó con la fortaleza de disponer de una constante retroalimentación por parte de los actores sociales de barrio Amón lo que motivó a concluir con el proyecto pese a sus limitaciones.

Saber identificar a tiempo los problemas de desarrollo en cuanto al modelo seleccionado, permitió dar un giro en cuanto al uso del modelo iterativo incremental. Este cambio, fue un acierto pues enriqueció el aprendizaje de las disciplinas participantes en cada iteración, brindó independencia al trabajo no solo por escuela, sino del propio equipo programador. A futuro, se espera la implementación de nuevas aplicaciones de realidad aumentada al servicio del paisaje urbano histórico y del patrimonio, para lo cual se cuenta con un insumo base y experiencia acumulada en este proyecto.

**Cuadro 4.** Lecciones aprendidas del proceso de desarrollo de Amón\_RA usando el MII.

Fases del proceso	Aspectos positivos	Aspectos negativos
Planeación del modelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir grupos de requerimientos y prioridades para los requerimientos funcionales establecidos en el prototipo facilitó la aproximación de la cantidad de iteraciones y la delimitación del alcance de los incrementos.</li> <li>- Cada iteración incluye sus mecanismos de control interno que permitan identificar el estado de implementación y funcionamiento de cada requerimiento incluido en la misma.</li> <li>- El conocimiento y dominio en las tecnologías requeridas crece de acuerdo a los requerimientos incluidos en los incrementos definidos para las iteraciones, permitiendo que la curva de aprendizaje se dirija en direcciones específicas y no de manera aleatoria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se requirió mucho recurso en diagnosticar el estado del proyecto al momento del cambio de modelo de desarrollo y evaluar el grado de porcentaje de producción que podía ser considerado como la base del nuevo modelo, principalmente porque el modelo en cascada no incluye procesos de evaluación internos dentro de sus fases, lo que no permite garantizar niveles de calidad y cumplimiento en cualquier momento del proceso de desarrollo.</li> <li>- El equipo de desarrollo (estudiantil) con perfiles de conocimientos técnicos poco uniformes por sus distintos niveles de avance en el desarrollo de su carrera, generó curvas de aprendizaje muy variables a nivel del equipo generando grandes variaciones en los tiempos de cumplimiento de tareas asignadas y resultados obtenidos, principalmente en las relacionadas con aspectos técnicos de RA.</li> </ul>
Arquitectura de la aplicación (OE4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El modelo de desarrollo iterativo incremental estimula el diseño de una arquitectura más flexible orientada desde un inicio a la posibilidad de incorporar nuevas funcionalidades que pueden estar interrelacionadas con las existentes con mayor facilidad para la mantenibilidad y la escalabilidad futura de la aplicación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proponer una arquitectura de diseño que fomente la mantenibilidad y escalabilidad exigió desechar gran parte de la propuesta anterior de diseño por su rigidez, alto acoplamiento y baja cohesión.</li> </ul>
Implementación de incrementos (OE5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El equipo de desarrollo enfoca su esfuerzo y conocimiento técnico en la implementación del conjunto de requerimientos funcionales incluidos en una iteración a la vez, permitiendo evaluar la arquitectura propuesta, ampliando el dominio técnico sobre el proceso de codificación y ejecutando pruebas dirigidas al conjunto de requerimientos involucrados, permitiendo medir el nivel de calidad de los requerimientos involucrados y la depuración de los mismos, ofreciendo un incremento funcional que puede ser sometido a evaluación y valoración por parte del equipo multidisciplinario, para su correspondiente realimentación.</li> <li>- A pesar de la complejidad del proyecto, el poco tiempo disponible, la puesta en marcha del modelo logró que se consiguiera implementar a tiempo su desarrollo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incorporar un equipo de desarrollo para trabajar sobre un producto existente con poco dominio sobre la forma que está implementada una aplicación y sin documentación de partida, siempre es caótico y en este caso, no fue la excepción, se consumió mucho más tiempo del esperado en conocer la forma en que estaba construido el producto antes de la puesta en marcha del MII. El proceso de implementación del producto bajo el modelo MII exigió valorar el producto existente y definir un porcentaje de aprovechamiento que sirviera de punto de salida.</li> <li>- La redefinición de herramientas especializadas para el manejo de las funcionalidades asociadas con RA obligó a desechar gran parte del código producido antes de la implementación del modelo MMI.</li> <li>- La curva de aprendizaje por parte del equipo no fue uniforme, generando cierta picos muy altos en temas de RA relacionada con formatos de representación de recursos tanto de RA a nivel de geolocalización como el manejo de modelos tridimensionales.</li> </ul>

