

ISSN: 1657-0308 (Impresa)
E ISSN: 2357-626X (En línea)

FACULTAD DE DISEÑO

20

Vol.

Nro. 2 REVISTA DE ARQUITECTURA

REVISTA DE ARQUITECTURA VOL. 20 NRO. 2 - 2018

UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación

- Revista de Arquitectura (Bogotá)
- Vol. 20 Nro. 2 julio-diciembre 2018
- pp. 1-128 • ISSN: 1657-0308 • E-ISSN: 2357-626X
- Bogotá, Colombia

Arquitecto

A Orientación editorial

Enfoque y alcance

La *Revista de Arquitectura (Bogotá)* (ISSN 1657-0308 Impresa y E-ISSN 2357-626X en línea) es una publicación seriada de acceso abierto, arbitrada mediante revisión por pares (doble ciego) e indexada, en donde se publican resultados de investigación originales e inéditos.

Está dirigida a la comunidad académica y profesional de las áreas afines a la disciplina. Es editada por la Facultad de Diseño y el Centro de Investigaciones (CIFAR) de la Universidad Católica de Colombia en Bogotá (Colombia).

La principal área científica a la que se adscribe la *Revista de Arquitectura (Bogotá)* según la OCDE es:

Gran área: 6. Humanidades

Área: 6.D. Arte

Disciplina: 6D07. Arquitectura y Urbanismo

También se publican artículos de las disciplinas como 2A02, Ingeniería arquitectónica; 5G03, Estudios urbanos (planificación y desarrollo); 6D07, Diseño.

Los objetivos de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)* son:

- Promover la divulgación y difusión del conocimiento generado a nivel local, nacional e internacional
- Conformar un espacio para la construcción de comunidades académicas y la discusión en torno a las secciones definidas.
- Fomentar la diversidad institucional y geográfica de los autores que participan en la publicación.
- Potenciar la discusión de experiencias e intercambios científicos entre investigadores y profesionales.
- Contribuir a la visión integral de la arquitectura, por medio de la concurrencia y articulación de las secciones mediante la publicación de artículos de calidad.
- Publicar artículos originales e inéditos que han pasado por revisión de pares, para asegurar que se cumplen las normas éticas, de calidad, validez científica, editorial e investigativa.
- Fomentar la divulgación de las investigaciones y actividades desarrolladas en la Universidad Católica de Colombia.

Palabras clave de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)*: arquitectura, diseño, educación arquitectónica, proyecto y construcción, urbanismo.

Idiomas de publicación: español, inglés, portugués y francés.

Título abreviado: Rev. Arquít.

Título corto: RevArq

Políticas de sección

La revista se estructura en tres secciones correspondientes a las líneas de investigación activas y aprobadas por la institución, y dos complementarias, que presentan dinámicas propias de la Facultad de Diseño y las publicaciones relacionadas con la disciplina.

Cultura y espacio urbano. En esta sección se publican los artículos que se refieren a fenómenos sociales en relación con el espacio urbano, atendiendo aspectos de la historia, el patrimonio cultural y físico, y la estructura formal de las ciudades y el territorio.

Proyecto arquitectónico y urbano. En esta sección se presentan artículos sobre el concepto de proyecto, entendido como elemento que define y orienta las condiciones proyectuales que devienen en los hechos arquitectónicos o urbanos, y la forma como estos se convierten en un proceso de investigación y nuevo de conocimiento. También se presentan proyectos que sean resultados de investigación, los cuales se validan por medio de la ejecución y transformación en obra construida del proceso investigativo. También se contempla la publicación de investigaciones relacionadas con la pedagogía y didáctica de la arquitectura, el urbanismo y el diseño.

Tecnología, medioambiente y sostenibilidad. En esta sección se presentan artículos acerca de sistemas estructurales, materiales y procesos constructivos, medioambiente y gestión, relacionados con los entornos social-cultural, ecológico y económico.

Desde la Facultad. En esta sección se publican artículos generados en la Facultad de Diseño, relacionados con las actividades de docencia, extensión, formación en investigación o internacionalización, las cuales son reflejo de la dinámica y de las actividades realizadas por docentes, estudiantes y egresados; esta sección no puede superar el 20% del contenido.

Textos. En esta sección se publican reseñas, traducciones y memorias de eventos relacionados con las publicaciones en *Arquitectura y Urbanismo*.



Facultad de Diseño
Centro de Investigaciones - CIFAR

Universidad Católica de Colombia

Presidente
Édgar Gómez Betancourt
Vicepresidente - Rector
Francisco José Gómez Ortiz
Vicerrector Jurídico
Edwin de Jesús Horta Vásquez
Vicerrector Administrativo
Édgar Gómez Ortiz
Vicerrector Académico
Elvers Medellín Lozano
Director de Investigaciones
Edwin Daniel Durán Gaviria
Directora Editorial
Stella Valbuena García

Facultad de Diseño

Decano
Werner Gómez Benítez
Director de docencia
Jorge Gutiérrez Martínez
Directora de extensión
Adriana Pedraza Pacheco
Director de investigación
Hernando Verdugo Reyes
Director de gestión de calidad
Augusto Forero La Rotta

Comité asesor externo
Facultad de Diseño
Édgar Camacho Camacho
Martha Luz Salcedo Barrera
Samuel Ricardo Vélez

A Portada: Vista del edificio de la Philharmonie de París, inaugurado en enero de 2015 en el Parc de La Villette. Arquitecto Jean Nouvel. Fotografía: Andrés Ávila-Cómez (2018, abril)



A Frecuencia de publicación

Desde 1999 y hasta el 2015, la *Revista de Arquitectura (Bogotá)* publicó un volumen al año, a partir del 2016 se publicarán dos números por año en periodo anticipado, enero-junio y julio-diciembre, pero también maneja la publicación anticipada en línea de los artículos aceptados (versión Post-print del autor).

La *Revista de Arquitectura (Bogotá)* se divulga mediante versiones digitales (PDF, HTML, EPUB, XML) e impresas con un tiraje de 700 ejemplares, los tiempos de

producción de estas versiones dependerán de los cronogramas establecidos por la editorial.

Los tiempos de recepción-revisión-aceptación pueden tardar entre seis y doce meses dependiendo del flujo editorial de cada sección y del proceso de revisión y edición adelantado.

Con el usuario y contraseña asignados, los autores pueden ingresar a la plataforma de gestión editorial y verificar el estado de revisión, edición o publicación del artículo.

A Contacto

Dirección postal:
Avenida Caracas No. 46-72.
Universidad Católica de Colombia
Bogotá D.C. (Colombia)
Código postal: 111311

Facultad de Diseño
Centro de Investigaciones (CIFAR).
Sede El Claustro. Bloque "L", 4 piso
Diag. 46ª No. 15b-10
Editor, Arq. César Eligio-Triana

Teléfonos:
+57 (1) 327 73 00 – 327 73 33
Ext. 3109; 3112 o 5146
Fax: +57 (1) 285 88 95

Correo electrónico:
revistadearquitectura@ucatolica.edu.co
cifar@ucatolica.edu.co

Página WEB:
www.ucatolica.edu.co
vínculo Revistas científicas
http://publicaciones.ucatolica.edu.co/revistas-cientificas
http://editorial.ucatolica.edu.co/ojsucatolica/revistas_ucatolica/index.php/RevArq



Editorial

Av. Caracas N° 46-72, piso 5
Teléfono: 3277300 Ext. 5145
editorial@ucatolica.edu.co
www.ucatolica.edu.co
http://publicaciones.ucatolica.edu.co/

Impresión:

JAVEGRAF
Calle 46A N° 82-54 Int. 2
Bogotá, D. C., Colombia
http://www.javegraf.com.co/index.php
Agosto de 2018

Revista de acceso abierto,
arbitrada e indexada

Publindex: Categoría B. Índice Bibliográfico Nacional IBN.
Esci: Emerging Source Citation Index.
Doaj: Directory of Open Access Journals.
Redalyc: Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal.
SciELO: Scientific Electronic Library Online - Colombia
Redib: Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico.
Ebsco: EBSCOhost Research Databases.
Clase: Base de datos bibliográfica de revistas de ciencias sociales y humanidades.
Latindex: Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (Directorio y catálogo).
Dialnet: Fundación Dialnet - Biblioteca de la Universidad de La Rioja.
LatinRev: Red Latinoamericana de Revistas Académicas en Ciencias Sociales y Humanidades.
Proquest: ProQuest Research Library.
Mia: Matrix for the Analysis of Journals.
Sapiens Research: Ranking de las mejores revistas colombianas según visibilidad internacional.
Actualidad Iberoamericana: (Índice de Revistas) Centro de Información Tecnológica (CIT).
Google Scholar
Arla: Asociación de Revistas latinoamericanas de Arquitectura.

REVISTA DE ARQUITECTURA

Revista de Arquitectura (Bogotá)

Director
Werner Gómez Benítez
Editor
César Eligio-Triana
Editores de sección
Myriam Stella Díaz Osorio
Carolina Rodríguez-Ahumada
Anna Maria Cereghino Fedrigo

Equipo editorial

Coordinadora editorial
María Paula Godoy Casasbuenas
mpgodoy@ucatolica.edu.co
Diseño y montaje
Juanita Isaza
juanaisaza@gmail.com
Traductoras
Inglés
Erika Tanacs
etanacs25@gmail.com
Portugués
Roanita Dalpiaz
roanitad@gmail.com
Correctora de estilo
María José Díaz Granados M.
mariajose_dgm@yahoo.com.co
Página Web
Centro de investigaciones (CIFAR)
Distribución y canjes
Claudia Álvarez Duquino
calvarez@ucatolica.edu.co

Comité editorial y científico

Cultura y espacio urbano

Carlos Mario Yory, PhD
Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia
Sonia Berjman, PhD
ICOMOS-IFLA, Buenos Aires, Argentina
Juan Carlos Pérgolis, MSc
Universidad Piloto de Colombia. Bogotá, Colombia
Beatriz García Moreno, PhD
Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia

Proyecto arquitectónico y urbano

Jean-Philippe Garric, PhD, HDR
Université Paris I Panthéon-Sorbonne. Paris, Francia
Debora Domingo Calabuig, PhD
Universidad Politécnica de Valencia, España
Dania González Couret, PhD
Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba
Hugo Mondragón López, PhD
Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile
Juan Pablo Duque Cañas, PhD
Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia

Tecnología, medioambiente y sostenibilidad

Mariano Vázquez Espí, PhD
Universidad Politécnica de Madrid, España
Denise Helena Silva Duarte, PhD
Universidade de São Paulo (USP), Brasil
Luis Carlos Herrera Sosa, PhD
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México
Claudio Varini, PhD
Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia
Luis Gabriel Gómez Azpeitia, PhD
Universidad de Colima. Colima, México

CONTENIDO

Cultura y espacio urbano
Culture and urban space
Cultura e espaço urbano
10-35

Proyecto arquitectónico y urbano
Architectural and urban project
Projeto arquitetônico e urbano
36-61

Tecnología, medioambiente
y sostenibilidad
Technology, environment and sustainability
Tecnologia, meio ambiente e sustentabilidade
62-89

Desde la Facultad
From the Faculty
Da faculdade
90-109

Textos
Texts
Textos
110-126

Los artículos científicos como herramienta de aprendizaje en las escuelas de arquitectura

Carolina Rodríguez-Ahumada Pág. 3
ES

Paisaje urbano y espacio público como expresión de la vida cotidiana

Morella Briceño-Ávila Pág. 10
ES EN

Habitar la quebrada: conformación de gradientes en las trazas vernaculares de los sectores altos de Valparaíso

Omar Eduardo Cañete-Islas
Juan Luis Moraga-Lacoste
Felipe Mateo López-Flores Pág. 20
ES

Láminas cilíndricas en la arquitectura colombiana del siglo XX

Jorge Galindo-Díaz Pág. 36
ES EN

Retórica simbólica en el espacio arquitectónico

Una mirada antropológica de la casa en la sobremodernidad
Eska Elena Solano-Meneses Pág. 51
ES

Ecoenvolventes: análisis del uso de fachadas ventiladas en clima cálido-húmedo

Sara Luciani-Mejía
Rodrigo Velasco-Gómez
Roland Hudson Pág. 62
ES

Estrategias metodológicas de análisis urbano frente al cambio climático

Matriz para el diseño adaptativo en asentamientos informales
Adriana Patricia López-Valencia
Oswaldo López-Bernal Pág. 78
ES

Muro panel térmico estructural compuesto en guadua y cartón

Modelo experimental aplicado al clima de la zona cafetera
Renato Cassandro-Cajiao Pág. 90
ES EN

Continuidad y transformaciones de modelos pedagógicos en la École Polytechnique (1867-1910)

Estelle Thibault
Traductores
Andrés Ávila-Gómez
Diana Carolina Ruiz Pág. 110
ES

EDITORIAL

Los artículos científicos como herramienta de aprendizaje en las escuelas de arquitectura

Carolina Rodríguez-Ahumada
Universidad Católica de Colombia, Bogotá (Colombia)
Facultad de Diseño, Programa de Arquitectura

Rodríguez-Ahumada, C. (2018).
Los artículos científicos como herramienta de aprendizaje en las escuelas de arquitectura. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 20(2), 3-9. doi: <http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.2.2161>

doi: <http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.2.2161>



Arquitecta, Universidad Católica de Colombia, Bogotá.

Especialista en Gerencia de Obra, Universidad Católica de Colombia, Bogotá.

Magister en Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Editora de sección Proyecto Arquitectónico y Urbano en la Revista de Arquitectura.

<https://orcid.org/0000-0002-3360-1465>
crodriguez@ucatolica.edu.co

Resumen

Se propone un aporte a las reflexiones sobre la enseñanza, mediante el reconocimiento de los artículos científicos como herramienta de aprendizaje en las escuelas de arquitectura. Para ello, se recopilaron algunos documentos de índole teórico sobre la formación del arquitecto, cartas y acuerdos de organizaciones internacionales, publicaciones de trabajos estudiantiles y artículos de reflexión sobre la enseñanza. Asimismo, se realizó la ponderación de datos porcentuales sobre las temáticas disciplinares presentadas en los tres últimos años de publicación de la *Revista de Arquitectura*. En consecuencia, se enfatiza sobre la importancia del hacer en la formación del pensamiento, y se sugiere la aplicación de una metodología de trabajo académico de acompañamiento, basada en los procesos de escucha, diálogo, experimentación y reflexión, como acciones indispensables en los desarrollos proyectuales. Por último, se resalta la importancia del abordaje de los artículos científicos como ejercicio promotor del debate cognitivo y de actualidad en las aulas.

Palabras clave: alfabetización científica, conocimiento científico, difusión de conocimientos, enseñanza de la arquitectura, investigación aplicada, investigación formativa.

Scientific articles as a learning tool in architecture schools

Abstract

This paper aims to contribute to reflections on teaching, through the recognition of scientific articles as a learning tool in architecture schools. To this end, theoretical documents on the training of architects, letters and agreements of international organizations, publications of student works, and reflection articles about teaching were compiled. Likewise, weighted percentage data were presented on disciplinary topics published during the last three years in the *Revista de Arquitectura*. Consequently, the paper emphasizes the importance of "making" in thought formation, as well as it suggests the application of a complementary academic work methodology, based on processes of listening, dialogue, experimentation, and reflection, as fundamental actions in project development. Finally, it highlights the importance of using scientific articles as an exercise to promote cognitive and current debate in classrooms.

Keywords: Scientific literacy, scientific knowledge, dissemination of knowledge, teaching of architecture, applied research, formative research.

Os artigos científicos como ferramenta de aprendizagem nas escolas de arquitetura

Resumo

Propõe-se uma contribuição para as reflexões sobre o ensino, a partir do reconhecimento dos artigos científicos como ferramenta de aprendizagem nas escolas de arquitetura. Assim, foram recopilados alguns documentos de índole teórica sobre a formação do arquiteto, cartas e acordos de organizações internacionais, publicações de trabalhos estudiantis e artigos de reflexão sobre o ensino. Além disso, foi feita a ponderação de dados percentuais sobre as temáticas disciplinares apresentadas nos três últimos anos de publicação da *Revista de Arquitectura*. Portanto, faz-se ênfase na importância da prática na formação do pensamento e sugere-se a aplicação de uma metodologia de trabalho acadêmico de acompanhamento, baseada nos processos de escuta, diálogo, experimento e reflexão, como ações indispensáveis nos desenvolvimentos de projetos. Por último, destaca-se a importância da abordagem dos artigos científicos como exercício da promoção do debate cognitivo e da atualidade nas aulas.

Palavras-chave: alfabetização científica, conhecimento científico, difusão de conhecimentos, ensino da arquitetura, pesquisa aplicada, pesquisa formativa.

Recibido: junio 18 / 2018

Evaluated: agosto 3 / 2018

Aceptado: agosto 7 / 2018

Introducción

La formación del arquitecto permanece en debate. Entre variadas apreciaciones puestas en común en simposios y conferencias se han propuesto reflexiones sobre la importancia de formar arquitectos idóneos para ejercer la profesión. Sin lugar a dudas, estas reflexiones han estado a la par con las necesidades contemporáneas de la sociedad, lo cual ha establecido que constantemente las escuelas de arquitectura reformen sus maneras de actuación al respecto de la enseñanza (Ramírez, 2005), es por ello que el interés de este texto radica en brindar un aporte a estas reflexiones, mediante el reconocimiento de los artículos científicos como herramientas de aprendizaje en las escuelas de arquitectura. Estos documentos corresponden al interés global de generar la difusión del conocimiento a través de la inmediatez de la información, la cual debe ser presentada de manera clara, estructurada y, actualmente, vinculada a los medios de difusión electrónica, lo que contribuye, cada vez más apresuradamente, a la red de información mundial.

Estos aportes, que requieren incesantes actualizaciones, proponen en la academia un escenario que demanda ser abordado mediante debates y discusiones, y que necesita de la participación, no solo del docente, sino también y en mayor medida del estudiante universitario. Es él quien de manera autónoma debe ahondar en la investigación, ejerciendo su rol de aprendiz curioso a favor del rastreo del conocimiento, con la finalidad de autoformarse y ser, desde ya, partidario de las inquietudes disciplinares.

Asimismo, y entendiendo que la autoformación estructura la pericia en los argumentos, la capacidad de teorizar y la efectividad en la experimentación, se parte del principio de la necesaria integralidad del arquitecto propuesta por Vitruvio (1992 [1761]) al anunciar especialmente los conceptos de *significado* y el *significante* como cuestiones básicas requeridas.

Metodología

Tiene, como las demás artes, principalmente la *Arquitectura*, aquellas cosas de *significado* y *significante*. *Significado es la cosa propuesta a tratarse. Significante es la demostración de la cosa con razones científicas*. Por lo que, parece debe estar ejercitado en ambas, el que quiera llamarse *Arquitecto*. Deberá, pues, ser ingenioso y aplicado; pues ni el talento sin el estudio, ni este sin aquel, pueden formar un artífice perfecto (Libro I, capítulo I, p. 3).

En efecto, el arquitecto debe su formación a la habilidad mental de construir pensamientos críticos, basados en conocimientos teóricos, pero también a la destreza aprendida y adquirida en lo empírico. Consecuentemente, en el escenario académico se requiere promulgar la generación de aulas científicas que estén conformadas por áreas de trabajo manual, discursivo y cognitivo, en las que el material de trabajo contemple no solo herramientas de dibujo e instrumentos tecnológicos, sino también documentos clásicos y, en gran medida, aquellos de reciente publicación, como la carta abierta, para incorporarse a los estados de discusión sobre los temas disciplinares.

No obstante, las escuelas deberán integrarse a estos planteamientos y debates mundiales, aislándose de la idea de una academia individualizada. Esta conexión mundial de la enseñanza inicia cuando se tiene conocimiento de las actuaciones y los avances cognoscitivos de las escuelas locales, regionales e internacionales, condición actualmente posible con los adelantos tecnológicos en materia de redes de comunicaciones interconectadas.

Esta red de información mundial brinda la oportunidad de ver los avances gráficos, procedimentales y experimentales en torno a la profesión, pero también permite el acceso a la lectura de documentos resultado de investigación que en un alto porcentaje se encuentran disponibles mediante el acceso abierto (Eligio-Triana, 2016). Por tanto, el conocimiento adquirido a través de estas redes de información inmediata permite construir avances de manera rápida y conjunta, en virtud del interés por aportar a los conocimientos mundiales sobre la disciplina, procurando desde la academia la respuesta de la profesión a las exigencias de las organizaciones internacionales a presente y futuro.

De esta manera, la lectura de los avances científicos locales en el campo arquitectónico le permite al lector una mayor aproximación a los casos de estudio actuales, influenciado por los intereses reales de las comunidades cercanas, las estadísticas o datos soportados desde variadas experiencias y métodos investigativos, con la finalidad de formar un criterio objetivo y poder reflexionar sobre el campo académico y profesional, mediante un proyecto arquitectónico.

Con ello, la ciencia apoyada en la academia, y la academia apoyada en la ciencia, requieren múltiples estrategias de aprovechamiento por docentes y estudiantes, teniendo en cuenta que la lectura no implica la aceptación de los planteamientos, pero sí la potestad para establecer una postura y formación de pensamiento crítico, requerido actualmente en cualquier tema del ámbito nacional e internacional.

De esta manera, la mayor herramienta de avance disciplinar en todas las profesiones implica ser parte de una red de información que permita avanzar más rápidamente sobre cuestiones que quizá ya vienen siendo estudiadas y que bajo una mirada alterna, incluso desde otra parte del mundo, pueden llegar a convertirse en soluciones de gran impacto.

Esta reflexión se realiza a partir de una revisión documental de publicaciones relativas al aprendizaje, la teoría y la docencia, a las discusiones en reuniones profesoras sobre la actualización de las formas de enseñanza en las aulas de arquitectura, a las recomendaciones de formación que refieren las organizaciones internacionales, a las nacientes necesidades de autoformación y a los principios que contempla el ejercicio de divulgación de publicaciones con carácter científico.

Para ello se tuvieron en cuenta algunos documentos de índole teórico y reflexivo sobre la formación del arquitecto, especialmente en la categoría de Investigación¹ de la 17 Anual de Estudiantes de Arquitectura, convocada por la Sociedad Colombiana de Arquitectos (SCA, 2017); de igual forma, textos y reflexiones de obras clásicas, cartas de organizaciones internacionales y artículos de reflexión sobre la enseñanza actual. Del mismo modo, se extrajeron datos porcentuales de las temáticas disciplinares presentadas en los tres últimos años de publicación de la *Revista de Arquitectura*, y se revisaron epistemológicamente algunos planteamientos que delimitan esta reflexión.

Resultados

El proyecto desde la lectura de lo científico

Según la Unesco (2011), la formación del arquitecto requiere de una mirada realista de actualidad, apoyada en la situación local, regional e internacional; esto es posible siempre y cuando se asuman posturas de experimentación in situ y se aborden las investigaciones respectivas dentro del aula. Por consiguiente, para comenzar se debe recordar lo enunciado por Jorge Ramírez Nieto (2005) sobre la disimilitud ya vista desde hace una década entre los centros de investigación y los espacios de academia.

La creación de nuevo conocimiento proveniente de la investigación es un problema que se circunscribe, en la mayoría de los casos, al territorio –abierto– de las universidades y –cerrado– de los centros de investigación. Son estos dos universos que con frecuencia se perciben superpuestos pero que en la realidad viven procesos disímiles (p. 40).

Por tanto, la unificación entre el lenguaje de la comunidad investigativa y científica con el lenguaje en las aulas de clases, proyectos y talleres se reconoce como una necesidad que no ha llegado a una conciliación pragmática. Si bien socialmente el quehacer de los arquitectos se entiende como una acción que no es netamente intuitiva, no se ha hecho evidente la necesidad de abordar con mayor énfasis la consulta de bases de datos bibliográficas y, por ende, la lectura de artículos científicos, lo que ha causado una falla creciente en el manejo de la conceptualización y objetividad con la que deben ser tratados los distintos planteamientos de un grupo académico.

Por tal motivo, la visibilidad de estas investigaciones, ya sean básicas, aplicadas o de desarrollo experimental (OECD, 2015, p. 45), debe permanecer a la par de los procesos y las necesidades profesionales de la arquitectura para, también así, volver a la unificación de la academia con el quehacer arquitectónico, haciendo uso de la generación y el nuevo conocimiento. En consecuencia, la lectura de investigaciones

1 Conformada por tres subcategorías: 1) investigación previa al desarrollo del proyecto o “Investigación Proyectual”, 2) tecnología y 3) teoría, historia y crítica.

propende por el desarrollo de proyectos con posiciones críticas y reflexivas hacia la realidad inmediata, construyendo por efecto una posición profesional sobre los futuros intereses de investigación proyectual de los arquitectos en Latinoamérica.

De esta forma, la investigación se liga no solo a los intereses académicos cerrados o de estudiantes con inquietudes de estudios avanzados, sino también y en gran medida a la comunidad universitaria en general, proyectada a ejercerse profesionalmente en distintos campos de actuación; esto conlleva reconocer la distinción entre los aspectos de la investigación formativa y la formación en investigación, para lo cual se resalta el aporte de Ciro Parra (2004, p. 72), quien afirma que la primera es una estrategia pedagógica para el aprendizaje, mientras la segunda propende por brindar una estructura básica a favor de la indagación. Así, quien se forme en esta disciplina debe entender y ser ecuánime en ambos aspectos, adoptando metodologías de investigación que le permitan construir su propio conocimiento.

En consecuencia, este interés debe convertirse en la base de profesionalización básica que, encaminada a la concepción del espíritu científico al que Bachelard (2000) hizo referencia, permita la construcción del conocimiento mediante la opinión crítica y la acción empírica.

El espíritu científico nos impide tener opinión sobre cuestiones que no comprendemos, sobre cuestiones que no sabemos formular claramente. Ante todo, es necesario saber plantear los problemas. Y dígame lo que se quiera, en la vida científica los problemas no se plantean por sí mismos. Es precisamente este sentido del problema el que indica el verdadero espíritu científico. Para un espíritu científico todo conocimiento es una respuesta a una pregunta. Si no hubo pregunta, no puede haber conocimiento científico. Nada es espontáneo. Nada está dado. Todo se construye (p. 16).

Conforme a ello, la academia no puede estar inmersa en generalidades, suposiciones, en situaciones desactualizadas o simplemente en el hacer, sino que debe entremezclarse con hechos inmediatos de realidad como lo indican y requieren los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que buscan a nivel internacional, y a nivel de Latinoamérica y el Caribe², la coherencia y el entrelazamiento de los objetivos sociales con los educativos, y los científicos con los profesionales, como lo menciona la National Research Council.

In a world filled with the products of scientific inquiry, scientific literacy has become a necessity for everyone. Everyone needs to use scientific information to make choices that arise everyday. Everyone needs to be able to engage intelligently in public discourse and debate about important issues that involve science and technology³ (1996, p. 1).

Adicionalmente, las Naciones Unidas plantean la convocatoria Hábitat III, realizada en el 2016 en Quito, que reúne investigadores, profesionales y estudiantes con una agenda de discusión, debate y planteamiento sobre las acciones por realizar al respecto de la vivienda y el desarrollo urbano sostenible en la región (UN-Hábitat, 2016); a su vez, entidades locales como Colciencias consolidan publicaciones como el *Libro Ver-*

2 Por medio del Proyecto Regional de Educación para América Latina y el Caribe (Prelac).

3 “En un mundo lleno de productos de la indagación científica, la alfabetización científica se ha convertido en una necesidad para todos: todos necesitamos utilizar la información científica para realizar opciones que se plantean cada día; todos necesitamos ser capaces de implicarnos en discusiones públicas acerca de asuntos importantes que se relacionan con la ciencia y la tecnología” (traducción propia).

de 2030 (2018), en donde se plantean las políticas nacionales respecto a la ciencia y la innovación a favor del desarrollo sostenible en Colombia; todas ellas, temáticas básicas en los requerimientos de investigación y formación en arquitectura.

Ciertamente, es de señalar que las aproximaciones académicas de un taller de diseño deben lograrse desde los debates y las discusiones, como manera de aproximar la ciencia al aula de arquitectura, con la finalidad de lograr entornos investigativos con un lenguaje unánime y creciente, que pueda ser trasladado a congresos, simposios, investigaciones colaborativas, entre otros. Esta participación desde el aula de clase, y no solamente desde los grupos de investigación, procura que el concepto principal de la academia sea el de la reflexión, la posición crítica y resolutive a favor del mejoramiento de la sociedad y de la profesión, como fue planteado en la carta de Budapest (1999):

... que en el siglo XXI la ciencia debe convertirse en un bien compartido solidariamente en beneficio de todos los pueblos, que la ciencia constituye un poderoso instrumento para comprender los fenómenos naturales y sociales y que desempeñará probablemente un papel aún más importante en el futuro a medida que se conozca mejor la complejidad creciente de las relaciones que existen entre la sociedad y el medio natural (párr. 8).

Con todo, las aulas de clase demandan convertirse en aulas de ciencia a favor de la unificación de los saberes y de los procesos actuales llevados a cabo a nivel científico, indiscutiblemente pensados desde la mirada investigativa con la que los proyectos se ejecutan y desde la aproximación temática que la ciencia puede brindar al quehacer del arquitecto, principalmente desde su formación.

El taller, hacer y pensar

La estructura del planteamiento científico refiere a modelos de búsqueda, análisis y deducción, que pueden abordarse desde diferentes metodologías, pero deben realizarse con la mayor objetividad posible, entendiendo que la acción se basa en la información adquirida y cómo esta se puede llevar a reflexiones individuales y grupales a favor de la definición proyectual. Entonces, la principal estrategia de proyectación debe estar encaminada a realizar las observaciones necesarias, previamente a una ideación objetual, concibiendo un estado del arte y marco referencial que sea apoyado, a su vez, por el uso de artículos científicos que sitúen el pensamiento en las discusiones actuales, regionales e internacionales.

En consecuencia, será posible identificar aproximaciones con respecto a los siguientes interrogantes: ¿cómo se ha interpretado el problema?, ¿cómo se puede abordar? y ¿cuáles alternativas de solución existen?, uniéndose al debate de los investigadores y profesionales visibilizados por publicaciones en revistas indexadas o convocatorias disciplinares como las realizadas anualmente por la Sociedad Colombiana de Arquitectos, al convocar los resultados finales de carrera en las universidades colombianas, en la categoría de investigación,⁴ lo que extiende las posibilidades de abordaje discursivo con temas de estudio particularizados (Figura 1). Paralelo a ello, es posible revisar los intereses actuales de investigación, con especiales tendencias sobre estudios de casos urbanos, aproximaciones epistemológicas hacia

4 “Trabajos monográficos o experimentales que estudien y amplíen el conocimiento o la presentación de un proyecto con base en el método investigativo, rigor de procedimiento y presentación, aparte de los aportes de innovación y desarrollo” (SCA, 2017, p. 42).



Figura 1. Segundo y tercer puesto, categoría investigación, subcategoría tecnología. Publicadas en Replantea, 17 Anual de estudiantes
Fuente: SCA (2017, pp. 48, 50).

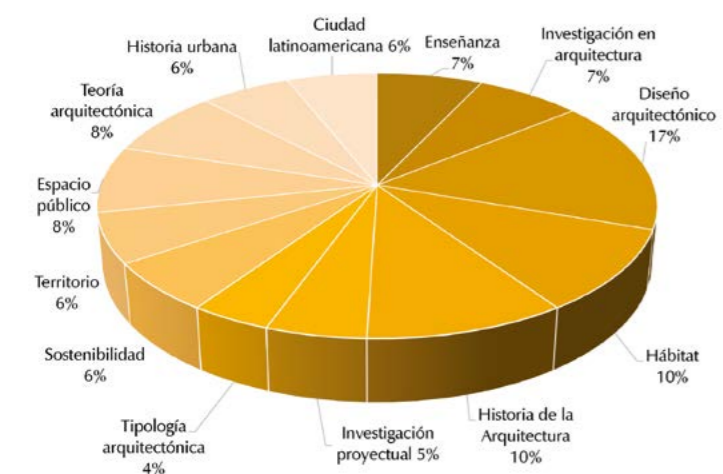


Figura 2. Porcentajes temáticos de artículos publicados en la Revista de Arquitectura, de acuerdo con las palabras clave asociadas
Fuente: elaboración propia, basada en los datos recopilados en el Open Journal System (OJS) de la Revista de Arquitectura, 2018.

la arquitectura, análisis de variables compositivas en objetos arquitectónicos específicos o sobre la incorporación de nuevos sistemas técnicos en las actividades constructivas, como lo demuestran las temáticas con mayor demanda para publicación en la Revista de Arquitectura, durante los tres últimos años (Figura 2).

De igual manera, dentro de las muchas investigaciones posibles en arquitectura, existen casos particulares que denotan un interés por la revisión y el análisis proyectuales sobre obras ideadas o construidas por arquitectos con trayectoria profesional, lo cual contribuye a la generación de un respaldo cognitivo hacia la acción formativa y, consecuentemente, proyectiva (Figura 3).

En efecto, una vez es abordado un objeto arquitectónico como referente de investigación para el ejercicio proyectual, se requiere ver las características y los comportamientos físicos mediante la observación propia, pero también, y en gran medida, lo que otros han observado, analizado y expuesto sobre el mismo referente. Estos análisis pueden variar en indagación debido al interés analítico o incluso a la diferencia en



la época en que fueron estudiados, por tanto, el lector queda inmerso en un panorama de discusión en el que de manera evaluativa participa para poder finalmente optar por generar alternativas resolutivas mediante el proyecto que concibe.

Cabe entonces resaltar que cada artículo trae consigo lo que Walter Benjamin llama constelaciones de conocimientos (2008 [1940]) formadas por variados documentos, desde textos clásicos hasta recientes aportes temáticos, lo cual permite que la lectura de los mismos se convierta en un dinámico enlazamiento de conocimientos que el estudiante debe dimensionar con apoyo del docente, como lo menciona Ramírez Nieto: "Allí, en la academia, el ámbito del conocimiento precedente (ahora muy frecuentemente denominado 'estado del arte') es una densa congregación de atmósferas que posibilita navegar en múltiples direcciones, dimensiones y amplitudes" (2005, p. 40), esto con el fin de ahondar de manera profunda en los intereses que a futuro regirán su labor intelectual y profesional.

Estas constelaciones están regidas por la inmersión del estudiante en el debate temático de su interés, lo que posteriormente lo llevará a participar activamente mediante el proceso de escucha y posterior diálogo, en donde dará razón de su punto de vista, y, finalmente, establecerá reflexiones que lo llevarán a experimentar (Figura 4).

A su vez, mediante la correlación entre las ciencias y el taller, es posible reflexionar, además, sobre cómo esta constelación de conocimientos se encuentra vinculada a métodos de difusión y exposición, lo cual puede llegar a brindar en la formación un esquema de trabajo con el cual se consoliden eficazmente los planteamientos. Estos métodos pueden ser recursivos a partir de la estructura básica de un artículo (introducción, metodología, resultados, discusión y conclusiones) y replicables en las actividades propias del diseño en el aula, con el fin de aprender sobre la necesaria claridad dentro los procesos creativos y, a su vez, acerca de los razonamientos que allí se elaboran (Figura 5).



Figura 3. Extracto del artículo "Cuerpos de una exposición: promedade architectural por la obra de Eduardo de Almeida"
Fuente: Vázquez-Ramos (2017, pp. 33-34).



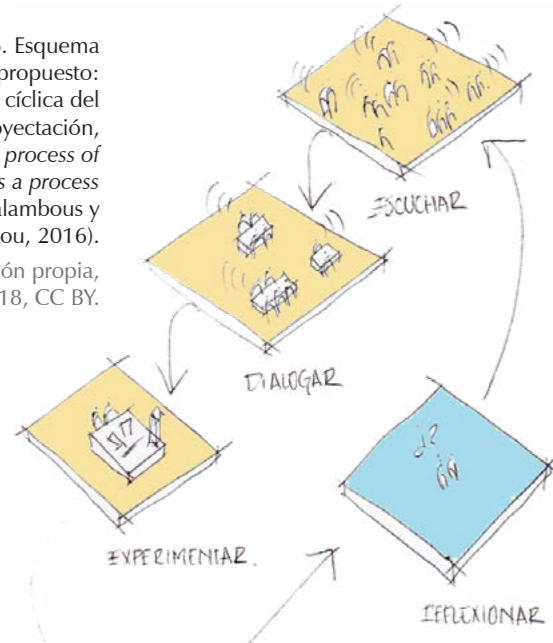
Figura 4. Esquema analógico de una constelación cognitiva (escuchar, revisión (dialogar) y ejercicios proyectuales (experimentar))
Fuente: elaboración propia, 2018, CC BY.

Figura 5. Comparativo de los procesos de proyectación, artículo y aprendizaje basado en problemas
Fuente: elaboración propia, 2018, CC BY.

Análisis previos	FASE 1	FASE 2	FASE 3	
	- Programación - Fase analítica	Proyectación	- Actuación - Realización/Gestión	Consideraciones desde la comunidad
Pregunta	Problema Hipótesis	Planteamiento	Pruebas Consideraciones	
Introducción	Metodología	Resultados	Discusión Conclusiones	
Lectura y análisis del escenario	- Objetivo - Esquema de trabajo - Datos	- Análisis - Planteamiento de resultados - Experimentación	Retroalimentación Evaluación	Lectura/Debate Consideraciones desde la comunidad

Figura 6. Esquema analógico propuesto: construcción cíclica del proceso de proyectación, basado en el *process of making as a process of thinking* (Charalambous y Christou, 2016).

Fuente: elaboración propia, 2018, CC BY.



En consecuencia, se resalta el uso de la estructura de los artículos científicos como una estrategia que ayuda a clarificar el proceso de diseño, y motiva el proceso de hacer (construir) como un proceso de pensamiento (Charalambous y Christou, 2016), esto con el objetivo de posibilitar insistentemente un ejercicio simultáneo de lectura, debate y experimentación de manera continua, hasta lograr los resultados esperados proyectualmente, a fin de crear un ciclo de enriquecimiento en la formación del estudiante.

Through the design studio, patterns of the design process occur, that demonstrate an explorative way of learning-by-doing, more specifically learning-by-making. This does not suggest the conventional way of understanding “making” as a way to represent or validate the “thinking process”, but rather suggest a more dynamic approach that elaborates the process of making as a process of thinking⁵ (2016, p. 377).

De manera conjunta, el proceso del hacer (elaborar o construir) ejecutado simultáneamente con el proceso de pensar, permite que el proyecto sea un procedimiento experimental en el que el autor tenga la posibilidad de aprender sobre sus propias acciones, soportado en la idea del hacer con el fin de pensar y pensar con la finalidad de hacer (Charalambous y Christou, 2016, p. 377), así, cada acción realizada se respalda en un estudio y reflexión teórica, al igual que cada teoría se apoya en la práctica.

A partir de lo anterior, el hacer no puede ser entendido como un resultado o producto final del pensamiento, sino como un actuar paralelo, ya que mediante este ejercicio dual se logran encausar las acciones y, a su vez, generar espontaneidad asentada en escenarios de reflexión y experimentación continua, esto vinculará al estudiante a un proceso de escucha, debate y experimentación que lo llevará finalmente a reflexionar y, posteriormente, requerir iniciar de nuevo el proceso para profundizar o clarificar ideas (Figura 6).

A partir de lo anterior, “tal enfoque metodológico, hacer para pensar, implica observación, improvisación y ejecución” (Charalambous y Christou, 2016, p. 377), por tanto, la metodología de trabajo puede incorporar la lectura y la observación como mecanismos de escucha y diálogo, y, finalmente, la constatación sobre la marcha como operatividad en el ejercicio de la experimentación.

⁵ “A través del estudio de diseño se producen patrones en el proceso de diseño, que demuestran una forma exploratoria de learning-by-doing, más específicamente learning-by-making. Esto no sugiere la forma convencional de entender ‘hacer’ como una forma de representar o validar el ‘proceso de pensamiento’, sino más bien sugiere un enfoque más dinámico que elabora el proceso de hacer como un proceso de pensamiento” (traducción propia).

A menudo se recurre a la teoría como un ámbito de verdades autónomas, capaz de sobrevivir sin ningún sobresalto que plantee la práctica: así, quienes se dedican a “la teoría” suelen verla como una alternativa inmaculada de la práctica. No; a eso lo llamo práctica discursiva, capaz de desarrollarse con independencia de la arquitectura, como se ha visto en las últimas décadas, pero sin otra incidencia en el proyecto que el efecto negativo de inhibir el juicio (Piñón, 2016, p. 8)

Estos procesos requieren de la interacción grupal para alcanzar los objetivos en escenarios reales. Por ende, ambos propenden por el trabajo en equipo y la colaboración dinámica entre diversos actores y, al igual que las investigaciones, si no son dadas a conocer probablemente no puedan llegar a niveles más avanzados y, en consecuencia, no puedan ser de mayor utilidad.

Discusión

Conforme a lo planteado en uno de los objetivos de la *Revista de Arquitectura*, a partir del cual se busca “potenciar la discusión de experiencias e intercambios científicos entre investigadores y profesionales”, se plantea un marco de encuentro entre los distintos niveles de formación y profesionalización que busca conectar al investigador con el escritor y, finalmente, con el lector, recordando que,

Sin duda, la mayoría de las personas habrá oído esta pregunta: si un árbol cae en un bosque y no hay nadie que lo oiga caer, ¿hace ruido? La respuesta correcta es “no”. El sonido es algo más que “ondas de presión” y, en realidad, no puede haber sonido sin un oyente (Day, 2005, p. 1).

A partir de ello, el proyecto prima en la medida en la que se va construyendo como una fuente de conocimiento inagotable, que puede llevar a transformarse de manera continua mediante la experimentación y la contextualización investigativa. Esta fuente de conocimiento debe transmitirse claramente y sin limitaciones de lectura, sin restricciones y con asequibilidad, de tal manera que sea posible incentivar la reflexión en torno a los temas tratados y ampliamente estudiados por quienes los exponen, a fin de construir una red de información aplicable sobre la práctica y dentro de las aulas.

La investigación académica crea nuevo conocimiento porque da cuenta de la vida, se nutre de emociones y relatos, genera y se explica a través de imágenes, es decir, a través de la producción de estímulos que tocan aquellas percepciones que guardamos y, algunas veces, llevamos olvidadas en nuestro interior (Pérgolis y Valenzuela, 2013, p. 3)

Es por ello que lo transmitido por investigadores establece una interacción con lo existente y estructura las pautas para una investigación propia, con repercusión no solamente en el producto como proyecto, sino también en la mentalidad de quien lo produce; de esta manera se inhibe el estancamiento del crecimiento espiritual, como lo menciona Bachelard (2000) al explicar que “llega un momento en el que el espíritu prefiere lo que confirma su saber a lo que lo contradice, en el que prefiere las respuestas a las preguntas. Entonces el espíritu conservativo domina, y el crecimiento espiritual se detiene” (p. 17). Así que, si se permite que el proyecto se convierta en un acto obstinado y lineal⁶, se pueden llegar a limitar las

⁶ Véase también la explicación que al respecto hace Umberto Eco, cuando se refiere a “operaciones que habrán de ser actos de decisión responsable, de valoración ajustada de las formas, de sus elementos constitutivos, de las configuraciones que pueden asumir, y, por ello, de las bases ideológicas que las han de justificar. Objetos móviles y abiertos que con la variación del aparato retórico postulan la reestructuración del aparato ideológico, como la variación de las formas de uso conduce a una variación de la manera de pensar, de ver las formas en el contexto más amplio del obrar humano” (1986, pp. 277-278).

posibilidades de crecimiento disciplinar y profesional, sin dar opción a la generación de lo no existente y, por ende, al conocimiento en las aulas.

Conclusiones

Es necesario precisar que, en la vinculación de estos saberes investigativos en la formación, se busca que el arquitecto ejerza como profesional con capacidad crítica e implicado en la solución de problemáticas reales, que requieren de ideas claras, precisas y mejoradas, por tanto, “mientras haya un sujeto capaz de reconocer, habrá un ojo que, a la vez que percibe una realidad existente, construye una realidad nueva” (Piñón, 2007, párr. 29). Luego, es el estudiante en el aula de clase quien, desde que inicia su formación, debe elaborar un pensamiento constructivo, edificando una academia desde lo que originalmente significa para la sociedad, es decir, como un escenario de discusión, debate, generación de nuevos conocimientos y análisis de avances investigativos que requieren aplicación en la sociedad.

A favor de esos nuevos conocimientos, se sugiere que en las escuelas de arquitectura en Latinoamérica se incursione en la participación científica, pero con más vehemencia desde las aulas de clase, para articular las preocupaciones locales con soluciones producto de la rigurosidad adquirida en los talleres, como lo mencionan Nadia Charalambous y Natasa Christou:

Referencias

- Bachelard, G. (2000 [1938]). *La formación del espíritu científico* (23 ed.; B. Echeverría y J. Babini, trads.). México: Siglo Veintiuno.
- Benjamin, W. (2008 [1940]). *Tesis sobre la historia y otros fragmentos* (B. Echeverría, trad.). México: Itaca.
- Charalambous, N. y Christou, N. (2016). Re-adjusting the objectives of architectural education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 228, 375-382. doi: <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.07.056>
- Colciencias (2018). *Libro verde 2030. Política nacional de ciencia e innovación para el desarrollo sostenible*. Resolución 0674 del 9 de julio de 2018. Política nacional de ciencia e innovación. Bogotá: Gobierno de Colombia. Recuperado de <http://files.constantcontact.com/b884f834401/7cd9f0a0-433d-4d55-9f24-5c8ffe82273b.pdf>
- Day, R. A. (2005). *Cómo escribir y publicar trabajos científicos* (3 ed. en español). Washington: The Oryx Press y Organización Panamericana de la Salud. Recuperado de http://www.smschile.cl/portal/documentos/varios/como_escribir_trabajos_cientificos.pdf
- Eco, U. (1986 [1968]). *La estructura ausente*. (3 ed.; F. Serra Cantarell, trad.). Barcelona: Casa Editrice Valentini Bompiani & C.S.
- Eligio-Triana, C. (2016). Acceso abierto un compromiso de todos. Retos para el presente. *Revista de Arquitectura*, 18(1), 3-5. doi: <http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2016.18.1.1>
- Morales, P. y Landa, V. (2004). Aprendizaje basado en problemas / Problem-Based Learning (Revisión). *Theoria*, 13, 145-157. Recuperado de <http://www.ubiobio.cl/theoria/v13/13.pdf>
- National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: The National Academies Press. doi: <https://doi.org/10.17226/4962>
- OECD (2015). *Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development. The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities*. Paris: OECD Publishing. doi: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264239012-en>
- Parra, C. (2004). Apuntes sobre la investigación formativa. *Educación y Educadores*, 7, 57-77. Recuperado de <http://educacionyeducadores.unisabana.edu.co/index.php/eye/article/view/549>
- Pérgolis, J. y Valenzuela, J. (2013). El juego de los puntos o cómo evaluar una investigación en arquitectura. *Revista de Arquitectura*, 15(1), 3-5. doi: <http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2013.15.1.1>
- Piñón, H. (2007). *Reflexión sobre la docencia de la arquitectura*. Ponencia presentada en la Conferencia inaugural del 2º semestre de 2007, 03 de septiembre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Recuperado de <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/08.089/195>
- Piñón, H. (2016). *Arquitectura del proyecto. Escritos y Conferencias*. Helio-Piñón.org. Recuperado de https://helio-pinon.org/escritos_y_conferencias/det-arquitectura_del_proyecto_i71050
- Quaroni, L. (1980 [1977]). *Proyectar un edificio. Ocho lecciones de arquitectura*. Madrid: Xarait Ediciones.
- Ramírez Nieto, J. (2005). La investigación en la carrera de Arquitectura de la Universidad Nacional, 1937-1965. Una lectura de las actas de Consejo de la Facultad. *Ensayos: Historia y Teoría del Arte*, 0(10), 37-56. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ensayo/article/view/45830>
- Sociedad Colombiana de Arquitectos (SCA) (2017). 17º anual de estudiantes de arquitectura. *Replanteo*, 17, 42-55. Recuperado de <http://scabogota.org/wp-content/uploads/2018/07/REVISTA-REPLANTEO-17.pdf>
- Unesco (2011). *Carta Unesco/UIA de la formación en arquitectura*. Tokio, Asamblea General de la Unión Internacional de Arquitectos. Recuperado de <http://docplayer.es/12590963-Carta-unesco-uia-de-la-formacion-en-arquitectura.html>
- Unesco - ICSU (1999). *Declaración de Budapest. Declaración sobre la Ciencia y el uso del saber científico*. Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI: un nuevo compromiso. Hungría: Unesco - ICSU. Recuperado de <https://www.oei.es/historico/salactsi/budapestdec.htm>
- UN-Hábitat (2016). *Conferencia Habitat III. La nueva agenda Urbana*. Quito: UN-Hábitat. Recuperado de <http://habitat3.org/wp-content/uploads/Brochure-Español-Web-final.pdf>
- Vázquez-Ramos, F. (2017). Cuadros de una exposición: *promenade architectural* por la obra de Eduardo de Almeida. *Revista de Arquitectura*, 19(2), 28-43. doi: <http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2017.19.2.78>
- Vitruvio, M. L. (1992 [1761]). *Los diez libros de arquitectura* (J. Ortiz y Sanz, trad.). Madrid: Akal.

Paisaje urbano y espacio público como expresión de la vida cotidiana

Morella Briceño-Ávila

Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Ibarra (Ecuador)
 Escuela de Arquitectura

Briceño-Ávila, M. (2018). Paisaje urbano y espacio público como expresión de la vida cotidiana *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 20(2), 10-19. doi: <http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.2.1562>

<http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.2.1562>



Arquitecta, Facultad de Arquitectura y Artes, Universidad de Los Andes, Mérida (Venezuela).

MSc en Desarrollo Urbano Local, Mención Diseño Urbano, Universidad de Los Andes, Mérida (Venezuela).

Doctora en Ciencias Humanas, Facultad de Humanidades y Educación, Universidad de Los Andes, Mérida (Venezuela).

Docente e Investigadora (2016-2018) en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, sede Ibarra.

<https://scholar.google.es/citations?user=bbj38jQAAAAJ&hl=es&oi=ao>

<http://orcid.org/0000-0002-7019-9022>

mbafaaula@gmail.com

Resumen

Dado que el paisaje urbano es la expresión de todo lo que es posible percibir en los espacios públicos de la ciudad, el análisis de los atributos urbanos permite identificar patrones, secuencias y unidades del paisaje urbano que conducen a establecer criterios de diseño en términos de calidad visual. Se propone el estudio de los atributos de la calidad visual y funcional del paisaje urbano, entre los que se destacan atributos físicos como: configuración físico-espacial, actividades, biodiversidad y diversidad; y atributos psicológicos como: integridad física y expresión estética, aplicados a la valoración y el diseño del espacio público en un sector del centro histórico de la ciudad de Mérida (Venezuela). Bajo el enfoque metodológico de la construcción multidimensional del paisaje urbano, se explican los aspectos conceptuales que inciden en la percepción del espacio público, en relación con los atributos del espacio urbano. La comprensión observada plantea futuros aspectos que demuestran su utilidad para realizar propuestas de investigación y diseño sobre el paisaje urbano.

Palabras clave: análisis urbano, diseño urbano, ecología humana, espacio colectivo, indicadores urbanos, percepción urbana.

Urban landscape and public space as an expression of everyday life

Abstract

Given that urban landscape is the expression of everything perceivable in a city's public spaces, the analysis of urban attributes allows identifying patterns, sequences, and units in the urban landscape that lead to establishing design criteria in terms of visual quality. The paper proposes to study the attributes of the visual and functional quality of urban landscapes, including physical attributes: physical-spatial configuration, activities, biodiversity and diversity; as well as psychological attributes: physical integrity and aesthetic expression, which are applied to the assessment and design of public spaces in a sector of the historic center of the city of Mérida (Venezuela). The methodological approach of the multidimensional construction of urban landscapes is used to explain conceptual aspects that affect the perception of public spaces, in relation to the attributes of urban space. This assumption suggests further aspects that demonstrate its usefulness for future research and design proposals on urban landscape.

Keywords: Urban analysis, urban design, human ecology, collective space, urban indicators, urban perception.

Paisagem urbana e espaço público como expressão da vida cotidiana

Resumo

Dado que a paisagem urbana é a expressão de tudo o que é possível perceber nos espaços públicos da cidade, a análise dos atributos urbanos permite identificar padrões, sequências e unidades da paisagem urbana que conduzem ao estabelecimento de critérios de desenho em termos de qualidade visual. Este trabalho propõe o estudo dos atributos da qualidade visual e funcional da paisagem urbana, entre os quais são destacados atributos físicos como: configuração físico-espacial, atividades, biodiversidade e diversidade; e atributos psicológicos como: integridade física e expressão estética, aplicados à avaliação e ao desenho do espaço público em um setor do centro histórico da cidade de Mérida (Venezuela). Com base no enfoque metodológico da construção multidimensional da paisagem urbana, os aspectos conceituais que incidem na percepção do espaço público são explicados, no que diz respeito aos atributos do espaço urbano. A compreensão observada propõe futuros aspectos que demonstram a sua utilidade para realizar propostas de pesquisa e desenho sobre a paisagem urbana.

Palavras-chave: análise urbana, desenho urbano, ecologia humana, espaço coletivo, indicadores urbanos, percepção urbana.

Recibido: septiembre 18 / 2017

Evaluado: mayo 27 / 2018

Aceptado: julio 30 / 2018

Introducción

Este artículo plantea la relación entre el concepto de paisaje urbano y el espacio público, entendido como el lugar donde se expresan los distintos atributos inherentes a la dimensión humana, desde su condición física y psicológica.

A fin de ilustrar la comprensión y utilidad de esta relación, se presenta el análisis y diseño realizado por un grupo de estudiantes del séptimo semestre de Arquitectura de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de Los Andes, Mérida (Venezuela). El trabajo fue realizado en la asignatura Taller de Diseño Arquitectónico 70, una vez vistas las asignaturas que complementan la comprensión del enfoque planteado para el taller, pues junto con el Taller 80, forman parte del ciclo de síntesis de la carrera, previo a la realización del trabajo especial de grado.

El enfoque planteado tuvo por objetivo abordar el estudio del contexto para tomar decisiones de diseño arquitectónico y la complejidad creciente de variables que le afectan.

Este tipo de estudios se realiza actualmente bajo la coordinación de la autora, en el centro histórico de la ciudad de Ibarra (Ecuador), para determinar la estructuración físico-espacial a partir del análisis de la calidad visual de su paisaje. Adicionalmente, el método se ha aplicado en la asignatura de Taller de Arquitectura con estudiantes del séptimo nivel de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, sede Ibarra.

Se sostiene la hipótesis de que el estudio de los atributos del paisaje urbano deriva en un diagnóstico orientado a la toma de decisiones de diseño sobre el espacio público de la ciudad, lo que aumenta su calidad visual.

De acuerdo con distintos autores (Borja, 2002; Rodríguez, 2005; Segovia y Jordán, 2005), el espacio público es el lugar de convivencia, encuentro y equidad social, pues allí coexisten los ciudadanos. Por otra parte, refleja la evolución de la dimensión humana desde lo social, cultural, económico, político y natural, asociada a la identificación de un sistema de valores antrópicos y naturales (McHarg, 2000). Su configuración y diseño ha sido producto, a lo largo de la historia, tanto de los urbanistas y arquitectos como de las propias acciones de los ciudadanos, al crearlos, transformarlos y adaptarlos, motivados por sus deseos y sus necesidades, en procura de un "espacio común, colectivo", en el sentido expuesto por Arias-Romero *et al.* (2016, p. 10).

La dimensión social integra el nivel educativo, los valores, la moral, la ética y las aspiraciones que inciden en el comportamiento humano. En

grupo y como ser individual, el hombre exterioriza sus necesidades en el medio que le rodea. La dimensión cultural comparte con la esfera de los valores, las tradiciones, las costumbres, las expresiones artísticas, la historia y la evolución humana de cada lugar, lo que conduce y fortalece la apropiación y el sentido de pertenencia. La dimensión económica está motivada por la necesidad de intercambio que lleva a la interacción humana y produce dinámicas urbanas particulares en los espacios públicos. La política proporciona al individuo y a los grupos una oportunidad para participar en la toma de decisiones, y expresar sus ideas en y sobre el manejo de los espacios públicos de la ciudad. Finalmente, no menos importante, la dimensión natural representa la condición primigenia del hombre desde su sensibilidad hacia la biodiversidad.

Este planteamiento reconoce un enfoque estructural orientado a la "construcción multidimensional del paisaje urbano sostenible", descrito por Briceño, Owen y Contreras (2011, p. 100), donde "el espacio público deja de ser un instrumento de cohesión física de la ciudad, para convertirse en una estrategia activa y permanente de discusión en todas sus dimensiones, abriendo paso a un debate cultural sobre el espacio público y, en consecuencia, al derecho sobre este" (Arias-Romero *et al.*, 2016, p. 13).

Para hacer operativo el enfoque, las secuencias y unidades constituyen conceptos clave para el tratamiento estructurado del paisaje desde su espacio público. Cada unidad, determinada a la luz del estudio de los atributos, facilita el proceso de análisis y diseño. La secuencia aporta a un fin mayor, logra la interconexión de los espacios urbanos y mejora su expresión estética, consecuentemente, su calidad (Matsuoka y Kaplan, 2008; Lynch, 1992; Cullen, 1974; Rapoport, 1974).

La incorporación del estudio de los atributos del paisaje urbano contribuye a comprender la complejidad urbana como resultado de acciones emprendidas por el hombre que, para bien o para mal, determinan lo que ocurre en el espacio público de la ciudad.

Un paisaje urbano que refleja su vocación y es agradable a la vista de las personas expresa los procesos de adaptación del hombre al entorno que habita. Con acciones integrales sobre el espacio público, a la vez que respetuosas de cada realidad encontrada, se mejora la calidad de vida de quienes disfrutan de ellos, los ciudadanos. Comprender el paisaje urbano en centros históricos como el presentado aquí, constituye un instrumento clave para administrar el patrimonio, en una realidad dinámica y cambiante.

Este artículo está disponible en inglés en la página web de la Revista de Arquitectura
 doi: <http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.2.1562>
 Urban landscape and public space as an expression of everyday life



Ámbito teórico-conceptual

Percepción del espacio público

Condicionado o motivado por las dimensiones social, cultural, económica, política y natural, el espacio que recorre el hombre está a su vez limitado por las características que exhibe y la forma de desplazamiento. En un trayecto se perciben formas, colores, mucho o poco nivel de detalle según el medio de transporte que se utilice; las vistas amplias y cortas van proporcionando información, de acuerdo con la ubicación de quien observa. De aquí que el espacio público existe desde su calidad, por y para quienes se desplazan caminando, esa es su principal prioridad, la razón de su existencia, planificación y diseño: el peatón.

El interés primordial recae, por una parte, sobre el usuario, por otra, sobre las cualidades formales y características funcionales del espacio. De las distintas sensaciones que despiertan los espacios de la ciudad dependerá el estímulo que sientan las personas para recorrerlos; el diseño de los espacios públicos debe orientarse a persuadir e invitar a los peatones a transitar por ellos.

Los objetivos de diseño del espacio público se orientan en dos planos, el físico-objetivo, que busca comprender las imágenes del entorno donde los distintos elementos y conjuntos lucen sus características concretas; y el psicológico-subjetivo, orientado a aprehender la mediación existente entre el observador y lo observado, como “fenómeno humano y ambiental” (Nassauer, 2012, p. 222). Los valores, la cultura y la formación son parte de las características humanas que condicionan y pueden afectar lo percibido, incluso el estado de ánimo; el placer y la exaltación (Russell, 1980), y la relación afectiva con el paisaje pueden incidir en el juicio de la experiencia (Chenoweth y Gobster, 1990).

En un sentido objetivo, el espacio público reúne condiciones y una diversidad de elementos que generan respuestas en las personas e inciden en su comportamiento. En un sentido subjetivo, la noción del paisaje se remite a la percepción de objetos conformantes de una realidad inmutable que llevan a aprehender, responder e interpretar la realidad. Según Gavrilidisa et al. (2016), ambos sentidos se corresponden con la perspectiva dada desde el ambiente y el paisaje, respectivamente. Estas ideas son integradas a través de los atributos físicos y psicológicos considerados para el estudio de la ecología y estética del paisaje urbano y su calidad visual (Briceño, 2009), con el enfoque que se presenta en este trabajo.

Los estudios acerca de la calidad del espacio público, en relación con los factores inherentes al hombre y su manera de percibir el entorno, se asocian con enfoques precedentes relacionados con el comportamiento humano, esto supone observar lo que hacen las personas al fijar la atención sobre lo que les satisface. Al cumplir

con tal precepto se “desencadena la apropiación y el sentido de pertenencia” planteadas por Sevilla-Buitrago (2014, p. 56). Efectivamente, observar de manera cuidadosa el comportamiento de las personas, qué hacen, por qué, cómo y cuánto usan el espacio, con quién comparten, entre otras, son cuestionamientos que fundamentan las investigaciones de los urbanistas daneses Jan Gehl (2005), Jan Gehl, Lars Gemzøe, Sia Karnaes y Britt Sternhagen Sønndergaard (2006).

Al definir los espacios urbanos como lugares significativos de dominio colectivo, indispensables para el desarrollo de las ciudades y su integración con los habitantes, estos urbanistas desarrollan doce principios que contribuyen a evaluar cuándo un lugar califica o no como un buen espacio público. Estos son: protección contra el tráfico, seguridad, protección contra experiencias sensoriales desagradables, espacios para caminar, espacios de permanencia, lugares donde sentarse, posibilidad de observar, oportunidad de conversar, lugares para ejercitarse, escala humana, posibilidad de aprovechar el clima y una buena experiencia sensorial.

Tales criterios se utilizan para el diseño de los futuros espacios públicos o en lugares ya existentes con algunas deficiencias, como por ejemplo, ausencia de iluminación, de bancos para sentarse, de elementos de protección contra el sol o la lluvia, vistas desagradables, entre otros. Al emprender cualquier proyecto de esta naturaleza, Jan Gehl (2005) plantea que se debe buscar que las personas informen sobre las necesidades que no pueden cumplir en sus ciudades para luego expresar lo que les hace falta para satisfacerlas.

Sin duda, estos criterios remiten al plano psicológico. Se procura que el espacio público pueda brindar sensaciones de protección, seguridad, comodidad, accesibilidad, libertad, placer, sorpresa. Estas pueden conducir tanto a facilitar la labor del diseñador sobre la elaboración de proyectos específicos con una orientación conceptual desde las modalidades de percepción, como a evaluar las preferencias de las comunidades para satisfacer necesidades, o estudiar el impacto de proyectos, su evolución y posibles mejoras en el tiempo. Este último aspecto se integra a la noción espacio-temporal de los atributos del paisaje urbano, en relación con la calidad visual y los conceptos de diseño, que forman parte del proceso de análisis e intervención en sectores, configuran secuencias y estructuran las imágenes del marco visual urbano.

Toda intervención conlleva establecer relaciones entre el observador y las cualidades del paisaje, sus elementos, a través de la escala y la proporción, las características del recorrido, las superficies sobre las cuales se desplazan las personas, los objetos que ofrecen confort y los que animan los espacios públicos, bien sea por su utilidad o por la belleza a la que contribuyen. Todo lo cual se percibe en distancias accesibles al cuerpo y visión humana.

Atributos del paisaje urbano observados en el espacio público

El espacio público es, entonces, el dominio de lo colectivo, “el lugar utilizado por el público” (Maimunah et al., 2015, p. 363); calles, plazas, parques, entre otros, representan para el hombre este concepto urbano. Los atributos ecoestéticos del paisaje se enfocan en la relación entre el espacio y quien lo observa, el carácter objetivo y subjetivo.

La interacción de las personas con su mundo exterior se presenta atada a las modalidades de percepción visual, auditiva, olfativa, táctil y cinestésica. Aunque la percepción visual aporta el 80% de la información que proviene del mundo exterior, fundamental para aprehender la cohesión de los conjuntos urbanos, hay otros factores que afectan de manera notable la calidad de los espacios. Por ejemplo, un recorrido puede observarse muy cohesivo, no obstante, al poseer una superficie incómoda para caminar, termina por afectar negativamente la percepción que induce. Al no complementar, o al interferir sobre la función que ha de cumplir el espacio, la calidad puede verse disminuida.

En el análisis de los atributos se sostiene que ellos definen y permiten conceptualizar el paisaje desde su calidad visual (Briceño, 2009; Briceño et al., 2012), para formar una estructura que se puede analizar por medio de sus componentes. Cuando el énfasis se dirige al espacio público, este se observa como contenedor de la vida pública materializada en calles, cruces y espacios abiertos, en un “complejo conjunto de formas y funciones” que promueve la vitalidad del espacio público urbano (Jalaladdini y Oktay, 2012, p. 665), y es aprehendido como expresión de la vida cotidiana. En tales lugares se centra el interés del análisis visual y funcional, y se interpretan los elementos, patrones, unidades, cambios, tendencias que favorecen la calidad visual en espacio y tiempo.

Los atributos de *configuración espacial, actividades, diversidad, biodiversidad, integridad física y expresión estética*, a partir del análisis y diagnóstico de sus indicadores y variables, derivan en acciones concretas de intervención en tres momentos: corto, mediano y largo plazo que, ilustrados a través de secuencias, facilitan visualizar los cambios introducidos a través del diseño.

Ámbito espacial

Caso de estudio: análisis de atributos del paisaje urbano y el espacio público en el sector Milla de la ciudad de Mérida, Venezuela

El énfasis del taller, centrado en el análisis de los atributos ecoestéticos del paisaje urbano, sus indicadores y variables, da cuenta de un enfoque *descriptivo, afectivo y valorativo*. Los atributos físicos son: configuración físico-espacial, activida-

des, biodiversidad y diversidad; los psicológicos se asocian con la integridad física y la expresión estética sobre la belleza y utilidad. Estos se pueden consultar en Briceño et al. (2011, 2012).

Metodología

Si bien el enfoque se ilustra por medio de los resultados de un ejercicio, su aplicación se ha desarrollado horizontal y verticalmente en niveles de Taller 40 y 70, con distintas secciones o paralelos. El trabajo inicia con la difusión de contenidos teórico-conceptuales y metodológicos, compartiendo en las evaluaciones los resultados obtenidos conforme al nivel de complejidad que implica cada Taller de Diseño Arquitectónico.

El ejercicio comprende cuatro fases: levantamiento de información, análisis y diagnóstico en la escala de ciudad y de sector en su fase 1; diseño estructurante en su fase 2 (escala 1:500), diseño de sector (detonante) en su fase 3 (escala 1:250) y diseño arquitectónico en la fase 4. Cada una de estas fases se destina a comprender la interacción entre la ciudad, como un todo, y el sector seleccionado para realizar el estudio y diseño específicos.

La experiencia, incluido el análisis de los atributos del paisaje, se desarrolló desde el año 2012 con estudiantes de taller, con diferentes resultados en distintos sectores de la ciudad de Mérida. La rigurosidad en el levantamiento de información específica, a través del diseño y la incorporación al modelo planteado por Briceño y Gómez (2011) de fichas técnicas para facilitar el análisis posterior de cada aspecto o concepto tratado en clase fue fundamental.

Resultados

Se comenzó por definir los distintos conceptos y como ejemplo se expuso el caso del sector Milla ubicado en el casco central de la ciudad de Mérida (figura 1), lugar que marca una parte importante de la identidad histórica de la ciudad.

Se seleccionaron algunas figuras que ilustran la información del análisis realizado por los estudiantes, posteriormente se expone la propuesta de diseño.

Desde el atributo de *configuración físico-espacial*, los espacios públicos se definen por sus planos horizontal y vertical. En ellos, los objetos ubicados alrededor dan forma al fondo y generan un espacio urbano contenido de acuerdo con la proximidad, la regularidad y la altura proporcional de elementos que otorgan la referencia vertical necesaria para que el sujeto se pueda ubicar dentro del espacio e identificarlo. Más allá de la estética de un edificio o el estilo adoptado, la forma arquitectónica en la ciudad puede contribuir a crear o desarticular el espacio público. Por una parte, la *configuración* se muestra a través de planos de figura-fondo-grano, figura-fondo-manzana y figura-fondo-espacios abiertos,



Figura 1. Ciudad de Mérida, sector Milla
Fuente: elaboración propia sobre imagen satelital de Google Maps, 2017. ©

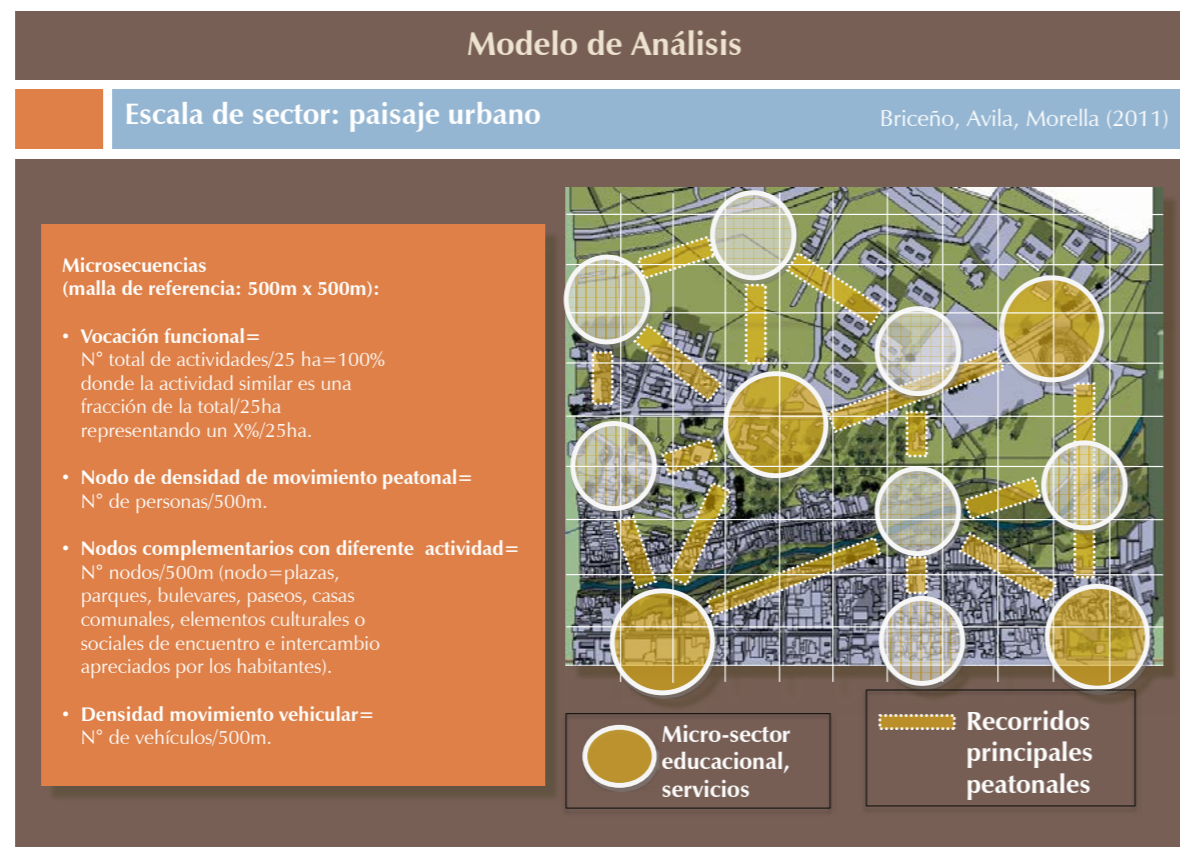


Figura 2. Configuración físico-espacial: microsecuencias
Fuente: Briceño et al. (2012). ©

complementados con el estudio tridimensional de tipos de manzana, calle, cruces y espacios abiertos. Por otra parte, también se relaciona con la definición de *microsecuencias*, donde sus elementos particulares y relaciones expresan una vocación funcional definida por las personas que hacen vida allí; concentran el movimiento peatonal y vehicular haciéndolos visibles en nodos urbanos próximos entre sí, al tiempo que, asociados con otros nodos, los complementan con diferentes actividades y pueden contribuir a crear secuencias. Cada atributo es explicado a través de gráficos como se observa en la Figura 2.

Este análisis también muestra la relación entre la forma de la calle sobre la definición de sus planos laterales (Figura 3), observada en la presencia de calles con edificaciones discontinuas en su fachada. Este estudio también se ha realizado para la tipificación de espacios abiertos como pla-

zas, plazuelas y cruces, ya que la percepción como espacio contenido urbano lleva a identificar problemas que pueden ser abordados en el diseño.

Los recorridos de vocación educacional, religiosa y sociocultural, residencial y de servicios, en conjunto con los nodos de encuentro, se vinculan con los recorridos peatonales. En este sentido, las microsecuencias identificadas en la figura 4 evidencian la comprensión del análisis y las posibilidades que representan para conceptualizar, pues parte del tratamiento en el mediano y corto plazo incluye la articulación del espacio público a través de secuencias que otorgan carácter al paisaje.

El atributo *actividades* muestra su tipo y cercanía en relación con la vivienda; la interacción económica en la calle, actividades de información y la presencia de locales comerciales, así

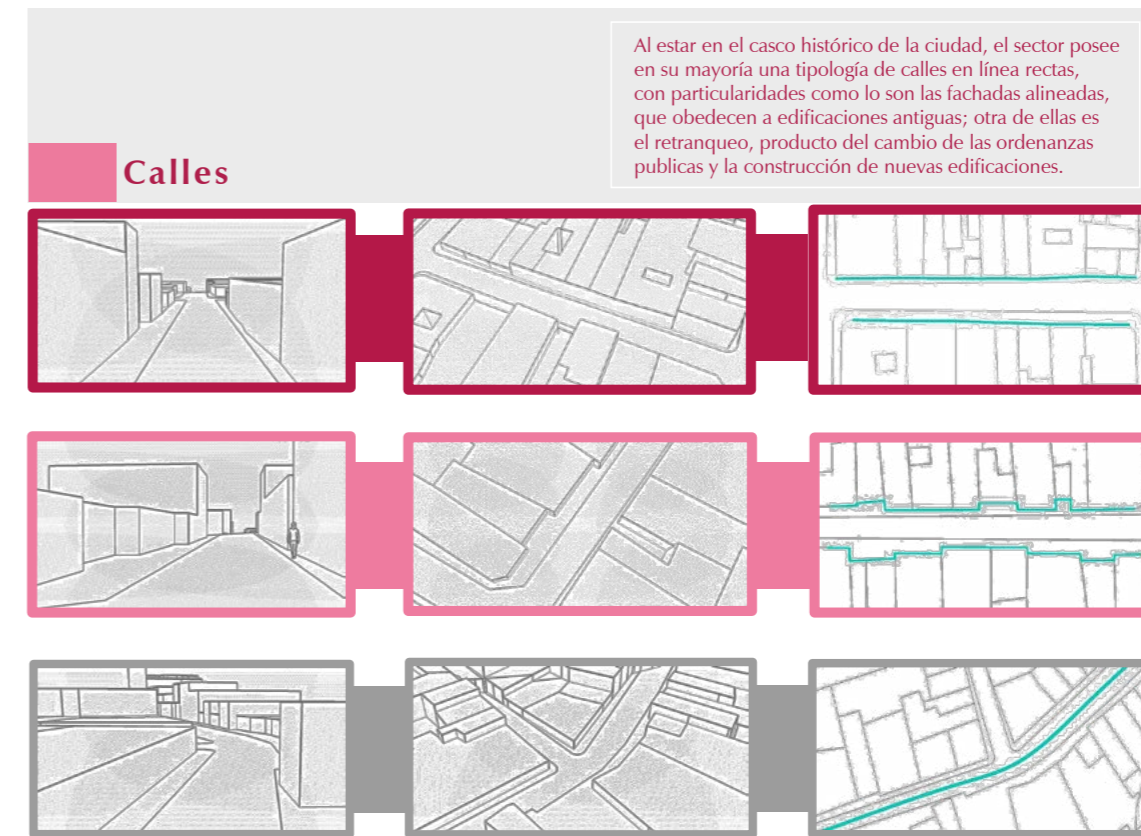


Figura 3. Análisis de configuración físico-espacial: la calle
Fuente: Briceño, Gordon, Lobatón, Márquez y Peña (2015). ©



Figura 4. Análisis de configuración físico-espacial: microsecuencias
Fuente: Briceño, Gordon, Lobatón, Márquez, Peña (2015). ©

como el tiempo invertido para acceder a estas conforma áreas de proximidad a la vida cotidiana de las personas; variables que refuerzan la definición de *microsectores* que propician espacios seguros y de gran vitalidad (Figura 4).

Del atributo *diversidad* interesa destacar la precaria cobertura de áreas verdes frente a la vivienda, por lo cual ganar espacios de recreación y superficie verde por habitante es fundamental. Este esfuerzo, además, debe ser dirigido a los distintos grupos etarios (niños, jóvenes, adultos, adultos mayores) con diferentes condiciones, para satisfacer sus necesidades.

Sobre el atributo de *biodiversidad* se han analizado los elementos bióticos, abióticos y la conectividad. En cuanto al primero, la cobertura vegetal representa el 20% frente a la superficie edificada; el arbolado en espacios abiertos se limita a dos plazas existentes en el sector; el área libre del interior de las manzanas se observa con poca vegetación, sin embargo, se puede recuperar con acciones a mediano y largo plazo. No existe variación en el color de la vegetación del lugar, y esta es muy poca según las estaciones climáticas durante el año. Sobre el medio abiótico, las pendientes del espacio urbano siguen los rangos más cercanos al 12% en dirección norte y

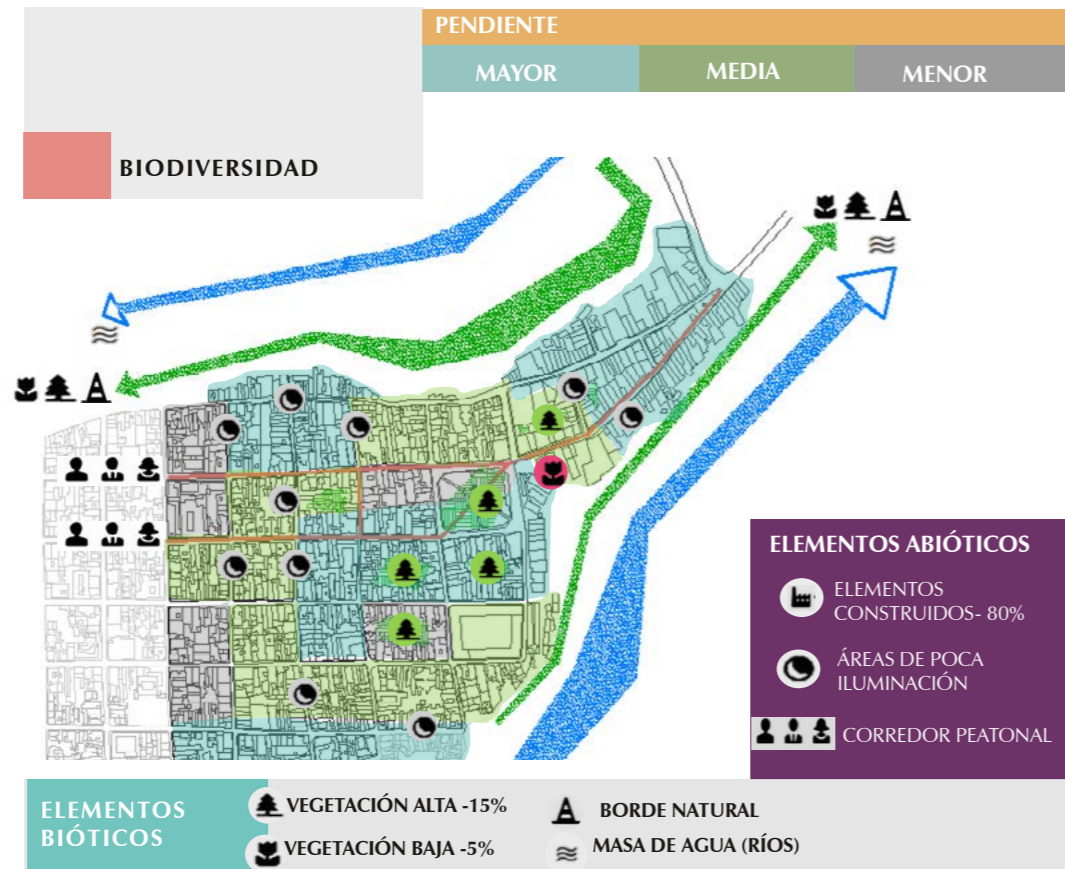


Figura 5. Análisis de biodiversidad, elementos bióticos y conectividad
Fuente: Briceño, Gordon, Lobatón, Márquez, Peña (2015). ©

menores del 6% en dirección sureste. No existen elementos que ofrezcan protección al peatón frente a las precipitaciones o al sol. En cuanto a la conectividad, se observa poca relación entre los recorridos, los espacios naturales y la concentración de personas en las calles (Figura 5).

El atributo de *integridad física* evidencia el grado de conservación natural observado en la historia de las capas temporales, y el mantenimiento y la conservación de elementos singulares. En la Figura 6 se observan las capas temporales, en donde 1 es la más antigua y 2 la más reciente. Destaca del análisis la baja accesibilidad visual o funcional a estos espacios naturales y a los fondos escénicos.

Complementa el estudio la *integridad física urbana*, con la dureza de edificaciones, espacios y elementos registrados en el plano. La identificación de las edificaciones patrimoniales se realiza a partir de catálogos de patrimonio; la dureza de edificaciones parte de datos objetivos que comparte el taller, con lo cual es sencillo determinar los elementos existentes y sus potencialidades. Ello contribuye a reforzar secuencias del paisaje posteriormente, en la propuesta de diseño.

El atributo *expresión estética* se observa en la identificación de sectores que, por la cohesión de sus características tipológicas arquitectónicas, generan unidades espaciales a través de patrones visuales que, en relación con los espacios públicos, destacan la historicidad del sector.

El fondo escénico, a partir de la identificación de vistas amplias y el grado de detalle (mobiliario, señalética, etc.) es analizado a través, no solo de los espacios verdes, sino de los elementos construidos y su relación con las posibilidades

que ofrecen para destacar las vistas amplias, o, por el contrario, obstaculizarlas.

Además de destacar la altura de las edificaciones de cara a las visuales hacia los fondos escénicos (Figura 7), también cabe mencionar la identificación de tipologías arquitectónicas que complementan la lectura de las capas históricas del paisaje urbano del sector. Los patrones determinados –colonial, republicano, moderno y contemporáneo– sirven como base para el tratamiento de fachadas. Este aspecto ofrece la oportunidad de diferenciar *microsecuencias* y otorgar carácter a cada una, lo que incide positivamente en la lectura y orientación del sector.

Los atributos descritos permiten observar lo que sucede en el espacio público de la ciudad desde las características y cualidades que exhiben sus elementos, hasta las actividades que realizan las personas. Forma y función, percibidas, analizadas, interpretadas en conjuntos y secuencias, orientan la estructura del paisaje urbano identificando distintos conceptos, adaptados a su vez a las condiciones derivadas de las necesidades de las personas.

Discusión: diseño del espacio público y paisaje urbano

Pasar del análisis al proyecto implica definir los conceptos de planificación y diseño adecuados para elevar la calidad visual de la *microinterfase* urbana. La propuesta general de intervención para el sector contempla los conceptos adecuados, las acciones o estrategias y el diseño específico para los patrones perceptuales, definidos según las secuencias visuales sobre los atributos objeto de mejora.

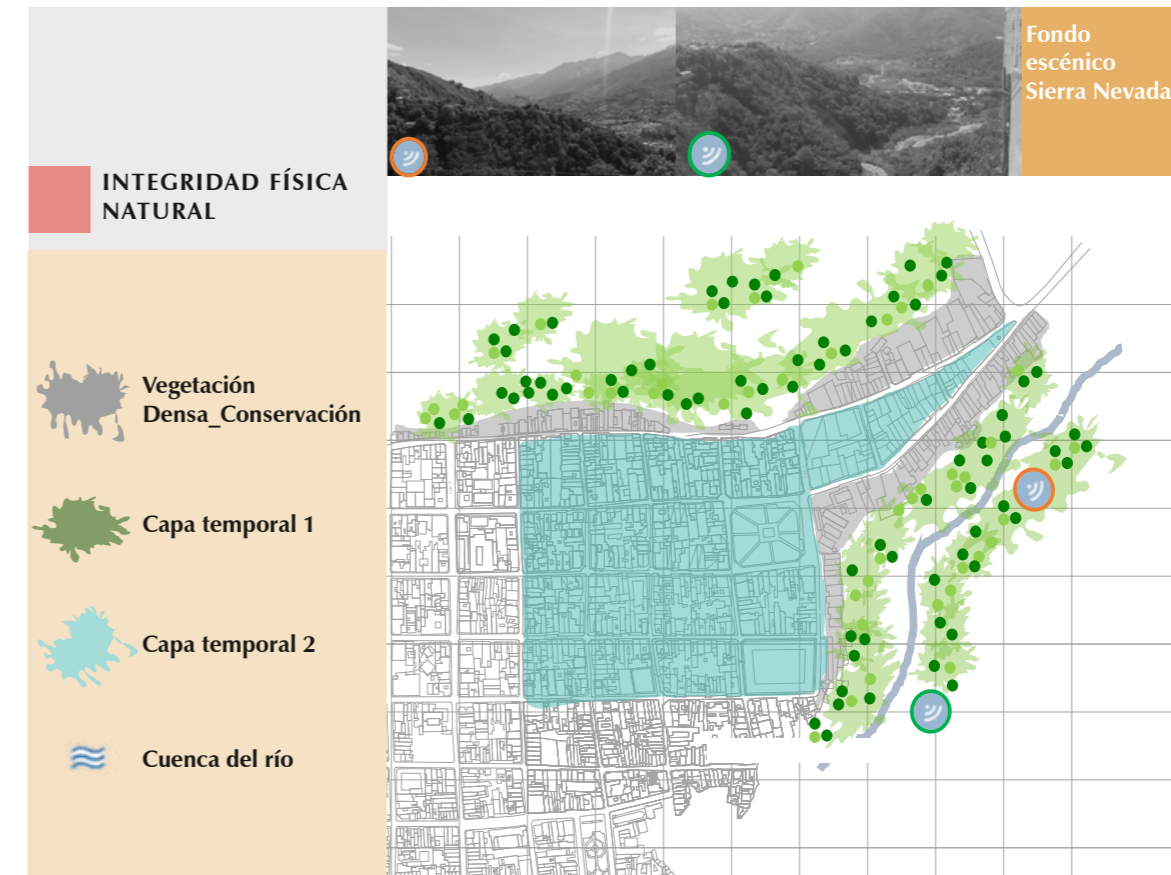


Figura 6. Análisis de integridad física natural
Fuente: Briceño, Gordon, Lobatón, Márquez, Peña (2015). ©

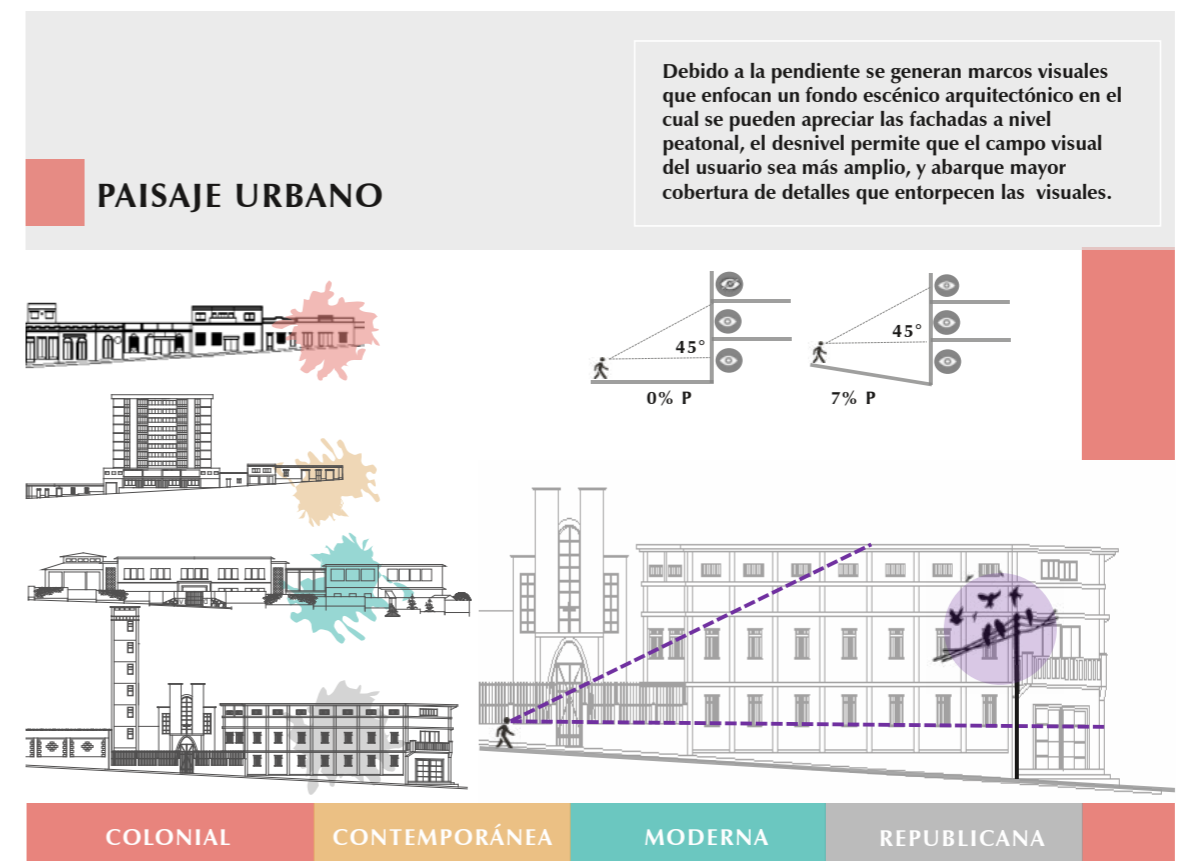


Figura 7. Análisis de la estética
Fuente: Briceño, Gordon, Lobatón, Márquez, Peña (2015). ©

El proyecto estructurante del sector Milla del casco central propone un interesante concepto (Figura 8) que refuerza su trama en damero, y busca reconfigurar y otorgar mayor vitalidad al espacio público a través de la percepción y las relaciones funcionales. Sus autoras afirman:

Se parte de la idea de intervenir el sector de Milla *con-visión habitable*, entendiendo que habitar una región es sentir, asumir y valorar la presencia de las comunidades que la pueblan. En este caso, el diseño estructurante se desarrolla en base a tres

ítems: *moviendo*: ideas para mejorar las conexiones; *viviendo*: ideas para el descanso, la contemplación y respiración. *observando*: ideas para diferenciar el lugar a reconocer, lugares para recorrer y para convivir (Briceño, Gordon, Lobatón, Márquez, Peña, 2015).

Efectivamente, estructurar elementos y secuencias requiere una visión que promueva el intercambio y disfrute de los espacios públicos, donde la calle y los lugares de permanencia representan oportunidades para establecer nuevas conexiones

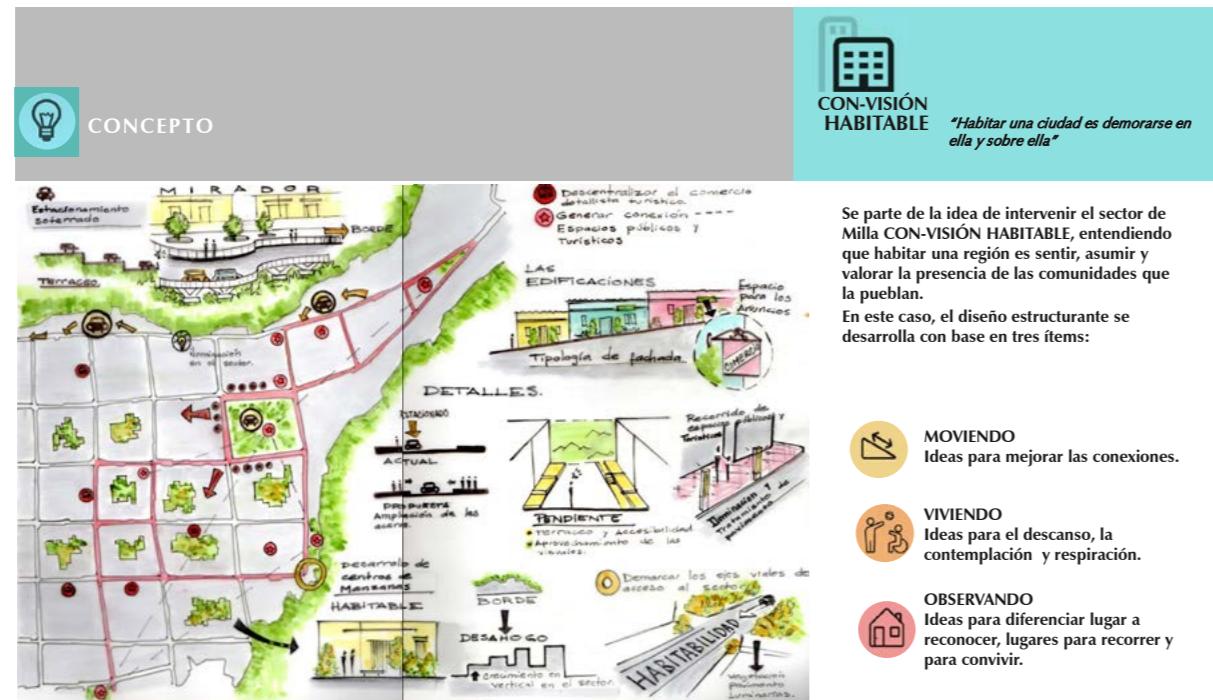


Figura 8. Concepto de diseño, fase 3
Fuente: Briceño, Gordon, Lobatón, Márquez, Peña (2015). ©

y posibilidades de fomentar la vida urbana. Percibir, interactuar, contemplar, proteger y orientar son nociones básicas para la propuesta (Figura 8). La vocación identificada refiere a la actividad artesanal, el turismo y la recreación a lo largo de sus avenidas 1 y 2; estas se reúnen en la vocación cultural y recreativa del sector.

Se proponen recorridos que relacionen las secuencias identificadas con los espacios públicos, así como con los interiores de manzanas. Los sistemas verdes también contribuyen a reforzar la conectividad y a definir la identidad de cada *microsector*. Se propone crear variación en la cobertura vegetal con tipos seleccionados en relación con el color para los interiores de manzana que van a ser rescatados en el mediano y largo plazo.

Las siguientes dos secuencias visuales (Figura 9) presentan opciones de diseño para la ciudad existente y futura, a partir de la introducción de intervenciones graduales que procuran aumentar la calidad visual del paisaje en cuanto a la estética urbana.

El tratamiento de fachadas propuesto para el sector sigue los lineamientos de los patrones tipológicos encontrados. La diversidad en el tratamiento arquitectónico constituye un factor importante para preservar parte de su identidad como totalidad. La mezcla de tipos arquitectónicos en el marco de la definición de elementos que generen cohesión visual es determinante para la orientación y belleza característica del conjunto. La idea es recrear el concepto de unidad en la diversidad arquitectónica.

Conclusiones y recomendaciones

El manejo del sistema de atributos proporciona una herramienta útil al momento de elaborar estudios y propuestas integrales sobre el paisaje urbano. Implementados en la docencia de la arquitectura, cumplen el objetivo enunciado de abordar el estu-

dio del contexto para tomar decisiones en relación con el diseño arquitectónico y la complejidad creciente de variables que le afectan.

La hipótesis formulada permite verificar que el estudio de los atributos del paisaje urbano derivó en un diagnóstico orientado al diseño del espacio público, expresión de la vida cotidiana de la ciudad de Mérida, con el aumento de su calidad visual.

Aun cuando el tiempo para realizar este tipo de ejercicios es limitado en el taller, se recomienda someter a la consideración de los ciudadanos las propuestas elaboradas para, a partir de estudios de preferencias, establecer las secuencias y el tratamiento del diseño en tanto satisfacen o no las expectativas y necesidades de distintos grupos humanos.

Pasar del análisis al diseño tiene como premisa la interacción con las personas afectadas, no solo para estudiar el contexto en el que habitan, sino para mostrarles distintas opciones en los cambios que se propone introducir. En ocasiones la gente conoce lo que necesita, en otras, no es así. La propuesta de ideas novedosas, basadas en el conocimiento profundo de los atributos que el paisaje ofrece, puestos a la disposición de quienes intervienen en el espacio público, permite diseños que expresan los procesos de adaptación del hombre a su entorno de vida.

Agradecimientos

La autora quiere agradecer a las estudiantes Vanessa Briceño, María Gordon, Elimar Lobatón, Ana Márquez y Mariangel Peña. El esfuerzo, la dedicación y la madurez con que realizaron el trabajo ha servido como excelente ejemplo para evidenciar la utilidad de incluir los atributos del paisaje urbano relacionados con el espacio público en el proceso de enseñanza-aprendizaje de taller de diseño arquitectónico, expuestos en este artículo.



Figura 9. Microsecuencias: secuencias visuales
Fuente: Briceño, Gordon, Lobatón, Márquez, Peña (2015). ©

Referencias

Arias-Romero, C., Carreño-Novoa M., Catumba-Rincón C., Duque-Guevara O., Manrique Castellanos C. et al. (2016). Construcción de espacios comunes y colectivos: aportes conceptuales al territorio urbano. *Bitácora* 26(1): 9-22. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/bitacora.v26n1.58028>

Borja, J. (2002). La ciudad como oferta y la innovación urbanística. En *El Marketing como estrategia de desarrollo metropolitano*. Curso para la Agencia transfronteriza para el desarrollo de la eurociudad vasca. San Sebastián.

Briceño, A. M. (2009). El valor estético y ecológico del paisaje urbano y los asentamientos humanos sustentables. *Revista Geográfica Venezolana*, 50 (2), 213-233. Recuperado de <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/31006>

Briceño A, M. y Gómez, L. (2011). Proceso de diseño urbano-arquitectónico. *Provincia, Revista venezolana de estudios territoriales*, 25, 93-116. Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/555/55519834006/>

Briceño, A. M., Owen, M. y Contreras, W. (2011). Propuesta de un sistema de indicadores para evaluar la calidad visual del paisaje urbano. *Revista Ecodiseño & Sostenibilidad*, 3, 65-104. Recuperado de <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/ecodiseño/article/view/4371>

Briceño, A. M., Owen, M. y Contreras, W. (2012). Atributos eco-estéticos del paisaje urbano. *Revista Luna Azul*, 34, 26-49. Recuperado de http://200.21.104.25/lunazul/downloads/Lunazul34_3.pdf

Briceño, V., Gordon, M., Lobatón, E., Márquez, A. y Peña, M. (2015). Con visión habitable. Trabajo de Taller de Diseño Arquitectónico 70, profesora Morella Briceño Avila. Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad de Los Andes, Mérida (Venezuela).

Cullen, G. (1974). *El paisaje urbano: tratado de estética urbanística*. Barcelona: Blume.

Chenoweth, R. y Gobster, P. (1990). The nature and ecology of aesthetic experiences in the landscape. *Landscape Journal*, 9 (1): 1-9. Doi: <http://dx.doi.org/10.3368/lj.9.1.1>

Gavrilidisa, A. A., Ciocănea, C. M., Nită, M. R., Onose, D. A., Năstase, I. I. (2016). Urban Landscape Quality Index—planning tool for evaluating urban landscapes and improving the quality of life. International Conference—Environment at a Crossroads: SMART approaches for a sustainable future. *Procedia Environmental Sciences* 32, 155-167. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.020>

Gehl, J. (2005). Public spaces—public life—in the 21st century. Founding Partner: Gehl Architects. Copenhagen: Urbanqualityconsultants. Recuperado de https://urbandesignaustralia.com.au/images/Docs/Papers/Jan_Gehlgold_PublicSpaces_life.pdf

Gehl, J., Gemzøe, L., Kirknaes, S. y Sternhagen, S. B. (2006). *New City Life*. Copenhagen: Arkitektens Forlag - The Danish Architectural Press.

Google Maps (2017). Mérida Venezuela. Recuperado de <https://www.google.es/maps/place/>

Jalaladdini, S. y Oktay, D. (2012). Urban public spaces and vitality: A socio-spatial analysis in the streets of cyriot towns. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 35, 664-674. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.02.135>

Lynch, K. (1992). *La administración del paisaje*. Bogotá: Norma.

Maimunah, R., Dasimah, O., Rozyah, M. Y. y Zalina, S. (2015). Revitalization of urban public spaces: An overview. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 201, 360-367. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.08.187>

Matsuoka, R. H. y Kaplan, R. (2008). People needs in the urban landscape: Analysis of landscape and urban planning contributions. *Landscape and Urban Planning*, 84, 7-19. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.09.009>

McHarg, I. (2000). *Proyectar con la naturaleza*. Barcelona: Gustavo Gili.

Nassauer, J. I. (2012). Landscape as medium and method for synthesis in urban ecological design. *Landscape and Urban Planning*, 106, 221-229. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.03.014>

Rapoport, A. (1974). *Aspectos de la calidad del entorno*. Cataluña: Colegio Oficial de Arquitectos de Cataluña y Baleares.

Rodríguez, G. F. (2005). *Medio ambiente, desarrollo y paisaje en las sociedades postindustriales. Usos, valores, alianzas y conflictos*. Madrid: Universidad Complutense. Recuperado de <http://eprints.ucm.es/tesis/19972000/S/1/S1036801.pdf>

Russell, J. A. (1980). The circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6), 1161-1178. Doi: <http://dx.doi.org/10.1037/h0077714>

Segovia, O. y Jordán, R. (2005). *Espacios públicos urbanos, pobreza y construcción social*, 122. Serie medio ambiente y desarrollo. Chile: Cepal. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/5660>

Sevilla-Buitrago, Á. (2014). Central Park y la producción del espacio público: el uso de la ciudad y la regulación del comportamiento urbano en la historia. *Revista EURE - Revista de estudios urbano regionales*, 40(121), 55-74. Recuperado de <http://www.eure.cl/index.php/eure/article/view/541>

Habitar la quebrada: conformación de gradientes en las trazas vernaculares de los sectores altos de Valparaíso

Omar Eduardo Cañete-Islas
Juan Luis Moraga-Lacoste
Felipe Mateo López-Flores
Universidad de Valparaíso, Chile
Escuela de Arquitectura

Omar Eduardo Cañete-Islas
Psicólogo, Universidad de Valparaíso (Chile).
Magíster en Psicología social, Universidad de Valparaíso (Chile).
Docente Escuela de Arquitectura, Universidad de Valparaíso (Chile). Cátedra de Geometría Fractal; profesor Módulo de Forma en el Taller de Ciudad, carrera de Arquitectura.

<https://orcid.org/0000-0003-4762-3718>
ocanetei00@yahoo.es

Juan Luis Moraga-Lacoste
Arquitecto, Universidad de Chile (Chile).
Decano de la Facultad de Arquitectura, Universidad de Valparaíso (Chile).

Participa en investigación de tipo docente para la pedagogía de la asignatura Taller de Arquitectura, especialmente sobre el habitar humano en la ciudad.

<https://orcid.org/0000-0002-5226-7773>
moraga.juanluis@gmail.com

Felipe Mateo López-Flores
Arquitecto, Universidad de Chile (Chile).
Trabaja en modelación y diseños modulares constructivos y uso de diseño computacional paramétrico.

<https://orcid.org/0000-0001-5776-7059>

Introducción

A partir del proyecto de investigación “Estudios sobre los límites exteriores de las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar. Densificación y crecimiento”, adscrito a la línea de investigación “Urbanismo, aspectos sociales del habitar”, del grupo de investigación Taller de Ciudad, de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Valparaíso, se realizaron estudios de caso donde se aprecian procesos de crecimiento y densificación significativos en los límites exteriores del radio urbano.

En este sentido, y en continuidad con la noción de *traza urbana* propuesta por Waisberg (1995), los autores postulan la noción de *gradiente de densificación, que ha de actuar como un criterio para la zonificación territorial* desde una mirada que abarca las zonas exteriores de la ciudad. En el presente artículo se estudia el sistema de conexión natural entre el denominado camino La Pólvora (ubicado en la meseta y actual periferia superior circundante de la ciudad de Valparaíso) y el sector del plano-centro, en su zona inferior del denominado plan histórico de la ciudad. En este caso, se estudia la bajada San Roque desde su conexión con el sector del camino La Pólvora, hasta su empalme con el sector del barrio O’Higgins, y de esta en su conexión con la bajada Washingson a la llegada por el sector de la Avenida Argentina, en la entrada al sector de El Almendral, en la parte plana y baja en la ciudad.

La caracterización de estos sistemas de crecimiento urbano vernáculo, en tanto límites exteriores que definen la ampliación actual de la ciudad, son parte de una serie de estudios donde se busca describir y proponer zonas de densificación periférica, como el ya realizado y propuesto para la zona del sector de Rodellillo alto, cercano a la conurbación que une a la ciudad de Valparaíso con Viña del Mar (Moraga, Cañete y López, 2011; 2013). Este crecimiento no se da de manera integral, sino mediante la formación de sucesivas gradientes de habitabilidad, lo que nos permite plantearlo como un criterio estructurador territorial dinámico, que complementa las nociones clásicas de agrupación y traza, por un lado, y, por otro, las nociones de límites exteriores y periferias interiores que se generan producto del asentamiento vernáculo en sus diversos grados de consolidación, lo que permite plantear posibles criterios de uso, densificación y eventual diseño proyectual que respete y potencie dicho crecimiento.

Límites geomorfológicos del crecimiento urbano en el Valparaíso actual. Del crecimiento y habitar dentro de la quebrada a los sistemas de quebradas en el territorio

Como es sabido, la autoconstrucción y asentamiento espontáneos, en muchos casos, lejos de ser un elemento desfavorable asociado a la precariedad de las intervenciones, o la ausencia de sistemas urbanizados y redes de instituciones básicas, además del deterioro y la predación urbano-ambiental, ha sido un factor integrador y cohesionador sociofamiliar al entorno físico y natural, que genera fuertes rasgos de arraigo. Como bien señala Pino (2014) en su reciente revisión respecto de los procesos de apropiación y vida vernácula en los diversos sistemas de quebradas de Valparaíso:

El hábitat informal en las quebradas define un modelo urbano de escala familiar y comunitario propio de ellas, que se desarrolla como proyecto familiar y comunitario, como resultado de una exploración, apropiación y construcción del territorio de las quebradas, donde las modificaciones, renovaciones y ampliaciones son proyectos que se engendran y se consolidan desde la práctica social (p. 221).

Más aún, este estudio sugiere que estos sistemas de quebrada permiten compensar procesos de algaridad, desintegración social y marginalidad, por un lado –e incluso fomentan patrones de habitabilidad propios–, y una urbanización intensiva que, por otro lado, se impulsa inorgánicamente desde las políticas de especulación inmobiliaria (Pino, 2014). En este marco aparece como relevante estudiar y monitorear, no solo el crecimiento familiar y sus redes barriales más cercanas, sino cómo esto permite consolidar relaciones e integrarse al resto de la vida local situada en un territorio más amplio, en especial, con los sectores altos de la ciudad y, en particular, con el anillo límite en que se ha transformado, en nuestro caso de estudio, el denominado camino La Pólvora.

Así, desde el punto de vista territorial, resulta importante estudiar los procesos de crecimiento, no solo al interior de las quebradas ya consolidadas de hábitat vernáculo (con todas sus riquezas y complejidades), sino especialmente en su cima circundante que, a modo de frontera externa de la urbe, domina todo el sistema de conexiones y tramas en diverso grado de consolidación –a través de sus quebradas–, con el plano y resto de la ciudad. De allí la importancia de estudiar el llamado camino La Pólvora, como un sistema territorial y morfológico autónomo y complejo.

La zonificación debe entonces ajustarse al territorio y los modos de vida propios, incluso con zonificaciones a escala humana, especialmente en los asentamientos cercanos a las quebradas, con sus cualidades geomorfológicas

particulares de arraigo. Los modelos deben considerar, entonces, dos factores: asentamiento humano vernacular y condiciones geomorfológicas particulares.

En este marco, las dimensiones morfológico-territoriales juegan un papel relevante que codetermina el crecimiento espontáneo de la ciudad en sus límites exteriores más altos, que circundan la ciudad y refuerzan su condición actual desde el anillo generado por el camino La Pólvora, y las consecuentes exposiciones a incendios en las épocas estivales que desde allí se generan, como el devastador ocurrido en abril de 2014, que por cerca de una semana afectó a más de tres mil casas y doce mil personas.

Es importante recordar que este límite alto que circunda la ciudad es una urbanización de antiguo camino rural, que la une a la ruta 68 hasta la entrada subterránea al puerto desde Playa Ancha en el sector y acceso norte, por lo que su construcción ha derivado en diversos procesos de transformación planificada, pero también espontánea, y otros semiformales alrededor de la carretera en el límite superior, en una suerte de tensión y disputa con los asentamientos que ya empezaban a consolidarse desde las quebradas, en su crecimiento espontáneo hacia la parte superior. Así esta nueva carretera, en gran parte de su trayecto, se constituyó en un elemento que dividió, acordonó y cercó dicho crecimiento, más que constituirse en un factor cohesionador del mismo. A esto se le agregó el establecimiento de grandes construcciones como la del Complejo Penitenciario a inicio del año 2000, que aún no ha sido abarcado en toda su magnitud e impacto social. Estas transformaciones y alteraciones de distinto orden y complejidad en su extensión han alterado su morfología y la relación inicial con la ciudad. Gran parte de estas se dan, y se han dado, en un contexto de informalidad desde el crecimiento espontáneo, y su invisibilización y negación de las políticas sociales o de imposición e impertinencia de muchas de ellas.

A esto se suman las características propias de los asentamientos urbanos, la mayoría de ellos irregulares y espontáneos, especialmente por sobre la cota 100, delimitada por la Avenida Alemania, que recorre transversalmente, a modo de anfiteatro, los diversos cerros de la ciudad, y determina una relación de gradiente de densificación y consolidación desde el plan hacia los cerros. Esta forma de asentamiento fue reconocida por la destacada investigadora M. Waisberg (1979), quien la denominó *traza urbana*. Como señala la autora: “La traza primitiva es el elemento auténticamente patrimonial que conserva Valparaíso, ya que la edificación ha ido sustituyéndose y, en cambio, la traza permanece” (p. 10); esta es definida por “las condiciones geográficas que influyen en el nacimiento de vías que coinciden con los cauces que bajan las quebradas, articulando la planta urbana en el sentido de cerro a mar” (p. 10).

Cañete-Islas, O. E., Moraga-Lacoste, J. L. & López-Flores, F. M. (2018). Habitar la quebrada: conformación de gradientes en las trazas vernaculares de los sectores altos de Valparaíso. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 20(2), 20-35 doi: <http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.2.106>

<http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.2.106>



Resumen

La autoconstrucción y los asentamientos espontáneos también pueden considerarse como un factor integrador y cohesionador sociofamiliar con el entorno físico y natural. El estudio de las distintas variables morfológico-territoriales que inciden y delimitan los procesos de crecimiento de la traza urbana, y la densificación y construcción espontáneas, permiten la comprensión de una mejor zonificación y reconocer las interacciones a escala y cómo potencian la emergencia de cualidades de habitabilidad y lugaridad local, o el debilitamiento, deterioro y destrucción de la vida en un lugar. En este sentido, se estudia el sistema de conexión natural entre el denominado camino La Pólvora y el sector del plano-centro de la ciudad de Valparaíso. Como resultado se caracterizan los sectores y se propone la noción de gradiente de densificación que actúa como un criterio para la zonificación territorial, el cual contempla modelos morfológico-dinámicos en la densificación urbana vernacular, con base en gradientes de habitabilidad y necesidad de regulación e intervención en zonas de riesgo.

Palabras clave: asentamientos informales, morfología urbana, patrones de ocupación, periferia urbana, política social, trama urbana.

Inhabiting the ravine: Gradient configuration in the vernacular layouts of the higher sectors of Valparaíso

Abstract

Self-construction and spontaneous settlements can also be considered as a socio-familiar factor that contributes to integration and cohesion with physical and natural environments. The study of spontaneous densification and construction, as well as different morphological-territorial variables that influence and delimit growth processes in the urban layout allow a better understanding of zoning and a recognition of interactions at scale and how they promote the emergence of habitability qualities and the sense of belonging to a place, or the weakening, deterioration, and destruction of life in a place. In this sense, the paper studies the natural connection system between the so-called La Pólvora road and the flat-center sector of the city of Valparaíso. As a result, it characterizes these sectors and proposes the notion of densification gradient, which acts as a criterion for territorial zoning that contemplates morphological-dynamic models in vernacular urban densification, based on gradients of habitability and the need for regulation and intervention in risk areas.

Keywords: Informal settlements, urban morphology, occupation patterns, urban periphery, social policy, urban grid.

Habitar a quebrada: conformação de níveis nos traçados vernaculares dos setores altos de Valparaíso

Resumo

A autoconstrução e os assentamentos espontâneos também podem ser considerados um fator de integração e de coesão sociofamiliar com o entorno físico e natural. O estudo das diferentes variáveis morfológico-territoriais que incidem e delimitam os processos de crescimento do traçado urbano, e a densificação e a construção espontâneas, permitem a compreensão de um melhor zoneamento e reconhecimento das interações em escala e como potenciam a emergência de qualidades de habitabilidade e lugaridade local, ou a debilitação, a deterioração e a destruição da vida em um lugar. Assim, o sistema de conexão natural entre o denominado caminho La Pólvora e o setor do plano-centro da cidade de Valparaíso (Chile) são estudados. Como resultado, os setores são caracterizados e é proposta a noção de nível de densificação, que atua como um critério para dividir o território em zonas, que contempla modelos morfológico-dinâmicos na densificação urbana vernacular, baseando-se em níveis de habitabilidade e necessidade de regulação e intervenção em áreas de risco.

Palavras-chave: assentamentos informais, morfologia urbana, padrões de ocupação, periferia urbana, política social, tecido urbano.

Recibido: septiembre 22 / 2017

Evaluado: marzo 2 / 2018

Aceptado: julio 11 / 2018

La estructuración de la traza urbana, en el caso de Valparaíso, hace que se forme una progresiva gradiente de ocupación y densificación que va desde la cima hacia el fondo de quebrada, desde sus laderas. Proceso que, por cierto, no es lineal ni completo, pero sí progresivo, en la medida que se va poblando el cerro: la cima, luego sus laderas, y después, no en todos los casos, parte del fondo de quebrada (dependiendo de la altura y pendiente principalmente). Esto genera una gradiente de habitabilidad vernácula que actúa como eje densificador. Además, entre cotas y laderas surgen caminos “de borde” que unen transversalmente las quebradas, siguiendo una relativa misma altura. En muchos casos, el fondo de quebrada se deteriora, pues, al hacerse menos ocupable, se suele usar como basurero y vertedero, por lo que en muchos casos pierde, no solo su valor de uso, sino que se degrada el terreno, y lo expone a quemas e incendios por el viento que en muchos lugares, especialmente en verano, desciende por las quebradas, como ocurrió en el gran incendio de 2014, y otros que cada temporada estival afectan la región.

Paralelo a lo anterior debe considerarse la conformación de bolsones, sitios eriazos, periferias interiores, o intersticios irregulares en su forma, ubicados en las laderas de los cerros en dirección hacia el fondo, en la medida que avanzan el asentamiento y la urbanización. Se produce así un habitar en la quebrada que se caracteriza por el uso comunitario de las laderas que conforman diversos sistemas de circulación intra y extraquebradas, especialmente entre agrupaciones de vivienda con algún vínculo familiar, que suelen ocupar las zonas medias de las laderas hacia el fondo de quebrada, que aparece como verdadera periferia o límite interior. Otro factor, como destaca Pino (2014), es una suerte de resistencia a la movilidad y vida fuera de la quebrada (en esa atemporalidad de la vida familiar), así como dinámicas de autosustento que se articulan como factores protectores del habitar integrado que allí ocurre.

Se suma como rasgo distintivo la menor cantidad y calidad de los servicios, infraestructura y consolidación urbana, en la medida que se aleja del plan hacia la periferia y la zona superior, y hace contacto con el circundante camino La Pólvora en la zona alta. En términos generales, según Pino (2014): “la movilidad urbana extraquebrada en relación con la trama urbana de la ciudad es considerada por los habitantes como satisfactoria” (pp. 91-92), en la medida que les permite una clara circulación con el resto de la ciudad, especialmente con el plano, y actúa como eje aglutinador o cohesionador de la identidad local respecto de los diferentes modos de vivir cada cerro y quebrada, principalmente por la concentración de bienes y servicios, fuentes de trabajo, comercio y esparcimiento colectivo.

Sin embargo, tal percepción es distinta al valorar la circulación dentro de la quebrada, la cual es dificultosa, agreste y está aún por consolidar, como bien describe la autora, pese a la interioridad y autonomía respecto de la vida familiar-colectiva.

Por el contrario, la relación con el borde superior aún no decanta del todo en el imaginario urbano, salvo en sectores altos de Playa Ancha, o cercanos al sector donde se ubica el complejo cárcel, pero que no han sido estudiados apropiadamente (Oyarzún *et al.*, 1998, 2006). Claramente, este será un factor importante por intervenir, en caso de que el crecimiento, como es de esperar, inunde las zonas de meseta alta, tras el anillo que actualmente constituye el camino y la autopista de La Pólvora.

Debe señalarse que esta gradiente de habitabilidad abarca tanto la formación de límites interiores como exteriores en dinámica interacción; los límites interiores, no solo las laderas aún no habitadas, los bolsones y sitios eriazos, y los fondos de quebradas, donde predominan diversos tipos de vegetación y basurales informales, sino los límites exteriores que definen los crecimientos actuales de la ciudad, están siendo recientemente descritos y estudiados desde algunos aspectos geomorfológicos por los autores en algunos sectores de las zonas exteriores de Valparaíso, en el llamado sector de Rodelillo alto, cercano a la conurbación que une esta ciudad a la de Viña del Mar (Moraga, Cañete y López, 2011, 2013). De este estudio se desprende la noción de gradiente de zonificación, que aparece como un criterio-marco, estructurador territorial, que permite extender y complementar las nociones clásicas de agrupación y traza urbana, así como postular y plantear posibles criterios de uso, densificación y eventual diseño proyectual (Figura 1).

Lo anterior debe forzarnos a pensar la importancia de la relación entre traza urbana vernacular y modos de habitar, como nos recuerda Christopher Alexander, que revisaremos a continuación.

Lenguaje de patrones

El reconocido arquitecto Christopher Alexander (Alexander, Ishikawa y Silverstein, 1977) plantea la noción de *pattern* o patrón para definir una configuración arquitectónica identificable que le otorga una cualidad particular al modo de habitar un lugar. Como señala el autor: “Cada problema edilicio concreto tiene un lenguaje. La ciudad, como totalidad, tiene un lenguaje. Y cada pequeña tarea edilicia dentro de la ciudad tiene su propio lenguaje” (p. 272). El modelo tiene las siguientes características: a) concibe el ambiente habitado como una totalidad, b) esta totalidad es una unidad evolutiva que va cambiando según criterios operacionables, y c) se estructura en función de niveles de complejidad.

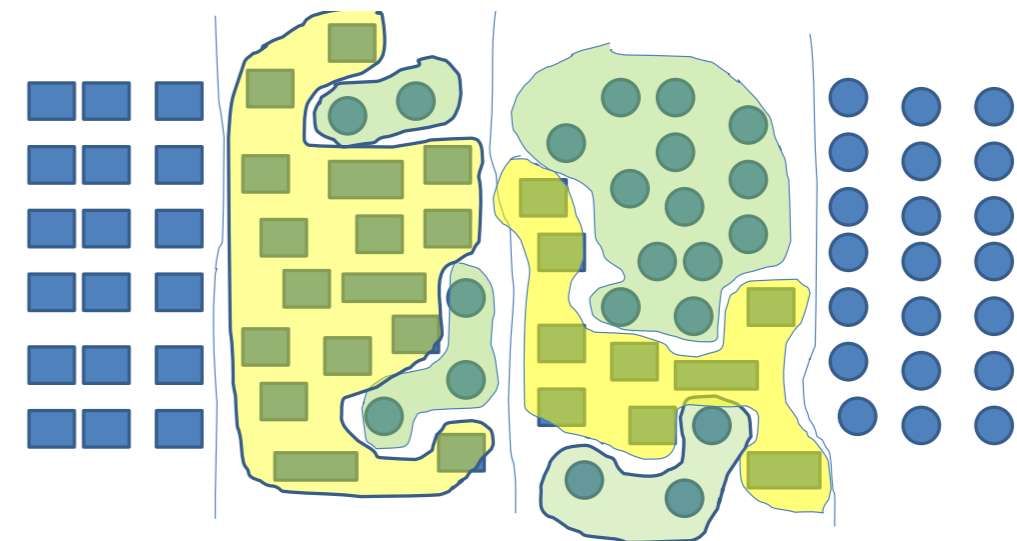


Figura 1. Un estudio de gradientes permite caracterizar diversas situaciones de interacción, a modo de configuraciones. Fuente: elaboración propia, 2017.

Totalidad

El concepto de un medio ambiente total, para Alexander, supone que la arquitectura debe ser pensada holísticamente, donde:

La totalidad no es un criterio extrínseco, sino intrínseco. La totalidad de un sistema [...] supone un proceso de consustanciación con su propia naturaleza, una forma de consistencia propia. Un sistema es total cuando uno lo es consigo mismo, y cuando todas las fuerzas que emergen de su naturaleza exclusiva están equilibradas (Alexander, Ishikawa y Silverstein, 1977, p. 95).

Dicha totalidad presenta las siguientes características: se da de una manera espacial y morfológica, según el ambiente natural de su entorno, el que se incorpora a la morfología del lugar, y pasa a ser casi una extensión integrada natural de ella:

Un medio ambiente total siempre tendrá las características geométricas de la naturaleza. Habrá una variedad infinita, pero cada una de sus partes, a cualquier nivel, será única. Tal como sucede en la naturaleza, esta variedad será de una clase muy simple (como un bosque o un océano tendrá leyes morfológicas de largo alcance, infinitamente repetidas, pero siempre combinadas de diferente manera). Y así como cada hoja y cada ola son irrepetibles, cada lugar será único (Alexander, Ishikawa y Silverstein, 1977, pp. 95-96).

En dicha totalidad, cada lugar se constituye en un medio ambiente propio que expresa la incorporación tridimensional de la cultura que se expresa espacial y geoméricamente en todos sus niveles y dimensiones, desde las instituciones hasta las familias e individuos. Es por esto que: “Las diversas formas culturales se expresan en la espacialidad del habitar, por lo que sus diversas categorías quedan siempre definidas en el espacio, y cada una de ellas define una actividad o un lugar o una cosa y sus respectivos comportamientos humanos” (Alexander, Ishikawa y Silverstein, 1977, p. 97).

Pese a su precisión, cada *patrón* es una *imagen fluida*, que no violenta la singularidad de los diseños en los cuales aparece, que acepta variaciones, incluso, levemente diferentes, de acuerdo con la manera en que esté combinado con otros *patrones*.

Por último, cada *patrón* es siempre aproximativo, la mejor hipótesis: cambiará y mejorará constantemente en forma acumulativa ante el impacto de nuevas evidencias. Así, Alexander (1987) postula que los procesos vernáculos van desde: a) la aparición y configuración de patrones en un lenguaje, b) al embellecimiento de la estructura de patrones, y c) finalmente, la aparición de los embellecimientos de los embellecimientos (valga la redundancia) de los patrones originarios.

Evolución y diseño

Para que un lenguaje de patrones opere en la realidad debe serlo de forma que todos sus habitantes estén activamente comprometidos en la evolución y en el uso de un lenguaje de patrones compartido. Desde el punto de vista del diseño del habitar, esto trae ciertas implicancias significativas, como preguntarse: “¿Cómo puede evolucionar este lenguaje total, en particular, de manera tal que deje a cada persona en libertad y no sumergida en una masa impersonal de información, sin que la disminuya un sistema que no ha creado”? Esto deriva en que los patrones de este nivel nunca pueden diseñarse o construirse de un solo golpe, sino mediante un crecimiento paciente y pieza a pieza, de tal modo que cada acto individual contribuya siempre a generar esos patrones mayores que, lenta y firmemente, crearán a lo largo de los años una comunidad dotada de esos patrones globales.

Sin duda, esta mirada es muy pertinente desde un punto de vista vernacular, donde lo anterior implica que en la evolución y el diseño de una ciudad, “un lenguaje de patrón debe ser visto como expresión de una forma de vida”. Los diversos patrones y sus combinaciones permiten observar, desde la complejidad de la vida, las características mínimas de habitabilidad en las diversas condiciones culturales de una ciudad, y cómo estas se entrelazan para formar un todo, desde lo urbano hasta lo íntimo de cada casa, permitiendo formalizar los criterios de un diseño proyectual, como lenguaje constructivo arquitectónico.

Metodológicamente, operar desde la multiplicidad de patrones que se enlazan en un diseño proyectual equivale a concebir las relaciones como una red o tejido donde, según Alexander (1977), “un lenguaje de patrones presente una verdadera estructura de malla” (p. 12), donde la red es: “como secuencia, que va a través de los patrones, avanzando siempre desde los niveles mayores hacia los menores, desde los que crean estructuras a los que embellecen esas estructuras y después a los que embellecen los embellecimientos” (p. 12). De esta manera: “la secuencia debe captar toda la envergadura de la malla completa; siguiendo una línea que se hunde para subir de nuevo, en una trayectoria irregular, un poco a la manera de una aguja que recorre una urdimbre” (p. 13).

Dimensiones proyectuales del modelo de Alexander

Proyectualmente, el estudio de estas relaciones entre patrones es, en buena medida, independiente del diseño mismo, pues diversos diseños pueden satisfacer o no los patrones definidos. Esto da pie para el desarrollo creativo de modelos que sean capaces de integrar cualidades de habitar, a las que debe responder y ajustarse. Como señala Alexander:

Cada lenguaje de patrones, del lenguaje más amplio, puede, [...] contribuir al surgimiento de todos los demás patrones. Recordemos que cada patrón de un lenguaje está vinculado a los patrones que están por encima y por debajo de él. Así, por ejemplo, el patrón de terraza privada a la calle, ayuda a completar los patrones más amplios de la calle: calles verdes, jerarquía de espacios abiertos y terrenos comunes. Aquel es completado a su vez, por los patrones más pequeños que están por debajo de él en el lenguaje: habitación exterior, muro semi-abierto, ladrillo y baldosín blandos (Alexander, Ishikawa y Silverstein, 1977, p. 275).

Así, “cada lenguaje arrastra la estructura del lenguaje más amplio, llevando consigo a otros patrones más amplios y contribuyendo así a componer el todo más amplio” (Alexander, Ishikawa y Silverstein, 1977, p. 275). Por lo mismo, “dentro del lenguaje más amplio es imposible que un acto no contribuya a formar el todo más amplio. Es imposible que un acto de construcción ocurra como un factor aislado; siempre se convierte en una porción de actos que contribuye a mantener el todo” (p. 275).

Este mecanismo de integración de niveles se da por una superposición (*overlapping*) de patrones, que articula nuevas configuraciones, lo que supone un traslape funcional en las nuevas unidades emergentes fruto de las *interacciones* entre patrones cuando interactúan. Por ende, desde el punto de vista del diseño proyectual, implica identificar, aprender y modelar estos traslapes, en tanto constituyen un fundamento de la constitución del tejido urbano. En el caso particular de Valparaíso, la descripción que realiza Waisberg (1995) respecto de las trazas, calza muy bien con este modelo.

Niveles de complejidad morfológica en el lenguaje de patrones

Alexander (1977) define tres niveles entendidos dentro del continuo de una ciudad, que abarcan desde lo urbano hasta la casa individual, y pasan por el nivel barrial intermedio. Cada nivel agrupa diversos patrones según ciertos criterios que sirven para unir o conectar los niveles y patrones entre sí. Esto se resume en los siguientes niveles:

Nivel 1: lenguaje que define una ciudad o una comunidad. Son características globales que definen y describen una ciudad o comunidad en su entorno más amplio.

Nivel 2: define y da forma a grupos de edificios y a edificios individuales sobre el terreno o en tres dimensiones vistos como una unidad. Este nivel corresponde a los patrones que pueden diseñarse o construirse que definen los edificios individuales y el espacio entre ellos, y, por ende, trata de patrones que están bajo control de individuos o pequeños grupos, con capacidad para construirlos de una vez.

Nivel 3: lenguaje de patrones que definen y dan forma a los detalles de la construcción. Este nivel es el que permite integrar los espacios o esquemas aproximados de cada edificio con la idea o filosofía del arquitecto o constructor, y está con el contexto social al cual se encuentra orientada o destinada la construcción.

En los últimos años, tanto Alexander como Waisberg han evolucionado en dos tipos de modelos de trabajo, buscando articular una formalización teórica, tanto a) ingenieril-urbanística por un lado, como: b) proyectual-arquitectónica por otro. Estos desarrollos corresponden a:

Modelos de transformación urbana. Los códigos generativos (Alexander, 2005a, b, c; 2006, Alexander, Solomon, Anninou, Clarke y Wall, 1987; Alexander y Schmidt, 2005).

Modelos de interacción entre patrones. Teoría de red urbana (Salingaros, 1999, 2000, 2005, 2007, 2008).

En este sentido, los códigos generativos corresponden a los diversos patrones, organizados como lenguaje –en jerarquías de complejidad morfológica en el territorio y lugar–, son la base proyectual de una lectura comprensiva y compositiva arquitectural. La unión y el enlace de estos patrones individuales y conectados según atributos o sentido proyectual (planificados o vernáculos) producen lo que Alexander (2004, 2005a, 2005b y 2005c) denomina un código generativo, que queda definido como:

... un sistema explícito de pasos, [donde] “se define el producto final, no solo por medio de la especificación del final del producto en sí mismo, sino por medio de la definición de pasos que puedan ser usados para enriquecer el producto final [...]. Estos son, para ser más precisos, códigos que son capaces de conducir, o guiarnos, en

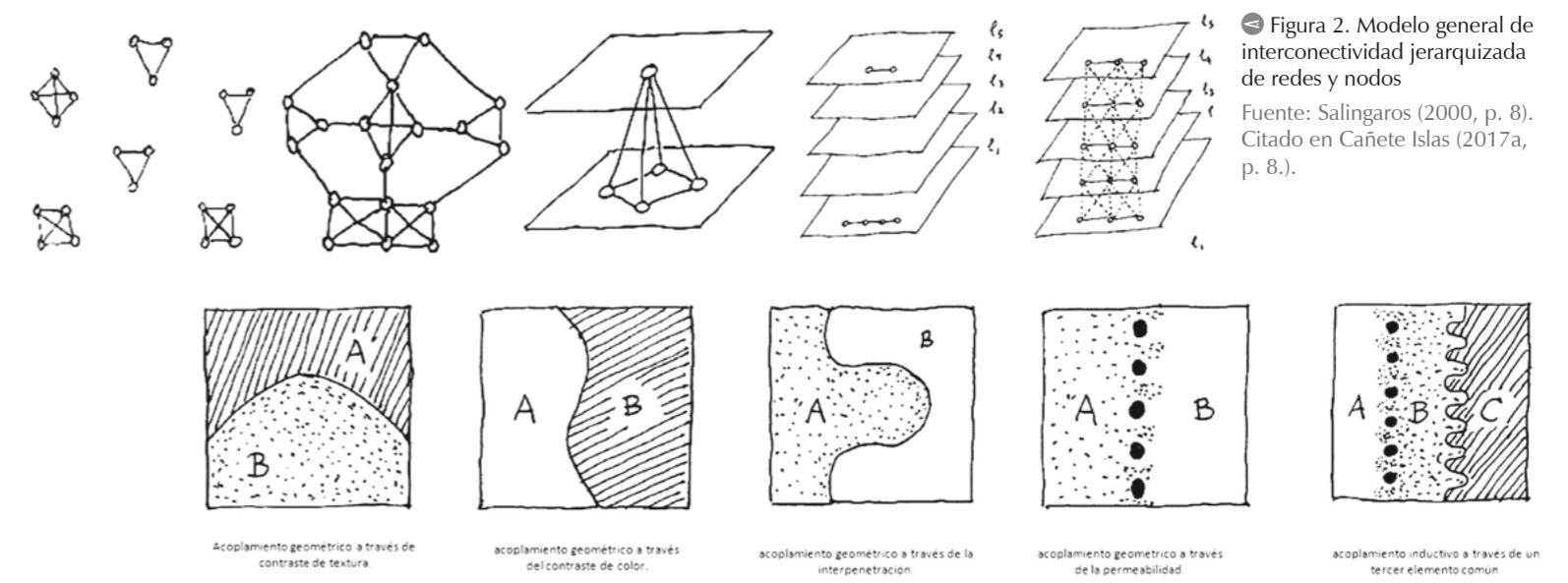


Figura 2. Modelo general de interconectividad jerarquizada de redes y nodos
Fuente: Salingaros (2000, p. 8). Citado en Cañete Islas (2017a, p. 8.).

el orgánico desenvolvimiento de un vecindario [...] Es necesariamente dinámico. Este especifica cualidad de los procesos, que están sucediendo en una variedad de tipos de control, los cuales contribuirán a un adecuado desenvolvimiento del todo, y delinearán la interacción de la gente conectada, de tal manera, que sus resultados puedan, con buena fortuna, llegar a ser un vecindario habitable (2002, p. 25).

Formalización morfológica del lenguaje de patrones. Los aportes de Nikos Salingaros y los modelos en red

Tomando como referente la propuesta de Alexander (1977) de una articulación modular-jerárquica entre patrones, Salingaros (1999, 2000, 2005) intentará poner en marcha estos desarrollos, definiendo algunas propiedades con base en su Modelo de Red Urbana. Estas propiedades son: a) conexiones y conectividad de jerarquías, b) la coherencia global de la jerarquía en red, y c) la jerarquía fractal de la red, mediante la formación de tramas locales (*path*) con base en entramados que integran escalas mayores y menores (a modo de urdimbre o tejido). Desde el punto de vista de la interconectividad general de redes, Salingaros (2000) propone un modelo general como se expresa en la Figura 2.

Desde un punto de vista particular, para nuestro estudio interesará, en cada caso, evaluar cualitativamente las interconexiones específicas entre distintos tipos de niveles, no necesariamente vinculados jerárquicamente de modo directo, pero que pueden amplificar las relaciones y la fuerza entre ellas, lo que en cierto nivel de complejidad puede ser descrito con un solo tipo de patrón desde otro nivel de jerarquía. Esto puede verse vinculado a más de un patrón correlativo o existente, o tener más o menos fuerza debido a este tipo de saltos y aumento o disminución de redes entre escalas. Esto se resume en las siguientes situaciones que identifica el autor (Salingaros, 1999, 2000, 2007) (Figura 3).

De esta manera, un estudio de gradientes nos permitirá comprender parte de la interacción de complejidades en diversos planos y niveles de representación dinámica.

Complejidad organizada y habitar

Lo anterior nos permite hablar desde la generación de modelos locales, propios de la complejidad y los rasgos del crecimiento vernacular en Valparaíso, de lo que Alexander y Salingaros denominan una complejidad organizada (ver Morin, 2000; Alexander, 2002, 2004, 2005a, 2005b, 2005c; Cañete, 2017a), que va desde los asentamientos uni y multifamiliares, a las agrupaciones, y de estas a la formación de trazas que interactúan, no solo densificando, sino estableciendo criterios organizativos desde la cima a la quebrada, y se ramifican hasta ir cerrando el espacio, donde quedan intersticios y lugares sin ocupar en este proceso, y gatillan una relación entre periferias interiores y exteriores. Como señala Salingaros (2000), la arquitectura y la planeación urbana pueden:

... ser entendidas como un proceso que incrementa el grado de complejidad organizada. Se ha escrito mucho acerca de la organización de la complejidad, especialmente desde el punto de vista biológico. La complejidad se genera cuando ocurren diferentes procesos al mismo tiempo; y si están organizados coherentemente, dan como resultado una complejidad organizada. Cuando ocurren pocos procesos, la situación no es suficientemente compleja para empezar. Si por otro lado, existe complejidad pero está desorganizada, nos enfrentamos a una situación caótica. Esta situación es incomprensible para la mente humana, porque va más allá de nuestras habilidades perceptivas (p. 9).

Ponderación del modelo

En primer término, las consideraciones antes referidas no anulan el hecho de que la delimitación e identificación de un patrón, y sus límites morfológicos, requiere de una cualificación que dé cuenta de su carácter de lugaridad, habitabilidad y conectividad con otros patrones, además de la potencialidad y apertura para nuevas conexiones, que le otorguen fuerza, consolidación a la red, o, por el contrario, la debiliten, deterioren o desintegren. Por otro lado, las conexiones entre patrones no necesariamente se articulan sobre la base de una discontinuidad morfológica articulada en su

Figura 3. Esquemas de acoplamiento textural capaces de articular una gradiente y continuidad global dentro de una discontinuidad morfológica local
Fuente: Salingaros (2007).

contigüidad. Es importante destacar la dimensión cualitativa y práctica que permite el lenguaje de patrones, en tanto marco teórico comprensivo, pues dimensiones como la conectividad (con diversos grados de jerarquización y fuerza entre las conexiones y niveles según sea el caso) o la coherencia morfológica de la red con la práctica social y modos de habitabilidad, deben ser considerados como marcos cualitativos y comprensivos. Por ejemplo, Salingeros (2000) describe la siguiente situación:

Muchos patrones sociales de la vida familiar, tales como sentarse alrededor de una mesa, una comida, niños jugando con juguetes en el suelo, las plantas que crecen en macetas grandes, cocinar al aire libre en una parrilla de carbón, etc., pueden ocurrir en un balcón solo si es por lo menos de seis pies (2 metros) de profundidad. Cuando un balcón se hace muy estrecho con el fin de seguir algunos cánones de diseño arbitrario o simplemente para ser barato (lo que satisface los criterios de coherencia interna), no se conecta a los modelos sociales anteriores. Relación en este caso significa el alojamiento y la inclusión entre los patrones pertenecientes a dos lenguas diferentes (p. 10).

En los sectores altos de la ciudad de Valparaíso, un patrón descrito –como la vista al horizonte– permite rescatar la condición de anfiteatro natural, que se conjuga con otros patrones como ver una cascada de tejados, la mirada a la quebrada, entre otros, interconectados con la existencia de huellas y senderos, acceso fácil a lugares naturales, pequeñas actividades microeconómicas relacionadas con el entorno natural, como las que describe Andrea Pino en su completo trabajo. Estas configuraciones que articulan el tejido urbano pueden ser alteradas por intervenciones como las carreteras de alta velocidad que impiden acceso peatonal a zonas tipo miradores naturales previamente existentes, el uso de sectores alledaños, transformándola en botadores de basura, con la consecuente proliferación de sitios eriazos, que configuran verdaderas heridas en el paisaje urbano, etc. A este tipo de irrupción de intervenciones destructivas o debilitadoras de la jerarquía y redes entre patrones Salingeros (2000, 2005, 2007) la denomina genéricamente “virus” (Salingeros, 2004), apelando a la metáfora informática.

Por otro lado, deben considerarse aspectos críticos a la hora de ponderar el modelo general, como el relativo al concepto de fuerza frente a cercanía en la relación jerárquica entre patrones. Para Salingeros (2007), la fuerza del patrón parece estar en buena medida asociada a la dependencia jerárquica, asumiendo que la cercanía entre niveles le da fuerza a la conexión. Esta situación bien pudiera contener algún grado de sesgo de la concepción escalonada de niveles, en tanto en nuestra apreciación muchas veces ocurren, como el Alexander (1981) describe cualitativamente, pliegues, solapamientos, gradientes y nudos entre niveles, así como en una urdimbre una hebra sube y baja por entre

una tapiz, y solo se muestra evidente en tanto participa del diseño global de la configuración. En este sentido, debiera al menos evaluarse en algunos casos, modularmente, en qué medida la geometría de una jerarquía es afectada por verdaderos pliegues y nudos (no solo nudos) entre niveles jerárquicos. Por ejemplo, en la situación antes descrita, la condición de anfiteatro y mirador natural que la bahía de Valparaíso ofrece (nivel 1), desde distintas alturas o cercanías, tendría una alta fuerza y pregnancia, hasta cierto punto, independiente de la distancia jerárquica con otros niveles, con los cuales haga conexión un patrón concreto (p. ej., almorzar al lado de la ventana) (nivel 3), lo que produciría relaciones secundarias entre jerarquías. Esto, además de las diversas lejanías o cercanías jerárquicas, según sea el caso, de los distintos subniveles entre cada jerarquía. En este punto, en la obra de Alexander es rescatable, en tanto modelo general, lo que denomina diversos criterios de agrupación, interacción o afinidad entre patrones, dentro o entre cada uno de los niveles. Por cierto, creemos que esta dualidad es más bien una fortaleza que una debilidad, en tanto se sea capaz de integrarla efectivamente, según criterios de sentido, pertinencia y relevancia proyectual.

También destaca el caso de los *path* en Valparaíso, que pueden asemejarse en buena medida al estudio interconectado entre variables geomorfológicas (trazas, vientos, sistemas de quebradas-cerro), por un lado, y unidades y variables de densificación y urbanización (agrupaciones de viviendas, servicios, etc.), por otro. De la revisión existente se destacan los elementos de interés territorial geomorfológico que se describen a continuación.

Otro elemento morfológico característico de los procesos de crecimiento y densificación son las llamadas agrupaciones de vivienda, que se suelen organizar en gradientes y texturas, pudiendo identificarse diversos *path* en este sentido, que se desprenden morfológicamente por las laderas, y conectan la cima y sus trazas con los fondos de quebrada.

Similar situación presentan los diversos caminos y huellas que conectan viviendas y calles en los sectores altos de Valparaíso, a partir de los principios de la traza descritos por Waisberg (1995) siguiendo las alturas de las cotas como ejes de mayor densificación, las que a su vez se van orientando desde y hacia las laderas y los fondos de quebrada, para conformar ejes secundarios y terciarios (laderas o lomas que se interceptan) de circulación y encuentro. Estas pueden engarzarse en la formación y el desprendimiento de agrupaciones que prolongan la traza hacia las laderas de los cerros, como parte de una misma red. Estas agrupaciones suelen estar conectadas, no solo por el camino de cima, sino mediante un sistema de huellas intraquebradas (Pino, 2014)



conectando las agrupaciones de laderas que rodean los fondos de quebradas.

Finalmente, debe mencionarse que estos sistemas de crecimiento espontáneo y de apropiación del lugar suelen derivar, a modo de externalidad, en la formación de microbasurales y un deterioro del fondo de quebrada y su vegetación, e incluso micro-ecosistemas que allí existen, pese a que en algunos casos se han observado sistemas de cultivo, extracción a pequeña escala, esparcimiento y mejor cuidado de dichos lugares por parte de quienes allí habitan, con rasgos rur-urbanos. Se debe destacar que justamente este deterioro del fondo de quebrada aparece como un factor de riesgo en la generación de incendios, dados los cauces de viento que se forman, especialmente en épocas de verano, dentro de las quebradas. Por lo mismo, estudiar los aspectos geomorfológicos en relación con los procesos de crecimiento espontáneo (integración niveles I y III del modelo de Alexander) es una prioridad (Figura 4).

Metodología

Desde el punto de vista de los objetivos del estudio, lo anterior debiera reflejarse en unas zonas dentro de la gradiente de habitabilidad (descripción y caracterización geomorfológica en el territorio). Para esto se proponen los siguientes pasos:

Caracterización del lugar: habitabilidad y asentamiento vernacular

Históricamente, la población de los cerros en Valparaíso ha ido desde el plan hacia los cerros, siguiendo usualmente huellas que subían por las cimas primero, y desde ahí se desprendían en agrupaciones multifamiliares que ocupaban luego las laderas de quebradas en dirección hacia el fondo de quebrada, densificándose y formando sistemas de huellas intraquebradas y, en no pocos casos, sistemas que podrían definirse como rur-urbanos y de formas de autosubsistencia precarias, pero relativamente autónomas respecto del resto de la ciudad (Pino, 2015). Waisberg (1995) ya había descrito este modo de apropiación en función de la noción de trazas, que permitía comprender genéricamente este

proceso. Un segundo eje de densificación quedó dado a comienzos del siglo XX, con un gran camino longitudinal que se desarrolló a la altura de la cota 100, conocido como Avenida Alemania, y que operaba como límite y cordón exterior superior de la ciudad. Gran parte de la urbanización de los cerros siguió luego consolidando entre este camino y el sector inferior conocido como el plan; las zonas superiores a esta cota se dejaron a la densificación espontánea, que sigue el mismo patrón vernáculo descrito por Waisberg (1995). Recién en el año 2000 se consolida un segundo camino y autopista que circunda la cima o más alta meseta del anfiteatro natural de la bahía, con el uso de un antiguo camino rural conocido actualmente como La Pólvora. Ambos caminos operaron como anillos y marcaron límites exteriores, y surgen como formas de ordenamiento del crecimiento de la ciudad, y, en un sentido amplio, regulan unificando (como grandes anillos periféricos) los sistemas de quebradas que se densificaron, de manera principalmente espontánea, durante casi todo el siglo XX. En algunos casos, la densificación espontánea ha llegado a la misma cima, como en sectores de Playa Ancha y alledaños a la cárcel. En otros casos, tal densificación continúa en diversos grados de consolidación. Su precariedad ha sido reiteradamente constatada con los últimos incendios, que han arrasado con estas poblaciones en diversas quebradas, entre tales caminos longitudinales, y vueltas a levantar y construir por sus propios habitantes. La mayor parte de estas densificaciones no han sido estudiadas, ni se han desarrollado planes de mitigación o habilitación urbana.

Resultados

El sector del camino La Pólvora. Rasgos generales del lugar

En los últimos quince años, el sector del camino La Pólvora progresivamente se ha transformado, desde un camino poco transitado, de tierra, boscoso y rural, que rodeaba el sector alto de la ciudad, a una de las principales vías de acceso a la ciudad, especialmente los camiones que transitan con carga de exportación hacia al puerto (provenientes desde la zona centro y centro-sur

Figura 4. A partir del sistema de trazas principales se desprenden y engarzan huellas secundarias y diversos sistemas de agrupaciones de viviendas que ocupan las laderas de la quebrada. Fuentes: Google earth, 2017.

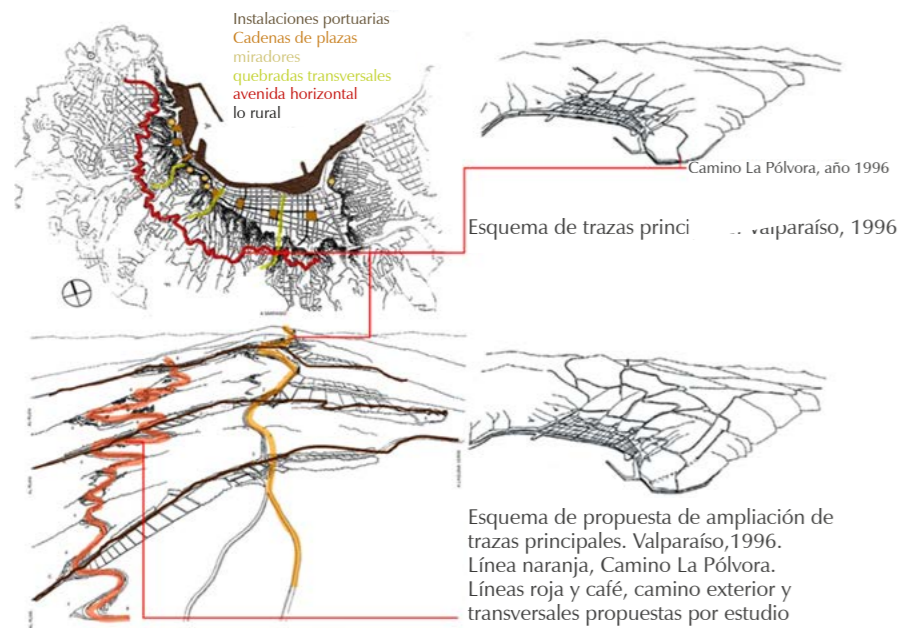


Figura 5. Plano Valparaíso, año 1996. Propuesta de intervención sector alto de Valparaíso
Fuente: Oyarzún, Arancibia y Galdámez et al. (1998, 2006).

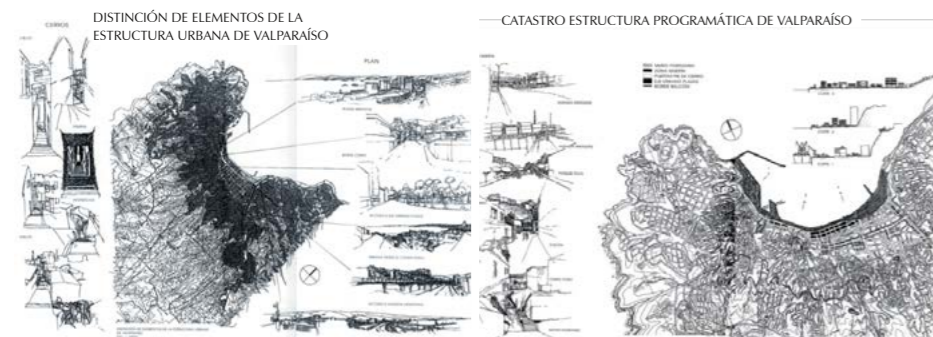


Figura 6. Elementos de estructura del tejido urbano
Fuente: Oyarzún et al. (1998).



Figura 7. Vista antiguo camino La Pólvora, sector acantilado, Playa Ancha, año 1996
Fuente: Oyarzún, Arancibia y Galdámez et al. (1998, 2006).



Figura 9. Camino La Pólvora, vistas en diversos años. Vista entrada acceso sur, Playa Ancha, años 1996-2006 (cuando se entregan túneles de acceso construidos)
Fuente: Oyarzún, Arancibia y Galdámez et al. (1996, 2006).

del país), vía túneles que empalman el sector alto de Playa Ancha con su zona portuaria. Hacia el año 1996, la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Valparaíso desarrolló una propuesta de intervenciones en lugares adyacentes al remodelado camino La Pólvora, a fin de dar coherencia y continuidad urbana a esta nueva súper carretera. Para esto proponía accesos transversales que conectaran a las calles ya existentes que bajaban hacia el plan de la ciudad, así como un camino paralelo a La Pólvora, pero que recuperara y conecta con el centro de Valparaíso. Esta propuesta académica fue presentada en la Bienal Internacional de Arquitectura de 1998, en Barcelona (ver Oyarzún et al., 1998) (Figuras 5 a 11).

Desde un punto de vista terminológico, este estudio se ubica dentro de lo que Alexander denomina el nivel 1 de su sistema de lenguaje de patrones, denominado genéricamente: "Nivel de lenguaje que define una ciudad o una comunidad". Teniendo en cuenta este nivel, y tal como se aprecia en las cartografías y fotos satelitales (imagen 12) existe actualmente una verdadera gradiente de densificación morfológico-territorial desde el plano hacia el sector del camino La Pólvora en la parte alta (imágenes 20-24).

Identificación territorial general del sector

Desde un punto de vista territorial (nivel 1 según el modelo de Alexander), este puede verse en las fotografías aéreas de la Figura 12.



Figura 8. Vista antiguo camino La Pólvora, sector acantilado, Playa Ancha, año 1996
Fuente: Oyarzún, Arancibia y Galdámez et al. (1998, 2006).



Figura 10. Sector la cárcel, vista desde el camino La Pólvora, año 2006
Fuente: Oyarzún, Arancibia y Galdámez et al. (1998, 2006).



Figura 11. Antiguo camino La Pólvora. Vista camino rural año 1996
Fuente: Oyarzún, Arancibia y Galdámez et al. (1998, 2006).

Descripción cualitativa del sector de estudio. El caso del camino La Pólvora desde la bajada San Roque

El sector de estudio corresponde a la bajada natural producida desde el sector de cerro San Roque. Este camino conecta a La Pólvora, en la parte superior de Valparaíso, con el sector del barrio O'Higgins, y a través del mismo, con los cerros aledaños de Santa Helena, Ramaditas, Rocuant y Cuesta Colorada, hasta empalmar directamente con la Avenida Argentina, en la entrada norte a Valparaíso desde la ruta 68 de Santiago. En su camino de descenso hacia la ciudad, luego de diversas conurbaciones entre fundos y bosques, progresivamente se observa el poblamiento espontáneo y vernáculo en laderas y bordes adyacentes a alguna cima, donde se privilegia la existencia de diversas agrupaciones de casas, en la medida que la morfología lo permite. Resulta relevante destacar que en esta primera zona, dominada aún por manchones de bosques y caminos rurales de tierra que se desprenden de la bajada principal, destacan las agrupaciones ubicadas en algunas laderas, y no la existencia de trazas o hileras de casas que siguen una cota (o entre cotas de laderas o cimas) como principal eje o medio de asentamiento y densificación (Figura 13).

Posteriormente, en la medida que el camino de tierra se pavimenta, se observa una mayor densificación, a modo de traza tradicional (expresada en hileras de casas adyacentes al camino), fomentada por la aparición de comercio local y agrupaciones de casas con estructura de barrio tradicional, incluidos edificios, colegios, paraderos de locomoción colectiva, escalas, plazas, calles, postes y redes domiciliarias de electricidad, etc. La consolidación urbana de los barrios finalmente se percibe ya con claridad en el empalme al sector más tradicional del barrio O'Higgins, que llega hasta la Avenida Argentina. Por cierto, en este recorrido es frecuente ver bolsones verdes, no pertenecientes a antejardines o patios particulares, o sitios eriazos, que constituyen piezas adyacentes a quebradas, que en su mayoría ya están rodeados por piezas urbanas de diferente e irregular tamaño, y que bien pudieran describirse en términos de lo que algunos autores denominan "periferias interiores" (ver Kapstein, 2010; Cañete y Vargas, 2017), dado no solo por la falta de urbanización o densificación, como en el caso de los usualmente denominados intersticios, caracterizados por la descomposición del tejido urbano, sino que en este caso lo que lo caracteriza es que son bolsones que aún no han sido domesticados, por así decirlo, como parte





Figura 13. Vista actual desde el camino La Pólvara hacia el norte, sector forestal de bosques de pino y eucaliptus, actualmente consumida por el incendio.
Fuente: foto del autor.



Figura 14. Al otro lado del camino La Pólvara, luego de bajar algunos kilómetros, en una vista hacia el sur se ve ya la bahía de Valparaíso, desde el sector de San Roque, bajada natural, del estudio
Fuente: foto del autor.

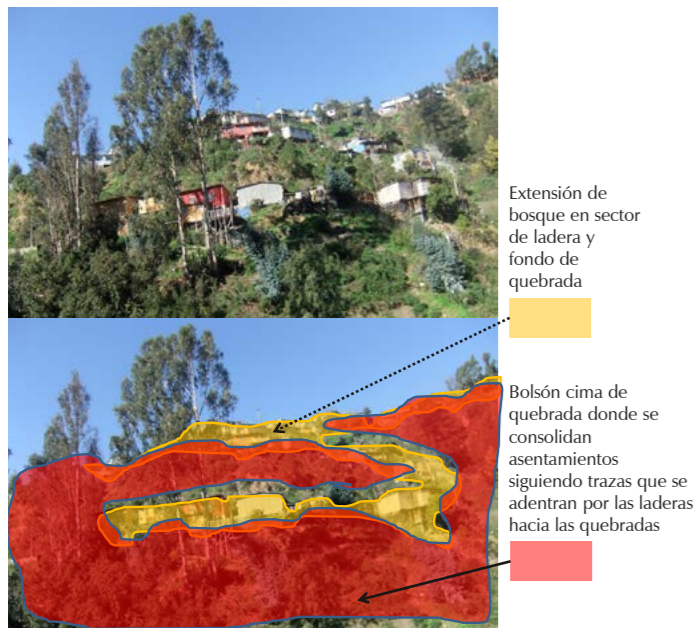


Figura 15. Relación espacio natural frente a espacio densificado vernacular en zona alta, cercana al camino La Pólvara
Fuente: elaboración propia.

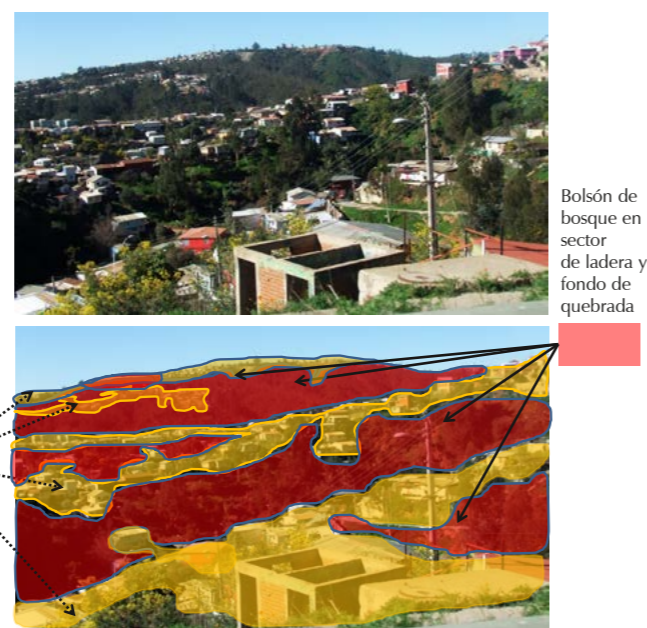


Figura 16. Relación espacio natural frente a espacio densificado vernacular en zona alta, cercana al camino La Pólvara
Fuente: elaboración propia.

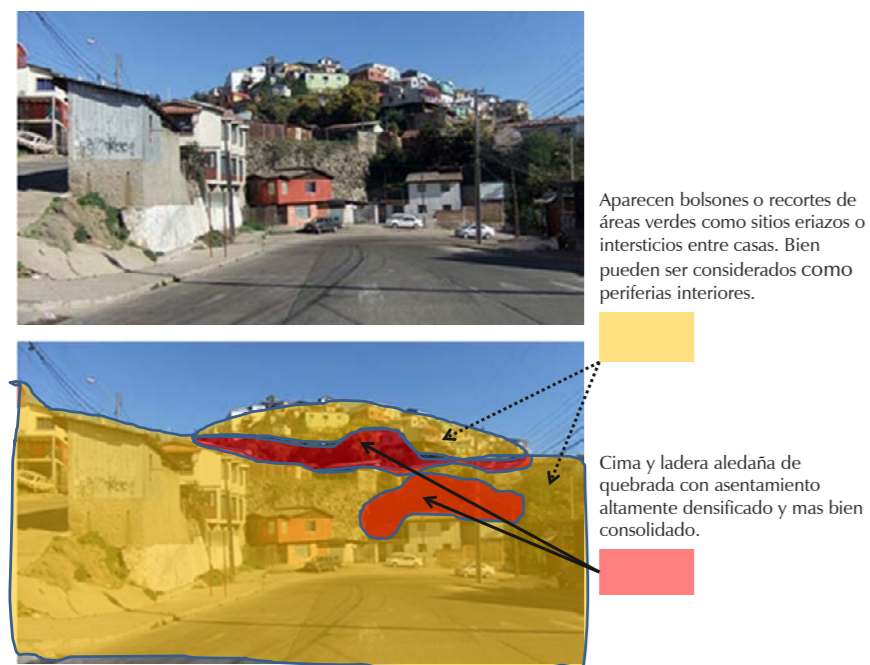


Figura 17. Relación espacio natural frente a espacio densificado vernacular en zona alta, cercana a camino La Pólvara
Fuente: elaboración propia, 2017.

del crecimiento y la densificación vernacular. Por esto no es posible hablar de intersticio (lo que supone un deterioro del tejido), sino de la ausencia de un tejido que lo haya asimilado a algún uso. En este sentido, constituye más bien un verdadero límite y periferia interior.

Siguiendo un recorrido desde la meseta hacia el plan, bajando por el camino de San Roque (Figura 14), hemos identificado ya no solo los límites superiores, sino la existencia de piezas que bien pudieran ser reconocidas como periferias interiores. En conjunto, deben considerarse como una gradiente de densificación urbana donde se destaca el carácter dinámico y evolutivo del proceso de asentamiento y densificación general, caracterizado por la formación de la traza urbana, como señalaba Waisberg (1995).

Por su parte, los fondos de quebrada aún conservan de modo recurrente y abundante vegetación y matorrales, desde donde se aprecian circulaciones intra y extraquebrada. No es infrecuente observar basura durante el recorrido.



Figura 18. Zonificación según gradiente de habitabilidad desde el plan hacia la cima, desde la bajada San Roque hacia su empalme en la Avenida Argentina
Fuente: Google earth.

Debe señalarse que en el incendio de mayo de 2014, las principales oleadas de viento que arrastraron el fuego se produjeron en la zona aleada ubicada en la quebrada de Las Cañas, colindante al cerro Ramaditas y la quebrada de Rocuant, sector del presente estudio. De hecho, ambas confluyen en la Avenida Argentina por el sector de Santa Helena, siendo parte de un sistema de quebradas mayor.

Como se aprecia en las fotos (Figuras 15 a 17), en la medida que se encuentran asentamientos en las zonas más altas, estos corresponden a sistema multifamiliares, que viven rodeados de vegetación, en verdaderos sistemas rur-urbanos de vida. Luego, es posible ver procesos de autoconstrucción que empiezan a ocupar las laderas de las quebradas, dejando diversos bolsones de mayor o menor extensión. Hacia abajo, en dirección al plan, se han identificado las siguientes zonas de habitabilidad, que en conjunto conforman una verdadera gradiente:

Zona I: sector alto

Bajamente densificados, agrupaciones multifamiliares rodeadas de árboles, porciones de bosques, arbustos y matorrales (Figura 15).

Zona 2: sector alto medio

Consolidación de trazas siguiendo la línea de cima. Aparecen agrupaciones que consolidan asentamientos en las laderas, mientras el fondo de quebrada no ha sido urbanizado, y suele ser una suerte de franja de porciones de bosques, matorrales y arbustos (Figura 16).

Zona 3: sector medio bajo con sistemas urbanizados

Se caracteriza por aparecer ya la vegetación con menor intensidad, como bolsones entre casas,

Generación de capas y layers

Velocidad de los vientos.
Incidencia del calor y radiación solar.
Cotas y alturas geomorfológicas (sistemas de cimas y quebradas)
Sistema de caminos y huellas.
Sistemas de mayor densificación local.
Sistema de áreas verdes (especies introducidas y especies nativas).
Identificación de zonas habitables más sombrías y solanas.

con laderas más densificadas y calles principales con veredas y escalas (Figura 17).

Lo anterior puede verse como un continuo de densificaciones en el recorrido visual en terreno (Figura 18).

Por su parte, las variables geomorfológicas consideradas se observan en la Tabla 1.

El desarrollo de estas variables geomorfológicas permitió la elaboración de los gráficos con los cuales se realiza la caracterización y el análisis del sector de estudio (Figuras 19 a 23).

Comentarios y reflexiones finales

Implicancias desde el punto de vista de modelos de intervención y políticas sociales

Desde el punto de vista general parece pertinente la consolidación de modelos integrados que consideren variables morfológico-territoriales y de densificación urbana como marca general

Tabla 1. Variables geomorfológicas
Fuente: elaboración propia, 2017.

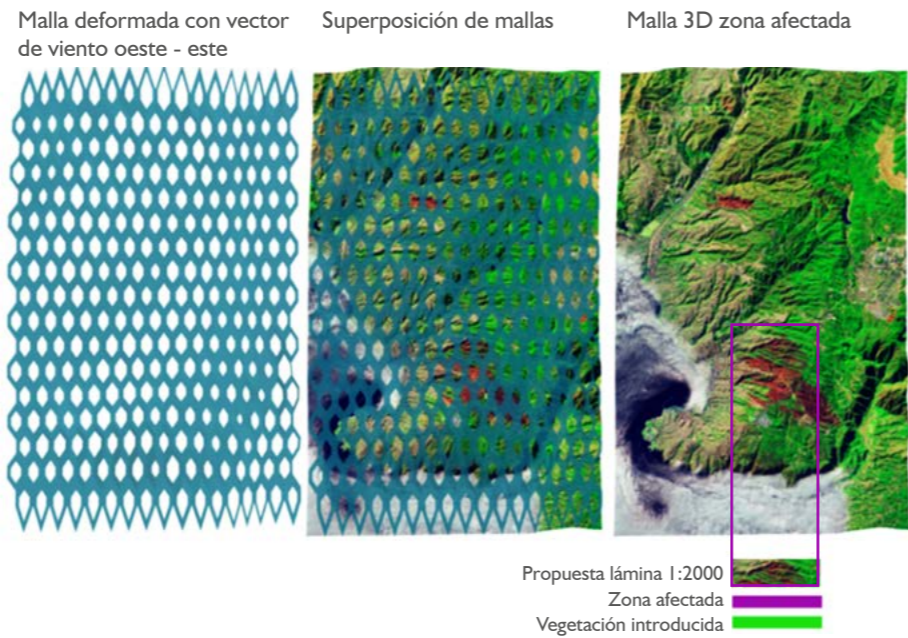


Figura 19. Malla de vientos superpuesta de zona de estudio
Fuente: Felipe Mateo López, 2011.

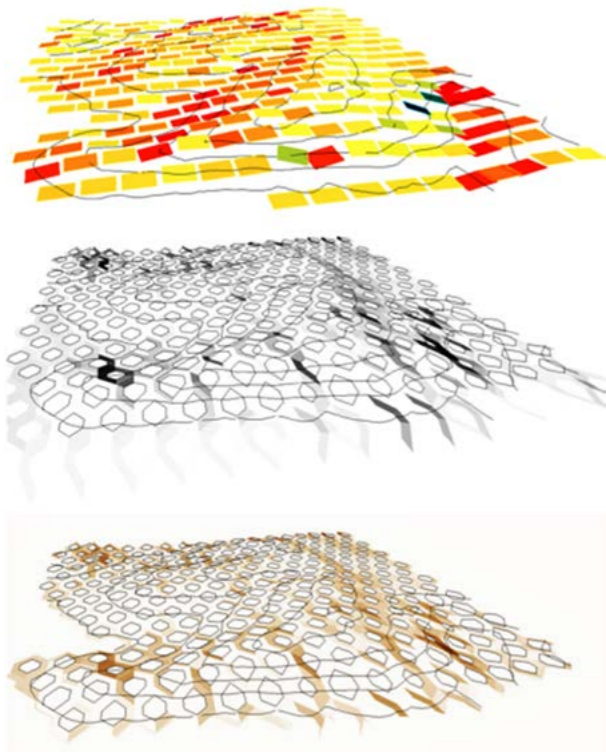


Figura 20. Mapa de soleamiento de la bahía. Los sectores más rojos indican mayor intensidad
Fuente: Lopez, (2011).

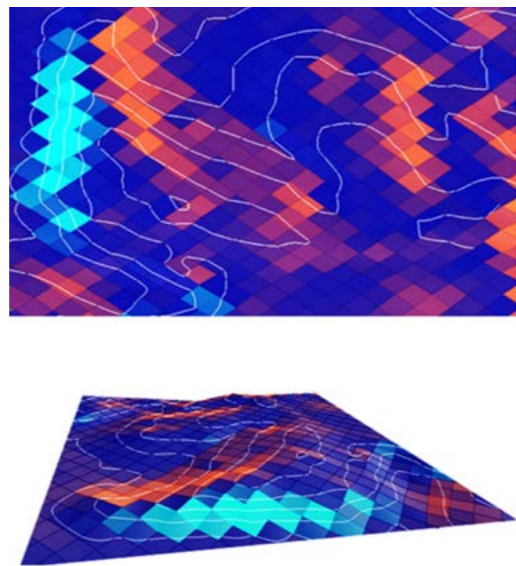


Figura 21. Vista de velocidad de vientos. Apertura de las grillas y sectores rojos indican mayor intensidad local
Fuente: Lopez, (2011).

(Moraga, Cañete y López, 2011; 2013), resumidos en el siguiente modelo genérico.

Un carácter específico de este modelo-marco es la posibilidad de generar zonificaciones territoriales con mayor validez local. Esto supone un análisis, no solo de la superposición de diversas capas de variables, como se ha realizado en el presente estudio, sino avanzar en una comprensión a escala de dicha interacción, proponiendo una zonificación a escala humana.

Por otro lado, implica cuestionarnos acerca de las políticas sociales. Esto debería ser asimilado desde el punto de vista del desarrollo de políticas sociales, especialmente de agencias estatales como el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Minvu), que considera en sus modelos solo variables sociourbanas principalmente, por lo que existe una brecha general respecto del territorio.