....Continuación

Fases del proceso	Aspectos positivos	Aspectos negativos
Gestión del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La posibilidad de desarrollo en paralelo de varias líneas de requerimientos funcionales incluidas en las iteraciones, brindó la posibilidad de obtener experiencias de varias secciones de la aplicación más tempranamente y ajustar el plan del proyecto cada vez que fue necesario, permitiendo adaptabilidad al surgimiento de cambios.</li> <li>- El involucramiento constante del equipo multidisciplinar a lo largo de la implementación del MII aportó más claridad y conocimiento de las ventajas del proceso de desarrollo y lo que implica la generación de un producto en la línea de RA.</li> <li>- Contar con un equipo de desarrollo más avanzado en la carrera de EIC favoreció la gestión del proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificultad para disponer de los espacios de almacenamiento y herramientas de desarrollo gratuitas.</li> <li>- Dificultad de gestión del proyecto al sobreponerse etapas de desarrollo, aplicación de mejoras y mantenimiento con pocos recursos.</li> <li>- Poco tiempo para el desarrollo.</li> </ul>

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del TEC, así como al resto del equipo de investigadores y estudiantes por el apoyo brindado para la realización del proyecto de investigación: 'Amón\_RA. Implementación de la realidad aumentada como herramienta para la puesta en valor y difusión del paisaje urbano histórico de barrio Amón', en el cual se enmarca este artículo.

## Referencias

- [1] D. Porras & K. García, "Amón\_RA: la utilización de TIC para revalorizar y dinamizar un barrio histórico de Costa Rica", *XIII CTV 2019 Proceedings: XIII International Conference on Virtual City and Territory: "Challenges and paradigms of the contemporary city"*, UPC, Barcelona, October 2-4, 2019. Barcelona: CPSV, p. 8448, 2019. E-ISSN 2604-6512. DOI <http://dx.doi.org/10.5821/ctv.8448>
- [2] D. Porras & E. Ángulo, "La implementación de la realidad aumentada como valor agregado para la puesta en valor y difusión del paisaje urbano histórico", *I Simposio Internacional de Cultura. Exploración y puesta en valor*, pp. 147-156, 2019. Available: <https://www.oecostarica.org/uploads/files/news/Oei/208/libro-simposio-internacional-de-cultura-exploracio-n-y-puesta-en-valor.pdf>
- [3] R. T. Azuma, "A Survey of Augmented Reality", *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, vol. 6, (4), pp. 355-385, 1997. Available: <http://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/pres.1997.6.4.355>. DOI: 10.1162/pres.1997.6.4.355.
- [4] L. Camargo, S. Sepúlveda & S. Castro, "Aplicación móvil de telemedicina para pacientes hipoglucémicos y diabéticos", *Respuestas*, 2010. Available: <https://www.openaire.eu/search/publication?articleId=doajarticles::b89517c863e99a271bb4466a56a99ec3>
- [5] I. Sommerville & M. Alfonso-Galipienso, "Ingeniería de Software", 9th ed., México, Ciudad de México: Pearson Educación, S.A., 2011.

- [6] A. Alshamrani & A. Bahattab, "A Comparison Between Three SDLC Models Waterfall Model, Spiral Model, and Incremental/Iterative Model", *International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)*, vol. 12, (1), pp. 106, 2015. Available: <https://search.proquest.com/docview/1660801422>
- [7] C. Larman & V. R. Basili, "Iterative and incremental developments. a brief history", *Mc*, vol. 36, (6), pp. 47-56, 2003. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1204375>. DOI: 10.1109/MC.2003.1204375.
- [8] UNESCO, "Recomendación sobre el paisaje urbano histórico", 2011. Available: [http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL\\_ID=48857&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SETION=201.html](http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL_ID=48857&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SETION=201.html).
- [9] A. A. Aguilera & O. S. Gómez, "Estudio de calidad y eficiencia de un enfoque de desarrollo software secuencial con programadores solos y en pareja", *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 27, (2), pp. 304-318, 2019. Available: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-33052019000200304&script=sci\\_arttext](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-33052019000200304&script=sci_arttext)
- [10] R. S. Pressman., "Software Engineering: A Practitioner's Approach", 7th ed., New York: Editorial McGraw-Hill, 2010.