También debe considerarse plantear el debate de qué tipo de ciudad queremos, más aún con posterioridad al incendio de abril de 2014, y dada la toma de decisiones concentradas en el Gobierno central como la designación de personeros y equipos profesionales destinados a la reconstrucción y el mejoramiento de las políticas locales, con la consecuente destinación de

importante gasto público. Para esto parece pertinente reflexionar sobre las preguntas que plantea el destacado investigador Edwin Haramoto (2002), quien identifica las siguientes situaciones generales, sobre las cuales se han de tomar decisiones acerca de las transformaciones y consecuencias políticas sociales relativas al crecimiento, la densificación y la urbanización de la ciudad o parte de ella:

- Una ciudad que se reconstruye a partir de la destrucción de una porción de ella. Básicamente en el mismo lugar afectado.
- Una ciudad que se construye y orienta su crecimiento hacia su periferia.
- Una ciudad que se distiende de su centro histórico, básicamente asociado al desarrollo de nuevos centros urbanos y cívicos.

En el presente caso, parte del debate debería canalizarse respecto a las zonas siniestradas, en términos de qué se busca lograr con una intervención. Es claro que una mera reconstrucción en los mismos lugares, sin tomar medidas específicas, es exponerse a los mismos factores de riesgo y, por ende, a nuevos desastres, pero por otro lado debe reconocerse al fuerte arraigo como una dimensión relevante. En esta línea, deberían tenerse en

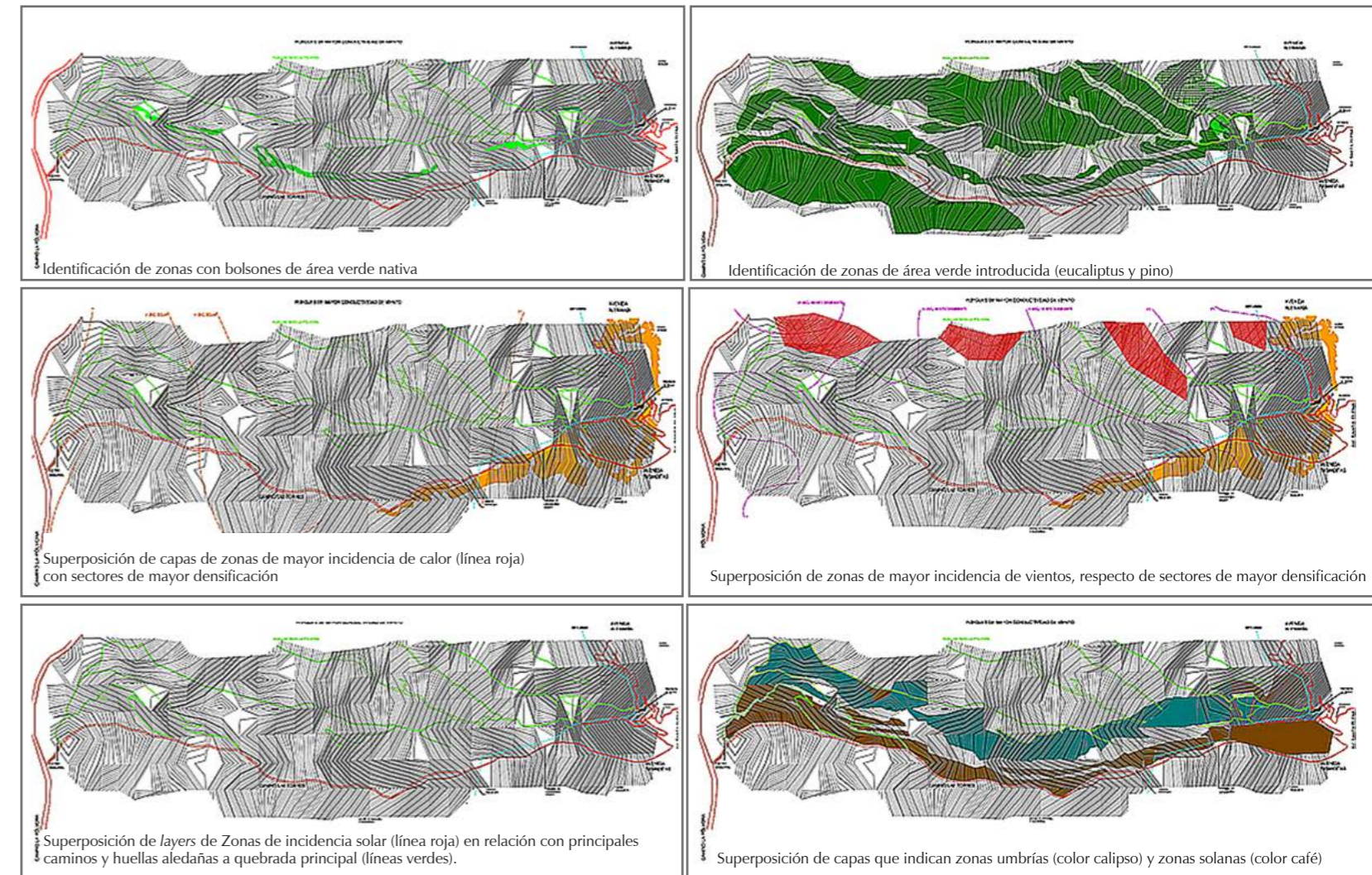


Figura 22. Mapa superpuesto que indica, mediante layers, diversas variables morfoterritoriales del sector en estudio
Fuente: elaboración propia.

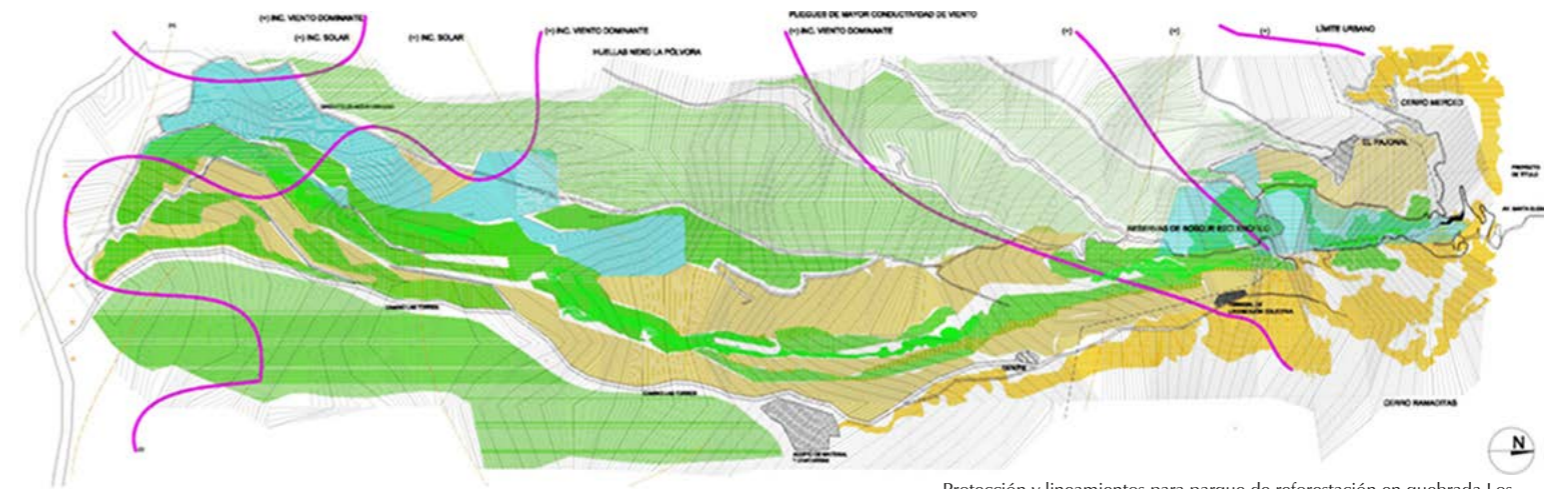


Figura 23. Mapa superpuesto con layers que indican la velocidad y dirección de los vientos dentro de los sistemas de quebradas-cimas, zonas boscosas y densificadas, junto a la zonificación de gradiente territorial, propuesta por autores
Fuente: elaboración propia.

cuenta la delimitación de zonas de reconstrucción, la delimitación clara de la traza urbana específica para cada caso y quebrada, los niveles de urbanización básica, la construcción de accesos, las bajadas de agua, la formación de taludes, de muros de contención, el acceso de grifos, etc.

En el segundo escenario, claramente debe plantearse cómo regular el crecimiento espontáneo hacia la periferia externa del borde superior, tal cual se ha dado hasta ahora. De hecho, parte de la crítica actual a los procesos de autoconstrucción, e incluso al rol del voluntariado y del Gobierno local en la reconstrucción de los sectores siniestrados apunta a este tipo de opción desde el punto de vista de una política social.

En el caso de la tercera situación, claramente implica concebir la planificación de centros cívicos y urbanos en las mesetas superiores, donde actualmente existen aún un sinnúmero de bosques y predios particulares o de bienes nacionales que deberían ser habilitados para su urbanización, creando una nueva ciudad en el borde superior donde reubicar parte de la población remanente, que actualmente no ha sido capaz de ser absorbida por el tejido social y urbano del casco histórico o vernacular consolidado. Debe recordarse que esta opción ya fue llevada a cabo en la década de los sesenta en la ciudad de Viña del Mar, en la denominada población de Gómez Carreño, lo que ha constituido una de las experiencias de intervención a gran escala más duraderas y exitosas en este sentido en la quinta región, y propuesta académicamente por Oyarzún et al. (1998). De hecho, puede pensarse que la disminución de población de Valparaíso, en favor del emergente sector de Curauma, en la ruta 68, es un indicio de este tipo de poblamiento alterno. Así sea por una acción tomada racional o espontáneamente, se dará alguna forma de repoblación y consecuente densificación en estos sectores. En consecuencia, la pregunta es qué tipo de intervenciones mitigadoras y de urbanización han de tomarse en los lugares afectados.

Por último, en próximos artículos se espera abordar cada uno de los restantes sectores identificados en el camino La Pólvora, por su relevancia respecto a ubicarse en sectores de mayor

contacto, crecimiento y densificación, o por el potencial morfológico-territorial de sus trazas.

Modelos morfológico-dinámicos en la densificación urbana vernacular con base en gradientes de habitabilidad

A partir de lo expuesto hemos definido una relación fluida y dinámica en la formación de tejido urbano, de dos procesos aparentemente opuestos: a) por un lado, la generación de límites y periferias, tanto exteriores (Cañete, Lacoste, López, 2015, 2016) como interiores (Vargas, 2016; Cañete y Vargas, en elaboración, 2017), asociados al crecimiento vernáculo observado en Valparaíso, y la consecuente generación de criterios de zonificación que reconozcan esta complejidad; b) por otro, se destacan los propios procesos de asentamiento y densificación urbana que usualmente pueden ser descritos según los modelos de Lenguaje de Patrones (Alexander; 1979, 1985, 2005) y de red urbana de Salingaros (2005), y, complementariamente, a partir de los criterios definidos por Waisberg (1995), de formación de la traza en Valparaíso. La confluencia de ambos principios nos permite comprender mejor la propuesta y el alcance de la noción de gradiente de habitabilidad propuesta por los autores, lo que puede resumirse en la Figura 24.

Gradientes de habitabilidad y necesidad de regulación e intervención en zonas de riesgo

Un estudio de este tipo, que identifica gradientes de habitabilidad en función del territorio, también nos permite acercarnos a la comprensión e identificación de zonas de mayor riesgo, las que en nuestro caso, dadas por las condiciones geomorfológicas del sector, nos hablan de que los incendios en época estival suelen propagarse desde la meseta superior hacia el plano medio principalmente, según nuestras zonas de gradiente I y II identificadas, dada la mixtura entre sitios no urbanizados, pero con alta densificación vernacular, que además cuentan con alta presencia de árboles, arbustos y matorrales, a lo que se agrega el deterioro del fondo de quebrada por su uso como basurero, lo que combinado con el viento que suele bajar por las quebradas, es un agente en la propagación del fuego (Figuras 25 y 26).



Figura 25. Imagen del incendio de la zona en 2014
Fuente: El territorio (2014, abril 14).



Figura 26. Vista aérea desde la bahía hasta la meseta superior, donde se aprecia el camino La Pólvora. En el sector destacado en rojo se muestra el territorio abarcado por el incendio de abril de 2014
Fuente: elaboración propia a partir de Google Earth, 2017.

Figura 24. Modelo dinámico general en la formación de límites urbanos
Fuente: Cañete y Vargas, 2017.

Habitar y densificación urbana espontánea vernacular
(Alexander, 2005)

Densificación en límites exteriores

(Oyarzún y Galdames, 1998; Cañete, Lacoste y López, 2011, 2013)

Generación de intersticios y periferias interiores

(Kapstein, 2010; Vargas, 2016)

Morfologías irregulares en zonas de transición interna-externa

(Vargas, 2016)

Generación de trazas y tejido urbano en Valparaíso

(Waisberg, 1979)

Referencias

- Alexander, C. y Schmidt, R. (2005a). *The generative master plan. For The New Town Of harbor hills*. Berkeley: Center for Environmental Structure.
- Alexander, C. (2002). *The Nature of Order*. Berkeley: Center for Environmental Structure.
- Alexander, C., Ishikawa, S. y Silverstein M. (1977). *Un lenguaje de patrones*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Alexander, C. (2004a). *A part of the generative code. The Path to Building Welcoming, Beautiful, Sustainable Neighborhoods*. [Documento en revisión V. 17]. Recuperado de <http://www.livingneighborhoods.org/library/generativecodesv10.pdf>
- Alexander, C. (2004b). *Sustainability and Morphogenesis. The Birth of a Living World*. Berkeley: Center for Environmental Structure.
- Alexander, C. (2005b). *Creating generative code for a new neighborhood of houses in stroom* (unfinished working draft version 12). Berkeley: Center for Environmental Structure. Recuperado de <http://www.livingneighborhoods.org/library/stroomcode-v13.pdf>
- Alexander, C. (2005d). *Unfolding of a Community from a Generative Code. The Riverside Community of Stroom*. Centre for Environmental Structure – Europe. Recuperado de <http://www.livingneighborhoods.org/library/stroomunfolding-v19.pdf>
- Alexander, C. (2006). *The Heart of the City. A Necessary Binding Force that Creates the Core of Every City*. Berkeley: Center for Environmental Structure. Recuperado de <https://vdocuments.com.br/the-heart-of-the-city-v18.html>
- Alexander, C. (2007). *Harmony-Seeking Computations: A Science of Non-Classical Dynamics based on the Progressive Evolution of the Larger Whole*. Berkeley: Universidad de California. Recuperado de <http://www.livingneighborhoods.org/library/harmony-seeking-computations.pdf>
- Alexander, C., Schmidt, R., Hanson, B., Alexander, M. M. y Mehaffy, M. (2005). *Generative Codes. The Path to Building Welcoming, Beautiful, Sustainable Neighborhoods*. Recuperado de <http://www.livingneighborhoods.org/ht-0/archive.htm>
- Alexander, C., Solomon, D., Anninou, A., Clarke, K. y Wall, P. (1987). *City of Pasadena Zoning Code*. Berkeley: Center for Environmental Structure.
- Cañete Islas, O. (2017a). *Complejidad, forma y arquitectura*. Madrid: Académica Española.
- Cañete Islas, O. (2017b). Habitar en la quebrada. Resiliencia urbana y lenguaje de patrones en Valparaíso, Chile. *Revista de Urbanismo*, (37), 1-19. Doi: <https://doi.org/10.5354/0717-5051.2017.47987>
- Cañete Islas, O. y Vargas, M. (2017). *Transiciones morfológicas entre periferias exteriores e interiores en la formación de tejido y densificación urbana espontánea en Valparaíso*. Documento de trabajo.
- El Territorio (2014, abril 14). Al menos once muertos por el peor incendio de la historia en Valparaíso. *El Territorio*. [Fotografía]. Recuperado de http://www.eltterritorio.com.ar/verimg.aspx?F=1&A=788&O=/img/1/154/3836607350669328_1.jpg
- Haramoto Nishikimoto, E. (2002). Un sistema de información en vivienda. Una proposición preliminar. *Revista INVI*, 16(44), 33-47. Recuperado de <http://www.revistainvi.uchile.cl/index.php/INVI/article/view/405/996>
- Kapstein, P. (2010). Vulnerabilidad y periferia interior. *Urban, Cuadernos de investigación urbanística*, (71), pp. 30-43.
- López, F. M. (2011). Huella arquitectónica. Aproximaciones a la morfología natural, patrones generativos y autoorganizados y sus influencias en la toma de decisión proyectual, de orden y organización arquitectónica. Universidad de Valparaíso: Seminario de título, Escuela de Arquitectura.
- MINVU (2011). Síntesis del coloquio regional "Barrios, ciudad y democracia". Recuperado de <https://www.ead.pucv.cl/app/uploads/2012/02/Sintesis-Ciclo-de-Coloquios-1.pdf>
- Moraga, J., Cañete Islas, O. y López, M. (2011). Geomorfología del lugar, huellas y patrones ambientales como factor cohesionador de Proyectos e Intervenciones de barrios. Coloquio realizado por MINVU regional sobre Políticas de Recuperación Barrial e Identidad Local. Recuperado de <http://www.livestream.com/recuperaciondebarrios/video?clipId=placaa4c913-e43a-4d3c-90c3-9ceab8740ed5>
- Moraga, J. L., Cañete, O. y López, F. (2013). Modelos de densificación según gradientes territoriales de habitabilidad en la conurbación interior Valparaíso-Viña del Mar. *Revista de Arquitectura*, 15(1), 22-32. Doi: <https://doi.org/10.14718/revvarq.2013.15.1.3>
- Oyarzún, A., Arancibia, R. y Galdames, L. et al. (2006). *Estudio sobre el borde superior de Valparaíso*. Presentación. Escuela de Arquitectura, Universidad de Valparaíso. XIX Congreso de la Unión Internacional de Arquitectos, Barcelona.
- Oyarzún, A., Arancibia, R., Galdames, L. et al. (1995). Estudio sobre el borde superior de Valparaíso. *Revista Facultad de Arquitectura*, Monografía especial, 2 (2). Recuperado de <https://es.calameo.com/read/00038572328347aa2818a>
- Pino, A. (2014). *Quebradas de Valparaíso. Memoria social autoconstruida*. Santiago de Chile: Consejo Nacional de Artes y Culturas, Cigiden, Universidad Técnica Francisco Santa María. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/282328448_Quebradas_de_Valparaíso_Memoria_social_autoconstruida
- Salingaros, N. (1999). El espacio urbano y su campo de información. *Revista de diseño urbano*, 4, 29-49.
- Salingaros, N. (2000). The structure of pattern languages. *Architectural Research Quarterly*, 4(2), 149-162. Doi: <https://doi.org/10.1017/S1359135500002591>
- Salingaros, N. (2004). Conectando la ciudad fractal. En *Principles of Urban Structure*. Amsterdam: Techné Press, Amsterdam. Recuperado de <http://zeta.math.utsa.edu/~yxk833/fractalcity-spanish.pdf>
- Salingaros, N. (2005). Complejidad y coherencia urbana. *Revista de diseño urbano*, 5, 291-316.
- Salingaros, N. (2007). Redes: una aproximación al fenómeno urbano. *Cuadernos de arquitectura y nuevo urbanismo*, 3, 5-18. Recuperado de <https://repositorio.itesm.mx/handle/11285/573456>
- Salingaros, N. (2008). La estructura de los lenguajes de patrones. *Cuadernos de arquitectura y nuevo urbanismo*, 5 (3), 25-48. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11285/573460>
- Waisberg, M. (1979). *La traza urbana. Patrimonio consolidado de Valparaíso*. Buenos Aires: Centro Internacional para la Conservación del Patrimonio.

Láminas cilíndricas en la arquitectura colombiana del siglo XX

Jorge Galindo-Díaz

Universidad Nacional de Colombia, Manizales (Colombia)

Escuela de Arquitectura y Urbanismo

Galindo-Díaz, J. (2018). Láminas cilíndricas en la arquitectura colombiana del siglo XX. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 20(2), 36-50. doi: <http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.2.2057>

<http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.2.2057>



Arquitecto, Universidad del Valle, Cali (Colombia).

Dr. Arquitecto, ETSAB, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona (España).

Profesor Titular, Escuela de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Colombia.

<http://orcid.org/0000-0001-8407-8347>

jagalindod@unal.edu.co

Resumen

Desde 1946 se empezaron a diseñar en Colombia láminas cilíndricas como solución de cubierta para edificios industriales, principalmente, replicando formas estructurales empleadas desde los inicios del nuevo siglo en Europa y Estados Unidos. Este artículo describe y analiza los primeros tres proyectos de importancia construidos en el país (mercado de Girardot, estación de autobuses y sede de Volkswagen en Bogotá) donde se emplearon láminas cilíndricas haciendo uso de ingeniosos recursos constructivos; se considera como hipótesis que esta iniciativa buscaba aprovechar tanto las ventajas técnicas como espaciales que ellas brindaban, dentro de una visión integral de la relación entre arquitectura, construcción y estructura. Como herramienta de investigación cualitativa se aplicó un análisis de la información planimétrica disponible, contrastada con los edificios que todavía se conservan. Las conclusiones demuestran la manera en que este tipo de estructuras, con sus atributos y limitaciones, se convirtieron en un recurso común en la arquitectura colombiana de la segunda mitad del siglo XX.

Palabras clave: arquitectura colombiana siglo XX, bóvedas de membrana, construcción civil, diseño de proyecto, edificios industriales, ingeniería arquitectónica.

Cylindrical shells in Colombian architecture in the 20th century

Abstract

In 1946, cylindrical shells began to be designed in Colombia as a roof solution for industrial buildings, mainly replicating structural forms used in Europe and the United States since the beginning of the 20th century. This article describes and analyzes the first three projects of importance in Colombia, in which cylindrical shells were used through ingenious constructive resources. It defends the hypothesis that this initiative sought to take advantage of both the technical advantages and spatial attributes of these shells with a comprehensive view on the relationship between architecture, construction, and structure. Using a qualitative research method, available planimetric information was analyzed, and contrasted with buildings that are still standing and in service. The conclusions demonstrate how this type of structures, with their attributes and limitations, became a common resource in Colombian architecture in the second half of the 20th century.

Keywords: Colombian architecture, 20th century, membrane vaults, civil construction, project design, industrial buildings, architectural engineering.

Estruturas laminares cilíndricas na arquitetura colombiana do século XX

Resumo

A partir de 1946, na Colômbia, teve início o desenho de estruturas laminares cilíndricas como solução de cobertura para prédios industriais, principalmente, replicando formas estruturais usadas desde princípios do novo século na Europa e nos Estados Unidos. Este artigo descreve e analisa os três primeiros projetos mais relevantes construídos no país (mercado de Girardot, estação de ônibus e sede da Volkswagen em Bogotá), nos quais foram usadas estruturas laminares cilíndricas com a ajuda de engenhosos recursos construtivos. Considera-se como hipótese que essa iniciativa buscava aproveitar tanto as vantagens técnicas quanto espaciais que elas brindavam, dentro de uma visão completa da relação entre arquitetura, construção e estrutura. Como ferramenta de pesquisa qualitativa, foi utilizada uma análise da informação planimétrica disponível, contrastada com os prédios que ainda estão conservados. As conclusões demonstram a maneira em que esse tipo de estruturas, com seus atributos e limitações, se converteu em um recurso comum na arquitetura colombiana da segunda metade do século XX.

Palavras-chave: arquitetura colombiana século XX, membrana, construção civil, desenho de projeto, prédios industriais, engenharia arquitetônica.

Recibido: abril 18 / 2018

Evaluado: junio 18 / 2018

Aceptado: julio 23 / 2018

Introducción

Este artículo es uno de los resultados del proyecto de investigación titulado "Estructuras laminares de hormigón en la arquitectura colombiana del siglo XX: tradición e innovación" cuyo objetivo principal pretende identificar las características formales y constructivas de las membranas diseñadas y edificadas en el país durante un periodo de veinte años contados a partir de 1946, de la mano de profesionales nacionales que bien conocían lo que por entonces ocurría en el contexto de la arquitectura internacional y, de manera particular, en el campo de los sistemas estructurales que buscaban cubrir grandes superficies con láminas de hormigón armado o cerámica armada, con mínimo espesor y bajo peso propio.

De manera particular se expondrá aquí el caso de las cubiertas formadas por conjuntos de láminas cilíndricas delgadas; un tipo estructural que Torroja (1957) definiría pocos años después como "totalmente nuevo", caracterizado por disponer "la lámina cilíndrica sobre arcos rígidos o muros transversales distanciados y colocados según las directrices, es decir, sin necesidad de apoyo de la misma sobre las generatrices de arranque" (p. 120).

La hipótesis que aquí se sustenta es que tales láminas cilíndricas, llamadas en inglés *barrel-shell* (Billington, 1965) y en español bóvedas de membrana (Bonnely, 1942; Bonnely, 1945; Bóvedas membrana, 1950), bóvedas dípteras (Torroja, 1957), bóvedas viga (García, 2017) o vigas laminares (Villazón, 2001), fueron un recurso tecnológico empleado por arquitectos e ingenieros colombianos gracias a que, además de representar ventajas en la optimización de los materiales empleados en su construcción, creaban de manera simultánea un plano de cubierta ligero e impermeable por la parte superior, y un falso techo por su cara inferior; el conjunto así formado se convertía en elemento determinante de la configuración del espacio habitable, y en factor dominante en la imagen arquitectónica de la totalidad del edificio.

Considerando lo anterior, ¿de qué manera se produjo la relación entre proyecto y construcción en edificios que usaron este sistema estructural?, ¿con qué herramientas de análisis estructural se contaba y cómo influyeron en los resultados obtenidos?, ¿de qué recursos técni-

co constructivos se valieron los profesionales de la arquitectura y la ingeniería para materializarlos? Estas son las preguntas de investigación más relevantes que se formulan a la luz de la hipótesis anterior.

Entre los ejemplos más destacados del uso de este tipo de estructuras construidas en Colombia y que serán analizadas en este artículo, se han escogido como objeto de estudio los proyectos para el mercado de Girardot (1946-1954), diseñado por el arquitecto alemán Leopoldo Rother, y dos edificaciones en las que participó Guillermo González Zuleta como ingeniero estructural: una estación de autobuses en Bogotá (1950-1951) hoy demolida, y la sede para la casa Volkswagen (1954-1955), ambos en Bogotá, que si bien han sido reseñados por la historiografía de la arquitectura colombiana (Arango, 1989; Niño, 2003, principalmente), no hay constancia de estudios llevados a cabo sobre estos edificios a partir de consideraciones constructivas y estructurales.

Es importante destacar que con posterioridad a la construcción del último de los edificios mencionados, el uso de láminas cilíndricas en cubiertas se extendió a lo largo y ancho del país, durante un lapso de tiempo que se prolongó hasta los últimos años de la década iniciada en 1980, y que se manifiesta a través de importantes ejemplos entre los que se destacan la sede del Centro Interamericano de Vivienda (CINVA)¹ (1953) en Bogotá; el Hipódromo de Techo (1953-1955), también en Bogotá; el Centro Cívico de Barranquilla (1955), el estadio La Libertad (1955) en Pasto, el edificio para el mercado de Buga (1960), la cárcel de Popayán (1962) y el Palacio de Justicia de Cúcuta (1988), entre muchos otros.

Metodología

El método de investigación aplicado fue de carácter cualitativo, desarrollado a partir de un trabajo de archivo que registró y analizó la información planimétrica de los proyectos objeto de estudio, y que se extendió al campo de la lectura de fotos de la época y la inspección visual directa de los edificios construidos, cuando ello fue posible. Los planos originales del mercado de

¹ La sede del Centro Interamericano de Vivienda (CINVA) se construyó en predios de la Universidad Nacional de Colombia, y hoy alberga su Escuela de Arquitectura.

Este artículo está disponible en inglés en la página web de la Revista de Arquitectura <http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.2.2057>
Cylindrical shells in Colombian architecture in the 20th century



Girardot reposan actualmente en el Fondo Invías, del Archivo General de la Nación, en tanto que los que corresponden a la estación de autobuses y la sede de la casa Volkswagen se encuentran en el Fondo Guillermo González Zuleta, del Archivo de Bogotá. Fotografías de estos dos últimos edificios se pueden consultar a lo largo de varios números de la revista *Proa*.

A partir de la información obtenida se adelantó un análisis descriptivo y comparativo centrado en los siguientes aspectos: características geométricas y dimensionales de las láminas cilíndricas usadas en cada edificio, conexiones entre ellas y los sistemas de apoyo, materiales constructivos empleados en su construcción y mecanismos de evacuación de las aguas lluvias puestos en práctica. En cuanto a las limitaciones del estudio hay aspectos que no se abordaron en este texto, que bien se podrían desarrollar en una fase posterior y se consideran importantes, estos son: análisis del estado de conservación, análisis del comportamiento mecánico en las condiciones actuales y caracterización de sus materiales constitutivos.

En la primera parte del artículo se hace una breve explicación relacionada con el comportamien-

to mecánico de las láminas cilíndricas a fin de comprender cabalmente el reto que implicaba su diseño y construcción en un momento en que no se contaba con sofisticados métodos de cálculo. Posteriormente, se da cuenta de su origen en el contexto de la arquitectura internacional y se exploran los vínculos tecnológicos entre los desarrollos que en el campo de las estructuras laminares se producían entre el resto del mundo y los arquitectos e ingenieros colombianos. Finalmente, y de manera previa a la discusión y las conclusiones, se hace una descripción de los edificios mencionados a partir de la metodología descrita.

Resultados

Geometría, comportamiento mecánico y construcción de las láminas cilíndricas

En esencia, las estructuras laminares son aquellas cuya geometría corresponde a una superficie delgada y continua, en la cual dos de sus dimensiones predominan sobre la de su espesor; su comportamiento se fundamenta en que todos los esfuerzos internos son normales, de tracción o compresión, y tangenciales. Para que esto ocurra la carga que actúa sobre la estructura debe ser, preferiblemente, “uniformemente distribuida y no presentar variaciones bruscas ni cargas puntuales” (Morales, 2009, p. 940), de tal manera que su resistencia mecánica es considerada una virtud de su forma.

En términos generales, las estructuras laminares (también llamadas de superficie activa) pueden ser clasificadas en tres grupos (Engel, 1970): sin curvatura (láminas plegadas, por ejemplo), de curvatura simple (como las láminas cilíndricas que aquí se estudian) y de doble curvatura (como en el caso de los paraboloides hiperbólicos). En el caso de las láminas de curvatura simple, su comportamiento estructural puede explicarse a la luz de la teoría de la membrana, que supone que todos los esfuerzos son tangentes a la lámina

y están repartidos uniformemente en su espesor (Candela, 1951), de tal manera que en ellas solo se desarrollan esfuerzos bidimensionales a lo largo de su superficie (Salvadori y Heller, 1966); la rigidez a la flexión y al cortante son despreciables, así como la resistencia a la compresión (Figura 1).

En el caso particular de las láminas cilíndricas simples, con ejes horizontales y simétricos, y de acuerdo con la literatura especializada (Billington, 1965), ellas pueden diferenciarse en cortas y largas en función de sus condiciones de apoyo y su comportamiento estructural. Así, las denominadas cortas son aquellas que se apoyan en sus bordes longitudinales (o generatrices) y presentan una relación $r/L > 0,6$ (donde r es el radio interior de la directriz y L es la longitud de la membrana) en tanto que las largas presentan una relación $r/L < 0,6$ (ASCE, 1952) y se apoyan en sus extremos (o sobre las líneas de las generatrices) y presentan un comportamiento similar al de una viga (Figura 2a).

En cualquier caso, las láminas cilíndricas no se deben confundir con las bóvedas, a pesar de las similitudes en su forma, debido a que ambas tienen un comportamiento mecánico diferente (Torroja, 1957). El comportamiento de las bóvedas está basado en la interconexión de arcos paralelos que transmiten un mismo esfuerzo sobre apoyos continuos bajo las generatrices; se construyen generalmente a partir de materiales resistentes a la compresión, y su espesor puede llegar a ser, en ocasiones, considerable. Por su parte, las láminas cilíndricas se comportan de manera similar a las vigas longitudinales prismáticas, aunque dotadas de perfil curvo y reducido espesor, y son capaces de vencer grandes luces sin apoyos laterales continuos y con un predominio de los esfuerzos de flexión.

Así, cuando una lámina cilíndrica entra en carga, así sea bajo la acción de su peso propio, las generatrices se deforman, curvándose de tal manera que el área situada en la parte inferior de la lámina trabaja a tracción y la de la parte superior trabaja a compresión (Figura 2b); si el espesor de la lámina es pequeño con relación a su longitud, esta flexión es reducida y tiene poca influencia en su comportamiento general.

Desde el punto de vista constructivo, las láminas cilíndricas se pueden hacer en hormigón armado o en cerámica armada. En ambos casos, su proceso de elaboración sigue una misma secuencia: encofrado (a partir de moldes rectos ya que se trata de una superficie desarrollable), armado (continuo o reticular dependiendo de si

es en hormigón o en cerámica, respectivamente), hormigonado (completo o sobre las viguetillas en los mismos casos) y desencofrado. Dependiendo de la cantidad de láminas y sus dimensiones, puede tratarse de un proceso repetitivo o simultáneo, donde es posible la reutilización de los moldes y siempre con un ahorro en la cantidad de los materiales constitutivos.

Génesis de las láminas cilíndricas

El origen de las láminas cilíndricas en las primeras décadas del siglo XX está estrechamente relacionado con los avances adelantados por la compañía alemana Dyckerhoff & Widmann AG (Dywidag), en cabeza de dos de sus ingenieros más destacados: Franz Dischinger y Ulrich Finsterwalder (Stegmann, 2009), encargados del cálculo de las primeras cubiertas delgadas en hormigón armado: el planetario para Zeiss en Jena² (1922), cuya planta circular tenía 25 m de radio y presentaba un espesor de cáscara esférica de 6 cm (Figura 3); el mercado de Frankfurt del Meno (1927), donde cada bóveda cilíndrica cubría una superficie de 50 x 17 m, y el de Leipzig (1929), que ostentaba dos cúpulas gemelas sobre plantas

² Si bien la cúpula de Jena suele considerarse como pionera en el campo de las estructuras tipo cáscara delgada, estudios recientes (Picon, 1997) mencionan algunos casos precedentes como la cubierta de la estación de Bercy-París, construida por el ingeniero francés S. Bousiron en 1910. Una revisión detallada de las primeras ediciones de la revista *Le béton armé*, a través de la cual la casa Hennebique promocionaba construcciones adelantadas en varios países del mundo que hacían uso de su sistema, permite reconocer primigenias experiencias en el campo de las estructuras laminares entre las que se cuentan la cúpula del Banco Brunner en Bruselas (1900), la que ostentó durante algunos años el Museo de Antigüedades Egipcias en El Cairo (1900) y la cúpula hemisférica del Palacio de Justicia de Sousse, en Túnez (1907), todas ellas dadas a conocer a través de esta publicación, y que no disponían todavía de un sistema de cálculo estructural eficaz y confiable para explicar los principios de estabilidad de este tipo de construcciones.

Figura 3. Cúpula de Jena (1922), por Dyckerhoff & Widmann AG
Fuente: Cassinello, Schlaich y Torroja (2010).

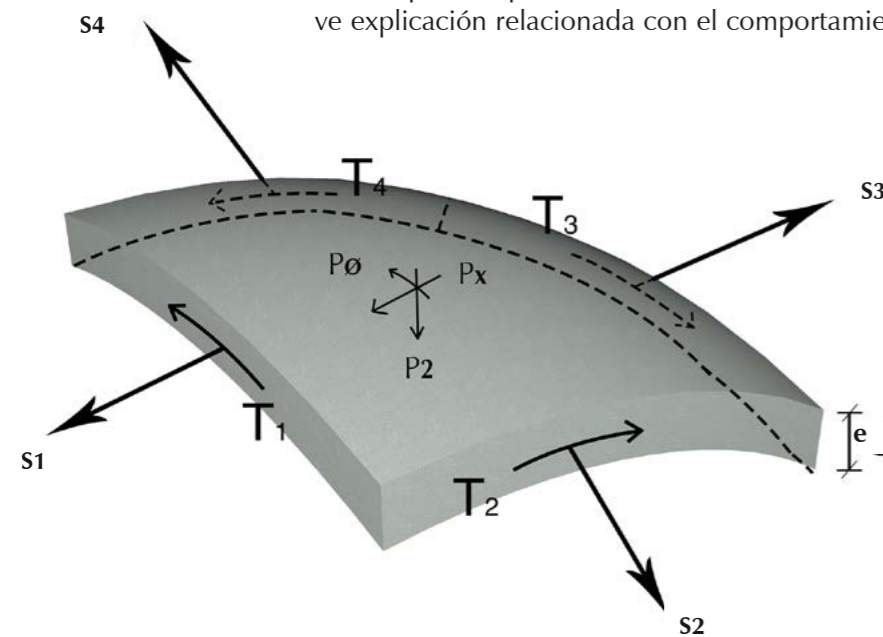


Figura 1. Esfuerzos bidimensionales considerados en las estructuras tipo membrana
Fuente: Laura Henao, 2018, CC BY.

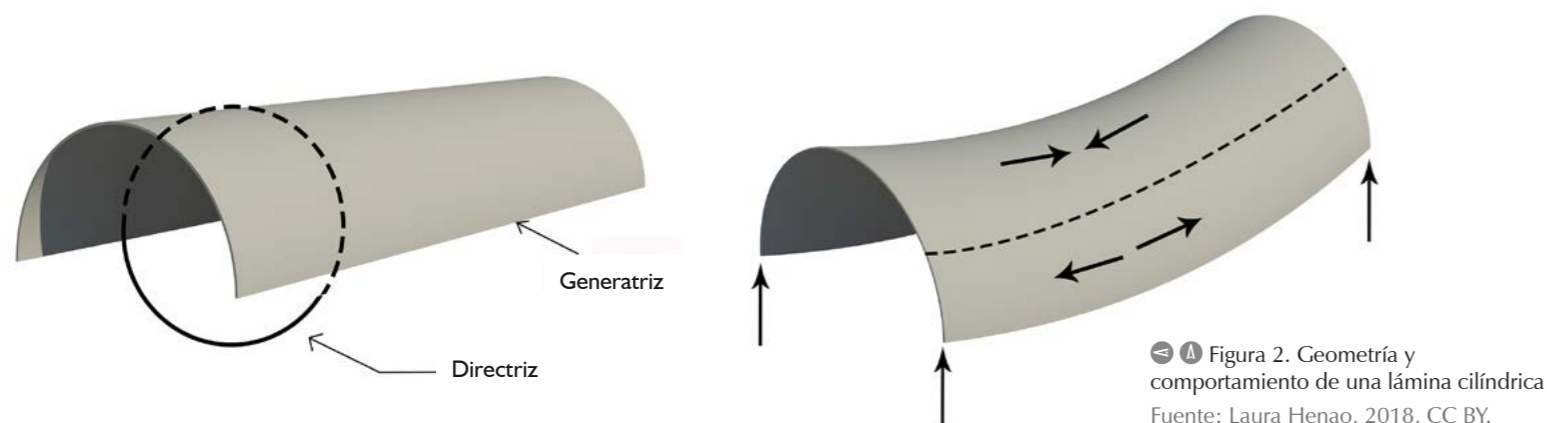


Figura 2. Geometría y comportamiento de una lámina cilíndrica
Fuente: Laura Henao, 2018, CC BY.

octogonales de 65,8 m de diámetro, entre otras (May, 2012).

Gracias al primero de estos proyectos, Dischinger obtuvo –conjuntamente con su socio en este trabajo, Walther Bauersfeld–, la patente que terminó conociéndose como “sistema Zeiss-Dywidag de láminas delgadas para cubiertas” (Billington, 2013) o “sistema Z-D”. En este caso, las barras de acero se disponían a lo largo de las trayectorias de tensión, con ubicación especial de refuerzos en las esquinas y otras regiones singulares sometidas a esfuerzos. La difusión de este sistema en los años posteriores obedeció a una bien planeada estrategia comercial que llevó a Dywidag a construir estructuras laminares en varios países de Europa, e incluso en América Latina: filiales de esta empresa alemana afincadas en Uruguay y Argentina construyeron al menos siete membranas de hormigón en un periodo comprendido entre 1929 y 1933, bien por contratación directa o mediante asesoría técnica durante el proceso constructivo. En cualquier caso, entre 1923 y 1939, los sistemas patentados por Dywidag se emplearon al menos en 35 países, y alcanzaron más de 280.000m² de superficie cubierta (May, 2015).

En el campo específico del análisis estructural de cáscaras cilíndricas, a los trabajos de los ingenieros de Dywidag se sumaron los de Knud W. Johansen (1944) y Hegel Lundgren (1949). Este último hizo uso de ecuaciones clásicas empleadas en el estudio de la flexión de las vigas a fin de determinar las tensiones longitudinales, y las combinó con un análisis de la parte de la estructura con forma de arco para encontrar el valor de los momentos de flexión transversal. Este mismo principio fue utilizado tanto por Félix Candela en el diseño de su primera cáscara cilíndrica larga para la cubierta de Almacén Pisa en 1951 (Martínez y Echeverría, 2017), así como por el ingeniero

uruguayo Eladio Dieste en el cálculo de varias de sus membranas construidas en cerámica armada a partir de 1959 (Cabeza y Almodóvar, 1996). De la misma manera, este sistema de cálculo aún estaba vigente en el diseño estructural que hizo August Komendant para el Kimbell Art Museum de Louis Kahn en 1972 (Buonopane y Osanov, 2015).

En Colombia, el interés por las estructuras laminares se manifestó tempranamente y de manera especial en el ámbito académico de la Universidad Nacional, tal como lo corroboran algunos de los artículos publicados desde 1939 en la revista *Ingeniería y Arquitectura*, órgano impreso de su Facultad de Ingeniería, y en el que participaban mediante artículos tanto profesores como estudiantes e invitados internacionales. Así, la primera nota publicada en esta revista sobre el tema apareció firmada por el ingeniero dominicano Rafael Bonnelly, quien pretendía llegar a “fórmulas prácticas que nos den el diseño rápido de las membranas y de esta manera superar las limitaciones impuestas por las patentes” (Bonnelly, 1942, p. 18) que entonces restringían el conocimiento sobre el cálculo de láminas cilíndricas.

Su explicación se desarrollaba a partir del caso de una bóveda semicilíndrica en hormigón armado de 84 m de longitud, 40 m de ancho y 7,5 cm de espesor, para la cual se determinaban –mediante un proceso simplificado pero de orden matemático–, los valores del momento de inercia, los esfuerzos y la sección de las barras de acero. Tres años más tarde, el mismo Bonnelly remitirá a *Ingeniería y Arquitectura* una detallada e ilustrada reseña de una bóveda laminar construida por él en Santo Domingo, que verificaban en la práctica sus apreciaciones teóricas (Bonnelly, 1945).

Otra muestra del interés académico en el cálculo de estructuras laminares que existía en Colombia se manifiesta a través de una serie de artículos publicados en *Ingeniería y Arquitectura* (Pucher, 1943a, 1943b). Gracias a estos artículos traducidos al castellano por el profesor Julio Carrizosa, se empezaron a conocer en el país los métodos desarrollados por el ingeniero alemán Adolf Pucher, quien además de haber trabajado también para Dywidag, será bien conocido en el ámbito hispanoamericano por su libro de texto sobre hormigón armado (Pucher, 1958), usado en la formación de los ingenieros civiles.

Por su parte, en 1944, el ingeniero y docente de la Universidad Nacional, Henry Cornelissen, explicaba en la misma revista nuevos modos de análisis en láminas cilíndricas, a partir de dos

sobresalientes métodos para la solución: el del doctor U. Finsterwalder y el del doctor F. Dischinger, “en vista de que hoy día el cálculo de estas estructuras es demasiado complicado y laborioso para ingenieros no especializados en esta rama” (Cornelissen, 1944, p. 5). Como ejemplos, este autor apelaba a las cubiertas del Budapest Market Hall (1931), con membranas de 41,5 m de luz, 12 m de ancho y 6 cm de espesor diseñadas por Finsterwalder, y al Hershey Arena, diseñado por el ingeniero Anton Tedesco (1936) en Estados Unidos. En la bibliografía del artículo se incluían autores como Dischinger, Finsterwalder, Moltke y Kalinka, Schorer, Tedesco y Timoshenko, todos de enorme influencia en el campo del cálculo de membranas de hormigón armado.

Pero además de las publicaciones de corte académico, en el contexto colombiano fue muy importante la presencia física del ingeniero español Eduardo Torroja, quien permaneció en Bogotá por espacio de cinco días en 1952. En aquella ocasión impartió varias conferencias entre las cuales estaba una titulada “Cubiertas laminares de doble y simple curvatura” (Escobar y Cárdenas, 2006), en la cual explicaba los principios mecánicos de las bóvedas cilíndricas, entre otras cosas.

Para entonces, muchos de los edificios proyectados por Torroja ya eran reconocidos por la comunidad internacional, destacándose su diseño de la cúpula rebajada para el mercado de Algeciras (1934), de 44,1 m de radio de curvatura y 9 cm de espesor. Sin embargo, su proyecto más famoso será el de las cubiertas para el hipódromo de La Zarzuela (1935) en Madrid, dotado de planos de doble curvatura, sin nervios, que vuelan 12,7 m desde el apoyo hacia la pista, con un ancho de 5,3 m en cada uno de sus módulos y un espesor de 5 cm en el extremo del voladizo. Adicionalmente, en el campo de las bóvedas cilíndricas se destacó su diseño para la cubierta del Frontón Recoletos, también en Madrid, resuelta a partir de dos lóbulos semicilíndricos de simple curvatura, construidos en hormigón armado (García, 2017).

En este último proyecto –que lamentablemente fue parcialmente destruido durante la Guerra Civil española–, Torroja había eliminado de manera deliberada la posibilidad de construir una viga prismática de gran canto bajo la línea donde se unían las dos bóvedas laminares (Figura 4). En sus palabras, “si existe la viga longitudinal, es la constituida por la lámina misma, que saliendo del estrecho marco mecánico de las piezas prismáticas, desarrolla un proceso resistente

mucho más complejo y completo pero no menos definido” (Torroja, 1936, p. 4).

Después de la Segunda Guerra Mundial, las láminas cilíndricas se extendieron por Estados Unidos y Europa como solución de cubierta para naves industriales, almacenes, salas de exhibición de vehículos y escenarios deportivos, entre otros, con especial cuidado en su forma geométrica, la manera de sustentarse y el proceso constructivo, dando pie a una variedad tipológica singular (García y Osuna, 2009). Dicho fenómeno coincide con el interés que su diseño despertó en los ingenieros y arquitectos colombianos, que contaban ya con el aparato matemático necesario para su cálculo estructural, y estaban preocupados por desarrollar una labor experimental en el ámbito constructivo en aras de lograr estructuras prácticas, versátiles y de bajo costo.

No es una coincidencia que el interés de los profesionales colombianos por el diseño y la construcción de cubiertas livianas para grandes luces se produjo en un momento en que el país daba inicio a un proceso de industrialización de sus ciudades más importantes. Tal situación hacía necesario proyectar nuevos espacios dotados de buenas condiciones de iluminación y ventilación, sin apoyos intermedios que obstaculizaran los equipamientos –y especialmente a bajo costo–, de tal manera que fuera viable su construcción.

Casos de estudio en la arquitectura colombiana

Ya se ha demostrado el interés que existía en el contexto académico de la Universidad Nacional de Colombia por las estructuras laminares, manifestado en los artículos que al respecto publicaban sus profesores y colaboradores extranjeros; sin embargo, en el campo de la práctica, las primeras construcciones de este tipo se dieron de manera lenta y progresiva.

Así, se tiene noticia de que entre 1942 y 1946 el arquitecto José María Montoya Valenzuela y el ingeniero Fausto Galante construyeron bóvedas en concreto reforzado para cubrir la capilla del Seminario Menor de Bogotá, aunque su influencia en el contexto local y nacional fue limitada. Será entonces de la mano del arquitecto-ingeniero alemán Leopoldo Rother como se producirán los primeros intentos por aprovechar las bondades de las estructuras laminares planas o ligeramente curvas, tal como lo evidencian sendos proyectos para la Universidad Nacional de Colombia: el estadio Alfonso López (1937) y la sede de la Imprenta (1945), hoy Museo de Arquitectura (Niño, 2003; Pinilla, 2017).

Figura 4. Frontón Recoletos (1935), Madrid, por Eduardo Torroja
Fuente: Cassinello, Schlaich y Torroja (2010).

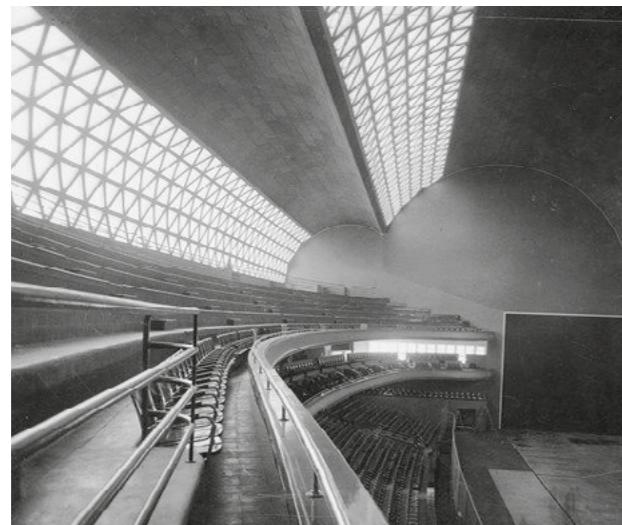




Figura 5. Vista actual del mercado de Girardot
Fuente: Laura Henao, 2018, CC BY.

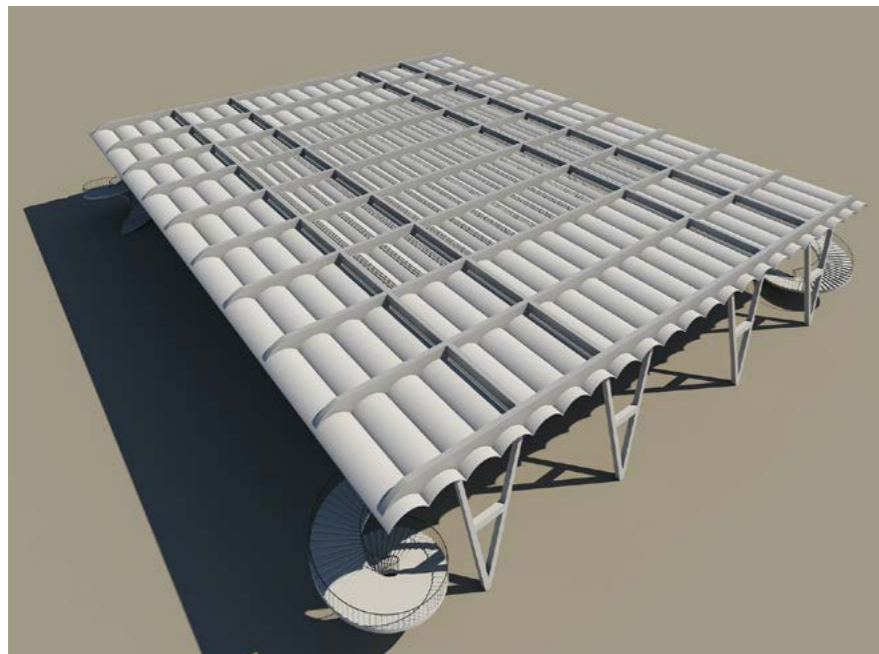


Figura 6. Reconstrucción digital de la cubierta, vista superior
Fuente: Laura Henao, 2018, CC BY.

También vale la pena mencionar el diseño de Rother para el Edificio Laverde (1943) en Bogotá, cuyo remate de cubierta se resolvió mediante una cubierta ondulante construida a partir de membranas que muy probablemente fueron de hormigón armado (Devia, 2006). Además, en su proyecto para el Edificio Nacional de Barranquilla (1945), es claro el uso de láminas cilíndricas cortas como solución de cubierta (Arango, 1989), calculadas por el ingeniero Guillermo González Zuleta. A los nombres de estos dos profesionales se debe el primer edificio cubierto con láminas cilíndricas en el país: el mercado de Girardot.

Mercado de Girardot

Diseñado por Leopoldo Rother a partir de 1946, su construcción fue terminada en 1954; contó con la colaboración del ingeniero calculista José Antonio Parra y la supervisión del ingeniero Guillermo González Zuleta, titulado por la Universidad Nacional de Colombia en 1941. Se trata de un edificio concebido a manera de un gran plano horizontal que provee de sombra a los

vendedores del mercado protegiéndolos de la radiación solar, sin casi presencia de muros de cerramiento, lo que permite al aire circular libremente a través del edificio (Figura 5).

Los elementos estructurales se inscriben claramente en una malla de ejes ortogonales separados 7 m en un sentido y 2,5 m en el otro; estas medidas corresponden a las dimensiones de las láminas de la cubierta y a los encofrados de madera que se elaboraban sin el empleo de equipos auxiliares.

En efecto, el plano de la cubierta está formado por 198 láminas cilíndricas de 7 m de largo, 2,5 m de ancho, 5 cm de espesor y 60 cm de canto, llamadas aquí “membranas” por sus diseñadores (Rother, 1967). En su sentido más largo, cada una de las 22 filas de membranas alinea a 9 de ellas de tal manera que a la vista del espectador adquieren una longitud de 63 m continuos. Esto se logra a través de un recurso simple pero efectivo: el diseño de la que el propio Rother denominó “viga invisible”, que no es otra cosa que una pieza prismática de hormigón de la que cuelgan cada una de las láminas cilíndricas a las que abraza por el extradós de sus extremos.

A su vez, cada una de las 10 vigas invisibles alcanza una longitud de casi 55 m y tienen una altura de 70 cm contados desde el punto más elevado (o “cresta”) de las membranas. El borde superior de estas vigas es horizontal, el inferior es ondulado y se extiende hasta el valle que se forma entre las láminas, donde alcanza una altura total de 1,3 m. El ancho de las vigas es siempre de 40 cm, y en sentido transversal están conectadas por riostras de sección de 25 x 50 cm, separadas entre sí cada 7,5 m sin que en alguna parte entren en contacto con las membranas. En sus extremos, las vigas adoptan un perfil curvo, el cual evita que se asomen sobre el borde del plano de la cubierta (Figura 6).

Cada una de las vigas se apoya sobre un total de 8 columnas inclinadas dispuestas en forma de V, lo que acentúa la transparencia del edificio y permite al espectador entender el carácter liviano de la estructura.

Si bien la historiografía tradicional menciona que se trataba de estructuras de hormigón, Rother (1984) —en el libro sobre la obra de su padre— explica la manera en que, ante las dificultades propias del cálculo de este tipo de estructuras, fue necesario construir modelos a escala³

³ Por similares razones, empresas como Dywidag, o reconocidos ingenieros como Eduardo Torroja o Pier Luigi Nervi, apelaron con frecuencia al uso de modelos a escala como herramientas que permitían verificar estados tensionales y fenómenos de deformación (Moreno y Fernández-Llebrez, 2017).

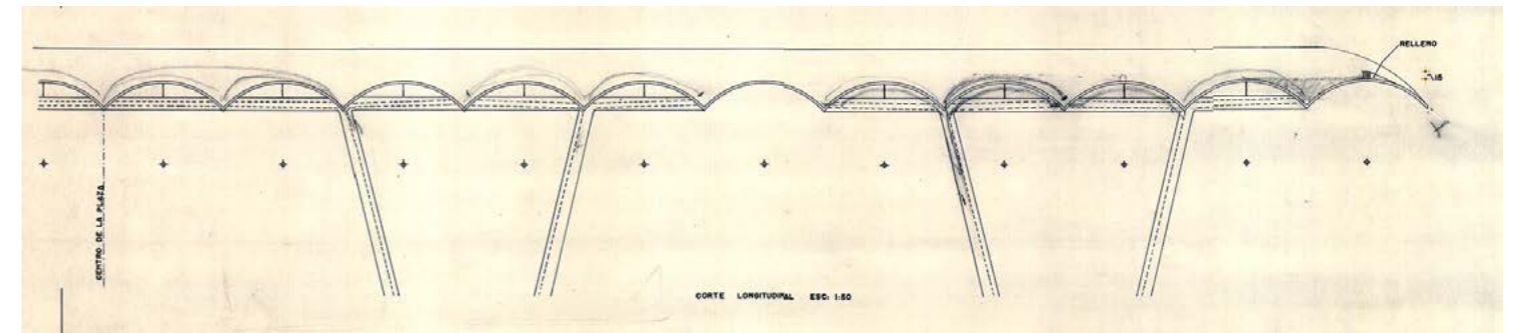


Figura 7. Vista parcial del detalle del sistema de evacuación de aguas lluvias
Fuente: Plano original, fechado el 27 de julio de 1949. Archivo General de la Nación, Bogotá. Fondo Invías (Mapoteca 1, Planoteca 03, Bandeja 09, Ref. 171).

a fin de ser sometidos a carga, optando por usar ladrillos huecos como sistema de aligeramiento hasta lograr membranas de 5 cm de espesor.

Por último, mención especial merece el sistema de desagüe diseñado para la cubierta. En vista de que el agua lluvia se acumulaba en los valles de las membranas se hizo necesario disponer de un sistema de bajantes tubulares adosados a las columnas en forma de V, no sin antes dar al acabado exterior de dichos valles una pendiente para conducir el agua hacia los imbornales. Pero como no todos los valles coincidían con el extremo superior de un bajante, canales horizontales atravesaban la parte inferior de las membranas sobre algunos de los ejes transversales, y alteraban la limpieza formal de la cara inferior de la cubierta (Figura 7).

El propio Rother (1967) mencionaba que el agua retenida en algunos de los valles de las membranas se podía evaporar libremente como un mecanismo para conservar un ambiente fresco dentro de la plaza; era tal su preocupación por el asunto, que en la cresta de las membranas de borde diseñó un cordón de 15 cm de altura, a fin de evitar el rebose de las aguas retenidas hacia el paramento exterior del edificio.

Con el paso de los años, las deficiencias en el sistema de evacuación de aguas lluvias han contribuido al deterioro del edificio, y han dado pie a patologías que a largo plazo afectan su integridad estructural.

Estación de autobuses en Bogotá

Este edificio, diseñado en 1950 por los arquitectos Álvaro Ortega y Gabriel Solano, con cálculos estructurales de Guillermo González Zuleta, tenía como finalidad servir de estación terminal de los buses municipales de la empresa del tranvía, situada en la ciudad de Bogotá. El mismo equipo de profesionales ya había trabajado de

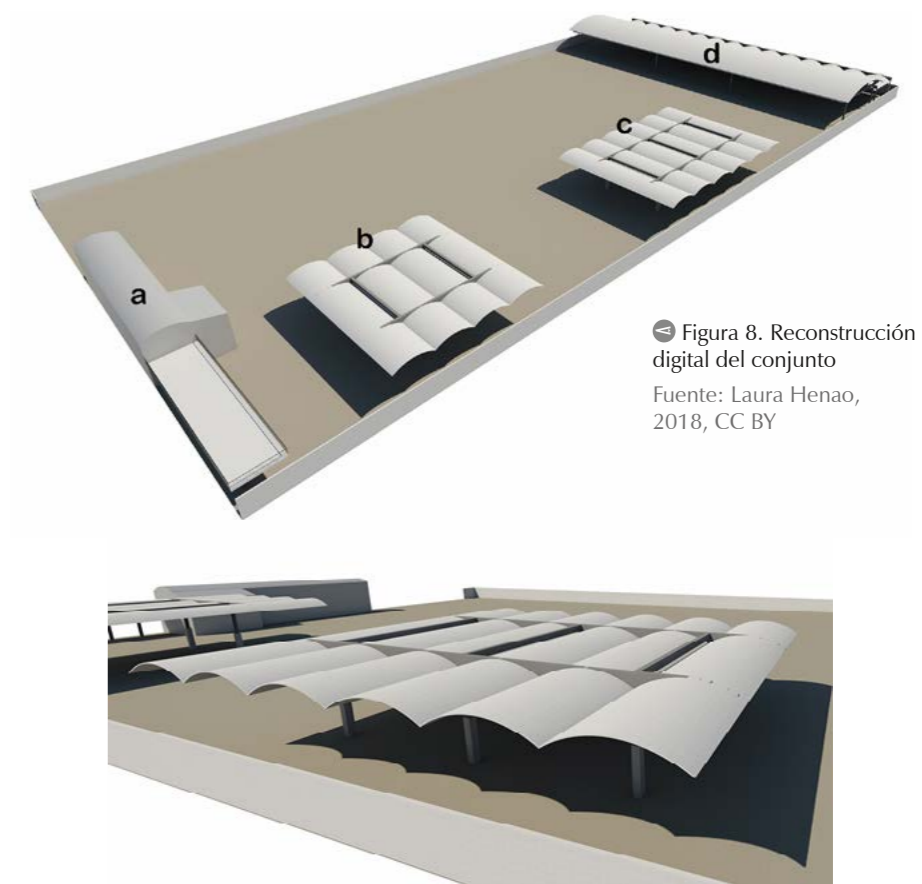


Figura 8. Reconstrucción digital del conjunto
Fuente: Laura Henao, 2018, CC BY.

manera conjunta en el diseño del estadio de béisbol 11 de Noviembre (1947) en Cartagena de Indias, junto al arquitecto Jorge Gaitán Cortés, que posee la primera gran bóveda membrana de doble curvatura construida en Colombia (Vargas y Galindo, 2015).

El programa de este nuevo edificio demandaba varias edificaciones independientes (Figura 8) organizadas en torno a un gran patio de maniobras: [a] era un edificio de oficinas en dos pisos situado sobre la fachada principal, [b] era una superficie cubierta destinada al aprovisionamiento de combustible, [c] era el área de lavado y engrase, [d] albergaba los talleres de maquinaria y [e] cubría los baños y depósitos.

Todos los edificios se resolvieron mediante láminas cilíndricas de cubierta a partir de un módulo en planta cuadrada de 4,8 m de lado. El edificio [a] era de dos pisos y su planta rectangular se cubría con una membrana única de 4,8 m de ancho y 24 m de largo, de 80 cm de flecha, construida en cerámica armada y apoyada por sus lados más largos sobre los muros de carga

Figura 9. Reconstrucción digital del sistema de cubierta del edificio [c]
Fuente: Laura Henao, 2018, CC BY.



Figura 10. Reconstrucción digital del sistema de cubierta del edificio [d], en primer plano, y del edificio [e] a la derecha
Fuente: Laura Henao, 2018, CC BY.

que constituían las fachadas. Los edificios [b] y [c] eran estructuras de doble altura con un sistema de cerramientos independiente del sistema de cubierta, caracterizado por un juego de membranas en serie (4 en el primer edificio, 6 en el segundo) de 4,8 m de ancho y 21,2 m de longitud (correspondiente a 19,2 m más dos voladizos extremos de 1 m de largo cada uno).

Si bien en este proyecto las membranas se organizaban de manera similar a las del Mercado de Girardot, aquí las láminas cilíndricas no se situaban por debajo de las vigas invisibles, sino que quedaban confinadas entre dos de ellas, paralelas y separadas entre sí por una distancia de 9,6 m entre ejes. A su vez, viguetas transversales (2 en el primer edificio y 3 en el segundo), distanciadas por 4,8 m, arriostaban ambas vigas sin tener contacto con las membranas para dejar libres los valles, en donde se recogían las aguas mediante bajantes adosados a los pilares de planta circular levantados sobre pedestales de sección cuadrada (Figura 9). En los casos en que el valle no coincidía con una columna sobre la cual adosar el bajante pluvial, se instalaba un imbornal del que se desprendía un tubo de fibro-cemento oculto tras la cara interior de la viga invisible, que se unía con el bajante en el eje estructural siguiente.

Por su parte, la cubierta más grande era la que cubría el área de los talleres, o edificio [d], y estaba formada por 3 bóvedas alineadas de 24 m de longitud y 16 m de ancho cada una, sostenidas por arcos atirantados, que a su vez se apoyaban en columnas de sección circular de 30 cm de diámetro. Las tres bóvedas, iguales y continuas, tenían una flecha de 2 m de altura. Junto a ellas, pero en sentido perpendicular, se disponía de un conjunto de 14 membranas de menor altura que cubrían el edificio [e], de 4,8 m de ancho y 8 m de longitud, confinadas por sus testeros en vigas de borde apoyadas sobre columnas (Figura 10). En todos los casos, la impermeabilización se lograba, según los autores del proyecto, con un enlucido a base de cal en la cara superior de las

bóvedas y descarga directa de las aguas sobre el pavimento.

En este proyecto, las luces transversales eran modestas y estaban todas perfectamente moduladas, lo que permitió usar formaletas móviles (Villazón, 2001), livianas y baratas, de un manejo sencillo y económico. La construcción de las membranas se hizo de tal manera que en las juntas (de 10 y 12 cm de espesor), entre los ladrillos (de 38 x 23 cm), se dispuso la armadura formada por barras de acero de 3/8" para que pudieran trabajar cuando el hormigón había endurecido totalmente. En los valles de las membranas los empujes se neutralizaban de tal manera que en ese punto se reforzaban con 4 barras de 1/4" embebidas en hormigón.

El edificio no solo llegó a ser incluido en la muestra que Hitchcock (1955) hiciera para el Museo de Arte Moderno de Nueva York en 1955 sino que sirvió de ejemplo para ilustrar artículos como el que se publicó en la revista *Architectural Forum* (Shell Concrete Today, 1954), en el que se reseñaban importantes proyectos de todo el mundo construidos mediante estructuras laminares, a manera de resumen del evento académico que sobre el tema había organizado el Massachusetts Institute of Technology (MIT), en Boston, en junio de 1954.

Lamentablemente, el edificio fue demolido en su totalidad a finales de la década de los setenta, pero su influencia fue notable: un artículo sin firma de la revista *Proa* (número 50 de agosto de 1951) registraba fotografías del proyecto terminado y estaba precedido de una nota editorial titulada "El binomio arquitecto-ingeniero", donde se instaba a ambos profesionales a una mayor interlocución en torno a los proyectos.

Sede de Volkswagen

Diseñado por el arquitecto italiano Bruno Zevi, los cálculos estructurales de las membranas de cubierta fueron realizados por Guillermo González Zuleta⁴. Situada su fachada principal sobre la importante calle 26 en Bogotá (vía que comunica de manera rápida el centro de la ciudad con el aeropuerto), la edificación ocupaba un área casi equivalente a una manzana y estaba destinada a alojar varias funciones para la casa automotriz Volkswagen. Pese a las irregularidades del predio,

4 Los planos de anteproyecto firmados por B. Zevi, que se encuentran en el Archivo de Bogotá, están fechados en noviembre de 1954, y los planos constructivos con detalles de los refuerzos elaborados en la oficina de González Zuleta datan de marzo de 1955, carpetas 101-10-271 y 101-10-272. Si además se tiene en cuenta que el número 93 de la revista *Proa* de octubre de 1955 publicó un artículo con fotos del edificio en su etapa final de construcción, resulta claro el breve tiempo invertido en los diseños de este.



Figura 11. Reconstrucción digital del sistema estructural y de cubierta del edificio
Fuente: Laura Henao, 2018, CC BY

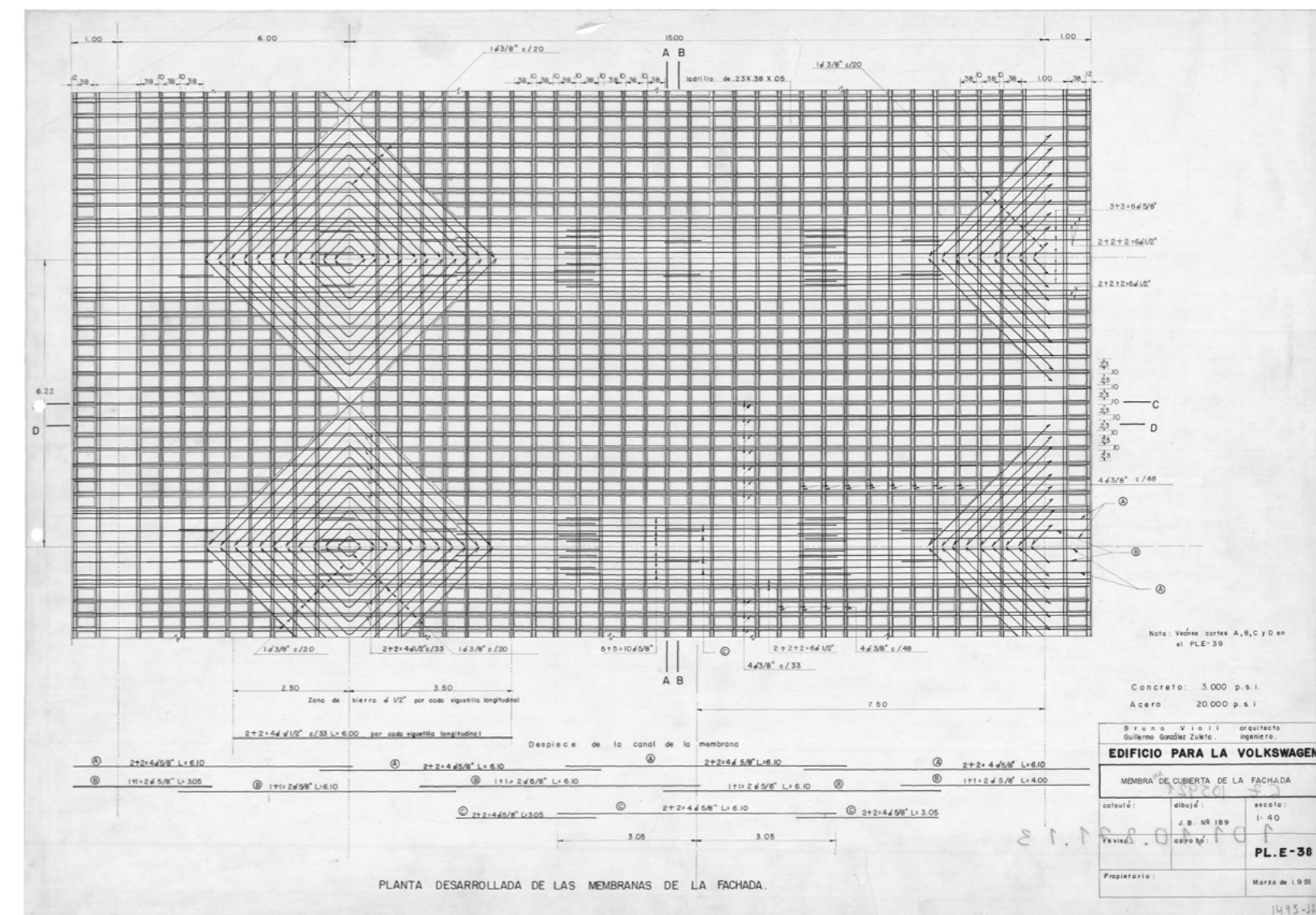


Figura 12. Detalle de armaduras de las membranas de fachada
Fuente: Archivo de Bogotá, Plano 101.10.271.13, Fondo Guillermo González Zuleta.

la estructura se organizaba sobre un enmallado que se acercaba a un módulo de 6 m y que era igual al ancho de las láminas cilíndricas más grandes de la cubierta.

El cuerpo principal [a] (Figura 11), sobre la calle 26, estaba formado por una estructura de dos niveles, la primera de ellas de doble altura: 5,35 m, con un mezzanine en la parte frontal; la segunda, de 3,2 m de altura, cubierta por un conjunto de 6 membranas del tipo segmento de

circunferencia de 23 m de longitud, 5,93 m de ancho y un canto de 1,05 m.

Cada una de estas membranas principales se apoyaba en tres arcos paralelos de 40 cm de ancho atirantados mediante una viga horizontal de 15 cm de altura, de tal manera que formaban igual número de ejes separados entre sí por distancias de 6 y 15 m respectivamente. En cada extremo las membranas tenían un voladizo de 1 m. Su construcción se llevó a cabo siguiendo los

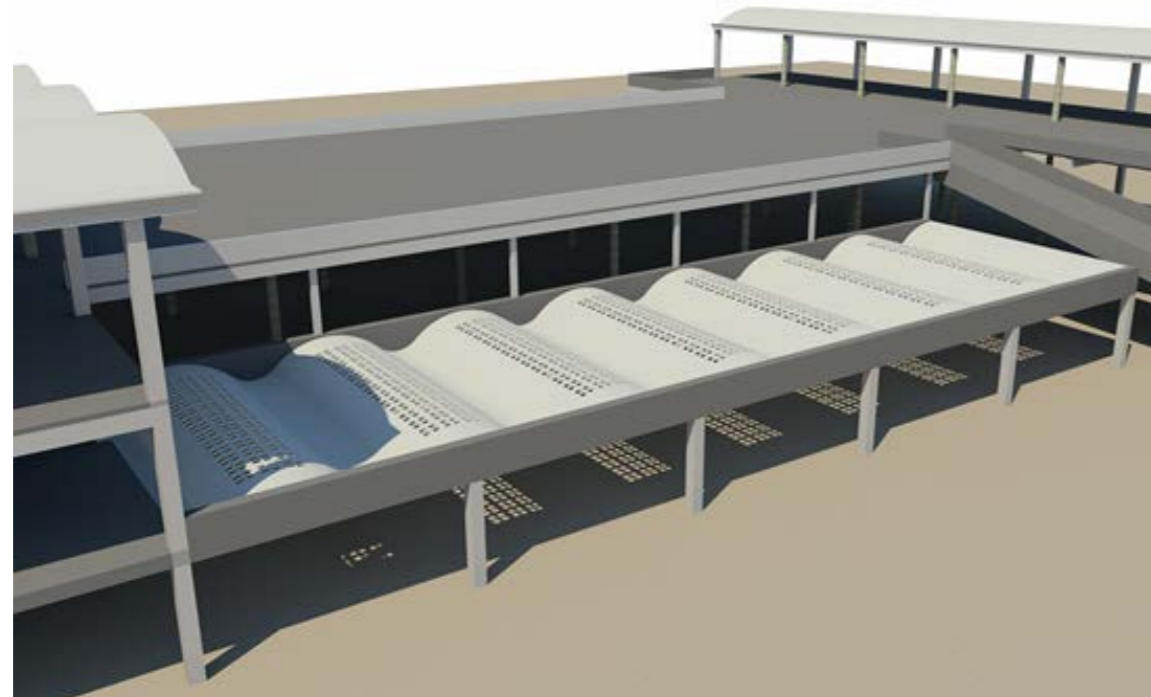


Figura 13. Reconstrucción digital del sistema de membranas descolgadas
Fuente: Laura Henao, 2018, CC BY.

dictados de experiencias previas: ladrillos de 5 cm de espesor y 23 x 38 cm de superficie, quedaban separados entre sí por viguetillas de 10 cm de ancho que se reforzaban con 4 barras de 3/8". En las áreas próximas a los valles toda la membrana era en hormigón armado con barras de 1/2" en la proximidad de las piezas cerámicas, y de 5/8" en el punto de inflexión de las membranas. Una singular disposición de las armaduras se presentaba en el área de las membranas situada por encima de los arcos de apoyo, y constituía un refuerzo suplementario de planta cuadrada con barras de 3/8" distanciadas entre sí cada 20 cm (Figura 12).

La necesidad de contar con un sistema de desagüe óptimo demandó que las membranas volaran 50 cm por fuera del plano de las fachadas anterior y posterior, para permitir el tránsito libre de los bajantes adosados a ellas hasta el nivel del piso.

Adicionalmente, una placa de hormigón armado se prolongaba hacia la parte posterior del predio, sirviendo simultáneamente como cubierta de las áreas destinadas al mantenimiento de los automóviles y como superficie de estacionamiento para otros a donde se llegaba a través una rampa. Por la cara inferior de la placa, apoyada sobre columnas de sección circular separadas entre sí por una distancia de 12 m, se apreciaban claramente vigas prismáticas dispuestas en dos sentidos que conformaban los pórticos estructurales y que terminaban en voladizos a cada lado de 3,5 m de longitud.

De gran interés es la manera en que dos áreas rectangulares, o edificio [b], quedaban cubiertas por sendos juegos de membranas. En una de ellas había 9 láminas sinusoidales y en la otra 8, todas de 8,8 m de longitud y 4 m de ancho, con sus extremos longitudinales confinados en una viga de borde. En tanto que un extremo de esta viga

se apoyaba sobre el muro medianero, el otro se suspendía, mediante columnas de hormigón, del voladizo de la placa de hormigón más alta, formando entre ambas superficies una abertura cenital por donde circulaba el aire (Figura 13).

Con el fin de iluminar aún más el espacio del primer piso, las membranas enmarcadas en la estructura medianamente suspendida se construyeron con piezas de isolux dispuestas a la manera de los ladrillos estructurales, siguiendo el modelo propuesto por Rother en las membranas centrales del mercado de Girardot. El desagüe de esta serie de membranas se logró mediante bajantes en vertical situados en el plano posterior de tal manera que el agua era conducida a ellos a través de una suave pendiente hecha sobre la superficie de los valles.

Por último, el edificio [c], destinado también a almacenar los automóviles, cubría su segundo piso con una serie de 8 membranas alineadas que remataban contra un tanque elevado de agua, cada una de 6 m de longitud y 5,93 m de ancho. Como en las anteriores, poseían solo 5 cm de espesor.

Discusión

Una mirada comparativa a los tres casos estudiados se presenta en la Tabla 1, a partir de los aspectos dimensionales descritos.

El análisis de los datos recogidos en la Tabla 1 permite conocer varios aspectos de naturaleza constructiva:

- El valor de los radios de curvatura de las láminas cilíndricas se desempeñaba preferiblemente en rangos que permitieran un replanteo y trazado sencillo (entre 2 y 4,5 m en la mayoría de los casos).

[1] Proyecto	MERCADO DE GIRARDOT	ESTACIÓN DE AUTOBUSES	SEDE DE VOLKSWAGEN		
[2] Periodo de construcción	1946-1954	1950-1951	1954-1955		
[3] Área cubierta	3465 m ²	2130,8 m ²	1630,22 m ²		
[4] Radio (r)	1,68 m	Edificio [a]	4,5 m	Edificio [a]	4,9 m
		Edificio [b]	4,5 m	Edificio [b]	2 m
		Edificio [c]	4,5 m	Edificio [c]	4,9 m
		Edificio [d]	16 m		
		Edificio [e]	4,5 m		
[5] Ancho (a)	2,5 m	Edificio [a]	4,8 m	Edificio [a]	5,93 m
		Edificio [b]	4,8 m	Edificio [b]	4 m
		Edificio [c]	4,8 m	Edificio [c]	5,93 m
		Edificio [d]	16 m		
		Edificio [e]	4,8 m		
[6] Espesor (e)	5 cm	5 cm en todos los casos	5 cm en todos los casos		
[7] Longitud (l)	7 m	Edificio [a]	24 m	Edificio [a]	23 m
		Edificio [b]	21,2 m	Edificio [b]	8,8 m
		Edificio [c]	21,2 m	Edificio [c]	6 m
		Edificio [d]	24 m		
		Edificio [e]	8 m		
[8] Canto (f)	60 cm	Edificio [a]	80 cm	Edificio [a]	105 cm
		Edificio [b]	80 cm	Edificio [b]	80 cm
		Edificio [c]	80 cm	Edificio [c]	80 cm
		Edificio [d]	200 cm		
		Edificio [e]	80 cm		
[9] Relación r/l	0,24	Edificio [a]	0,19	Edificio [a]	0,21
		Edificio [b]	0,21	Edificio [b]	0,23
		Edificio [c]	0,21	Edificio [c]	0,82
		Edificio [d]	0,67		
		Edificio [e]	0,56		
[10] Material constructivo	Cerámica armada	Cerámica armada	Cerámica armada		

Tabla 1. Atributos dimensionales de las láminas cilíndricas de los edificios objeto de estudio.
Fuente: elaboración propia, 2018.

- El ancho de las membranas (sin el recurso del atirantamiento) oscilaba entre los 4,8 y los 6 m.
- El espesor en todos los casos, de 5 cm, casi con seguridad estaba determinado por el tamaño de los ladrillos con que se construyeron.
- La longitud era una de las virtudes mejor aprovechadas de las láminas cilíndricas (hasta de 24 m).
- El canto de las láminas cilíndricas superaba el de las vigas prismáticas tradicionales, con una mínima inversión de materiales, poca masa y bajo peso propio.
- En prácticamente todos los casos, los arquitectos e ingenieros colombianos optaron por la construcción de láminas cilíndricas largas ($r/L < 0,6$).

Por su parte, a partir de la contextualización de los casos aquí estudiados, es posible deducir que, en el ámbito local, la adopción de las for-

mas de la denominada arquitectura moderna y su lenguaje internacional implicó también la asimilación de las técnicas que le permitían convertirse en una realidad material. Esto demandó, necesariamente, un proceso de experimentación constructiva que de manera progresiva fue superando limitaciones dimensionales de las láminas cilíndricas.

Dicho proceso, de carácter experimental, no pudo hacerse sin consideración de los métodos de análisis estructural desarrollados desde la ingeniería civil de las primeras décadas del siglo XX; y si bien se puede advertir de parte de los profesionales de la construcción un alto grado de intuición estructural, esto no puede ser considerado como la única herramienta para el logro de las nuevas formas construidas. Se ha demostrado que en el país, la enseñanza de los métodos numéricos de cálculo estuvo tempranamente al



Figura 14. Vista actual de la tribuna principal del Hipódromo de Techo
Fuente: elaboración propia, 2018, CC BY.

servicio de los procesos de concepción y ejecución de ingenieros y arquitectos colombianos.

Se observa también que, como parte de esa nueva conceptualización tecnológica, la noción de “módulo” adquirió un valor que iba más allá de lo estético para convertirse en un instrumento de racionalización del proceso constructivo: la lectura de las mallas estructurales en que se inscriben los proyectos analizados así lo demuestra, como también la estrecha relación entre las dimensiones de los ejes estructurales y sus múltiplos y submúltiplos con el tamaño de las membranas de cubierta; a su vez, estas últimas, condicionadas por el tamaño de los encofrados que debían ser reutilizados.

Es interesante señalar la importancia que fue adquiriendo el concepto de “peso propio” del edificio y el intento de reducirlo no solo en aras de su apariencia formal (asociada a los conceptos de ligereza y transparencia), sino como un aspecto mecánico que se traducía en un abaratamiento del costo de la edificación en general. Esa búsqueda permitió, en el caso colombiano, la adopción de la técnica de la cerámica armada como principio en la ejecución de láminas cilíndricas, anticipándose a otras experiencias latinoamericanas en la materia y, de manera particular, a la de Eladio Dieste en el sur del continente.

Por último, es importante destacar que en vista de que lo utilitario fue el factor dominante en el programa de los casos estudiados, y que ninguno de ellos tuvo el carácter de edificio-manifiesto o paradigma tecnológico, se han considerado desde la historiografía de la arquitectura colombiana como eslabones de tránsito en el proceso de innovación tecnológica, que abrieron la senda a edificaciones de mayor impacto nacional.

Esto último ha hecho que no se ponga la debida atención a proyectos de menor escala que adoptaron, entre otras soluciones estructurales innovadoras para su época, las láminas cilíndricas como sistema de cubierta. Así, no debe desconocerse la estrecha relación entre valores espaciales y técnicos en proyectos como el que fuera sede del Cinva, construido en 1953 en predios de la Universidad Nacional de Colombia, cubierto con una bóveda laminar de perfil elíptico construida por la firma de Alberto Manrique Martín e hijos, siguiendo los diseños de Ritter y Mejía, con cálculos estructurales del ingeniero Carlos Valencia.

Importante también fue el proyecto del arquitecto Álvaro Hermida junto al ingeniero Guillermo González Zuleta para el Hipódromo de Techo (1953-1955), en donde la cubierta de la tribuna principal está conformada por 12 láminas cilíndricas de hormigón dispuestas paralelamente sobre el graderío, que alcanzan 66 m de longitud y $\frac{3}{4}$ ” (1,875 cm) de espesor, confinadas entre una serie de pórticos que distan entre sí 10 m (Figura 14).

Más allá de la capital, proyectos como el edificio para la nueva plaza de mercado de Buga (1960), del arquitecto local Diego Salcedo, aprovecharon las ventajas climáticas de las cubiertas de láminas cilíndricas, introduciendo en dicha población un lenguaje moderno con una cuidadosa calidad constructiva expresada en la calidad de los encofrados, la iluminación cenital y la ventilación cruzada (Figura 15).

Conclusiones

El trabajo que aquí se ha descrito y analizado demuestra la estrecha relación entre forma arquitectónica, sistema estructural y racionalidad



Figura 15. Vista actual del edificio de la plaza de mercado de Buga
Fuente: elaboración propia, 2018, CC BY.

constructiva presente en algunos proyectos llevados a cabo por arquitectos colombianos en el inicio de la segunda mitad del siglo XX, y que se expresa en casos como el de aquellos cuyas cubiertas se concibieron a partir de vigas laminares de perfil circular.

Gracias a un estrecho trabajo colaborativo entre arquitectos e ingenieros se construyeron edificios en los que fue posible llevar a cabo un ejercicio de experimentación técnica a partir de métodos de cálculo y análisis estructural simplificado, sumados a un alto nivel de intuición acerca de su comportamiento mecánico, empleando materiales que aseguraban un fácil proceso de ejecución a bajo costo y en plazos de tiempo relativamente cortos.

Los resultados formales, tanto en el contexto colombiano como en el latinoamericano, son destacables. Además del juego dimensional logrado (ancho, luz, espesor), es importante reconocer la riqueza espacial alcanzada, de tal manera que los cerramientos pierden aquí el protagonismo y la importancia que llegaron a tener en la arquitectura precedente, dejando en la estructura ya no solo la función portante sino también el mandato sobre la composición general de la edificación. Adicionalmente, se lograba una sintonía con las condiciones climáticas del sitio (muy relevante en el caso del mercado de Girardot), así como con

las determinantes ambientales impuestas por el uso (talleres vehiculares, áreas de almacenamiento).

Una vez avaladas las ventajas del sistema estructural, su aplicación se hizo extensiva a numerosos proyectos de muy diversas escalas, aunque sus más significativos ejemplos puedan situarse en edificios de corte utilitario que no han sido suficientemente estudiados pese a ser paradigmáticos en sus procesos de concepción y construcción. Y si bien en el contexto colombiano las superficies de doble curvatura o cascarones de hormigón del tipo paraboloides hiperbólicos no llegaron a ser tan usados como en México, ello probablemente tuvo su origen en limitaciones más de tipo económico y cultural, que en el manejo y control de sus aspectos técnicos.

Las lecciones hacia el futuro cobran entonces importancia en un momento en el que se hace cada vez más frecuente un fenómeno de disociación de saberes en el ámbito de la arquitectura y una fractura entre el diseño y la construcción. Igualmente, ellas son útiles en la actualidad, cuando los recursos informáticos, especialmente aquellos relacionados con el modelado 3D y la impresión digital, permiten retomar el uso proyectual de las estructuras laminares con la participación de nuevos materiales diferentes al hormigón o la cerámica armada, y en donde el ejercicio profesional tiene cada vez más un carácter interdisciplinar.

Referencias

- Arango, S. (1989). *Historia de la arquitectura en Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Archivo de Bogotá (1955, marzo). Edificio para la Wolkswagen [Plano estructural]. Fondo Guillermo González Zuleta (Plano 101.10.271.13. PL.E-38).
- Archivo General de la Nación (1949, julio 27). *Mercado de Girardot* [Planimetría, Corte longitudinal]. Fondo INVIAS (Mapoteca 1, Planoteca 03, Bandeja 09, Ref. 171). Bogotá.
- American Society of Civil Engineers (ASCE) (1952). *Design of Cylindrical Concrete Shell Roofs. Manual of Engineering Practice*, 31. New York: ASCE.
- Billington, D. (1965). *Thin Shell Concrete Structures*. New York: McGraw-Hill.
- Billington, D. (2013). *La torre y el puente. El nuevo arte de la ingeniería estructural*. Madrid: Cinter.
- Bonnely, R. (1942). Bóvedas membranas. *Ingeniería y Arquitectura*, 40, 18-21.
- Bonnely, R. (1945). Bóvedas membranas. *Ingeniería y Arquitectura*, 62, 3-6.
- Bóvedas membrana (1950). *Proa*, 50, 14-18.
- Buonopane, S. y Osanov, M. (2015). Evaluation of August Komendant's Structural Design of the shells of The Kimbel Art Museum. En B. Bowen, D. Friedman, T. Leslie y J. Ochsendorf (eds.). *Proceedings of the 5th International Congress on Construction History* (vol. II, pp. 283-290). Chicago: Construction History Society of America.
- Cabeza, J. M. y Almodóvar, J. M. (1996). Las bóvedas de cerámica armada en la obra de Eladio Dieste. Análisis y posibilidades de adaptación a las condiciones constructivas españolas. En: A. De las Casas, S. Huerta y E. Rabasa (eds.), *Actas del primer congreso nacional de historia de la construcción* (pp. 135-142). Madrid: Instituto Juan de Herrera y Cehopu.
- Candela, F. (1951). Hacia una nueva filosofía de las estructuras. En *Memoria del congreso científico mexicano* (vol. V, pp. 87-111). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cassinello, P., Schlaich, M. y Torroja, J. A. (2010). Félix Candela. *In memoriam* (1910-1917). From thin concrete shells to the 21st century's lightweight structures. *Informes de la Construcción*, 62(519), 5-26. Doi: <https://doi.org/10.3989/ic.10.040>
- Cornelissen, H. (1944). Bóvedas membranas de sección circular. *Ingeniería y Arquitectura*, 59, 5-10.
- Devia, M. (2006). *Leopoldo Rother en la ciudad universitaria*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Engel, H. (1970). *Sistemas de estructuras*. Madrid: Blume.
- Escobar, A. y Cárdenas, M. (2006). Hitos y protagonistas. En Asociación colombiana de productores de concreto (ed.), *La construcción del concreto en Colombia* (pp. 44-132). Bogotá: Panamericana.
- García, R. (2017). Láminas cilíndricas en España. El reinicio de la construcción laminar en los años de la posguerra. En S. Huerta, P. Fuentes y I. Gil (eds.), *Actas del décimo congreso nacional y segundo congreso internacional hispanoamericano de historia de la construcción* (vol. II, pp. 669-678). Madrid: Instituto Juan de Herrera, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Recuperado de http://oa.upm.es/49287/1/INVE_MEM_2017_268257.pdf
- García, R. y Osuna, R. (2009). Cubiertas laminares de hormigón tras la Segunda Guerra Mundial. Soluciones en edificios industriales. En S. Huerta, R. Marín, R. Soler y A. Zaragoza (eds.), *Actas del sexto congreso nacional de historia de la construcción* (vol. II, pp. 559-569). Madrid: Instituto Juan de Herrera, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Recuperado de <http://oa.upm.es/45162/1/2009%20Valencia%20Laminares%20industria.pdf>
- Hitchcock, H. R. (1955). *Latin American Architecture since 1945*. New York: MOMA.
- Johansen, K. W. (1944). Skalkonstruktion paa Radiohuset. *Bygningsstatistiske Meddelelser*, (15), 1-26.
- Lundgren, H. (1949). *Cylindrical Shells*. Vol. 1: *Cylindrical Roofs*. Copenhagen: Danish Technical Press.
- Martínez, M. y Echeverría, E. (2017). Las bóvedas cilíndricas y su evolución hacia las cáscaras cilíndricas largas de cubierta de Félix Candela. Análisis geométrico y mecánico. *EGA Expresión gráfica arquitectónica*, 22(30), 160-169. Doi: <https://doi.org/10.4995/ega.2017.7846>
- May, R. (2012). Shell Wars: Franz Dishinger and Ulrich Finsterwalder. En R. Carvais, A. Guillerme, V. Nègre y J. Sakarovich (eds.), *Nuts & Bolts of Construction History* (vol. III, pp. 133-141). Paris: Piccard.
- May, R. (2015). Shell Sellers. The International Dissemination of the Zeiss-Dywidag System, 1923-1939. En B. Bowen, D. Friedman, T. Leslie y J. Ochsendorf (eds.), *Proceedings of the 5th International Congress on Construction History* (vol. II, pp. 557-564). Chicago: Construction History Society of America.
- Morales, M. (2009). Cubiertas formadas por paraboloides hiperbólicos: ventajas en su funcionamiento estructural y en su construcción. En S. Huerta, R. Marín, R. Soler y A. Zaragoza (eds.), *Actas del sexto congreso nacional de historia de la construcción* (vol. II, pp. 939-945). Madrid: Instituto Juan de Herrera y CEHOPU. Recuperado de http://www.sedhc.es/biblioteca/actas/CNH66_20%202888%29.pdf
- Moreno, P. y Fernández-Llebreg, J. (2017). Aportaciones de modelos físicos al desarrollo y construcción de estructuras laminares en el s. XX. En S. Huerta, P. Fuentes e I. Gil (eds.), *Actas del décimo congreso nacional y segundo congreso internacional hispanoamericano de historia de la construcción* (vol. II, pp. 1103-1112). Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Niño, C. (2003). *Arquitectura y estado: contexto y significado de las construcciones del Ministerio de Obras Públicas, Colombia, 1905-1960*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Picon, A. (1997). *L'art de l'ingénieur*. Paris: Centre Georges Pompidou.
- Pinilla, M. (2017). *De Prusia a la cuenca del río Magdalena. La tradición clásica fecundada por el trópico en la arquitectura de Leopoldo Rother*. Tesis doctoral. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Pucher, A. (1943a). Sobre la función de tensión en las cúpulas delgadas curvadas de modo cualquiera (parte I). *Ingeniería y Arquitectura*, 50(V), 50-59.
- Pucher, A. (1943b). Sobre la función de tensión en las cúpulas delgadas curvadas de modo cualquiera (parte II). *Ingeniería y Arquitectura*, 53-54(V), 25-30.
- Pucher, A. (1958). *Curso de hormigón armado*. Buenos Aires: El Ateneo.
- Rother, H. (1984). *Arquitecto Leopoldo Rother, Vida y obra*. Bogotá: Escala.
- Rother, L. (1967). Plaza de mercado de Girardot. *Escala*, 20, 4-6.
- Salvadori, M. y Heller, R. (1966). *Estructuras para arquitectos*. Buenos Aires: Ediciones La Isla.
- Shell Concrete Today (1954). *Architectural Forum*, 101(1), 157-166.
- Stegmann, K. (2009). Early concrete construction in Germany – A review with special regard to the building company Dyckerhoff & Widmann. En K.E. Kurrer, W. Lorenz y V. Wetzl (eds.), *Proceedings of the Third International Congress on Construction History* (pp. 1371-1378). Cottbus: Brandenburg University of Technology.
- Torroja, E. (1936). La cubierta laminar del frontón Recoletos. Manuscrito original perteneciente al Archivo Torroja depositado en el CEHOPU, Madrid. Recuperado de http://www.cehopu.cedex.es/img/bibliotecaD/Cubierta_laminar_frontron_recoletos
- Torroja, E. (1957). *Razón y ser de los tipos estructurales*. Madrid: Instituto de la Construcción y el Cemento, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Vargas, H. y Galindo, J. (2015). The construction of thin concrete Shell roofs in Colombia during the first half of the 20th century: The works of the Guillermo González Zuleta (1916-1995). En T. Bowen, D. Friedman, T. Leslie y J. Ochsendorf (eds.), *Proceedings of the 5th International Congress on Construction History* (vol. III, pp. 525-534). Chicago: Construction History Society of America.
- Villazón, R. (2001). Álvaro Ortega: la arquitectura como acto técnico. *Arquitecturas*, 7(1), 44-45.

Retórica simbólica en el espacio arquitectónico

Una mirada antropológica de la casa en la sobremodernidad

Eska Elena Solano-Meneses

Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Arquitectura y Diseño

Solano-Meneses, E. E. (2018). Retórica simbólica en el espacio arquitectónico. Una mirada antropológica de la casa en la sobremodernidad. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 20(2), 51-61. doi: <http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.2.1848>

<http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.2.1848>



Arquitecta, Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex) (México).
Maestra en Educación, Tecnológico de Monterrey (México).
Doctora en Diseño, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex) (México).
Docente en posgrado del Centro de Investigación de Arquitectura y Diseño (CIAD).
Docente, Licenciatura en la Facultad de Arquitectura y Diseño en UAEMex y en el Tecnológico de Monterrey.
Investigadora de tiempo completo en la Licenciatura en Diseño y posgrado en la MADIC de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Cuajimalpa (México).
Profesora de posgrado (doctorado), División de Ciencias y Artes para el Diseño, Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco (México).
Colaboradora en el programa del Doctorado en Diseño, UAEMex. Miembro del SNI Nivel I.
Líneas de investigación: semiótica, hermenéutica, retórica, arquitectura, diseño y educación inclusiva.
<https://orcid.org/0000-0002-5974-1511>
eskasolano@gmail.com

Resumen

Se analizan los aspectos simbólicos de la casa sobremoderna, mediante el uso metodológico de variables antrópicas. Se parte de la idea de la casa como espacio antropológico celular y como espacio mínimo en que el hombre se desarrolla, generalmente resuelto arquitectónicamente en términos de estética y función. Sin embargo, su enfoque antropológico no se ha atendido desde la arquitectura, antes bien, se ha limitado y transgredido, lo que ha provocado una crisis en los espacios habitados. La propuesta metodológica de enfoque etnográfico se sustenta en una dimensión antropológica de los espacios, a través de la inclusión de variables de diseño arquitectónico que surgen del análisis de la pirámide de Maslow. Se concluye que aspectos como autorrealización, seguridad y pertenencia, por mencionar algunos, resultan vulnerados con los planteamientos arquitectónicos actuales, situación que afecta el sentido simbólico de la casa sobremoderna.

Palabras clave: arquitectura, casa, espacio, etnografía, necesidades básicas.

Symbolic Rhetoric in the Architectural Space: An Anthropological View of the House in the Age of Supermodernity

Abstract

This research aims to analyze the symbolic aspects of the supermodern house, with a methodology that uses anthropic variables. It is based on the idea of the house as a cellular anthropological space, the minimum space in which human beings develop, generally determined architecturally in terms of aesthetics and function. Nevertheless, this anthropological approach has not been addressed from architecture; rather, it has been limited and infringed, causing a crisis in inhabited spaces. The methodological proposal of an ethnographic approach is based on the anthropological dimension of spaces, through the inclusion of architectural design variables that arise from the analysis of the Maslow pyramid. The paper concludes that aspects such as self-realization, security and belonging, among others, are violated under the current architectural approaches, a situation that affects the symbolic sense of the supermodern house.

Keywords: Architecture, house, space, ethnography, basic needs.

Retórica simbólica no espaço arquitetônico. Um olhar antropológico da casa na sobremodernidade

Resumo

São analisados os aspectos simbólicos da casa sobremoderna, a partir do uso metodológico de variáveis antrópicas. Parte-se da ideia da casa como espaço antropológico celular e como espaço mínimo em que o homem se desenvolve, geralmente solucionado arquitetonicamente em termos de estética e função. Porém, o seu enfoque antropológico não foi atendido a partir da arquitetura, senão que se limitou e transgrediu, o que tem provocado uma crise nos espaços habitados. A proposta metodológica de enfoque etnográfico é sustentada em uma dimensão antropológica dos espaços, através da inclusão de variáveis de design arquitetônico que surgem da análise da pirâmide de Maslow. Conclui-se que aspectos como autorrealização, segurança e pertencimento, para mencionar alguns, terminam vulnerados com as propostas arquitetônicas atuais, situação que afeta o sentido simbólico da casa sobremoderna.

Palavras-chave: arquitetura, casa, espaço, etnografia, necessidades básicas.

Recibido: noviembre 29 / 2017

Evaluado: mayo 11 / 2018

Aceptado: agosto 6 / 2018

La investigación pretende responder a la pregunta: ¿cuáles son las necesidades antrópicas que la casa debe satisfacer, independientemente de la forma y función?

La hipótesis de que se parte es que además de las necesidades estéticas y funcionales que una casa debe cubrir, es importante la satisfacción de necesidades de carácter más profundas como las simbólicas.

Se parte del antecedente de que las primeras manifestaciones de la arquitectura no fueron una respuesta primitiva para satisfacer necesidades fisiológicas y protegerse de las inclemencias del tiempo, sino que representan una significación más simbólica del espacio, centrándose más en una dimensión mística y religiosa que constructiva, como fue el caso de la arquitectura megalítica.

Posteriormente, propuestas teóricas desde Vitrubio hasta Palladio se centraron en la lógica del diseño arquitectónico apoyado en los emplazamientos, la buena ventilación, y el uso de materiales, así como técnicas de construcción para terminar por concebir a la casa como “objeto para habitar”. Nunca manifestaron interés por aspectos simbólicos como seguridad y autorrealización.

Con la llegada de la arquitectura moderna, arquitectos como Frank Lloyd Wright, Mies van der Rohe y Le Corbusier ensalzan nuevos principios en los que domina la función acompañada por la forma; al tiempo que el racionalismo extiende la idea de estandarización de los espacios arquitectónicos hasta la masificación de la casa o residencia. Abanderada por la idea de una mejora de las condiciones de vida de sus habitantes, la arquitectura moderna propugna por ideas absolutas de una función universal, y olvida los aspectos simbólicos de la casa. Así se manifiesta en la propuesta le corbusiana de La Máquina de habitar al afirmar que es “una máquina destinada a procurarnos una ayuda eficaz para la rapidez y exactitud en el trabajo, una máquina diligente y atenta para satisfacer las exigencias del cuerpo” (Le Corbusier, 1978, p. 24).

Con la sobremodernidad, la preocupación de los aspectos simbólicos en el diseño de espacios para habitar se reconsidera, como respuesta a los espacios sobremodernos carentes de identidad. Desde los conceptos urbanos con Jane Jacobs (2011) y Aldo Rossi (1982) se defiende la necesaria inclusión de espacios de convivencia no estrictamente funcionales, así como la transformación de la idea de un espacio “definido por su función” en espacios indeterminados, transformables, susceptibles de alojar simultáneamente actividades diversas (Oliveras, Montaner, De Sola Morales y Ramón, 2000).

La nueva perspectiva desde una visión antropológica, asocia el concepto de casa con los arquetipos de Jung (2009), relacionados con lo simbólico por su cercanía con lo mítico y lo cultural (Coppola, 1997) y se afirma que las casas modernas “no recogen, la mayoría de las veces, las instancias arraigadas [...] recogen con mayor frecuencia necesidades de consumo más que las exigencias profundas y subconscientes del hombre” (p. 167). El concepto de arraigo, entendido como una recurrente tendencia a practicar algunas costumbres –ritos– que son consideradas como propias de la cultura de la cual proviene, contextualiza la importancia de lo simbólico en lo señalado por Coppola Pignatelli (1997).

Paradójicamente, a pesar de que el estado del arte señala la necesidad de inclusión de los aspectos simbólicos del hombre en el concepto de casa, la sobremodernidad retorna a las costumbres modernas, determinadas por el liberalismo económico de concebir los espacios de habitar como un producto que debe cumplir cuestiones de índole primordialmente económica, y después funcional y estética, lo que diluye los principios simbólicos de la casa.

La casa como lugar

La falta de significado del entorno arquitectónico se establece en los “no lugares” de Marc Augé, quien diferencia lugar y espacio, y señala que el lugar es el área que “ha adquirido significado a partir de las actividades humanas que se dan en ese sitio” (2002, p. 32), mientras el espacio carece de este nivel de identidad. Con ello, la casa ha de ser lugar y no espacio o no lugar.

Esta indiferencia contextual, señalada por Augé (2002) como No lugar, conlleva procesos antropológicos que los espacios carentes de significados generan, porque nadie siente ningún apego por él, consecuencia lógica de las características de la sobremodernidad o supermodernidad (Ibelings, 1998). Para Baudrillard (1988), el lugar ha sido sustituido por la desunión, el desencuentro y el extravío. La casa en su simbolismo esencial está en crisis, puesto que se le han eliminado las características de espacios identitarios, relacionales e históricos para ser sustituidos por cuestiones económicas y funcionales. El hombre y sus relaciones con sus semejantes no tienen cabida, con la soledad y el aislamiento consecuente de sus habitantes (Augé, 2002).

El hombre se concibe a sí mismo como inmerso en un espacio, lo que concede sentido y simbolización a su existencia (Morales, 1999), y deja clara la importancia del ser humano con el espacio (lugar). Narváez Tijerina (2004) agrega que un espacio simbólico ubica al hombre en un imaginario urbano, ya que los habitantes se autoconstruyen a través del establecimiento de relaciones

espaciales cuyas representaciones les permiten una significación de su ser, tanto en la dimensión individual como colectiva.

Hoy en día, la falta de estos símbolos niega la naturaleza del hombre y conduce irremediablemente a una sociedad hacia el caos, a una falta de identidad y a una pérdida de sentido de pertenencia y de comunidad, que desata problemas sociales de toda índole.

Para Morales (1999), la identidad o pertenencia consiste en la conversión del espacio genérico (la vastedad) en espacio con connotación de lugar que da sentido a su existencia: “El hombre debe crear un orden arquitectónico para establecerse y entender el mundo. De ahí que la consideración aclaradora y situante nunca puede omitirse en las labores arquitectónicas” (Morales, 1999, p. 244), conceptos en los que Muntañola (1996) apoya la teoría de la topogénesis. Para él, el lugar es el espacio habitado, es el escenario del hombre, resume tiempo y espacio, y se construye con la existencia de un sujeto y su historia (otros). De ahí que la topogénesis sea el estudio de la construcción de lugares para vivir; de esta manera, el arquitecto se convierte en un generador de lugares. El lugar permite al sujeto navegar por la historia y permite a la historia situar al sujeto (Muntañola, 2009).

La función histórica y social de la arquitectura ha sido la creación necesaria de un espacio humanizado, hecho a imagen y semejanza del hombre para que este sobreviva. Un espacio que el hombre pueda habitar, su lugar.

El concepto de lugar de la casa se define tanto por las funciones como por la acción de los individuos que allí moran, y estos elementos “determinan los patrones de vida en la red social, simbólica y de creación, y son la base de la identidad” (De Hoyos, 2010, p. 213) de quien ahí vive.

Metodología

Propuesta de fundamentos simbólicos en la casa sobremoderna

Este trabajo propone una metodología etnográfica de análisis con enfoque cualitativo de la casa, cuya categorización se sustenta en variables simbólicas provenientes de la pirámide de Maslow, las cuales sirven de guía tanto para la investigación de campo como para analizar la información obtenida a través de instrumentos etnográficos como: historias de vida, entrevistas a profundidad, observación directa y *shadowing*. La interpretación de resultados se apoya en la heurística semiótica.

Los instrumentos del investigador son tanto la investigación documental como la de campo, dado que se pretende un acercamiento con

los principales actores: las personas que habitan casas sobremodernas en el Fraccionamiento Rincón del Álamo, en la Villa de Almoloya de Juárez, en el Valle Metropolitano de Toluca, México.

El universo de estudio corresponde a las familias que habitan estas casas sobremodernas, por ser casos de estudio que cumplen con las características críticas de la arquitectura actual.

A partir de un enfoque cualitativo, se realizaron dos tipos de entrevista, la primera cuali-cuantitativa corresponde a un esquema de entrevista dirigida, la cual busca registrar datos objetivos que complementen la información obtenida con la entrevista no formal. Este tipo de entrevistas establecía la variable por medir y se proporcionaba al entrevistado una lista de conceptos alusivos, para que con ello describieran su percepción referente a concepto medido.

El segundo tipo, totalmente cualitativo, corresponde al establecimiento de una entrevista a profundidad, un diálogo libre en el que el actante-habitador se sienta en libertad de describir su experiencia como habitante de las casas del Fraccionamiento Rincón del Álamo, centrado básicamente en la narrativa de cómo es un día de su vida en su casa: cómo son sus experiencias, cómo se siente, qué espacios frecuenta, qué actividades realiza, con quién convive, etc., de manera que, bajo la perspectiva de la heurística semiótica, sea posible encontrar sustratos simbólicos en sus espacios, al tiempo que se conozca la situación con mayor profundidad.

Para la aplicación de la entrevista dirigida fueron entrevistadas 20 personas, ubicadas en diferentes rangos de edad, género, ocupación y que habitan las casas del fraccionamiento. De las personas entrevistadas un 40% resultó ser trabajador o empleado, un 40% es estudiante y un 20% se dedica al hogar.

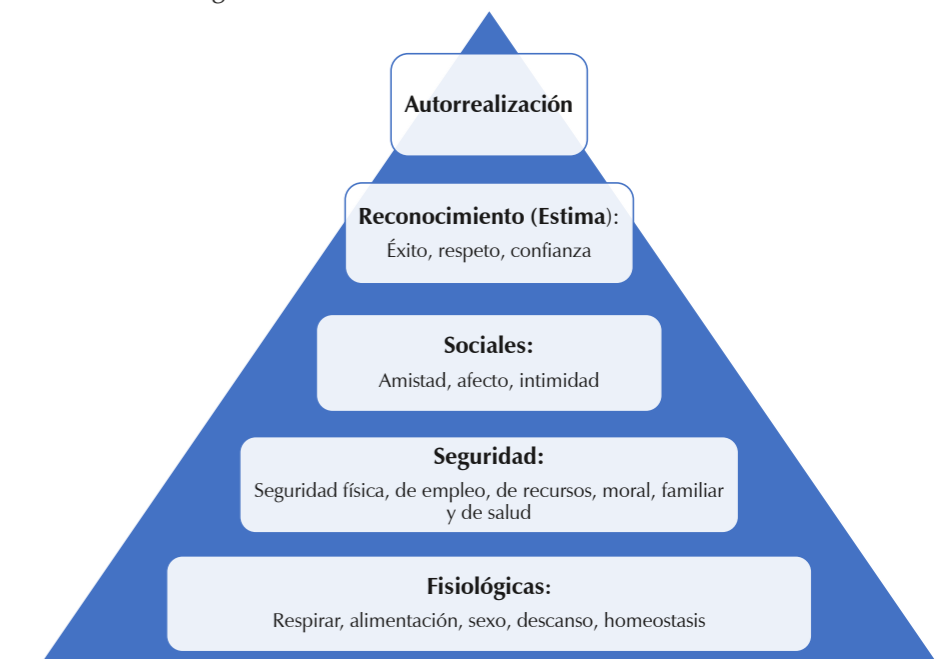


Figura 1. Pirámide de Maslow, que señala los tipos de necesidades de un ser humano
Fuente: elaboración propia a partir de Maslow (2009).

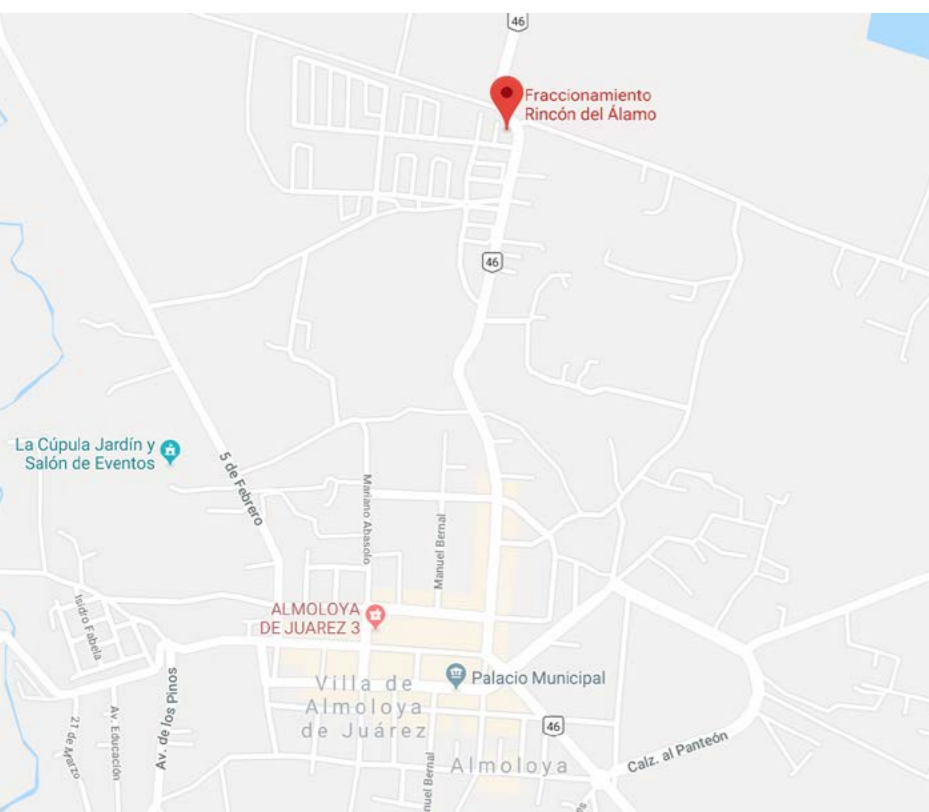


Figura 2. Ubicación del fraccionamiento, al norte de Almoloya de Juárez
Fuente: Google maps, 2018.

Figura 3. Fraccionamiento Rincón del Álamo
Fuente: elaboración propia, 2015.

Las variables para la categorización del análisis simbólico surgen de la pirámide de Maslow (2009), la cual es una representación gráfica de la teoría de motivación propuesta por Abraham Maslow que pretende explicar las necesidades humanas (Figura 1). En la base de la pirámide aparecen las necesidades fisiológicas, seguidas de las necesidades de seguridad, sociales, de reconocimiento y autorrealización.

Cada una de estas necesidades tiene implicaciones en el diseño arquitectónico.

Necesidades básicas o fisiológicas: son las relacionadas con la supervivencia del individuo –respirar, alimentarse, hidratarse, vestirse, sexo, etc.–.

Necesidades de seguridad: se refieren a la necesidad de tener una situación de orden y seguridad en la vida. Estas pueden ser: seguridad física (salud), económica (ingresos), necesidad de vivienda, etc.

Necesidades sociales: implican el sentimiento de pertenencia a un grupo social, familia, amigos, pareja, compañeros del trabajo, etc.

Necesidades de estima o reconocimiento: tienen que ver con la confianza, la independencia personal, la reputación o las metas financieras.

Necesidades de autorrealización: son las más altas, estarán cubiertas si las demás necesidades han sido suficientemente alcanzadas. Es la sensación de haber llegado al éxito personal (Maslow, 2009).

De las necesidades detectadas por Maslow se desprende la presente propuesta, que pretende analizar la manera en que el espacio arquitectónico puede atender cada una de las dimensiones citadas por el autor.

Estas variables son:

1. Sentido de satisfacción personal asociado al espacio o lugar.
2. Sentido de afiliación.
3. Sentido de protección y defensa.
4. Sentido de reconocimiento.
5. Sentido de pertenencia y arraigo con el entorno.
6. Sentido de proximidad con el otro.
7. Sentido de satisfacción de aspectos físico-mentales.
8. Sentido de asociación del espacio con su uso psicológico y social.

Los estudios de Maslow ligados a las necesidades del hombre coinciden también con posturas de teóricos del diseño como Papanek, quien afirma: “cuando decimos que las necesidades básicas de la gente están resueltas’ no hacemos más que plantear una opinión estrecha y provinciana. [...] las verdaderas necesidades de las amplias masas del pueblo siguen sin solucionarse” (2014, p. 181), refiriéndose con ello a superar aspectos estéticos y funcionales en el diseño, para atender las simbólicas.

Caso de estudio: casas del conjunto habitacional Rincón del Álamo

Desarrollado en la zona poniente del Valle Metropolitano de Toluca, las casas del Fraccionamiento Rincón del Álamo se localizan aproximadamente a 1,5 km al norte del poblado de Almoloya de Juárez (Figura 2). Es un fraccionamiento compuesto por 1013 casas (Figura 3).

El fraccionamiento ofrece dos modelos de casas (Figura 4):

Modelo Malva, tiene una superficie de terreno de 60 m², con un frente de 4 m y 15 m de profundidad, y una superficie construida de 38,18 m² en un nivel. El programa arquitectónico incluye: 1 dormitorio, sala, comedor, cocineta, patio de servicio, estacionamiento para un auto y pequeño jardín trasero.

Modelo Cedrón, tiene una superficie de terreno de 60 m² con un frente de 4 m y 15 m de profundidad, y una superficie construida de 60,72 m²

en dos niveles. El programa arquitectónico incluye: 2 dormitorios, sala de TV, estudio, sala, comedor, cocineta, patio de servicio, estacionamiento y jardín trasero.

Los materiales con que están contruidos y terminados ambos modelos de casas son: muros de tabique y losas de concreto, recubiertos de aplanado de mortero y pisos de loseta.

Las casas del fraccionamiento habitacional en cuestión se encuentran en un área periurbana, a una distancia aproximada de 1,5 km de Almoloya de Juárez, sobre antiguos terrenos de cultivo (Figura 5).

Este conjunto estuvo a cargo del Consorcio Hogar S.A. de C.V., compañía fundada en 1996, que tiene como objetivo atender el sector de compradores de vivienda cuyo rango de ingreso mensual fluctúa entre 2,5 y 12 salarios mínimos.

Resultados

Los habitantes de las casas de este fraccionamiento fueron analizados por medio de entrevistas estructuradas y de profundidad. Los resultados de esta fase de la investigación aportan evidencias claras de la problemática generada por estos espacios, como se expone a continuación.

Análisis cuanti-cualitativo

Sentido de satisfacción personal asociada al espacio o lugar

El sentido de satisfacción personal asociada al espacio o lugar fue analizado con un abanico de conceptos como: felicidad, angustia, opresión, miedo y vacío. De esta variable, los mayores porcentajes (cuya suma es 63%) oscilan entre una percepción de opresión o de angustia, mientras las respuestas menos frecuentes se inclinan hacia la felicidad, el miedo o el vacío (Figura 6).

Sentido de afiliación

La asociación es otra de las necesidades simbólicas del hombre, sentirse parte de un grupo, pero especialmente de un grupo próximo, cerrado y propio. Se pensaría que ello se cumple de alguna manera con los angustiados espacios que fuerzan esta “unión”, ya que, al carecer de espacios íntimos, los lugares comunes se convierten en el refugio; sin embargo, los resultados muestran lo contrario (Figura 7). Asimismo, otro de los conceptos destacados es el de esperanza, y esto se puede explicar bajo la idea de que las casas en su mayoría no son propias, hecho que genera la percepción de que la condición descrita es transitoria.

Sentido de protección y defensa

Existen muchas referencias antropológicas que sustentan la necesidad de que, ante la percepción de vulnerabilidad, el hombre requiere

sentirse protegido. Este aspecto no parece estar cubierto en este conjunto habitacional, ya que el concepto de “vandalismo” fue reiterativo en un 38%, en contraste con el de seguridad (34%) o el de vigilancia (17%) (Figura 8).

Sentido de reconocimiento

El reconocimiento es una de las necesidades que más se ha privilegiado en la era consumista, ya que de ahí se derivan varias teorías de la mercadotecnia. Existe en cada persona una necesidad de sentirse apreciado, de poseer, tener prestigio y destacarse de entre los demás, pero ello se ha entendido como el posicionamiento económico que se tiene sobre los demás. La idea general de este prestigio se construye con posesiones materiales muy evidentes, como casa o auto, seguidas de artículos como aparatos eléctricos, celulares y ropa.



Figura 4. Planta arquitectónica de los Modelos Malva (izquierda) y Modelo Cedrón (derecha)
Fuente: Reyes (2015).

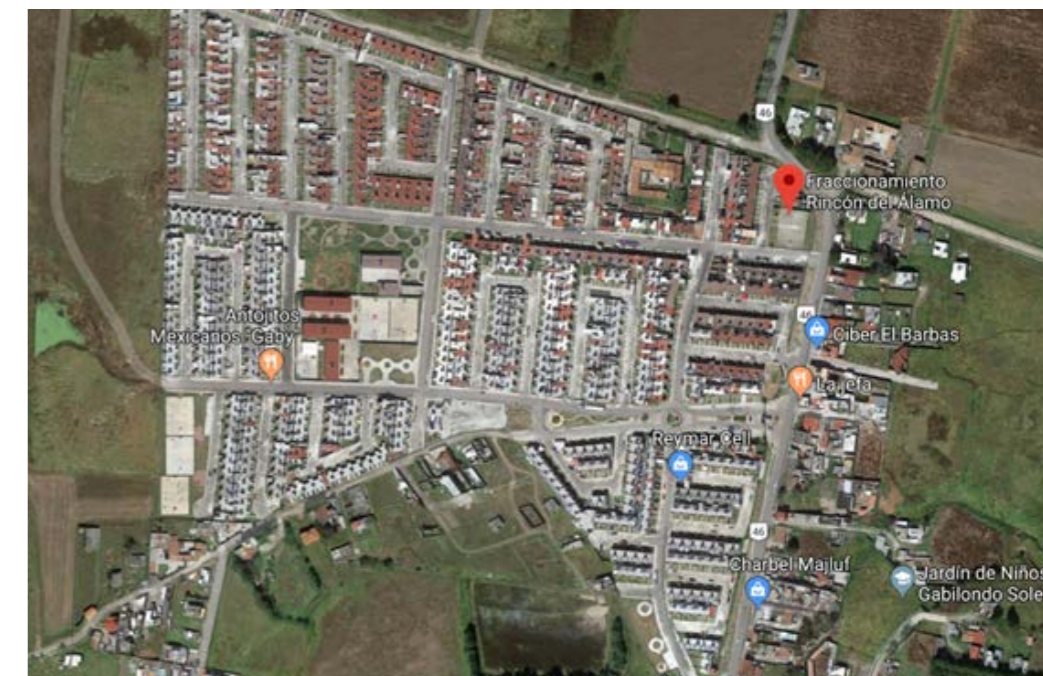


Figura 5. Vista aérea del 2015 donde se aprecia que las casas del fraccionamiento Rincón del Álamo están ubicadas en terrenos periurbanos aislados
Fuente: Google maps, 2015.

Los conceptos presentados como: bienestar, carencia, superación de crisis y auge se encuentran ligados con la autovaloración y el respeto a sí mismo. Los resultados arrojaron que en un 35% la gente se percibe en una situación de carencia; esto se concentró sobre todo en aquellos habitantes que viven en el Modelo Malva, de dimensiones reducidas considerables. Esto se suma a la idea de crisis con un 20%; nuevamente se privilegia la percepción negativa que se tiene de las casas del fraccionamiento. Finalmente, fueron reducidas las respuestas que se inclinaron hacia la idea de bienestar, superación y auge (Figura 9).

Sentido de pertenencia y arraigo con el entorno

La necesidad de pertenencia y arraigo nos determina como personas, en ello radica la actitud que asumimos con aquello que consideramos propio o no. Cuando algo es considerado nuestro, existe un esmero por su cuidado y por proteger el vínculo. Si existe desapego, las actitudes negativas proliferan, por ser el enfrentamiento con lo extraño y lo ajeno.

Cuando este sentido de pertenencia y arraigo no existe aparecen desajustes personales y fenómenos que manifiestan la inconformidad de la persona. Los conceptos que se presentaron fueron: México, Toluca, Almoloya o ninguna, con la intención de indagar cómo se percibe el vínculo de las casas de fraccionamiento con algunas de

estas poblaciones, y si esta interpretación se anida en un nivel micro o escala a un nivel macro. Los resultados mostraron que la mayoría no siente apego por el poblado más próximo, que es de hecho en donde se ubican las casas del fraccionamiento, es decir Almoloya de Juárez (29%).

Existe la evidencia de un mayor arraigo hacia la ciudad de Toluca (36%), ya que varios de ellos expresaron ser ahí donde realizan el mayor número de actividades, siendo para ellos Almoloya de Juárez (poblado cercano) una especie de ciudad satélite. México, de ambigua interpretación por referirse igualmente a la denominación del estado o del país, obtuvo escasa frecuencia (10%) y la opción de ninguna alcanzó un 25%, lo que corrobora la falta de vínculo con el espacio que se habita (Figura 10).

Sentido de proximidad con el otro

Así como el arraigo, el sentido de proximidad con el otro complementa también la idea de vivir en sociedad. Para la idea de reconocimiento de sí mismo es necesaria una construcción social que reafirme al hombre, que le haga sentirse aceptado en un grupo social, donde la familia es una célula básica que se complementa en núcleos cada vez mayores, como el grupo de amigos, los compañeros de trabajo, los vecinos, etc. La casa podría considerarse un escenario de estos vínculos sociales, inicialmente en el seno de una familia y, posteriormente, de amistades, vecinos, etc. En

este sentido, la idea de proximidad y cercanía se contrastó con la de hacinamiento, con el fin de comprobar que la distancia física no es considerada necesariamente en un sentido positivo. La hegemonía del concepto de hacinamiento (nuevamente concentrada mayormente en los habitantes del Modelo Malva) cubrió en un 38% la frecuencia de respuestas, mientras la proximidad y cercanía, aparentemente ideas cercanas, no fueron relacionadas metafóricamente con las casas de Rincón del Álamo. La idea de lejanía, considerada también como un concepto negativo en un hogar, tuvo una frecuencia de 35%, por encima de proximidad y cercanía que no rebasaron un 15 y 12% respectivamente (Figura 11).

Sentido de satisfacción de aspectos físico-mentales

Sin ser factores específicamente fisiológicos como comer, dormir o asearse, la salud, la enfermedad, el deporte y la pasividad están relacionados con condiciones de tipo físico, aunque también mental. Existe una asociación entre la salud mental y los factores simbólicos, dado que ambos resultan trascendentales en la conformación de la idea de sí mismo y el autorreconocimiento. Las respuestas aquí analizadas pretenden una visión global que complemente lo analizado en el nivel de satisfacción asociada al lugar, al tiempo que se puede asumir como una evidencia que señale si la gente considera que dentro o cercano a las casas del fraccionamiento cuentan

con los espacios de salud (para practicar deporte, para cuidar su salud en otros sentidos) necesarios para cubrir este aspecto.

Los conceptos presentados fueron: salud, enfermedad, pasividad y deporte, a lo que la respuesta general fue sentirse más estrechamente ligados con el término de pasividad (46%), que con los conceptos extremos como salud y deporte o enfermedad (Figura 12).

Sentido de asociación del espacio con su uso psicológico y social

La connotación que se asocia a la casa es una muestra clara de lo que en ella acontece. Contrariamente a lo esperado fue más asociada al trabajo que al descanso: un 38% contra un 19%, respectivamente. El otro concepto dominante fue el de necesidad, por lo que la casa, más que considerarse como un refugio, un lugar que cumpla con sus expectativas, se convierte en una manera de cubrir medianamente una necesidad. Ello se reafirma al momento en que, en una entrevista una persona dijo que lo importante era "tener un techo" (Figura 13).

Análisis cualitativo

Para realizar el análisis cualitativo fueron realizadas tres entrevistas a profundidad a tres personas de diferentes segmentos:

1. Señora Susana Ramírez, habitante del Modelo Malva, edad aproximada 45 años, sexo femenino, casada, 2 hijos y esposo. Ocupación

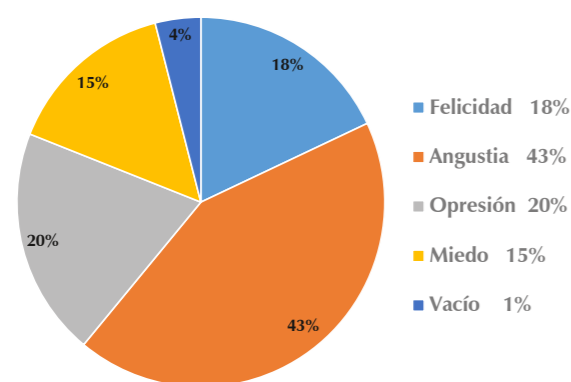


Figura 6. Sentido de satisfacción asociada al espacio o lugar
Fuente: elaboración propia, 2015.

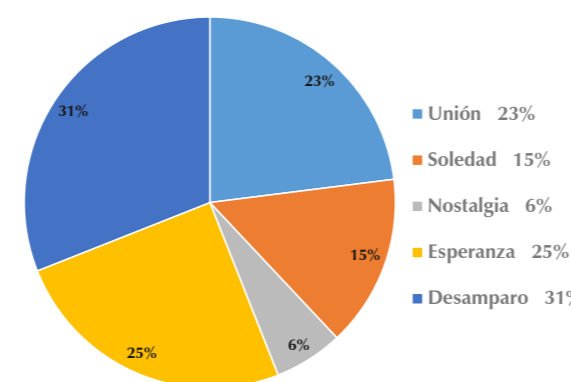


Figura 7. Sentido de afiliación
Fuente: elaboración propia, 2015.

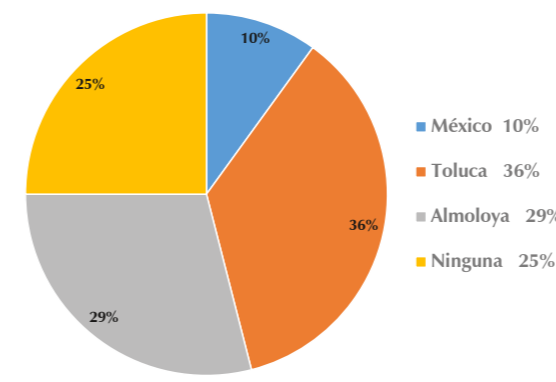


Figura 10. Sentido de pertenencia y arraigo con el entorno
Fuente: elaboración propia, 2015.

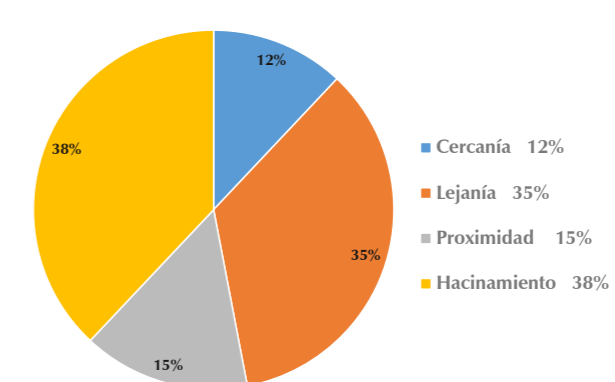


Figura 11. Sentido de proximidad con el otro
Fuente: elaboración propia, 2015.

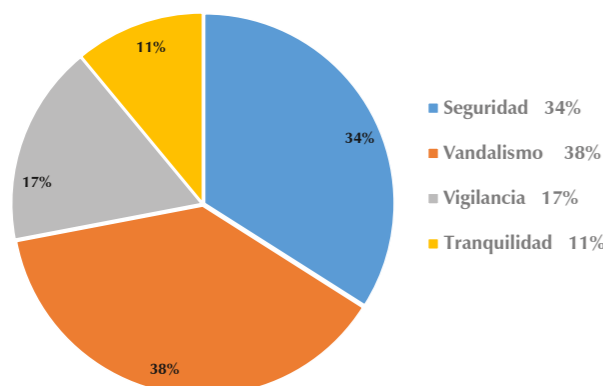


Figura 8. Sentido de protección, defensa y vigilancia
Fuente: elaboración propia, 2015.

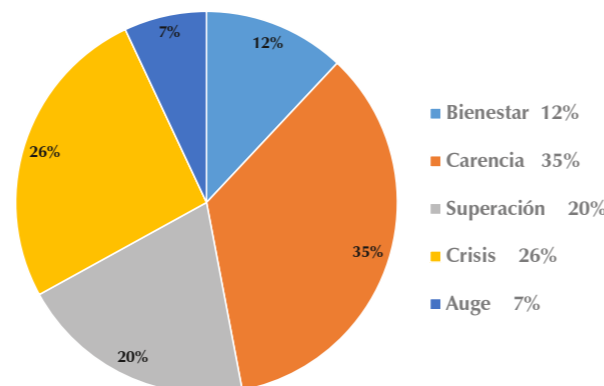


Figura 9. Sentido de reconocimiento
Fuente: elaboración propia, 2015.

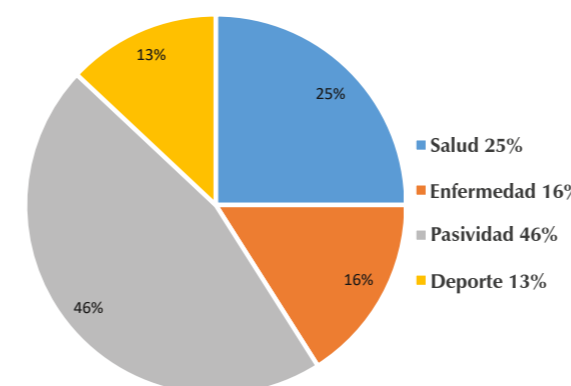


Figura 12. Sentido de satisfacción de aspectos físico-mentales
Fuente: elaboración propia, 2015.

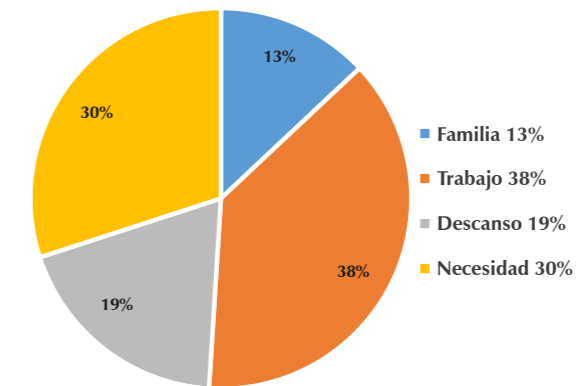


Figura 13. Sentido de asociación del espacio con su uso psicológico y social
Fuente: elaboración propia, 2015.

comerciante, esposo taxista, procedencia Distrito Federal.

- Señora Sandra García, habitante del Modelo Cedrón, edad aproximada 30 años, sexo femenino, casada, 2 hijas y esposo. Ocupación ama de casa, esposo empleado, procedencia Michoacán.
- Joven Pedro Cortés Jiménez, habitante del Modelo Malva, edad aproximada 23 años, sexo masculino, soltero. Ocupación empleado de Gobierno, procedencia Toluca.

Cada una de estas personas fue analizada, durante y posteriormente a la entrevista, con base en los elementos contextuales o situacionales con la intención de identificar oposiciones (que pudieran ser impedimentos para la obtención de información fidedigna), ya que es importante considerar que cada una de las declaraciones parte de sustratos sociopsicológicos y emocionales.

- La señora Susana Ramírez destacó desde un primer momento que ella no era la dueña y que ya estaba por cambiarse de casa a una "más cercana a Toluca". Ello generó una actitud crítica y de distanciamiento con la problemática, lo que también se puede traducir como una negación a ser considerada parte de esta.
- La señora Sandra García corresponde justo al caso contrario del anteriormente descrito. Ella es una de las primeras habitantes de las casas del fraccionamiento. Es posible que esta antigüedad haya generado en ella un sentido de arraigo, ya que ella sí es propietaria. Este arraigo le hace percibir la problemática de un modo minimizado. Se aprecia incluso una postura a la defensiva, en la que pretende recrear una situación altamente positiva frente a las carencias evidentes.
- El joven Pedro Cortés Jiménez manifiesta una percepción masculina, con un sentido altamente pragmático de la problemática. El arraigo no es una característica general en los adultos jóvenes, por ser aún hijo de familia. Su postura es crítica, fresca y honesta.

El siguiente análisis ha sido segmentado según las variables simbólicas señaladas en el análisis de las entrevistas dirigidas.

Sentido de satisfacción personal asociada al espacio o lugar

Es posible encontrar evidencias de la falta de satisfacción con la experiencia de habitar el lugar, que se acrecienta en el caso de los habitantes del Modelo Malva, ya que al contar con un solo dormitorio recurren a este modelo en el que prevalece la situación económica sobre las expectativas de vivienda. Ello implica incomodidades, así como sentimiento de angustia y opresión, lo que coincide con los resultados obtenidos en las entrevistas cuanti-cualitativas.

Los habitantes refieren ideas como: "Los espacios no se usan de manera convencional, ya que por ejemplo la sala-comedor no se usa como tal porque los muebles no caben [...] No tenemos áreas privadas, solo la recámara que ocupamos mi esposo y yo" (Susana Ramírez).

Por otro lado, la necesidad de optimizar el espacio ha generado que las familias utilicen los espacios para usos mixtos, no simultáneos: "Mis hijos duermen en su cama junto al comedor" (Susana Ramírez), así como "para lavar está la zotehuela y para tender la ropa está ese mismo espacio y ocupamos también la cochera de enfrente" (Susana Ramírez).

La insatisfacción que algunos de los participantes señalaron no es estrictamente espacial, sino de estilo de vida: "Mis hijos asisten a la escuela en Toluca, y sí resulta pesado estarlos llevando diario, nos tardamos casi 1 hora u hora y cuarto, y es que hay mucho tráfico" (Susana Ramírez).

Asimismo, el joven Pedro Cortés apuntó que: "Me levanto como a las 6, me baño en las noches porque si no, no nos da tiempo, porque vivo con mis papás y mi hermana".

Sentido de afiliación

En este sentido, lo ideal sería que un espacio fuera propicio para generar grupos humanos más unidos y armoniosos. Sin embargo, las escasas dimensiones parecen ser un elemento de "unión" física mas no emocional. Al respecto, la señora Susana Ramírez comenta: "la convivencia de la familia se da con relación al espacio, como este es pequeño, pues se platica más, pero como ya están en la adolescencia cada quien quiere su espacio [...] En cuanto a la demás familia, mis hijas mayores, es imposible que vengan porque no hay espacio... aquí no cabemos".

En contraste con lo señalado por la señora Ramírez, la señora García, si bien reconoce la precariedad en las dimensiones de las casas, asume una postura mucho más positiva: "el mismo espacio pequeño hace que convivamos más, que estemos más cerca".

Las relaciones generadas en el mismo escenario, dependiendo de su nivel de profundidad, pueden evidenciar o bien conformidad o adaptación, o sentido de pertenencia.

La actitud de adaptación de denota en la siguiente afirmación: "En general nos llevamos bien, yo digo que nos soportamos [los vecinos]. Algunos son muy chismosos, otros sucios, otros hacen mucho ruido con su música, a otros les gusta hacer 'talacha' en la calle y parece taller, pero ni modo. Nos aguantamos unos a otros" (Pedro Cortés).

En cuanto al sentido de arraigo que se puede desarrollar, este puede provocar un cambio en la perspectiva de la problemática, ya que al generar lazos (amistosos, amorosos, etc.), el vínculo social se sobordina a las incomodidades vividas: "A los hijos les gusta [vivir aquí] [...] Para ellos la parte del espacio no es tan importante, sino la

parte de convivencia. A mí en lo personal no me gustaría que crecieran aquí" (Susana Ramírez).

Sentido de protección y defensa

La necesidad de sentirse protegidos en esta época en la que, particularmente en el valle metropolitano de Toluca se presentan altos índices de delincuencia, ha sido un factor que: a) por un lado ha acrecentado la segmentación social (la aparición primera de muros perimetrales en residenciales de alto nivel económico y la estrecha vigilancia con que se maneja el acceso de los mismos, representa una manera de marginación con los que no pertenecen a ese sector), y b) por el otro lado ha producido nuevas aspiraciones por parte del sector segregado que pretenden estar "tan seguros como las clases altas". Esto ha generado que los fraccionamientos también ofrezcan "seguridad" a través de muros perimetrales, cercas y casetas de vigilancia que, sin embargo, al contrario de las originales de los residenciales, aquí solo se presentan como simulación, ya que no siempre existen y no corresponden al estilo de vida de las clases bajas: "desgraciadamente el hecho de que nos pusieran la reja como seguridad perjudicó algunas cosas, en este caso el camión de la basura no entra a la calle" (Sandra García).

Las casetas de vigilancia no ejercen control de acceso (el acceso es libre) y los muros se convierten en obstáculos para la vida cotidiana, esto se refleja en las siguientes afirmaciones: "pues está la caseta de vigilancia a la entrada, pero eso no garantiza que gente extraña se meta. Ha habido algunos problemas de robos de gente extraña que se mete al fraccionamiento" (Pedro Cortés); "yo he sabido de dos o tres casos de saqueos en las casas, también porque hay muchas deshabitadas y robos pequeños: a algunos les robaron el boiler, a otro le vaciaron su casa mientras la persona estaba trabajando" (Sandra García).

Sentido de reconocimiento

El reconocimiento implica la importancia que les damos a los demás, así como la importancia del concepto que el "otro" tenga de uno. La impresión que demos ante los demás afecta invariablemente la autoestima. Dada la precaria situación espacial de las casas en estudio, la experiencia de las mismas dista mucho de ser lo que se oferta en su publicidad.

Como se ha mencionado, los espacios tienen que adaptarse a otros usos, lo que generalmente va en detrimento de su función y aspecto. Este último altamente relacionado con la autoestima: "Atrás hay un patiecito con lavadero, pero mi mamá dice que la ropa no le cabe para tenderla y la tienda enfrente, y yo siento que esto se ve un poco feo" (Pedro Cortés).

"Me siento mal, porque las casas son muy pequeñas, no tienen el espacio necesario. Son como ratoneras. Y no creo que sea lo que todos deseamos, pero es lo que se puede" (Pedro Cortés).

Sentido de pertenencia y arraigo con el entorno

Como se ha apreciado en este análisis, existen varios factores para generar sentido de arraigo, entre ellos se ha destacado la cercanía con el lugar, el desarrollo de relaciones en este, la atracción personal con el lugar (por asociaciones mentales), etc.

La cercanía con Almoloya de Juárez, un poblado que en el 2010 reportó una población de 3.091 habitantes (INEGI, 2010), es percibida por los habitantes de las casas en estudio con dos orientaciones: a) un lugar entrañable, tranquilo y acogedor, lo que corresponde a la afirmación: "nos gustaron las casas del fraccionamiento, ya que están cerca del pueblito y eso nos gustó. Cuando venimos a visitar el fraccionamiento esto ni estaba, apenas estaban las casas muestra" (Sandra García). Este punto de vista deja claro que el motivo principal de la elección de compra de la casa fue emocional, ya que su casa físicamente no existía, y sin embargo ellos la adquirieron solo por estar cercana a un lugar que les pareció acogedor y típico. Bajo esta perspectiva se busca generar un vínculo emocional de arraigo con el lugar.

La segunda orientación posible es: b) un lugar poco desarrollado y alejado de la ciudad, concepto que, en contraste con la perspectiva anterior, genera un sentido de distancia y alejamiento que impide la generación del vínculo emocional: "salimos de aquí todos a las 6:30 a.m. y llegamos a la casa como a las 8 de la noche, ya nada más para cenar. Prácticamente no estamos aquí" (Susana Ramírez), lo que se reafirma cuando los habitantes dicen prácticamente no vivir en su casa: "En general yo no permanezco mucho tiempo en la casa, yo la ocupo más para dormir" (Susana Ramírez) y "me visto, me arreglo y me voy como a las 7:00, porque mi trabajo está por Lerma y si no, no llego. Al regreso llego como a las 8 de la noche a cenar y bañarme y así todos los días" (Pedro Cortés).

En la misma idea, sobre lo incómodo de la distancia entre las casas del fraccionamiento y otras zonas, en cuanto al sentido de arraigo, Pedro Cortés expresa: "Hay pequeñas tienditas para lo necesario, pero para lo demás hay que ir a Almoloya o a Toluca".

Este distanciamiento también es un resultado de la posesión o no del inmueble, como se aprecia: "Aquí hay varias casas que no se usan, todas tienen dueño, pero solo les ponen protecciones y no las usan. Yo la rento" (Susana Ramírez). Igualmente importante es percibir que las personas que se encuentran en posesión presentan más sentido de pertenencia que aquellos que solo se sienten "de paso": "Nosotros ya tenemos viviendo acá como tres años, cuando yo llegué estaban habitadas como cuatro casas" (Sandra García).

Finalmente, es posible inferir que las variables funcionales también pueden provocar un fenómeno sociocentrífugo, al tiempo que el distanciamiento puede ser generado por una intencional desvinculación de las personas que habitan las

casas del fraccionamiento: “Mis hijas tienen actividades por las tardes de manera que no las llevo por aquí al parque del fraccionamiento” (Sandra García); esta postura muestra una intencional desvinculación de la entrevistada (dueña de una casa Modelo Cedrón) que muestra una postura de superioridad y desdén sobre los habitantes del modelo más modesto (Malva).

Sentido de proximidad con el otro

Es manifiesta la importancia de la proxémica al interior de la casa, en donde la proximidad es un elemento simbólico deseable entre los miembros de una familia, pero no cuando las características físicas provoquen hacinamiento. Este fenómeno es repetitivo en el Modelo Malva, al corresponder al modelo más económico pero que al mismo tiempo, al ofrecer un solo dormitorio, no corresponde a la realidad de la generalidad de familias mexicanas: “Somos un matrimonio con dos hijos, pero tener una sola recámara es incómodo por el espacio” (Susana Ramírez), a lo que se suma otra afirmación: “mi cama, que está en la sala porque el cuarto lo usan mis papás y mi hermana. Nos reunimos para comer en el comedorcito. Cocina prácticamente no hay, ni sala, no caben. Además, la sala es más bien para visitas y pues casi no tenemos porque no hay ni dónde sentarlos” (Pedro Cortés).

La necesidad espacial no se reduce a un espacio dimensional sino simbólico: “Pues como cada quien tiene sus cosas, y casi siempre estamos en la calle entre semana es poca [la interacción], en fin de semana nos vemos más pero es incómodo estar un poco amontonados. Yo quisiera mi recámara” (Pedro Cortés). En estas casas no se satisface la necesidad de un espacio personal e íntimo.

Sentido de satisfacción de aspectos físico-mentales

Se encontró que las casas del fraccionamiento, según las entrevistas, tampoco satisfacen necesidades como la dotación de un espacio para recreación, pues estos son lugares que no se encuentran en condiciones óptimas o se han tornado en depósitos de restos de la obra de construcción; al respecto la señora Sandra García dice: “Al fondo, en la que era la entrada principal hay una zona que pretendía ser como un parquecito, porque había una casita para los niños y eso, pero me parece que no está funcionando. La verdad es que nosotras no acostumbamos mucho a ir hasta allá, creo que ya quitaron los juegos”.

Las canchas deportivas son vistas también como un recurso de búsqueda de espacio, una respuesta al problema espacial y proxémico descrito, ello queda manifestado cuando la entrevistada refiere que su hijo “tiene que” (lo que representa más obligatoriedad que placer en la práctica,) pues dice: “mi hijo pequeño se ‘metido’ que ir a jugar porque no le gusta estar ‘metido’ en la casa y se va a las canchas a jugar” (Susana Ramírez); o bien obligados por las condiciones de las privadas: “aquí no se puede jugar mucho porque los vecinos se molestan porque les pegan a los carros o las ventanas se rompen porque no tienen protección” (Susana Ramírez).

Sentido de asociación del espacio con su uso psicológico y social

Como resultado de la entrevista se aprecia que, para los entrevistados, las casas no constituyen un refugio ni lugar de encuentro social ni familiar, debido a sus características: “En cuanto a la demás familia, mis hijas mayores, es imposible que vengan porque no hay espacio. Cuando nos reunimos les decimos que mejor en sus casas porque aquí no cabemos” (Susana Ramírez).

Su papel como refugio es igualmente vulnerable: “Los fines de semana los uso para descansar y trato de quedarme aquí pero luego no se puede porque mi papá pone el fútbol o la tele y mi hermana su música, o los vecinos su escándalo y luego mejor me salgo” (Pedro Cortés).

Los factores psicológicos y sociales no parecen ser apreciados como bien atendidos. A la pregunta expresa de cómo se percibe la experiencia de vida en Rincón del Álamo, la señora Susana Ramírez respondió: “Yo calificaría mi experiencia del 1 al 10 con un 6, solo por tener la casa y con ella un techo en dónde vivir, pero la verdad no está bien”; lo que deja la certeza de que la parte física más primitiva: “techo en donde vivir”, es lo único que se considera satisfecho.

Discusión

Los resultados obtenidos en las entrevistas permiten dejar en claro que el aspecto espacial es uno de los que más determinan el sentimiento asociado al lugar, que en este caso fue la opresión, al tiempo que existe un sentido de desamparo como consecuencia de la falta de un espacio personal e identitario.

Cierto es que se trata de casas ubicadas en un fraccionamiento bardeado y que cuenta con caseta de vigilancia a la entrada, pero el hecho de ir fragmentando el fraccionamiento al interior del mismo (al generar privadas dentro de un fraccionamiento bardeado) permite concluir que las bardas no se perciben como suficientes medios de protección. También se observa que la caseta ubicada a la entrada no cumple con una labor de control y seguimiento, lo que se traduce en un espacio de acceso libre y descontrolado, que se torna en una concepción de espacio inseguro e indefenso.

La idea de carencia y crisis se concentró más en aquellos habitantes que viven en el Modelo Malva, de considerables dimensiones reducidas.

Por ende, no hay arraigo con la zona. Existe la evidencia de un mayor arraigo hacia la ciudad de Toluca que hacia Almoloya (su población más cercana), ya que varios de ellos expresaron ser ahí donde realizan el mayor número de actividades; Almoloya de Juárez es percibida como una especie de ciudad satélite.

El concepto de hacinamiento, sobre todo en los habitantes del Modelo Malva, fue más frecuente que el de proximidad y cercanía. La idea de lejanía, considerada como un concepto negativo en un hogar, tuvo también mayor frecuencia.

Otro concepto destacado fue el de pasividad, en comparación con la salud, el deporte y la enfermedad. Ello resulta congruente con lo descrito por los pobladores: existen algunas canchas cercanas para practicar deporte, pero de alguna manera están restringidas a los adolescentes, ya que no existen parques recreativos. Tampoco existen clínicas ni hospitales cercanos a las casas del fraccionamiento, por lo que salud, deporte o enfermedad fueron conceptos relegados.

Al no concebir su casa como un refugio para el descanso, los pobladores la consideran más ligada a su trabajo. La asociación pudo venir más en términos del tiempo de dedicación a cada aspecto, es entonces lógico que haya predominado la idea de trabajo sobre la de descanso.

Conclusiones

El análisis permitió responder a la hipótesis originalmente planteada, de que además de las necesidades estéticas y funcionales de una casa, esta debe cubrir necesidades antrópicas, psicológicas y emocionales.

Se concluye con ello que la generación de vínculos simbólicos es menor en la medida que los pobladores no son habitantes de “tiempo completo”, por lo que el vínculo se estrecha con la permanencia. Los habitantes que rentan suelen desarrollar por inercia un sentido de desarraigo. El problema de precariedad en los espacios impide una apropiación particular del mismo, sin embargo, el hombre es capaz de generar un vínculo con el espacio en escala mayor (“mi casa”).

Por otro lado, las soluciones universales son una falacia; entre más se aprecia la masificación de los espacios, mayor es la demanda de personalización de los habitantes. Una necesidad simbólica del ser humano es distinguirse de los demás como muestra de una autorrealización. La necesidad de identidad se pue-

de satisfacer con la diferencia: desde pequeñas modificaciones en fachadas como color, forma de ventanas, etc., hasta inmersiones espaciales como la propuesta de muros y muebles flexibles, abatibles giratorios, donde la ambigüedad espacial sea una respuesta simbólica.

Los espacios deberían mostrarse flexibles, optar por principios de plantas libres y dotar de la posibilidad de muros flexibles, abatibles o giratorios, que abran o cierren los espacios dependiendo de sus usos, adaptándose a la dinámica cambiante de la familia sobremoderna.

Resulta importante incursionar en el diseño de mobiliario flexible y adaptable, incluir a los diseñadores en la problemática dado que el problema arquitectónico de espacio no es solo dimensional sino de usabilidad.

Finalmente, el autorreconocimiento, hoy más que nunca, en la generalidad de las personas, se ve reflejado en el nivel económico en el que el propio individuo se reconozca. Ello detona en la generación de privadas al interior del fraccionamiento, y la existencia de casetas de vigilancia que resultan simbólicas, ya que por sus características y resultados no protegen ni controlan nada, pero a los habitantes les brindan seguridad y les dan la sensación de vivir en un conjunto residencial donde estas utopías sí son reales (espacios verdaderamente fortificados, electrificados, con acceso condicionado, etc.). Asimismo, los ubica en un estrato superior al de quienes no viven en estas condiciones.

Como se aprecia, la consideración de “otro” tipo de necesidades al diseñar y desarrollar una mirada antropológica de casa en la sobremodernidad permite una reconcepción de los espacios bajo un esquema antrópico, y su relación simbólica con el usuario llevará a una nueva dimensión humana el quehacer del arquitecto que atiende necesidades psicológicas y emocionales.

Referencias

- Augé, M. (2002). *Los “no lugares” espacios del anonimato. Una antropología de la sobremodernidad*. Barcelona: Gedisa.
- Baudrillard, J. (1988). *The ecstasy of Communication*. New York: Semoitext(e).
- Coppola Pignatelli, P. (1997). *Análisis y diseño de los espacios que habitamos*. México: Arbol.
- Corbusier, L. (1978). *Hacia una arquitectura*. Barcelona: Poseidón.
- De Hoyos Martínez, J. (2010). *La casa: origen de la conformación territorial*. Toluca: Gobierno del Estado de México.
- Geertz, C. (1996). *Interpretación de las culturas*. Barcelona: Gedisa.
- Google maps. (2015). [Mapa de Fraccionamiento Rincón de Álamo, México en Google maps] Recuperado de <https://www.google.com/maps/place/Fraccionamiento+Rinc%C3%B3n+del+%C3%81lamo/@19.3801982,-99.7629941,16.08z/data=!4m5!3m4!1s0x85d279a34490e81f:0x103f0f0d8e283ca0!8m2!3d19.380376!4d-99.757495?dcr=0>
- Ibelings, H. (1998). *Supermodernismo. Arquitectura en la era de la globalización*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Jacobs, J. (2011). *Reconsidering Jane Jacobs*. Chicago: Planners Press.
- Jung, C. (2009). *Arquetipos e inconsciente colectivo* (Miguel Murmis, trad.). Barcelona: Paidós.
- Maslow, A. H. (2009). *El hombre autorrealizado: hacia una psicología del ser*. Barcelona: Kairos.
- Morales, J. (1999). *Arquitectónica. Sobre la idea y el sentido de la arquitectura*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- Muntañola, J. (1996). *La arquitectura como lugar*. México: Alfaomega.
- Muntañola, J. (2009). *Topogénesis, fundamentos de una nueva arquitectura*. Barcelona: Ediciones UPC.
- Narváez Tijerina, B. (2004). *Teoría de la arquitectura. Aproximación a una antropología de la arquitectura y la ciudad*. México: Trillas.
- Oliveras, J., Montaner, J., De Sola Morales, M. y Ramón, A. (2000). *Introducción a la arquitectura, conceptos generales*. Barcelona: Ediciones UPC.
- Papanek, V. (2014). *Diseñar para el mundo real*. Barcelona: Akal.
- Reyes Viurquez J. M. (2015). *Fundamentos simbólicos en el diseño de la casa en la sobremodernidad. Una evaluación de los espacios de la Casa en el Valle Metropolitano de Toluca*. [Figura]. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma del Estado de México, México. Recuperado de <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/40850/browse?type=subject&value=Evaluaci%C3%B3n+de+espacios>
- Rossi, A. (1982). *The architecture of the city*. Cambridge, Mass: MIT Press.

Ecoenvolventes: análisis del uso de fachadas ventiladas en clima cálido-húmedo

Sara Luciani-Mejía, Rodrigo Velasco-Gómez, Roland Hudson

Universidad Piloto de Colombia, Bogotá (Colombia)
 Facultad de Arquitectura y Artes, Programa de Arquitectura
 Grupo de investigación HD+i

Luciani-Mejía, S., Velasco-Gómez, R., & Hudson, R. (2018). Ecoenvolventes: análisis del uso de fachadas ventiladas en clima cálido-húmedo. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 20(2), 62-77. Doi: <http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.2.1726>

<http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.2.1726>



Sara Luciani-Mejía

Arquitecta, Universidad Piloto de Colombia, Bogotá (Colombia).
 Maestría en Gestión Urbana, Universidad Piloto de Colombia, Bogotá (Colombia).
 Docente-investigador, Universidad Piloto de Colombia.
 Publicaciones recientes
 (2015). Simulaciones ambientales para la selección de materiales en diseño de alojamientos temporales en climas tropicales. *Revista de Arquitectura*, 16, 96-104.
<https://orcid.org/0000-0003-3243-6370>
sara-luciani@unipiloto.edu.co

Rodrigo Velasco-Gómez

Arquitecto, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Colombia).
 M. Eng in Computational Design, Ostwestfalen-Lippe University of Applied Sciences, Detmold (Alemania).
 Docente-investigador, Universidad Piloto de Colombia (Colombia).
 Desarrollo de investigación de doctorado titulada Fibre Reinforced Plastics in the Construction of Buildings Envelopes, University of Nottingham, UK, 2000-2005
 Publicaciones recientes
 (2015). Notes on the design process of a responsive sun-shading system: A case study of designer and user explorations supported by computational tools. *Aiedam*, 29 (04), 483-502.
<https://orcid.org/0000-0002-4108-3805>
rodrigo-velasco@unipiloto.edu.co

Roland Hudson

BSc General Architecture Studies, University of Bath (Reino Unido).
 MSc Software Engineering, University of Liverpool (Reino Unido).
 Master of Architecture, University of Bath (Reino Unido).
 PhD, University of Bath (Reino Unido).
 Profesor de cátedra, Universidad de Los Andes
 Publicaciones recientes
 Rodríguez, C., Niblock, C. y Hudson, R. (2017). Collaborative learning in architectural education: Benefits of combining conventional studio, virtual design studio (VDS) and live projects. *British Journal of Educational Technology*.
<https://orcid.org/0000-0001-5605-0187>
roland-hudson@unipiloto.edu.co

Resumen

Con el objetivo de aportar a la reducción de impactos en la construcción de edificaciones fueron diseñados varios sistemas de fachadas ventiladas y convencionales, involucrando fachadas opacas, elementos vegetales y cámaras de aire. Tales sistemas fueron evaluados con simulaciones ambientales y mediciones en prototipo en las diversas etapas de la investigación, lo que permitió la comparación de resultados y la identificación de comportamiento en términos de confort térmico. Los resultados de las simulaciones frente a mediciones vislumbraron dos cuestiones: las discrepancias y similitudes entre los datos de entrada y salida en los dos tipos de proceso mencionados; así como la utilidad de las fachadas ventiladas opacas en clima tropical húmedo como Girardot, lo que sugirió una última etapa de evaluación de estrategias de diseño pasivo en la búsqueda del confort térmico y la sostenibilidad en el proyecto arquitectónico.

Palabras clave: arquitectura bioclimática, clima, datos climáticos, diseño arquitectónico, modelo de simulación, temperatura.

Eco-friendly coverings: Analysis of the use of ventilated facades in hot, humid weather

Abstract

Aiming to contribute to impact reduction in the construction of buildings, various systems of ventilated and conventional facades were designed, involving opaque facades, plant elements, and air chambers. Such systems were evaluated through environmental simulations and prototype measurements at various stages of the project, which allowed comparing results and identifying their behavior in terms of thermal comfort. The results of these simulations compared against measurements highlighted two issues: discrepancies and similarities between inputs and outputs in the above mentioned two process types; as well as the performance of opaque ventilated facades in humid tropical climate such as in Girardot, which suggested a last stage to evaluate passive design strategies in search for thermal comfort and sustainability in architectural projects.

Keywords: Bioclimatic architecture, climate, climatic data, architectural design, simulation model, temperature.

Ecoenvolventes: análise do uso de fachadas ventiladas em clima quente e úmido

Resumo

Com o objetivo de contribuir com a redução de impactos na construção de prédios foram desenhados vários sistemas de fachadas ventiladas e convencionais, que envolvem fachadas opacas, elementos vegetais e duto de ar. Esses sistemas foram avaliados com simulações ambientais e medições em protótipo nas diversas etapas da investigação, o que permitiu a comparação de resultados e a identificação de comportamento em termos de conforto térmico. Os resultados das simulações ante medições vislumbraram duas questões: as discrepâncias e as semelhanças entre os dados de entrada e saída nos dois tipos de processo mencionados, assim como a utilidade das fachadas ventiladas opacas em clima tropical úmido, como Girardot (Colômbia), o que sugeriu uma última etapa de avaliação de estratégias de desenho passivo na busca de conforto térmico e de sustentabilidade no projeto arquitetônico.

Palavras-chave: arquitetura bioclimática, clima, dados climáticos, desenho arquitetônico, modelo de simulação, temperatura.

Recibido: noviembre 2 / 2017

Evaluated: abril 3 / 2018

Aceptado: mayo 17 / 2018

Introducción

La investigación denominada Ecoenvolventes, desarrollada por la Universidad Piloto de Colombia en las sedes de Bogotá y Girardot, tuvo como fin aportar información para contribuir a la reducción de impactos en la construcción de edificaciones y mejorar el confort térmico; esto llevó a considerar diversas estrategias para la proyección de construcciones sostenibles tales como las fachadas ventiladas.

Estas son definidas por Barbosa e Ip (2014, p. 1021) como una fachada tradicional con una cámara de aire y una piel externa adicional, usualmente en vidrio, con circulación de aire controlada entre capas. Ante esto, Ciampi, Leccese y Tuoni (2003, p. 491); Afonso y Oliveira (2000, p. 79); Balocco (2002, p. 469) y Marinosci, Strachan, Semprini y Morini (2011, p. 287) demuestran que una fachada ventilada diseñada de forma adecuada puede ayudar a reducir las cargas de calor producidas por la radiación solar.

Asimismo, Theodosiou, Tsikaloudakia y Bikas (2017, p. 397); Ghaffarianhoseini, Ghaffarianhoseini, Berardi, Tookey, Hin Wa Li y Karimnia (2016, p. 1053); Høseggen, Wachenfeldt y Hanssen (2008, p. 821) y Poirazis (2004, p. 61), mencionan que las fachadas ventiladas presentan ventajas sobre las fachadas simples en varios aspectos como eficiencia térmica en la medida en que funciona como aislamiento térmico y reduce la demanda de sistemas activos (HVAC); reducción de niveles de ruido al interior de las edificaciones por transmisión entre los espacios y desde el exterior, lo que permite la ventilación natural en sitios donde normalmente no es posible por los altos niveles de ruido; además de protección frente a la radiación solar, polución y condiciones adversas del clima; reducción de los efectos de presión del viento; resistencia al fuego y eficiencia estructural.

Por otra parte, Haase, Silva y Amato (2009, p. 361); Høseggen et al. (2008, p. 821) y Poirazis (2004, p. 66), señalan como desventajas la reducción del espacio útil de la construcción, el costo considerablemente alto con respecto a las fachadas tradicionales (en promedio un 60 a 80%), los costos adicionales de operación y mantenimiento, el incremento en el peso de la estructura que repercute en el incremento de costos, y el riesgo de sobrecalentamiento al interior del espacio en clima cálido, a causa de un diseño inapropiado.

Ante las desventajas del uso de fachadas ventiladas transparentes en clima cálido, Peci, Jensen, Heiselberg y Ruiz de Adana (2012, p. 265) proponen como alternativa el uso de fachadas ventiladas opacas en las cuales las dos superficies son opacas, condición que permite la absorción de la radiación solar por la superficie externa

y reduce el riesgo de sobrecalentamiento; además de considerar un menor costo debido a la posibilidad de ser construidas en materiales convencionales y la reducción de aproximadamente el 58% de cargas térmicas con respecto a las fachadas tradicionales, según estudios realizados por Fantucci, Marinosci, Serra y Carbonaro (2017, p. 619).

No obstante, en cuanto al estudio de fachadas ventiladas opacas, Marinosci, Semprini y Morini (2014, p. 280); Marinosci, Strachan, Semprini y Morini (2011, p. 854); Aparicio, Vivancos, Ferrer y Royo (2014, p. 564) mencionan que este tipo de fachadas ha recibido menos atención que otras configuraciones con vidrio, y Giancola, Sanjuan, Blanco y Heras (2012, p. 363) sugieren que existen todavía menos estudios sobre el desempeño energético de las mismas; asimismo, Barbosa e Ip (2014, p. 1020) afirman que se requiere mayor investigación para la comprensión de los procesos relacionados con las fachadas ventiladas y las implicaciones de su uso en diversas condiciones climáticas, razón por la cual esta investigación se centra en el uso de fachadas ventiladas opacas en clima tropical húmedo con el diseño de algunos sistemas de fachadas ventiladas opacas presentadas en Rubiano (2015, p. 113), donde tales sistemas han sido evaluados con simulaciones ambientales y calibradas a través de un prototipo en las diversas etapas de la investigación, lo que permite la comparación de datos y la identificación de comportamiento en términos de confort térmico.

Así, la primera etapa de la investigación partió de una caracterización y diagnóstico ambiental del área de estudio (Girardot, Colombia), seguida de la identificación del estado del arte en términos funcionales y de diseño para envolventes arquitectónicas de bajo impacto ambiental, teniendo en consideración tecnologías y estructuras para envolventes. Esto permitió el desarrollo de los primeros modelos de envolventes doble capa con especies vegetales bajo una exploración de diseño paramétrico con herramientas digitales como Grasshopper y simulaciones de confort como Ecotect® y Design Builder®, publicado en Velasco y Robles (2011, p. 542). El uso de especies vegetales es considerado debido a que según Stec, Paassen y Maziarsz (2005, p. 419), las plantas tienen la capacidad de disipar la radiación solar, y la transferencia de calor es más baja que la transferencia producida por las persianas, además de tener beneficios adicionales como mejorar el aislamiento térmico y la reducción del ruido por la absorción y reflexión del sonido.

La segunda etapa evolucionó hacia la verificación *in situ* de la compatibilidad de especies vegetales autóctonas (Bolaños y Moscoso, 2011, p. 16), sistemas y modalidades de mediciones térmicas, el desarrollo de la estructura de soporte y componentes del sistema; además de verificar la influencia de los diferentes factores como flujo

de aire, masa, coeficiente de transmisión térmica y presencia de agua en el confort térmico, y así definir estrategias en favor de la reducción del impacto ambiental de los componentes del sistema en el ciclo de vida.

La tercera etapa adelantó la construcción del prototipo en Girardot para la medición de temperaturas con un sistema de fachada que comprende muros, puertas y ventanas en PVC (Rubiano, 2015, p. 113) y Varini (2013), con el registro de comportamientos en superficies internas. Los resultados de las mediciones realizadas entre octubre y diciembre de 2012 fueron comparados con las simulaciones ambientales realizadas en el software Design Builder®, a fin de evaluar las discrepancias entre simulaciones y experimentación ya que, como menciona Jentsch, Bahaj y James (2008, p. 2148), los archivos de datos climáticos para simulación podrían no considerar los impactos potenciales del cambio climático, ni los riesgos de sobrecalentamiento local. Por tanto, una etapa posterior a la aquí presentada prevé el desarrollo de una herramienta de visualización de datos climáticos que facilite la comprensión de las particularidades del clima tropical húmedo, a fin de ayudar en la toma de decisiones y en el diseño de edificaciones que aumenten el confort térmico.

El desempeño térmico resultado de la etapa anterior sugirió la necesidad de una estrategia para la disminución de temperaturas al interior de la edificación, razón por la cual se diseñaron tres tipos de fachada: la primera ventilada opaca, la segunda con el uso de parasoles, y la tercera utilizando estrategias de masa térmica. Sobre estos diseños se realizaron simulaciones ambientales, asumiendo condiciones base del prototipo construido, lo que permitió reconocer el desempeño de las fachadas ventiladas en comparación con otras estrategias en clima cálido húmedo, particularmente para bajas latitudes y humedad media como Girardot.

De esta manera, este artículo tiene como fin presentar los resultados de la última etapa de la investigación, considerando la comparación entre simulaciones ambientales frente a las mediciones en sitio, y el desempeño de tres sistemas de fachadas opacas para la disminución de la temperatura al interior de la edificación en clima tropical húmedo.

Metodología

El trabajo contempló tres fases de desarrollo; la primera implicó la realización de simulaciones digitales de sistemas de fachada para definir la viabilidad de materiales y estrategias generales para confort en Girardot, la segunda involucró la construcción de un edificio en sitio para realizar mediciones del comportamiento real de la estructura a fin de calibrar modelos digitales de simulación, y, finalmente, la tercera fase impli-

có la realización de simulaciones finales para tres tipos diversos de fachada con el ánimo de generar información aplicable en el contexto de la construcción local.

Simulaciones y estudios previos

De acuerdo con lo expuesto en Velasco y Robles (2011, p. 541), un análisis previo para climas como el de Girardot demuestra que el uso de estrategias pasivas puede llegar a subir los porcentajes de confort percibido desde un 5 a un 65% en promedio anual. En ese sentido, además de la ventilación natural, es de suma importancia evitar las ganancias de calor utilizando elementos de control solar, y en las zonas con temperaturas nocturnas menores, es útil el uso de masa térmica en fachadas, así como ventilación nocturna.

Teniendo en cuenta lo anterior, y con el ánimo de evaluar diversos tipos de fachadas ventiladas para este clima, se realizaron 66 simulaciones digitales organizadas dentro de cinco grupos generales, a saber: modelos con muro sencillo multicapa sin cámara de aire, muro sencillo multicapa con cámara de aire, muro doble con protección solar en los costados de mayor exposición oriente-occidente y zenit, con cámara de aire; muro sencillo multicapa ventilada, y muro doble con protección solar en los costados de mayor exposición oriente-occidente y zenit con ventilación (Figura 1).

Para las simulaciones se modeló un edificio de 3x3x3 m, cubierto exclusivamente en las caras superior, oriental y occidental, mediante las configuraciones descritas en la Tabla 1.

Medición de prototipo en sitio para calibración de simulaciones

Para las mediciones en sitio se construyó una edificación de 3,10x3,10x3,10m, ubicada en Girardot, Cundinamarca, con latitud 4°18'4.19"N y longitud 74°48'40.32"O, en la sede de la Universidad Piloto de Colombia, Seccional Magdalena. La construcción está situada a nivel de segundo piso y girada aproximadamente 30° con relación a la malla vial de la ciudad, a fin de que las fachadas laterales estén dispuestas en sentido oriente y occidente, expuestas a la radiación solar directa, lo que permite probar el desempeño de los materiales en condiciones extremas.

El prototipo está conformado por superficies en PVC de 2 mm, con una cámara de aire de 6 cm entre las superficies, con una ventana dispuesta en la fachada norte y una puerta en la fachada sur, y cubierta inclinada en *drywall*, no ventilada; además de unos parales metálicos sobre las fachadas oriente y occidente para la instalación de los diversos diseños de revestimiento.

Es allí donde se sitúan los cuatro termopares para la medición de las superficies interiores y exteriores con el objeto de identificar las diferencias de temperatura entre estas, además de un termopar en el centro del espacio para calcular la

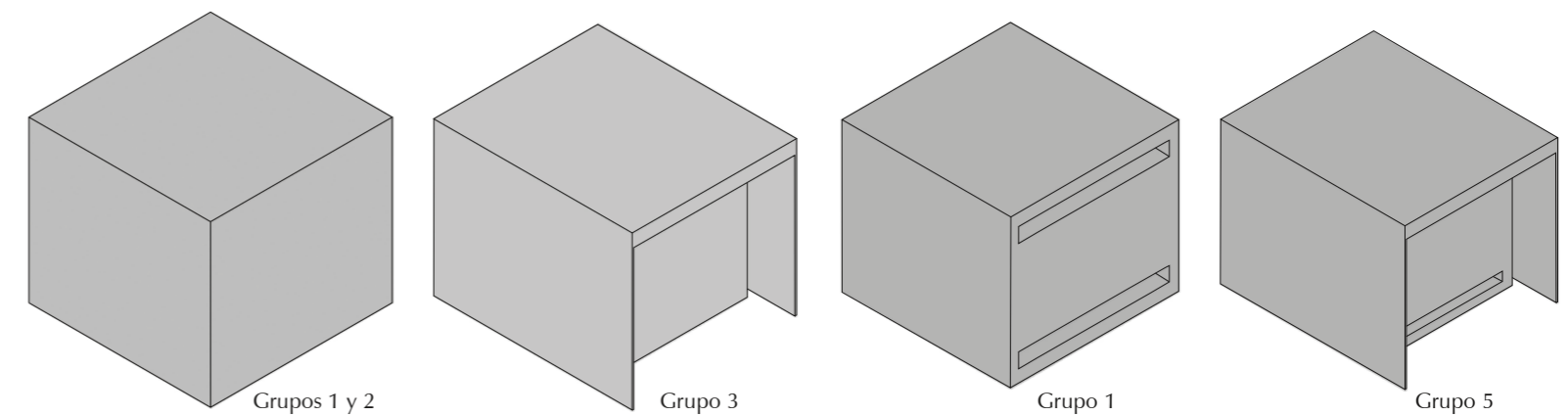


Figura 1. Esquema de las configuraciones de modelos de simulaciones según grupos. Fuente: elaboración propia, 2017.

Modelos con muro sencillo multicapa sin cámara de aire

Nº de modelo	Materiales	Composición		Operación
1	Enredadera	Polietileno alta densidad	1 mm	Capa interna
		Corcho	1 mm	Capa externa
2	Bolsillos	Ceramic tiles	2 cm	Capa interna
		Tierra	10 cm	
3	Paneles verdes	Corcho	1 mm	Capa externa
		Polietileno alta densidad	3 mm	Capa interna
4	Mampostería	Tierra	15 cm	
		Corcho	1 mm	Capa externa
		Pañete	1,5 cm	Capa interna
5	Mampostería a la vista	Ladrillo	12 cm	
		Pañete	1,5 cm	Capa externa
		Pañete	1,5 cm	Capa interna
6	Bloque Nº 5	Ladrillo	12 cm	
		Pañete	1,5 cm	Capa interna
7	Madera	Bloque Nº 5	10 cm	
		Pañete	1,5 cm	Capa externa
8	Tableta	Madera pino	2,5 cm	Única capa
		Clay tile	1 cm	Única capa
9	Fibrocemento	Fibrocemento	16 mm	Única capa
		Vidrio	4 cm	Única capa
10	Vidrio	Pañete	1,5 cm	Capa interna
		Ladrillo	12 cm	
		Pañete	1,5 cm	Capa externa
11	Madera	Madera pino	3 cm	Capa externa
		Pañete	1,5 cm	Capa interna
		Ladrillo	12 cm	
12	Tableta	Pañete	1,5 cm	Capa externa
		Ladrillo	12 cm	
		clay tile	1 cm	Única capa
13	Fibrocemento	Pañete	1,5 cm	Capa interna
		Ladrillo	12 cm	
		Fibrocemento	16 mm	Única capa
14	PVC-Concreto	PVC	2 mm	Capa interna
		Concreto	10 cm	
		PVC	2 mm	Capa externa
15	PVC-Poliuretano	PVC	2 mm	Capa interna
		Poliuretano	10 cm	
		PVC	2 mm	Capa externa
16	PVC-Tierra	PVC	2 mm	Capa interna
		Tierra	10 cm	
		PVC	2 mm	Capa externa

Tabla 1. Configuraciones de los modelos de simulación con muro sencillo multicapa sin cámara de aire. Fuente: elaboración propia, 2013.

Modelos con muro sencillo multicapa con cámara de aire

Nº de modelo	Materiales	Composición	Operación
17	Madera doble	Madera pino 2,5 cm Capa interna	Off
		Airgap 12 cm	
		Madera pino 3 cm Capa externa	
		Pañete 1,5 cm Capa interna	
18	Enredadera	Ladrillo 12 cm	Off
		Pañete 1,5 cm	
		Polietileno alta densidad 5 mm	
		Airgap 75 mm	
		Corcho 1 mm Capa externa	
		Pañete 1,5 cm Capa interna	
19	Bolsillos	Ladrillo 12 cm	Off
		Pañete 1,5 cm	
		Ceramic tiles 1 cm	
		Tierra 20 cm	
		Airgap 75 mm	
		Corcho 1 mm Capa externa	
20	Paneles verdes	Pañete 1,5 cm Capa interna	Off
		Ladrillo 12 cm	
		Polietileno alta densidad 3 mm	
		Tierra 15 cm	
21	PVC	Airgap 10 cm	Off
		PVC 2 mm Capa interna	
		PVC 2 mm Capa externa	
22	PVC compuesto de aire	PVC 3 mm Capa interna	Off
		Airgap 20 cm	
		PVC 2 mm	
		Airgap 10 cm	
		PVC 2 mm Capa externa	
23	PVC compuesto de perlita	PVC 3 mm Capa interna	Off
		Airgap 20 cm	
		PVC 2 mm	
		Perlita 10 cm	
		PVC 2 mm Capa externa	
24	PVC compuesto de leca	PVC 3 mm Capa interna	Off
		Airgap 20 cm	
		PVC 2 mm	
		Leca 10 cm	
25	PVC compuesto de tierra	PVC 2 mm Capa externa	Off
		PVC 3 mm Capa interna	
		Airgap 20 cm	
		PVC 2 mm	
		Tierra 10 cm	
26	PVC compuesto de concreto	PVC 2 mm Capa externa	Off
		PVC 3 mm Capa interna	
		Airgap 20 cm	
		PVC 2 mm	
27	PVC compuesto de leca abertura 30% vent. sin operación nocturna	Concreto 10 cm	Off
		PVC 2 mm Capa externa	
		PVC 3 mm Capa interna	
		Airgap 20 cm	
27	PVC compuesto de leca abertura 30% vent. sin operación nocturna	PVC 2 mm	Off
		PVC 2 mm	
		Leca 10 cm	
		PVC 2 mm Capa externa	

Tabla 2. Configuraciones de los modelos de simulación con muro sencillo multicapa con cámara de aire
Fuente: elaboración propia, 2013.

Modelos con muro doble con protección solar en los costados de mayor exposición oriente-occidente y zenit, con cámara de aire

Nº de modelo	Materiales	Composición	Operación
28	Ext: Enredadera -Int: Mamp 12 cm + Madera 5 cm	Madera pino 2,5 cm Capa interna	Off
		Ladrillo 12 cm	
		Madera pino 2,5 cm	
		Espacio de separación entre muro y elemento de protección solar (15 cm)	
		Polietileno alta densidad 5 mm	
		Airgap 75 mm	
29	Ext: Enredadera -Int: Mamp 24 cm + Madera 5 cm	Corcho 1 mm Capa externa	Off
		Madera pino 2,5 cm Capa interna	
		Ladrillo 24 cm	
		Madera pino 2,5 cm Capa externa	
		Espacio de separación entre muro y elemento de protección solar (15 cm)	
		Polietileno alta densidad 5 mm Capa interna	
30	Ext: Panel verde -Int: Mamp 12 cm + Madera 5 cm	Airgap 75 mm	Off
		Corcho 1 mm Capa externa	
		Madera pino 2,5 cm Capa interna	
		Ladrillo 12 cm	
		Madera pino 2,5 cm Capa externa	
		Espacio de separación entre muro y elemento de protección solar (15 cm)	
31	Ext: Panel verde -Int: Mamp 24 cm + Madera 5 cm	Polietileno alta densidad 3 mm Capa interna	Off
		Tierra 15 cm	
		Airgap 75 mm	
		Madera Pino 2,5cm Capa interna	
		Ladrillo 24cm	
		Madera Pino 2,5cm Capa externa	
32	Ext: Bolsillos -Int: Mamp 12 cm + Madera 5 cm	Espacio de separación entre muro y elemento de protección solar (15 cm)	Off
		Polietileno alta densidad 3 mm Capa interna	
		Tierra 15 cm	
		Airgap 75 mm	
		Madera pino 2,5 cm Capa interna	
		Ladrillo 12 cm	
33	Ext: Bolsillos -Int: Mamp 24 cm + Madera 5 cm	Madera pino 2,5 cm Capa externa	Off
		Espacio de separación entre muro y elemento de protección solar (15 cm)	
		Ceramic tiles 1 cm Capa interna	
		Tierra 20 cm	
		Airgap 75 mm	
		Madera pino 2,5 cm Capa interna	
34	Ext: Mamp 15 cm -Int: Mamp 15 cm	Ladrillo 24 cm	Off
		Madera pino 2,5 cm Capa externa	
		Espacio de separación entre muro y elemento de protección solar (15 cm)	
		Pañete 1,5 cm Capa externa	
		Pañete 1,5 cm Capa interna	
		Ladrillo 12 cm	
35	Ext: Mamp 15 cm -Int: Mamp 27 cm	Pañete 1,5 cm Capa externa	Off
		Pañete 1,5 cm Capa interna	
		Ladrillo 24 cm	
		Espacio de separación entre muro y elemento de protección solar (15 cm)	
		Pañete 1,5 cm Capa externa	
		Pañete 1,5 cm Capa interna	
36	Ext: Mamp 15 cm -Int: Mamp 12 cm + Madera 5 cm	Ladrillo 24 cm	Off
		Madera pino 2,5 cm Capa interna	
		Ladrillo 12 cm	
		Madera pino 2,5 cm Capa externa	
		Espacio de separación entre muro y elemento de protección solar (15 cm)	
		Pañete 1,5 cm Capa interna	
36	Ext: Mamp 15 cm -Int: Mamp 12 cm + Madera 5 cm	Ladrillo 12 cm	Off
		Pañete 1,5 cm Capa externa	
		Pañete 1,5 cm Capa interna	
		Pañete 1,5 cm Capa externa	

Nº de modelo	Materiales	Composición	Operación
37	Ext: Mamp 15 cm-Int: Mamp 24 cm + Madera 5 cm	Madera Pino 2,5 cm Capa interna	Off
		Ladrillo 24 cm	
		Madera Pino 2,5 cm Capa externa	
		Espacio de separación entre muro y elemento de protección solar (15 cm)	
		Pañete 1,5 cm Capa interna	
38	Ext: Mamp 3 cm-Int: Mamp 15 cm	Ladrillo 12 cm	Off
		Pañete 1,5 cm Capa externa	
		Pañete 1,5 cm Capa interna	
		Ladrillo 12 cm	
		Espacio de separación entre muro y elemento de protección solar (15 cm)	
39	Ext: Cerámica 4 cm-Int: Mamp 24 cm + Madera 5 cm	Ladrillo 24 cm	Off
		Madera pino 2,5 cm Capa externa	
		Espacio de separación entre muro y elemento de protección solar (15 cm)	
		Cerámica 4 cm Única capa	
		Pañete 1,5 cm Capa interna	
40	Ext: Cerámica 4 cm-Int: Mamp 12 cm + Airgap 12 cm + Madera 2,5 cm	Ladrillo 6 cm	Off
		Airgap 12 cm	
		Ladrillo 6 cm	
		Madera pino 2,5 cm Capa externa	
		Espacio de separación entre muro y elemento de protección solar (15 cm)	
41	Ext: Cerámica 4 cm-Int: Termoarcilla 24 cm + Madera 2,5 cm	Cerámica 4 cm Única capa	Off
		Pañete 1,5 cm Capa interna	
		Termoarcilla 24 cm	
		Madera Pino 2,5 cm Capa externa	
		Espacio de separación entre muro y elemento de protección solar (15 cm)	
42	Int Mampostería Ext PVC	Cerámica 4 cm Única capa	Off
		Pañete 1,5 cm Capa interna	
		Mampostería 12 cm	
		Pañete 1,5 cm Capa externa	
		Espacio de separación entre muro y elemento de protección solar (15 cm)	
43	Int PVC Ext PVC	PVC 2 mm Capa interna	Off
		Airgap 10 cm	
		PVC 2 mm Capa externa	
		PVC 2 mm Capa interna	
		Airgap 10 cm	
44	Int PVC Madera 2,5 cm Ext Madera 2,5 cm	PVC 2 mm Capa externa	Off
		Airgap 10 cm	
		PVC 2 mm Capa interna	
		Espacio de separación entre muro y elemento de protección solar (15 cm)	
		Madera pino 2,5 cm Única capa	
45	Int PVC Madera 2,5 cm Ext Panel verde	PVC 2 mm Capa externa	Off
		Airgap 10 cm	
		PVC 2 mm Capa interna	
		Espacio de separación entre muro y elemento de protección solar (15 cm)	
		Polietileno de alta densidad 3 mm Capa Interna	
Tierra 15 cm			
Airgap 75 mm			
Corcho 1 mm	Capa externa		

Tabla 3. Configuraciones de los modelos de simulación con muro doble con protección solar en los costados de mayor exposición oriente-occidente y zenit, con cámara de aire
Fuente: elaboración propia, 2013.

Modelos con muro sencillo multicapa ventilada

Nº de modelo	Materiales	Composición	Operación
46	Mampostería 15 cm - ventilación inferior - 3,8%	Pañete 1,5 cm Capa interna	On
		Ladrillo 12 cm	
		Pañete 1,5 cm Capa externa	
47	Mampostería 15 cm - ventilación superior - 3,8%	Pañete 1,5 cm Capa interna	On
		Ladrillo 12 cm	
		Pañete 1,5 cm Capa externa	
48	Mampostería 15 cm - ventilación superior 3,8% - inferior 3,8%	Pañete 1,5 cm Capa interna	On
		Ladrillo 12 cm	
		Pañete 1,5 cm Capa externa	
49	Mampostería 15 cm - puerta-ventana	Pañete 1,5 cm Capa interna	On
		Ladrillo 12 cm	
		Pañete 1,5 cm Capa externa	
50	Mampostería 15 cm - puerta-ventana	Pañete 1,5 cm Capa interna	On
		Ladrillo 12 cm	
		Pañete 1,5 cm Capa externa	
51	Cubo Básico 6,6% superior - 6,6% inferior	Pañete 1,5 cm Capa interna	On
		Ladrillo 12 cm	
		Pañete 1,5 cm Capa externa	
52	Cubo Básico 33% superior - 33% inferior	Pañete 1,5 cm Capa interna	On
		Ladrillo 12 cm	
		Pañete 1,5 cm Capa externa	
53	Cubo Básico 66% superior - 66% inferior	Pañete 1,5 cm Capa interna	On
		Ladrillo 12 cm	
		Pañete 1,5 cm Capa externa	
54	Cubo Básico 100% superficie	Pañete 1,5 cm Capa interna	On
		Ladrillo 12 cm	
		Pañete 1,5 cm Capa externa	
55	PVC compuesto de Leca abertura 30% vent. nocturna	PVC 3 mm Capa interna	22:00 a 7:00
		Airgap 20 cm	
		PVC 2 mm	
56	PVC compuesto de Leca abertura 30% - ventana sin operación nocturna	Leca 10 cm	22:00 a 7:00
		PVC 2 mm Capa externa	
		PVC 3 mm Capa interna	
57	PVC compuesto de Leca abertura 30% - ventana con operación nocturna	Airgap 20 cm	22:00 a 7:00
		PVC 2 mm	
		Leca 10 cm	
58	PVC compuesto de Leca abertura 30% - ventana nocturna pantalla cerrando ventana	PVC 2 mm Capa externa	22:00 a 7:00
		PVC 3 mm Capa interna	
		Airgap 20 cm	
59	PVC compuesto de Leca abertura 15% - ventana nocturna	PVC 2 mm	22:00 a 7:00
		Leca 10 cm	
		PVC 2 mm Capa externa	

Tabla 4. Configuraciones de los modelos de simulación con muro sencillo multicapa ventilada
Fuente: elaboración propia, 2013.

Modelos con muro doble con protección solar en los costados de mayor exposición oriente-occidente y zenit, con ventilación

Nº demodelo	Materiales	Composición	Operación
60	Cerámica ventilación hole 0%	Madera Pino 2,5 cm Capa interna	On
		Ladrillo 24 cm	
		Airgap 12 cm	
		Madera Pino 2,5 cm Capa externa	
		Espacio de separación entre muro y elemento de protección solar (15 cm)	
61	Cerámica ventilación hole 6,6% inferior - 6,6% superior	Cerámica 4 cm Única capa	On
		Madera Pino 2,5 cm Capa interna	
		Ladrillo 24 cm	
		Airgap 12 cm	
		Madera Pino 2,5 cm Capa externa	
62	Cerámica ventilación hole 33% superior - 33% inferior	Espacio de separación entre muro y elemento de protección solar (15 cm)	On
		Cerámica 4 cm Única capa	
		Madera Pino 2,5 cm Capa interna	
		Ladrillo 24 cm	
		Airgap 12 cm	
63	Cerámica ventilación hole 66% superior - 66% inferior	Madera Pino 2,5 cm Capa externa	On
		Espacio de separación entre muro y elemento de protección solar (15 cm)	
		Cerámica 4 cm Única capa	
		Madera Pino 2,5 cm Capa interna	
		Ladrillo 24 cm	
64	Cerámica ventilación hole 100% superficie	Airgap 12 cm	On
		Madera Pino 2,5 cm Capa externa	
		Espacio de separación entre muro y elemento de protección solar (15 cm)	
		Cerámica 4 cm Única capa	
		Madera Pino 2,5 cm Capa interna	
65	Guadua	Termoarcilla 24 cm	On
		Airgap 12 cm	
		Madera Pino 2,5 cm Capa externa	
		Espacio de separación entre muro y elemento de protección solar (15 cm)	
		Guadua 2 cm Única capa	
66	Ladrillo Helios	Madera Pino 2,5 cm Capa interna	On
		Termoarcilla 24 cm	
		Airgap 12 cm	
		Madera Pino 2,5 cm Capa externa	
		Espacio de separación entre muro y elemento de protección solar (15 cm)	
		Cerámica Helios 4 cm Única capa	

Tabla 5. Configuraciones de los modelos de simulación con muro doble con protección solar en los costados de mayor exposición oriente-occidente y zenit, con ventilación

Fuente: elaboración propia, 2013.

temperatura interior del aire. Tales condiciones del prototipo son recreadas en el modelo para las simulaciones ambientales (Figura 2).

Para esta etapa del proyecto las mediciones y simulaciones se realizaron en el periodo entre octubre y diciembre de 2012, con recolección de datos a través de un *data logger* (registrador de datos) y un anemómetro, identificando el comportamiento de las 24 horas de un día, una vez por semana, a fin de poder contrastar los datos.

Parámetros de diseño de tres casos propuestos

Finalmente, con un modelo digital calibrado, y la experiencia de las mediciones y simulaciones realizadas, se propuso el diseño de tres sistemas de fachada diferenciados, para ser analizados mediante simulaciones ambientales. Estos sistemas fueron: Modelo 1 - Fachada doble capa (no ventilada) con masa térmica externa; Modelo 2 - Fachada en PVC sin masa térmica (ventilada); Modelo 3 - Fachada doble capa (no ventilada) con masa térmica interna (Figura 3).

Para ello se establecen tres fechas de análisis que contemplan las condiciones extremas a las cuales deberían responder los dos diseños, por lo cual las simulaciones se realizan el día de mayor temperatura identificado como el 5 de agosto; el día con la temperatura más baja, el 16 de noviembre, y el día de temperatura promedio registrado como el 28 de julio; tales simulaciones son elaboradas con intervalos horarios con el fin de establecer la incidencia de los elementos diseñados en términos de temperaturas en el transcurso de un día. Los archivos de datos climáticos son extraídos de la base de datos de *Meteonorm* (2018).

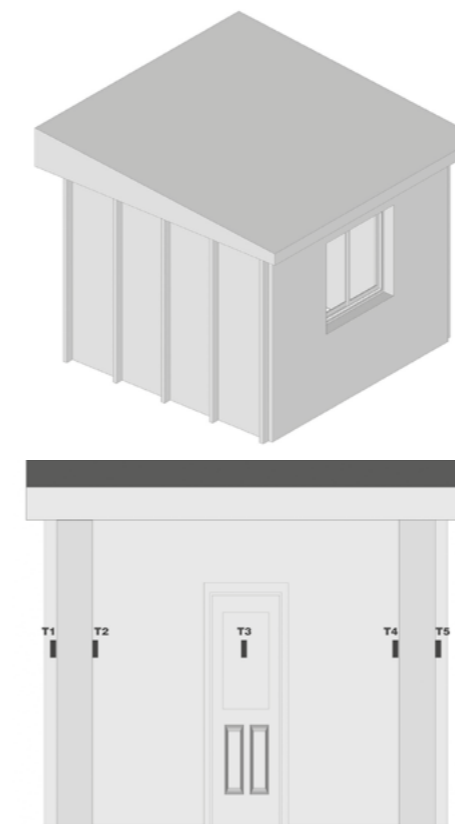


Figura 2. Modelo básico y ubicación de termopares en el prototipo

Fuente: elaboración propia, 2017.

En relación con la configuración del modelo de análisis, se establece como herramienta el *software* Design Builder® en funcionamiento con EnergyPlus®, un software de código abierto desarrollado por el Departamento de Energía de Estados Unidos (U.S Department of Energy / DOE, 2018). EnergyPlus es un motor de cálculo para simulaciones térmicas en edificaciones que permite modelar sistemas de ventilación natural usando un mecanismo de flujo de aire aproximado según Mateus, Pinto y Carrilho da Graça (2014, p. 515).

Según Blanco, Buruaga, Rojí, Cuadrado y Pelaz (2016, p. 327), Andelkovic, Mujan y Dakic (2016, p. 30) y Andarini (2014, p. 218), Design Builder® considera de manera precisa la incidencia de la radiación solar sobre los materiales, tanto como la radiación solar difusa y directa; además, permite de forma precisa, detallada y relativamente rápida, modelar geometrías en tres dimensiones de edificaciones para la evaluación de desempeño energético, confort térmico, ganancias o pérdidas de temperatura, producción de CO₂ de sistemas activos, y análisis de fluido dinámico computacional, razón por la cual se escoge como herramienta de simulación en la investigación.

Teniendo en cuenta que, como mencionan Mateus et al. (2014, p. 515), las decisiones tomadas en el modelado de las zonas térmicas pueden tener impactos en los resultados, se diseñó el modelo como un edificio que contiene tres bloques: el primer edificio recoge los datos del modelo completo; el segundo, denominado "casa", resume los datos de la zona interior del prototipo, que permite verificar la temperatura del espacio revestido por los diseños que se van a analizar; el tercero, denominado "sistema", recoge los datos de análisis de la zona intermedia

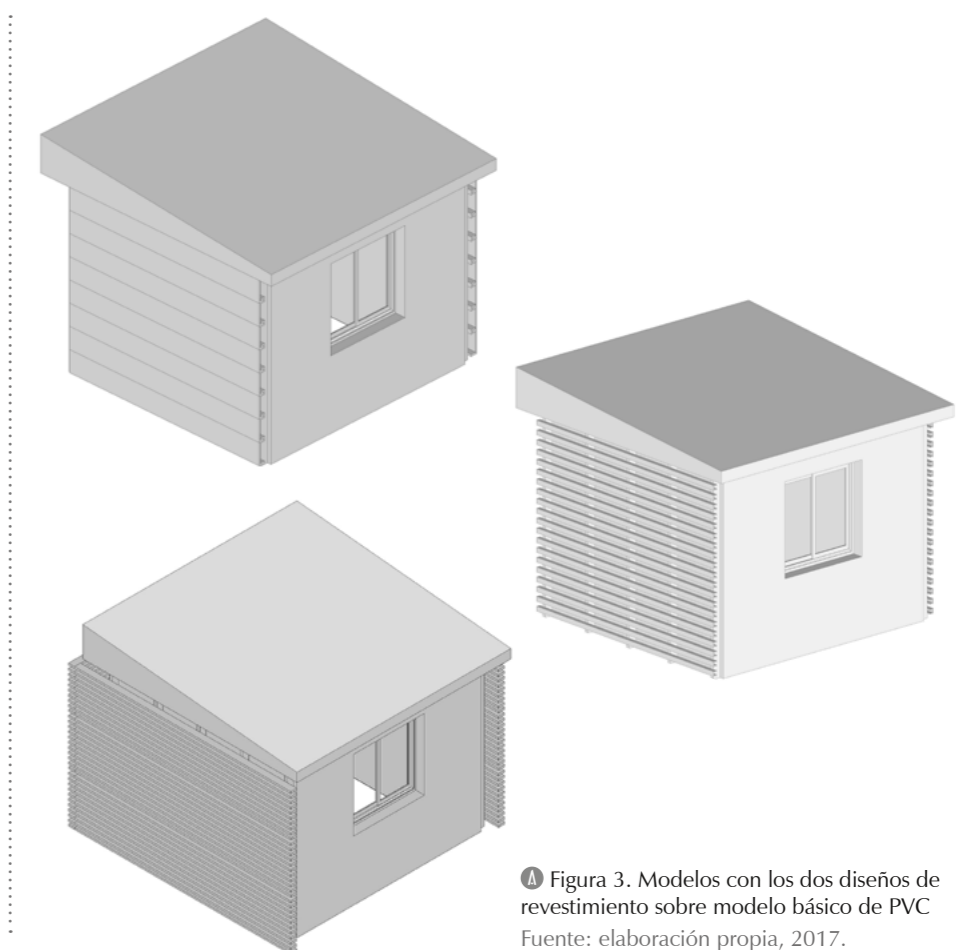


Figura 3. Modelos con los dos diseños de revestimiento sobre modelo básico de PVC

Fuente: elaboración propia, 2017.

entre los diseños de fachada ventilada propuesta y el interior de la construcción.

La elaboración de las tres zonas establecidas permite recoger los resultados de temperatura asumiendo como parámetro de análisis la temperatura operativa que se presenta como promedio entre la temperatura del aire interior y la radiante; además de la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa; asimismo, registrar resultados de superficie interior y exterior en relación con la temperatura de bulbo seco.

La descripción de las tres zonas coincide con el prototipo realizado, y es presentada en términos del edificio con actividad definida como desocupado, con muros externos en PVC de 2mm, con cámara de aire de 6cm no ventilada y de nuevo recubrimiento de PVC de 2mm, cubierta de drywall de 12cm no ventilada, y suelo de concreto de 12cm; ventanas con marco en madera de roble pintado en la fachada norte, y una puerta en madera y vidrio en la fachada sur. La zona denominada casa tiene las mismas condiciones; mientras que para la zona denominada sistema se considera la actividad para una zona estándar desocupada, con muros externos de PVC, en donde el muro oriental adyacente a la fachada ventilada diseñada, el suelo, las dos superficies laterales y la superficie superior se encuentran perforados por un vano. La cavidad de la fachada ventilada corresponde a 10cm, en

concordancia con lo establecido por Poirazis (2004, p. 25), y Barbosa e Ip (2014, p. 1020), en donde el espesor de la cavidad varía de acuerdo con el diseño de la fachada y los requerimientos de mantenimiento y limpieza. En relación con la definición de los tres sistemas de fachada opaca diseñados en el modelo, se dispuso el sistema como bloques de componente (Tabla 6).

Resultados

Simulaciones y estudios previos

Los resultados de las 66 simulaciones realizadas demuestran que el Grupo 3 (modelos 28-45), modelos con cámara de aire, tienen el mejor comportamiento general, conservando temperaturas internas cercanas a las mínimas del día tal como se describe en Varini (2011, p. 5; 2013, p. 27) (Gráfica 1).

Medición de prototipo en sitio para calibración de simulaciones

Como resultado de las simulaciones para reconocer el desempeño del material PVC frente a materiales convencionales como la mampostería, se registró que el PVC redujo hasta 3 °C la temperatura, el 21 de julio que es un día de temperatura extrema, frente a la mampostería que redujo 2,2 °C centígrados de temperatura interior, es decir, el modelo compuesto por PVC presentó mejor desempeño.

Configuración de materiales en modelos de simulación					
Modelo	Capa	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m K)	Densidad (kg/m ³)	Calor específico (J/kg K)
Modelo básico	PVC	0,002	0,16	1380	1000
	Airgap	0,06	-	-	-
Modelo 1. Fachada doble capa (no ventilada) con masa térmica externa	PVC	0,002	0,16	1380	1000
	PVC	0,002	0,16	1380	1000
	Concreto	0,05	0,9	1950	840
	PVC	0,002	0,16	1380	1000
Modelo 2. Fachada ventilada en PVC (sin masa térmica)	Airgap	0,06	-	-	-
	PVC	0,002	0,16	1380	1000
	Concreto	0,05	0,9	1950	840
	Revoque	0,01	0,431	1250	1088
Modelo 3. Fachada doble capa (no ventilada) con masa térmica interna	Mampuesto	0,11	0,711	2000	836,8
	Revoque	0,01	0,431	1250	1088
	Concreto	0,05	0,9	1950	840

Gráfica 1. Resultados de simulaciones realizadas comparando temperaturas máximas y mínimas exteriores e interiores
Fuente: elaboración propia, 2017.

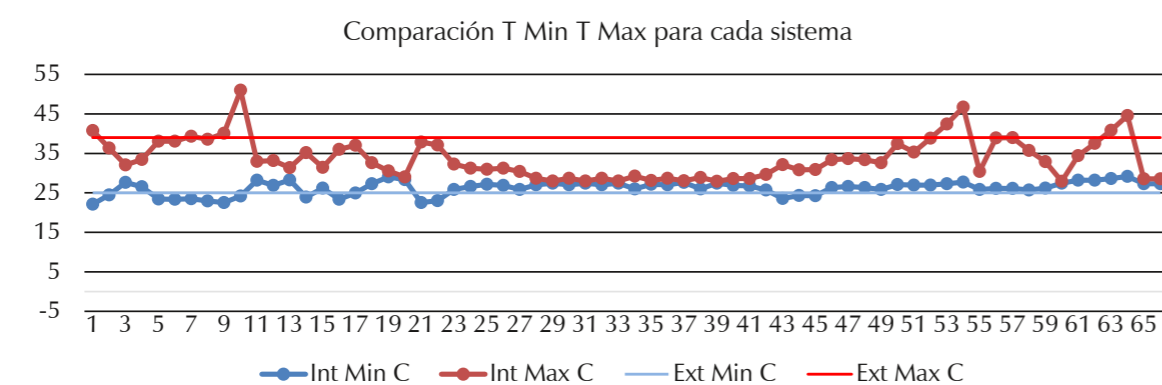
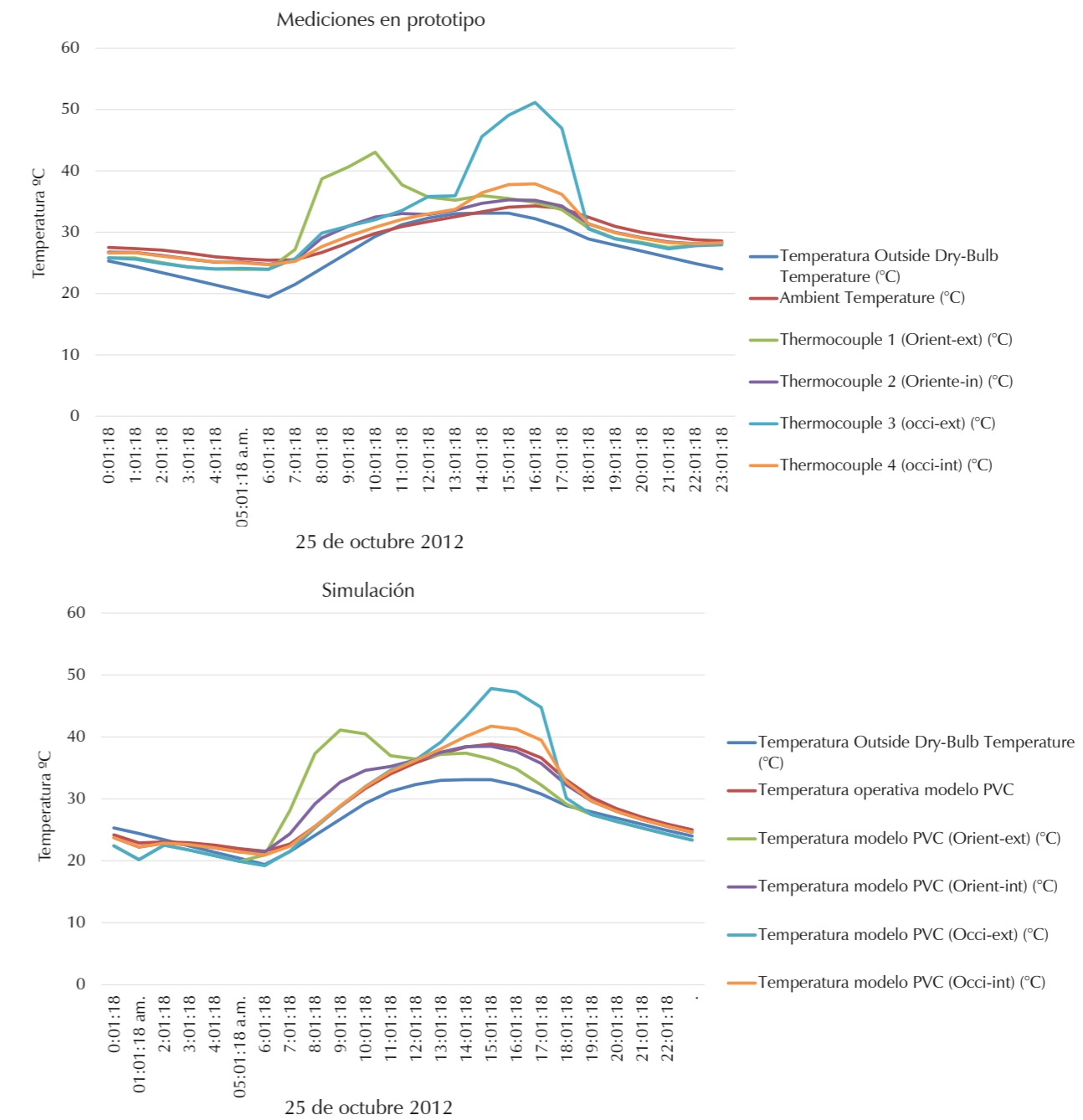


Tabla 6. Especificaciones de configuraciones de materiales para fachadas de los modelos de simulación
Fuente: elaboración propia, 2017.



Gráfica 2. Resultados de simulaciones y mediciones en el prototipo el 25 de octubre de 2012
Fuente: elaboración propia, 2017.

Respecto a las simulaciones del modelo en PVC frente a las mediciones del prototipo construido en Girardot, aunque estas revelan tendencias similares en el comportamiento del material en el registro horario, como se presenta en el análisis del 25 de octubre (Gráfica 2), existen diferencias de temperatura al interior del espacio hasta de 6 °C en casos como el 8 y 30 de noviembre, y 8 de diciembre.

diseños de revestimientos mencionados en las tres fechas seleccionadas (28 de julio, 5 de agosto y 16 de noviembre), diferenciando la temperatura exterior de bulbo seco y la temperatura operativa, y la divergencia entre los dos datos para dilucidar cuántos grados centígrados puede reducir o aumentar el sistema de fachada.

Así, la confrontación de mediciones y simulaciones presentadas permitió identificar que aunque la construcción con PVC disminuye la temperatura al interior y permite una diferencia de esta entre la superficie interior y exterior que componen la edificación, el desempeño total no alcanza aún los valores de confort al interior del espacio; por tanto, es necesario hacer estudios sobre el diseño de revestimiento de fachada que complemente este sistema o contribuya a mejorar el desempeño térmico.

Modelo 1

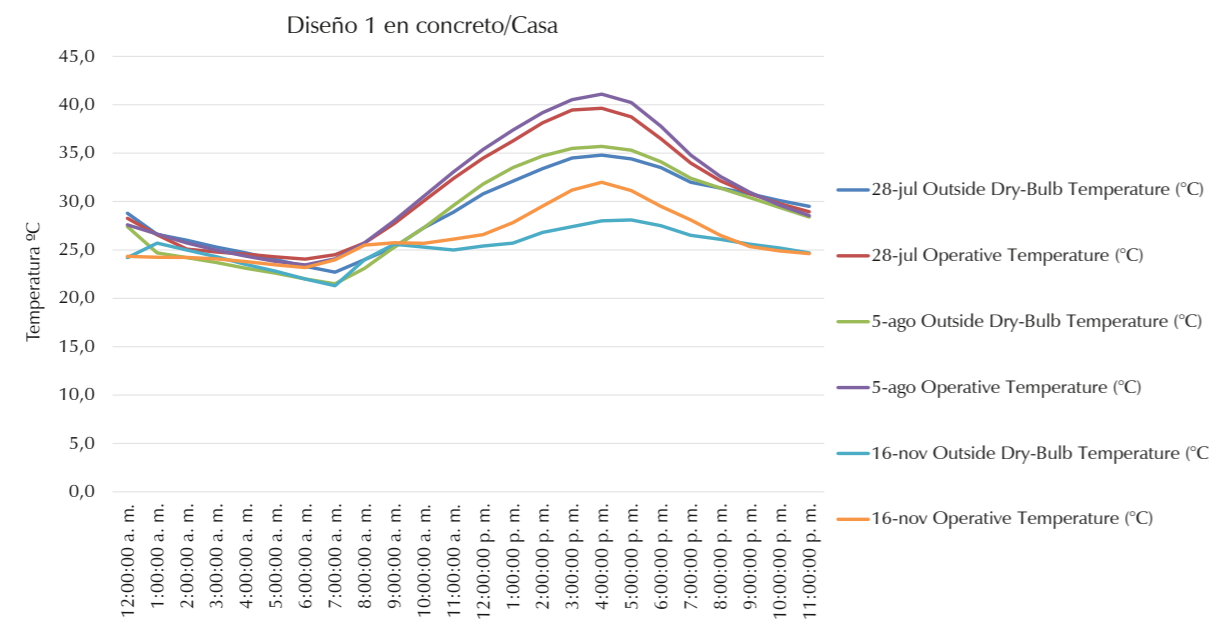
En el análisis del modelo 1 en concreto se encontró que en la zona denominada edificio se registró una pérdida de calor hasta de 2,8 °C entre 1:00 y 2:00 a.m. el 28 de julio y 16 de noviembre y, de 1,2 °C el 5 de agosto, y ganancia de calor hasta de 11,9 °C entre 2:00 y 3:00 p.m., consideradas las horas de mayor temperatura. En relación con la zona denominada casa, la pérdida de calor se redujo casi a la mitad el 16 de noviembre –hasta 1,5 °C a la 1:00 a.m.–; el 28 de julio se redujo a 0,9 °C, y en agosto no hubo reducción, solo ganancia de calor hasta de 5,4 °C entre 3:00 y 4:00 p.m., consideradas las horas de mayor temperatura (Gráfica 3).

Simulaciones finales para los tres casos propuestos

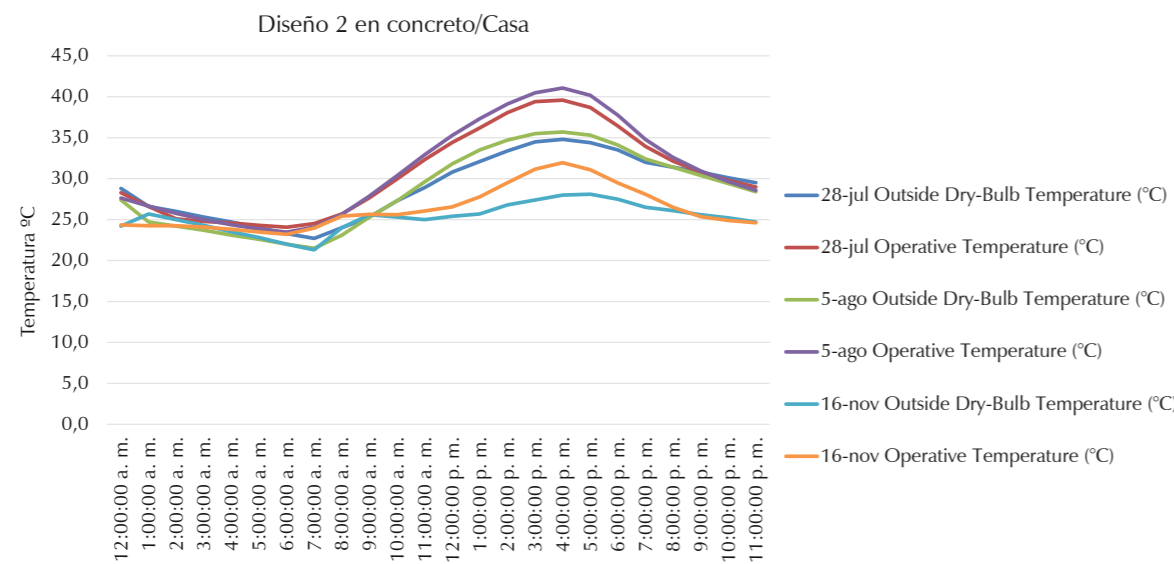
Dado lo anterior, se realizaron simulaciones ambientales sobre el modelo en PVC presentado, para verificar el comportamiento de los dos

Modelo 2

En el modelo 2, con el material de concreto, se encontró que en la zona denominada edificio



Gráfica 3. Datos de simulación del modelo 1 en concreto, zona denominada casa
Fuente: elaboración propia, 2017.



Gráfica 4. Datos de simulación del modelo 2 en concreto, zona denominada casa
Fuente: elaboración propia, 2017.

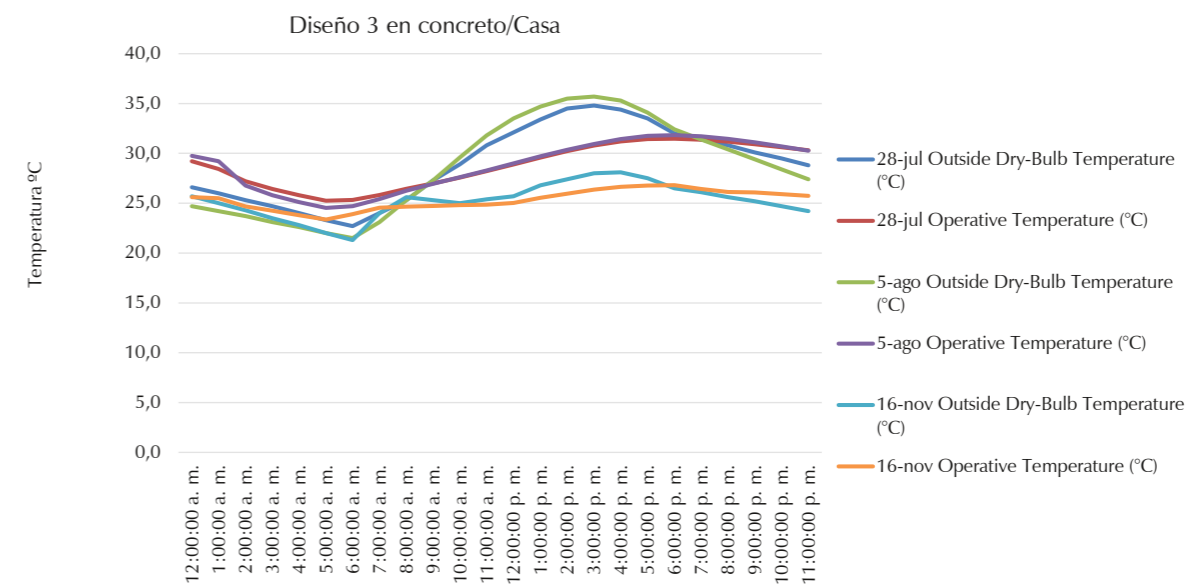
se registró una pérdida de calor hasta de 2,8 °C entre 1:00 y 2:00 a.m. el 28 de julio y 16 de noviembre, y de 1,2 °C el 5 de agosto, y ganancia de calor hasta de 11,9 °C entre 2:00 y 3:00 p.m., consideradas las horas de mayor temperatura. En relación con la zona denominada casa, la pérdida de calor se redujo casi a la mitad el 16 de noviembre –hasta 1,4 °C a la 1:00 a.m.–; el 28 de julio se redujo a 0,9 °C, y en agosto no hubo reducción, solo ganancia de calor hasta de 5,4 °C entre 3:00 y 4:00 p.m. (Gráfica 4).

Modelo 3

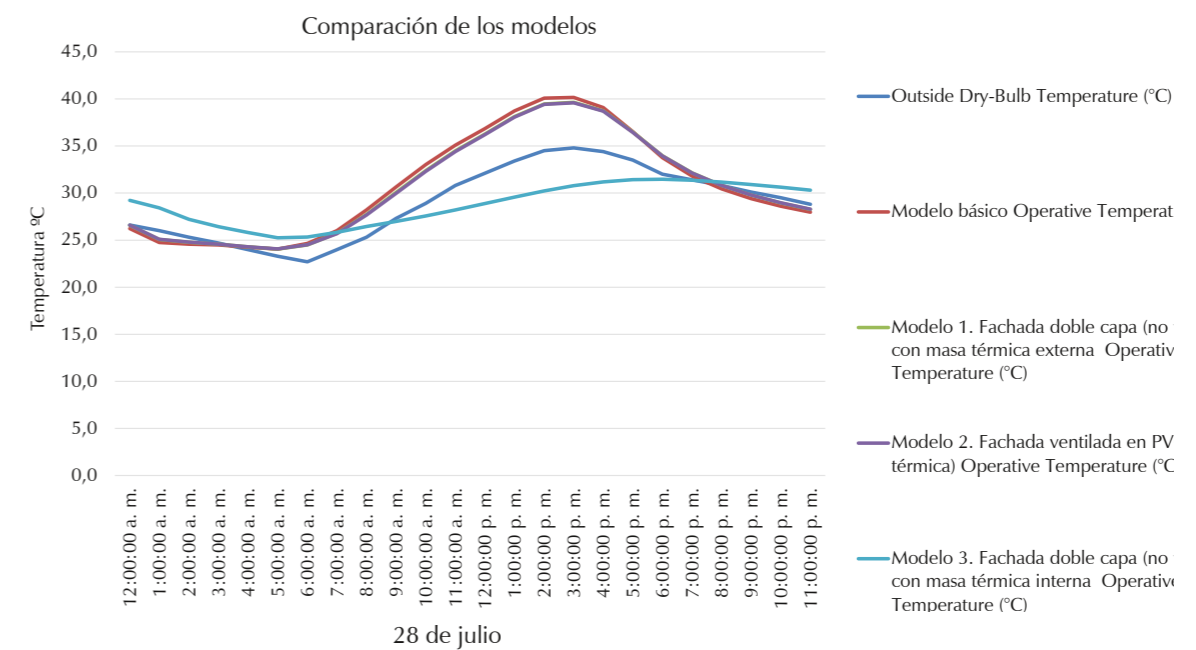
Con el análisis de las simulaciones es posible deducir que la incidencia de los dos sistemas anteriores sobre la temperatura interior de la zona denominada casa es muy baja, lo que puede atribuirse al espesor de los sistemas de fachada; por otra parte, aunque con una ligera diferencia, se deriva mejor desempeño en el modelo 2, que demuestra iguales pérdidas de calor pero menor ganancia de temperatura; no obstante, la temperatura interior sigue siendo muy alta, por lo que se hace necesario implementar además algunas estrategias pasivas, mencionadas en Velasco, Hudson y Luciani (2017, p. 999), como protección solar, masa térmica, ventilación nocturna, puestas a prueba con simulaciones sobre el modelo base en PVC.

Las nuevas estrategias comprenden, para la cubierta, una capa de aislamiento de 5cm en poliestireno expandido sobre la configuración inicial, además de un elemento de sombreado a 50cm de la cubierta, lo que crea una cámara de aire y protege de la radiación solar directa; con relación a la envolvente, se añadieron persianas como control solar a fin de reducir la absorción de calor por radiación directa; las persianas están dispuestas a 20cm de la superficie externa del volumen y configuran una superficie ventilada; asimismo, se implementó la operación de aperturas para la ventilación natural nocturna sobre las ventanas, dispuestas en la parte superior de las superficies, a fin de permitir la ventilación cruzada, y se aumentó la masa térmica ampliando el espesor del muro a 50cm en concreto (Gráfica 5).

La simulación del modelo con las estrategias de protección solar, aumento de masa térmica y ventilación nocturna, presenta una reducción de la temperatura interior de 8,6°C frente al modelo base sin fachada ventilada, y de 3,5 °C con respecto a la temperatura exterior, y evidencia mayor efectividad que los modelos anteriores en los que la reducción de temperatura frente al modelo base fue de aproximadamente 3,0°C; también presenta disminución de temperaturas con respecto a la temperatura de bulbo seco (Gráfica 6).



Gráfica 5. Datos de simulación del modelo 3, con estrategias en la zona denominada casa
Fuente: elaboración propia, 2017.



Gráfica 6. Datos de simulación de los modelos analizados
Fuente: elaboración propia, 2017.

Discusión

Con respecto a las diferencias encontradas entre las mediciones en sitio y las simulaciones, autores como Marinosci, Semprini y Morini (2014, p. 280) consideran que en general hay una dificultad por predecir el comportamiento de este tipo de sistemas, debido a la fuerte influencia de algunos parámetros como las cambiantes condiciones externas, tales como radiación solar y velocidad del viento; la configuración de patrones de flujos de aire y el comportamiento de la radiación de las superficies externas e internas.

Asimismo, Kim y Park (2011, p. 3636) sugieren que gran parte de las discrepancias entre simulaciones y mediciones pueden ser influenciadas por tres situaciones; la primera es la incertidumbre sobre los parámetros de entrada para las simulaciones y las mediciones; la segunda son las suposiciones o simplificaciones de la realidad durante el proceso de modelado; y por último, las limitaciones de la herramienta, que en el caso de Design Builder® en funcionamiento con EnergyPlus®, las dificultades podrían presentarse en las opciones de simplificación del modelo, en las decisiones sobre el modelado de la totalidad del edificio o en la incertidumbre sobre los datos de entrada de los flujos de viento alrededor del edificio, esta última tam-

bién mencionada por Kim y Park (2011, p. 3644) y Vernay, Raphael y Smith (2014, p. 412).

Otro aspecto por considerar sobre las diferencias entre simulaciones y mediciones es la fiabilidad de los archivos de datos climáticos con los que se realizan las simulaciones; según Pyrgou, Castaldo, Pisello, Cotana y Santamouris (2017, p. 224), los archivos comúnmente usados no consideran el impacto del fenómeno de microclima en contexto urbano ni lo eventos aleatorios de clima extremo, que pueden alterar significativamente el comportamiento térmico y energético de las edificaciones, lo que acarrea consecuencias no solo en las decisiones de los diseñadores e investigadores procurando predecir el desempeño térmico y energético, sino también para las industrias y los proyectos que buscan pronosticar la eficiencia de fuentes renovables de energía por medio de herramientas de simulación.

En el caso de Girardot, el archivo de datos climáticos extraído de la base de datos de Meteonorm está basado en información recogida por la estación meteorológica de Santiago, ubicada en el aeropuerto de Flandes, a una distancia de 6,14km del sitio de construcción del prototipo que se encuentra en el área urbana, lo que explicaría por qué es más alta la temperatura en las mediciones en sitio que en las simulaciones; no obstante las

diferencias, hay que reconocer que las tendencias son similares y es posible comprender las dinámicas de funcionamiento de la edificación aun cuando los resultados numéricos no sean idénticos.

Por otra parte, sobre los resultados de los diseños de fachadas ventiladas con respecto al modelo base en PVC la discusión se centra en la relación costo-desempeño, al considerar que, aunque el sistema de fachada ventilada puede disminuir la temperatura interior en la edificación, la construcción de la misma aumentaría el valor de la inversión en construcción de la edificación; esto lleva a preguntarse si tal disminución de temperatura puede ser suficiente para no usar sistemas mecánicos de ventilación, y, de ser así, si es razonable el costo económico. En caso de no reducir suficientemente la temperatura al interior aumentaría el costo, no solo de construcción, sino además de consumo energético y disminución del área útil de la edificación, lo que incrementaría las desventajas de este sistema.

Asimismo, en cuanto al ahorro de consumo energético, Gratia y De Herde (2004, p. 1150) afirman que este puede ser reducido por el hecho de que la doble fachada puede disminuir el paso de luz al interior del espacio, lo que lleva a mantener encendido el sistema de iluminación por periodos prolongados, hecho que incrementa el costo total de consumo.

Por último, la simulación del modelo con las estrategias demuestra que hay mayor efectividad en aumentar la inercia térmica, y en ventilación nocturna; Gratia y De Herde (2007, p. 447) señalan que la ventilación natural nocturna reduce en general las cargas de refrigeración, y resaltan la importancia de la relación entre inercia térmica y disminución de la temperatura durante la noche; sumado a esto, Gagliano, Patania, Nocera y Signorello (2014, p. 369) afirman que el cierre de ventilación en horas diurnas es más efectivo, pero es contrario a las preferencias de los habitantes sobre la apertura de las ventanas durante el día.

El desarrollo de las simulaciones y mediciones de desempeño de las fachadas ventiladas en clima cálido húmedo permitió identificar que, como afirman Gaillard, Giroux-Julien, Ménézo y Pabiou (2014, p. 241), es indispensable monitorear los sistemas en prototipos a escala real como una herramienta para verificar y mejorar el comportamiento de los diseños de fachadas; así como el desarrollo de simulaciones térmicas como un medio para evaluar el desempeño energético; por esta razón, autores como Andarini (2014, p. 225) recomiendan el uso de las simulaciones durante la fase inicial de diseño debido a que en esta etapa hay más oportunidades de mejorar y realizar un diseño más cercano a la realidad. Esta herramienta permite también modelar diversos escenarios en función de obtener, no solo óptimos diseños, sino de optimizar la operación y el desempeño del mismo a fin de prever la respuesta de la edificación ante condiciones adversas.

Asimismo, este estudio permitió comprender la importancia de la creación de nuevos archivos climáticos que, como mencionan Pyrgou et al. (2017,

p. 236), deben construirse a través de la recolección de estaciones climatológicas locales instaladas en áreas urbanas a fin de considerar fenómenos como los microclimas, o el efecto isla de calor, y las particularidades del clima en contexto urbano para reducir así el margen de error en las predicciones de comportamientos térmicos y energéticos, reforzando las decisiones de diseño en la búsqueda de resultados cercanos a la realidad.

En el contexto colombiano es necesaria la creación de archivos climáticos actualizados con las mediciones de los últimos años considerando las variaciones del clima propias del contexto urbano, pero en especial la creación de archivos de acceso abierto debido a que en la actualidad el único archivo de datos climáticos disponible abiertamente es el de la ciudad Bogotá, lo que dificulta la precisión de las simulaciones si se tiene en cuenta la diversidad geográfica del país y la particularidad de los climas locales.

Conclusiones

En términos generales, y de acuerdo con los resultados de las mediciones y simulaciones realizadas, es posible generar las siguientes conclusiones:

- Las fachadas de muro sencillo (sin cámara de aire) presentan desventajas en su desempeño comparadas con las que tienen cámara de aire, como se evidencia en las simulaciones iniciales; son mayores las diferencias de temperaturas máximas y mínimas de los modelos contenidos en el grupo 1.
- Las fachadas dobles y ventiladas requieren protección solar adicional en las superficies que reciben mayor radiación solar, en este caso oriental, occidental y cubierta; de otra manera su desempeño es bajo, como demuestra la diferencia entre los grupos 3 y 5 frente a los demás.
- El porcentaje de apertura exterior de las fachadas ventiladas debe ser controlado a fin de evitar superar el 5% del área total para impedir ganancias térmicas en horas de mayor temperatura externa, como lo demuestran las variaciones en grupos 4 y 5.
- El grado de ventilación de la cavidad de aire no representa diferencias fundamentales en su desempeño; sin embargo, la ventilación restringida a horario nocturno presenta ventajas, como se evidencia en los resultados del grupo 5.
- La inercia térmica es un factor principal en el funcionamiento de las fachadas dobles, como se demuestra en los resultados iniciales de todos los grupos, y su posicionamiento al interior de la configuración hace una diferencia importante, como se demuestra comparando los resultados finales de los modelos 1, 2 y 3.

De esa manera, se evidenció que si bien el uso de fachadas ventiladas puede resultar una estrategia viable para llegar a condiciones de confort en climas cálidos húmedos, esto sucede solamente cuando los diseños específicos integran el uso de estrategias pasivas, principalmente inercia térmica, protección solar y ventilación nocturna. Se encontró, sin embargo, que el uso de

estas estrategias puede ser igualmente eficiente por sí solo, y requiere una menor inversión. Al mismo tiempo, las fachadas ventiladas pueden ser más complejas de controlar y modelar por las constantes variables del clima, tal como lo mencionan Gagliano et al. (2014, p. 362), sobre la ventilación natural. Por esta razón, como sugie

ren Gratia y De Herde (2007, p. 447), es necesario el estudio de diversas configuraciones de fachadas ventiladas a fin de entender la complejidad y el comportamiento de los flujos de vientos que estos involucran en cada caso específico, ya que estas configuraciones ofrecen ventajas adicionales en términos de aislamiento acústico.

Referencias

- Afonso, C. y Oliveira, A. (2000). Solar chimneys: simulation and experiment. *Energy and Buildings* (32), 71-79. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(99\)00038-9](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(99)00038-9)
- Andarini, R. (2014). The role of building thermal simulation for energy efficient building design. *Energy Procedia* (47), 217-226. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.01.217>
- Andelkovic, A. S., Mujan, I. y Dakic, S. (2016). Experimental validation of aEnergyPlus model: Application of a multi-storey naturally ventilated double skin façade. *Energy and Buildings* (118), 27-36. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.02.045>
- Aparicio-Fernández, C., Vivancos, J.-L., Ferrer-Gisbert, P. y Royo-Pastor, R. (2014). Energy performance of a ventilated façade by simulation with experimental validation. *Applied Thermal Engineering* (66), 563-570. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2014.02.041>
- Balocco, C. (2002). A simple model to study ventilated facades energy performance. *Energy and Buildings* (34), 469-475. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(01\)00130-X](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(01)00130-X)
- Barbosa, S. e Ip, K. (2014). Perspectives of double skin façades for naturally ventilated buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (40), 1019-1029. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.192>
- Blanco, J. M., Buruaga, A., Rojí, E., Cuadrado, J. y Pelaz, B. (2016). Energy assessment and optimization of perforated metal sheet double-skin façades through Design Builder. A case study in Spain. *Energy and Buildings* (111), 326-336. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.11.053>
- Bolaños, T. y Moscoso, A. (2011). Consideraciones y selección de especies vegetales para su implementación en ecoenvolventes arquitectónicos: una herramienta metodológica. *Revista Nodo*, 5(10), 5-20. Recuperado de <http://csifesvr.uan.edu.co/index.php/nodo/article/view/138>
- Ciampi, M., Leccese, F. y Tuoni, G. (2003). Ventilated facades energy performance in summer cooling of buildings. *Solar Energy* (75), 491-502. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2003.09.010>
- Design Builder (19 de octubre de 2017). *Design Builder Software Ltd.* Recuperado de <https://www.designbuilder.co.uk/>
- EnergyPlus (19 de octubre de 2017). *EnergyPlus*. Recuperado de <https://energyplus.net/>
- Fantucci, S., Marinosci, C., Serra, V. y Carbonaro, C. (2017). Thermal performance assessment of an opaque ventilated façade in the summer period: calibration of a simulation model through in-field measurements. *Energy Procedia* (111), 619-628. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.224>
- Gagliano, A., Patania, F., Nocera, F. y Signorello, C. (2014). Assessment of the dynamic thermal performance of massive buildings. *Energy and Buildings* (72), 361-370. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.12.060>
- Gaillard, L., Giroux-Julien, S., Ménézo, C. y Pabiou, H. (2014). Experimental evaluation of a naturally ventilated PV double-skin building envelope in real operating conditions. *Solar Energy* (103), 223-241. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2014.02.018>
- Ghaffarianhoseini, A., Ghaffarianhoseini, A., Berardi, U., Tooke, J., Hin Wa Li, D. y Karimnia, S. (2016). Exploring the advantages and challenges of double-skin façades (DSFs). *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (60), 1052-1065. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.130>
- Giancola, E., Sanjuan, C., Blanco, E. y Heras, M. R. (2012). Experimental assessment and modelling of the performance of an open joint ventilated façade during actual operating conditions in Mediterranean climate. *Energy and Buildings* (54), 363-375. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.07.035>
- Gratia, E. y De Herde, A. (2004). Optimal operation of a south double-skin facade. *Energy and Buildings* (36), 41-60. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.05.004>
- Gratia, E. y De Herde, A. (2007). Guidelines for improving natural daytime ventilation in an office building with a double-skin facade. *Solar Energy* (81), 435-448. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2006.08.006>
- Haase, M., Silva, F. M. y Amato, A. (2009). Simulation of ventilated facades in hot and humid climates. *Energy and Buildings* (41), 361-373. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.11.008>
- Høseggen, R., Wachenfeldt, B. J. y Hanssen, S. O. (2008). Building simulation as an assisting tool in decision making Case study: With or without a double-skin facade? *Energy and Buildings* (40), 821-827. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.05.015>
- Jentsch, M. F., Bahaj, A. S. y James, P. A. (2008). Climate change future proofing of buildings—Generation and assessment of building simulation weather files. *Energy and Buildings*, 40(12), 2148-2168. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.06.005>
- Kim, D.-W. y Park, C.-S. (2011). Difficulties and limitations in performance simulation of a double skin façade with EnergyPlus. *Energy and Buildings* (43), 3635-3645. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.09.038>
- Marinosci, C., Semprini, G. y Morini, G. (2014). Experimental analysis of the summer thermal performances of a naturally ventilated rainscreen façade building. *Energy and Buildings* (72), 280-287. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.12.044>
- Marinosci, C., Strachan, P., Semprini, G. y Morini, G. (2011). Empirical validation and modelling of a naturally ventilated rainscreen façade building. *Energy and Buildings* (43), 853-863. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.12.005>
- Mateus, N. M., Pinto, A. y Carrilho da Graça, G. (2014). Validation of EnergyPlus thermal simulation of a double skin naturally and mechanically ventilated test cell. *Energy and Buildings* (75), 511-522. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.02.043>
- Meteonorm (22 de 02 de 2018). *Meteonorm*. Recuperado de <http://www.meteonorm.com/>
- Peci López, F., Jensen, R., Heiselberg, P. y Ruiz de Adana, M. (2012). Experimental analysis and model validation of an opaque ventilated facade. *Building and Environment* (56), 265-275. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.03.017>
- Poirazis, H. (2004). *Double Skin Façades for Office Buildings*. Lund: Division of Energy and Building Design Department of Construction and Architecture Lund Institute of Technology, Division of Energy and Building Design. Recuperado de http://www.ebd.lth.se/fileadmin/energi_byggnadsdesign/images/Publikationer/Bok-EBD-R3-G5_alt_2_Harris.pdf
- Pyrgou, A., Castaldo, V. L., Pisello, A. L., Cotana, F. y Santamouris, M. (2017). Differentiating responses of weather files and local climate change to explain variations in building thermal-energy performance simulations. *Solar Energy* (153), 224-237. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2017.05.040>
- Rubiano Martín, M. A. (2015). Ventajas del uso de fachada ventilada, en Giradot (Colombia). *Revista Nodo*, 10(19), 111-120. Recuperado de <http://revistas.uan.edu.co/index.php/nodo/article/view/538>
- Stec, W. J., Paassen, A. H. y Maziarz, A. (2005). Modelling the double skin façade with plants. *Energy and Buildings* (37), 419-427. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.08.008>
- Theodosiou, T., Tsikaloudaki, K. y Bikas, D. (2017). Analysis of the thermal bridging effect on ventilated facades. *Procedia Environmental Sciences* (38), 397-404. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2017.03.121>
- U.S. Department of Energy (22 de 02 de 2018). *energy.gov*. Recuperado de <https://energy.gov/>
- Varini, C. (2011). Ecoenvolventes R & D. Passive architectural envelopes high thermal performance and low environmental impact for tropical geo-climatic zones with cultivated native woods and plants. SB Helsinki World Sustainable Building Conference. Helsinki: Finnish Association of Civil Engineers RIL and VTT Technical Research Centre of Finland. Recuperado de http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC22949.pdf
- Varini, C. (2013). Ecoenvelopes R&D. Passive architectural envelopes high thermal performance and low environmental impact for tropical geoclimatic zones. *Informes de la Construcción*, 65, 23-30. Doi: <https://doi.org/10.3989/ic.11.147>
- Velasco, R. y Robles, D. (2011). Eco-envolventes: A parametric design approach to generate and evaluate façade configurations for hot and humid climates. En T. Zupančič et al. (eds.), *eCAADe 2011 Respecting fragile places: Proceedings of the 29th Conference on Education in Computer Aided Architectural Design in Europe* (pp. 539-548). Ljubljana: Brussels: Education in Computer Aided Architectural Design in Europe; Ljubljana: Faculty of Architecture.
- Velasco, R., Hudson, R. y Luciani, S. (2017). Tools and strategies to improve climate-driven façade design in the tropics: A pilot project for Colombia. *12th Conference on Advanced Building Skins* (pp. 995-1003). Bern: Advanced Building Skins GmbH.
- Vernay, D. G., Raphael, B. y Smith, I. F. (2014). Augmenting simulations of airflow around buildings using field measurements. *Advanced Engineering Informatics* (28), 412-424. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2014.06.003>

Estrategias metodológicas de análisis urbano frente al cambio climático

Matriz para el diseño adaptativo en asentamientos informales

Adriana Patricia López-Valencia
Oswaldo López-Bernal

Universidad del Valle, Cali (Colombia)
Grupo de Investigación Hábitat y Desarrollo Sostenible

Adriana Patricia López-Valencia

Arquitecta, Universidad del Valle, Cali (Colombia).
Especialista en Gestión Ambiental, Universidad Autónoma de Occidente.
Magíster en Urbanismo, Universidad Nacional de Colombia.
PhD en Ciencias Ambientales, Universidad del Valle; magíster en Urbanismo
Docente e investigadora, Escuela de Ingeniería de los Recursos Naturales y del Ambiente – Área de Gestión Ambiental, Universidad del Valle, Cali (Colombia).
<http://orcid.org/0000-0003-1857-7580>
adriana.lopez@correounivalle.edu.co

Oswaldo López-Bernal

Arquitecto, Universidad Católica de Colombia, Bogotá (Colombia).
Magíster en Gestión Ambiental Urbana, Universidad Javeriana.
Doctor en Urbanismo, Universidad Nacional Autónoma de México.
Docente e investigador, Escuela de Arquitectura, Universidad del Valle, Cali (Colombia).
<http://orcid.org/0000-0003-3781-2582>
oswaldo.lopez@correounivalle.edu.co

López-Valencia, A., & López Bernal, O. (2018). Estrategias metodológicas de análisis urbano frente al cambio climático. Matriz para el diseño adaptativo en asentamientos informales. *Revista de Arquitectura*, 20(2), 78-89. doi: <http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.2.859>

<http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.2.859>



Resumen

Se presentan los resultados de investigación de estrategias urbanas para el mejoramiento de las condiciones de adaptabilidad de los asentamientos informales al cambio climático. Se pretende realizar un aporte al conocimiento de elementos de análisis y metodologías asociadas a los sistemas de información geográfica que apoyen el desarrollo de ejercicios enfocados en la generación de estrategias de gestión del riesgo, a fin de mejorar la calidad del entorno construido y natural y, de esta manera, la calidad de vida y sostenibilidad de la población que los habita. Se propone la construcción de una matriz de adaptabilidad en la cual se incluyan los aspectos más relevantes para el análisis desde la susceptibilidad y la exposición frente a amenazas naturales; finalmente, se conceptualizan y ponderan los factores de acuerdo con niveles de incidencia mutua, a fin de obtener una evaluación que permita modificar elementos constitutivos del medio construido para enfrentar los efectos del cambio climático.

Palabras clave: diseño urbano, desarrollo sostenible, SIG, adaptación climática, modelo de simulación.

Methodological strategies for urban analysis in the face of climate change. An adaptive design matrix for informal settlements

Abstract

This article presents the research results of some urban strategies to improve the conditions of climate change adaptability in informal settlements. It aims to contribute to a better understanding of analysis factors and methodologies associated with geographic information systems (GIS) that support the development of exercises focused on generating risk management strategies, which seek to improve the quality of built and natural environments and, thus, the quality of life and sustainability of the population that inhabits them. The paper proposes to develop an adaptability matrix that includes the most relevant aspects for the analysis based on susceptibility and exposure to natural hazards. Finally, these factors are conceptualized and weighted according to mutual incidence levels, in order to obtain an evaluation that allows modifying the constituent elements of built environment to face the effects of climate change.

Keywords: Urban design, sustainable development, GIS, climatic adaptation, simulation model.

Estratégias metodológicas de análise urbana ante mudanças climáticas. Matriz para o desenho adaptativo em assentamentos informais

Resumo

Apresentam-se os resultados de pesquisa de estratégias urbanas para a melhora das condições de adaptabilidade dos assentamentos informais às mudanças climáticas. Pretende-se realizar uma contribuição no que diz respeito ao conhecimento de elementos de análise e metodologias associadas aos sistemas de informação geográfica que apoiem o desenvolvimento de exercícios enfocados na geração de estratégias de gestão do risco, com a finalidade de melhorar a qualidade do entorno construído e natural e, dessa forma, a qualidade de vida e sustentabilidade da população que vive neles. Propõe-se a construção de uma matriz de adaptabilidade, na qual se incluíam os aspectos mais relevantes para a análise a partir da susceptibilidade e da exposição ante ameaças naturais; finalmente, é feita a conceitualização e ponderamento dos fatores de acordo com níveis de incidência mútua, obtendo uma avaliação que permita modificar elementos constitutivos do meio construído para enfrentar os efeitos das mudanças climáticas.

Palavras-chave: desenho urbano, desenvolvimento sustentável, SIG, adaptação climática, modelo de simulação.

Introducción

Este artículo surge en el marco del proyecto “Mejoramiento del confort ambiental urbano en asentamientos informales”, el cual fue financiado por la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad del Valle, mediante convocatoria interna para la conformación del banco de proyectos de investigación 2012, convocatoria áreas de ciencias sociales y humanas, realizado por el grupo de investigación Hábitat y Desarrollo Sostenible.

De acuerdo con los diferentes estudios científicos, apoyados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), se calcula que las temperaturas se están elevando a escala global y, desde que se tiene registro (1867), los 15 años más calurosos han transcurrido desde 1980. La principal preocupación de los científicos se centra en los resultados colaterales de los desastres siconaturales, principalmente epidemias y hambrunas en todas las regiones del mundo, concentradas sobre todo en las zonas menos desarrolladas y más pobres, que serían las que llevarían la peor parte; sin embargo, tan solo en años recientes se ha comenzado a prestar atención a los procesos de adaptación y prevención.

A la fecha no hay unanimidad científica con respecto al calentamiento global y sus repercusiones en el clima, lo que suceda en el futuro es muy incierto. Se puede estimar que hay relación directa entre calentamiento global y cambio climático; a pesar de que las pruebas son evidentes, la sensación de incertidumbre es una situación que agrava la percepción del riesgo (López y López, 2015). El problema central del calentamiento global está relacionado directamente con factores económicos, las posibles soluciones traen consigo grandes costos y sacrificios en ese plano pero, adicionalmente, no hay evidencias científicas que permitan concluir la hipótesis planteada de que necesariamente va a ocurrir una catástrofe mundial.

El cambio climático es un fenómeno potencializador de los desastres, los cuales son riesgos siconaturales no manejados, dichos riesgos son

fenómenos socialmente construidos y producto de procesos erróneos de desarrollo (Blakely, 2007). A partir de estas premisas, aceptadas por la comunidad científica, se constituye el punto de partida para la adaptación contra desastres siconaturales desde un enfoque sostenible. Dado que el proceso de construcción de riesgo siconatural está relacionado con el de desarrollo urbano, particularmente con el uso de los recursos naturales y la ocupación del territorio, estos dos espacios se constituyen en elementos esenciales para la planificación y el diseño urbano de la ciudad con miras a la adaptación al cambio climático, donde se pueden revertir procesos de riesgos siconaturales desde un enfoque holístico y sostenible de intervención humana sobre el espacio urbano. Uno de los objetivos principales de esta investigación es la adaptación al cambio climático en los asentamientos informales, entendidos como áreas urbanas de crecimiento espontáneo en las que los procesos de planificación se han desarrollado de manera limitada y cuyo territorio físico normalmente está localizado en zonas de alto riesgo de ocurrencia de desastres dada su cercanía a ríos o zonas de ladera, con grandes problemas de inestabilidad derivados de la ocupación informal del territorio.

En primera instancia se presenta la metodología con la que se ha aproximado a la temática, recogiendo marcos conceptuales sobre exposición, vulnerabilidad y riesgo, a fin de plantear un punto de partida para la construcción de la matriz de adaptabilidad y los factores de análisis relevantes para la comprensión de los fenómenos urbanos y los impactos asociados al cambio climático. Posteriormente, el texto se enfoca en la generación de lineamientos y determinantes macro para abordar el concepto de adaptación desde el entorno construido, identificando las metas del desarrollo urbano para la inclusión de los cambios determinados por el clima, a fin de incorporarlos como variables de análisis dentro de la matriz de adaptabilidad propuesta. Finalmente, se propone la matriz a partir del establecimiento de fases para su construcción y análisis simultáneo, determinando los factores que inciden en el entorno urbano a partir de la exposición variable ante fenómenos climáticos extremos; la matriz contempla la ponderación de los indicadores identificados según su nivel de incidencia mutua, la cual permite evidenciar los elementos urbanos más susceptibles de verse afectados por dichos cambios para, posteriormente, plantear estrategias de intervención para la adaptación.

El montaje del Sistema de Información Geográfico (SIG), a partir del uso de los indicadores propuestos en la matriz de adaptabilidad, nos permite tener una información alfanumérica espacializada del territorio, lo que resulta en una visión más real del estado del sistema en términos de susceptibilidad. Para tal fin se ha diseñado un modelo cartográfico el cual plantea la forma de ir cruzando y analizando información por niveles de jerarquía. Este modelo cartográfico es utilizado para esquematizar el uso de las funciones de un SIG, bajo una secuencia lógica, en

la solución de problemas espaciales complejos. Estos modelos se basan en el cruce de información multivariada de cada uno de los subsistemas analizados; esto quiere decir que cada subsistema tendrá como primer resultado un mapa de cruce de todos los indicadores analizados, que finalmente resultan en los mapas síntesis denominados Entorno natural y Entorno construido. La metodología permite ir cruzando información según las relaciones establecidas en la matriz para determinar el nivel de adaptabilidad del asentamiento urbano

Aproximación conceptual a la matriz de adaptabilidad

Para el desarrollo de una matriz de adaptabilidad es necesario, primero, comprender los factores de análisis y los conceptos asociados con dicha situación. En primera instancia, la investigación desarrolla un marco conceptual asociado a la temática del riesgo y sus componentes, entendiendo que este se encuentra definido en la Ley colombiana 1523 del 2012 por la presencia de una amenaza y un tipo de vulnerabilidad y que, a su vez, esta vulnerabilidad solo estará presente si se está expuesto ante algún tipo de amenaza (Carter, 1999). A fin de identificar estos conceptos y organizar las fases para la construcción de la matriz que permita medir a partir de indicadores el nivel de adaptabilidad ante amenazas naturales, fue necesario comprender la estructura conceptual que da origen al riesgo, para ello se tomó como referencia la construcción del Índice Mundial de Riesgo (IMR) (Birkmann et al., 2011) y sus componentes; como punto de partida para la comprensión del marco sobre el cual fundamentar el análisis en la matriz, el enfoque de esta investigación aporta en desescalar los elementos de análisis hasta un contexto local, dado que el IMR se define para una escala nacional utilizando datos para cada país como unidad mínima de análisis en el montaje de la base de datos georreferenciada. El aporte de la matriz aquí presentada está dado por la posibilidad de comprender los fenómenos de riesgo desde la escala local a partir de indicadores detallados que definen lineamientos para la intervención desde el diseño urbano, estableciendo una relación directa entre la matriz y los elementos diseñables para hacerlos adaptativos.

Índice Mundial de Riesgo

Debido al aumento considerable de los desastres naturales en las últimas décadas, que tienen relación principalmente con el cambio climático, diferentes entidades a nivel mundial están desarrollando nuevas metodologías para determinar el nivel de riesgo que puede presentar un país frente a la ocurrencia de desastres naturales, un ejemplo de esto es el Índice Mundial de Riesgo (World Risk Index), el cual se toma como punto de referencia por ser Colombia parte de este estudio y por la importancia del mismo a nivel académico e institucional. El estudio desarrollado por Bündnis Hilft Entwicklung (Alianza Desarrollo y Obras) publica el reporte de riesgo

Recibido: septiembre 5 / 2017 Evaluado: abril 3 / 2018 Aceptado: agosto 13 / 2018



Figura 1. Concepto del World Risk Index

Fuente: World Risk Index, 2011 – UNU-EHS.

mundial *World Risk Report 2011* (Birkmann et al., 2011) como una herramienta para evaluar el riesgo de desastres al que una sociedad o país está expuesto por factores externos e internos, cuyo objetivo es sensibilizar a la opinión pública y a los políticos responsables del tema de riesgos de desastres.

El World Risk Index se basa en entender que el núcleo de riesgos de desastres de una sociedad está influenciado por la estructura, los procesos y el marco de condiciones o contexto, que a su vez pueden ser afectados por fenómenos naturales y los efectos del cambio climático, como se observa en la Figura 1. Una ventaja del índice es su estructura modular basada en cuatro componentes:

- La exposición a los riesgos naturales (*Exposure*).
- La susceptibilidad (*Susceptibility*).
- Las capacidades de resistencia (*Coping*).
- Las capacidades de adaptación (*Adaptation*).

Componentes del Índice Mundial de Riesgo

Exposición ante desastres naturales (*Exposure*). La exposición en su significado central se refiere a factores externos y a la probabilidad de ser propensos a ser afectadas por una situación de peligro. Estos factores incluyen a las personas, los recursos, la infraestructura, la producción, los bienes, los servicios ecosistémicos y los sistemas socioecológicos. La exposición se puede diferenciar desde un componente temporal y otro espacial, por lo cual, dentro el World Risk Index, la exposición está relacionada con el número potencial promedio de los individuos que están expuestos cada año a terremotos, tormentas, sequías e inundaciones (Peduzzi et al., 2009).

Dada su importancia, de acuerdo con una alta probabilidad de ocurrencia según datos estadísticos, los siguientes cinco desastres naturales fueron seleccionados como los más relevantes:

- Terremotos.
- Tormentas.
- Inundaciones.
- Sequías.
- Subida del nivel del mar.

Susceptibilidad (*Susceptibility*). El concepto se refiere a las características de una sociedad y las condiciones en las que los actores sociales y las infraestructuras existentes se enfrentan a posibles fenómenos climáticos. A este respecto, la nutrición, la situación económica, así como el estado de las infraestructuras son especialmente importantes. Estas características hacen posible

formular hipótesis provisionales sobre la susceptibilidad relativa que tienen unas sociedades en comparación con otras (Birkmann, 2006).

Generalmente, la susceptibilidad se entiende como la probabilidad de sufrimiento de un daño, o el sufrimiento de la sociedad y la infraestructura en caso de la ocurrencia de un desastre. Conceptualmente, la susceptibilidad ha sido separada en subcategorías que reflejan la calidad de vida y las condiciones de hábitat de las personas dentro de un país, entre las cuales se resaltan las siguientes:

- La infraestructura pública.
- Las condiciones de vivienda.
- La nutrición.
- La pobreza y la dependencia.
- La capacidad económica y la distribución del ingreso.

Capacidad de reacción para contrarrestar consecuencias de los desastres (*Coping*). Las capacidades de reacción para hacer frente o contrarrestar las consecuencias de los desastres incluyen las fortalezas que poseen las sociedades y los elementos expuestos (tales como los sistemas y las instituciones), para minimizar el impacto negativo de las amenazas naturales y el cambio climático, a través de la acción directa sobre los recursos. De acuerdo con el concepto del World Risk Index - 2011, la reacción incluye las habilidades y capacidades para minimizar los daños en la ocurrencia de un evento peligroso. Las siguientes cinco subcategorías representan el componente de capacidad de reacción:

- El Gobierno y las autoridades.
- La preparación para los desastres y alertas tempranas.
- Los servicios médicos.
- Las redes sociales.
- La cobertura de material.

Sobre la base de las definiciones de susceptibilidad y capacidad de reacción, se puede observar que ambos componentes en el World Risk Report - 2011 están estrechamente vinculados entre sí, y que una separación clara en la práctica es, por tanto, a menudo imposible. No obstante, es importante enfatizar que las sociedades tienden a convivir con las amenazas naturales, y son capaces de manejarlas ellas mismas mediante la mejora de su capacidad instalada.

Capacidad de hacer los correctivos de largo plazo (*Adaptation*). La adaptación incluye las

capacidades, las medidas y las estrategias que permiten a las comunidades cambiar con el fin de minimizar el impacto y las consecuencias derivadas de las amenazas naturales y el cambio climático. Esto implica que una sociedad tiene que haber modificado su infraestructura, sus políticas y comportamientos culturales antes de la aparición de efectos negativos como consecuencia de desastres naturales, de tal manera que las medidas para enfrentar dichos fenómenos cambiarán de acuerdo con el nivel de preparación y serán distintas en la medida en la que se involucren nuevos aprendizajes, como un componente para la consolidación de la resiliencia urbana (Wisner, 2002). En contraste con la capacidad de reacción, las capacidades están fuertemente destinadas a la transformación de las estructuras actuales (educación, estado del medio ambiente, etc.). La adaptación se centra en las capacidades que pueden desencadenar los cambios necesarios. Las siguientes cinco subcategorías se identificaron dentro de este concepto. En un sentido más amplio pueden ser responsables, en el largo plazo, de que las sociedades sean más resistentes y adaptables a los efectos del cambio climático y desastres naturales:

- La educación y la investigación.
- La equidad de género.
- El estado del medio ambiente / protección del ecosistema.
- Las estrategias de adaptación.
- Las inversiones.

Factores de análisis para la construcción de la matriz de adaptabilidad

Al sintetizar el índice de adaptabilidad urbana en una matriz, se espera contribuir con una metodología para mejorar la adaptabilidad del entorno construido y el entorno natural en la ciudad, desde el diseño urbano de los elementos identificados en ella, a fin de garantizar la prevención de los desastres siconaturales, y de elevar las condiciones de calidad físico-espacial, natural y de confort ambiental. Para este fin se trabaja la matriz como una herramienta de análisis multivariable que fundamentalmente aborda los conceptos del Índice Mundial de Riesgo (IMR) y propone una nueva escala local de análisis para determinar las incidencias y los impactos de las amenazas naturales (exposición) frente a los elementos expuestos que pueden ser objeto del diseño urbano para garantizar una condición de adaptación frente a eventos extremos de lluvia y periodos de intensa sequía, funcionando de manera eficiente en ambos contextos climáticos.

La matriz propuesta le apunta a la construcción de un índice de adaptabilidad, el cual puede ser usado para la valoración físico-espacial y toma de decisiones en asentamientos urbanos, de esta forma se podrán definir estrategias de adaptación al cambio climático desde el diseño urbano y ser corroboradas mediante el uso de la matriz. Como se dijo, el concepto de índice subraya que no solo la magnitud de la frecuencia de un evento natural es importante, sino también determinar cómo la

realidad económica y social, y los factores ecológicos determinan si un peligro natural puede convertirse en un desastre (Birkmann et al., 2011).

La matriz de adaptabilidad analiza simultáneamente tres fases durante la ocurrencia de un fenómeno climatológico extremo: i) la susceptibilidad, principalmente de las infraestructuras urbanas y el entorno natural, de sufrir daños frente a desastres naturales; ii) los factores de exposición que podrían presentarse en los asentamientos estudiados frente a desastres naturales principalmente lluvia y sequía. Por último se trabajan; iii) los factores de adaptabilidad que desde la adaptación urbana ayudarían a contrarrestar los efectos de las amenazas naturales en el futuro, dándole mucho énfasis al manejo de tres variables: calidad del entorno construido, calidad del entorno natural y confort ambiental urbano.

La adaptabilidad urbana que le apunta a la mejora de la calidad físico-espacial es aquella que proyecta vías, que resuelve problemas de asoleamiento y valora las corrientes de viento, además de zonas verdes adecuadas, edificios con fachadas bien orientadas y tipologías de vivienda adecuadas a las condiciones ambientales, para lograr elementos adaptables a condiciones climáticas de sequía extrema. Asimismo, es importante contar con criterios bioclimáticos que reduzcan el gasto energético, mejoren el confort y generen un mejor hábitat que potencialice la calidad de vida de los habitantes, a la vez que preserva las condiciones ecológicas del entorno.

Factores de susceptibilidad

Generalmente, la susceptibilidad se entiende como la probabilidad de sufrimiento de un daño, o el sufrimiento de la sociedad y la infraestructura en caso de la ocurrencia de un desastre. En este sentido, la relación del edificio junto con la traza urbana se convierten en punto de análisis de la calidad del entorno natural y del entorno construido urbano. Como lo plantea Higuera (1997), la diversidad de usos y la complejidad funcional permiten la interacción social para conformar la ciudad sostenible. De aquí son singulares los diversos tratamientos que se dan a los lugares debido a sus características, su situación geográfica, clima, riesgos y tipos de impactos frente al cambio climático, etc.

El diseño y el planeamiento urbano pensados desde la calidad del entorno natural y del entorno construido urbano operan de tal manera que el diseño pasa de ser una discusión estética o funcional primaria, a transformarse en un ideal que amplía fronteras con el fin de aumentar notablemente la calidad de vida. Estos ideales de calidad del entorno natural y construido se consiguen estudiando y aprovechando las condiciones del lugar donde: orientación, clima, humedad, microclima, vientos, aguas, campos electromagnéticos y materiales darán como resultado una solución de habitar particular de mayor confort, económica, agradable e integrada al entorno. Lo anterior se da, especialmente, con el carácter de un hábitat sano, que dialoga y se enlaza a varias escalas:

vivienda, barrio, ciudad, región, país, mundo, y enfrenta directamente los impactos generados por las variaciones constantes del clima, teniendo en cuenta sus incertidumbres y posibles riesgos.

Conceptualmente, este artículo parte de los diversos criterios planteados por Fernández (2000), el cual propuso una diversidad de factores de susceptibilidad para ser tenidos en cuenta, que reflejan la calidad físico-espacial y las condiciones ambientales del hábitat de las personas dentro de un asentamiento urbano, entre las cuales se resaltan las siguientes:

- Entorno construido, donde se analiza la calidad físico-espacial de las infraestructuras.
- Entorno natural, donde se analiza la calidad de dicho entorno.

Mediante el análisis de estos dos elementos se espera determinar el nivel de susceptibilidad al que está expuesto un asentamiento urbano informal, usando la matriz de adaptabilidad como el elemento metodológico para su análisis.

Factores de exposición natural

Es importante contar con la evaluación de los factores de exposición surgidos por el cambio climático, incremento en patrones de lluvias, oleadas de calor, entre otros, que afectan las condiciones urbanas y determinan el tipo de planificación que debe hacerse. De acuerdo con la matriz planteada en esta investigación, los factores de exposición se concentran en cinco elementos: temperatura del aire, velocidad del aire, humedad relativa, radiación solar y precipitaciones. Esta decisión obedece a que los lineamientos de adaptabilidad urbana están pensados para tres momentos climatológicos recurrentes en las ciudades colombianas: lluvia, sequía y normalidad climática, por estar cerca de la línea del Ecuador. Estos tres acontecimientos se convierten en los elementos más relevantes de la exposición, por ser recurrentes en el país, y son los que más han generado estragos en los últimos años como consecuencia de la variabilidad climática.

Factores de adaptación al cambio climático

La adaptabilidad urbana al cambio climático se genera a partir de estrategias que persiguen un objetivo común: hacer de los espacios urbanos lugares más agradables y adecuados, actuando con respeto hacia el entorno y permitiendo la inclusión de la arquitectura en el medio natural. Por otro lado, se espera tener la posibilidad de habitar ciudades y viviendas con un mejor entendimiento de su ubicación, donde se disponga de la mejor manera de los recursos naturales, de la energía, y se resuelvan equitativamente aspectos de fragilidad que presentan los asentamientos de origen informal y que derivan en mayor vulnerabilidad frente a los fenómenos naturales extremos. En pocas palabras, la adaptabilidad urbana se define como aquella que aprovecha

las características ambientales y las incorpora en su desarrollo urbano, posibilitando la obtención de nuevos recursos, además de brindar una mejor calidad en cuanto a la mitigación de los desastres siconaturales como consecuencia del cambio climático (Hough, 1995).

Metodología

La aplicación metodológica se basa en encontrar, a partir del cruce de los factores de exposición y los niveles de susceptibilidad, indicios del estado de adaptación del asentamiento analizado. Se estudian los factores de adaptación que tiene un asentamiento frente a fenómenos climatológicos extremos, cruzando los mapas resultantes de las fases de susceptibilidad que tiene un asentamiento vs. la exposición a fenómenos naturales que pueden suceder en el territorio.

Para la construcción y aplicación de la matriz de adaptabilidad se siguen seis fases que permiten la conceptualización de indicadores, siendo esta la construcción de la matriz en sí misma, a partir de los componentes identificados en el World Risk Index, y retomados en esta investigación para la adaptación conceptual en el contexto local y la escala de barrio. La Fase I se enfoca en la definición de los indicadores de susceptibilidad que deben ser aplicados en los asentamientos urbanos; la Fase II permite la definición de estándares por indicador, de acuerdo con la normativa internacional, pautas y modelos técnicos; la Fase III aborda la aplicación de la herramienta de análisis planteada en la matriz con la definición del estado de susceptibilidad urbana, el cual se obtiene al cruzar los indicadores según el modelo conceptual propuesto para el montaje de un sistema de información geográfica; la Fase IV determina los estados que permiten evidenciar y medir los factores de exposición, estos son estados climáticos críticos del sistema (intensa lluvia y periodos de sequía extrema); en la Fase V se desarrolla la simulación del comportamiento del sistema construido y el sistema natural en los asentamientos informales frente a cuatro momentos climáticos extremos, y, finalmente, la Fase VI permite la generación de estrategias para la implementación de proyectos de diseño urbano en asentamientos informales que logren adaptarse a las condiciones simuladas de manera eficiente.

La definición de la adaptabilidad de un asentamiento supone el seguimiento de las fases aquí presentadas, a partir de las cuales para esta investigación se llevó a cabo un ejercicio aplicado en el barrio Las Américas del municipio de Yumbo, Valle, en Colombia, el cual es un territorio urbano altamente expuesto a los efectos de la contaminación del aire y, por ende, ha generado un microclima especial (López y López, 2015) en el que es necesario el análisis de los factores de incidencia de esta situación frente a los efectos del cambio climático.

Resultados

Fase I. Definición de los indicadores de susceptibilidad para ser aplicados en los asentamientos urbanos

Como primera medida se procede a identificar los indicadores de susceptibilidad urbana que representan el estado de calidad del entorno construido y el entorno natural, para posteriormente definir, analizar y valorar cada indicador para el sistema en cuestión. Lo importante de este análisis es identificar el nivel de susceptibilidad del barrio frente a exposiciones naturales normales. Así, se parte de construir un marco de referencia muy general determinando estándares de susceptibilidad de cada uno de los subsistemas; al final del diagnóstico se define con precisión el estado de la susceptibilidad urbana del barrio Las Américas como caso de estudio de esta investigación.

Fase II. Definición de estándares por indicador

Los estándares son los indicadores óptimos de susceptibilidad urbana a los cuales debe responder el sistema; dichos estándares se encuentran relacionados directamente con los objetivos propuestos por los lineamientos de adaptabilidad urbana.

Los indicadores de susceptibilidad se analizaron y evaluaron desde cada uno de los subsistemas propuestos para determinar la calidad del entorno construido y natural, lo que dio como resultado un modelo sistémico que garantiza la ponderación o evaluación desde cada una de las variables e indicadores de los subsistemas. En la tabla 1 se observa cómo se valora cada indicador; es importante resaltar que todos los indicadores se evalúan en cinco rangos: crítico, malo, regular, bueno y óptimo (López y López, 2015). Asimismo, los valores de calificación cuantitativa serán aplicados a todos los rangos de manera similar.

Valoración del indicador	Continuidad del andén	Calificación cuantitativa	Calificación cualitativa
CRÍTICO	Bloqueado	0,2	Definición cualitativa de cada nivel del indicador
MALO	Interrumpido	0,4	Definición cualitativa de cada nivel del indicador
REGULAR	Intermitente	0,6	Definición cualitativa de cada nivel del indicador
BUENO	Semicontinuo	0,8	Definición cualitativa de cada nivel del indicador
ÓPTIMO	Continuo	1	Definición cualitativa de cada nivel del indicador

Tabla 1. Ejemplo de valoración de un indicador
Fuente: elaboración propia.

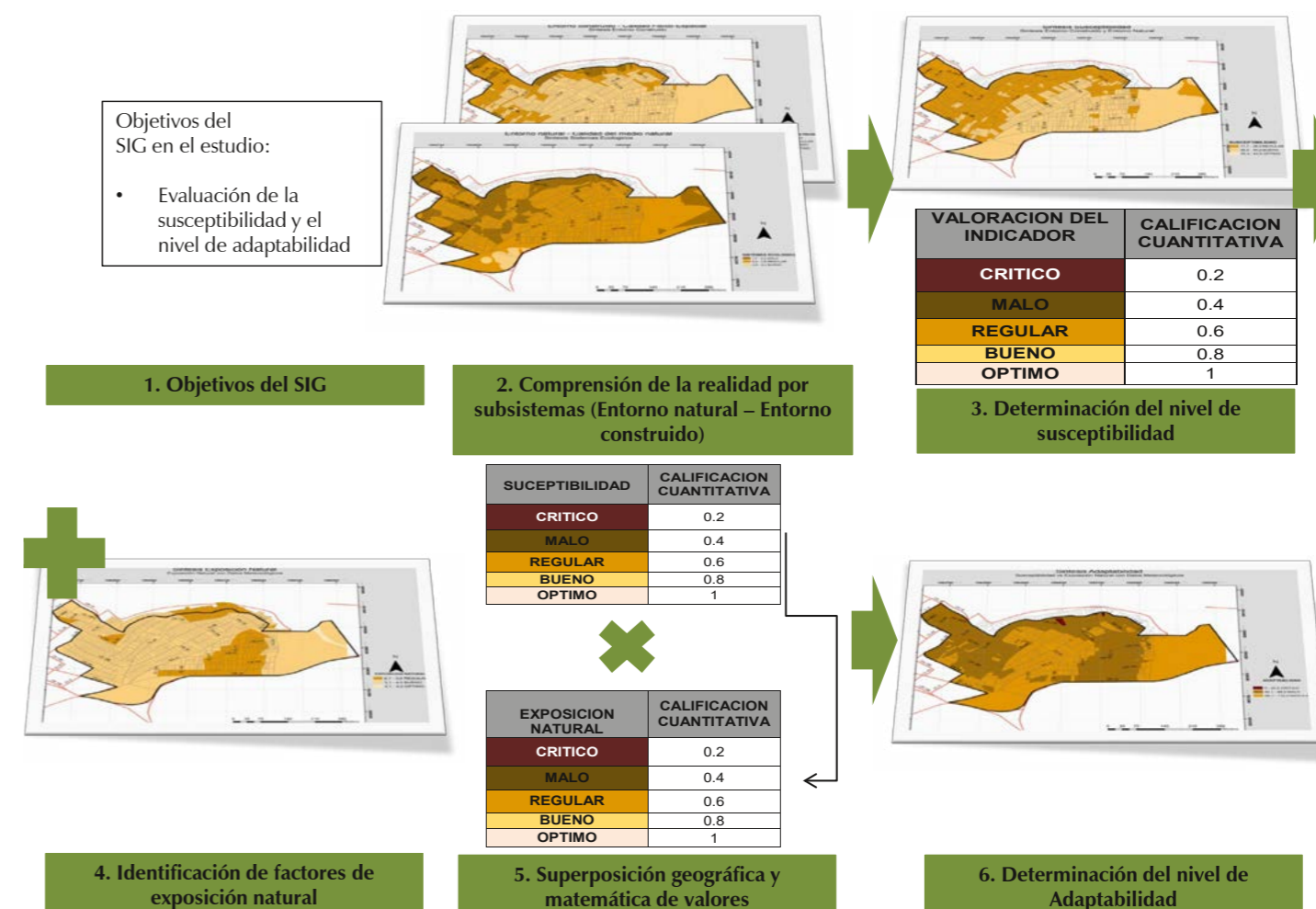


Figura 2. Metodología utilizada para el cruce de la información en el SIG

Fuente: elaboración propia – Licencia ArcGis Desktop Free Trial 60 días (2016).

Fase III. Definición del estado de susceptibilidad urbana

Para la construcción de los indicadores de manera espacial fue necesario el montaje de un sistema de información geográfica (SIG) que permite tener una información alfanumérica espacializada del sistema, lo que da como resultado una visión más real del estado del sistema en términos de susceptibilidad. Para tal fin se diseñó un modelo cartográfico el cual plantea la forma de cruzar y analizar información por niveles de jerarquía, como se observa en la Figura 2. Este modelo cartográfico fue utilizado para esquematizar el uso de las funciones de un SIG, bajo una secuencia lógica, en la solución de problemas espaciales complejos.

Estos modelos se basan en el cruce de información multivariada de cada uno de los subsistemas analizados; esto quiere decir que cada subsistema tiene como primer resultado un mapa de cruce de todos los indicadores analizados, que finalmente deriva en la obtención de los mapas síntesis denominados Entorno natural y Entorno construido. La idea se basa en ir relacionando la información geográfica que representa cada uno de los indicadores hasta un punto donde resultan dos mapas bases de cada uno de los subsistemas, para posteriormente ser cruzados entre sí a fin de determinar el nivel de susceptibilidad que luego será nuevamente cruzado con el mapa Síntesis de factores de exposición natural y arrojará según, las relaciones establecidas en la matriz, el nivel de adaptabilidad (Figura 3).

Fase IV. Simulación de adaptación de asentamientos informales a cuatro fenómenos climáticos

En este momento de la investigación se valoraron las capacidades, las medidas y las estrategias que permiten a las comunidades cambiar con el fin de minimizar el impacto y las consecuencias derivadas de las amenazas naturales y el cambio climático. La adaptabilidad de un asentamiento se valora en dos oportunidades: primero, analizando el estado del asentamiento y su capacidad de adaptación con la infraestructura que cuenta hoy. La segunda, a partir de la propuesta de lineamientos de adaptabilidad urbana que le apunten a mejorar la capacidad de adaptación frente a fenómenos climáticos extremos.

Fase V. Definición de proyectos de diseño urbano en asentamientos informales

Con este procedimiento se deciden las operaciones urbanas y los proyectos estratégicos por desarrollar como resultado de los desbalances encontrados en el procedimiento de diagnóstico. Estos proyectos se concretan a través de los lineamientos de diseño urbano adaptativo. Luego de decidir los proyectos estratégicos que se van a desarrollar se simulan nuevamente los fenómenos climatológicos para observar cómo responden los asentamientos en estas simulaciones.

El cruce de indicadores que se hace en la matriz de adaptabilidad resultante (Tabla 2, p. 86), realizado en los cuatro eventos climatológicos propuestos, permite analizar el nivel de prioridad de adaptabilidad de cada uno de los indicadores evaluados en la fase de susceptibilidad del entorno natural y construido. En este punto se analizan los diferentes lineamientos de adaptabilidad que podrían mejorar los asentamientos urbanos frente al cambio climático a partir de la intervención del espacio público.

Dentro de los criterios de prioridad se encuentran:

Muy alta prioridad: esta categoría hace alusión a infraestructura y equipamientos muy importantes para la subsistencia básica de la población, que puedan verse seriamente afectados en el momento de la exposición ante un fenómeno climático extremo o muy alto, y que tienen urgencia de tomar medidas de adaptación.

Alta prioridad: esta categoría hace alusión a infraestructura y equipamientos o alojamientos muy relevantes para el desarrollo de las actividades básicas o cotidianas de la población, que se pueden ver afectados en el momento de la exposición ante un fenómeno climático extremo o muy alto.

Media prioridad: esta categoría se refiere a infraestructura, equipamientos y usos complementarios a las actividades básicas de la población, que están relacionados con la calidad de vida de esta, que pueden verse afectados en el momento de la exposición a un fenómeno climático extremo o alto.

Baja prioridad: esta categoría hace alusión a infraestructura, equipamientos y usos complementarios, que son importantes para la calidad de vida de la población, pero que podrían no existir, o que pueden verse poco afectados en el momento de la exposición ante un fenómeno climático extremo o alto y requieren pocos niveles de adaptación.

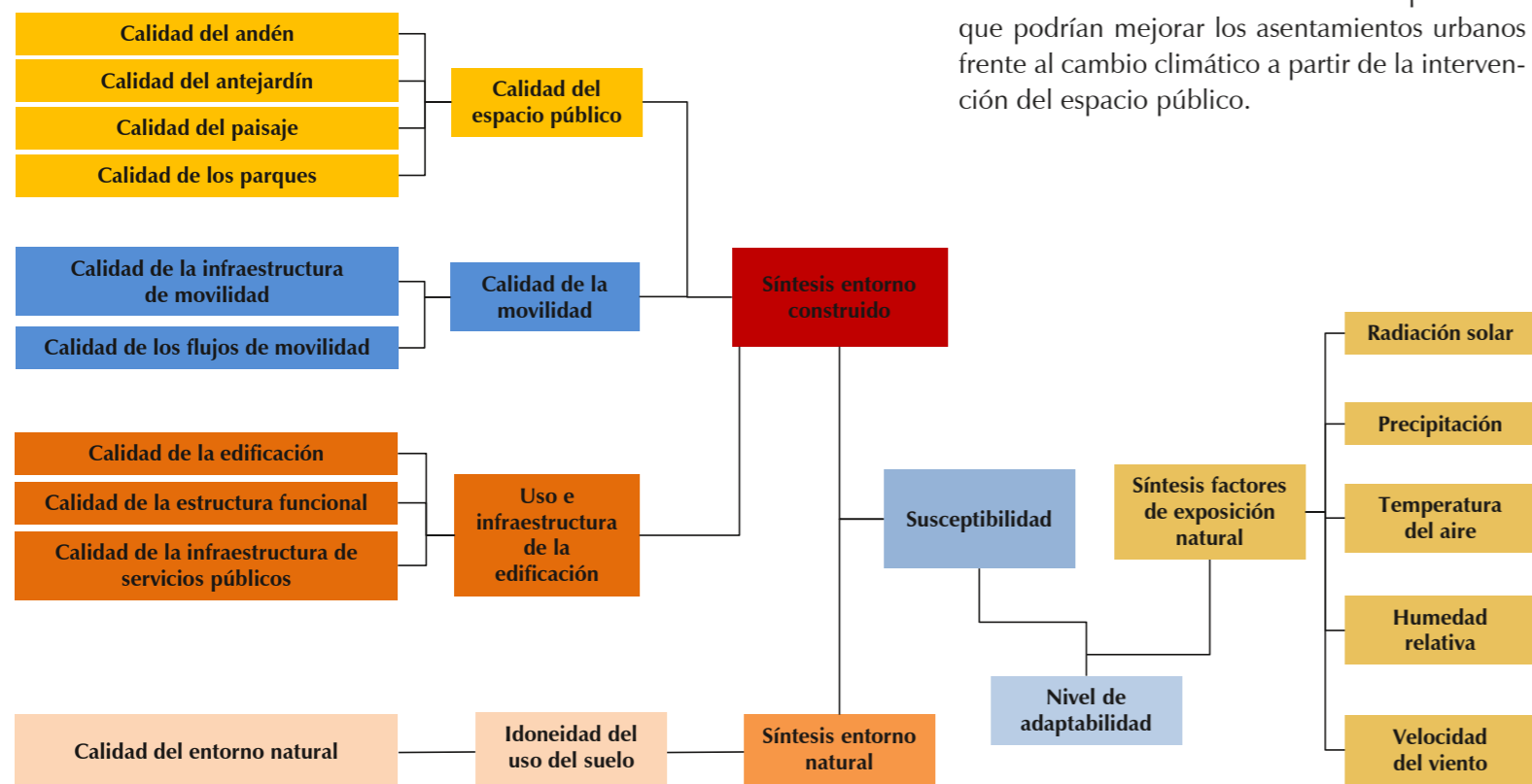
Muy baja prioridad: esta categoría hace alusión a infraestructura, equipamientos y usos complementarios relacionados con la calidad de vida de la población, que pueden verse poco afectados en el momento de la exposición ante un fenómeno climático extremo o alto, y no requieren estrategias de adaptación.

transformar entornos de ciudades informales que fueron creadas en condiciones de suma precariedad. Colombia y, en general, los países en desarrollo, se caracterizan por tener una urbanización de tipo informal que supera en más del doble las iniciativas formales de urbanización. De acuerdo con el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, en su informe de gestión del 2016, en Colombia menos del 25% de la vivienda nueva cumple con toda la normatividad, las restantes construcciones se edifican mediante procesos de autoconstrucción. Esto supone que el principal impacto de esta investigación está dirigido a aquella población que día a día construye la otra ciudad, la ciudad informal, la cual responde a diversas lógicas espaciales y arquitectónicas de tipo local, que deberían pensarse. De esta manera, la academia debería hacer un esfuerzo importante por entender esta realidad urbana y brindar metodologías apropiadas para la incorporación de temas como el cambio climático en los procesos de diseño urbano en contextos de autoconstrucción de barrios urbanos.

El diseño urbano es un instrumento técnico que debe articularse con la labor de planificación; propende por cuidar la imagen de la ciudad, es y por excelencia uno de los instrumentos del urbanismo para la generación de espacio público de calidad físico-espacial y confort ambiental. De igual modo, es el encargado de relacionar las características arquitectónicas y urbanísticas formadas históricamente por la población, donde concurren tecnologías, materiales de construcción, ideas, creencias, preferencias y sensibilidades propias de cada época y grupo humano. Esta condición hace que los procesos de adaptación al cambio climático se consideren relevantes para ser parte de las cualidades básicas del diseño urbano, sumadas a las ya conocidas como logro visual, funcional, ambiental y de experiencia urbana (Cook, 1980), lo que permite una estrategia de intervención urbana más coherente con su contexto particular y ligada a procesos específicos para enfrentar los cambios climáticos desde una perspectiva que incluya las necesidades concretas del entorno urbano.

La implementación de una metodología para el análisis de las condiciones de adaptabilidad de un asentamiento informal, en el caso de estudio de Yumbo, permite la indagación detallada de condiciones locales en términos de carencias en la infraestructura, de fallas en los elementos técnicos construidos, así como la comprensión de las condiciones naturales que interactúan con estos elementos constitutivos del paisaje construido, y da como resultado las situaciones observadas después del levantamiento de información para el montaje del sistema de indicadores que sugiere la matriz aquí propuesta.

Figura 3. Modelo cartográfico del sistema multivariado para la aplicación de la matriz de adaptabilidad en el SIG
Fuente: elaboración propia, 2016.



Discusión

La adaptación al cambio climático ha sido vista siempre separada de otros procesos sociales y ha sido determinada por análisis científicos principalmente; este enfoque fue sugerido primeramente por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) en su documento sobre lineamientos técnicos para la evaluación de los impactos del cambio climático y la adaptación (Carter y Kenkyū, 1994). Un enfoque un tanto más complejo determina las necesidades de adaptación desde la comprensión y descripción de los riesgos relacionados con el clima, tanto en el presente como en el futuro, considerando las variaciones constantes del clima junto con factores denominados no climáticos.

El principal impacto de esta investigación está dirigido a reconocer a la arquitectura y el diseño urbano como aquellas disciplinas capaces de

LINEAMIENTOS DE DISEÑO URBANO				EXPOSICIÓN NATURAL																						
				D	D	A	A	A	M	M	M	M	M	A	A	D	D	D	DR	DR	DR	DR	DR			
				c	b	m	c	c	b	o	o	o	r	o	c	c	m	c	tc	tc	tc	tc	tc			
				Radiación solar	Temperatura del aire	Velocidad del aire	Humedad relativa	Precipitación	Radiación solar	Temperatura del aire	Velocidad del aire	Humedad relativa	Precipitación	Radiación solar	Temperatura del aire	Velocidad del aire	Humedad relativa	Precipitación	Radiación solar	Temperatura del aire	Velocidad del aire	Humedad relativa	Precipitación			
Variable	Resultado	Indicadores	Síntesis con pluviosidad alta					Síntesis con aluviosidad media					Síntesis con pluviosidad baja					Síntesis datos meteorológicos								
Entorno construido	Calidad del entorno construido	Espacio público y zonas verdes	Andenes	Calidad del andén	Continuidad en el andén																					
					Estado constructivo del andén																					
					Materialidad del andén																					
		Antejardines	Calidad del antejardín	Existencia y dimensión del antejardín																						
				Vegetación en el antejardín																						
				Estado del antejardín																						
		Parques y zonas verdes	Calidad del paisaje	Materialidad del antejardín																						
				Dimensión antejardines																						
				Invasión del espacio público																						
		Movilidad	Calidad de los parques y zonas verdes	Contaminación visual del espacio público																						
				Imagen del barrio																						
				Visuales del paisaje																						
		Infraestructura de movilidad	Calidad de la infraestructura de movilidad	Topografía del paisaje urbano																						
				Calidad urbana de los parques existentes																						
				Arborización en el espacio público																						
		Flujos de movilidad	Calidad de los flujos de movilidad	Proximidad a espacios públicos																						
				Jerarquía vial																						
				Estado de las vías																						
Estructura funcional	Calidad de la estructura funcional	Secciones viales																								
		Flujos peatonales																								
		Permanencia de los peatones																								
Infraestructura de servicios públicos	Calidad de la infraestructura de servicios públicos	Flujos vehiculares																								
		Sentido vial																								
		Tipo de tráfico																								
Sistemas ecológicos	Idoneidad del uso del suelo	Transporte público																								
		Edificabilidad																								
		Altura de la edificación																								
Sistemas ecológicos	Idoneidad del uso del suelo	Estado de la construcción																								
		Sistema constructivo																								
		Tipología edificatoria																								
Sistemas ecológicos	Idoneidad del uso del suelo	Usos del suelo																								
		Proximidad a salud																								
		Proximidad a educación																								
Sistemas ecológicos	Idoneidad del uso del suelo	Edificios vitales																								
		Agua																								
		Alcantarillado																								
Sistemas ecológicos	Idoneidad del uso del suelo	Energía																								
		Vegetación																								
		Hidrología, escorrentía de agua																								
Sistemas ecológicos	Idoneidad del uso del suelo	Capacidad de suelos																								
		Áreas con remoción en masa																								
		Erosión																								

Tabla 2. Matriz de diseño urbano adaptativo
Fuente: elaboración propia.

Adaptabilidad

La discusión surge entonces a partir de los resultados obtenidos después del análisis llevado a cabo en el SIG, donde se observan datos relacionados con la calidad del entorno construido y natural, que sugieren hipótesis que permiten determinar causas de las situaciones de susceptibilidad del asentamiento urbano analizado frente a los fenómenos naturales cada vez más intensos relacionados con el cambio climático. Estas causas son espacialmente identificadas como resultado de la georreferenciación de los indicadores, lo que permite la individualización y tipificación de las mismas y su relación con aquellos elementos “diseñables” como son los andenes, las fachadas, las vías, los antejardines, que componen lo que denominamos un espacio urbano, y con los cuales las propuestas de diseño se pueden materializar para posteriormente simular su incidencia en la solución efectiva de las problemáticas encontradas.

La matriz, entonces, sugiere un análisis detallado que aborda la perspectiva de los efectos del cambio climático a una escala local, de detalle constructivo, para enfatizar en las situaciones problemáticas del asentamiento desde los elementos que pueden llegar a modificarse a partir del diseño. Los indicadores sugeridos en la matriz permiten que el análisis del asentamiento se lleve a cabo de manera detallada, precisa y georreferenciada, a fin de determinar áreas de mayor complejidad, de prioritaria intervención, y sugiere etapas para la intervención urbana de manera organizada y planificada.

Conclusiones

El principal problema para la adaptación contra desastres siconnaturales en la ciudad radica en dos elementos: primero, la planificación y el diseño urbano se piensan a largo plazo y sus resultados no son inmediatos; segundo, se planifica y diseña para un evento que quizá no ocurra nunca, pero se tiene un rango de vulnerabilidad bastante alto relacionado con la ocurrencia de un fenómeno catastrófico. Estos dos elementos son los puntos de partida para la planeación y el diseño urbano en la ciudad. Teniendo en cuenta que este artículo se concentra en la adaptabilidad urbana al cambio climático, los sistemas de información geográfica aportan información valiosa para la toma de decisiones basada en la organización de los datos por categorías temáticas, aportando en este caso específico la posibilidad de evaluar y simular estrategias que podrían contemplarse para la adaptación y mitigación de desastres siconnaturales en zonas urbanas.

Entre las potencialidades que tienen los sistemas de información geográfica y que la matriz de adaptabilidad aquí propuesta aborda para el

desarrollo de análisis de fenómenos urbanos asociados con la gestión del riesgo de desastres están:

La posibilidad de representar y establecer claramente las áreas que muestran riesgos, amenazas y vulnerabilidades, definiendo y simulando proyectos encaminados a la mitigación y adaptación a corto, mediano y largo plazo.

Identificar a partir de la cartografía detallada los sectores más vulnerables a los desastres que deben priorizarse a nivel municipal en cuanto a mitigación y adaptación contra desastres siconnaturales, a partir del uso de indicadores que evalúan el grado de vulnerabilidad urbana.

Simular las acciones y el tipo de intervenciones requeridas para asegurar una gestión integral de riesgos a nivel principalmente municipal, lo que permite un uso eficiente de los recursos para la planificación del territorio.

Apoyar de manera analítica, detallada, y con un análisis de tipo mixto (cualitativo y cuantitativo), la generación de políticas y lineamientos de ordenamiento territorial que tengan en cuenta la gestión integral de riesgo urbano.

Permitir incluir desde la metodología de análisis la perspectiva y percepción de la comunidad en las decisiones de gestión de riesgo mediante procesos de participación ciudadana.

Como resultado de la implementación de la matriz georreferenciada en un estudio de caso, es posible obtener una guía de intervención para el diseño urbano, que sugiere tres aspectos clave: i) los elementos potencialmente ajustables; ii) el tipo de situación problemática relacionada con su localización en el espacio urbano; iii) los factores potencializadores (sociales, ecológicos, económicos) relacionados con la situación. Estos aspectos analizados en la matriz propuesta sugieren cambios posibles de realizar desde el diseño urbano a partir de la capacidad de adaptar los elementos, según el tipo de situación (nivel de susceptibilidad), y proponer un tipo de intervención urbana según la capacidad y disponibilidad de recursos que se encuentren en el entorno analizado; esto sugiere determinar, por ejemplo, acciones tipo *bottom-up* para la solución de problemáticas de pequeña escala identificadas por la matriz con una alta prioridad, que requieren soluciones inmediatas y que no dan espera a los procesos de intervención estatal normalmente de largo plazo; se logra así que la matriz de adaptabilidad propuesta sirva como un instrumento alternativo que puede ser usado por las comunidades en un proceso de participación informado y acompañado, que permita desarrollar estrategias locales de adaptación a partir de intervenciones de bajo costo orientadas a modificar de manera progresiva los elementos diseñables que se han identificado a partir del uso de esta matriz.

Aunque existen avances en la incorporación de estrategias metodológicas para el análisis del cambio climático, es necesaria la reflexión frente a las herramientas para proyectar-diseñar el espacio urbano y poder demostrar su efectividad relacionada con las variaciones, por ejemplo, de la intensidad de lluvias. El uso de matrices multivariable está tomando cada vez más importancia para la planeación y el diseño de la ciudad, ya que cada vez es necesario considerar más variables que hacen que el entorno urbano sea un sistema de alta complejidad; las herramientas digitales de representación del territorio se convierten en elementos clave para la simulación y la toma de decisiones, soportándose metodológicamente en enfoques para el análisis cuantitativo y cualitativo de la gestión del riesgo.

El uso de este tipo de instrumentos permite la articulación de diferentes tipos de saberes y, en este artículo, se sugiere la incorporación de la participación de la comunidad como elemento clave para la intervención adaptativa del espacio público a través de un diseño urbano más consciente de los efectos del cambio climático en la escala local, que permita un intercambio de saberes técnicos y vivenciales en un ejercicio de intervención urbana pensado para abordar de manera integral un proceso de adaptación progresiva del espacio físico (natural y construido) a las condiciones climáticas cambiantes en asentamientos urbanos, por tanto, el uso de esta matriz está condicionado a una interacción entre profesionales del diseño urbano y habitantes del entorno analizado, para lograr una verdadera implementación de la condición inicial propuesta: la adaptabilidad.

Referencias

- Birkmann, J. (2006). Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual frameworks and definitions. *Measuring vulnerability to natural hazards: Towards disaster resilient societies*, 1, 9-54. Recuperado de https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/282093452031945/Joern_1.pdf
- Birkmann, J. (2011). Regulation and coupling of society and nature in the context of natural hazards. En *Coping with Global Environmental Change, Disasters and Security* (pp. 1103-1127). Springer Berlin Heidelberg. Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-17776-7_68
- Birkmann, J. y Fernando, N. (2008). Measuring revealed and emergent vulnerabilities of coastal communities to tsunami in Sri Lanka. *Disasters*, 3, 82-105. Doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-7717.2007.01028.x>
- Birkmann, J., Garschagen, M., Lopez-Valencia, A., Pelling, M., Maqami, N.Q. y Yu, Q. (2014). Urban development, climate change and disaster risk reduction: Interaction and integration. En *Megacities and the Coast: Risk, Resilience and Transformation*. New York, USA: Routledge.
- Birkmann, J., Krause, D., Stiadi, N., Suárez, D., Welle, T. y Wolfertz, J. (2011). *World Risk Report*. Bonn: UNU and IEHS.
- Blakely, E. J. (2007). *Urban planning for climate change*. Lincoln Institute of Land Policy Working Paper, 1-25. Recuperado de <https://www.lincolninst.edu/publications/working-papers/urban-planning-climate-change>
- Cardona, O. D. (1999). Environmental management and disaster prevention. Two related topics: A holistic risk assessment and management approach. *Natural disaster management*. London: IDNDR-Tudor Rose
- Carter, T. R. (1999). Representing Uncertainty in Climate Change Scenarios and Impact Studies: Proceedings of the ECLAT Helsinki Workshop, 14-16, Climatic Research Unit.
- Carter, T. R. y -, K. K. C. K. (1994). *IPCC technical guidelines for assessing climate change impacts and adaptations: Part of the IPCC special report to the first session of the conference of the parties to the UN framework convention on climate change*. London: University College London, Department of Geography y Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies. Recuperado de https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc11970/m2/1/high_res_d/ipcc-technical-guidelines-1994n.pdf
- Cook, R. S. (1980). *Zoning for downtown urban design: How cities control development*. Lexington, Mass.: Lexington Books.
- Fernández, R. (2000). *Gestión ambiental de ciudades, Teoría crítica y aportes metodológicos*. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. México: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe.
- Higuera, E. (1997). Urbanismo bioclimático. Criterios medioambientales en la ordenación de asentamientos. Resumen de Tesis doctoral. ETS de Arquitectura, Dirección General de la Vivienda, Arquitectura y Urbanismo. Recuperado de <http://habitat.aq.upm.es/ub/>
- Houng M. (1995) *Ciudad y naturaleza*. Barcelona: Gustavo Gili.
- IPCC (2008): Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: R. K. Pachauri, et al. Recuperado de https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf
- López, V. A. y López B. O. (2015). *Diseño urbano adaptativo al cambio climático*. Cali: Programa Editorial de la Universidad del Valle.
- Peduzzi, P., Dao, H., Herold, C. y Mouton, F. (2009). Assessing global exposure and vulnerability towards natural hazards: The Disaster Risk Index. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9(4), 1149-1159. Recuperado de www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/9/1149/2009/nhess-9-1149-2009.pdf
- Wisner, B. (2002). Who? What? Where? When? in an emergency. Notes on possible indicators of vulnerability and resilience: by phase of the disaster management cycle and social actor. En *Environment and Human Security: Contributions to a Workshop in Bonn*, 23-25 October 2002. Bonn.

Muro panel térmico estructural compuesto en guadua y cartón

Modelo experimental aplicado al clima de la zona cafetera

Renato Cassandro-Cajiao

Universidad Católica de Colombia, Bogotá (Colombia)

Facultad de Diseño

Maestría en Diseño Sostenible

Cassandro-Cajiao, R. (2018). Muro panel térmico estructural compuesto en guadua y cartón. Modelo experimental aplicado al clima de la zona cafetera. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 20(2), 90-109. doi: <http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.2.2116>

<http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.2.2116>



Arquitecto, Universidad Católica de Colombia, Bogotá (Colombia).
Magister en Diseño Sostenible, Universidad Católica de Colombia, Bogotá (Colombia).

Docente del Programa de Arquitectura, Facultad de Diseño, Universidad Católica de Colombia, Bogotá (Colombia).

<https://orcid.org/0000-0001-8064-4655>

rcassandro@ucatolica.edu.co

Resumen

Se propone un prototipo de panel compuesto, tipo SIP (Structural Insulated Panel), panel térmico estructural, como muro envolvente de vivienda, elaborado con materiales de origen natural renovables, específicamente guadua y cartón reciclados. El panel se compone de dos tableros externos OSB (Oriented Strand Board), tablero de virutas orientadas, y un aislante intermedio de cartón. En el estudio se elaboran dos modelos SIP experimentales con procesos de fabricación diferentes, los cuales son analizados y comparados con cuatro referentes comercializados a nivel mundial. Todos los paneles son simulados térmica y acústicamente en condiciones climáticas y meteorológicas de la ciudad de Pereira (Risaralda), con el fin de evaluar y comparar los resultados, lo que demuestra la viabilidad y competitividad del panel propuesto. Este estudio espera servir, además, como referencia de futuras investigaciones en la búsqueda de mejores materiales sustentables para la construcción.

Palabras clave: análisis de ciclo de vida, contaminación ambiental, materiales de construcción, panel OSB, panel SIP, recursos forestales, sostenibilidad ambiental.

Structural thermal panel wall composed of bamboo and cardboard. Experimental model applied to the climate of the Coffee Region

Abstract

This paper proposes a SIP (Structural Insulated Panel) type composite panel prototype, a structural thermal panel, as a building envelope wall made of renewable natural materials, specifically bamboo and recycled cardboard. The panel consists of two external OSB (Oriented Strand Board) boards, oriented chipboard, and an intermediate cardboard insulation. In the study, two experimental SIP models are developed, using different manufacturing processes, which are analyzed and compared with four commercial references worldwide. All the panels are simulated thermally and acoustically in the climatic and meteorological conditions of the city of Pereira (Risaralda), in order to evaluate and compare the results, demonstrating thus the viability and competitiveness of the proposed prototype. In addition, this study aims to serve as a reference point for future research in the search for better sustainable construction materials.

Keywords: Life-cycle analysis, environmental contamination, construction materials, OSB panel, SIP panel, forest resources, environmental sustainability.

Muro panel térmico estrutural composto de bambu e papelão. Modelo experimental aplicado ao clima da zona cafeeira

Resumo

Propõe-se um protótipo de painel composto, tipo SIP (Structural Insulated Panel), painel térmico estrutural, como muro envolvente de moradia elaborado com materiais de origem natural renováveis, em específico bambu e papelão reciclado. O painel está composto de duas placas externas OSB (Oriented Strand Board), placas de aparas orientadas e um isolante intermediário de papelão. Neste estudo, foram elaborados dois modelos SIP experimentais com processos de fabricação diferentes, os quais são analisados e comparados com quatro referentes comercializados no mundo inteiro. Todos os painéis são simulados térmica e acusticamente em condições climáticas e meteorológicas da cidade de Pereira (Colômbia), a fim de avaliar e comparar os resultados, o que demonstra a viabilidade e competitividade do proposto. Este estudo espera servir, além disso, como referência para futuras pesquisas na busca de melhores materiais sustentáveis para a construção.

Palavras-chave: análise de ciclo de vida, poluição ambiental, materiais de construção, painel OSB, painel SIP, recursos florestais, sustentabilidade ambiental.

Recibido: mayo 23 / 2018

Evaluated: julio 30 / 2018

Aceptado: agosto 13 / 2018

Introducción

El contexto

Este artículo presenta los resultados de la investigación "Muro panel compuesto en guadua para vivienda" realizada como trabajo de grado para optar por el título de magister en Diseño Sostenible de la Universidad Católica de Colombia, adscrito a la línea de Diseño y Tecnología. El proyecto se realizó entre los años 2015 a 2017, y su objetivo principal fue desarrollar un modelo de muro panel compuesto elaborado a partir de materiales de origen natural renovable, como elemento envolvente o muro exterior para la vivienda en zona tropical cálida.

El continuo crecimiento de la población mundial y su demanda de vivienda hace que su construcción sea un tema de investigación constante en la búsqueda de optimizar los materiales referidos a la resistencia, durabilidad, funcionalidad, economía, bajo impacto ambiental y consumo energético en su ciclo de vida.

Reemplazar los materiales convencionales de la construcción de vivienda por materiales naturales renovables como la guadua, en lugares donde existen cultivos y producción, es una alternativa tangible de sostenibilidad social y económica, ya que su industrialización tendrá beneficios, como la generación de empleo, y bajos costes de construcción habitacional con confort interior.

La importancia de este árbol o gramínea en la construcción y la industria en Colombia es evidente y con futuro promisorio. Según afirman el ingeniero Edgar Giraldo (2003, p. 19) y Mejía, et al. (2009), "en Colombia aproximadamente 100.000 personas derivan su sustento del aprovechamiento, manejo y comercialización de la Guadua". Sus beneficios van desde su plantación como la mejor captadora de contaminantes de CO₂, hasta su generación de oxígeno, rápido crecimiento y multiplicidad de aplicaciones (construcción, textilera, ornamentación y medicina).

Las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) son las entidades encargadas de velar por el cuidado y aprovechamiento de los recursos naturales, por medio del Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible (Decreto 1076 de 2015), y el Estatuto Forestal de la región el cual reglamenta los aprovechamientos de esta y de otras especies. En este caso, la entidad reglamenta el manejo sostenible de la guadua desde sus plantaciones hasta la ejecución de proyectos que permitan su desarrollo con beneficio económico y social para la región donde existe la mayor cantidad de plantacio-

nes, es decir, el eje cafetero, que comprende los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda, Tolima y Valle del Cauca (Mejía y Moreno, 2013).

De acuerdo con una visita de campo realizada a mediados de junio del año 2017 a las fábricas o industrias de Induguadua en la Tebaida, y Armeideas en Guadua en Calarcá, localizadas en la zona cafetera, se pudo evidenciar que el porcentaje de residuos resultantes oscilaban entre un 30 a 40%, constatando que en la mayoría de los casos estos son utilizados como combustible para el proceso de secado de la misma guadua o la elaboración de carbón, lo que produce gran cantidad de CO₂ y contamina aún más el ambiente. Por tal razón, es prioritario proponer alternativas de utilización de los residuos que no contaminen y se aprovechen sus grandes cualidades físicas, mecánicas y estéticas para una diversidad de usos.

La situación mundial por el cambio climático, la contaminación ambiental y el aumento de la población obliga a la búsqueda permanente de alternativas y soluciones más eficientes de sostenibilidad, vistas desde su proceso de producción, fabricación, utilización y reciclaje, hasta la reducción de consumo energético, con la mínima producción de emisiones de CO₂ y otros gases contaminantes.

El impacto ambiental y consumo energético de los materiales convencionales para la construcción, como cemento, concreto, arcilla y PVC, representa una de las grandes preocupaciones mundiales, lo que hace necesario repensar la arquitectura de la edificación volviendo a sus orígenes en el sector de la construcción, utilizando materiales locales con bajos costos energéticos y un mínimo impacto ambiental.

En la historia de Colombia, en los asentamientos informales de la población en torno a las ciudades principales, la guadua ha tenido –y sigue teniendo– una presencia constante y representativa, siendo uno de los motivos que dio paso al despectivo término de madera de pobres (Colorado, s.f).

La idea generalizada que la guadua no ofrece seguridad para construcciones complejas y que su uso debía limitarse únicamente a viviendas de tipo popular caló de tal forma en los arquitectos e ingenieros, que durante años desconocieron testimonios históricos que hablaban de una tradición que se desarrolló desde finales del siglo XIX, en la que fue precisamente el bambú el material preferido para construir y contrarrestar los sismos que sacudían la región cafetera y otras zonas de similares condiciones en el país (párr. 32).

Hoy por hoy se puede afirmar que estos antecedentes despertaron en profesionales, técnicos, investigadores y cultivadores una visión futurista

Este artículo está disponible en inglés en la página web de la Revista de Arquitectura

<http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.2.2116>

Structural thermal panel wall composed of bamboo and cardboard. Experimental model applied to the climate of the Coffee Region



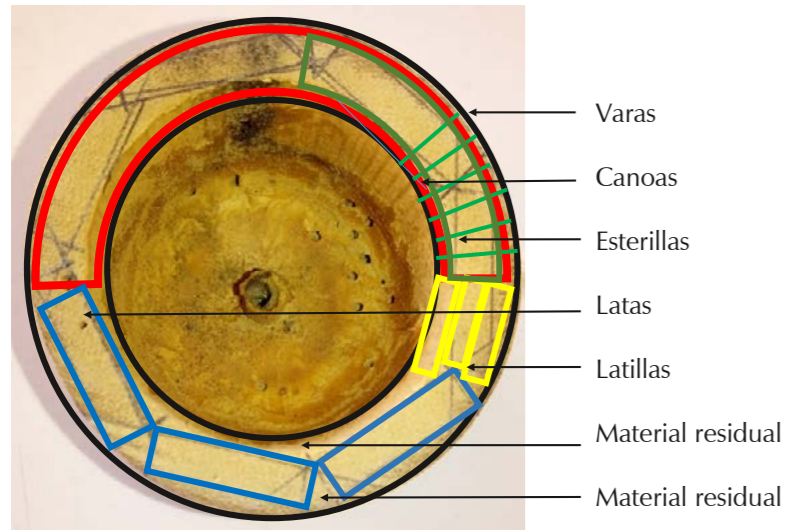


Figura 1. Elementos extraídos para la construcción
Fuente: elaboración propia, 2017, CC BY.

de proyección hacia el aprovechamiento de este recurso natural, renovable y sostenible, que hace urgente su materialización en proyectos puntuales.

La investigación se enfocó en el aprovechamiento de la guadua, la cual crece en condiciones climáticas específicas de zona tropical, de temperatura cálida templada, que configuran una parte representativa del territorio colombiano. Es utilizada en la construcción por sus óptimas propiedades físicas y técnicas, tanto que desde la época prehispánica (con la especie nativa "guadua angustifolia") fue protagonista en la construcción de la vivienda de pequeñas poblaciones y zonas periféricas de las ciudades (Varela y Chaviano, 2013). La guadua, en su proceso de transformación para la fabricación de varas, canoas, latas, latillas o fibras, produce un gran porcentaje de residuos, que generalmente son utilizados como combustible o transformados en carbón vegetal, lo que genera mayor contaminación ambiental.

La envolvente de una edificación tiene como función principal mantener un aislamiento térmico constante y comprende todos los elementos que dividen o separan el exterior del interior; su propósito fundamental es mantener el clima de confort interno promedio entre 18 y 20 °C.

El objetivo específico de investigación fue aprovechar este material residual resultante, que significa aproximadamente el 40% del total de la guadua (Figura 1), y transformarlo en virutas u hojuelas para la fabricación de los tableros OSB (Oriented Strand Board), de acuerdo con la normativa internacional (Garay y Damiani, 2013), a fin de constituir las superficies externas principales de un panel SIP (Structural Insulated Panel) o panel térmico estructural (Cárdenas, et al., 2015) (Figura 2), conformado por un aislante intermedio en cartón reciclado para que pueda ser utilizado como envolvente de la vivienda en la región cafetera, y con esto reemplazar materiales convencionales y, a su vez, ofrecer una alternativa sostenible.

El panel compuesto SIP

La industrialización de productos a base de madera residuo o deshecho ha resuelto muchos

Figura 2. Panel compuesto de construcción ligero "Eurolight", del fabricante Egger
Fuente: Egger Inspiración Eurolight (2016, p. 3).



problemas de déficit de materia prima a nivel mundial, y ha abierto la oportunidad de incrementar sus aplicaciones, exaltando cualidades como el alto coeficiente de resistencia y las propiedades térmicas, lo que se refleja en el crecimiento de su producción de 12 millones de m³ en 1950, a 125 millones de m³ en la actualidad (Fernández, 1993). Uno de estos productos son los tableros OSB, conocidos como tableros de virutas cruzadas.

Estos tableros son un producto relativamente nuevo, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en su base de datos estadísticos posee cifras mundiales sobre los OSB, que muestran un crecimiento del 7% en la producción y comercialización en el año 2015 con respecto al año anterior, debido a la cada vez mayor tendencia a la producción eco-sostenible (FAO, 2016). Pese a esto, en Colombia no hay producción de tableros OSB, y la demanda es muy baja, probablemente debido a la falta de conocimiento como alternativa constructiva y a los procesos de industrialización. La experiencia en otros países demuestra que estos tableros son una alternativa real, sostenible y eficiente para la construcción liviana, rápida y resistente.

Actualmente, los materiales de un tipo de panel compuesto SIP (panel de aislamiento estructural o paneles estructurales térmicos), están constituidos por dos tableros externos fabricados con hojuelas o virutas de pino o abeto (OSB), prensadas y unidas mediante adhesivos químicos y orientadas en el sentido longitudinal, y por dos internas, cruzadas en el sentido perpendicular (Figura 3). Adicionalmente, se componen de un núcleo interno como aislante térmico, generalmente en poliestireno (Arquigráfico, 2016).

El tablero OSB se comercializa generalmente en formato de 244x122 cm (8x4 ft) y espesor entre 7 y 18 mm, sus usos principales en la construcción son como bases de cubiertas, vigas, viguetas, pisos, escaleras, paneles para muros exteriores e interiores, entre otros.

Los OSB, de acuerdo con sus características y especificaciones, se clasifican en cuatro grupos, reconocidos por sus fabricantes a nivel mundial;



Figura 3. Orientación cruzada de virutas en el tablero OSB
Fuente: Arquigráfico (2016).

el OSB-3, desde el punto de vista del consumo, se ha estandarizado para el uso específico de panel como muro envolvente, y es el usado para esta investigación. A continuación se describen los usos de los cuatro grupos:

OSB-1. Uso interior, básicamente mobiliario. Se trata de la gama más básica y su comercialización actualmente es muy reducida.

OSB-2. Aplicaciones de carga en ambientes secos.

OSB-3. Aplicaciones de carga en ambientes relativamente húmedos, es el tipo de tablero más utilizado y el que mejor relación calidad-precio tiene.

OSB-4. Altas prestaciones de carga en ambientes relativamente húmedos (Santana, 2015).

El aislante interno más utilizado en los paneles SIP es la lámina EPS (poliestireno expandido) que está constituido por 98% aire y 2% poliestireno. La capacidad de aislamiento térmico de un material está definida por su conductividad térmica, su unidad es W/(m·K) y depende de la densidad (kg/m³) del material. Por tanto, la conductividad térmica es mayor en láminas con bajas densidades, disminuye a medida que aumenta la densidad y alcanza un mínimo por encima de los 30 kg/m³ (Grupo Isotex, 2015).

El poliestireno expandido no tiene límite de temperatura baja, la temperatura máxima permisible depende del tiempo de exposición (Figura 4). En el caso de exposición corta puede soportar temperaturas mayores a 100°C. Sin embargo, por un periodo largo tiende a deformarse y perder su rigidez.

Metodología

La investigación fue realizada teniendo en cuenta, en primera instancia, los antecedentes y productos similares que existen hoy en el mercado, utilizando un método experimental-descriptivo y considerando características específicas del panel aplicadas a un lugar y clima determinados, los cuales son simulados de manera virtual por medio de software térmico y acústico, que indican su desempeño; adicionalmente, se realizaron pruebas de laboratorio complementarias a

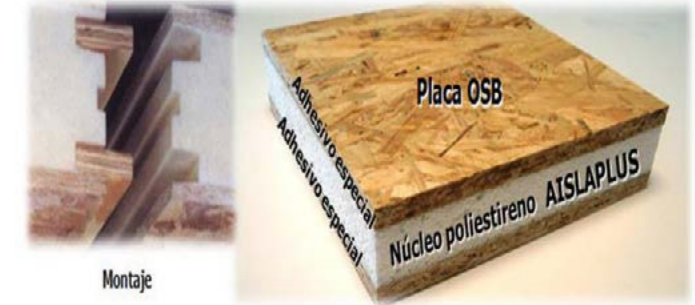


Figura 4. Sistema SIP, componentes OSB
Fuente: Klasspanel (s. f.).

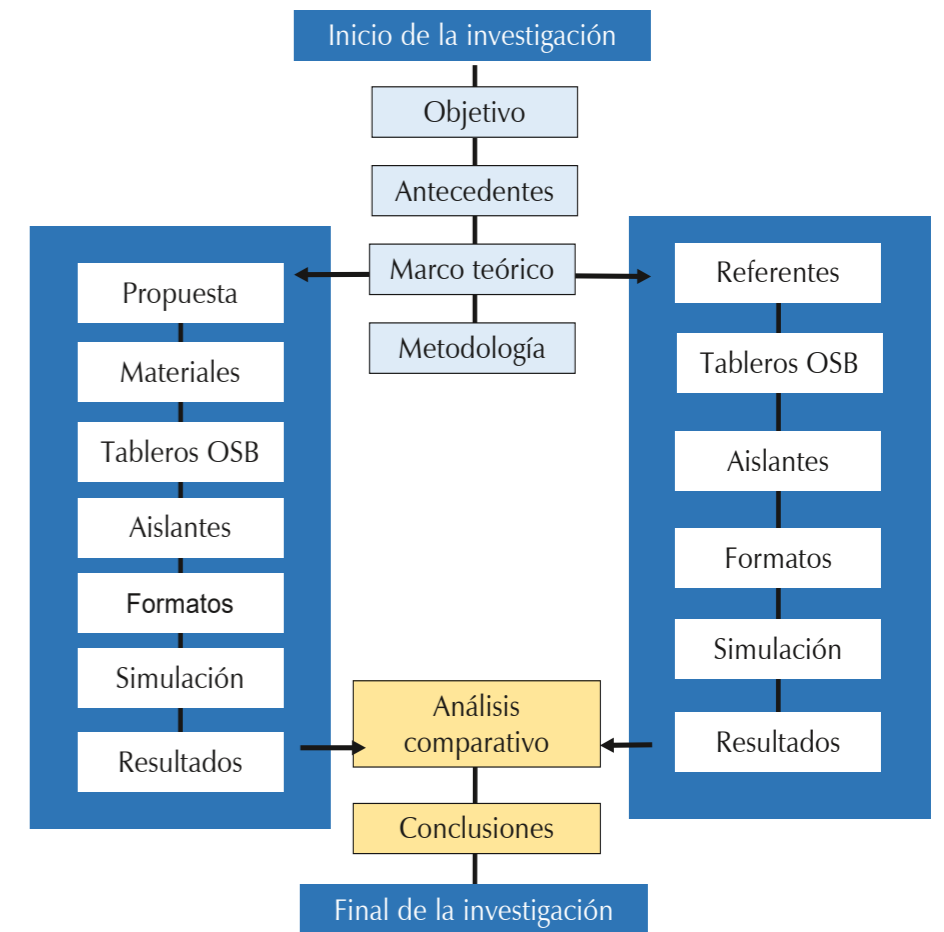


Figura 5. Mapa conceptual del desarrollo de la investigación
Fuente: elaboración propia, 2017, CC BY.

los modelos propuestos, con resistencia al esfuerzo horizontal y vertical, y absorción acústica.

Es importante aclarar que el alcance de la investigación se limita a la realización de modelos probeta que permiten evaluar el comportamiento térmico, acústico, peso y resistencia horizontal y vertical, para ser comparados con los valores indicados en las fichas técnicas que describe cada fabricante, de acuerdo con la normatividad de su país de origen (Apa's Corporate, 2015). Esto, sin tener en cuenta la totalidad de las características del producto final, lo cual requeriría mayor cantidad de tiempo y recursos económicos.

De acuerdo con la Figura 5, correspondiente al mapa conceptual del desarrollo de la investigación, se llevaron procesos paralelos entre los referentes y las propuestas, de tal modo que direccionaran los ajustes o inconvenientes de la propuesta.

Procedimiento experimental

- Selección de cuatro referentes que se muestran en la Tabla 1. Estos fueron definidos de acuerdo con varios aspectos: la similitud entre ellos, en cuanto a sus dimensiones referidas al espesor total de aproximadamente 100 mm, a los materiales de los tableros (madera aglomerada) y al uso específico del panel como pared exterior o envolvente de la edificación (objetivo del modelo propuesto); adicional a esto, que estuvieran dentro de la mayor representación comercial a nivel internacional.
- Realización de las simulaciones térmica y acústica de cada referente (Tabla 2), por medio de los software Therm 7.5 y DBK AISLA 3.01, tomando como datos climáticos los de la ciudad de Pereira (Risaralda), la cual fue seleccionada por ser una de las mayores cultivadoras y consumidoras de guadua para sus construcciones en la zona cafetera de Colombia, con avances tecnológicos, sociales y ambientales de la región. Y en cuanto a las características térmicas del producto, se tomaron los datos de las fichas técnicas, que a su vez corresponden a tablas homologadas y estandarizadas a nivel internacional, referentes a las propiedades térmicas de los materiales de construcción (Arquimaster, s.f.).
- Elaboración de dos modelos experimentales con el apoyo de las empresas Muiskey SAS en Bogotá y Primadera SAS en Gachancipá (Cundinamarca) para la elaboración de los tableros OSB con viruta de guadua, siguiendo las características generalizadas de los referentes en cuanto a dimensiones y espesores, y utilizando los materiales básicos propuestos de viruta de guadua y cartón reciclado.
- Simulaciones térmicas y acústica por medio de los software Therm 7.5 y DBK AISLA 3.01, para los modelos experimentales, con los datos climáticos de Pereira (Risaralda).
- Ensayos de laboratorio de resistencia a la compresión y acústica de los dos modelos propuestos.
- Elaboración de cuadros comparativos, con los resultados obtenidos en las simulaciones tanto de los referentes como de los modelos experimentales.
- Resultados y discusión. Análisis comparativo del comportamiento térmico y acústico.
- Conclusiones.

Resultados

Referentes

Se parte del marco teórico construido desde la documentación y fuentes bibliográficas sobre los paneles SIP (compuestos de tableros OSB y aislante intermedio), así como de sus antecedentes históricos, materiales, características técnicas y clasificación de acuerdo con las especificaciones que rigen a nivel internacional.

Se seleccionan los cuatro referentes más representativos en el mercado internacional (Tabla 1) teniendo en cuenta solo las características (espe-

sores, dimensiones, materiales, peso, resistencia y transmisión térmica) y usos similares al propuesto en la investigación. Los datos de cada panel SIP, necesarios para la simulación, fueron obtenidos de las especificaciones y fichas técnicas de cada fabricante, donde generalmente se informa el valor U (transmisión térmica) y $R = 1/U$ (resistencia térmica), mediante tablas de conocimiento y aplicación a nivel mundial (Arquimaster, s.f.; Vagge y Czajkowski, 2012), también indicando su espesor total y la composición.

La transmitancia térmica total del panel SIP es el resultado de la sumatoria de los valores de sus componentes, de acuerdo con: tablero exterior OSB + aislante + tablero interior OSB.

Se recopilan los datos térmicos principales de cada panel SIP, necesarios para la simulación, los cuales fueron obtenidos de las especificaciones y fichas técnicas de cada fabricante, donde la característica generalizada es la utilización de un aislante en poliestireno y dos tableros OSB, fabricados con virutas de pino y abeto.



Para el análisis y las simulaciones se tuvieron en cuenta las temperaturas máximas y mínimas con promedio anuales, además de precipitación y humedad relativa, datos extraídos del Ideam y de Meteonorm de la ciudad de Pereira. Cabe resaltar que se busca una única condición físico-espacial de muro, con relación exterior e interior (adentro-afuera), sin tener en cuenta espacio o ambiente alguno, ya que contaría con variables de toda índole como: tipo de terreno, cubierta, nivel de fenestración, etc., y el propósito aquí presentado es considerar el aporte individual que tendría el panel específicamente.

La humedad relativa promedio anual del 76,5% y promedio lluvias 228 días/año, son factores que inciden directamente en los valores de la resistencia del panel a la humedad (Weather Atlas, 2016). Para ello los paneles de los referentes están categorizados como los tableros OSB/3 (según la Norma Europea UNE – en 300), diseñados para funcionar en lugares húmedos y que básicamente se refieren al producto adhesivo con acción impermeabilizante, con el cual se fabrican los tableros de fachada o envolventes. Se tuvieron en cuenta además los datos de resistencia, espesor y peso por metro cuadrado de los paneles referentes, de manera tal que se puedan comparar con los modelos experimentales.

Simulación térmica de los referentes

Los resultados obtenidos en los cuatro referentes, sin considerar puentes térmicos ya que el panel pretende ser adaptado a estructuras existentes o particulares de diferente característica, presentan variables mínimas debido a su constitución similar. Su diferencia de temperatura interior de acuerdo con la condición externa nos indica valores de confort con diferencias promedio de 2,1 a 2,8 °C en las temperaturas bajas o mínimas, y una disminución promedio de 3,2 a 4,0 °C en las temperaturas altas o máximas (Tabla 2).

Características referentes paneles SIP

1. DESCRIPCIÓN	PANEL 1	PANEL 2
1.1 Fabricante	THERMOCHIP. By Cupa Group.	HEMSEC SIPS. Structural Insulated Panel
1.2 País	España	Inglaterra
1.3 Referencia producto	OSB(TOH)	PANEL THICKNESS - RESIDENTIAL
1.4 Imagen		
1.5 Página web	www.thermochip.com/empresa/sobre-nosotros/	www.hemsecsips.com/products-SIP_Residential.html
2. COMPOSICIÓN		
2.1 Formato en milímetros	2440 x 600	2440 X 1200
2.2 Composición panel tricapa	Os b + Poliestireno + Aglomerado hidrofugo	Os b + Espuma rígida + Os b
2.2.1 Tablero interno	Os b 15 mm	Os b 11 mm
2.2.2 Aislante intermedio	Poliestireno extruido 80 mm y densidad de 30 kg/m ³	Espuma rígida poliuretano 103 mm, no indica densidad
2.2.3 Aislante externo	Agglomerado hidrofugo 16 mm	Os b 11 mm
2.4 Espesor total en milímetros	111 mm	125 mm
3. ESPECIFICACIONES		
3.1 Peso total panel x m ²	19,17 kg/m ²	18,57 kg/m ²
3.2 Carga vertical máxima	1435 kg/m ²	No indica
3.3 Carga horizontal máxima	345 kg/m ²	No indica
3.4 Transmisión térmica. U total	0,360 W/M ² k	0,260 W/m ² K

Características referentes paneles SIP


1. DESCRIPCIÓN	PANEL 3	PANEL 4
1.1 Fabricante	THE WALL. Structural Insulated Panel	LP. Building Product
1.2 País	Estados Unidos	Chile
1.3 Referencia producto	PANEL OSB-OSB	PANEL SIP TÉRMICO ESTRUCTURAL
1.4 Imagen		
1.5 Página web	http://www.thewall.cl/index.php?route=product	https://lpchile.cl/es-ES/producto/otros/lp-panelsip
2. COMPOSICIÓN		
2.1 Formato en milímetros	1220X2440	1220X2440
2.2 Composición panel tricapa	Os b + Poliestireno + Os b	Os b + Poliestireno + Os b
2.2.1 Tablero interno	Os b 11,1 mm	Os b 9,5 mm
2.2.2 Aislante intermedio	Poliestireno expandido 92 mm y densidad de 15 kg/m ³	Poliestireno expandido 76 mm y densidad de 15 kg/m ³
2.2.3 Aislante externo	Os b 11,1mm	Os b 9,5 mm
2.4 Espesor total en milímetros	114 mm	95 mm
3. ESPECIFICACIONES		
3.1 Peso total panel x m ²	16,12 kg/m ²	15,12 kg/m ²
3.2 Carga vertical máxima	No indica	1356 kg/m
3.3 Carga horizontal tal máxima	NO indica	397 kg/m
3.4 Transmisión térmica. U total	0,364 W/m ² K	0,515 W/m ² K (1,94 m ² k/w = resistencia térmica)*

Tabla 1. Características referentes paneles SIP

Fuente: elaboración propia, 2017.





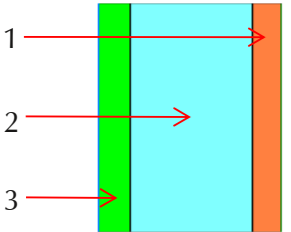
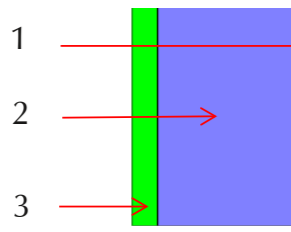
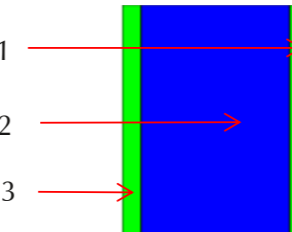
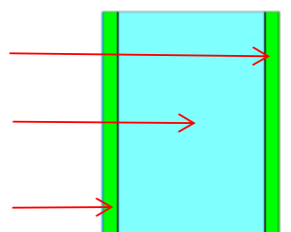
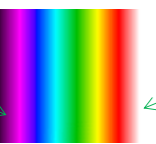

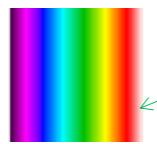
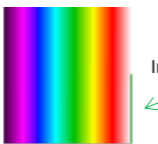


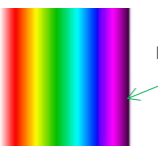
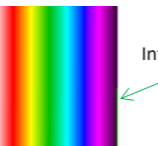
PANEL 1	PANEL 2	PANEL 3	PANEL 4
THERMOCHIP. By Cupa Group.	HEMSEC SIPS. Structural Insulated Panel	THE WALL. Structural Insulated Panel	LP. Building Product.
OSB(TOH)	PANEL THICKNESS - RESIDENTIAL	PANEL OSB-OSB	PANEL SIP TERMICO ESTRUCTURAL
			
0,360 W/m²k	0,260 W/m² K	0,364 W/m²K	0,515 W/m²K
(1)Osb + (2) Poliestireno + (3) Aglomerado hidrofugo	(1)Osb + (2) Espuma rígida + (3)Osb	(1)Osb + (2) Poliestireno + (3) Osb	(1)Osb + (2) Poliestireno + (3)Osb
			
Temperatura mínima media anual 15,8 °C			
			
Temperatura máxima media anual 26,3°C			
			
Variable en bajas temperaturas se eleva al interior promedio 1,32°C	Variable en bajas temperaturas se eleva al interior promedio 1,7°C	Variable en bajas temperaturas se eleva al interior promedio 1,75°C	Variable en bajas temperaturas se eleva al interior promedio 1,58°C
Variable de altas temperaturas se baja promedio 2,59 °C	Variable de altas temperaturas se baja promedio 2,55°C	Variable de altas temperaturas se baja promedio 2,63 °C	Variable de altas temperaturas se baja promedio 2,37 °C

Tabla 2. Resultados de transferencia de calor por conducción bidimensional de acuerdo con los componentes de los paneles
Fuente: elaboración propia, 2017.

Simulación acústica – Referentes

Los ruidos generalmente están compuestos por variaciones de presión de diferentes frecuencias. El sistema auditivo humano está capacitado para oír sonidos de frecuencias comprendidas entre los 20 y los 20.000 Hz. El aislamiento, en todos los casos, se muestra como una constante ascendente que presenta menor absorción de ruido cuando aumenta la frecuencia (Tabla 3). Sus variaciones son mínimas ya que el nivel de absorción va directamente a la densidad de los materiales y sus espesores, que para este caso

son muy similares, y se presentan como rango de referencia para este producto.

Desarrollo de la experimentación Modelo 1

Materiales

- Hojuelas de fibra de guadua (Figura 6) elaboradas con el residuo producto de la fabricación de las tablillas, canoas, esterillas y otros cortes que se comercializan para artesanías y construcción. En este caso obtenido por intermedio de la empresa Induguadua S.A, ubicada en el Kilómetro 15 vía Armenia-La Tebaida.



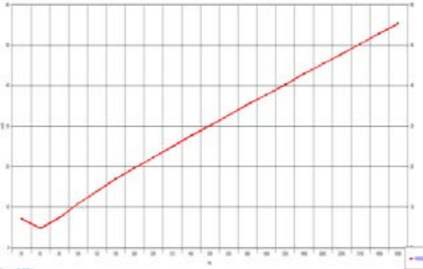
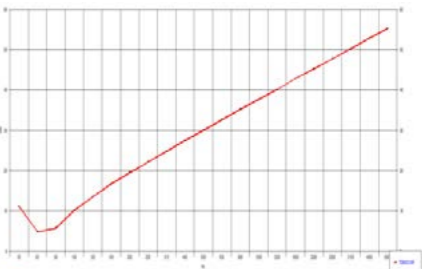


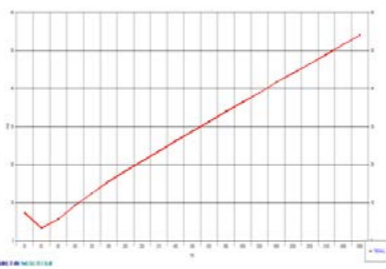
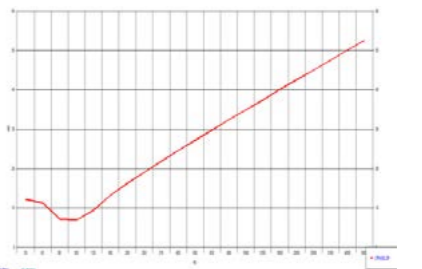
SIMULACIÓN ACÚSTICA REFERENTES		
1. DESCRIPCIÓN	PANEL 1	PANEL 2
1.1 Fabricante	THERMOCHIP. By Cupa Group.	HEMSEC SIPS. Structural Insulated Panel
1.2 Referencia producto	OSB(TOH)	PANEL THICKNESS - RESIDENTIAL
1.3 Imagen		
2. COMPOSICIÓN		
2.1 Formato en metros	2,440 x 0,60	2,44 X 1,20
2.2 Composición panel tricapa	Osob + Poliestireno + Aglomerado hidrofugo.	Osob + Espuma rígida + Osob
2.2.1 Espesores en metros	0,015 m + 0,08 m + 0,016 m = 0,111 m	0,011 m + 0,103 m + 0,011 m = 0,125 m
2.2.2 Densidad total	170 k/m³	149 K/m³
2.2.3 Módulo de Young	11 GN/m²	11 GN/m²
2.2.4 Coeficiente de amortiguación	0,11	0,11
Software. BDKAISLA 3.01		
Gráfico de frecuencia vs. decibeles Obtenido de la base de datos del Software DBKAISLA 3.01		
RESOLUCIÓN 0627 DE 2006		
Máximos permisibles de niveles de emisión de ruido expresados en decibeles DB(A) para vivienda urbana		
vivienda 65 DB(A) Día		
55 DB(A) Noche		
SIMULACIÓN ACÚSTICA REFERENTES		
1. DESCRIPCIÓN	PANEL 3	PANEL 4
1.1 Fabricante	THE WALL. Structural Insulated Panel	LP. Building Product.
1.2 Referencia producto	PANEL OSB-OSB	PANEL SIP TERMICO ESTRUCTURAL
1.3 Imagen		
2. COMPOSICIÓN		
2.1 Formato en metros	2,44 X 1,20	2,44 X 1,20
2.2 Composición panel tricapa	Osob + Poliestireno + Osob	Osob + Poliestireno + Osob
2.2.1 Espesores en metros	0,0111 m + 0,092 m + 0,0111 m =	0,0095 m + 0, 067 m + 0,0095 m
2.2.2 Densidad total	140 K/m³	176 k/m³
2.2.3 Módulo de Young	11 GN/m²	11 GN/m²
2.2.4 Coeficiente de amortiguación	0,11	0,11
SOFTWARE. BDKAISLA 3.01		
Gráfico de frecuencia vs. decibeles Obtenido de la base de datos del Software DBKAISLA 3.01		
RESOLUCIÓN 0627 DE 2006		
Máximos permisibles de niveles de emisión de ruido expresados en decibeles DB(A) para vivienda urbana =		
vivienda 65 DB(A) Día		
55 DB(A) Noche		

Tabla 3. Simulación acústica de los referentes. Software DBKAISLA Fuente: elaboración propia, 2017.



Figura 6. Fibra de guadua reciclada y tubos de cartón reciclados Fuente: elaboración propia, 2017, CC BY-ND.

MODELO 1 PANEL COMPUESTO PROPUESTA		
1. DESCRIPCIÓN		
1.1 Modelo experimental	Especificaciones	Observaciones
1.2 Lugar	Fábrica TALLER GUADUA	http://muiskay.wixsite.com
1.3 Dirección	Av. Carrera 68 No. 28-27sur	muiskay@hotmail.com
1.3 Ciudad	Bogotá. D.C.	
		
1.4 Imagen modelo	Proyecto vivienda sostenible	Empresa
1.5 Asesoría en fabricación	Arquitecto Fabián Martínez	
1.5.1 Cargo	Docencia e investigación - CTCM . SENA	
1.5.2 Contacto	fabianmartin@misena.edu.co	
1.6 Software	THERM 7.0 y OPAQUE 3.0	
2. COMPOSICIÓN		
2.1 Formato en milímetros	2400 x 600	
2.2 Composición panel tricapa	OSB + tubos de cartón + OSB	
2.2.1 Tablero externo	14 mm	
2.2.2 Aislante intermedio	90 mm	
2.2.3 Aislante externo	14 mm	
2.4 Espesor total en milímetros	118 mm	
3. ESPECIFICACIONES		
3.1 Peso total panel x m2	19,2 kg	
3.2 Carga vertical máxima	418 kg	
3.3 Carga horizontal tal máxima	1.040 kg	
3.4 Transmisión térmica U Total	0,41 W/m²K	
3.5 Aislamiento acústico	12,78%	



Figura 7. Proceso de fabricación del tablero OSB, empresa MuisKay
Fuente: elaboración propia, 2017, CC BY-ND.

Tabla 4. Modelo 1: panel compuesto propuesta
Fuente: elaboración propia, 2017.

Fabricación

El procedimiento realizado para su fabricación no es el normalizado (en los países donde se produce) con respecto al adhesivo utilizado ni el tipo de prensado, con él se pretende buscar una alternativa de adhesivos no tóxicos y menor consumo de energía en el prensado.

Todas las hojuelas se sumergieron dentro del adhesivo Carpincol 2500 de Pegatex, y se orientaron de acuerdo con las especificaciones de los tableros OSB, para luego prensar en frío con presión o carga de 30 MPa (1 MPa = 10,2041 kg-f/cm²) durante 3 horas y 40 minutos, luego extraerla con el fin de aplicar otra capa de adhesivo PVA, para nuevamente prensar durante 6 horas y 35 minutos.

Secado: ventilación natural por 48 horas.

Aplicación de barniz de impermeabilización Deva- TARIMEX.

Montaje del aislante con tubos dobles de cartón, reciclado de papel higiénico, pegado a los tableros externos Carpincol 2500.

Armado total del panel compuesto y secado definitivo (Figura 7).

Características

En la tabla 4 se presentan las principales características del modelo 1, panel compuesto.

Simulación térmica

Se observan temperaturas (Tabla 5).

Simulación acústica

La simulación acústica muestra niveles de aislamiento ascendentes constantes en el panel, sin variaciones de aislamiento a 40 decibeles admisibles, de acuerdo con el ruido, y frecuencias entre 50 y 250 Hz, niveles permitidos entre 55 y 65 decibeles; el aislamiento alcanza frecuencias hasta 1.750 Hz dentro del límite admisible, pero no representa valores diferentes a los que arrojan los referentes, únicamente una mayor constante de absorción en decibeles, promedio de tolerancia auditiva. La estructura de los tableros OSB externos que genera espacios entre virutas permite que una cantidad de ondas sonoras penetre a través de ellas (Tabla 6).

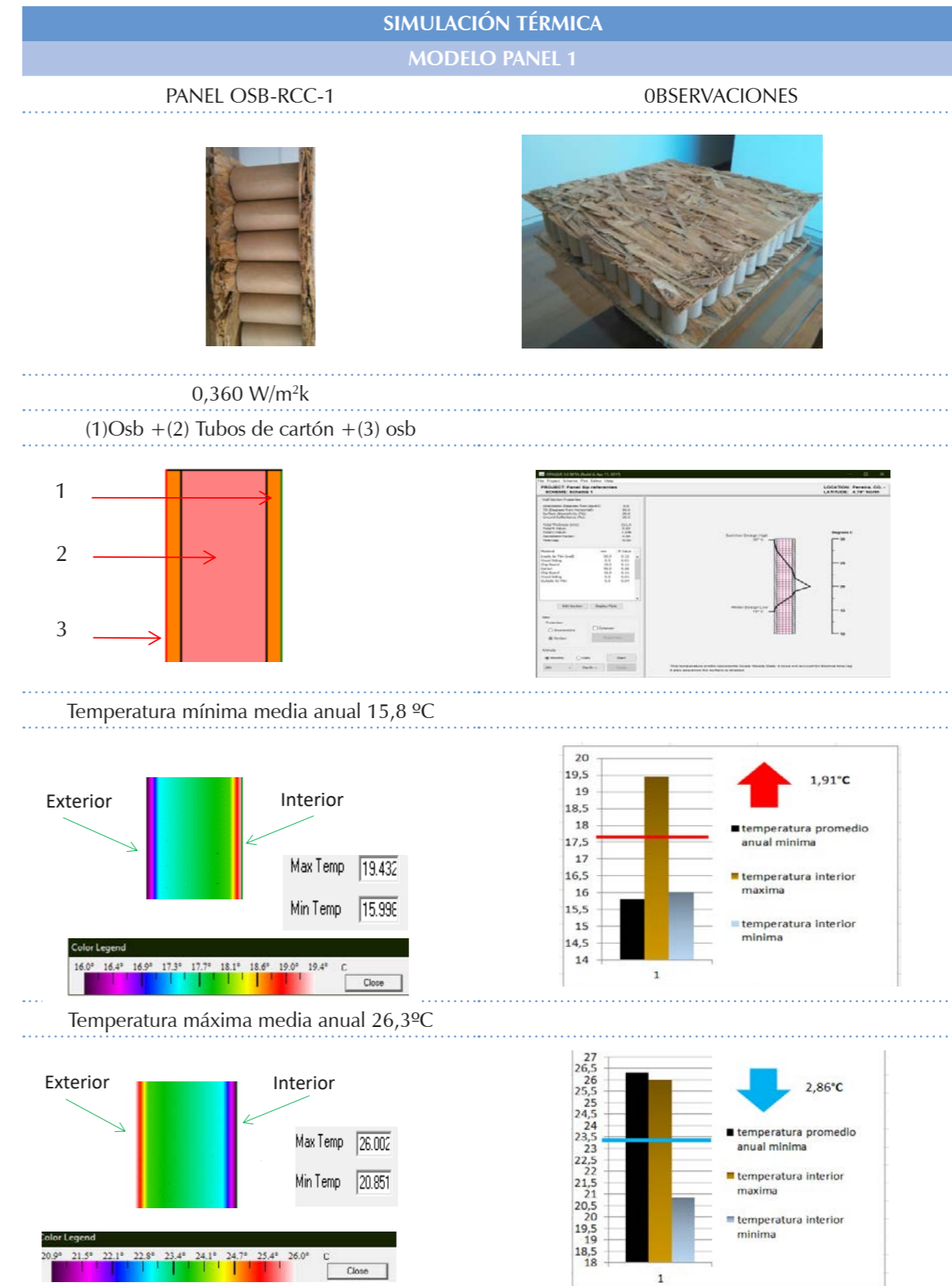


Tabla 5. Simulación térmica Modelo 1
Fuente: elaboración propia, 2017.


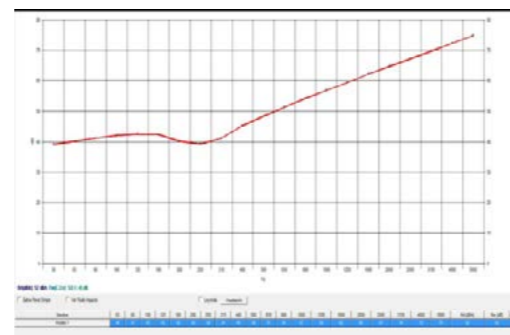
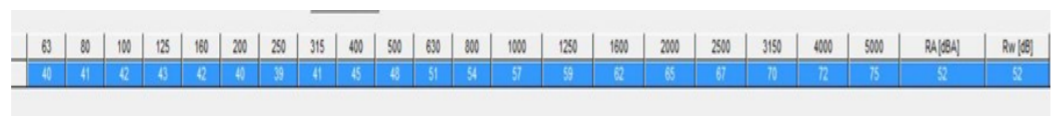
SIMULACIÓN ACÚSTICA MODELO 1	
1. DESCRIPCIÓN	
1.1 Modelo experimental	
1.3 Imagen	
2. COMPOSICIÓN	
2.1 Formato en metros	2,40 X 0,60
2.2 Composición panel tricapa	OSB + tubos de cartón + OSB
2.2.1 Espesores en metros	0,014 + 0,090 m + 0,014
2.2.2 Densidad total	142,205 kg/m ³
2.2.3 Módulo de Young	11 GN/m ²
2.2.4 Coeficiente de amortiguación	0,11
Software. BDKAISLA 3.01	
Gráfico de frecuencia vs. decibeles Obtenido de la base de datos del Software BDKAISLA 3.01	
	
RESOLUCIÓN 0627 DE 2006	
Máximos permisibles de niveles de emisión de ruido expresados en decibeles DB(A) para vivienda urbana = vivienda 65 DB(A) Día 55 DB(A) Noche	
	

Tabla 6. Simulación acústica Modelo 1
Fuente: elaboración propia, 2017.

Índice D, diferencia de niveles o aislamiento bruto: $D = L1 - L2$

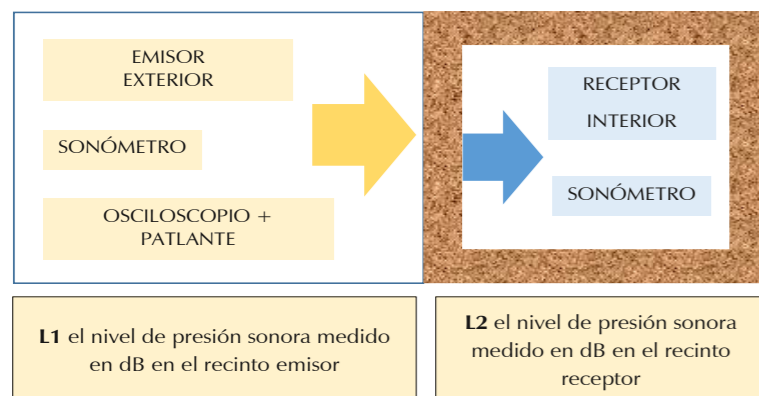
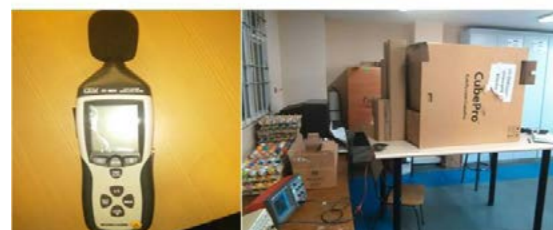


Figura 8. Procedimiento de simulación acústica en laboratorio
Fuente: elaboración propia, 2017, CC BY.



Figura 9. Equipos utilizados para el Laboratorio de Acústica de los paneles propuestos.
Fuente: elaboración propia, 2017, CC BY.



Pruebas de laboratorio

Acústica. La medición de absorción acústica se realizó en el laboratorio de la Universidad Católica de Colombia, simulando un espacio interior cerrado con una caja de cartón de un metro cúbico como volumen, ubicando en uno de sus lados el modelo experimental. Para la medición interna se utilizó un sonómetro que tomó la lectura de los decibeles, de acuerdo con el ruido aplicado exterior, en frecuencias de menor a través de un amplificador generador de ruido que indica la frecuencia como base de datos (Figuras 8 y 9).

En la Tabla 7 se muestran los resultados obtenidos, los cuales reflejan frecuencia exterior, ruido exterior e interno, y diferencia, para hallar finalmente el porcentaje promedio de aislamiento acústico (Figura 10), lo que arroja una diferencia de 11,88 db, un resultado de porcentaje de absorción del 18 al 20%, que es representativo si se tiene en cuenta que en una vivienda intervienen adicionalmente elementos que configuran los espacios como cielo rasos, cubiertas, ventanas, pisos, etc.

MODELO 1			
Ruido exterior en frecuencia HZ	Ruido exterior en Db	Ruido interno en Db	Diferencia en Db
1730	96,4	78,4	18
1450	90,2	77,5	12,7
1003	84,4	70,2	14,2
921	77,7	69,8	7,9
735	69,4	63,1	6,3
669	67,2	56,3	10,9
367	59,6	48,6	11
226	55,4	41,4	14
Valor promedio de aislamiento acústico			11,875

RESULTADOS DE RESISTENCIA FÍSICA DEL MODELO 1		
Dimensiones probeta	Unidad	Cantidad
Área	m ²	0,0625
Espesor	ml	0,118
Peso	kg	1,2
Materiales		
1. Tableros madera OSB guadua	Unidad	2
Densidad	kg/ m ³	738
2. Tubos dobles de cartón tubular	Diámetro	5
Densidad	kg/ m ³	22,32
Aplicación de la carga		
Superficie de presión de la prensa	m ²	0,0177
Carga horizontal	kg	1.040
Carga vertical	kg	418

Tabla 7. Nivel de ruido exterior frente a nivel interior y porcentaje de absorción
Fuente: elaboración propia, 2017.

Tabla 8. Prueba de resistencia horizontal y vertical
Fuente: elaboración propia, 2017.

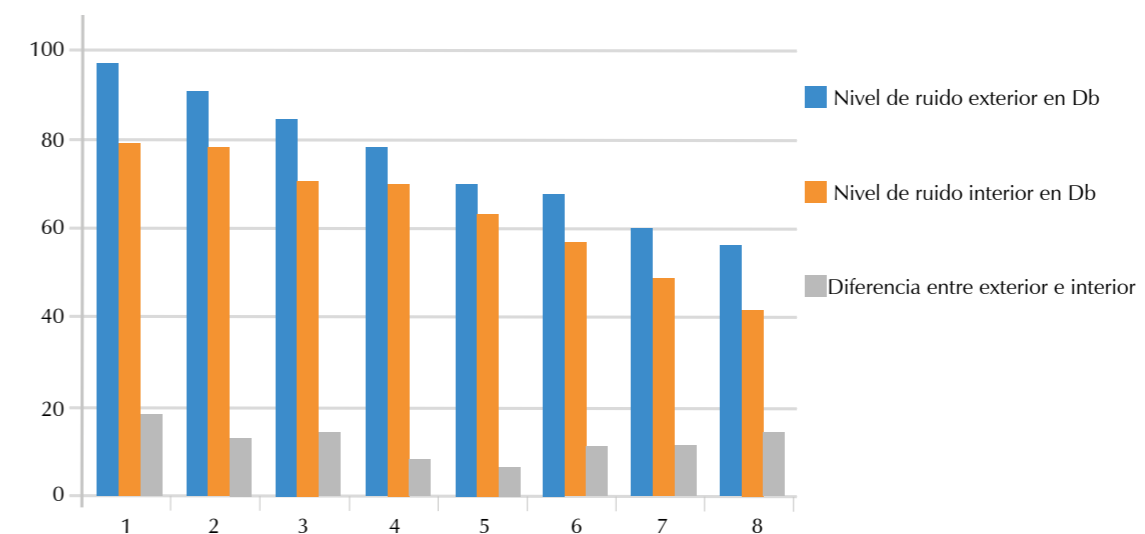


Figura 10. Resultados obtenidos del aislamiento interno frente a externo
Fuente: elaboración propia, 2017.

Pruebas de resistencia a compresión. La máquina universal de ensayos de tensión y compresión de una sola columna (Figura 11) fue utilizada para someter a compresión el panel modelo, que presentó resistencia al límite de la deformación sin rotura.

Los valores arrojados, tanto en carga vertical como horizontal, se encuentran dentro de los descritos por los referentes seleccionados del mercado en la construcción mundial. El panel funciona

como un elemento no directamente estructural y su resistencia a esfuerzos está ligada a su función como envolvente (Tabla 8).

Modelo 2

Materiales

Virutas o astillas de fibra de guadua como residuo de la elaboración de tablillas, canoas, esterillas y otros cortes que se comercializan como elementos de construcción, obtenido a través de la empresa Induguadua, Armenia-La Tebaida.

Adhesivo para la formación de los tableros: urea formaldehído.

Aislante: triple lámina de cartón panal o Honeycomb board (Tabla 9) E = 31 mm c/u Fabricante Perlad SAS.

Adhesivo Carpincol 2500 - Pegatex para la unión de las tres capas.

Barniz (uretano base solvente transparente) para exteriores en madera.

Fabricación

Se realiza siguiendo los lineamientos principales utilizados actualmente por los fabricantes (Apa's Corporate, 2015), con la única diferencia de cambiar la viruta de pino y abeto por la viruta de guadua (Figura 12).

Selección de materia prima de madera guadua en hojuela o viruta (E = 0,6/1,2 mm) con dimensiones de 10 a 20mm de ancho por 15 a 30mm de largo, apta para la fabricación del tablero OSB, con humedad a 5% a través de horno de convección.

Realización del encolado de las partículas con resina urea-formaldehído cuyas especificaciones eran densidad 1270 kg/m³; 65% sólidos, formando el tablero en capas el cual se ingresa a la prensa mono-piso a una temperatura de 210°C, presión específica de 42 kg/cm² y un tiempo de prensado de 4 min. Finalmente se realizan los ensayos físico-mecánicos en una máquina universal, donde se midieron las propiedades de enlace interno, y los módulos de elasticidad y de rotura.



Figura 11. Equipos utilizados (prensa hidráulica) para pruebas de resistencia de carga horizontal y carga vertical
Fuente: elaboración propia, 2017, CC BY.



Figura 12. Proceso de fabricación de probetas y tablero
Fuente: Primadera SAS, 2017.




MODELO PANEL COMPUESTO PROPUESTA		
1. DESCRIPCIÓN	MODELO 2	OBSERVACIONES
1.1 Modelo experimental		
1.2 Lugar	Planta PRIMADERA	http://www.primadera.com/
1.3 Dirección	Carretera Central Norte km 49 - Vereda la Aurora	
1.3 Ciudad	Gachancipá - Cundinamarca	
  		
1.4 Imagen modelo pruebas	Fabrica PRIMADERA SAS	"Madera Urbana"
1.5 Asesoría en fabricación		
Ingeniero. José A. Gutiérrez		
1.5.1 Cargo	Jefe de Procesos e Investigación	
1.5.2 Contacto	jogutierrez@pimadera.com	
1.6 Software	THERM 7.0 y OPAQUE 3.0	
2. COMPOSICIÓN		
2.1 Formato en milímetros	2400x 1200	
2.2 Composición panel tricapa	OSB + Lámina Cartón Panal + OSB	
2.2.1 Tablero externo	11 mm	
2.2.2 Aislante intermedio	100 mm	
2.2.3 Aislante externo	11 mm	
2.4 Espesor total en milímetros	122 mm	
3. ESPECIFICACIONES		
3.1 Peso total panel x m ²	21,92 kg	
3.2 Carga vertical máxima	1.970 kg	
3.3 Carga horizontal tal máxima	518 kg	
3.4 Transmisión térmica U total	0,34 W/m ² K	
3.7 Aislamiento acústico	13,13%	

Tabla 9. Modelo 2, paneles. Ficha técnica
Fuente: elaboración propia, 2017.

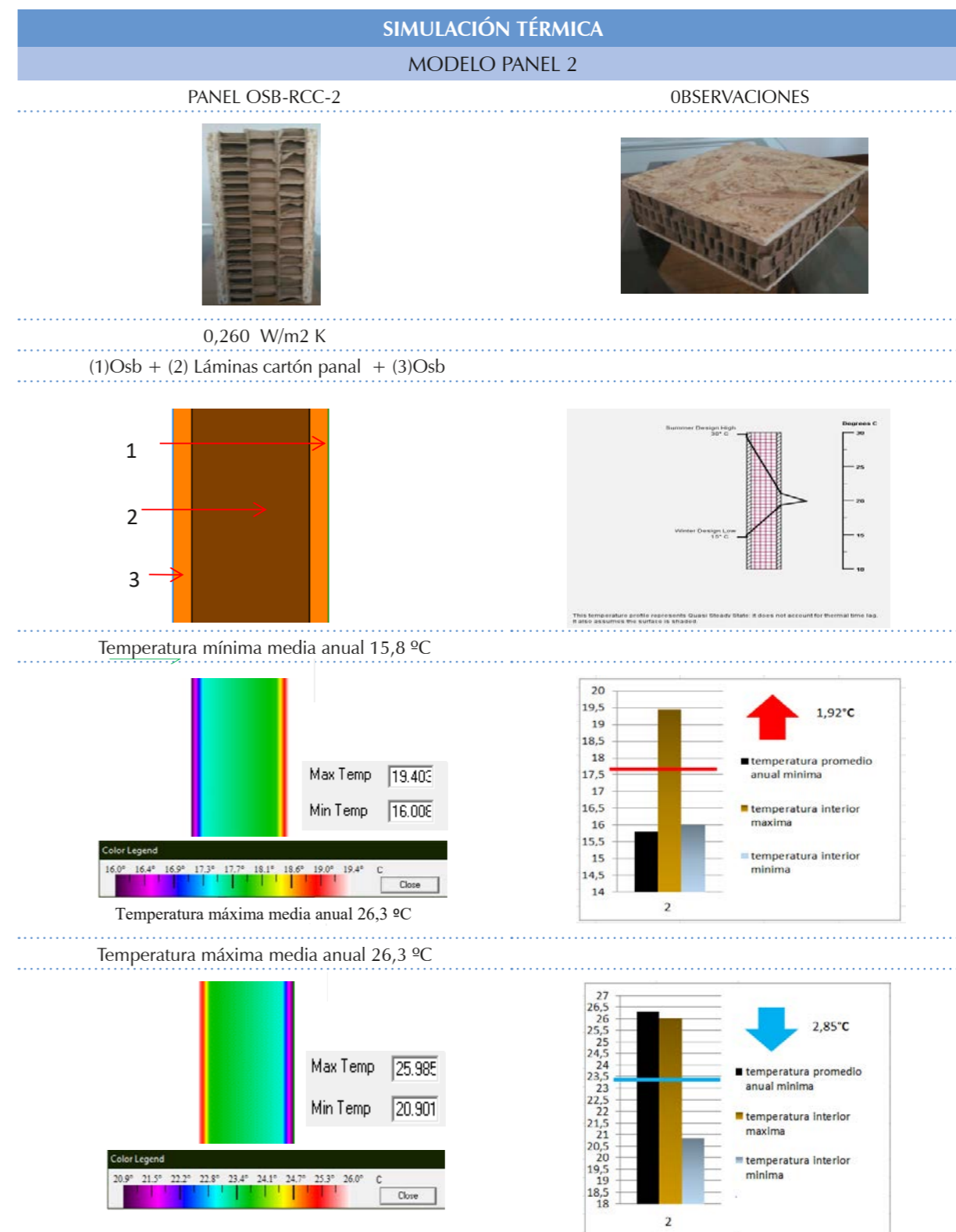


Tabla 10. Simulación térmica panel 2
Fuente: elaboración propia, 2017.

Debido a la tecnología utilizada para este caso, el tablero obtenido está más cerca de ser un tablero aglomerado que uno OSB. Por tanto, los resultados presentaron propiedades físico-mecánicas altas, como expertos en tableros aglomerados.

Características (Tabla 9)

Simulación térmica

Se observan temperaturas promedio internas similares al Modelo 1, en las mínimas exteriores de 15,8°C, con un aumento de 1,92°C, y en las máximas promedio de disminución de 2,85°C, lo cual obedece básicamente al buen aislamiento térmico producido por el vacío existente entre las celdas del sistema panel de abejas en cartón reciclado; esto representa valores importantes de control interno de la temperatura, como parte fundamental en el confort habitacional de la edificación (Tabla 10).

Simulación acústica

La simulación acústica (Tabla 11) muestra niveles de aislamiento ascendentes constantes en el panel, sin variaciones de aislamiento a 40 decibeles admisibles, de acuerdo con el ruido, y frecuencias entre 50 y 250 Hz. Dentro de los niveles permitidos entre 55 y 65 decibeles, el aislamiento alcanza frecuencias hasta 1.750 Hz dentro del límite admisible, pero que no representan valores diferentes a los que arrojan los referentes, únicamente una mayor constante de absorción en decibeles promedio de tolerancia auditiva.

Pruebas laboratorio

Acústica. En la Tabla 12 se muestran los resultados obtenidos de absorción promedio de 13,14 Db y porcentaje promedio de aislamiento acústico del 15 al 20%, porcentaje representativo que obedece básicamente a la densidad y compactación de los tableros OSB que aumenta su calidad de aislamiento.

Resistencia a compresión. Al someter el panel a compresión, el panel modelo presentó resistencia al límite de la deformación sin rotura. Los valores arrojados, tanto en carga vertical de 518 kg, como horizontal de 1970 kg, se encuentran dentro de los valores admisibles en los referentes estudiados (Tabla 13). Se presentó mayor resistencia y menos deformación de los tableros, pero hundimiento del sistema aislante interno en cartón, con un aplastamiento en la carga horizontal y mayor resistencia en la carga vertical.

Evaluación comparativa de resultados

La evaluación de los resultados se realizó comparando las simulaciones térmicas y acústicas, tanto de los referentes como de los modelos experimentales fabricados, indicando su eficiencia en nivel de confort y permitiendo una medición objetiva y concluyente.

Aislamiento térmico

En el tema de aislamiento térmico, los valores obtenidos (Tabla 14) indican que tanto referentes como modelos experimentales mantienen una relativa homogeneidad en los niveles de confort interno. Se destacan los ubicados entre rangos de temperatura mínima de 17,71 y 21,9 °C como el mejor (Modelo 2), y entre 17,38 y 22,38 °C como el más desfavorable (LP SIP, Chile).


Aislamiento acústico

Los niveles de aislamiento, según la norma de decibeles admisibles, indican que el Modelo 2 mantiene iguales condiciones que el referente 1 de acuerdo con lo presentado en la Tabla 14, aunque dentro de los referentes existen aislamientos con frecuencias superiores, producto de aislantes más densos pero derivados del petróleo. Asimismo, entre los modelos experimentales (Tabla 15) se observan mejores niveles en el Modelo 2, debido a la densidad del cartón y el hermetismo de la composición hexagonal del cartón Honeycomb.


SIMULACIÓN ACÚSTICA MODELO 2

1. DESCRIPCIÓN

1.1 Modelo experimental



1.3 Imagen



2. COMPOSICIÓN

2.1 Formato en metros

2,40 X 1,20

2.2 Composición panel tricapa

OSB + cartón hexagonal + OSB

2.2.1 Espesores en metros

0,012 + 0,090 m + 0,012 = 114

2.2.2 Densidad total

155,6 kg/m³

2.2.3 Módulo de Young

11 GN/m²

2.2.4 Coeficiente de amortiguación

0,11

Software. BDKAISLA 3.01

Gráfico de frecuencia vs. decibeles

Obtenido de la base de datos del

Software BDKAISLA 3.01

RESOLUCIÓN 0627 DE 2006

Máximos permisibles de niveles de emisión de ruido expresados en decibeles DB(A) para vivienda urbana = vivienda 65 DB(A) Día

55 DB(A) noche




Tabla 11. Simulación acústica Panel 2
Fuente: elaboración propia, 2017.

63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	RA [dB]	Rw [dB]	del
40	41	42	43	42	40	39	41	45	48	51	54	57	59	62	65	67	70	72	75	52	52	

MODELO 2			
Ruido exterior en frecuencia HZ	Ruido exterior en Db	Ruido interno en Db	Diferencia en Db
1730	96,4	76,8	19,6
1450	90,2	75,5	14,7
1003	84,4	68,4	16
921	77,7	62,6	15,1
735	69,4	57,6	11,8
669	67,2	55,6	11,6
367	59,6	51,4	8,2
226	55,4	47,3	8,1
Valor promedio de aislamiento acústico			13,1375

Tabla 12. Nivel de ruido exterior frente a nivel interior del panel y su porcentaje de absorción
Fuente: elaboración propia, 2017.

RESULTADOS DE RESISTENCIA FÍSICA DEL MODELO 2			
Dimensiones probeta	Unidad	Cantidad	Observación
Área	m ²	0,0625	
Espesor	ml	0,122	
Materiales			
1. Tableros madera OSB guadua	Unidad	2	
Densidad	kg/m ³	697	
2. Cartón panal Honeycomb	Diámetro	5	
Densidad	kg/m ³	27,4	
Aplicación de la carga			
Superficie de presión de la prensa	m ²	0,0177	
Carga horizontal	kg	1.970	
Carga vertical	kg	518	

Tabla 13. Prueba de resistencia horizontal y vertical del Modelo 2
Fuente: elaboración propia, 2017.

RESULTADOS SIMULACIONES TÉRMICAS. SOFTWARE THERM 7,0							
SIMULACIÓN TÉRMICA	Unidad	Referente 1	Referente 2	Referente 3	Referente 4	Modelo 1	Modelo 2
		THERMO CHIP	HEMSEC SIPS	THE WALL	LP SIP	MUISKAY	PRIMADERA
Espesor panel tricapa	mm	150	110	110	95	118	122
Valor U	W/m2K	0,36	0,26	0,364	0,515	0,41	0,34
Valor R = 1/U	K-m2/W.	2,78	3,85	2,75	1,94	2,44	2,94
Temperatura promedio mínima exterior 15,8	°C	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8
Temperatura interior máxima	°C	18,861	18,759	18,925	18,411	19,432	19,402
Temperatura interior mínima	°C	16,196	16,233	16,175	16,355	15,996	16,006
Diferencia promedio interior	°C	2,665	2,526	2,75	2,056	3,436	3,396
Diferencia máxima interior	°C	3,061	2,959	3,125	2,611	3,632	3,602
Diferencia mínima interior	°C	0,396	0,433	0,375	0,555	0,196	0,206
Promedio temperatura int. respecto al exterior	°C	1,729	1,696	1,75	1,583	1,914	1,904
Temperatura promedio máxima exterior 26,3	°C	26,3	26,3	26,3	26,3	26,3	26,3
Temperatura interior máxima	°C	25,702	25,649	25,736	25,466	26,002	25,985
Temperatura interior mínima	°C	21,702	21,86	21,611	22,382	20,851	20,901
Diferencia promedio interior	°C	4	3,789	4,125	3,084	5,151	5,084
Diferencia máxima interior	°C	0,598	0,651	0,564	0,834	0,298	0,315
Diferencia mínima interior	°C	4,598	4,44	4,689	3,918	5,449	5,399
Promedio temperatura int. respecto al exterior	°C	2,598	2,546	2,627	2,376	2,874	2,857

CONCLUSIONES. RESULTADOS							
CONCLUSIONES. RESULTADOS	Unidad	Referente 1	Referente 2	Referente 3	Referente 4	Modelo 1	Modelo 2
		THERMO CHIP	HEMSEC SIPS	THE WALL	LP SIP	MUISKAY	PRIMADERA
Temperatura promedio mínima exterior 15,8	°C	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8
Promedio temperatura respecto al exterior sube	°C	1,73	1,7	1,75	1,58	1,91	1,91
Temperatura promedio máxima exterior 26,3	°C	26,3	26,3	26,3	26,3	26,3	26,3
Promedio temperatura respecto al exterior baja	°C	2,6	2,55	2,63	2,37	2,88	2,86

Tabla 14. Resultados simulaciones térmicas.
Fuente: elaboración propia, 2017.

RESULTADOS SIMULACIONES ACÚSTICAS							
SIMULACIÓN ACÚSTICA	Unidad	Referente 1	Referente 2	Referente 3	Referente 4	Modelo 1	Modelo 2
		THERMO CHIP	HEMSEC SIPS	THE WALL	LP SIP	MUISKAY	PRIMADERA
Espesor panel tricapa	mm	150	110	110	95	118	122
Aislante densidad	kg/m ³	30	30	15K	15	22,32	27,4
Tableros densidad	kg/m ³	670,00	640,00	640,00	610Kg/m ³	548,00	738,00
Niveles de aislamiento	55 db	55 db	55 db	55 db	55 db	55 db	55 db
	hz	3.150	4.500	4.450	4.700	980	3 s150

Tabla 15. Resultados de simulaciones acústicas.
Fuente: elaboración propia, 2017.

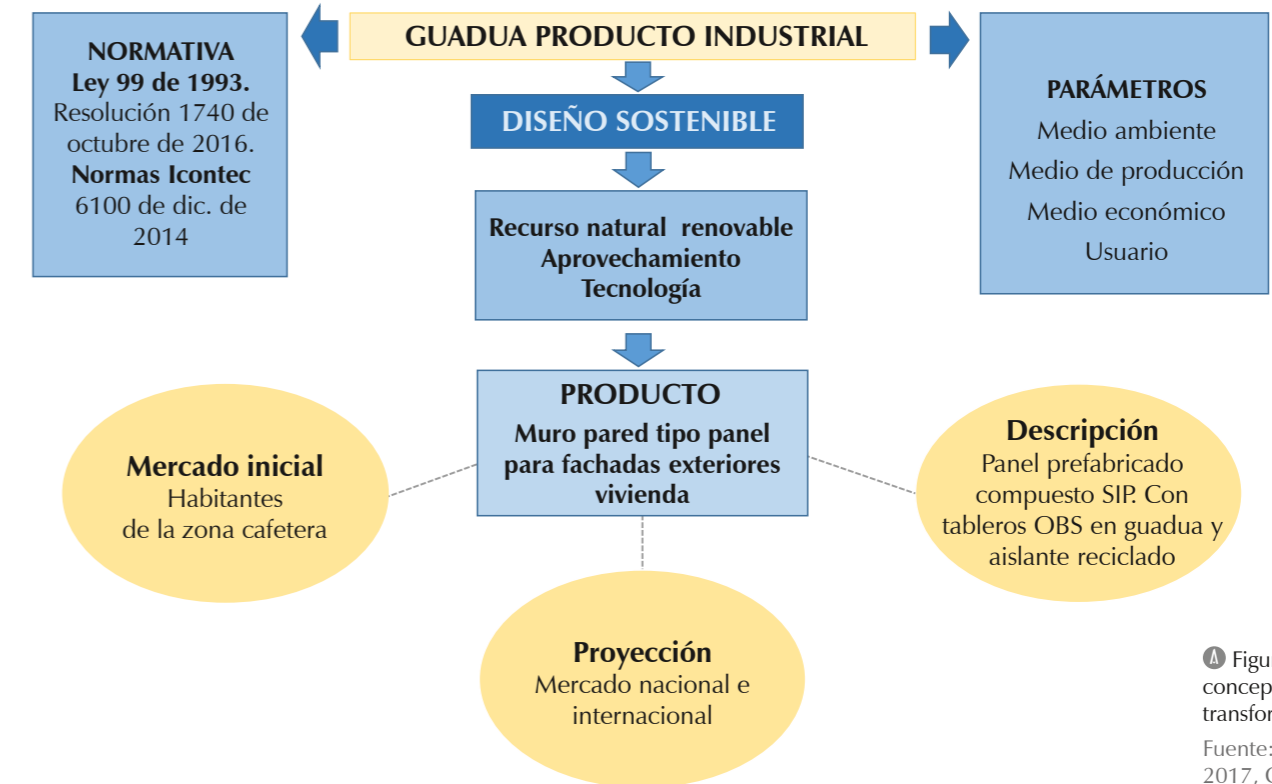


Figura 13. Marco conceptual aplicado a la transformación de la guadua
Fuente: elaboración propia, 2017, CC BY.

Situación actual de la industria de la guadua en Colombia

El entorno actual para la industrialización de la guadua tiene como protagonistas al marco legal dado por la Ley 99 de 1993, "Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones"; la Resolución 1740 de 2016, "Por la cual se establecen lineamientos generales para el manejo, aprovechamiento y establecimiento de guaduales y bambusales, y se dictan otras disposiciones"; las Normas Icontec NTC 6100 (2014), "etiquetas ambientales tipo I. Sello ambiental colombiano. Criterios ambientales para productos primero y segundo grado de transformación de guadua angustifolia Kunth", y la autocertificación forestal del Forest Stewardship Council (FSC) (Consejo de Manejo Forestal); entes y normas que garantizan calidad y futuro al proyecto.

Por otro lado, las organizaciones privadas de los guaduales han permitido la integración en la búsqueda de la tecnificación y mejores condiciones socioeconómicas y ambientales (Figura 13). La fabricación del producto se proyecta, en primera instancia, para consumo de sus propios habitantes de la zona cafetera y en la futura ampliación de su mercado, con la alternativa de utilizar no solo el material residual sino el reciclado.

Discusión

La investigación fundamenta el proceso de fabricación del panel SIP utilizando materiales no convencionales como la viruta de residuo de

la guadua y el cartón reciclado; sus resultados de resistencia a la compresión, aislamiento térmico y acústico demuestran ser un producto viable y competitivo comparado con los que hoy se comercializan, y evidencian que es una alternativa sostenible dentro de los principios de energía pasiva.

Los paneles SIP que se fabrican tienen dos grandes aspectos desfavorables y no sostenibles: la utilización del poliestireno (derivado del petróleo) como aislante interno y el fenol-formaldehído (resina sintética) como adhesivo aplicado en altos porcentajes.

La viruta de guadua como materia prima principal debe alcanzar un secado entre el 4 y 5% de humedad para garantizar la adherencia entre las virutas a través del prensado; además, para su transformación en hojuelas de dimensiones y diámetros específicos, requiere de una selección previa del material residual o reciclado.

En el Modelo 1 el tablero OSB presenta una buena textura estética y evidencia claramente la disposición cruzada de las virutas u hojuelas (Figura 14), pero menor dureza, con una resistencia horizontal de 1.040 kg/m², y 418 kg/m² de resistencia vertical, similar a la indicada por los referentes. El adhesivo (poliacetato de vinilo, PVA) requiere mayor fijación sobre las virutas ya que al ser constituidas por fibras muy rígidas y resistentes dejan espacios o cavidades entre ellas. Sin embargo, en el montaje del panel SIP, sus resultados de aislamiento térmico de +2,90°C en temperaturas altas, y de -1,9°C en temperaturas bajas, presentan valores muy similares, y muestran además que los tubos de cartón reciclado utilizados resultan ser una buena alternativa como aislante térmico y acústico.



Figura 14. Composición de los tableros OSB del referente y las propuestas 1 y 2
Fuente: elaboración propia, 2017, CC BY.

El Modelo 2 presentó una mayor compactación de la viruta de guadua en la elaboración del tablero OSB, para ello fue necesaria la mezcla de estas con otras partículas de guadua muy finas tipo aserrín, que llenaran los espacios libres resultantes entre las hojuelas cruzadas, utilizando el fenol-formaldehído en menores porcentajes, a fin de evitar su toxicidad.

Se presentaron resultados de mayor resistencia horizontal, de 1.970 kg/m², y 518 kg/m² de resistencia vertical, pero de textura irregular y menor porcentaje de hojuelas en su acabado exterior (Figura 14), los cuales son la característica propia de los tableros OSB. En la conformación del panel SIP, el aislante intermedio de cartón Honeycomb arrojó valores menores en cuanto a la absorción acústica.

Asimismo, los prototipos respecto a su peso por metro cuadrado aproximado de 19 kg están dentro del peso promedio de los referentes, y permiten de esta manera su fácil manipulación en el transporte y montaje.

Conclusiones

Para una construcción sostenible es necesario implementar estrategias en la selección de materiales, fabricación, montaje y funcionamiento que demuestren una disminución representativa en la emisión de CO₂ del producto de construcción, en este caso, durante su ciclo de vida desde la recolección, clasificación del residuo, transformación, fabricación, utilización y de nuevo su reciclaje.

Cabe anotar que en Colombia la normativa está dirigida a la fabricación de tableros aglomerados con partículas de madera, mas no a la elaboración con virutas tipo OSB de los cuales no hay producción en el país y, en consecuencia, no se fabrican paneles SIP de este tipo. De igual forma, los resultados de los factores térmico, acústico y de resistencia son comparados y validados con los de las probetas experimentales, de

acuerdo con la información incluida en las fichas técnicas de los referentes.

Partiendo de estas premisas, la investigación se proyecta como una alternativa que sirve de modelo en la utilización de recursos naturales renovables del lugar, transformados, fabricados y utilizados con bajo impacto ambiental. En este caso de estudio, la sociedad del lugar específico está ligada a la economía de la agricultura representada por el cultivo del café, donde la guadua aparece como protagonista del patrimonio socio-cultural en la construcción de vivienda, reconocida a su vez como una identidad propia del tejido social y su memoria colectiva.

El muro panel compuesto completa todo su ciclo de vida en el mismo lugar para su propia gente, desde el reciclaje de material residual, transformación, industrialización, comercialización, construcción, uso y retorno al reciclaje, de tal modo que, por obvias razones, sus consumos energéticos disminuyen al no requerir grandes exigencias para su fabricación y transporte durante todo su ciclo de vida.

Finalmente, a través de los datos obtenidos de los modelos experimentales se demostró que para la región aplicada (tropical cálida húmeda), la envolvente térmica se convierte en un sistema de conservación de calor (noche) y enfriamiento (día), manteniendo la temperatura y el aislamiento acústico, y es aporte de energía pasiva de climatización para el confort.

Además, es posible considerar el establecimiento de ajustes en la fabricación y la adaptabilidad, tanto de las estructuras existentes como por construir, lo que tendrá que considerarse como la siguiente etapa en el desarrollo de la investigación. De esta manera, inicialmente se proponen productos de ensamble con materiales de origen natural renovable para la integración arquitectónica en su conjunto, siempre dentro de la filosofía de construcción sostenible a favor de la calidad de vida.

Referencias

- Apa's Corporate (2015). *Tableros de virutas orientales*. Guía de productos. Recuperado de <https://www.apawood.org/Data/Sites/1/documents/americalatina/ex-w410-la.pdf>
- Arquigráfico (2016). *Paneles OSB, rapidez y facilidad en la construcción*. República Dominicana: arquigrafico arquitectura, ingeniería y construcción. Recuperado de <https://arquigrafico.com/paneles-osb-rapidez-y-facilidad-en-la-construccion/>
- Arquimaster (s. f.). Coeficientes de conductividad térmica de materiales (s/ NORMA IRAM 11601). Argentina. *Arquimaster.com.ar*. Recuperado de <http://www.arquimaster.com.ar/articulos/articulo410.htm>
- Cárdenas, J. P., Muñoz, E., Riquelme, C. e Hidalgo, F. (2015). Análisis de ciclo de vida simplificado aplicado a viviendas de paneles SIP (structural insulated panels). *Revista ingeniería de construcción*, 30(1), 33-38. Doi: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732015000100003>
- Colorado, A. (s. f.). La guadua. Una maravilla natural de grandes bondades y promisorio futuro [Mensaje en un blog]. Guadua y Bambú. Recuperado de <https://guadua-y-bambu.es.tl/Maravilla-Natural-de-Grandes-Bondades.htm>
- Egger Inspiración Eurolight (2016). *Zoom Colección tableros alveolares*. EE.UU.: Egger Eurolight. Recuperado de https://www.egger.com/downloads/bildarchiv/157000/1_157736_PP_ZOOM_EUROLIGHT_ES-SWE.pdf
- Fernández González, A. (1993). Evolución del mundo tecnológico de los tableros de madera. En *I Congreso Forestal Español. Congresos forestales: ponencias y comunicaciones* (t. IV, pp. 273-282). Madrid. Recuperado de <http://secoforestales.org/publicaciones/index.php/congresos/article/view/3445/3410>
- Garay, R. M. y Damiani, F. (2013). Efecto de la densidad del tablero y combinación adhesiva sobre propiedades físico-mecánicas críticas en tableros OSB fabricados con maderas nativas chilenas. *Bosque (Valdivia)*, 34(1), 13-22. Doi: <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002013000100003>
- Giraldo, E. (2003). Aspectos generales de la guadua angustifolia Kunth. Propagación y manejo silvicultural sostenible. En *III Seminario Internacional del Bambú* (pp. 16-29). San Felipe: Fundación para la Investigación Agrícola DANAC. Recuperado de <http://www.mucubaji.com/guaquira/ArchivosAnexos/MBambu.pdf>
- Grupo Isotex (2015). *Soluciones tecnológicas para la construcción: eps-poliestireno expandido: especificaciones técnicas*. Venezuela: Grupo Isotex. Recuperado de <http://www.grupoisotex.com/eps/>
- Klasspanel (s.f.). ¿Qué son los paneles SIP? Concepción: Klasspanel Structural Insulated Panel. Recuperado de <http://www.klasspanel.cl/paneles.htm>
- Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y se dictan otras disposiciones. *Diario Oficial*, 41.146, de 22 de diciembre de 1993. Recuperado de http://www.oas.org/dsd/fida/laws/legislation/colombia/colombia_99-93.pdf
- Mejía, I, Gallardo, C., Vallejo, J. J., Ramírez, L. G., Arboleda, E. C., Durango, A, et al. (2009). Plantas del género bambusa: importancia y aplicaciones en la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria. *Vitae*, 16(3), 396-405. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-40042009000300014&lng=en&tlng=es
- Mejía, M. y Moreno, R. (2013). *Estado del arte de la cadena de la guadua en Colombia 2003-2012*. Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente. Recuperado de <http://sigguadua.gov.co/?q=download/file/fid/155>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015). Decreto 1076 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. 26 de mayo del 2015. Recuperado de <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2013/08/Decreto-Unico-Reglamentario-Sector-Ambiental-1076-Mayo-2015.pdf>
- Norma Técnica Colombiana NTC 6100 (2014). *Etiquetas ambientales tipo 1. Sello ambiental colombiano. Criterios ambientales para productos de primero y segundo grado de transformación de guadua angustifolia Kunth*. Bogotá: Icontec. Recuperado de http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosAmbientalesySectorialUrbana/pdf/Sello_ambiental_colombiano/NTC_6100_-SAC_Guadua_Angustifolia.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2016). *La producción mundial de madera crece impulsada por la construcción y las energías verdes*. Roma: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/news/story/es/item/459939/code/>
- Primadera (2017). Laboratorio de Primadera [fotografía de Primadera SAS]. Gachancipá, Cundinamarca, Colombia: Recuperado de www.primadera.com
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible (2016). Resolución 1740 de 2016, Por la cual se establecen lineamientos generales para el manejo, aprovechamiento y establecimiento de guaduales y bambusales, y se dictan otras disposiciones. Recuperado de <https://diario-oficial.vlex.com/vid/resolucion-numero-1740-2016-652582769>
- Vagge, C. S. y Czajkowski, J. D. (2012). Impacto de la aplicación de la Ley 13059 de eficiencia energética en relación con la nueva Ordenanza de Usos del Suelo de la ciudad de La Plata y la Norma IRAM 11900 de Etiquetado de Edificios. *Ambiente Construido*, 12(2), 23-35. Recuperado de <http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/17109/18759>
- Varela, I. y Chaviano, D. (2013). El bambu: recurso renovable y sostenible para el diseño y construcción. *Monografías*. Recuperado de <https://www.monografias.com/trabajos101/bambu-recurso-renovable-y-sostenible-diseno-y-construccion/bambu-recurso-renovable-y-sostenible-diseno-y-construccion.shtml>
- Weather Atlas (2016). Colombia, previsión meteorológica e información climática: pronóstico del tiempo, Bogotá, 26 de septiembre de 2016. Recuperado de <https://www.weather-col.com>

Continuidad y transformaciones de modelos pedagógicos en la École Polytechnique (1867-1910)

Estelle Thibault

École Nationale Supérieure d'Architecture ENSA, Paris-Belleville (Francia)

Traductores:

Andrés Ávila-Gómez

Université Paris I Panthéon-Sorbonne (Francia)

Diana Carolina Ruiz

Université Paris IV Paris-Sorbonne (Francia)

Thibault, E. (2018). Continuidad y transformaciones de modelos pedagógicos en la École Polytechnique (1867-1910). [Continuité et transformations des dispositifs pédagogiques à l'École Polytechnique (1867-1910)] (Andrés Ávila-Gómez y Diana Carolina Ruiz, trads.) (original en francés, 2011). *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 20(2), 110-126. doi: <http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.2.2149>

<http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.2.2149>



Estelle Thibault

Arquitecta D.P.L.G.

DEA en Proyecto arquitectónico y urbano, ENSA Paris-Belleville.

Doctora en Arquitectura, Université Paris 8.

H.D.R. (Habilitación para dirigir tesis doctorales), Université Paris-Est.

Profesora titular en los campos de la teoría y de la práctica del proyecto arquitectónico y urbano: ENSA Paris-Belleville.

Directora del Institut Parisien de Recherche – Architecture, Urbanistique, Société (IPRAUS).

<http://www.umrausser.cnrs.fr/estelle-thibault>

<https://orcid.org/0000-0002-2509-5857>

estelle.thibault@paris-belleville.archi.fr

Andrés Ávila-Gómez

Arquitecto, Universidad de Los Andes (Colombia).

Magíster en Urbanismo, Universidad Nacional de Colombia.

Magíster en Ville, architecture, patrimoine, Université Paris 7 Diderot & ÉNSA Paris-Val de Seine.

Doctorando en Histoire de l'Art, Université Paris I Panthéon-Sorbonne (École doctorale 44 I).

Investigador asociado del Centre de Recherche HICSA – Histoire culturelle et sociale des arts, Université Paris I Panthéon-Sorbonne.

<https://univ-paris1.academia.edu/AndresAvila>

<http://orcid.org/0000-0003-3883-2737>

andresavigom@gmail.com

Diana Carolina Ruiz

Profesional en Langues Etrangères Appliquées, U. Paris IV Paris-Sorbonne.

Máster en Études Hispaniques et Hispano-Américaines, U. Paris IV Paris-Sorbonne.

Traductora para revistas de arquitectura, patrimonio e historia del arte (Atrio; Dearq; Apuntes; Academia XXII).

<http://orcid.org/0000-0001-5524-0456>

karorr2002@gmail.com

Resumen

Entre las instituciones europeas cuyos sistemas pedagógicos influenciaron profundamente la enseñanza de la arquitectura y de la construcción durante el siglo XIX y comienzos del siglo XX, la École Polytechnique (fundada en París en 1794) ocupó un lugar central, gracias a la labor pedagógica desarrollada por figuras como Jean Nicolas Louis Durand, Léonce Reynaud y Gustave Umbdenstock, cuyos cursos en la École fueron publicados y alcanzaron amplio reconocimiento en el ámbito académico internacional. Es a partir de esto que se estudian diversos aspectos de la labor docente de un discípulo de Reynaud: el ingeniero Fernand de Dartein (1838-1912), quien ocupó también la cátedra titular de arquitectura en la École Polytechnique, entre 1870 y 1910. Para ello, se analizan los planes de estudio de los cursos impartidos por Dartein; ejemplos de las modalidades de transmisión aplicadas (ejercicios gráficos y cuadernos de notas de alumnos); y escritos del propio Dartein, a través de los cuales es posible identificar elementos de ruptura y de continuidad que caracterizaron la enseñanza de la arquitectura en una época en la cual se acentuaban las diferencias entre el aprendizaje artístico de la composición arquitectónica y la integración de la dimensión técnica.

Palabras clave: arquitectura, plan de estudios, pedagogía, método de enseñanza, clase magistral, dibujo, geometría, historia de la arquitectura.

Continuity and transformations of teaching models at the École Polytechnique (1867-1910)

Abstract

Among the European institutions whose pedagogical systems profoundly influenced the teaching of architecture and construction during the nineteenth and early twentieth centuries, the École Polytechnique (founded in Paris in 1794) occupied a central place, thanks to the pedagogical work developed by scholars such as Jean Nicolas Louis Durand, Léonce Reynaud, and Gustave Umbdenstock, whose courses at the École were published and achieved wide recognition in the international academic field. Based on this, this paper analyzes various aspects of the teaching work of a disciple of Reynaud: the engineer Fernand de Dartein (1838-1912), who also held the position of chair of architecture at the École Polytechnique between 1870 and 1910. To this effect, it examines study plans from the courses taught by Dartein; examples of the transmission modes applied (graphic exercises and student notebooks); and Dartein's own writings, through which it is possible to identify elements of rupture and continuity that characterized the teaching of architecture in an era when there were prominent differences between the artistic learning of architectural composition and the integration of technical dimensions.

Keywords: Architecture, study plan, pedagogy, teaching methods, master class, drawing, geometry, architectural history.

Continuidade e transformações de modelos pedagógicos na École Polytechnique (1867-1910)

Resumo

Entre as instituições europeias, cujos sistemas pedagógicos influenciaram profundamente o ensino da arquitetura e da construção durante o século XIX e princípios do século XX, a École Polytechnique (fundada em Paris, em 1794) ocupou um lugar central, graças ao trabalho pedagógico desenvolvido por figuras como Jean-Nicolas-Louis Durand, Léonce Reynaud e Gustave Umbdenstock, cujos cursos na École foram publicados e alcançaram amplo reconhecimento no âmbito acadêmico internacional. É a partir disso que diversos aspectos do trabalho docente de um discípulo de Reynaud são estudados: o engenheiro Fernand de Dartein (1838-1912), que também ocupou a cadeira titular de arquitetura na École Polytechnique, entre 1870 e 1910. Assim, foram analisados os planos de estudo dos cursos ministrados por Dartein; exemplos das modalidades de transmissão aplicadas (exercícios gráficos e cadernos de notas de alunos); e escritos do próprio Dartein, através dos quais é possível identificar elementos de ruptura e de continuidade que caracterizaram o ensino da arquitetura em uma época na qual as diferenças entre a aprendizagem artística da composição arquitetônica e da integração da dimensão técnica eram acentuadas.

Palavras-chave: arquitetura, plano de estudos, pedagogia, método de ensino, aula magistral, desenho, geometria, história da arquitetura.

Recibido: junio 7 / 2018

Evaluated: junio 29 / 2018

Aceptado: agosto 1 / 2018

Introducción

¿De qué manera pueden ser transformadas las pedagogías arquitectónicas por las evoluciones que afectan las realidades profesionales de los ingenieros? ¿Cómo se producen los ajustes en estos campos y cuáles son las temporalidades que se presentan? El caso de la enseñanza de la arquitectura en la École Polytechnique permite considerar las lentas modificaciones ocurridas, y estudiar las continuidades o rupturas engendradas durante la transición gradual entre un profesor y otro. En la segunda mitad del siglo XIX se produjo la consolidación de un sistema pedagógico extremadamente codificado y que oponía resistencia frente a la marginalización progresiva de la arquitectura en las formaciones impartidas en la École Polytechnique. El inicio del siglo XX trajo consigo una mutación más radical que abarcó al mismo tiempo los contenidos y las modalidades prácticas de la transmisión.

Los estudios acerca de la historia de la École Polytechnique revelan cómo la prioridad dada durante sus primeros años de existencia a las disciplinas relacionadas con la geometría y con el dibujo fue puesta rápidamente en entredicho ante la creciente importancia de las ciencias aplicadas¹. Los debates en torno al lugar que debía ocupar la arquitectura reflejaban las dificultades que afrontaba la institución para reformarse, debatiéndose ante la fidelidad debida a los principios fundadores que situaban las disciplinas gráficas en el núcleo del sistema pedagógico, o ante la necesidad de reconquistar su preeminencia frente a la competencia con otros establecimientos científicos. Según Antoine Picon, desde 1830 la pérdida de influencia de la arquitectura había prefigurado la “liquidación definitiva de la herencia del ingeniero artista” (Picon, 1992), a la cual se asistió a lo largo del siglo.

Aunque diversos estudios han sido consagrados a los cursos de arquitectura impartidos sucesivamente en la l'École Polytechnique por Jean Nicolas Louis Durand (1760-1834) entre 1797 y 1834², por Léonce Reynaud (1803-1880) entre 1837 y 1867³, y por Gustave Umbdenstock (1866-1940) entre 1919 y 1937⁴, encontramos que en cambio, el curso impartido por el ingeniero Fernand de Dartein⁵ (1838-1912) no ha llamado de manera similar la atención de los investigadores: el poco interés que ha despertado el curso de

Dartein entre los investigadores se explica justamente porque este ingeniero no publicó nunca sus lecciones⁶, como sí lo hicieron sus colegas.

Más aun, Dartein reivindicó una postura como “simple continuador” (Dartein, 1874) de su maestro Reynaud, asegurando hasta principios del siglo XX la transmisión del curso heredado a aquel⁷. Por eso, Dartein aparece en las historias sobre la École Polytechnique como una figura de segundo nivel y observador atento del trabajo de sus predecesores, así como fiel sucesor y primer biógrafo de Reynaud, en su texto *Léonce Reynaud. Sa vie et ses œuvres par l'un de ses élèves* (1885). De hecho, como lo ha señalado Simona Talenti, Fernand de Dartein fue más conocido como historiador que como profesor de arquitectura (Talentí, 2000) gracias a su publicación *Étude sur l'architecture lombarde et sur les origines de l'architecture romano-byzantine* (Dartein, 1865). Talenti ha estudiado la labor docente de Dartein, ya no desde la perspectiva de la pedagogía del proyecto sino como un curso de historia de la arquitectura, con lo cual contribuyó en aquel momento a la emergencia de esta disciplina (Talentí, 2000), como también lo hizo su colega Auguste Choisy (1841-1909). Dartein, quien había sido nombrado inicialmente en 1886 *répétiteur* de Reynaud, para ser luego profesor durante 44 años, fue sin embargo la figura que aseguró la enseñanza de la arquitectura en la École Polytechnique durante el periodo más extenso. Es precisamente en este rol de continuador sobre el cual se centra nuestra atención, para mostrar la forma como Dartein logró defender y perpetuar el método pedagógico concebido por Reynaud, a pesar de las revisiones hechas a los programas: desde una postura abiertamente conservadora, invocó siempre la reputación de dicha enseñanza como principal argumento para mantener la carga horaria destinada a la arquitectura. Dos informes redactados por Dartein, el primero de ellos en 1874⁸ –momento en el cual abogó en contra de la reducción de las horas destinada a la enseñanza de la arquitectura–, y el segundo en

6 La École des Ponts et Chaussées produjo una publicación pedagógica sobre granjas metálicas (Dartein, 1891-1893). En lo concerniente a sus cursos en la École Polytechnique, solamente se produjo una versión realizada con el método de impresión de la *autographie* para su último año de enseñanza en 1909.

7 Sobre las continuidades con las asignaturas de sus predecesores, ver artículo de Szambien y Talenti, “Durand, Quat-Faslem et Dartein ou l'influence européenne de Durand” (1996), y el artículo de Savorra, “Une storia per gli ingegneri. Corrispondenze e continuità tra Léonce Reynaud, Fernand de Dartein e Auguste Choisy” (2005). Igualmente, son citados algunos elementos importantes en *Composition non composition. Architecture et théories xixe-xxe siècles* (Lucan, 2009, pp. 40-46).

8 Titulado: À Messieurs les membres du Conseil de perfectionnement. Observations sur le cours d'architecture de l'École Polytechnique et sur le programme de ses leçons.

1 Ver Belhoste, Dahan-Dalmedico y Picon (1994), y Shinn (1980).

2 Ver Szambien (1984).

3 Ver “La doctrine de Léonce Reynaud, entre rationalisme structurel et système des beaux arts” (Picon, 1992a); “Apprendre à concevoir les gares: l'enseignement de Léonce Reynaud” (Picon, 1992b); y “Entre rationalisme et éclectisme, l'enseignement d'architecture de Léonce Reynaud” (Guigueno y Picon, 1996).

4 Ver “Gustave Umbdenstock, professeur d'architecture” (Vigato, 1996).

5 Ver la síntesis biográfica sobre Dartein realizada por Simona Talenti para el *Allgemeines Künstlerlexikon* (2000).

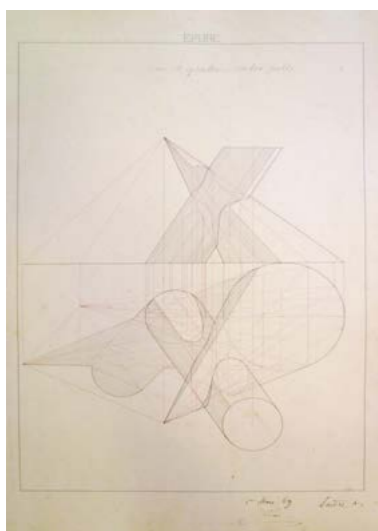


Figura 1. Boceto de geometría descriptiva hecho en el Lycée Saint-Louis en 1869, presentado por Paul Londie para la admisión en la École Polytechnique

Fuente: Archivos de la École Polytechnique (AEP).

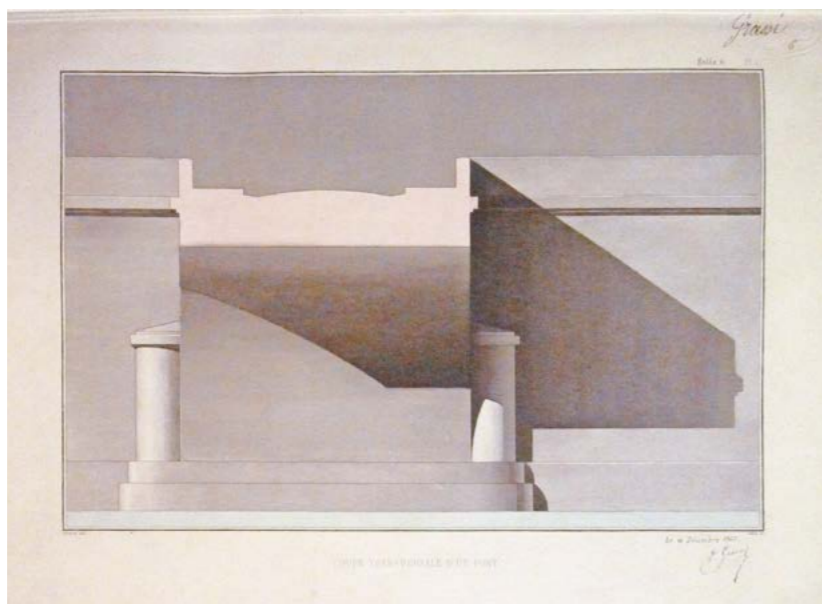


Figura 2. "Corte transversal de un puente": ejercicio de aguada del alumno Ernest Grassi, año 1867-1868

Fuente: Archivos de la École Polytechnique (AEP).



Figura 3. Ejercicio de aguada "Base, capitel y entablamento", año 1866-1867

Fuente: Archivos de la École Polytechnique (AEP)

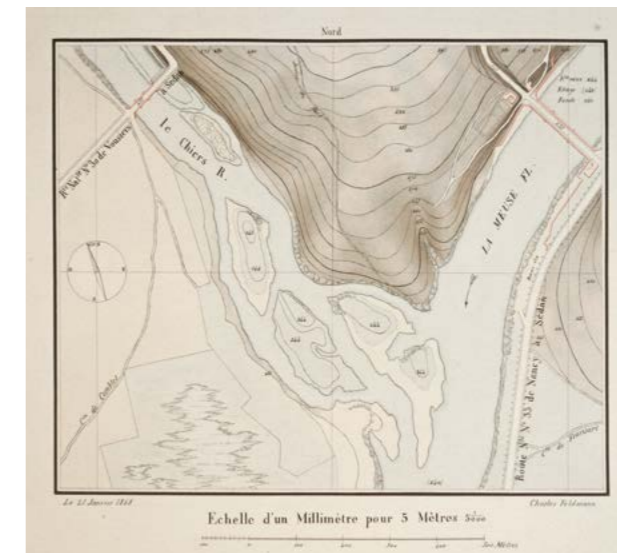


Figura 4. Cartografía en aguada, alumno Charles Feldmann, 1868

Fuente: Archivos de la École Polytechnique (AEP).

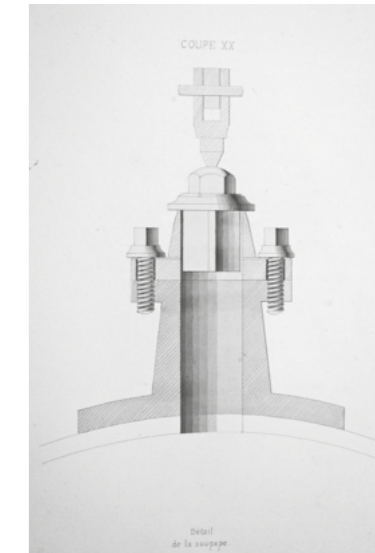


Figura 5. Ejercicio de aguada de piezas de máquinas (corte sobre una válvula de seguridad, marzo 1867), alumno Charles Feldmann

Fuente: Archivos de la École Polytechnique (AEP).

1908⁹ –cuando se opone a la supresión total del curso–, son un testimonio de su resistencia ante las inevitables reformas que acechaban a la École Polytechnique al comenzar el siglo XX.

Diversos estudios han abordado el periodo posterior al de Darstein, particularmente sobre la formación impartida por el arquitecto Gustave Umbdenstock, quien fuera *répétiteur* a partir de 1901, *chargé de cours* en 1913 y posteriormente profesor titular entre 1919 y 1937; pero los análisis se han concentrado en los dos volúmenes de su *Cours d'architecture*, y más exactamente en la publicación final hecha en 1930¹⁰. Dichos análisis han pasado por alto, no solamente la evolución que se constata en las versiones sucesivas de dicha publicación, sino también las continuas modificaciones que afectaron el programa de esta asignatura. La génesis de este curso, y los debates que lo rodearon, resultan bastante esclarecedores para interpretar simultáneamente la evolución de contenidos y los métodos pedagógicos. En 1910, cuando Darstein decidió jubilarse, Umbdenstock heredó en efecto una asignatura caduca y amenazada con ser suprimida, despojada de su componente gráfico y degradada a la forma de simples "conferencias": era absolutamente necesario reinventarla para insuflarle validez.

Los estudios sobre historia de la pedagogía han señalado la necesidad de examinar el contexto de las prácticas didácticas, ya sea a través de la reconstitución del rol de la transmisión oral o por medio del análisis de los tipos de

ejercicios efectuados por los alumnos¹¹. Ante la ausencia de publicaciones del curso de Fernand de Darstein, se hace indispensable el recurso a otras fuentes, y por ello, el *Traité d'architecture* de Léonce Reynaud es una referencia esencial. Los archivos de la École Polytechnique dan buena cuenta de las evoluciones de los programas, de las reflexiones a propósito del equilibrio debido entre las diferentes asignaturas, y también de los debates ocurridos en el seno del Consejo de Perfeccionamiento. La conservación tanto del material redactado por los profesores para sus cursos como de ciertos ejercicios desarrollados por alumnos, permite aproximarse y entender la naturaleza concreta de los métodos pedagógicos empleados. Restituir de esta manera la realidad de la transmisión, utilizando otras fuentes diferentes a las publicaciones de los profesores, permite comprender aún mejor el rol jugado por dichas obras –especialmente el *Traité d'architecture* de Léonce Reynaud– en la formación arquitectónica de los ingenieros.

La arquitectura en el sistema educativo

La importancia del conocimiento gráfico

En el plan de estudios de la École Polytechnique durante las décadas de 1860 y 1870, las asignaturas basadas en la práctica del dibujo, aunque aparecían con menor fuerza que como había ocurrido durante los primeros años de la institución¹², ocupaban todavía un lugar fundamental, si bien las asignaturas científicas en pleno desarrollo –física, química– les disputaban su presencia en los horarios de estudios, y coexistían igualmente con algunos cursos de literatura, de historia y de ale-

mán destinados a compensar la orientación científica con una aportación cultural¹³.

La formación en arquitectura hacía parte de aquellas disciplinas relacionadas con el dibujo que se ocupan de la descripción de objetos en el espacio, conectando la geometría, la concepción técnica y las bellas artes. Dentro del espíritu que presidió la fundación de la École Polytechnique, el desarrollo de la aptitud gráfica se erigió como un elemento constitutivo de la formación del ingeniero según una concepción sobre el dibujo apoyada en conocimientos matemáticos –la geometría descriptiva heredada de Garpard Monge (1746-1818)– y enriquecida por una sensibilidad artística latente. La arquitectura era vista como un pivote esencial entre el dominio de la descriptiva y el tránsito hacia una dimensión no solamente artística sino también cultural e histórica.

Es importante precisar que la École Polytechnique impartía en dos años una enseñanza básica que preparaba al alumno para las diferentes escuelas de aplicación propuestas: este espíritu inducía al carácter generalista del sistema de cursos, y así el alumno ingeniero era incitado a "aplicar" más adelante y en función de las preferencias escogidas, aquellos conocimientos ya adquiridos desarrollando en paralelo competencias más específicas. En dicha progresión, efectuada desde la "teoría" hacia la aplicación, el curso de arquitectura se consolidó por largo tiempo en el segundo año de estudios beneficiándose de la sólida formación impartida en geometría descriptiva y en técnicas gráficas. Los exámenes de admisión de la École Polytechnique revisaban las aptitudes de los candidatos que, en presencia de los examinadores, debían realizar: un diseño geométrico (Figura 1), una aguada en tinta china de acuerdo con un modelo suministrado, y la copia de un modelo sombreada en lápiz; todo ello acompañado de la presentación

de un *dossier* compuesto por bocetos y ejercicios de aguadas elaborados durante el año anterior¹⁴.

Durante el primer año, aquellos prerrequisitos eran fortalecidos con una enseñanza de la descriptiva que ejercitaba al alumno en el dominio de las proyecciones geométricas, oblicuas, perspectivas y axonométricas. Los bocetos que inicialmente eran de orden abstracto, se iban aplicando poco a poco a objetos concretos, piezas de máquinas o elementos de la construcción. Los ejercicios de aguadas forjaban igualmente en ese primer año, una sensibilidad hacia el arte de construir tomando regularmente como temas: el corte de un puente (Figura 2), la cimentación de un palacio romano o más tarde los detalles de capiteles dóricos y jónicos¹⁵ (Figura 3).

Estas formaciones gráficas continuaban durante el segundo año con la iniciación a la arquitectura propiamente dicha, y, paralelamente, la enseñanza de la estereotomía prolongaba la práctica de la geometría descriptiva aplicada a elementos de construcción, detalles de escaleras, aparejos de mampostería o montajes de estructuras.

La aptitud gráfica ejercitada a través del dibujo y la aguada se manifestaba igualmente en otras escalas, como por ejemplo, en aquellas asignaturas en las cuales era necesario representar la topografía (Figura 4) o el dibujo de máquinas¹⁶ (Figura 5).

9 Titulado: "À Messieurs les membres du conseil de l'École Polytechnique. Observations tendant au maintien du cours d'architecture dont la suppression ou la transformation en conférences est proposée par une dépêche du 17 juillet 1908 adressée par Monsieur le général inspecteur permanent des écoles militaires à monsieur le général commandant de l'École Polytechnique".

10 Sobre Gustave Umbdenstock, ver el artículo de Vigato, "Gustave Umbdenstock, professeur d'architecture" (1996), así como el texto del mismo autor, titulado "Gustave Umbdenstock, architecture, polémique et tradition" (1994). Otros elementos importantes sobre Umbdenstock aparecen en: La Géométrie des émotions. Les esthétiques scientifiques de l'architecture en France 1860-1950 (2010).

11 Ver los trabajos sobre historia de la educación realizados por el Institut National de Recherche Pédagogique, especialmente Une histoire de l'école. Anthologie de l'éducation et de l'enseignement en France xviiiè-xxe siècle (2010).

12 Ver el texto de Joël Sakarovitch, "La Géométrie descriptive, une reine déchue" (1994).

13 Sobre este tema, ver el texto de Sakarovitch, "Auguste Choisy, Engineering Student: a Technical Training with a Pinch of Human and Social Sciences" (2009).

14 Ver especialmente: los Programmes des connaissances exigées pour l'admission à l'École Impériale Polytechnique en 1863, arrêtés par le Conseil de Perfectionnement et approuvés par le Ministère de la guerre (1863), y el texto de Belhoste, "Anatomie d'un concours. L'organisation de l'examen d'admission à l'École Polytechnique de la Révolution à nos jours" (2002).

15 Estos ejercicios variaban muy poco: por ejemplo, con dieciséis años de intervalo, los alumnos Kretz (X 1850) y Feldmann (X 1866) realizaron exactamente las mismas aguadas ("cimientos del Palacio de la Cancillería en Roma", "corte transversal de un puente", "capitel y entablamento dóricos del Teatro de Marcellus en Roma", "base, capitel y entablamento dóricos del Tetro de Marcellus en Roma"). Archivos de la École Polytechnique (AEP).

16 El curso de "máquinas" estuvo dominado inicialmente por una orientación geométrica –y se fue transformando poco a poco en una asignatura de "mecánica"–, integrando un trabajo gráfico consecuente que incluía la realización de planos

Aquellas prácticas en donde primaba la descripción geométrica eran luego complementadas por la práctica más “artística” del dibujo de rostros y de paisajes, que hasta la década de 1880 se enseñó principalmente mediante la copia de estampas. De esta manera, desde la abstracción geométrica de la descriptiva hasta la expresión artística, los ejercicios de arquitectura se combinaban con un amplio conjunto de trabajos gráficos¹⁷.

“Arquitectura” frente a “construcción”

En un informe enviado en 1874 al Consejo de perfeccionamiento de la École, Darstein subrayaba la diferencia entre el curso de “arquitectura” y un curso de “construcción” (Darstein, 1874), por cuanto esa distinción que podía parecer paradójica a primera vista en una escuela de ingenieros, resultaba entonces esencial para comprender las futuras orientaciones y las evoluciones de dicha formación. Darstein insistía en la necesidad de una definición artística, cultural e histórica de la composición arquitectónica que se situara por encima de las soluciones técnicas o programáticas más específicas. En este sentido, el profesor recordaba la manera como los cursos de “construcción” inicialmente presentes junto a la arquitectura en el plan de estudios de la École Polytechnique, habían sido suprimidos desde 1810 tras haber sido considerados de la competencia de las escuelas de aplicación, con lo cual se reservó la “arquitectura” para los años iniciales. En efecto, la orientación más importante precedía tanto la profundización en lo constructivo, como también la especificidad de los programas particulares de edificios.

La formación básica en arquitectura constituía el lugar para un “aprendizaje del gusto” que resultaba por ende “útil en todas las áreas” (Darstein, 1874), independientemente de la orientación posterior del alumno. Dicha formación inicial se caracterizó por un enfoque del arte del dibujo considerado como “general y superior a los diferentes tipos particulares” y capaz, en últimas, de fomentar la invención ante los “casos difíciles, nuevos o imprevistos” (Darstein, 1874, p. 4). Tal carácter generalista no impidió una articulación privilegiada con el plan de estudios de la École des Ponts et Chaussées, ya que al igual que Léonce Reynaud antes que él, Fernand de Darstein dictó clases en las dos instituciones con lo cual garantizó una continuidad entre la enseñanza básica y el desarrollo de competencias precisas. Más adelante veremos cómo la distinción entre “arquitectura” y “construcción”, sobre la cual se

de engranajes. Sobre la evolución de los cursos de máquinas, ver el artículo de Jean-Yves Dupont, “Le cours de machines à l'École Polytechnique, de sa création jusqu'en 1850” (2000).

17 Ver los programas de estudios en: *Programmes de l'enseignement intérieur de l'École Impériale Polytechnique pour l'année 1860-1861* (1861).

apoyaba el argumento de Darstein, resulta bastante frágil, en la medida en que su enseñanza conjugaba estrechamente las nociones de composición y de construcción.

La continuidad de una formación: de Reynaud a Darstein, 1850-1880

La reforma orquestada en 1850 por la comisión Le Verrier tendía a restituir el valor a las disciplinas gráficas debilitadas en las anteriores revisiones de los programas (Belhoste, Dahan-Dalmedico, Picon, 1994, pp. 27-29), y propiciaba una situación muy favorable para la enseñanza de la arquitectura, situación que Darstein vivió en calidad de alumno de Reynaud durante el año 1856-1857, y que se mantuvo hasta 1875. La transición en el relevo de Reynaud a Darstein se efectuó con total continuidad: en 1874, Darstein afirmaba impartir “el curso instituido por Reynaud” y en el cual no habría introducido sino algunos “sutiles cambios” (Darstein, 1874, p. 8). Su labor docente perfecciona un modelo pedagógico instaurado desde los orígenes de la École, asociando las clases magistrales y un conjunto de ejercicios gráficos.

Los contenidos del curso: las clases magistrales en el auditorio

La clase magistral, cuyos volúmenes del *Traité d'architecture*¹⁸ constituyen una versión más desarrollada, se consolidó en 1850 en torno a dos partes constituidas cada una por veinte lecciones: la primera consagrada a “elementos de edificios” y la segunda a la “combinación de elementos y composición de los edificios” (ver anexo 1). Esta clasificación –tomada de Jean Nicolas Louis Durand– estructuró un gran número de cursos de arquitectura y de construcción impartidos a lo largo del siglo XIX¹⁹. Darstein, sin embargo, llamaba la atención sobre el hecho de que esta clasificación bipartita constituía la única herencia de Durand, transmitiendo así las reservas manifestadas por Reynaud con respecto a la teoría “pretendidamente racional” desarrollada por Durand en el *Précis des leçons* (Darstein, 1885). Reynaud, en efecto, redirecciona los “elementos” de Durand hacia una definición constructiva mejor formulada, como se aprecia en el primer volumen de su *Traité d'architecture* en el cual privilegió la denominación “Art de bâtir” (Arte de construir).

18 El *Traité d'architecture* consta de 2 volúmenes de texto y 2 volúmenes de láminas. Los volúmenes de texto corresponden a la asignatura dictada por Reynaud, de la cual retoman la estructura. En la introducción Reynaud afirma que la publicación era un complemento del curso oral, mucho más conciso, en el cual introducía nociones que le eran útiles a la arquitectura pero que eran abordadas también en la enseñanza de otras disciplinas diferentes a la suya. Ver el “Préface”, vol. 1, p. V.

19 Ver al respecto los textos de Valérie Nègre titulados: “Architecture et construction dans les cours de l'École Centrale des Arts et Manufactures (1833-1864) et du Conservatoire National des Arts et Métiers (1854-1894)” (2011b), y “L'enseignement de l'architecture au Conservatoire National des Arts et Métiers (1854-1971)” (2011a).

La sección sobre los “elementos” aborda sucesivamente el empleo de la piedra, de la madera y finalmente del metal: cada secuencia comienza con las características de los materiales y los principios que inciden en su utilización, para describir a continuación los elementos arquitectónicos (muros, columnas, arcos...) destacando la interacción entre la dimensión técnica y la dimensión estética. Las lecciones que tratan sobre la piedra, que además integran la presentación de los órdenes, arcos y bóvedas (doce lecciones en el año 1874-1875), son las más desarrolladas por cuanto contrariamente a aquellas consagradas a la madera o al metal, estas incorporan el análisis histórico apoyándose en un corpus de obras de la Antigüedad y del Renacimiento.

La segunda parte se subdivide en dos series. La primera de ellas trata sobre las principales “combinaciones” (pórticos, vestíbulos, escaleras, salas abovedadas y planas) desde una perspectiva que implica la comparación de numerosos ejemplos históricos. La segunda serie se refiere a la composición de edificios, y abre con la exposición de un método idóneo para seguir “el estudio de un proyecto” (ver anexo 2) abordando luego una variedad de programas arquitectónicos (habitaciones, prisiones, cuarteles y puertas de ciudades), considerados “todos estos edificios, objeto de un análisis claro, instructivo, y que probablemente construirán más tarde los alumnos egresados de la institución” (Darstein, 1874, p. 8). Tal y como era la intención de las escuelas de aplicación, las últimas lecciones del *Traité d'architecture* introducían al alumno a la concepción de “vías de comunicación” (carreteras, vías férreas, vías navegables, *ouvrages d'art*). La comparación entre las notas de clase tomadas en un curso de Reynaud en el año 1850-1851, y posteriormente aquellas tomadas en un curso de Darstein en el año 1874-1875²⁰, muestra que dicho esquema conoció solamente algunas evoluciones menores, iniciadas por Reynaud o inscritas en los contenidos de su *Traité d'architecture*. La primera evolución tuvo que ver con la importancia creciente atribuida a la construcción metálica (una sola lección en 1851, cuatro lecciones en 1875), mientras que una segunda evolución obedeció a la inflexión histórica que se reconoce en el curso de Darstein, en lo que concierne a las lecciones sobre salas abovedadas y planas. Los ejemplos de iglesias y de basílicas se convirtieron en el soporte de una “digresión arqueológica” que presentaba “a grandes rasgos los diversos estilos arquitectónicos en uso” (Darstein, 1874, pp. 8-9). Este desplazamiento hacia la historia de la arquitectura se acentuó aún más hacia finales del siglo.

20 Ver las notas conservadas en los archivos de la École (AEP, III, 3, e, núm. 1) de los alumnos François Xavier Kretz (curso de Reynaud, 1851-1852), y Gustave Louis (curso de Darstein, 1874-1875).

Las modalidades de la transmisión: toma de notas y ejercicios gráficos

Así como la cantidad y el contenido de las clases permanecieron estables para el periodo 1850-1875, las modalidades pedagógicas también corrieron igual suerte. La reforma de 1850 codificó un modelo de transmisión estrictamente definido en los programas. La clase magistral, de una duración de aproximadamente una hora y cuarto, era impartida a toda la promoción (150 alumnos en 1870) en el auditorio. Los estudiantes redibujaban sobre hojas dobles, suministradas y estampilladas por la misma École Polytechnique, las figuras trazadas en el tablero por el profesor, acompañándolas de algunas notas. De acuerdo con un procedimiento practicado igualmente en los cursos de geometría y de estereotomía, las notas tomadas allí eran complementadas bajo la dirección del *répétiteur* durante un examen posterior a la clase (Figuras 6 y 7), y constituían el cuaderno del alumno, que luego era corregido y calificado.

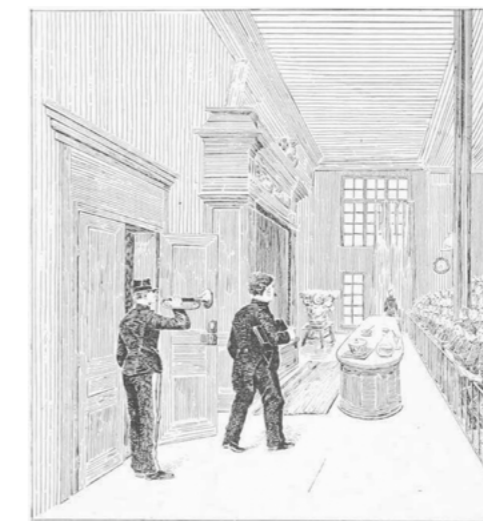


Figura 6. El auditorio, con un modelo en yeso de un capitel
Fuente: Claris (1895, p. 26).

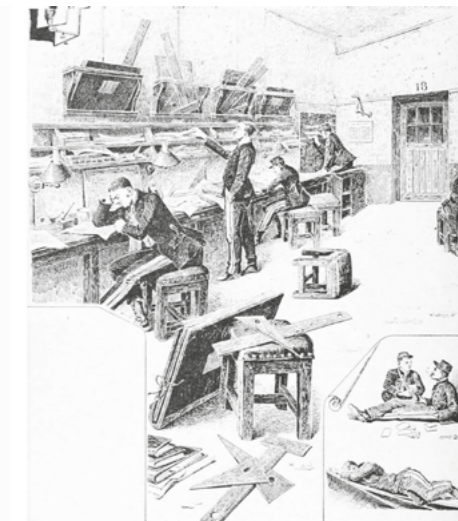


Figura 7. Escena del trabajo en un salón de estudio
Fuente: Claris (1895, p. 108).



Figuras 8 y 9. “Bóvedas”: similitudes entre las notas tomadas en el curso de Léonce Reynaud durante el año 1851 por el alumno François Xavier Kretz (a la izquierda), y en el curso de Fernand de Darstein durante el año 1881 por el alumno Etienne Charles (a la derecha)

Fuentes: Archivos de la École Polytechnique (AEP), y colección particular.

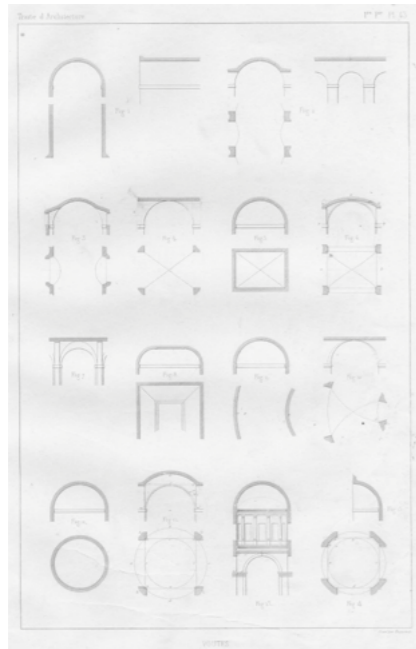


Figura 10. Lámina sobre "Bóvedas", que servía como referencia en el curso de Dartein

Fuente: Reynaud (1850-58, 1° partie, p. 43).



Figura 11. "Orden corintio"

Fuente: Archivos de la École Polytechnique (AEP).



Figura 12. "Arcos con columnas jónicas", alumno Charles Feldmann, octubre de 1867 y enero de 1868

Fuente: Archivos de la École Polytechnique (AEP).

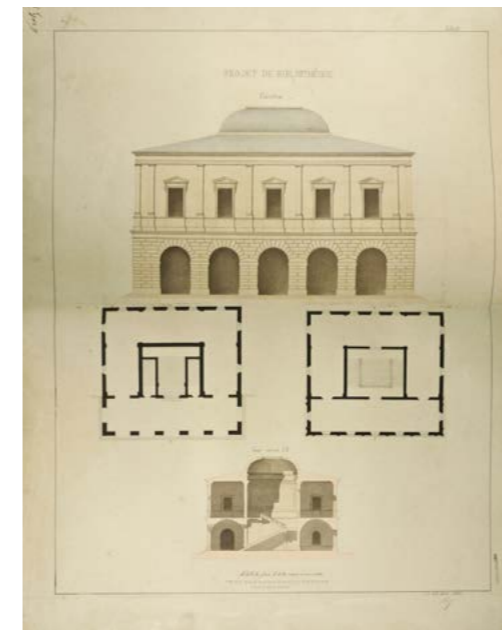


Figura 13. "Biblioteca", proyecto del alumno François Xavier Kretz, mayo de 1852

Fuente: Archivos de la École Polytechnique (AEP).

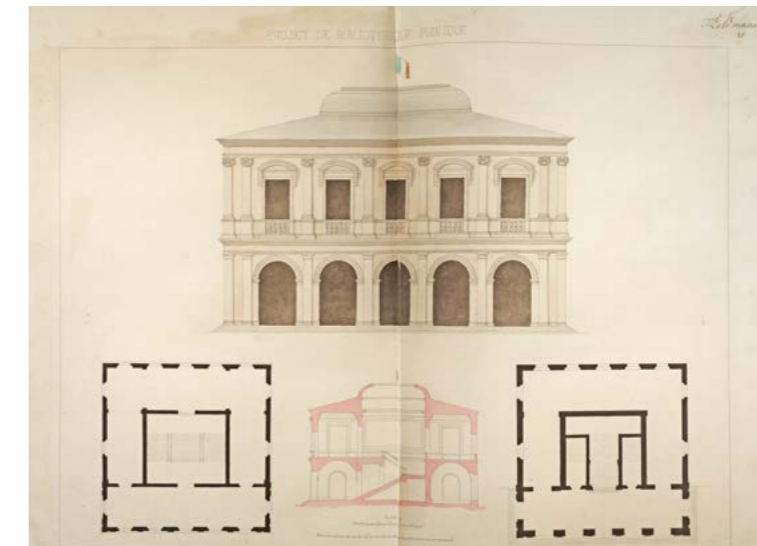


Figura 14. "Biblioteca", proyecto del alumno Charles Feldmann, 1868

Fuente: Archivos de la École Polytechnique (AEP).

Los dibujos consignados en las márgenes de estos muestran similitudes con las figuras del *Traité d'architecture* reproducidas a menudo fielmente. Originado en la labor docente, el *Traité* constituyó el principal referente del curso de arquitectura: el programa del curso es trazado a partir del plan de la publicación, valiéndose para ello de las figuras y los modelos impresos, máxime si se tiene en cuenta que un portafolio con veinte láminas tomadas del libro de Reynaud era suministrado al alumno como referencia²¹. Las semejanzas constatadas en los cuadernos de alumnos del curso de arquitectura entre 1850 y 1880 (Figuras 8, 9 y 10) resultan obvias a pesar del cambio de profesor.

Las notas a mano alzada tomadas habitualmente durante el curso de arquitectura constituyeron un entrenamiento gráfico que sería reemplazado más tarde por una serie de ejercicios más consecuentes ejecutados en los salones de examen, con los instrumentos necesarios y la asistencia del *répétiteur*²². Hasta 1870, los alumnos realizaban anualmente una serie de bocetos²³ que incluían: órdenes dórico, jónico y corintio (Figura 11), arcos

sobre *piédroits*, arcos con columnas jónicas (Figura 12), ventanas y sala plana; bocetos todos que sustentan las semejanzas encontradas con el *Traité* de Reynaud, más aun por cuanto se les proponía redibujar láminas del portafolio: el último de tales bocetos consistía en la reproducción a escala de algún proyecto de edificio público, completándolo y retocándolo en aguada.

Con veinticinco años de diferencia, los trabajos presentados por los alumnos seguían repitiendo a partir de un mismo plano y de un mismo corte, propuestas arquitectónicas variadas para un mismo proyecto de "biblioteca" (Figuras 13 y 14); ya hacia finales de siglo, el ejercicio se aplicó para un "ayuntamiento" (Figuras 15 y 16).

Un tercer tipo de ejercicio se sumaba a la toma de notas y a la realización de dibujos: para el final del ciclo de clases los alumnos efectuaban, sin la ayuda de los *répétiteurs*, un total de cuatro proyectos de composición arquitectónica en el marco de actividades denominadas "concursos", que evocaban claramente los ejercicios practicados en la École des Beaux-Arts de Paris. A diferencia de los ejercicios desarrollados en los cursos, los temas propuestos en tales "concursos" variaban anualmente: para el año 1867-1868 fueron propuestas, por ejemplo, una oficina de recaudación (Figura 17), una estación ferroviaria (Figura 18), una aduana (Figura 19) y una *orangerie* (Figura 20). El enunciado del "concurso" estipulaba un programa arquitectónico sencillo con superficies cuantificadas para ser desarrollado en un terreno rectangular establecido: el proyecto debía ser concebido y entregado –incluyendo planta, corte y alzado en aguada– sobre una cuadrícula previamente impresa para simplificar la aplicación de la escala.

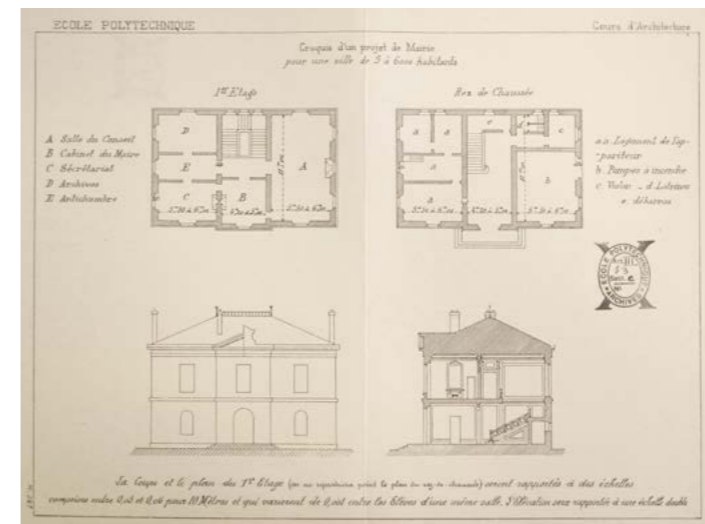


Figura 15. Documento entregado a los alumnos para realizar el ejercicio sobre un "Ayuntamiento", sin fecha (finales del siglo XIX)

Fuente: Archivos de la École Polytechnique (AEP).

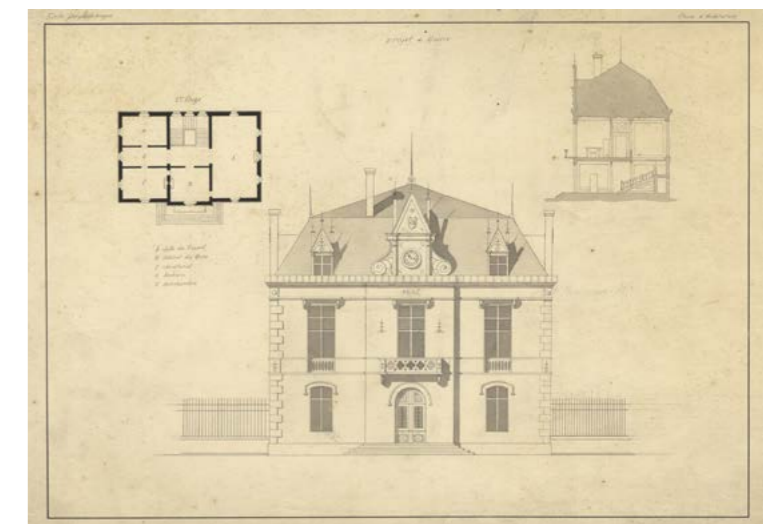


Figura 16. Ayuntamiento, proyecto de estudiante, sin fecha (finales del siglo XIX)

Fuente: Colección particular.

La iniciación a una arquitectura progresivamente simplificada, 1875-1906

En 1874, el conjunto de trabajos gráficos que según Dartein servían para ejercitar y evaluar la aptitud del alumno en el ámbito de la composición arquitectónica, ocupaba un total de 132 horas del tiempo anual de estudio, aparte de las cincuenta horas correspondientes a las clases magistrales (Dartein, 1874, p. 6). El método pedagógico y la coordinación entre asignaturas ansiaban, por así decirlo, la productividad de aquellas cinco horas semanales destinadas en exclusiva a la arquitectura.

En el último tercio del siglo XIX se aceleró el declive de las disciplinas gráficas, abriendo paso a un plan de estudios de corte politécnico, progresivamente orientado hacia las ciencias aplicadas, lo cual obligaba a concentrar el contenido y las prácticas en tiempos cada vez más reducidos.

En el caso de la arquitectura, la disminución gradual del número de clases (cuarenta en 1875, treinta y seis en 1881, treinta en 1903) se vio acompañada de la reducción de ejercicios gráficos. Los críticos señalaban el lugar destacado ocupado por la construcción en el curso de Dartein, argumento invocado recurrentemente para buscar reducir la intensidad horaria de los cursos sin por ello renunciar al rol de iniciación artística atribuido a la arquitectura por los propios fundadores de la École Polytechnique²⁴. Dartein fue obligado a ajustar la estructura de las clases, aunque pudo defender su visión con respecto al enfoque técnico.

²⁴ La reducción a treinta lecciones propuesta en 1903 fue interpretada por Dartein como el resultado de "una poda progresiva a la obra de la comisión de 1850" que había anteriormente concedido importancia a los cursos de arquitectura sin menospreciar la relevancia de la dimensión constructiva (Dartein, 1874, p. 6).

²¹ El portafolio de láminas asociado al curso de Dartein es idéntico al distribuido en su momento por Reynaud. Hay que señalar que las láminas del *Traité d'architecture* utilizadas también como láminas en el portafolio, incluían casi todas las correspondientes al uso de la piedra, e ilustraban los "elementos" y las "combinaciones". Solamente dos estaban consagradas a la madera, ninguna al metal.

²² Emmanuel Brune fue *répétiteur* entre 1876 y 1881; Auguste Choisy, entre 1881 y 1901; y Umbdenstock lo fue entre 1901 y 1910.

²³ Según la descripción presente al final del *cahier* de Gustave Louis, ocho diseños en total fueron ejecutados entre 1874-1875: órdenes dórico, jónico y corintio, arcos sobre *piédroits*, arcos con columnas jónicas, ventanas, sala plana y proyecto para un ayuntamiento. El número de diseños consignados fue disminuyendo progresivamente.

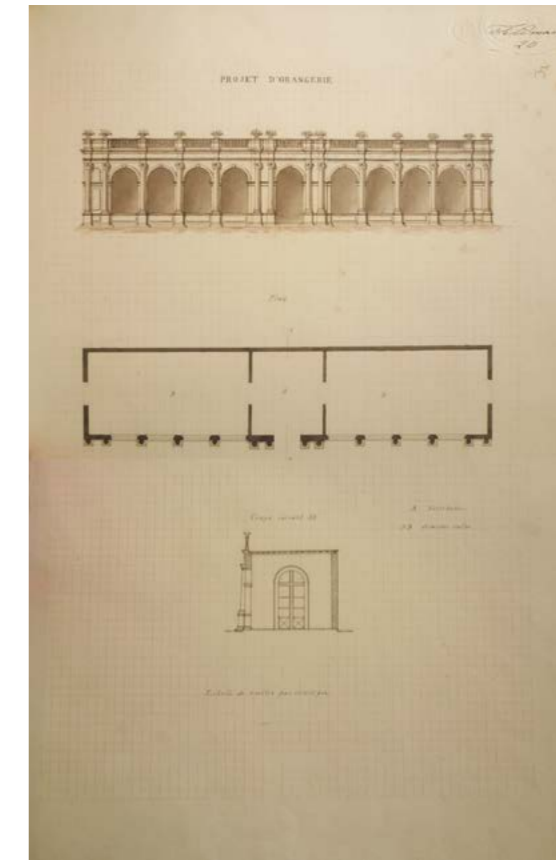
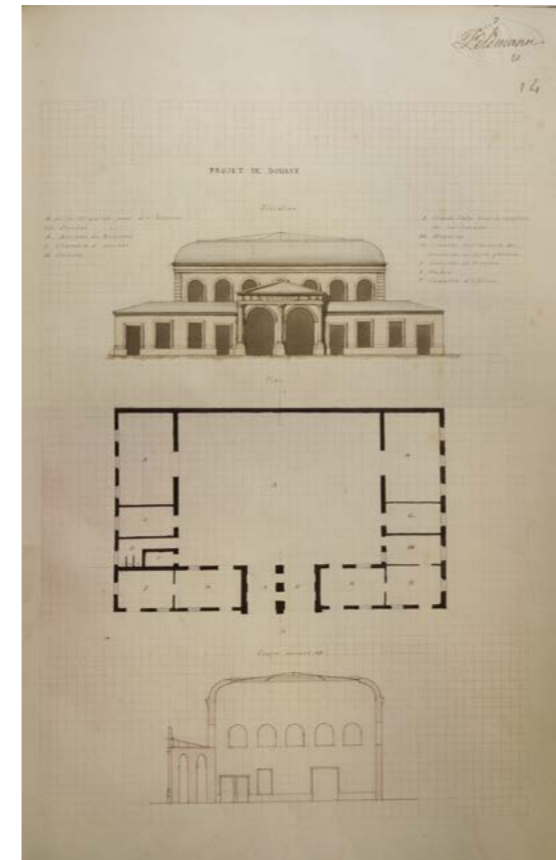
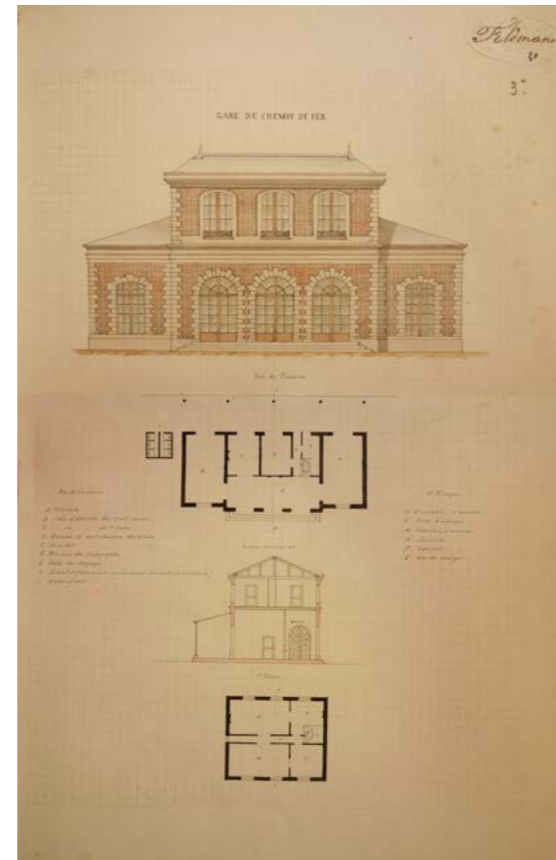
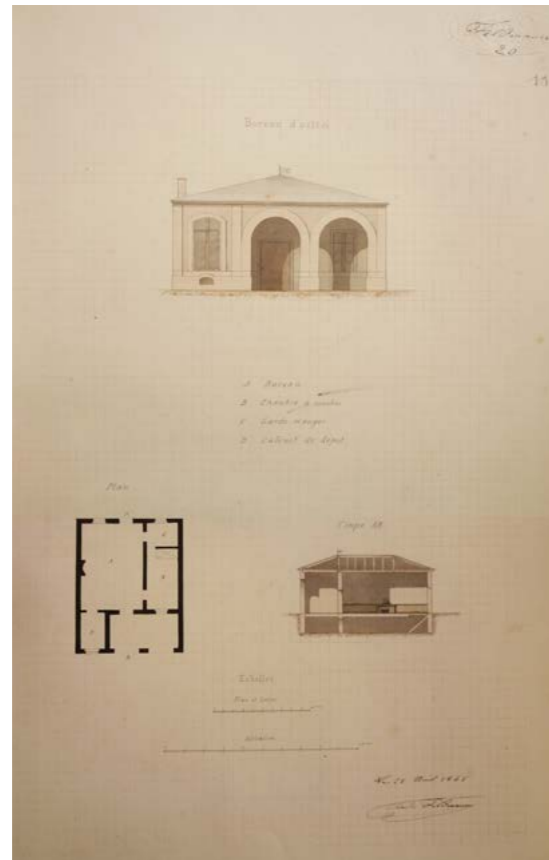


Figura 17. "Oficina de recaudación"
 Figura 18. "Estación ferroviaria". Proyectos para concursos de la École Polytechnique, trabajos del alumno Charles Feldmann, 1868
 Fuente: Archivos de la École Polytechnique (AEP).

De acuerdo con las notas tomadas por los alumnos, el curso no fue recortado sino más bien condensado, y la interacción entre construcción y composición arquitectónica a partir del estudio de los materiales continuó siendo la hipótesis fundamental que guiaba el desarrollo del curso. Se constata de esta forma la concentración de un mismo contenido, aunque se presentaron algunas inflexiones particularmente en beneficio de la historia de la arquitectura. A partir de 1874, Dartein reforzó "la cuota de la arqueología" al introducir "cuatro lecciones en las cuales pasaba revista y estudiaba en su carácter esencial, los sucesivos estilos arquitectónicos desde la época romana hasta nuestros días" (Dartein, 1874, p. 7). La importancia concedida a la historia encontró un soporte en las recopilaciones de fotografías que el docente puso a disposición de los alumnos y que constituyen los once volúmenes del *Recueil de vues photographiques de monuments d'architecture*. La iniciación artística asumida por la arquitectura se volcó poco a poco hacia el conocimiento histórico a medida que disminuía la cuota correspondiente a los ejercicios gráficos.

El lugar ocupado por la arquitectura era discutido, ya no de forma aislada, sino además frente a las otras disciplinas relacionadas con el dibujo, desde el enfoque de una economía de escala más general: así, la posición de la geometría descriptiva, de la arquitectura, del diseño de máquinas y del dibujo de imitación pasaron a ser debatidas de manera conjunta. A partir de 1881, la distribución en dos años de las treinta clases de arquitectura y de los respectivos ejercicios asociados, se inscribió en una gestión global del

número de bocetos que debían ser efectuados en las diferentes asignaturas. Mientras que las aguas sombreadas de capiteles –practicadas desde Durand– eran suprimidas, los bocetos de los tres órdenes arquitectónicos –que habían sido cambiados para el primer año– se convirtieron en sus sustitutos. El curso de arquitectura concentró los contenidos establecidos por Reynaud, y el trabajo gráfico mantuvo hasta los primeros años del siglo XX una síntesis de prácticas instauradas a mediados del siglo XIX; todo ello mientras se institucionalizaban, por así decirlo, los tres componentes fundamentales del curso: la entrega de apuntes, los dibujos y los concursos. De esto da fe una nota de Gustave Umbdenstock fechada en 1906, en la que describe su trabajo como *répétiteur*²⁵. Umbdenstock era el encargado de corregir las notas correspondientes a las treinta lecciones de las dos promociones: cuatro dibujos en el primer año (un estudio comparado de los tres órdenes y un tramo de órdenes superpuestos) y dos en el segundo año (el análisis en aguada de un detalle y el proyecto para un ayuntamiento), y dejaba al profesor titular el privilegio de evaluar los tres concursos (en 1906 se trató de "un pabellón de habitación en un parque", "una pequeña estación de tren" y "un pabellón de caza"). Esta constancia, tanto en las clases como en los ejercicios demuestra sin duda la resistencia de unas prácticas pedagógicas tradicionales en detrimento de la evolución del perfil de formación del ingeniero. La estabilidad de la enseñanza de la arquitectura

²⁵ Ver la Lettre à M. le Directeur des études de l'École Polytechnique (1901).

contrastaba en ese sentido con las modificaciones mucho más dinámicas que se dieron en la enseñanza del dibujo "artístico", especialmente cuando Eugène Guillaume (1822-1905) fue nombrado profesor de dibujo²⁶ en 1887. Cabe recordar que Guillaume fue el artífice en los años 1870-1880 de una ambiciosa reforma nacional en la enseñanza escolar del dibujo, que puso en orden la totalidad del plan de estudios para los alumnos de las escuelas primaria y secundaria²⁷.

El objetivo de dicha reforma estuvo enfocado en atenuar la ruptura entre arte e industria con el fin de mejorar la calidad de aquello que se producía, considerando al dibujo como una lengua común entre obreros, artistas, artesanos e industriales. Ahora bien, los cambios introducidos por Guillaume en la École Polytechnique pueden verse como la última fase de un plan de estudios completo que se proyectaba desde la escuela elemental hasta la formación para los ingenieros, propugnando el acercamiento entre el enfoque científico y el enfoque artístico del dibujo. Guillaume dejó de lado el uso de las antiguas copias de láminas litografiadas, para privilegiar la práctica del croquis realizado con base en la observación de modelos reales de partes ana-

²⁶ Después del profesorado de Léon Coignet, entre 1846 y 1861, la enseñanza del dibujo fue confiada únicamente a maestros del oficio, hasta la nominación de Adolphe Yvon en 1881. Eugène Guillaume lo sucedió entre 1887 y 1894. En la misma línea de las orientaciones de Guillaume, Lucien Doucet, y más tarde Paul Alfred Colin, ocuparon esta plaza entre 1895 y 1896, y entre 1896 y 1918, respectivamente.

²⁷ Ver *Un art pour tous. Le dessin à l'école de 1800 à nos jours* (2004).

tómicas, o de fragmentos de arquitectura a partir de modelos en yeso o *in situ* –directamente en el patio de la escuela–. En los años siguientes, los debates sobre el dibujo valorizaron la formación del alumno en la realización del croquis documental, "auxiliar inmediato de los cursos científicos", al tiempo que se le exigía a la práctica del dibujo su participación en toda formación artística²⁸. ¿En qué medida pudo esta modernización de la enseñanza del dibujo contribuir al desprestigio de los métodos heredados de Reynaud? En tal sentido, particularmente los ejercicios de copia de láminas de portafolios pudieron en efecto parecer obsoletos en un momento en el cual el profesor de dibujo prefería ya conducir a sus alumnos a espacios al aire libre para dibujar directamente edificios situados en el exterior de las aulas.

De los cursos a las conferencias, 1907-1913

La supresión anunciada del curso de arquitectura

Al comenzar el siglo XX, la arquitectura fue descrita cada vez más a menudo como una disciplina marginal, secundaria, cuyo rol fue el de introducir una compensación artística y cultural en un plan de estudios donde dominaban las

²⁸ Sobre este tema resultan fundamentales los elementos consignados en "Renseignements sur l'enseignement du dessin" (1897-1904). Por otro lado, la cuestión sobre la enseñanza de la fotografía también fue planteada: ver la nota relativa a la "creación práctica de un curso de fotografía" (1909).

Figura 19. "Aduana"
 Figura 20. "Orangerie". Proyectos para concursos de la École Polytechnique, trabajos del alumno Charles Feldmann, 1868
 Fuente: Archivos de la École Polytechnique (AEP).

directrices científicas. En 1907, un boletín sobre los programas prefiguraba el desmantelamiento del curso de arquitectura²⁹ denunciando su carácter demasiado “utilitario”, más apropiado para las escuelas de aplicación; el boletín proponía la supresión de las asignaturas de construcción y programas de edificios, para así conservar únicamente aquellas que abordaban verdaderamente la dimensión artística de la arquitectura, en otras palabras, las asignaturas que trataban el tema de los órdenes y los estilos. De esta manera, de las treinta sesiones del curso de arquitectura solamente ocho fueron juzgadas como dignas de ser conservadas³⁰. En el boletín se subrayaba el hecho de no poder atribuir la denominación de “curso” cuando se trataba –como en este caso– de un reducido número de clases, y se proponía por ello reemplazarlo con simples “conferencias” que no dieran lugar a otros ejercicios diferentes a la toma de notas de clase. Por otro lado, la utilización de proyecciones en sustitución del dibujo en el tablero permitiría una percepción más amplia; un curso litografiado sería entregado al alumno como referencia, y se organizaría una serie de visitas a monumentos y museos como extensión de las conferencias. En cuanto a las “aplicaciones” de estas lecciones, se estimaba que podían ser movilizadas hacia ejercicios gráficos desarrollados en el marco del curso de dibujo.

En los años siguientes, la revisión de los programas –orquestada por un nuevo director de estudios– llevó a la escuela hacia una reforma aún más radical: en julio de 1908, en un comunicado de la inspección permanente de las escuelas militares se solicitaba la supresión total del curso de arquitectura, aunque se proponía mantenerlo hasta la jubilación de Darstein que tendría lugar en 1910 (général Joffre, 1908), mientras que los ejercicios gráficos en cambio fueron suprimidos de forma inmediata. El comunicado afirmaba: “el curso de arquitectura no parece tener un lugar en la formación dispensada en la École Polytechnique”, esto, en la medida en que los rudimentos sobre la construcción que el curso proveía eran retomados luego en asignaturas más avanzadas; y además, en vista de la supuesta ineficacia del curso para proporcionar nociones “de arqueología y de arte”, se sugería que “si es posible despertar la curiosidad de los alumnos sobre cuestiones de estética, parece más adecuado que esto se dé en el marco de conferencias de formación general, por fuera de los cursos normales”³¹.

29 Ver la “Note sur la nécessité de réviser les programmes” (1907).

30 Tres sesiones sobre los órdenes, y otras cinco sobre la historia de los estilos en las cuales se abordaron específicamente temas como: los espacios abovedados y cubiertos de la arquitectura romana, las primeras basílicas cristianas, la arquitectura romano-bizantina y la arquitectura del medioevo.

31 “Comme celles que vous aviez demandé l’autorisation d’organiser dès cette année par votre lettre du 27 février 1908” (Darstein, 1874); el comunicado evoca sin duda

Esta solicitud de supresión suscitó diversas reacciones, comenzando por la del propio Darstein, quien elaboró en octubre de 1908 un folleto análogo al que ya había redactado en 1874 para defender el rol de su disciplina (Darstein, 1908), argumentando de nuevo esta vez la necesidad del curso de arquitectura y de los ejercicios gráficos en coherencia con los principios fundadores de la École Polytechnique. Darstein propuso, sin embargo, una pésima solución para conservar la arquitectura en un contexto de horarios sobrecargados: reducir el periodo de vacaciones, y argumentó, además, que la arquitectura debía constituir para el ingeniero, un entretenimiento mucho más fructífero que la inacción... La École des Ponts et Chaussées por su parte, apoyó decididamente a Darstein en su protesta en contra de la supresión de un curso que consideraban absolutamente necesario para la formación de sus futuros alumnos, tal y como se constata en el documento titulado “Observations tendant au maintien du cours d’architecture à Polytechnique”, redactado en 1909³² por Arthur Bonnet y Paul Séjourné.

Asimismo, en la École Polytechnique, otras voces se elevaron para defender la arquitectura, integrando a esta protesta otras críticas generalizadas con respecto al sistema pedagógico existente. El boletín titulado *École Polytechnique. Modifications proposées pour l’enseignement intérieur*, emitido en septiembre de 1908 por iniciativa del ingeniero y arquitecto Jules Pillet (1842-1912)³³, resulta esclarecedor por cuanto el autor se basó fundamentalmente en su propia experiencia como antiguo estudiante de Reynaud, y en el análisis de ciertas prácticas didácticas que había experimentado en otras instituciones. Profesor de dibujo de máquinas en la École Polytechnique desde 1874, Pillet desarrolló su actividad como docente en numerosas instituciones: en la École des Ponts et Chaussées desde 1867 y en la École Spéciale d’Architecture desde 1878; enseñó descriptiva en la École des Beaux-Arts desde 1883, e incluso reemplazó en 1894 a Émile Trélat (1821-1907) en la cátedra de construcciones civiles en el Centre National des Arts et Métiers. Como inspector de dibujo entre 1878 y 1894, participó activamente en la reforma a la educación del dibujo emprendida por Eugène Guillaume. Pillet se oponía a la reducción del curso de arquitectura a simples

las conferencias organizadas a partir de 1908 por Gustave Umbdenstock.

32 Sobre este aspecto, ver también la carta fechada el 27 noviembre 1909, del director de la École des Ponts et Chaussées al ministro de Travaux publics, en la cual se aboga por la permanencia del curso, por cuanto la supresión del mismo implicaría la inmediata creación de una asignatura equivalente en la École des Ponts et Chaussées.

33 Sobre Jules Pillet, ver los dos textos de Frédéric Seitz: “Jules Pillet (1842-1912), professeur de Constructions civiles (1894-1912)” (1994), y “L’Enseignement de la construction, de l’architecture et du dessin à la fin du xix^e siècle et au début du xx^e siècle, l’apport d’Émile Trélat et de Jules Pillet” (1993).

conferencias sobre historia de los estilos, apoyándose en la defensa de la especificidad de una enseñanza que debía formar especialistas y no simplemente “amateurs ilustrados”; Pillet preconizó la preservación de un curso de arquitectura orientado hacia el aprendizaje de la concepción arquitectónica y acompañado de ejercicios gráficos, aunque sugirió, por otro lado, una revisión completa de los métodos de transmisión para ajustarlos a una intensidad horaria reducida. Por esto, la toma de apuntes durante la clase magistral era fuertemente criticada ya que se efectuaba en detrimento de la realización de croquis. Pillet propuso revertir el esfuerzo del alumno en beneficio del dibujo, suministrándole un documento impreso (*autographié*) al cual podría remitirse por fuera del tiempo de la clase: distribuir un documento escrito que recogiera todas las nociones elementales economizaría el tiempo de discurso del profesor, quien no tendría ya la necesidad de exponer oralmente la totalidad del contenido. En definitiva, el tiempo de la clase podía así ser empleado en el ejercicio de competencias gráficas. Como alternativa a los bocetos de las láminas provenientes de los portafolios impresos, copiados una y otra vez de manera “estéril”, Pillet sugirió utilizar las sesiones llevadas a cabo en el anfiteatro para dibujar sobre un modelo geométrico más detallado los ejemplos arquitectónicos representados en grandes lienzos de más de dos metros de alto. El alumno tendría que ejecutar un solo dibujo por sesión, mientras que el profesor construiría su exposición a partir de la explicación consagrada al edificio en cuestión. La clase se convertiría así en una especie de estudio de caso, pretexto para el ejercicio gráfico. Pillet manifestó igualmente su convicción de la necesidad de una práctica de “interrogantes dibujados” sobre temas arquitectónicos, insistiendo en el hecho de que los modelos propuestos se apoyaran en experiencias pedagógicas practicadas igualmente en otras instituciones en donde él estaba implicado: así, establecimientos de enseñanza como el Centre National des Arts et Métiers o la École Spéciale d’Architecture, podrían haber servido entonces como recurso para la reflexión sobre la eficacia didáctica en el seno de la École Polytechnique. Darstein invocaba, por otro lado, algunas continuidades con la École des Ponts et Chaussées, y el ejemplo del curso creado por Fernand Delmas (1852-1933) en la École Centrale des Arts et Manufactures, para así legitimar el programa y la estructura de sus propias lecciones (Darstein, 1908, p. 21).

Como muestra de la voluntad de reformar el curso de arquitectura en vez de suprimirlo, los archivos guardan el sumario de un curso elaborado en 1909 y enviado a la dirección; el autor, probablemente Gustave Umbdenstock, enumeraba los temas “susceptibles de ser estudiados,

ya sea en la École Polytechnique, o bien en las escuelas de aplicación”³⁴ (Umbdenstock, 1913).

Dicho programa desplazaba los contenidos del curso de arquitectura hacia cuestiones de expresión y de composición arquitectónica, sugiriendo nuevas orientaciones que podían asimismo inspirarse en prácticas de otras instituciones con formaciones en arquitectura: el uso de las “proyecciones Molteni”, la visita a monumentos, la elaboración de dibujos en perspectiva o de pequeñas maquetas.

Todas estas propuestas evidencian cómo la amenaza de supresión del curso obligó a argumentar una vez más la pertinencia de la arquitectura para la formación del ingeniero, justo cuando la pronta partida de Darstein abría una posibilidad para actualizar los métodos de enseñanza. Esta coyuntura motivó debates sobre la eficacia pedagógica ante la redistribución de horarios de los alumnos, invitó a informarse en cuanto a las prácticas didácticas contemporáneas, motivó a interrogarse sobre los roles de lo oral, de lo escrito y lo gráfico en la enseñanza de la arquitectura, y promovió la reflexión en torno al papel de los intercambios y las transferencias entre disciplinas.

Las conferencias de arquitectura: ¿declive o renovación de la enseñanza?

Los dos últimos años de docencia de Darstein, entre 1908 y 1910, fueron años de transición: al sentirse perjudicado por lo que consideraba como una afrenta personal, Darstein se preparó para jubilarse a medida que Gustave Umbdenstock, su *répétiteur*, fuera asumiendo el nuevo rol. Desde 1908, Umbdenstock anticipó las futuras transformaciones: paralelamente a las últimas clases impartidas por su superior, dicta entonces algunas “conferencias de arquitectura” por fuera del plan de estudios, pero seguidas con entusiasmo por los estudiantes³⁵. Los textos y los dibujos incluidos en *Ombres*, una publicación anual de la institución que reunía caricaturas hechas por los propios alumnos, recrean el contraste entre “Dart” (Darstein) cuya monotonía “arrulladora” podía adormecer rápidamente al auditorio, y Umbdenstock, mejor conocido como el “Infra-Dart”, quien era descrito en cambio como alguien especialmente dinámico³⁶ (Figuras 21 y 22).

34 “Al Sr. General Kreitmman, comandante de la École Polytechnique. Sumario de un curso de arquitectura. Lista de programas susceptibles de ser estudiados en la École Polytechnique, o en las escuelas de aplicación” (3 p. AEP, III. 3. E). El documento no está firmado pero las orientaciones propuestas permiten pensar que el autor es Umbdenstock, más aún por cuanto él afirma en una carta fechada en 1913, que había redactado un programa así en 1909.

35 Ver especialmente las tres conferencias tituladas: *Conférence d’architecture* (1908); *La porte à travers les âges* (texto *autographié*, con croquis en las márgenes); y *Du dessin et du lavis d’architecture* (texto dactilografiado).

36 *Ombres*, 1909 (AEP, X2B31).

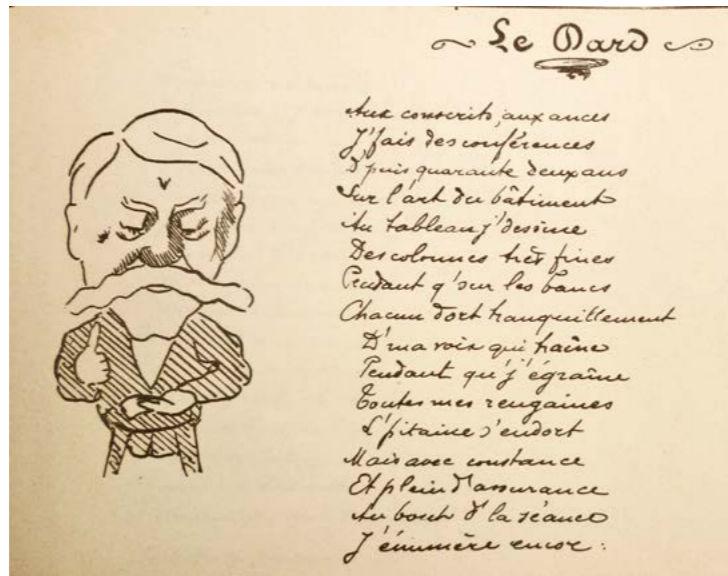


Figura 21. Caricatura de Fernand Dartein (apodado "le Dard" o "le Dart"), hecha por un alumno.

Fuente: *Ombres*, 1909. Archivos de la École Polytechnique (AEP).

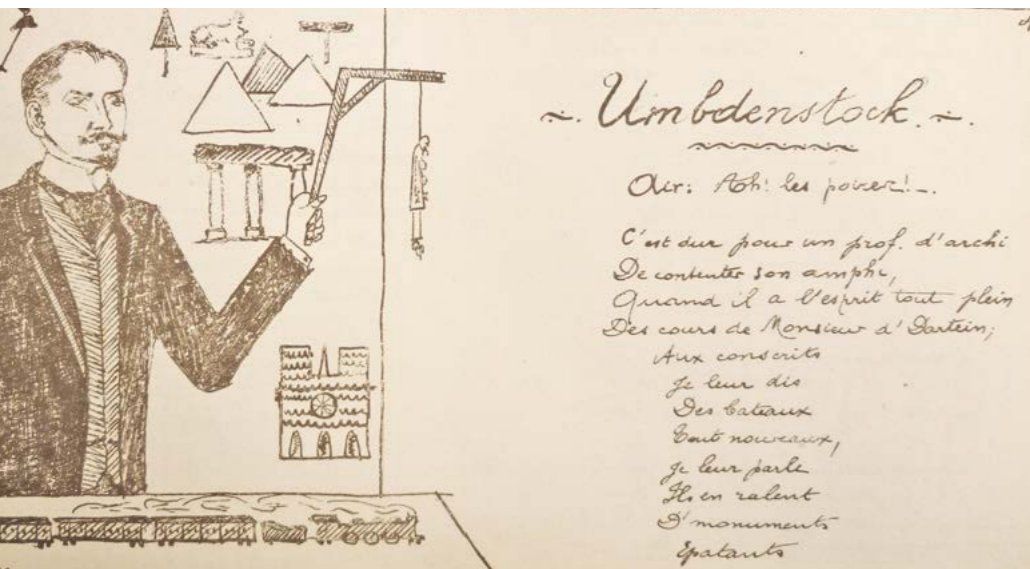


Figura 22. Caricatura de Gustave Umbdenstock (apodado "le Sous-Dart"), hecha por un alumno

Fuente: *Ombres*, 1909. Archivos de la École Polytechnique (AEP).

En 1909, una versión (*autographiée*) del curso de Dartein (s.d.a), cuyo contenido asociaba texto y figuras, fue puesta a disposición de los alumnos: esta publicación mitigaba la supresión del examen en el cual los alumnos reconstituían sus apuntes, y respondía igualmente a la exigencia de privilegiar en la clase los croquis antes que lo escrito. Si bien esta versión de 1909 daba fe de un cambio en los métodos de transmisión, el contenido seguía siendo fiel al esquema definido por Reynaud aunque aumentando un poco el enfoque histórico. Y a pesar de que los ejercicios de bocetos fueron suprimidos del programa, los concursos en cambio lograron permanecer. Los tres temas dados durante el año 1908-1909, probablemente redactados por Umbdenstock, tenían una connotación militar: "la puerta de un arsenal", "una pequeña estación ferroviaria estratégica en las colonias", "una biblioteca de cuartel"³⁷. Se trataba de ejercicios simplificados, a medio camino entre el antiguo boceto de "ayuntamiento" –en el cual los alumnos finalizaban la escritura arquitectónica a partir de documentos geométrales suministrados– y los proyectos precedentes de "concursos" –en los cuales los alum-

³⁷ Ver los enunciados de los concursos de arquitectura para el año 1908-1909 (AEP, III, 3, e, núm. 1).

nos debían concebir enteramente el edificio–. El plano de la primera planta era suministrado, y el trabajo consistía entonces en organizar el entresuelo para luego redibujar las plantas, el corte y el alzado.

El curso de arquitectura fue suprimido en 1910, al igual que la plaza de profesor; hasta 1913, la enseñanza de la arquitectura perduró bajo una forma limitada, con doce conferencias y varios proyectos de concurso siempre bajo la responsabilidad del enérgico Gustave Umbdenstock, quien supo conservar su estatus de *répétiteur*. Al observar los temas de concursos realizados en la década de 1910, podemos interrogarnos sobre las interacciones entre la actividad de Umbdenstock como docente en la École Polytechnique y su atelier en la École des Beaux-Arts³⁸. Si bien las láminas que Umbdenstock publicó en su *Recueil de compositions architecturales* fueron presentadas por Victor Laloux (1850-1937) –autor del prefacio– como ejemplos destinados exclusivamente a sus estudiantes de arquitectura, encontramos allí los temas propuestos para los proyectos de admisión, los cuales serían frecuentemente adoptados en los concursos de la École Polytechnique, como sucedió con la "estación de funicular" o el "pabellón de caza"³⁹. En los temas planteados se hacía igualmente énfasis en la transcripción espacial del programa –en el plano–, y en la concordancia entre el desarrollo estilístico y la destinación –en los alzados–.

En cuanto a la transformación del "curso" en "conferencias", esta decisión marcó un auténtico menoscabo del rol de la disciplina arquitectónica en el seno de la estructura pedagógica: la arqui-

³⁸ Umbdenstock fue profesor asistente en el atelier libre de Deglane, entre 1898 y 1901, y creó un atelier preparatorio 1904. Este atelier se convirtió en atelier libre en 1909.

³⁹ En el *Recueil de compositions architecturales* (Umbdenstock, 1922), se puede apreciar, por ejemplo, la lámina 41, "una estación de funicular", y la lámina 7, "un rendez-vous de caza en la montaña", ambas con fecha de 1913 y que corresponden a temas propuestos por Umbdenstock para los concursos. Ver también los "Esquisses de projets".

tectura fue desde entonces vista como una materia anexa y relacionada con la cultura general, del mismo modo que podía estarlo la literatura. Con pleno compromiso, Umbdenstock realizó sus conferencias integrando perfectamente en ellas las sugerencias que emanaban de la dirección de estudios de la École Polytechnique, como sucedió específicamente cuando prescindió de las cuestiones netamente constructivas para situar en un primer plano las cuestiones estéticas. Así por ejemplo, las construcciones en madera y en hierro (ver anexo 3) fueron abordadas solo desde la perspectiva de su "valor expresivo", mutación de contenidos que se vio acompañada de un cambio de estilo. Las doce conferencias dictadas por fuera del plan de estudios adquirieron inmediatamente un estatus que podría calificarse casi de entretención, con Umbdenstock como gran orador, el cual aseguraba un verdadero espectáculo. Al escucharlo, el auditorio se entusiasmaba tanto por el uso de una retórica apoyada en una serie de metáforas científicas que evocaba un imaginario prestado de otras formaciones –mecánica, física, química...–, como por la expresión de un agresivo discurso patriótico que situaba la estética arquitectónica como un asunto de compromiso nacional. Umbdenstock aparece descrito en las historias consagradas a la École Polytechnique como un "coloso rugiente", apreciado particularmente por los alumnos, y que desencadenaba las pasiones en un auditorio que los *capitaines de service* se rehusaban a supervisar (Callot, 1982, p. 168). Y aunque los relatos expresados a través de las caricaturas publicadas en las páginas de *Ombres* resaltaban su excepcional talento verbal, Umbdenstock se esmeró igualmente en la organización y difusión de sus conferencias en un lenguaje escrito menos especializado, lo cual dio como resultado la publicación, en 1910, de las *Douze conférences d'architecture*.

Fue tal el éxito de aquellas conferencias, que en 1912 el Consejo de perfeccionamiento de la École solicitó a Umbdenstock reestructurar un curso de arquitectura de treinta lecciones, con lo cual se volvía en definitiva al escenario de 1909. Tal solicitud insistía, no obstante, en la necesidad de reformar los contenidos, para así "liberarse de la antigua influencia", es decir, de lo que representaba el legado de Reynaud⁴⁰. En la víspera de la guerra, Umbdenstock redactó un programa que desarrollaba lo expuesto por él en las conferencias (ver anexo 4); este curso no sería puesto en marcha sino hasta después de terminada la conflagración. Alistado en el ejército de forma voluntaria en 1914, y herido en

⁴⁰ Ver el informe titulado *Architecture et dessin. Rapport du directeur des études* (1912), así como los intercambios epistolares en 1913 entre el comandante la École Polytechnique (general Cornille) y el ministro de guerra de la época; y las cartas de Umbdenstock al director de estudios (M. Carvallo), al finalizar aquel mismo año.

1915, Umbdenstock fue condecorado por sus acciones militares, y nombrado a su regreso a la École Polytechnique en 1919 como profesor titular, cargo que conservará hasta su jubilación en 1937. Su personalidad y su admirable talento como orador parecen haber jugado un papel determinante para la supervivencia del curso de arquitectura, aun a costa de su transformación en un sistema de conferencias-espectáculo: su desempeño escénico aseguró a la enseñanza de la arquitectura un lugar de privilegio dentro de la formación de los ingenieros.

Desde Fernand de Dartein hasta Gustave Umbdenstock, el estudio de esta sucesión permite sobre todo evaluar la excepcional longevidad –durante siete décadas– del modelo pedagógico puesto en práctica por Léonce Reynaud, así como la importancia de su *Traité d'architecture*, referencia obligada en la enseñanza de la arquitectura hasta comienzos del siglo XX. Como evidente es también la continuidad de una definición sutil en los objetivos pedagógicos asignados a la arquitectura, situados en el cruce de caminos entre el saber técnico y constructivo, el dominio del dibujo y la adquisición de una cultura artística e histórica.

No obstante, la adaptación condensada de un modelo pedagógico apuntalado sobre los principios fundadores de la École resultaba, al comenzar el siglo XX, una respuesta insuficiente frente a las evoluciones que habían afectado hasta entonces el perfil de la formación del ingeniero. La transición gradual hacia Gustave Umbdenstock fue una buena ocasión para realizar ajustes más radicales que afectaban la definición misma de arquitectura: la desaparición de un arraigo técnico la empujaba hacia problemáticas estéticas, históricas y sociales. La enseñanza de la arquitectura en la École Polytechnique constituyó, en la época descrita, un espacio en el cual se acentuaban diferencias entre la arquitectura y la construcción, en otras palabras, entre un aprendizaje artístico de la composición arquitectónica integrado a un conocimiento histórico, y, por otra parte, la integración de la dimensión técnica. La marginalización de la disciplina que se hacía ya explícita con la transformación del curso de arquitectura en simples conferencias, era confirmada con la disminución progresiva de los ejercicios gráficos, lo cual se conectaba de manera global al menoscabo de la influencia de la geometría como asiento de la formación intelectual. La supresión de los "bocetos", utilizados inicialmente en la enseñanza de la geometría descriptiva, puso en evidencia la profunda transformación del estatus del dibujo, aun cuando la práctica de los croquis y de los "concursos", que se mantuvo hasta después de la Primera Guerra Mundial, pareciera revelar afinidades con las prácticas de la École des Beaux-Arts, preservadas durante largo tiempo.

Referencias

Belhoste, B., Dahan-Dalmedico, A. y Picon, A. (dir.). (1994). *La formation polytechnicienne*. Paris: Dunod.

Belhoste, B. (2002). Anatomie d'un concours. L'organisation de l'examen d'admission à l'École Polytechnique de la Révolution à nos jours. *Histoire de l'éducation*, 94, 141-175. Recuperado de <https://www.cairn.info/revue-histoire-de-l-education-2002-2-p-5.htm>

Bonnet, A. y Sejourne, P. (1909). Observations tendant au maintien du cours d'architecture à Polytechnique, AEP, III, 3, e.

Callot, P. (1982). *Histoire de l'École Polytechnique*. Paris/ Limoges: Charles Lavauzelles.

Claris, G. (1895). *Notre École Polytechnique*. Paris: Librairies-Imprimeries Réunies.

D'Enfert, R. y Lagoutte, D. (2004). *Un art pour tous. Le dessin à l'école de 1800 à nos jours*. Lyon: INRP.

Dartein, F. de (s.d.a). Cours d'architecture, rédigé en 1909 par M. de Dartein, AEP.

Dartein, F. de (s.d.b). Recueil de vues photographiques de monuments d'architecture, once volumes. AEP, H2A79.

Dartein, F. de (1865). Étude sur l'architecture lombarde et sur les origines de l'architecture romano-byzantine. Paris: Dunod.

Dartein, F. de (1874). À Messieurs les membres du Conseil de perfectionnement. Observations sur le cours d'architecture de l'École Polytechnique et sur le programme de ses leçons. Paris: Imp. Simon Raçon.

Dartein, F. de (1885). *Léonce Reynaud. Sa vie et ses œuvres par l'un de ses élèves*. Paris: Dunod.

Dartein, F. de (1891-1893). *Documents sur les fermes métalliques à grande ouverture, réunis et coordonnés par F. de Dartein avec le concours de J. Boulard*. Paris: Ministère des travaux publics, École Nationale des Ponts et Chaussées.

Dartein, F. de (1908). À Messieurs les membres du conseil de l'École Polytechnique. Observations tendant au maintien du cours d'architecture dont la suppression ou la transformation en conférences est proposée par une dépêche du 17 juillet 1908 adressée par Monsieur le général inspecteur permanent des écoles militaires à monsieur le général commandant de l'École Polytechnique, Paris: Lahure, AEP, III, 3, a, núm. 1.

Dupont, J.-Y. (2000). Le cours de machines à l'École Polytechnique, de sa création jusqu'en 1850. *Bulletin de la Société des amis de la bibliothèque de l'École Polytechnique*, 25.

Général Joffre, Carta al Général Commandant de l'École Polytechnique, "Analyse: au sujet des programmes d'enseignement", Paris, 17 julio de 1908. AEP, III, 3, a, núm. 6.

Guigueno, V. Picon, A. (1996). Entre rationalisme et éclectisme, l'enseignement d'architecture de Léonce Reynaud. *Bulletin de la société des amis de la Bibliothèque de l'École Polytechnique*, 16, 12-21. Recuperado de <https://journals.openedition.org/sabix/800?lang=en>

Jaquet-Francillon, R., D'Enfert, R. y Loeffel, L. (2010). *Une histoire de l'école. Anthologie de l'éducation et de l'enseignement en France XVIII^e-XX^e siècle*, Paris: Retz. Recuperado de <https://journals.openedition.org/histoire-education/2474>

Lucan, J. (2009). *Composition non composition. Architecture et théories XIX^e-XX^e siècles*. Lausanne: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.

Ministère de la Guerre (1861). *Programmes de l'enseignement intérieur de l'École Impériale Polytechnique pour l'année 1860-1861*. Paris: Imprimerie nationale, AEP.

Nègre, V. (2011a). L'enseignement de l'architecture au Conservatoire National des Arts et Métiers (1854-1971). En G. Lambert y E. Thibault (dirs.). *L'atelier et l'amphithéâtre: les écoles de l'architecture, entre théorie et pratique*. Wavre: Mardaga.

Nègre, V. (2011b). Architecture et construction dans les cours de l'École Centrale des Arts et Manufactures (1833-1864) et du Conservatoire National des Arts et Métiers (1854-1894). En J.-P. Garric É. d'Orgeix y E. Thibault (dirs.). *Bibliothèques d'atelier. Édition et enseignement de l'architecture. Paris 1785-1871*, Paris: INHA. Recuperado de <https://journals.openedition.org/inha/3189>

Picon, A. (1992a). *L'invention de l'ingénieur moderne. L'école des Ponts et Chaussées 1747-1851*. Paris: Presses de l'ENPC.

Picon, A. (1992b). La doctrine de Léonce Reynaud, entre rationalisme structurel et système des beaux arts. En *L'invention de l'ingénieur moderne*, 550-560.

Picon, A. (1992c). Apprendre à concevoir les gares: l'enseignement de Léonce Reynaud. *Revue d'histoire des chemins de fer*, 5-6, 51-63.

Pillet, J. (20 septiembre 1908). École Polytechnique. Modifications proposées pour l'enseignement intérieur, AEP III, 3, a, núm. 6.

Reynaud, L. (1850-1858). *Traité d'architecture* (2 vols. de texto y 2 vols. de láminas). Paris: Carilian-Goëury et V. Dalmont.

Sakarovitch, J. (1994). La Géométrie descriptive, une reine déchuée. En B. Belhoste, A. Dahan-Dalmedico y A. Picon (dirs.). *La formation polytechnicienne* (pp. 77-93). Paris: Dunod.

Sakarovitch, J. (2009). "Auguste Choisy, engineering student: A technical training with a pinch of human and social sciences", ponencia en el Coloquio: Choisy 1841-1909, l'architecture et l'art de bâtir, Madrid, 19-21 de noviembre de 2009, 371-386.

Savorra, M. (2005). Una storia per gli ingegneri. Corrispondenze e continuità tra Léonce Reynaud, Fernand de Dartein e Auguste Choisy. *Parametro*, 255(XXXV), 40-46.

Seitz, F. (1993). L'Enseignement de la construction, de l'architecture et du dessin à la fin du XIX^e siècle et au début du XX^e siècle, l'apport d'Émile Trélat et de Jules Pillet. *Les Cahiers du CNAM*, 2-3, 157-173.

Seitz, F. (1994). Jules Pillet (1842-1912), professeur de Constructions civiles (1894-1912).

En C. Fontanon y A. Grelon. *Les professeurs du Conservatoire national des arts et métiers. Dictionnaire biographique 1794-1955* (t. 2, 339-411). Paris: Institut National de Recherche Pédagogique.

Shinn, T. (1980). *Savoir scientifique et pouvoir social. L'École Polytechnique 1794-1914*. Paris: Presses de la FNSP.

Szambien, W. (1984). *Jean Nicolas Louis Durand. De l'imitation à la norme*. Paris: Picard.

Szambien, W. y Talenti, S. (1996). Durand, Quat-Faslem et Dartein ou l'influence européenne de Durand. *Bulletin de la société des amis de la Bibliothèque de l'École Polytechnique*, 16, 1-11. Recuperado de <https://journals.openedition.org/sabix/797?lang=en>

Talenti, S. (2000a). *L'histoire de l'architecture en France: émergence d'une discipline (1863-1914)*. Paris: Picard.

Talenti, S. (2000b). Dartein, Fernand de. En Saur (ed.), *Allgemeines Künstlerlexikon*. Munich-Leipzig: bd. XXIV.

Thibault, E. (2010). *La Géométrie des émotions. Les esthétiques scientifiques de l'architecture en France 1860-1950*. Wavre: Mardaga.

Umbdenstock, G. (1906). Lettre à M. le Directeur des études de l'École Polytechnique, AEP, VI, 1, b, 2.

Umbdenstock, G. (1908a). *Conférence d'architecture*. Paris: Welhoff et Roche.

Umbdenstock, G. (1908b). *La porte à travers les âges*. Paris: Welhoff et Roche.

Umbdenstock, G. (1909). *Du dessin et du lavis d'architecture*. Paris: Welhoff et Roche.

Umbdenstock, G. (1910). *Douze conférences d'architecture*. Paris: École Polytechnique.

Umbdenstock, G. (1912). Architecture et dessin. Rapport du directeur des études, AEP, III, 3, e, núm. 1.

Umbdenstock, G. (1913). Rapport sur l'enseignement de l'architecture, AEP, III, 3.

Umbdenstock, G. (1922). *Recueil de compositions architecturales*. Paris: Ch. Massin.

Umbdenstock, G. (1930). *Cours d'architecture* (2 vols.). Paris: Gauthier-Villars.

Vigato, J.-C. (1994). Gustave Umbdenstock, architecture, polémique et tradition. En B. Belhoste, A. Dahan-Dalmedico y A. Picon (eds.). *La formation polytechnicienne*. Paris: Dunod, 265-279.

Vigato, J.-C. (1996). Gustave Umbdenstock, professeur d'architecture. *Bulletin de la société des amis de la Bibliothèque de l'École Polytechnique*, núm. 16, 29-49.

Archivos consultados

Archives de l'École Polytechnique (AEP).

ANEXOS

Anexo 1. Comparación del programa de cursos de Léonce Reynaud y de Fernand de Dartein.

Fuente: *Programmes de l'enseignement intérieur de l'École Impériale Polytechnique pour l'année 1860-1861* (profesor Léonce Reynaud).

Programmes de l'enseignement intérieur de l'École Impériale Polytechnique pour l'année 1868-69 (profesor Fernand de Dartein).

Reynaud, programa del año 1860-61	Dartein, programa del año 1868-69
1°. Introducción	1°. Introducción. piedras, cales, morteros
1° parte. Elementos de los edificios	2°. Cimientos
2°, 3° y 4°. Construcciones en piedra	3°. Construcción de muros
- Materiales elementales	4°. Decoración de muros. Apoyos aislados
- Elementos de construcción en piedra (cimientos, muros)	5°. Los órdenes arquitectónicos. Orden dórico
5°, 6°, 7° y 8°	6°. Orden jónico
Columnas	7°. Orden corintio
Cariátides	8°. Arcadas sobre arbotantes
Arcadas	9°. Ventanas, puertas
9° y 10°	10°. Ático, cornisas de remate, frontones, balastradas
Puertas y ventanas	11°. Techos en piedra, bóvedas, su nomenclatura
Cimientos	12°. Nociones de estabilidad de bóvedas Decoración de bóvedas
Áticos	13°. Construcciones en madera, estructuras Conservación de la madera. <i>Pans de bois</i> . Travesaños
Cornisas de remate	14°. Entrepisos en madera
Frontones	15°. Estructuras para cubiertas
Balastradas	Diversos sistemas de cubiertas
11°, 12° y 13°	16°. Carpinterías, parqués, revestimientos, puertas
Techos	17°. Construcciones metálicas, hierro, hierro fundido, ensamblajes en hierro
Bóvedas	18°. Ensamblajes en hierro fundido
14°, 15°, 16° y 17°. Construcciones en madera	Entrepisos metálicos
- Materiales básicos	19°. Construcciones en hierro
- Elementos de construcción en madera	- Materiales elementales
- Estructuras para cubiertas	- Elementos de construcción en hierro
18° Carpinterías	19°. Cubiertas metálicas
19°. Construcciones en hierro	20°. Apoyos metálicos aislados
- Materiales elementales	Pórticos metálicos
- Elementos de construcción en hierro	21°. Composición de edificios
2° parte. Combinación de elementos y composición de edificios	Pórticos
Combinación de elementos de edificios	22°. Pórticos
20°, 21°, 22°, 23°, 24° y 25°	23°. Portales
- Consideraciones generales	24°. Vestíbulos
- Principales componentes de edificios (portales, pórticos, vestíbulos, escaleras)	25°. Escaleras
26°, 27 y 28°	26°. Salas romanas techadas y abovedadas Primeras basílicas cristianas
- Salas techadas	27°. Estilo bizantino
- Salas abovedadas	28°. Estilo romano-bizantino
- Patios	29°. Estilo ojival [gótico]
- Plazas públicas	30°. Renacimiento
- Jardines y fuentes	Arquitectura moderna
Composición de edificios	31°. Patios
29°, 30°, 31°, 32°, 33° y 34°	32°. Jardines, fuentes de agua, composición de edificios, proyecto de biblioteca
- Programas y proyectos de edificios de diversa naturaleza	33°. Residencias particulares, casas urbanas y de campo, hoteles
	34°. Prisiones
	35°. Hospitales
Nociones sobre vías de comunicación	36°. Cuarteles, puertas de acceso a la ciudad, entradas monumentales
35°, 36°, 37°, 38°, 39° y 40°	37°. Obras públicas, vías de comunicación, carreteras
-Consideraciones generales	38°. Vías férreas
-Carreteras	39°. Vías navegables, canales
-Vías férreas	40°. Obras de arte
-Canales	Puentes
-Navegación en lechos fluviales	Viaductos
-Obras de arte relacionadas con la implementación de vías de comunicación	Acueductos

Anexo 2.

“Composición de edificios. Estudio de un proyecto”. Extracto de Fernand de Dartein, *Cours d'architecture*, École Polytechnique, 1909.

- **Trabajo preliminar** –Examen crítico del programa. –Informaciones relativas al programa, suministradas por monumentos análogos. –Estudio de tales monumentos. –Mejoras sugeridas a partir del estudio.
- **Planos** –Esbozos propuestos libremente, pequeños pero sin escala específica. –Vista del conjunto. –Distribución de los servicios al interior de los edificios, si se trata de un conjunto, y por pisos. –Circulaciones principales.
- Estudio de la planta, primero en una escala reducida, y luego en una escala mayor.
- Cantidad y distribución de los componentes. –Distribución. –Circulaciones. –Posición disposición de las escaleras.
- **Cortes** –Estudiar los cortes antes de finalizar la planta. –Construcción. –Cimientos. –Sótanos. –Altura de pisos. –Muros. –Columnas. –Bóvedas. –Techo. –Chimeneas. –Cubierta.
- **Elevaciones** –Esquema original del conjunto, y modificaciones realizadas, si las hay, de acuerdo con los estudios precedentes. –Estudio del conjunto a una escala intermedia.
- **Perspectivas** para comprender el aspecto real y el valor de los voladizos. Estudio de la armonía y la belleza de las formas.
- Estudio a gran escala de los detalles, y, si es posible, a veces a tamaño real. Modelos en yeso de los principales elementos empleados en la escultura, los capiteles, los emblemas, las consolas, etc.

Anexo 3.

Gustave Umbdenstock. *Doce conferencias de arquitectura*, École Polytechnique, año 1911-1912

1. Historia y filosofía de la arquitectura.
2. Composición arquitectónica y valor expresivo de las formas geométricas.
3. Ángulo obtuso. Líneas paralelas. Líneas secantes.
4. La curva.
- 5 y 6. Aplicación del valor expresivo de la curva en construcciones en madera y hierro.
7. Estudio de superficies. Lo utilitario, lo decorativo, lo monumental.
8. La concepción monumental griega y romana.
9. Arquitectura gótica.
10. Arquitectura civil del medioevo.
11. Suelos, chimeneas, pórticos y aleros, techos.
12. Teoría y elementos de la composición decorativa.

Anexo 4.

“Arquitectura. Programa establecido por el Conseil de Perfectionnement durante las sesiones de los días 5 de abril y 3 de mayo de 1913”

Primer año (12 lecciones)

Introducción: Definición y objeto de la Arquitectura. Estructura del curso.

Nociones de historia de la arquitectura desde la Antigüedad hasta nuestros días.

- a) Nociones elementales sobre la arquitectura de Egipto y de Persia. Formas y proporciones de sus diferentes elementos.
- b) Arquitectura griega. Formas y proporciones de sus diferentes órdenes.
- c) Arquitectura durante la Antigüedad romana. La basílica. La sala de termas.
- d) Arquitectura bizantina. Formas y proporciones de sus diversos elementos.
- e) Arquitectura romana. Formas y proporciones de sus diversos elementos.
- f) Arquitectura ojival [gótica]. Formas y proporciones de sus diversos elementos en Francia y en Europa occidental.
- g) Arquitectura del Renacimiento en Italia y Francia.
- h) Arquitectura clásica.

Segundo año (6 sesiones) (que luego serían 12 por disposición del ministro, según se indica en el comunicado del 14 de mayo de 1913).

Arquitectura contemporánea, en Francia y en el extranjero.

El programa moderno y los nuevos materiales. Las leyes de su estética y de su carácter.

Ejercicios

- Antes de la sesión, los alumnos reciben una hoja sobre la cual aparecen litografiados los bocetos.
- Durante la sesión, los alumnos dibujan sobre la hoja suministrada aquellos bosquejos que el profesor traza en el tablero, y que no se encuentran reproducidos en la respectiva hoja. Los bosquejos que allí figuran van acompañados de títulos, y en algunos casos de cotas. Después de la sesión, los alumnos reciben una síntesis redactada por el profesor. Los alumnos deben completar los croquis propuestos por el profesor. Estos ejercicios son recuperados por el profesor al día siguiente con el fin de ser corregidos y calificados.
- Al cabo de dicha corrección, las hojas de croquis deben ser anexadas al texto de las sesiones.



A Derechos de autor

La postulación de un artículo a la *Revista de Arquitectura (Bogotá)* indica que- e los autores certifican que conocen y aceptan la política editorial, para lo cual firmarán en original y remitirán el formato RevArq FP00 Carta de originalidad.

La *Revista de Arquitectura (Bogotá)* maneja una política de Autoarchivo VERDE, según las directrices de SHERPA/RoMEO, por lo cual el autor puede:

- **Pre-print** del autor: Archivar la versión *pre-print* (la versión previa a la revisión por pares)
- **Post-print** del autor: Archivar la versión *post-print* (la versión final posterior a la revisión por pares)
- Versión de editor/PDF: Archivar la versión del editor – PDF/HTML/XLM en la maqueta de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)*.

El Autoarchivo se debe hacer respetando la licencia de acceso abierto, la integridad y la imagen de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, también se recomienda incluir la referencia, el vínculo electrónico y el DOI.

El autor o los autores son los titulares del Copyright © del texto publicado y la Editorial de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)* solicita la firma de una autorización de reproducción del artículo (RevArq FP03 Autorización reproducción), la cual se acoge a la licencia CC, donde se expresa el derecho de primera publicación de la obra.

La *Revista de Arquitectura (Bogotá)* se guía por las normas internacionales sobre propiedad intelectual y derechos de autor, y de manera particular el artículo 58 de la Constitución Política de Colombia, la Ley 23 de 1982 y el Acuerdo 172 del 30 de septiembre de 2010 (Reglamento de propiedad intelectual de la Universidad Católica de Colombia).

Para efectos de autoría y coautoría de artículos se diferencian dos tipos: “obra en colaboración” y “obra colectiva”. La primera es aquella cuya autoría corresponde a todos los participantes al ser fruto de su trabajo conjunto. En este caso, quien actúa como responsable y persona de contacto debe asegurar que quienes firman como autores han revisado y aprobado la versión final, y dan consentimiento para su divulgación. La obra colectiva es aquella en la que, aunque participan diversos colaboradores, hay un autor que toma la iniciativa, la coordinación y realización de dicha obra. En estos casos, la autoría corresponderá a dicha persona (salvo pacto en contrario) y será suficiente únicamente con su autorización de divulgación.

El número de autores por artículo debe estar justificado por el tema, la complejidad y la extensión, y no deberá ser superior a la media de la disciplina, por lo cual se recomienda que no sea mayor de cinco. El orden en que se enuncien corresponderá a los aportes de cada uno a la construcción del texto, se debe evitar la autoría ficticia o regalada. Si se incluyen más personas que trabajaron en la investigación se sugiere que sea en calidad de colaboradores o como parte de los agradecimientos. La *Revista de Arquitectura (Bogotá)* respetará el número y el orden en que figuren en el original remitido. Si los autores consideran necesario, al final del artículo pueden incluir una breve descripción de los aportes individuales de cada uno de firmantes.

La comunicación se establece con uno de los autores, quien a su vez será el responsable de informar a los demás autores de las notificaciones emitidas por la *Revista de Arquitectura (Bogotá)*.

En virtud de mantener el equilibrio de las secciones y las mismas oportunidades para todos los participantes, un mismo autor puede postular dos o más artículos de manera simultánea; si la decisión editorial es favorable y los artículos son aceptados, su publicación se realizará en números diferentes.

A Acceso abierto

La *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, en su misión de divulgar la investigación y apoyar el conocimiento y la discusión en los campos de interés, proporciona acceso abierto, inmediato e irrestricto a su contenido de manera gratuita mediante la distribución de ejemplares impresos y digitales. Los interesados pueden leer, descargar, guardar, copiar y distribuir, imprimir, usar, buscar o referenciar el texto completo o parcial de los artículos o la totalidad de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)*.



Esta revista se acoge a la licencia *Creative Commons* (CC BY-NC de Atribución – No comercial 4.0 Internacional): “Esta licencia permite a otros entremezclar, ajustar y construir a partir de su obra con fines no comerciales, y aunque en sus nuevas creaciones deban reconocerle su autoría y no puedan ser utilizadas de manera comercial, no tienen que estar bajo una licencia con los mismos términos”.

La *Revista de Arquitectura* es divulgada en centros y grupos de investigación, en bibliotecas y universidades, y en las principales facultades de Arquitectura, mediante acceso abierto a la versión digital y suscripción anual al ejemplar impreso o por medio de canje, este último se formaliza mediante el formato RevArq FP20 Canjes.

Para aumentar su visibilidad y el impacto de los artículos, se envían a bases de datos y sistemas de indexación y resumen (SIR) y, asimismo, pueden ser consultados y descargados en la página web de la revista.

La *Revista de Arquitectura* no maneja cobros, tarifas o tasas de publicación de artículo (Article Processing Charge-APC), o por el sometimiento de textos a la publicación.

A Ética y buenas prácticas

La *Revista de Arquitectura* se compromete a cumplir y respetar las normas éticas en todas las etapas del proceso de publicación. Los autores de los artículos publicados darán cumplimiento a los principios éticos contenidos en las diferentes declaraciones y legislaciones sobre propiedad intelectual y derechos de autor específicos del país donde se realizó la investigación. En consecuencia, los autores de los artículos postulados y aceptados para publicar, que presentan resultados de investigación, deben firmar la declaración de originalidad (formato RevArq FP00 Carta de originalidad).

La *Revista de Arquitectura* reconoce y adopta los principios de transparencia y buenas prácticas descritos por COPE, “Principles of Transparency and Best Practice in Scholarly Publishing” (2015).

El equipo editorial tiene la obligación de guardar la confidencialidad acerca de los artículos recibidos, y abstenerse de usar en sus propias investigaciones datos, argumentos o interpretaciones hasta tanto el artículo no sea publicado. También debe ser imparcial y gestionar los artículos de manera adecuada y en los plazos establecidos. La selección de revisores se hará con objetividad y estos deberán responder a la temática del artículo.

El editor, los autores y los revisores deben seguir las normas éticas internacionales definidas por el Committee on Publication Ethics (COPE), con el fin de evitar casos de:

- Fabricación, falsificación u omisión de datos.
- Plagio y autoplagio.
- Publicación redundante, duplicada o fragmentada.
- Omisión de referencias a las fuentes consultadas.
- Utilización de contenidos sin permiso o sin justificación.
- Apropiación individual de autoría colectiva.
- Cambios de autoría.
- Conflicto de interés (CDI) no revelado o declarado.
- Otras que pudieran surgir en el proceso de investigación y publicación.

La fabricación de resultados se genera al mostrar datos inventados por los autores; la falsificación resulta cuando los datos son manipulados y cambiados a capricho de los autores; la omisión se origina cuando los autores ocultan deliberadamente un hecho o dato. El plagio se da cuando un autor presenta como ideas propias datos creados por otros. Los casos de plagio son los siguientes: copia directa de un texto sin entrecomillar o citar la fuente, modificación de algunas palabras del texto, paráfrasis y falta de agradecimientos; el autoplagio se da cuando el mismo autor reutiliza material propio que ya fue publicado, pero sin indicar la referencia al trabajo anterior. La revista se apoya en herramientas digitales que detectan cualquiera de estos casos en los artículos postulados, y es labor de los editores y revisores velar por la originalidad y fidelidad en la citación. La publicación redundante o duplicada se refiere a la copia total, parcial o alterada de un trabajo ya publicado por el mismo autor.

En caso de sospechar de alguna mala conducta se recomienda seguir los diagramas de flujo elaborados por COPE (2008), con el fin de determinar las acciones correspondientes.

La *Revista de Arquitectura* se reserva el derecho de retractación de publicación de aquellos artículos que, posterior a su publicación, se demuestre que presentan errores de buena fe, o cometieron fraudes o malas prácticas científicas. Esta decisión se apoyará en “Retraction Guidelines” (COPE, 2009). Si el error es menor, este se podrá rectificar mediante una nota editorial de corrección o una fe de erratas. Los autores también tienen la posibilidad de solicitar la retractación de publicación cuando descubran que su trabajo presenta errores graves. En todos los casos se conservará la versión electrónica y se harán las advertencias de forma clara e inequívoca.

A Privacidad y manejo de la información. Habeas Data

Para dar cumplimiento a lo previsto en el artículo 10 del Decreto 1377 de 2013, reglamentario de la Ley 1581 de 2012, y según el Acuerdo 002 del 4 de septiembre de 2013 de la Universidad Católica de Colombia, “por el cual se aprueba el manual de políticas de tratamiento de datos personales”:

La *Universidad Católica de Colombia*, considerada como responsable o encargada del tratamiento de datos personales, manifiesta que los datos personales de los autores, integrantes de los comités y pares revisores, se encuentran incluidos en nuestras bases de datos; por lo anterior, y en cumplimiento de las disposiciones legales vigentes, la Universidad solicitará siempre su autorización, para que en desarrollo de sus funciones propias como Institución de Educación Superior, en especial las relacionadas con la docencia, la extensión y la investigación, la *Universidad Católica de Colombia* pueda recolectar, recaudar, almacenar, usar, circular, suprimir, procesar, intercambiar, compilar, dar tratamiento, actualizar, transmitir o transferir a terceros países y disponer de los datos que le han suministrado y que han sido incorporados en las bases de datos de todo tipo que reposan en la Universidad.

La *Universidad Católica de Colombia* queda autorizada, de manera expresa e inequívoca, en los términos señalados por el Decreto 1377 de 2013, para mantener y manejar la información de nuestros colaboradores (autores, integrantes de los diferentes comités y pares revisores); así mismo, los colaboradores podrán ejercer sus derechos a conocer, actualizar, rectificar y suprimir sus datos personales, para lo cual se han dispuesto las siguientes cuentas de correo electrónico:

contacto@ucatolica.edu.co y revistadearquitectura@ucatolica.edu.co

A Directrices para autores

La *Revista de Arquitectura* (Bogotá) recibe artículos de manera permanente. Los artículos se procesan a medida que se postulan, dependiendo del flujo editorial de cada sección.

El idioma principal es el español, y como opcionales están definidos el inglés, el portugués y el francés; los textos pueden ser escritos y presentados en cualquiera de estos.

Los artículos postulados deben corresponder a las categorías universalmente aceptadas como producto de investigación, ser originales e inéditos y sus contenidos responder a criterios de precisión, claridad y brevedad.

Como punto de referencia se pueden tomar las tipologías y definiciones del Índice Bibliográfico Nacional, Publindex (2010) que se describen la continuación:

1. *Artículo de revisión*: documento resultado de una investigación terminada donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos 50 referencias.

A Instrucciones para postular artículos

Postular el artículo en la página web de la *Revista de Arquitectura* (Bogotá) y adjuntar comunicación escrita dirigida al editor RevArq FP00 Carta de originalidad (debidamente firmada por todos los autores en original); de igual manera, se debe diligenciar el formato de hoja de vida RevArq FP01 Hoja de Vida (una por cada autor).

En la comunicación escrita el autor expresa que conoce y acepta la política editorial de la *Revista de Arquitectura* (Bogotá), que el artículo no está postulado para publicación simultáneamente en otras revistas u órganos editoriales y que no existe conflicto de intereses (ver modelo RevArq FP06 CDI) y que, de ser aceptado, concederá permiso de primera publicación, no exclusiva a nombre de la Universidad Católica de Colombia como editora de la revista.

Los artículos deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- En la primera página del documento se debe incluir:

Título: no exceder 15 palabras.

Subtítulo: opcional, complementa el título o indica las principales subdivisiones del texto.

Nombre del autor o autores: nombres y apellidos completos o según modelo de citación adoptado por el autor para la normalización de los nombres del investigador. Como nota al pie (máximo 150 palabras): formación académica, experiencia profesional e investigativa, vinculación laboral, código <https://orcid.org/>, premios o reconocimientos, publicaciones representativas e información de contacto, correo electrónico.

Filiación institucional: debajo del nombre se debe declarar la institución en la cual se desarrolló el producto, de la cual recibió apoyo o aquella que respalda el trabajo investigativo.

Resumen: debe ser analítico, se redacta en un solo párrafo, da cuenta del tema, el objetivo, la metodología, los resultados y las conclusiones; no debe exceder las 150 palabras.

Palabras clave: cinco palabras o grupo de palabras, ordenadas alfabéticamente y que no se encuentren en el título o subtítulo; estas sirven para clasificar temáticamente al artículo. Se recomienda emplear principalmente palabras definidas en el tesoro de la Unesco (<http://databases.unesco.org/thessp/>), en el tesoro de Arte & Arquitectura © (<http://www.aatespanol.cl/>), o Vitruvio (<http://vocabularyserver.com/vitruvio/>)

También se recomienda incluir título, resumen y palabras clave en segundo idioma.

- La segunda página y siguientes deben tener en cuenta:

El cuerpo del artículo se divide en: Introducción, Metodología, Resultados y Discusión de resultados; posteriormente se presentan las Conclusiones, y luego las Referencias bibliográficas y los Anexos (método IMRYD). Las tablas y figuras se deben incorporar en el texto.

Descripción del proyecto de investigación: en la introducción se debe describir el tipo de artículo y brevemente el marco investigativo del cual es resultado y diligenciar el formato (RevArq FP02 Info Proyectos de Investigación).

TEXTO: todas las páginas deben venir numeradas y con el título de artículo en la parte superior de la página. Márgenes de 3 cm por todos los lados, interlineado doble, fuente Arial o Times New Roman de 12 puntos, texto justificado (Ver plantilla para presentación de artículos). La extensión de los artículos debe ser de alrededor de 5.000 palabras (\pm 20 páginas, incluyendo gráficos, tablas, referencias, etc.); como mínimo 3.500 y máximo 8.000 palabras. Se debe seguir el estilo vigente y recomendado en el Manual para Publicación de la American Psychological Association (APA). (Para mayor información véase <http://www.apastyle.org/>)

* Todos los formatos, las ayudas e instrucciones detalladas se encuentran disponibles en la página web de la Revista de Arquitectura (Bogotá) http://editorial.ucatolica.edu.co/ojsucaticolica/revistas_ucatolica/index.php/RevArq.

** Para consultar estas instrucciones en otro idioma por favor acceder a la página web de la *Revista de Arquitectura*.

2. *Artículo de investigación científica y tecnológica*: documento que presenta, de manera detallada, los resultados originales de proyectos terminados de investigación. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro apartes importantes: introducción, metodología, resultados y conclusiones.

3. *Artículo de reflexión*: documento que presenta resultados de investigación terminada desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales.

Adicional a estas tipologías, se pueden presentar otro tipo de artículos asociados a procesos de investigación-creación y/o investigación proyectual. En todos los casos se debe presentar la información suficiente para que cualquier investigador pueda reproducir la investigación y confirmar o refutar las interpretaciones defendidas y sea evidente el aporte a la disciplina.

En todos los casos se debe presentar la información suficiente para que cualquier investigador pueda reproducir la investigación y confirmar o refutar las interpretaciones defendidas.

Citas y notas al pie: las notas aclaratorias o notas al pie no deben exceder cinco líneas o 40 palabras, de lo contrario estas deben ser incorporadas al texto general. Las citas pueden ser:

Corta: (con menos de 40 palabras) se incorporan al texto y pueden ser: textuales (se encierran entre dobles comillas), parafraseo o resumen (se escriben en palabras del autor dentro del texto).

Cita textual extensa: (mayor de 40 palabras) debe ser dispuesta en un renglón y un bloque independiente con sangrías y omitiendo las comillas, no olvidar en ningún caso la referencia del autor (Apellido, año, página).

Referencias: como modelo para la construcción de referencias se emplea el estilo recomendado en el Manual para Publicación de la American Psychological Association (APA) (<http://www.apastyle.org/>).

Siglas: en caso de emplear siglas en el texto, las figuras o las tablas, se debe proporcionar la equivalencia completa la primera vez que se empleen y encerrarlas entre paréntesis. En el caso de citar personajes reconocidos se deben colocar nombres o apellidos completos, nunca emplear abreviaturas.

Figuras y tablas: las figuras (gráficos, diagramas, ilustraciones, planos, mapas o fotografías) y las tablas deben ir numeradas y contener título o leyenda explicativa relacionada con el tema del artículo, que no exceda las 15 palabras (Figura 1. xxxx, Tabla 1. xxxx, etc.) y la procedencia (fuente: autor o fuente, año, página). Estas se deben referenciar en el texto de forma directa o entre paréntesis; se recomienda hacerlo con referencias cruzadas.

También se deben entregar en medio digital, independiente del texto, en formatos editables o abiertos. La marcación de los archivos debe corresponder a la incluida en el texto. Según la extensión del artículo se deben incluir de 5 a 10 gráficos. Ver guía para la búsqueda de imágenes de dominio público o bajo licencias *Creative Commons* (CC).

El autor es el responsable de *adquirir los derechos o las autorizaciones* de reproducción a que haya lugar para imágenes o gráficos tomados de otras fuentes, así como de entrevistas o material generado por colaboradores diferentes a los autores; de igual manera, se debe garantizar la protección de datos e identidades para los casos que sea necesario.

FOTOGRAFÍA: pueden ser entregadas en original para ser digitalizadas, de lo contrario se deben digitalizar con una resolución igual o superior a 300 dpi para imágenes a color y 600 para escala de grises. Los formatos de las imágenes pueden ser TIFF, PSD o JPG, y deben cumplir con las características expresadas en el punto anterior (figuras).

PLANIMETRÍA: se debe entregar la planimetría original en medio digital, en lo posible en formato CAD, y sus respectivos archivos de plumas o en PDF; de no ser posible, se deben hacer impresiones en tamaño carta con las referencias de los espacios mediante numeración y lista adjunta. Deben tener escala gráfica, escala numérica, norte, coordenadas y localización. En lo posible, no deben contener textos, achurados o tramas.

Para más detalles, consultar el documento *RevArq Parámetros para Autores Descripción* en el portal web de la *Revista de Arquitectura* (Bogotá)

Beneficios

Como reconocimiento a los autores, se les hará envío postal de dos ejemplares de la edición impresa sin ningún costo y entregada en la dirección consignada en el formato de hoja de vida (RevArq FP01); adicionalmente, se enviará el vínculo para la descarga de la versión digital.

También se enviará una constancia informativa en la que se relaciona la publicación del artículo y, de manera opcional, se pueden detallar las fechas del proceso editorial y el arbitraje realizado.

A Instrucciones para revisores

La selección de revisores se realiza de acuerdo con los siguientes criterios:

- Afinidad temática.
- Formación académica.
- Experiencia investigativa y profesional.
- Producción editorial en revistas similares o en libros resultado de investigación.

El proceso de arbitraje se basa en los principios de equidad e imparcialidad, y en los criterios de calidad y pertinencia.

El desarrollo de la revisión se realiza según el formato (RevArq FP10 Evaluación de artículos) y las observaciones que el revisor considere necesarias en el cuerpo del artículo. En cualquiera de los conceptos que emita el revisor (Aceptar, Publicable con modificaciones, Reevaluable o No publicable), y como parte de la labor formativa y de comunidad académica, el revisor hará sugerencias para mejorar el documento. El revisor podrá solicitar una nueva lectura del artículo después de los ajustes realizados por el autor.

El revisor también deberá diligenciar el formato RevArq FP01 Hoja de Vida, con el fin de certificar y soportar el proceso de revisión ante los SIR que así lo soliciten.

En el proceso de arbitraje se emplea el método **doble ciego** , los nombres del revisor no serán conocidos por el autor y viceversa. Con el fin de garantizar el anonimato del autor, al artículo postulado se le han podido suprimir nombres, instituciones o imágenes que puedan ser asociadas de manera directa al autor.

Aunque se procura el anonimato, una vez recibida la invitación como par revisor del artículo, el revisor debe cerciorarse de que no exista conflicto de intereses (CDI) o alguna limitante que afecte la revisión o que pueda ser vista como tal (lazos familiares, amistad o enemistad, vínculos contractuales o laborales, posiciones éticas, etc.), de presentarse esta situación se notificará al editor. (Ver modelo RevArq FP06 CDI).

Dada la confidencialidad del proceso de revisión, y considerando los derechos de autor y de propiedad intelectual que pueda haber sobre el material que se entrega, el revisor se compromete a mantener en absoluta reserva su labor, a limitar el uso de la obra entregada solo para el propósito designado y a devolver la documentación remitida una vez concluya la actividad.

El tiempo establecido para las revisiones de pares es de máximo un mes a partir de la confirmación de la recepción de la documentación. Ese plazo podrá ser modificado de mutuo acuerdo entre el editor y el revisor, siempre y cuando no afecte la periodicidad de la revista, la impresión o el tiempo para emitir una respuesta al autor.

Los revisores se acogerán a "COPE Ethical Guidelines for Peer Reviewers" de COPE.

Beneficios

Como retribución a los revisores se les hará envío postal de un ejemplar de la edición impresa sin ningún costo y entregada en la dirección consignada en el formato de hoja de vida. También, si es de interés para el revisor, podrá hacer la solicitud de alguna de las publicaciones editadas y presentes en el catálogo de publicaciones de la UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, previa aprobación de la Editorial y sujeto a la disponibilidad.

Si lo desea tendrá derecho a una constancia de la colaboración en la revisión de artículos, la cual solo contendrá el periodo en el cual se realizó la actividad. También tendrá la posibilidad de aceptar o no la publicación de su nombre, nacionalidad y nivel máximo de formación en la página web de la *Revista de Arquitectura* (Bogotá) en su calidad de colaborador.

A Proceso de revisión por pares

Luego de la postulación del artículo, el editor de la *Revista de Arquitectura* (Bogotá) selecciona y clasifica los artículos que cumplen con los requisitos establecidos en las directrices para los autores. El editor podrá rechazar en primera instancia artículos, sin recurrir a un proceso de revisión, si los considera de baja calidad o por presentar evidencias de faltas éticas o documentación incompleta.

Los artículos se someterán a un primer dictamen del editor, de los editores de sección y del Comité Editorial, teniendo en cuenta:

- Afinidad temática, relevancia del tema y correspondencia con las secciones definidas.
- Respaldo investigativo.
- Coherencia en el desarrollo del artículo, así como una correcta redacción y ortografía.

- Relación entre las figuras y tablas con el texto del artículo.

En esta revisión se verificará el nivel de originalidad mediante el uso de software especializado (Ithenticate o similar) y recursos digitales existentes para tal fin, también se observará la coherencia y claridad en los apartados del documento (modelo IMRYD), la calidad de las fuentes y la adecuada citación, esto quedará consignado en el formato (RevArq FP09 Revisión de artículos); esta información será cargada a la plataforma de gestión editorial y estará a disposición del autor.

En caso de que el artículo requiera ajustes preliminares, será devuelto al autor antes de ser remitido a revisores. En este caso, el autor tendrá veinte días para remitir nuevamente el texto con los ajustes solicitados.

Después de la preselección se asignan mínimo dos revisores especializados, quienes emitirán su concepto utilizando el formato (RevArq FP10 Evaluación de artículos) y las anotaciones que consideren oportunas en el texto; en esta etapa se garantizará la confidencialidad y el anonimato de autores y revisores (modalidad **doble ciego**).

Del proceso de revisión se emite uno de los siguientes conceptos que será reportado al autor:

- *Aceptar el envío:* con o sin observaciones.
- *Publicable con modificaciones:* se podrá sugerir la forma más adecuada para una nueva presentación, el autor puede o no aceptar las observaciones según sus argumentos. Si las acepta, cuenta con quince días para realizar los ajustes pertinentes.
- *Reevaluable:* cumple con algunos criterios y debe ser corregido. Es necesario hacer modificaciones puntuales y estructurales al artículo. En este caso, el revisor puede aceptar o rechazar hacer una nueva lectura del artículo luego de ajustado.
- *No publicable:* el autor puede volver a postular el artículo e iniciar nuevamente el proceso de arbitraje, siempre y cuando se evidencien los ajustes correspondientes.

En el caso de presentarse diferencias sustanciales y contradictorias en los conceptos sobre la recomendación del revisor, el editor remitirá el artículo a un revisor más o a un miembro del Comité Editorial quien podrá actuar como tercer árbitro, con el fin de tomar una decisión editorial sobre la publicación del artículo.

Los autores deberán considerar las observaciones de los revisores o de los editores, y cada corrección incorporada u omitida debe quedar justificada en el texto o en una comunicación adjunta. En el caso que los autores omitan las indicaciones realizadas sin una argumentación adecuada, el artículo será devuelto y no se dará por recibido hasta que no exista claridad al respecto.

El editor respetará la independencia intelectual de los autores y a estos se les brindará el derecho de réplica en caso de que los artículos hayan sido evaluados negativamente y rechazados.

Los autores, con su usuario y contraseña, podrán ingresar a la plataforma de Gestión Editorial, donde encontrarán los conceptos emitidos y la decisión sobre el artículo.

El editor y el Comité Editorial se reservan el derecho de aceptar o no la publicación del material recibido. También se reservan el derecho de sugerir modificaciones de forma, ajustar las palabras clave o el resumen y de realizar la corrección de estilo. El autor conocerá la versión final del texto antes de la publicación oficial del mismo.

Cuando un artículo es aceptado para su publicación, el autor debe firmar la autorización de reproducción (RevArq FP03 Autorización reproducción). Para más información ver: Política de derechos de autor

Notas aclaratorias:

La *Revista de Arquitectura* (Bogotá) busca el equilibrio entre las secciones, motivo por el cual, aunque un artículo sea aceptado o continúe en proceso de revisión, podrá quedar aplazado para ser publicado en un próximo número; en este caso, el autor estará en la posibilidad de retirar la postulación del artículo o de incluirlo en el banco de artículos del próximo número.

El editor y los editores de sección de la *Revista de Arquitectura* (Bogotá) son los encargados de establecer contacto entre los autores y revisores, ya que estos procesos se realizan de manera anónima.

PÁG. 3 ● Los artículos científicos como herramienta de aprendizaje en las escuelas de arquitectura

Scientific articles as a learning tool in architecture schools
Os artigos científicos como ferramenta de aprendizagem nas escolas de arquitetura
Carolina Rodríguez-Ahumada

PÁG. 10 ● Paisaje urbano y espacio público como expresión de la vida cotidiana

Urban landscape and public space as an expression of everyday life
Paisagem urbana e espaço público como expressão da vida cotidiana
Morella Briceño-Ávila

PÁG. 20 ● Habitar la quebrada: conformación de gradientes en las trazas vernaculares de los sectores altos de Valparaíso

Inhabiting the ravine: Gradient configuration in the vernacular layouts of the higher sectors of Valparaíso
Habitar a quebrada: conformação de níveis nos traçados vernaculares dos setores altos de Valparaíso
Omar Eduardo Cañete-Islas
Juan Luis Moraga-Lacoste
Felipe Mateo López-Flores

PÁG. 36 ● Láminas cilíndricas en la arquitectura colombiana del siglo XX

Cylindrical shells in Colombian architecture in the 20th century
Estruturas laminares cilíndricas na arquitetura colombiana do século XX
Jorge Galindo-Díaz

PÁG. 51 ● Retórica simbólica en el espacio arquitectónico. Una mirada antropológica de la casa en la sobremodernidad

Symbolic Rhetoric in the Architectural Space: An Anthropological View of the House in the Age of Supermodernity
Retórica simbólica no espaço arquitetônico. Um olhar antropológico da casa na sobremodernidade
Eska Elena Solano-Meneses

PÁG. 62 ● Ecoenvolventes: análisis del uso de fachadas ventiladas en clima cálido-húmedo

Eco-friendly coverings: Analysis of the use of ventilated facades in hot, humid weather
Ecoenvolventes: análise do uso de fachadas ventiladas em clima quente e úmido
Sara Luciani-Mejía
Rodrigo Velasco-Gómez
Roland Hudson

PÁG. 78 ● Estrategias metodológicas de análisis urbano frente al cambio climático. Matriz para el diseño adaptativo en asentamientos informales

Methodological strategies for urban analysis in the face of climate change. An adaptive design matrix for informal settlements
Estratégias metodológicas de análise urbana ante mudanças climáticas. Matriz para o desenho adaptativo em assentamentos informais
Adriana Patricia López-Valencia
Oswaldo López-Bernal

PÁG. 90 ● Muro panel térmico estructural compuesto en guadua y cartónModelo experimental aplicado al clima de la zona cafetera

Structural thermal panel wall composed of bamboo and cardboard.
Experimental model applied to the climate of the Coffee Region
Muro painel térmico estrutural composto de bambu e papelão. Modelo experimental aplicado ao clima da zona cafeeira
Renato Cassandro-Cajiao

PÁG. 110 ● Continuidad y transformaciones de modelos pedagógicos en la École Polytechnique (1867-1910)

Continuity and transformations of teaching models at the École Polytechnique (1867-1910)
Continuidade e transformações de modelos pedagógicos na École Polytechnique (1867-1910)
Estelle Thibault
Traductores
Andrés Ávila-Gómez
Diana Carolina Ruiz



CULTURA Y ESPACIO URBANO
CULTURE AND URBAN SPACE
CULTURA E ESPAÇO URBANO

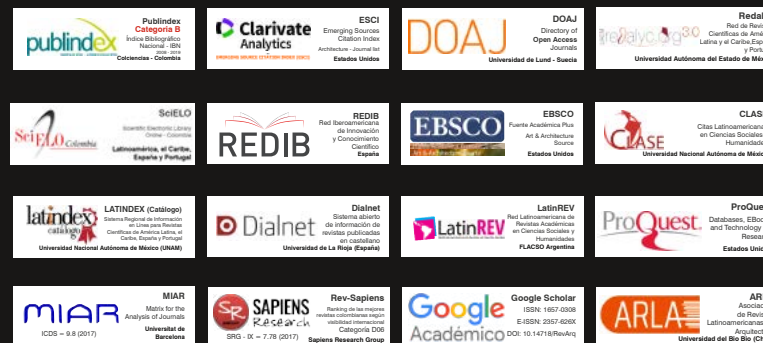
PROYECTO ARQUITECTÓNICO Y URBANO
ARCHITECTURAL AND URBAN PROJECT
PROJETO ARQUITETÓNICO E URBANO

TECNOLOGÍA, MEDIOAMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD
TECHNOLOGY, ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY
TECNOLOGIA, MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

DESDE LA FACULTAD
FROM THE FACULTY
DA FACULDADE

TEXTOS
TEXTS
TEXTOS

La Revista de Arquitectura es de acceso abierto, arbitrada e indexada y está presente en:



Revista de Arquitectura Universidad Católica de Colombia @REVARQUCATOLICA
 <https://www.mendeley.com/profiles/revista-de-arquitectura-bogot/>

